



# **Análise do Impacto da Evolução do Sector de Aluguer Automóvel na Logística Automóvel**

Caso de Estudo: Entrepasto Logística

**Francisco Spohr Ribeiro Coelho**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão Industrial**

Orientadora: Professora Cristina Marta Castilho Pereira Santos Gomes

## **Júri**

Presidente: Professor Paulo Vasconcelos Dias Correia

Orientadora: Professora Cristina Marta Castilho Pereira Santos Gomes

Vogal: Professora Teresa Sofia Sardinha Cardoso de Gomes Grilo

Junho de 2019

## Agradecimentos

Gostaria em primeiro lugar de demonstrar o meu profundo agradecimento a todos aqueles cujo apoio e ajuda foram cruciais para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado.

Desta forma, gostaria de começar por agradecer à professora Marta Gomes por ter aceitado ser minha orientadora, e por todo o apoio e dedicação durante este projecto, assim como por todos os seus conselhos e ideias que contribuíram para o sucesso deste trabalho.

Gostaria igualmente de agradecer à empresa Entrepasto Logística, por me ter possibilitado a oportunidade de realizar a minha dissertação de mestrado num contexto real. Gostaria também de deixar um especial agradecimento ao doutor José Carlos Domingos pela sua cooperação em todo o processo de desenvolvimento do trabalho, nomeadamente, no que respeita à disponibilização do material necessário para a elaboração do mesmo.

Queria também agradecer à ARAC, por me ter providenciado os diversos dados relativos à indústria rent-a-car nacional que foram utilizados neste trabalho.

Aos meus amigos mais próximos, pelo apoio dado em todo o mestrado.

Por fim, um profundo agradecimento à minha família, especialmente aos meus pais, por todos os sacrifícios que fizeram para que um dia pudesse escrever este trabalho. Obrigado pela paciência, dedicação e apoio incondicional durante estes anos todos.

## Resumo

O actual contexto socioeconómico traduz-se por parte das empresas num maior foco na optimização de operações e processos, de forma a reforçar o seu valor de mercado e a maximizar a sua competitividade. É desta forma que uma previsão eficaz se torna um factor chave, na medida em que resulta numa maior e mais acertada tomada de decisão, tanto a longo como a curto prazo. Quanto mais precisa for esta previsão, maior será a capacidade de resposta da empresa, assim como mais optimizados serão os seus processos e mais facilitados se encontrarão os seus fluxos de informação e materiais. É neste contexto que surge o presente estudo, cujo objectivo é prever o volume de actividade da empresa Entrepasto Logística, traduzido pelo volume trimestral e anual de saídas de viaturas das instalações da empresa.

O crescimento recorde do sector do turismo em Portugal tem potenciado o sucesso da indústria de aluguer automóvel nacional que, por sua vez, é caracterizada por exigir uma elevada circulação automóvel, de forma a conseguir cumprir com a sua missão de levar a mobilidade a todos os seus clientes, e por estar associada a uma utilização breve dos automóveis de aluguer (cujos tempos de vida têm deste modo vindo a diminuir), de modo a que as empresas de rent-a-car consigam providenciar com frequência novos veículos aos seus clientes, ao renovar de forma regular o seu inventário.

Deste modo, é esperado que o facto de este sector, que tem as suas particularidades, estar a ganhar maior relevo no mercado automóvel tenha repercussões na logística automóvel e nas operações e actividades associadas à mesma.

Por outro lado, uma vez que a maioria dos clientes da Entrepasto Logística são empresas/marcas importadoras de automóveis, cujos principais clientes são empresas de rent-a-car, esta indústria tem um elevado impacto nas receitas da empresa. Assim, este é outro motivo pelo qual a Direcção da EL demonstrou interesse numa estimativa que também tivesse em conta o impacto do cenário evolutivo do mercado rent-a-car na procura das actividades logísticas da empresa.

Desta forma, esta Dissertação de Mestrado irá focar-se no estudo e construção de uma abordagem de resolução que permita auxiliar e fundamentar a estratégia operacional da EL, num futuro próximo, nomeadamente, em termos de planeamento da capacidade disponível e de minimização de custos operacionais.

Com o apoio dos casos de estudo analisados na revisão bibliográfica, seleccionou-se os métodos de Holt-Winters (aditivo e multiplicativo), de decomposição clássica e de análise de regressão linear (simples e múltipla) como abordagem a aplicar ao problema em questão.

No final deste estudo, foi possível concluir que numa óptica trimestral o modelo de Holt-Winters multiplicativo foi o que revelou ser mais adequado e, por sua vez, numa óptica anual foi o modelo designado por Modelo 2 que demonstrou ser mais preciso.

**Palavras-Chave:** Modelos de Previsão, Logística, Rent-a-Car.

## Abstract

The current socio-economic context forces companies to focus on optimizing operations and processes in order to strengthen their market value and maximize their competitiveness. It is in this context that an effective prediction becomes a key factor, since it results in a larger and more accurate decision making both in the long and short term. The more accurate is the prediction, the greater is the responsiveness of the company as well as more optimized are the processes and the information and material flows. It is in this context that the present work arises, whose aim is to forecast Entrepósito Logística's activity volume, described by the quarterly and annual volume of vehicles exits from the enterprise's facilities.

The record growth of the tourism sector in Portugal has boosted the success of the national car rental industry, which is characterized by the need for high traffic in order to fulfil its mission of bringing mobility to all customers, and by the brief use of rental cars (whose life spans are thus decreasing), so that rent-a-car companies can often provide new vehicles to their customers by renewing their inventory on a regular basis.

Thus, it is expected that the fact that this sector, which possesses particular characteristics, is gaining more prominence in the automotive market will have repercussions on automotive logistics and related operations and activities.

On the other hand, since the majority of Entrepósito Logística customers are car importer brands/firms whose main customers are rent-a-car companies, this industry has a high impact on the company's revenues. This is another reason why the EL Board showed interest in an estimate that also took into account the impact of the car rental market evolution on the demand for the company's logistics activities.

Therefore, this master's dissertation will focus on the study and development of a resolution approach that will allow to support EL's operational strategy in the near future, namely in terms of available capacity planning and operational costs minimization.

Based on the case studies analysed on the literature review section, the Holt-Winters (additive and multiplicative) method, the time series decomposition method and the linear regression analysis (single and multiple) procedure were selected as the approach to be applied to the problem in hands.

At the end of this study, it was possible to conclude that in a quarterly perspective the Holt-Winters's multiplicative model was the one that proved to be the most adequate and, in turn, in an annual perspective the model named Model 2 was the one that proved to be the most accurate.

**Keywords:** Forecasting Models, Logistics, Rent-a-Car.

# Índice

Agradecimentos .....	ii
Resumo .....	iii
Abstract.....	iv
Índice .....	v
Lista de Figuras .....	vii
Lista de Tabelas .....	x
Glossário de Acrónimos .....	xiii
Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1 – Enquadramento do Problema .....	1
1.2 – Objectivos .....	3
1.3 – Metodologia de Investigação.....	4
1.4 – Estrutura da Dissertação de Mestrado .....	5
Capítulo 2 – Caracterização da Indústria de Aluguer Automóvel.....	6
2.1 – A Indústria Rent-a-Car.....	6
2.2 – Tendências do Sector de Aluguer Automóvel .....	11
Capítulo 3 – Caracterização do Caso de Estudo .....	13
3.1 – Entrepósito Logística.....	13
3.2 – Caracterização do Problema .....	15
3.2.1 – Dados da Entrepósito Logística .....	16
3.2.2 – Dados da Indústria de Aluguer Automóvel Nacional .....	16
3.2.3 – Dados Sócio-Económicos Nacionais.....	16
3.2.4 – Limitações Encontradas .....	17
Capítulo 4 – Revisão Bibliográfica.....	18
4.1 – Previsão do Volume de Actividade e Procura de Operações Logísticas .....	18
4.1.1 – Importância.....	18
4.1.2 – Procedimentos Utilizados em Áreas Similares.....	18
4.2 – Selecção da Abordagem de Resolução a Aplicar .....	25
4.3 – Estudo da Abordagem de Resolução Seleccionada .....	27
4.3.1 – Modelos Económétricos .....	27
4.3.1.1 – Introdução.....	27
4.3.1.2 – A Metodologia Econométrica.....	27
4.3.2 – Métodos de Previsão Causais - Regressão Linear .....	29
4.3.2.1 – Regressão Linear Simples .....	29
4.3.2.1.1 – Modelo .....	29
4.3.2.1.2 – Pressupostos do Modelo .....	30
4.3.2.1.3 – Estimação de Parâmetros do Modelo: O Método dos Mínimos Quadrados .....	31
4.3.2.2 – Regressão Linear Múltipla.....	32

4.3.2.2.1 – Modelo e Pressupostos .....	32
4.3.2.2.3 – Estimação de Parâmetros do Modelo: O Método dos Mínimos Quadrados .....	32
4.3.3 – Métodos de Previsão Quantitativos não Causais .....	34
4.3.3.1 – Séries Cronológicas .....	34
4.3.3.2 – Modelo de Holt-Winters .....	35
4.3.3.3 – Modelo de Decomposição Clássica.....	36
Capítulo 5 – Recolha e Tratamento de Dados .....	39
Capítulo 6 – Modelos de Previsão não Causais.....	43
6.1 Modelo de Holt-Winters aditivo.....	44
6.2 Modelo de Holt-Winters Multiplicativo .....	46
6.3 Modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	49
6.3 Modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	52
6.5 Resumo/Conclusão .....	56
Capítulo 7 – Modelos de Previsão Causais.....	57
7.1 Modelo Trimestral.....	58
7.2 Modelo Anual.....	67
Capítulo 8 – Conclusões .....	79
8.1 Considerações e Perspectivas Futuras .....	80
Referências .....	81
Anexos .....	86
Anexo 1 - Crise Financeira Portuguesa (2010-2014) .....	86
Anexo 2 - Volume Mensal de Saídas de Viaturas da EL (2010-2017) .....	87
Anexo 3 - Diagramas de Dispersão do Modelo Trimestral .....	89
Anexo 4 - Gráficos do Teste de Normalidade dos Modelos Trimestrais .....	92
Anexo 5 - Diagramas de Dispersão do Modelo Anual.....	93
Anexo 6 - Estatísticas Residuais dos Modelos Anuais .....	97
Anexo 7 - Dispersão dos Resíduos dos Modelos Anuais .....	98
Anexo 8 - Testes de Homocedasticidade para os Modelos Anuais .....	100
Anexo 9 - Teste de Durbin-Watson para os Modelos Anuais .....	101
Anexo 10 - Gráficos do Teste de Normalidade dos Modelos Anuais .....	102
Anexo 11 - Testes de Normalidade dos Modelos Anuais .....	105
Anexo 12 - Tabelas da ANOVA dos Modelos Anuais .....	106
Anexo 13 - Volume de Saídas Previsto vs Volume de Saídas Observado (Modelos Anuais) .....	107
Anexo 14 - Coeficientes de Correlação de Pearson e Tabelas de Apoio ao Teste de Durbin-Watson .....	109
Anexo 15 - Séries Cronológicas .....	110
Anexo 16 - Tendências da Indústria Rent-a-Car .....	111

## Lista de Figuras

Figura 1 – Receitas do sector do turismo (Milhões de Euros) .....	2
Figura 2 – Evolução das receitas registadas pelo mercado rent-a-car nacional entre 2014 e 2017.....	2
Figura 3 – Etapas da metodologia de investigação da dissertação de mestrado .....	4
Figura 4 – Possíveis meios de reserva de um veículo de aluguer .....	8
Figura 5 – Código SIPP .....	9
Figura 6 – Volume de negócios e número de colaboradores do Grupo Entrepasto no ano de 2016 .....	13
Figura 7 – Distâncias de Setúbal ao centro da Península Ibérica (Madrid) .....	14
Figura 8 – Organograma da Entrepasto Logística .....	14
Figura 9 – Diagrama de fluxos da actividade de logística automóvel desenvolvida pela EL .....	15
Figura 10 – Sistema Índice de Previsão .....	21
Figura 11 – Modelo de planeamento tradicional de transporte de quatro estágios .....	21
Figura 12 – Processo de decisão do método de previsão a seleccionar .....	24
Figura 13 – Anatomia da metodologia econométrica clássica .....	28
Figura 14 – Interpretação geométrica dos parâmetros $\alpha$ e $\beta$ .....	30
Figura 15 – Representação gráfica dos resíduos .....	31
Figura 16 – Hiperplano p-dimensional referente às variáveis explicativas .....	32
Figura 17 – Evolução anual do volume de saídas da Entrepasto Logística de 2010 a 2017 .....	40
Figura 18 – Evolução mensal do volume de saídas de viaturas da EL de 2010 a 2017.....	40
Figura 19 – Evolução trimestral do volume de saídas de viaturas da EL de 2010 a 2017 .....	42
Figura 20 – Volume trimestral de saídas de viaturas da EL desde 2013 .....	43
Figura 21 – Aplicação do modelo de Holt-Winters aditivo .....	44
Figura 22 – Diagrama de dispersão dos resíduos do modelo de Holt-Winters aditivo .....	45
Figura 23 – Diagrama de dispersão da série de erros $e(t)$ e $e(t+1)$ do modelo de Holt-Winters aditivo .....	45
Figura 24 – Histograma da série de erros para o modelo de Holt-Winters aditivo .....	46
Figura 25 – Aplicação do modelo de Holt-Winters multiplicativo .....	47
Figura 26 – Diagrama de dispersão dos resíduos do modelo de Holt-Winters multiplicativo .....	47
Figura 27 – Diagrama de dispersão da série de erros $e(t)$ e $e(t+1)$ do modelo de Holt-Winters multiplicativo .....	48
Figura 28 – Histograma da série de erros para o modelo de Holt-Winters multiplicativo .....	49
Figura 29 – Aplicação do modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	50
Figura 30 – Diagrama de dispersão dos resíduos do modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	51
Figura 31 – Diagrama de dispersão da série de erros $e(t)$ e $e(t+1)$ do modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	51
Figura 32 – Histograma da série de erros para o modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	52
Figura 33 – Aplicação do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo .....	53

Figura 34 – Diagrama de dispersão dos resíduos do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo .....	54
Figura 35 – Diagrama de dispersão da série de erros $e(t)$ e $e(t+1)$ do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo .....	54
Figura 36 – Histograma da série de erros para o modelo de Decomposição Clássica multiplicativo .....	55
Figura 37 – Dispersão dos resíduos do modelo 1 .....	61
Figura 38 – Dispersão dos resíduos do modelo 2 .....	61
Figura 39 – Y previsto vs Y observado para o modelo 1 .....	67
Figura 40 – Y previsto vs Y observado para o modelo 2 .....	67
Figura 41 – EQM dos modelos de previsão (causais e não causais) desenvolvidos .....	79
Figura 42 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e Viagens Meio de Transporte Terrestre ....	89
Figura 43 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e Número Total de Viagens .....	89
Figura 44 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e N° Viagens de Lazer, Recreio e Férias ....	89
Figura 45 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e N° Viagens 1-3 Noites .....	89
Figura 46 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e N° Viagens 4 ou mais Noites .....	90
Figura 47 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e N° de Hóspedes em Estabelec. Hoteleiros .....	90
Figura 48 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e N° de Dormidas em Estabelec. Hoteleiros .....	90
Figura 49 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e Proveitos Totais dos Estabelec. Hoteleiros .....	90
Figura 50 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e Prov. de Apos. dos Estabelec. Hoteleiros .....	91
Figura 51 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e PIB Nacional Trimestral .....	91
Figura 52 – Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e Índice de Produção Industrial Trimestral .....	91
Figura 53 – Distribuição dos resíduos do modelo 1 em torno do gráfico Q-Q plot .....	92
Figura 54 – Distribuição dos resíduos do modelo 2 em torno do gráfico Q-Q plot .....	92
Figura 55 – Histograma dos resíduos standardizados do modelo 1 .....	92
Figura 56 – Histograma dos resíduos standardizados do modelo 2 .....	92
Figura 57 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Investimento (VLP) .....	93
Figura 58 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Facturação (Total) .....	93
Figura 59 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Frota Média (VLP) .....	93
Figura 60 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Contratos Efectuados (VPM) .....	94
Figura 61 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Dias Alugados (VLP) .....	94
Figura 62 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Período Médio de Aluguer (VLP) .....	94
Figura 63 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Taxa de Utilização (VPM) .....	94
Figura 64 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Facturação Média/Dia (Total) .....	95
Figura 65 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Facturação Média/Viatura (VPM) .....	95
Figura 66 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e PIB Nacional Anual .....	95



Figura 67 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Receitas Turísticas (Estrangeiro) .....	95
Figura 68 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Dormidas (Total) .....	96
Figura 69 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Hóspedes (Total) .....	96
Figura 70 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Impostos Indirectos em % do PIB .....	96
Figura 71 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Impostos Directos em % do PIB .....	96
Figura 72 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Índice de Produção Industrial Anual .....	96
Figura 73 – Dispersão dos resíduos do modelo 1 .....	98
Figura 74 – Dispersão dos resíduos do modelo 2 .....	98
Figura 75 – Dispersão dos resíduos do modelo 3 .....	98
Figura 76 – Dispersão dos resíduos do modelo 4 .....	99
Figura 77 – Dispersão dos resíduos do modelo 5 .....	99
Figura 78 – Dispersão dos resíduos do modelo 6 .....	99
Figura 79 – Distribuição dos resíduos do modelo 1 em torno do gráfico Q-Q plot .....	102
Figura 80 – Distribuição dos resíduos do modelo 2 em torno do gráfico Q-Q plot .....	102
Figura 81 – Distribuição dos resíduos do modelo 3 em torno do gráfico Q-Q plot .....	102
Figura 82 – Distribuição dos resíduos do modelo 4 em torno do gráfico Q-Q plot .....	102
Figura 83 – Distribuição dos resíduos do modelo 5 em torno do gráfico Q-Q plot .....	103
Figura 84 – Distribuição dos resíduos do modelo 6 em torno do gráfico Q-Q plot .....	103
Figura 85 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 1 .....	103
Figura 86 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 2 .....	103
Figura 87 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 3 .....	104
Figura 88 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 4 .....	104
Figura 89 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 5 .....	104
Figura 90 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 6 .....	104
Figura 91 – Y previsto vs Y observado para o modelo 1 .....	107
Figura 92 – Y previsto vs Y observado para o modelo 2 .....	107
Figura 93 – Y previsto vs Y observado para o modelo 3 .....	107
Figura 94 – Y previsto vs Y observado para o modelo 4 .....	108
Figura 95 – Y previsto vs Y observado para o modelo 5 .....	108
Figura 96 – Y previsto vs Y observado para o modelo 6 .....	108
Figura 97 – Série puramente aleatória (ruído branco) .....	110
Figura 98 – Série (localmente) estacionária (com autocorrelação) .....	110
Figura 99 – Série com tendencia .....	110
Figura 100 – Série com sazonalidade .....	110

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Comparação das características de 3 indústrias .....	10
Tabela 2 – Análise da estatística t associada com o coeficiente de autocorrelação .....	23
Tabela 3 – Análise das metodologias aplicadas nos casos de estudo abordados na Revisão Bibliográfica .....	25
Tabela 4 – Evolução anual do volume de saídas de veículos da Entrepósito Logística de 2010 a 2017 ....	39
Tabela 5 – Estatística descritiva da variável volume anual de saídas de viaturas da EL .....	40
Tabela 6 – Estatística descritiva da variável número mensal de saídas de viaturas da EL .....	41
Tabela 7 – Evolução trimestral do volume de saídas de viaturas da EL de 2010 a 2017 .....	41
Tabela 8 – Estatística descritiva da variável número trimestral de saídas de viaturas da EL .....	42
Tabela 9 – Valores das constantes de amortecimento e do EQM do modelo de Holt-Winters aditivo .....	44
Tabela 10 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o modelo de Holt- Winters aditivo .....	46
Tabela 11 – Intervalos de confiança a 95% para os 4 trimestres de 2019 através da aplicação do modelo de Holt-Winters aditivo .....	46
Tabela 12 – Valores das constantes de amortecimento e do EQM do modelo de Holt- Winters multiplicativo .....	47
Tabela 13 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o modelo de Holt- Winters multiplicativo .....	48
Tabela 14 – Intervalos de confiança a 95% para os 4 trimestres de 2019 via aplicação do modelo de Holt- Winters multiplicativo .....	49
Tabela 15 – Componentes da tendência do modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	49
Tabela 16 – Índices sazonais corrigidos do modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	50
Tabela 17 – EQM do modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	50
Tabela 18 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o modelo de Decomposição Clássica aditivo ....	52
Tabela 19 – Intervalos de confiança a 95% para os 4 trimestres de 2019 através da aplicação do modelo de Decomposição Clássica aditivo .....	52
Tabela 20 – Índices sazonais corrigidos do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo .....	53
Tabela 21 – EQM do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo .....	53
Tabela 22 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o modelo de Decomposição Clássica multiplicativo .....	55

Tabela 23 – Intervalos de confiança a 95% para os 4 trimestres de 2019 através da aplicação do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo .....	55
Tabela 24 – Comparação dos modelos de previsão não causais desenvolvidos face ao EQM obtido .....	56
Tabela 25 – Resultado dos testes de análise de resíduos aplicados aos diferentes modelos desenvolvidos .....	56
Tabela 26 – Matriz de correlações do modelo de regressão linear trimestral .....	58
Tabela 27 – Resumo e apresentação dos modelos trimestrais obtidos .....	59
Tabela 28 – Características e parâmetros do Modelo 3 .....	60
Tabela 29 – Média dos resíduos do Modelo 1 .....	61
Tabela 30 – Média dos resíduos do Modelo 2 .....	61
Tabela 31 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 1 ....	62
Tabela 32 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 2 ....	62
Tabela 33 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 1 .....	62
Tabela 34 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 2 .....	62
Tabela 35 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 1 .....	63
Tabela 36 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 2 .....	64
Tabela 37 – Tabela da ANOVA do modelo 1 .....	64
Tabela 38 – Tabela da ANOVA do modelo 2 .....	64
Tabela 39 – Matriz de correlações do modelo de regressão linear anual .....	68
Tabela 40 – Resumo e apresentação dos modelos anuais obtidos .....	69
Tabela 41 – Características do Modelo 7 .....	70
Tabela 42 – Desempenho dos modelos anuais face aos pressupostos dos modelos de regressão linear .....	77
Tabela 43 – EQM dos modelos de previsão (causais e não causais) desenvolvidos .....	79
Tabela 44 – Evolução mensal do volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística nos últimos 8 anos .....	87
Tabela 45 – Média dos Resíduos do Modelo 1 .....	97
Tabela 46 – Média dos Resíduos do Modelo 2 .....	97
Tabela 47 – Média dos Resíduos do Modelo 3 .....	97
Tabela 48 – Média dos Resíduos do Modelo 4 .....	97
Tabela 49 – Média dos Resíduos do Modelo 5 .....	97
Tabela 50 – Média dos Resíduos do Modelo 6 .....	97

Tabela 51 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 1 .....	100
Tabela 52 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 2 .....	100
Tabela 53 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 3 .....	100
Tabela 54 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 4 .....	100
Tabela 55 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 5 .....	100
Tabela 56 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 6 .....	100
Tabela 57 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 1 .....	101
Tabela 58 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 2 .....	101
Tabela 59 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 3 .....	101
Tabela 60 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 4 .....	101
Tabela 61 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 5 .....	101
Tabela 62 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 6 .....	101
Tabela 63 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 1 .....	105
Tabela 64 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 2 .....	105
Tabela 65 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 3 .....	105
Tabela 66 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 4 .....	105
Tabela 67 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 5 .....	105
Tabela 68 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 6 .....	105
Tabela 69 – Tabela da ANOVA do modelo 1 .....	106
Tabela 70 – Tabela da ANOVA do modelo 2 .....	106
Tabela 71 – Tabela da ANOVA do modelo 3 .....	106
Tabela 72 – Tabela da ANOVA do modelo 4 .....	106
Tabela 73 – Tabela da ANOVA do modelo 5 .....	106
Tabela 74 – Tabela da ANOVA do modelo 6 .....	106
Tabela 75 – Qualificação para os Coeficientes de Correlação de Pearson .....	109
Tabela 76 – Tabela de decisão em função de $d_L$ e $d_U$ .....	109
Tabela 77 – Valores críticos de $d_L$ e $d_U$ .....	109

## Glossário de Acrónimos

**ACD** – Aluguer de Curta Duração

**ACRISS** – Association of Car Rental Industry Systems and Standards

**ANN** – Artificial Neural Network

**ARAC** – Associação dos Industriais de Aluguer de Automóveis sem Condutor

**BCE** – Banco Central Europeu

**BP** – Back Propagation

**CAGR** – Compound Annual Growth Rate

**CDW** – Collision Damage Waivers

**DVD** – Digital Video Disc

**EAM** – Erro Absoluto Médio

**EDM** – Econometric Dynamic Model

**EL** – Entrepasto Logística

**EMEA** – Europe, the Middle East and Africa

**EQM** – Erro Quadrático Médio

**EUA** – Estados Unidos da América

**FMI** – Fundo Monetário Internacional

**GPS** – Global Positioning System

**IC** – Índice Condicional

**INE** – Instituto Nacional de Estatística

**LSE** – London School of Economics

**PDI** – Pre-Delivery Inspection

**PIB** – Produto Interno Bruto

**QME** – Quadrados Médios dos Erros

**QMR** – Quadrados Médios da Regressão

**RAC** – Rent-a-Car

**SE** – Variação não Explicada (Soma dos Quadrados dos Erros do modelo)

**SIPP** – Standard Interline Passenger Procedure

**S-LOG** – Serviços e Logística, SA

**SPSS** – Statistical Package for the Social Sciences

**SR** – Variância Explicada

**ST** – Variância Inicial

**SVM** – Support Vector Machine

**TI** – Tecnologias de Informação

**TNS** – Taylor Nelson Sofres

**VA** – Valor Acrescentado

**VAB** – Valor Acrescentado Bruto

**VIF** – Variance Inflation Factor

**VIN** – Vehicle Identification Number

**VKT** – Vehicle Kilometer Traveled

**VLM** – Veículos Ligeiros de Mercadorias

**VLP** – Veículos Ligeiros de Passageiros

**VPM** – Veículos Pesados de Mercadorias

**3PL** – Third Party Logistics

## Capítulo 1 – Introdução

O presente capítulo tem como principal objectivo contextualizar a dissertação, bem como dar a conhecer os seus objectivos, a sua estrutura e as metodologias de investigação que serão utilizadas na realização da mesma.

Divide-se assim em quatro subcapítulos: 1.1 – Enquadramento do Problema; 1.2 – Objectivos; 1.3 – Metodologia de Investigação e 1.4 – Estrutura da Dissertação de Mestrado.

### 1.1 – Enquadramento do Problema

O aparecimento da indústria de aluguer automóvel teve origem nos EUA poucos anos após o aparecimento dos primeiros automóveis no país, ou seja por volta de 1910, já que alguns empresários viam no aluguer de automóveis sem condutor um negócio promissor, originando assim uma nova indústria. Mas foi sobretudo nas décadas de 30 e 40 que o aluguer de veículos sem condutor cresceu significativamente nos EUA, principalmente devido à inauguração de estações de aluguer nos aeroportos. Na década de 1950, várias rent-a-car já estabelecidas no país norte americano expandiram as suas actividades para a Europa, sendo Portugal também um dos países alvo deste investimento. Simultaneamente a este fenómeno ocorre a explosão turística internacional, o que proporcionou um crescimento deste tipo de empresas, que se direccionavam principalmente para este tipo de clientes, tal como afirmado por Pinheiro e Santos (2009). A Associação Dos Industriais De Aluguer De Automóveis Sem Condutor (2010) afirma ainda que a actividade de aluguer de automóveis sem condutor (rent-a-car) é um sector com grande significado para a economia portuguesa, em especial para o turismo, representando em grande parte o produto turístico nacional, uma vez que é o primeiro e o último produto turístico utilizado por quem visita o país.

O negócio de aluguer de viaturas tem vindo ao longo dos anos a sofrer um crescimento considerável e a conquistar uma posição de cada vez maior relevo no mercado (Pachon, 2006). Este crescimento tem sido impulsionado pelo desenvolvimento e crescimento do sector automóvel, que actualmente permite a aquisição e manutenção de uma frota heterogénea a baixos custos com flexibilidade e mobilidade da frota oferecida. Também a crescente adesão ao transporte aéreo, fortemente impulsionado pelo aumento de voos de baixo custo e a larga oferta de horários e destinos, impulsionou o mercado rent-a-car, quebrando o paradigma dos transportes públicos ou dos veículos de uso próprio (Ribeiro, 2016).

Actualmente, os consumidores caracterizam-se pela ânsia de quererem ver as suas necessidades de consumo satisfeitas no local certo, num instante pré-definido e com um elevado nível de serviço. Este fenómeno advém da evolução das tendências de consumo que, cada vez mais, apoiam a visão do consumidor enquanto um decisor informado dentro do mercado, ao invés da visão do mero comprador que se ajusta à oferta (Mahajan, 2015).

De forma a corresponderem positivamente a estes requisitos, as empresas deparam-se com a crescente necessidade de **optimizar a sua actividade logística**, de modo a melhorarem o seu **nível de serviço**, **reduzirem os custos** incorridos e, conseqüentemente, **umentarem os seus lucros**.

Para além da adaptação à evolução dos padrões de consumo, as empresas devem também ajustar-se à conjuntura económica em que se encontram, sendo cada vez mais crucial apresentarem uma boa capacidade de reacção relativamente às mudanças abruptas das condições económicas mundiais e, em particular, de Portugal.

A estrutura da economia portuguesa é caracterizada por um elevado peso do sector dos serviços, tendência semelhante à dos outros países europeus, que correspondeu a 75,4% do VAB e empregou 68,6% da sua população activa em 2016. Na última década para além de uma maior incidência e diversificação dos serviços na actividade económica, verificou-se um aumento da incorporação tecnológica nos vários sectores, aumentando o seu potencial de crescimento. Destacam-se, pelo seu sucesso e impacto na evolução económica, o sector automóvel e componentes, a electrónica, a energia, o sector farmacêutico e as indústrias relacionadas com as novas tecnologias de informação e de comunicação. Ainda nos serviços, salienta-se a relevância

do sector do turismo, que beneficia da importante posição geográfica de Portugal, usufruindo de um clima mediterrânico, moderado pela influência do Atlântico, e de uma extensa faixa costeira (AICEP, 2017).

Segundo a ARAC, o turismo é actualmente o maior mercado das rent-a-car nacionais representando cerca de 60% do seu volume de negócios (Jornal Económico, 2018). Estes turistas procuram alugar automóveis com vista a visitar diferentes destinos: Algarve (33,1%), Lisboa (24,9%), Madeira (13,1%), Norte (12,9%), Centro (9,8%), Alentejo (3,1%) e Açores (3,1%); e permanecem em média 2 noites quando são de nacionalidade portuguesa e 3,3 noites quando são de nacionalidade estrangeira. Estes são originários de diversos países: Portugal (28%), Reino Unido (16%), Alemanha (10%), Espanha (7%), França (7%), Holanda (4%), Brasil (3,5%), Estados Unidos (3%), Irlanda (2,5%), Itália (2%), Polónia (1,5%), e outros (15,5%) (Análise Regional 2017).

De acordo com o Banco de Portugal (2017), as receitas do turismo em Portugal aumentaram de forma sustentada de 2012 a 2016, tendo-se observado um crescimento médio anual de 10,2%. Em 2016, as receitas atingiram perto de 12,7 mil milhões de euros, registando um aumento significativo de 10,7% face ao ano anterior.

Em 2017, as receitas derivadas da actividade turística foram de 15 mil milhões de euros, registando-se um crescimento de três mil e quatrocentos milhões de euros face a 2016, de acordo com a Organização Mundial do Turismo (Observador, 2018). Por sua vez, em 2018 as receitas turísticas nacionais voltaram a aumentar, atingindo um “novo recorde” de 16,6 mil milhões de euros, crescendo assim 45% desde 2015 (Observador, 2019).

As receitas nacionais derivadas do turismo de 2012 a 2018 podem ser observadas na Figura 1.

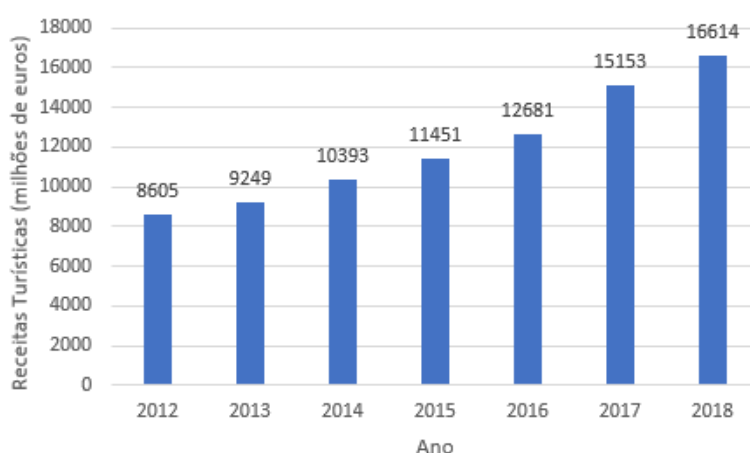


Figura 1 - Receitas do sector do turismo (Milhões de Euros)

O mercado rent-a-car nacional teve um valor de vendas de aproximadamente 542 milhões de euros em 2015 e cresceu aproximadamente 6,5% relativamente a 2014 (Económico, 2016), enquanto em 2014 houve um aumento de faturação na ordem de 13% relativamente ao ano anterior (Fleet Magazine, 2015).

As rent-a-car registaram receitas de cerca de 700 milhões de euros em 2017. O crescimento foi de 45% em comparação com 2016, com os britânicos a serem os principais clientes (Diário de Notícias, 2018).

Assim, a evolução deste mercado em termos de receitas de 2014 a 2017 pode ser observada na Figura 2:



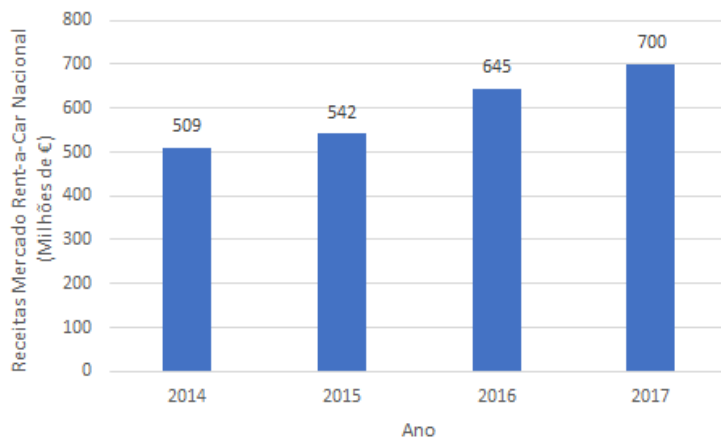


Figura 2 - Evolução das receitas registadas pelo mercado rent-a-car nacional entre 2014 e 2017

De notar que o crescimento das vendas e do sector em 2016 relativamente ao ano de 2015 se deveu sobretudo ao número crescente de turistas que visitaram o país nesse ano (Fleet Magazine, 2017).

De acordo com o “Global Automotive Consumer Study” (2015), desenvolvido pela Deloitte com 23.000 respondentes, a principal razão para os consumidores abaixo dos 35 anos não comprarem carros é a percepção de que esta acção envolve altos custos de compra e de manutenção. No entanto, 40% destes dizem que alugariam carros se o serviço estivesse facilmente disponível.

Por fim, de acordo com o “Observador Cetelem - Mercado Automóvel Mundial” (2015), um relatório patrocinado pelo BNP Paribas e realizado pela TNS com mais de 7.550 respondentes, a taxa de esforço para comprar um carro em Portugal é mais do que o dobro da média europeia (os consumidores necessitam de mais de 16 meses de salário completo para pagar o seu carro), facto esse que pode propiciar ainda mais o crescimento do mercado rent-a-car nacional.

É neste sentido que a empresa Entrepasto Logística, que presta serviços de logística automóvel nas suas várias componentes e tem como fonte maior de receitas marcas importadoras de automóveis, cujos principais clientes são empresas de rent-a-car, demonstra interesse neste trabalho de dissertação.

De facto, tendo em consideração este contexto, a empresa EL quer garantir que consegue **rentabilizar ao máximo**, em termos de receitas e de lucro gerado, o **acentuado crescimento da indústria de aluguer automóvel nacional**. Deste modo é crucial definir uma **estratégia operacional** que lhe permita apresentar um **elevado nível de serviço** e aumentar a sua **competividade**, sem incorrer num aumento excessivo de custos e, assim, manter ou aumentar a sua clientela de empresas rent-a-car de maneira a poder beneficiar **indirectamente** do aumento de receitas destas.

Apesar da indústria apresentar um elevado crescimento, são escassos os estudos conduzidos no seu âmbito assim como a literatura científica associada ao seu funcionamento e limitações.

## 1.2 – Objectivos

Esta dissertação de mestrado tem como principal objectivo a previsão rigorosa do volume de actividade futuro da empresa EL, **traduzido pelo número de viaturas que são processadas pela empresa anualmente e trimestralmente**, ou por outras palavras, pelo **volume anual e trimestral de saídas de viaturas da EL**, com vista a fundamentar a estratégia da empresa.

Este processo de previsão será realizado com recurso a **modelos de previsão quantitativos causais e não causais**.

No desenvolvimento dos modelos de previsão causais, será analisado o modo como a actividade logística da empresa se relaciona com determinados parâmetros e dados estatísticos referentes à indústria rent-a-car nacional e/ou à economia nacional.

Por outro lado, os modelos de previsão não causais desenvolvidos serão aqueles que melhor se adequem ao padrão evidenciado pela série cronológica do volume trimestral de saídas de viaturas da EL.

Para ambos os tipos de modelos de previsão quantitativos desenvolvidos (causais e não causais) o processo de estudo vai concentrar-se na comparação do desempenho dos modelos desenvolvidos, com base em diversos testes estatísticos, com o propósito de avaliar a sua adequabilidade ao problema.

Assim, esta Dissertação de Mestrado pretende após o processo de elaboração de vários modelos de previsão anuais e trimestrais investigar quais destes modelos deverão ser utilizados pela EL para fins de previsão.

### 1.3 – Metodologia de Investigação

Conforme referido anteriormente, na dissertação serão utilizados métodos de investigação quantitativos, nomeadamente métodos de previsão quantitativos causais e não causais.

A metodologia de investigação a ser utilizada consiste no **estudo de caso**, em que será feito o estudo e análise de uma situação real da empresa Entrepasto Logística.

O facto da investigação vir a incidir num estudo de caso, deve-se maioritariamente à falta de informação que existe actualmente acerca do tema em questão. Assim, é necessário recorrer a situações e cenários reais que têm lugar em empresas que operam no mercado automóvel de modo a conseguir chegar a um resultado mais conclusivo. Crê-se também ser melhor incidir e estender este tipo de trabalho para situações e casos reais, não só porque possibilitará ter uma ideia mais realista e prática do assunto em estudo, bem como também irá permitir chegar a um resultado que seja de maior uso e relevância para uma determinada empresa.

Os dados necessários para o desenvolvimento da dissertação serão fornecidos e disponibilizados, como já foi referido, pelas entidades Entrepasto Logística, ARAC e INE. Desta forma, as técnicas de recolha de dados a utilizar irão consistir na elaboração de entrevistas a representantes da Entrepasto Logística e da ARAC, sendo os dados do INE recolhidos via pesquisa online, uma vez que estes se encontram disponibilizados electronicamente.

Assim, de modo a orientar os processos de investigação, de tratamento da informação, bem como o desenvolvimento de propostas de solução, foram definidas no desenvolvimento desta Dissertação várias etapas, tal como indicado na Figura 3:

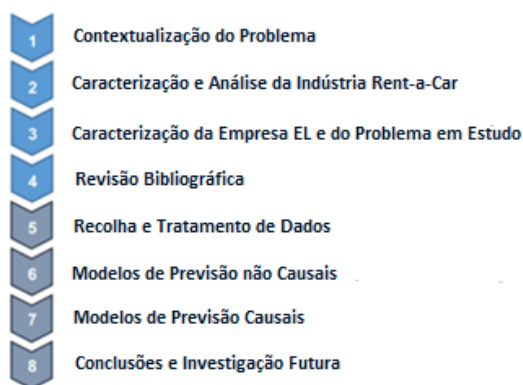


Figura 3 - Etapas da metodologia de investigação da dissertação de mestrado

**Etapa 1** – Esta etapa pretende enquadrar o problema no contexto em que o mesmo se insere. O enquadramento é feito ao nível da conjuntura económica actual, do mercado de aluguer automóvel em Portugal e ao nível da situação actual da empresa Entrepasto Logística.

**Etapa 2** – Na segunda etapa é analisada a indústria de aluguer automóvel, nomeadamente em termos das suas principais características e actuais tendências.

**Etapa 3** – Nesta terceira etapa é feita uma caracterização da empresa Entrepasto Logística e do problema que esteve na origem do caso de estudo desta dissertação de mestrado.

**Etapa 4** – Na quarta etapa deste projecto é realizada uma revisão bibliográfica sobre as temáticas relacionadas com o caso de estudo, procedendo-se de seguida à selecção e ao estudo da abordagem de resolução seleccionada.

**Etapa 5** – A quinta etapa consiste na recolha e tratamento de dados.

**Etapa 6** – Na sexta etapa são desenvolvidos os modelos de previsão quantitativos não causais mais adequados ao objectivo da dissertação. Posteriormente, são efectuados testes estatísticos aos mesmos com o fim de os comparar e de determinar o modelo que melhor se adequa aos dados e ao problema em questão.

**Etapa 7** – Na sétima etapa são desenvolvidos os modelos matemáticos de previsão quantitativos causais mais adequados ao objectivo da dissertação. Posteriormente, são efectuados testes estatísticos aos mesmos com o fim de os comparar e de determinar o modelo que melhor se adequa aos dados e ao problema em questão.

**Etapa 8** – Na última etapa da dissertação é feita uma reflexão sobre as limitações encontradas ao longo de toda a investigação, resumindo as conclusões finais e propondo estudos a desenvolver em trabalhos futuros.

## 1.4 – Estrutura da Dissertação de Mestrado

Após estarem definidos os objectivos e a metodologia a seguir, é apresentada nesta secção a estrutura da dissertação, estando esta dividida nos seguintes capítulos:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Neste capítulo pretende-se introduzir o tema que deu origem a esta dissertação de mestrado. Esta introdução é feita através da contextualização do problema no panorama atual, da definição de objectivos para esta investigação, da definição da metodologia para a investigação e da estruturação do modo de apresentação da informação.
- **Capítulo 2 – Caracterização da Indústria Rent-a-Car:** Neste capítulo é apresentado o mercado de alugar automóvel, analisando em detalhe esta indústria e as principais tendências da mesma.
- **Capítulo 3 – Caracterização do Caso de Estudo:** Neste capítulo apresenta-se o caso de estudo, descrevendo a empresa Entrepasto Logística bem como o problema em análise.
- **Capítulo 4 – Revisão Bibliográfica:** Neste capítulo procede-se à revisão bibliográfica dos temas mais relevantes para esta dissertação de mestrado. A revisão bibliográfica incidirá sobre a análise do problema de previsão do volume da procura de operações logísticas e sobre metodologias que tenham sido aplicadas pela comunidade científica na resolução de problemas com características semelhantes ao analisado nesta dissertação.
- **Capítulo 5 – Recolha e Tratamento de Dados:** Neste capítulo são apresentados os diferentes dados recolhidos e são analisados em pormenor os dados relativos à EL, a partir dos quais serão construídos os modelos de previsão quantitativos causais e não causais. Neste capítulo são também indicados os softwares utilizados neste processo de desenvolvimento dos modelos de previsão.
- **Capítulo 6 – Modelos de Previsão não Causais:** Este capítulo apresenta a estruturação dos modelos de previsão não causais, detalhando as várias etapas que farão parte da sua construção e validação.
- **Capítulo 7 – Modelos de Previsão Causais:** Este capítulo apresenta a estruturação dos modelos de previsão causais, detalhando as várias etapas que farão parte da sua construção e validação.
- **Capítulo 8 – Conclusões:** No último capítulo realiza-se a análise e comparação do desempenho das soluções obtidas nos Capítulos 6 e 7 e expõem-se as conclusões retiradas desta investigação e potenciais trabalhos futuros a desenvolver tendo por base esta dissertação.

## Capítulo 2 – Caracterização da Indústria de Aluguer Automóvel

Neste capítulo introduz-se, numa primeira fase, o mercado de aluguer automóvel, analisando-se posteriormente as principais tendências do mesmo.

### 2.1 – A Indústria Rent-a-Car

#### Definição/Conceito

As empresas denominadas rent-a-car, ou RAC, são empresas cuja actividade consiste no aluguer de veículos automóveis ligeiros e comerciais sem condutor por curtos períodos de tempo (denominado aluguer de curta duração - ACD), por um período máximo de 30 dias em Portugal. Caso o período de aluguer exceda os 30 dias, de acordo com as disposições da lei portuguesa o contrato passará a ser considerado como um contrato de aluguer de longa duração ou de leasing (Relvas, 2012).

Estas empresas geram receita a partir das taxas de aluguer impostas (advindas do aluguer de viaturas) e de vendas adicionais. Exemplos de vendas adicionais consistem no aluguer de sistemas de GPS, vendas de seguros (tais como o designado Collision Damage Waivers - CDW), telemóveis, dispositivos electrónicos de entretenimento (por exemplo, DVD portátil) e outras taxas, tais como taxas de entrega e taxas de reabastecimento. Por outro lado, os custos incorridos devem-se maioritariamente à depreciação dos bens, ao pagamento de seguros e aos custos resultantes das operações de manutenção, pagamento de salários e juros (Lazov, 2017).

#### Oportunidades e Desafios

Actualmente, a mobilidade é um tema que se encontra muito na moda, sendo impulsionada sobretudo por uma mudança de atitude por parte dos consumidores, pela urbanização e outras mudanças sociais, e por um maior foco na economia de compartilhamento em geral. A mobilidade tem vindo a ganhar notabilidade enquanto megatendência global, à medida que um maior número de pessoas procura soluções alternativas à posse de um carro próprio e, por sua vez, a indústria de aluguer de viaturas representa uma solução crucial no desenvolvimento e expansão destes canais (Nedrelid, 2016).

De facto, esta indústria tem sentido um crescimento global extremamente acentuado, estando prevista de 2016 a 2021 uma taxa anual de crescimento composta (*CAGR*, em inglês) de 5,6%. Os **principais impulsionadores** no que respeita ao progresso desta **indústria** são o **crescimento do sector do turismo**, a **crecente globalização de operações corporativas**, bem como o **aumento nos níveis de rendimento** em quase todo o mundo (PR Newswire, 2016).

Existem vários desafios nesta indústria, como por exemplo o aumento das situações relacionadas com a cabotagem, a segurança e os seguros, mas existem igualmente grandes oportunidades, tal como a possibilidade de estender os horizontes da indústria a novos contextos culturais, geográficos, económicos, fiscais ou legislativos (Lazov, 2017).

#### História/Evolução

Durante a Segunda Guerra Mundial o foco dos locais de aluguer automóvel eram as estações ferroviárias, tendo a indústria crescido rapidamente nos EUA graças às extensões do sistema ferroviário durante esse período de tempo e também devido ao facto de o telégrafo ter permitido criar o primeiro sistema de reserva remota para as empresas de aluguer (Carrentalexpress, 2013a.).

No entanto, após a Segunda Guerra Mundial as rent-a-car passaram a estabelecer-se primordialmente nos aeroportos, o que contribuiu para um crescimento mais significativo da indústria. De facto, o sector de aluguer automóvel tem acompanhado praticamente a curva de crescimento da indústria aérea desde que os passageiros das linhas aéreas se tornaram o principal alvo da indústria de aluguer. As previsões futuras remetem para um crescimento lento, mas constante, em linha com a indústria de aviação (Carrentalexpress, 2013a.).

Actualmente, as estações ou *stands* de aluguer automóvel estão espalhadas por todo o mundo, em terminais de outros modos de transporte ou em locais onde exista procura suficiente para tais serviços (Talluri e Van Ryzin, 2004).

Nos primeiros anos do século XXI a maioria das maiores rent-a-car pertenciam e eram geridas por grandes empresas de automóveis como a Ford, por exemplo. O enorme tamanho destas empresas faziam delas facilmente os maiores compradores de automóveis do mercado, particularmente nos EUA, que por sua vez se assumem como o maior mercado de aluguer automóvel mundial (Carrentalexpress 2013b.).

Em 2017 a indústria de aluguer automóvel registou nos Estados Unidos um recorde de receitas, gerando mais de 28,63 biliões de dólares americanos com um tamanho total de frota de 2.187 milhões de veículos (Autorental News, 2017). Apesar de a indústria rent-a-car ser um negócio de grande magnitude nos EUA e na Europa, esta apresenta uma dimensão consideravelmente menor nos continentes Africano e Asiático.

Além do mais, hoje em dia a maioria das grandes rent-a-car fundiram-se umas com as outras, o que lhes permite um controlo quase total da indústria de aluguer automóvel (Washington Post, 2013).

Deste modo, as marcas globais internacionalmente conhecidas estão a dominar o sector de aluguer automóvel, no entanto, muitas vezes estas marcas estão representadas em cada país por uma empresa local. Estas grandes empresas geralmente alugam veículos através de uma rede de pontos de venda corporativos, franqueados ou licenciados. Os estabelecimentos de propriedade corporativa são operados por empresas do mesmo grupo da marca. Os estabelecimentos licenciados geralmente possuem e operam uma frota de veículos, mas têm acesso a serviços oferecidos pela entidade corporativa, bem como ao uso da sua propriedade intelectual e marca. Os franqueados têm os mesmos direitos de uso da marca e também têm acesso a uma gama de produtos e serviços como sistemas de reservas, marketing e fornecimentos da marca, e podem efectuar o pagamento ao franqueador em troca. Ambos os franqueados e licenciados são entidades corporativas separadas do franqueador ou licenciador e isso afecta o grau de controlo que o franqueador ou licenciante tem sobre eles (CMA, 2015).

Às vezes, localizações estrategicamente mais importantes como aeroportos e locais nos centros das cidades são geridas pelo próprio franqueador e as áreas mais remotas são da responsabilidade dos franqueados. Operar sob licença de franqueado cria certas restrições no que respeita à gestão das receitas do aluguer de viaturas. O franqueador estabelece regras de atribuição de preços de acordo com os contratos e campanhas corporativas globais, o que reduz a flexibilidade de um franqueado. Muitas vezes, isso leva a transações desfavoráveis com contribuição muito baixa ou mesmo nula para o franqueado. Para resolver esse problema o franqueado pode desenvolver os seus próprios canais de vendas, por exemplo, ao configurar e promover o seu próprio site, gerando vendas directas sem o franqueador (Legohérel, 2013).

No entanto, uma tendência interessante que pode ser observada no segmento de aluguer automóvel sugere que empresas pequenas e individuais estão a regressar à indústria. Esta situação pode ser explicada principalmente pelo facto de as ferramentas de comparação de preços terem tornado muito conveniente e simples para os consumidores o processo de decisão de compra e pelo facto de os chamados *third party sellers* (Intermediários) estarem a colocar enorme poder no retalho online. Actualmente, os grandes intermediários de aluguer de automóveis na Europa são as empresas TravelJigsaw, Autoeurope, Sunnycars e EconomyCarrentals. Os intermediários permitem que os prestadores de serviços de pequenas dimensões atinjam um canal de vendas eficaz sem a necessidade de pertencer a uma corporação multinacional (Carrentalexpress, 2013b).

## **Procura e Oferta**

Existem três tipos diferentes de clientes na indústria de aluguer automóvel (CMA, 2015):

- Clientes particulares/directos: Aluguer de carros a curto prazo por clientes individuais, a partir de vendas *walk-in* ou através de um pré-agendamento por meio de terceiros (como um corretor ou operador turístico) ou directamente com a locadora de veículos (pelo site da empresa ou por um centro de atendimento), recolhendo e devolvendo estes a viatura numa estação à sua escolha.

- Clientes empresariais: Empresas, operadores (por exemplo, hotéis) e gestoras de frota podem negociar um contrato geral, denominado por acordo-quadro, com empresas de aluguer automóvel com o fim de alugar viaturas a representantes das entidades, sendo as mesmas entregues em pontos pré-definidos e devolvidas em locais acordados entre as rent-a-car e as entidades. Dependendo das suas necessidades, os clientes empresariais também podem optar por alugar veículos a curto prazo.
- Substituição de seguro: Fornecimento temporário de veículos de aluguer a clientes directos de companhias de seguros como substituto de um veículo comercial ou privado que está danificado, entregando a viatura directamente ao cliente final (numa determinada oficina, a partir de um acordo entre a seguradora e a rent-a-car) que, por sua vez, é devolvida num local acordado entre as duas partes.

Os consumidores que alugam um automóvel para fins de lazer podem-no fazer por diversos motivos. Um relatório de mercado realizado em 2014 pelo Euromonitor constatou que aproximadamente 40% do aluguer de carros por motivos de lazer ocorre em aeroportos, sugerindo que uma razão significativa está relacionada com o transporte durante as férias. No entanto, o aluguer de veículos também pode estar associado a viagens diárias, mudança de casa ou a uma ocasião especial.

Os consumidores podem reservar automóveis de aluguer a partir de vários canais distintos. A Figura 4 apresenta uma versão simplificada dos principais procedimentos utilizados pelos consumidores ao reservar um veículo de aluguer (CMA, 2015).

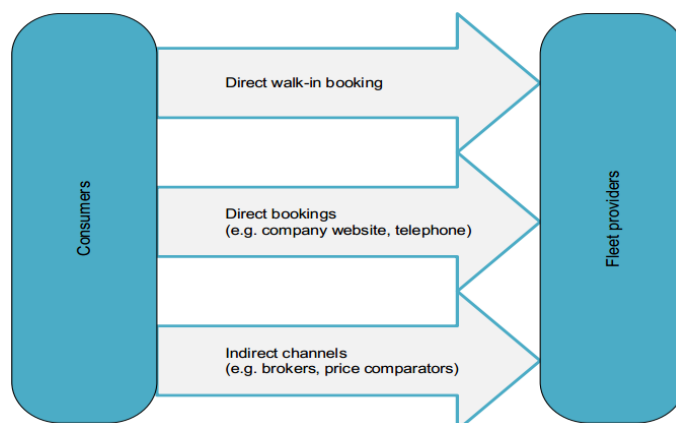


Figura 4 - Possíveis meios de reserva de um veículo de aluguer. Fonte: CMA (2015)

Conforme se pode observar na Figura 4 e como já foi referido anteriormente, os consumidores também podem reservar carros de aluguer através de corretores e intermediários, que não possuem frotas próprias de veículos de aluguer, mas, em vez disso, organizam os serviços das empresas de aluguer em nome do consumidor. Apesar de os consumidores estarem menos propensos a alugar um carro através de um intermediário online, a verdade é que este é um canal em rápido crescimento - o número de consumidores que usam intermediários online para reservar carros de aluguer quase duplicou desde 2007 a 2015. No entanto, uma grande percentagem de consumidores continua a utilizar o telefone ou a dirigir-se directamente às instalações da empresa de aluguer de modo a reservar um veículo (CMA, 2015).

O cliente terá oportunidade de efectuar uma reserva de um veículo com características específicas, num ponto de recolha/entrega de acordo com a sua preferência (Oliveira, 2014). Tal facto obriga então uma empresa de aluguer a possuir uma organização de funcionamento colectivo de estações de aluguer. De acordo com Pachon et al. (2003) uma forma de estruturar o funcionamento colectivo das diversas estações consiste em introduzir neste negócio o conceito de *pool*, ou seja, agrupar as estações de acordo com a sua situação geográfica e perfil de procura, de forma a partilharem a mesma frota de veículos. Cada *pool* é constituída por uma determinada frota, estabelecida segundo as necessidades das estações que a constituem. Essa frota é constituída por dois tipos de veículos:

- Veículos de gama média/baixa – disponíveis em todas as estações em quantidades suficientes de modo a satisfazer imediatamente a procura das reservas.

• Veículos especiais – gamas com características particulares (como monovolumes, veículos todo-o-terreno, de alta cilindrada, blindados, entre outros) que devido às suas características especiais apenas se encontram disponíveis em determinadas estações de aluguer, em quantidades reduzidas. São, portanto, transportados frequentemente entre estações, em vazio, de modo a assegurar a satisfação de reservas dentro da *pool*.

No momento da reserva, a rent-a-car deve assegurar que garante a existência de viaturas do grupo que é pretendido pelo potencial cliente. Contudo, muitas vezes as viaturas de determinados grupos não se encontram disponíveis na suposta hora devido a problemas com o retorno destas. Nesta situação, e tendo em conta que as empresas se comprometem a não falhar reservas, é feito um *upgrade*, ou seja, é entregue ao cliente uma viatura que pertence a uma categoria superior à que foi reservada, com a mesma tarifa que tinha sido contratada anteriormente (Steinhardt e Gönsch, 2012). Estas situações acarretam consequências significativas para a empresa, tanto a nível financeiro como operacional, já que para garantir a disponibilidade de frota para uns grupos se podem estar a criar falhas noutros.

De modo a conseguirem satisfazer o variado leque de clientes, as rent-a-car devem possuir uma frota diversificada que passa por quase todas as gamas de veículos (incluindo tipos de motor-combustível utilizados pelos mesmos) disponíveis no mercado, de forma a entregar ao cliente a viatura que este necessita. Assim, de forma a que se possam comparar os tipos de veículos que fazem parte da oferta da empresa, a ACRISS constituiu um código universal similar ao utilizado na indústria aérea para os seus associados, designado por código SIPP, de modo a poder classificar estes automóveis de acordo com as suas características (tamanho, número de portas, transmissão e tipo de combustível), atribuindo uma letra a cada uma destas características. Por exemplo, uma viatura com o código CDMD é compacta, tem 4 a 5 portas, transmissão manual e o tipo de combustível utilizado é o gasóleo (ou diesel). Na Figura 5 encontra-se um exemplo de uma tabela utilizada pela ACRISS para definir a categoria dos veículos (Relvas, 2012).

Car Classification Code

CATEGORY	TYPE	TRANSMISSION/DRIVE	FUEL/AIR COND.
M Mini	B 2-3 Door	M Manual Unspecified Drive	R Unspecified Fuel/Power With Air
N Mini Elite	C 2/4 Door	N Manual 4WD	N Unspecified Fuel/Power Without Air
E Economy	D 4-5 Door	C Manual AWD	D Diesel Air
H Economy Elite	W Wagon/Estate	A Auto Unspecified Drive	Q Diesel No Air
C Compact	V Passenger Van	B Auto 4WD	H Hybrid Air
D Compact Elite	L Limousine	D Auto AWD	I Hybrid No Air
I Intermediate	S Sport		E Electric Air
J Intermediate Elite	T Convertible		C Electric No Air
S Standard	F SUV		L LPG/Compressed Gas Air
R Standard Elite	J Open Air All Terrain		S LPG/Compressed Gas No Air
F Fullsize	X Special		A Hydrogen Air
G Fullsize Elite	P Pick up Regular Cab		B Hydrogen No Air
P Premium	Q Pick up Extended Cab		M Multi Fuel/Power Air
U Premium Elite	Z Special Offer Car		F Multi Fuel/Power No Air
L Luxury	E Coupe		V Petrol Air
W Luxury Elite	M Monospace		Z Petrol No Air
O Oversize	R Recreational Vehicle		U Ethanol Air
X Special	H Motor Home		X Ethanol No Air
	Y 2 Wheel Vehicle		
	N Roadster		
	G Crossover		
	K Commercial Van/Truck		

Figura 5 - Código SIPP. Fonte: ACRISS [www.acriss.org](http://www.acriss.org)

## Compra e Venda de Viaturas

Por norma as empresas de aluguer adquirem os seus carros por leasing, buy-back ou compra, sendo o tempo de vida dos mesmos influenciado pelo procedimento escolhido (Reunião Europcar, 2017). O procedimento mais habitual consiste em efectuar uma alocação financeira (leasing) que consiste num acordo entre duas entidades através do qual umas das partes (locadora/arrendadora) aluga à outra parte (locatário/arrendatário) a sua propriedade (um bem) por um determinado período de tempo, estipulado no contrato, em troca do recebimento de uma quota periódica. Ao término do contrato o arrendatário pode optar por renová-lo por mais um período, por devolver o bem arrendado à arrendadora (que pode exigir do arrendatário, conforme expresso no contrato, a garantia de um valor residual) ou dela adquirir o bem, pelo valor de mercado ou por um valor residual previamente definido no contrato (Duarte, 2010).



Na indústria de aluguer automóvel os leasings podem ser *open-end* ou *closed-end*, sendo ambos utilizados. Nos *open-end leases* o contracto estabelecido entre as duas partes não tem um termo fixo (ou um mínimo termo de 12 meses) e a arrendadora retém uma elevada proporção do risco de posse, nomeadamente, em termos de depreciação. Não existe a imposição de um limite de distância percorrida pelo veículo arrendado nem o uso de taxas de uso-gasto. Neste tipo de leasing é importante ter noção das taxas e tarifas associadas com o acto de se “desfazer” da viatura. Por sua vez, nos *closed-end leases* o acordo entre as duas partes tem um termo fixo e o arrendatário é que assume a maior parte do risco de posse notavelmente em termos de depreciação e de financiamento. A maior parte deste tipo de leasings apresenta determinadas cláusulas que visam manter o veículo em conformidade com um certo padrão de operacionalidade e de aparência (Auto Rental News, 2015).

O contrato de buy-back, também conhecido por remarketing, é um contrato comercial oneroso de venda de viaturas com acordo de recompra numa data posterior pré-definida, por um preço pré-estabelecido, utilizado entre os fabricantes/importadores e as empresas rent-a-car (Purohit, 1997).

No caso de compra efectiva (contrato de compra firme) de um determinado veículo, a rent-a-car é responsável por definir um valor residual. Juntamente com a opção de financiamento, consegue também calcular uma renda mensal (Reunião Europcar, 2017).

Porém, as empresas de aluguer automóvel não compram apenas viaturas, também vendem. Normalmente, como foi referido, os veículos adquiridos estão sob os designados programas de recompra ou de depreciação. Esses acordos incluem um tempo ou preço predefinidos de recompra (frequentemente ambos) sob certas condições ou garantem que a taxa de depreciação dos carros durante todo o período de posse fica a cargo dos fabricantes automóveis. No entanto, alguns dos veículos também são vendidos da forma tradicional, por norma a retalhistas de carros, mas também directamente aos consumidores finais. As rent-a-car também têm a opção de vender veículos usados a grossistas, que depois os vendem a lojas de retalho de carros usados ou directamente aos próprios clientes. As rent-a-car por norma mantêm os seus veículos entre 4 a 22 meses, apresentando um período médio de posse de 13 meses. Por outras palavras, cada ano estas empresas entregam aproximadamente 92% dos seus respectivos stocks de veículos (Maxfeld, 2012).

### Comparação da Indústria Rent-a-Car com outras Indústrias Adjacentes

É também importante relacionar a indústria de aluguer automóvel com outras indústrias que apresentam um conjunto de características similares, tais como a hoteleira e a de transporte aéreo. A Tabela 1 permite comparar estas 3 indústrias:

Pontos de Comparação	Transporte Aéreo	Hoteleira	Rent-a-Car
Elementos do inventário	Lugares	Quartos	Viaturas
Número de diferentes tipos de elementos do inventário	1-3	1-10+	5-20+
Número de unidades por localização	Fixo	Fixo	Variável
Mobilidade do inventário	Reduzida	Nenhuma	Considerável
Taxas por unidade	Variadas (3-7+)	Poucas (2-3+)	Variadas (4-20+)
Duração do uso	Fixa	Variável	Variável
Gestão do inventário	Central	Central	Central/Regional

Tabela 1 - Comparação das características de 3 indústrias. Adaptado de Yang (2008)

De acordo com Yang et al. (2008), os sistemas rent-a-car têm de lidar com um inventário muito mais migratório e diversificado, uma gestão mais descentralizada e com um conjunto mais variado de perfis de cliente, relativamente aos da indústria hoteleira e de transporte aéreo, o que pode ser verificado na Tabela 1. A gestão de carácter mais descentralizado deve-se ao facto de cada estação de aluguer estar sujeita a uma gestão de carácter ligeiramente individual, uma vez que o inventário (viaturas para alugar) apresenta uma mobilidade significativa e variações em quantidade e qualidade ao longo do tempo.



É importante referir que, ao contrário da indústria hoteleira e de transporte aéreo, a indústria rent-a-car não tem controlo sobre a quantidade de viaturas que serão devolvidas no dia a dia, uma vez que, caso um cliente pretenda prolongar o aluguer para além do período estipulado, pode sempre fazê-lo caso pague uma extensão. Este factor, não só limita a capacidade de prever a disponibilidade da frota, como também reduz o horizonte de previsibilidade (Korstanje, 2011).

Finalmente, e resumindo toda a informação analisada, pode afirmar-se que a **indústria rent-a-car encontra-se em rápido crescimento, sendo esperado que este cenário se mantenha**, e que o factor decisivo para a prosperidade de qualquer empresa inserida nesta indústria é a gestão eficaz dos seus activos, garantindo não só a sua rentabilização, permitindo assim um retorno do seu investimento, mas gerindo também a sua alocação, assegurando um elevado nível de serviço ao cliente.

## 2.2 – Tendências do Sector de Aluguer Automóvel

Actualmente uma série de (novas) tendências fazem parte da realidade da indústria rent-a-car e estas além do impacto que já tiveram na mesma poderão ainda ter influência na forma como este mercado evolui no futuro. Dado que se irá efectuar uma previsão do volume de actividade futuro da EL que, por sua vez, como já foi referido é, **actualmente**, bastante influenciado pelo desempenho do sector de aluguer automóvel nacional, é importante ter em conta estas tendências nesse processo de previsão já que deverão influenciar indirectamente a primeira.

Tecnologias como a internet e os smartphones já tiveram um impacto significativo na indústria de aluguer automóvel. No entanto, apesar de a tecnologia oferecer aos consumidores um maior controlo, esta também gera mudanças e oportunidades dentro do sector. Porém, algumas tecnologias associadas ao conceito de carsharing podem vir a traduzir-se numa ameaça para a indústria (Car Hire Excess. Insure, 2017).

De seguida, referem-se as principais tendências da indústria rent-a-car.

### Aumento do PIB per capita

O aumento global dos rendimentos disponíveis e a melhoria da infraestrutura rodoviária são considerados os principais factores que impulsionaram o incremento do número de viagens de lazer e de negócios, contribuindo por conseguinte para o crescimento da indústria de aluguer automóvel (Grand View Research, 2016).

Os países e mercados emergentes, como a Índia e a China, estão a testemunhar um crescimento significativo devido ao aumento do PIB per capita, mudanças no estilo de vida das pessoas e devido ao aumento da população de classe média e com alto padrão de vida (Allied Market Research, 2017). Estes novos consumidores irão procurar modelos de carros que sejam pequenos e baratos (Goldmansachs, 2015).

O número de pessoas com carro começa a ganhar ímpeto quando o rendimento per capita anual atinge a gama dos 10.000US\$-20.000US\$. Em 2025, muitos dos países em desenvolvimento irão alcançar esse nível pela primeira vez, criando uma grande procura por carros de menores dimensões, com preços mais reduzidos e com menores custos operacionais. A Índia, por exemplo, irá tornar-se o terceiro maior mercado de carros do mundo até 2025, com 7,4 milhões de veículos. A China, que já experienciou um *boom* nessa área, continuará a crescer, com o compartilhamento de carros a tornar-se provavelmente um conceito mais popular (Goldmansachs, 2015).

### Crescimento do sector do Turismo e das viagens

O crescimento global do mercado de aluguer automóvel deve-se principalmente ao desenvolvimento da indústria de viagens e de turismo (Allied Market Research, 2017). Prevê-se que o segmento de transporte aeroportuário permaneça como o maior segmento gerador de receitas das rent-a-car nos próximos anos, sendo o crescimento desse segmento impulsionado sobretudo pelo aumento do número de viajantes aéreos (Grand View Research, 2016).

A recente crise económica que afectou os países europeus teve um impacto negativo no sector de viagens e de turismo. As condições económicas desafiadoras e o aumento da concorrência no mercado estimularam as rent-a-car a melhorar a sua rentabilidade e a permanecerem competitivas (Allied Market Research, 2017). No entanto, o recente crescente número de turistas em países europeus, o aumento populacional, assim como o ressurgimento da economia, também estão a contribuir para que o mercado rent-a-car europeu registe uma taxa de crescimento saudável (Mordor Intelligence, 2018).

Na América do Norte o aumento do número de viajantes aéreos, de viagens de lazer e de negócios, tanto nacionais quanto internacionais, contribuiu para um aumento na procura por serviços de aluguer na região (Grand View Research, 2016).

O mercado Ásia-Pacífico é um dos mercados com maior crescimento no segmento de aluguer automóvel, sendo esperado que este cresça a uma CAGR de mais de 10% de 2016 a 2024 (Grand View Research, 2016). É esperado que o crescimento acentuado do turismo, juntamente com o aumento da população e os problemas de transporte na região impulsionem esse crescimento significativo. O Japão e a Coreia são os maiores mercados regionais, embora os serviços de aluguer também estejam a crescer rapidamente na China e na Índia. O serviço de aluguer automóvel é ainda muito útil em países como a Austrália, Camboja e Indonésia, já que muitas das suas ilhas são um destino turístico muito atraente, o que ajuda a expandir o mercado rent-a-car na região (Zion Market Research, 2018).

A América do Sul, Médio Oriente e África (EMEA) deverão assistir a um crescimento substancial das suas indústrias de aluguer num futuro próximo, nomeadamente até 2024, devido ao crescente número de consumidores individuais e corporativos na região e devido ao facto de estas regiões estarem a testemunhar uma crescente procura do turismo estrangeiro (Grand View Research, 2016).

**As restantes tendências podem ser observadas no Anexo 16.**

## Capítulo 3 – Caracterização do Caso de Estudo

Neste capítulo apresenta-se a caracterização do caso de estudo que deu origem ao presente trabalho. Numa primeira fase, apresenta-se a empresa Entrepasto Logística. Segue-se a caracterização do problema da dissertação, nomeadamente dos dados da EL, da indústria rent-a-car nacional, dos dados sócio-económicos nacionais considerados no trabalho e das limitações encontradas durante o seu desenvolvimento.

### 3.1 – Entrepasto Logística

A Entrepasto Logística é uma empresa do Grupo Entrepasto, vocacionada para a prestação de serviços de logística automóvel nas suas várias componentes. A empresa iniciou a sua actividade nos anos 70 como linha de montagem da Datsun, fabricante japonesa de automóveis, sendo ainda reconvertida nessa década para a metalomecânica e linha de produção de frio doméstico, operando com a designação de Entrepasto Industrial Metalomecânica, SA. Em 1985, após o abandono destas actividades, a empresa concentrou a sua actividade na logística de viaturas das marcas representadas pelo Grupo Entrepasto (Entrepasto Logística, 2019a).

O Grupo Entrepasto desenvolve actividade no sector automóvel nos quatro países em que está presente: Portugal, Moçambique, Brasil e Timor-Leste. Em Portugal, através da empresa Entrepasto Auto, a sua actividade está centrada no retalho com a representação de 14 marcas: Audi, Chevrolet, Dacia, Hyundai, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Porsche, Renault, Seat, Skoda, Subaru e Volkswagen. Em Moçambique, está presente na importação/distribuição e retalho com as marcas Chrysler, Chevrolet, Dodge, Hino, Isuzu, Jeep, Mercedes, Peugeot, Volvo e Toyota. No Brasil, no retalho automóvel, representa as marcas Nissan, Renault e Scania no Estado do Maranhão e a marca Scania no Estado do Piauí. Em Timor-Leste desenvolve atividades de importação/distribuição e retalho da marca Ford.

A Figura 6 evidencia o **volume de negócios** e o número de colaboradores do Grupo Entrepasto nos diferentes países onde actua, no ano de 2016 (data mais recente a que se teve acesso).



Figura 6 - Volume de negócios e número de colaboradores do Grupo Entrepasto no ano de 2016

Uma das maiores vantagens da empresa é a sua localização, em Setúbal (Vale da Rosa), já que esta permite proporcionar uma excelente cobertura geográfica e permite recorrer a acessos fáceis, rápidos e diversificados. De facto, o transporte de e para a empresa pode ser feito de camião, já que a sua localização permite o acesso à A2 e A12; de comboio, pois a empresa encontra-se perto de um terminal multimodal, e/ou de navio/barco recorrendo ao porto de Setúbal.

Assim, a localização exclusiva da Entrepasto Logística, como ponto mais próximo de acesso à hinterlândia Extremadura e Andaluzia (em Espanha) como se pode observar na Figura 7, permite oferecer soluções competitivas ímpares para operações de âmbito ibérico com custos relativamente reduzidos de armazenamento, movimentação e distribuição (Entrepasto Logística, 2019b).

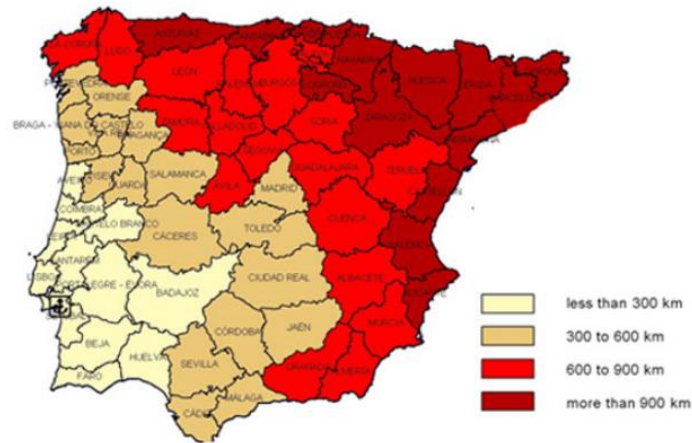


Figura 7 - Distâncias de Setúbal ao centro da Península Ibérica (Madrid). Fonte: Entrepósito Logística (2019b)

A Entrepósito Logística desenvolve actualmente várias operações de **logística automóvel** na Península Ibérica, operando para diferentes clientes e consequentemente desenvolvendo modelos e soluções de gestão ajustados às necessidades específicas de cada organização, com o objectivo de contribuir para o reforço da sua posição competitiva (Entrepósito Logística, 2019c).

A estrutura actual da Entrepósito Logística assenta na actividade de logística de viaturas (unidade de negócio da empresa) e numa unidade de desenvolvimento comercial que serve de complemento à primeira. O organograma da empresa pode ser observado na Figura 8:

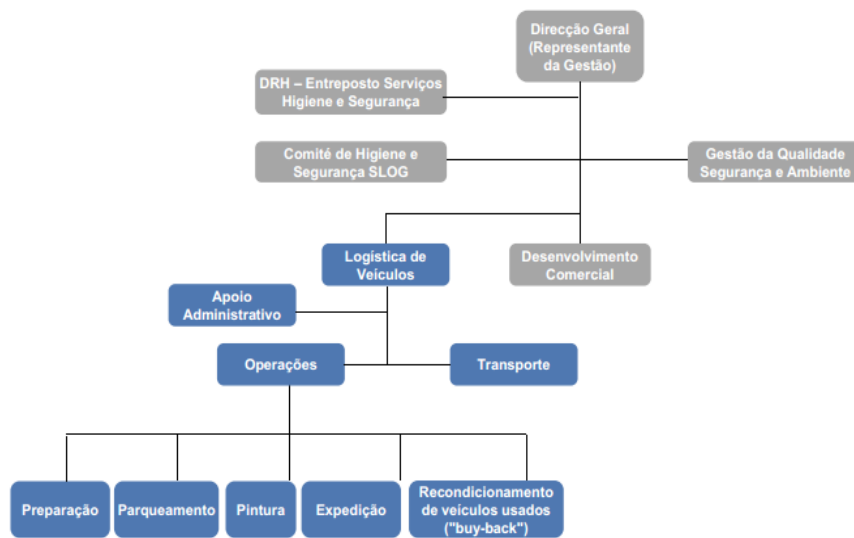


Figura 8 - Organograma da Entrepósito Logística

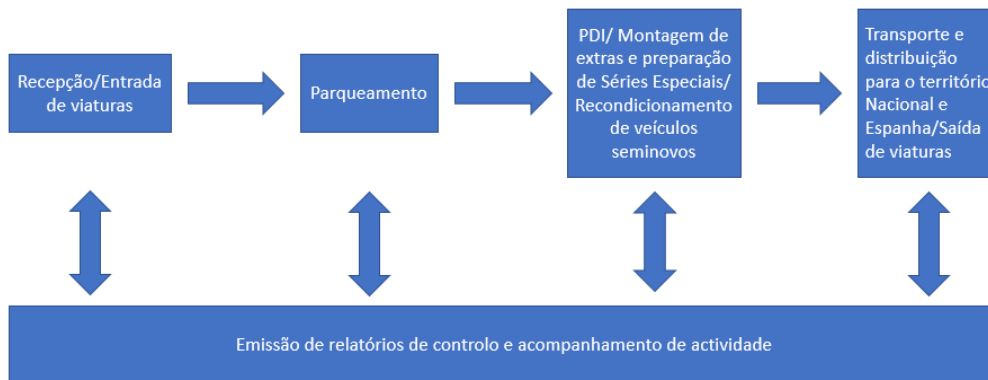
A divisão de logística de veículos possui altos padrões de rigor e qualidade que são reconhecidos por alguns dos maiores fabricantes mundiais de veículos ligeiros de passageiros e de mercadorias. Nesta divisão são efectuadas as seguintes operações (Entrepósito Logística, 2019d):

- Recepção de viaturas
- Parqueamento (capacidade de 1500 viaturas)
- Preparação para entrega/ PDI (área de 6000 m<sup>2</sup> e capacidade de 100 veículos/dia)
- Montagem de extras e preparação de Séries Especiais
- Transporte e distribuição para o território Nacional e Espanha

- Emissão de relatórios de controlo e acompanhamento de actividade
- Recondicionamento de veículos seminovos

O reconhecimento da qualidade e rigor colocados nos serviços de reparação de viatura novas, levou a que os clientes, entre os quais algumas das principais marcas presentes no mercado automóvel, tivessem insistido para que a actividade da empresa fosse estendida ao recondicionamento de veículos seminovos, iniciando assim esta actividade em 2015 (Entrepasto Logística, 2019e).

A Figura 9 ilustra o **diagrama de fluxos da actividade** desenvolvida pela **Entrepasto Logística**.



*Figura 9 - Diagrama de fluxos da actividade de logística automóvel desenvolvida pela EL*

Tal como a Figura 9 descreve, a primeira etapa do processo operacional desenvolvido pela EL consiste na recepção (**entrada**) de viaturas na sua instalação, sendo estas posteriormente parqueadas em locais apropriados para o devido efeito. De seguida, os veículos são sujeitos a uma de três possíveis operações: Pre-Delivery Inspection (PDI), Montagem de extras e preparação (no caso de as viaturas se tratarem de séries especiais) ou Recondicionamento (no caso de se estar perante veículos seminovos). Por fim, ocorre a distribuição e transporte (**saída**) das viaturas “processadas” para diferentes áreas da península ibérica. Durante todas as referidas actividades existe um acompanhamento permanente das mesmas, sendo emitidos relatórios de controlo com o propósito de garantir um desempenho eficiente e eficaz das mesmas.

Beneficiando das sinergias inerentes a um grande grupo empresarial, através da Entrepasto Serviços a empresa coloca ao dispor dos seus clientes serviços administrativos diversos, tais como: Gestão Administrativa e Financeira; Sistemas de Informação; Serviços Jurídicos; Gestão Técnica de Recursos Humanos; Gestão Administrativa de Recursos Humanos e Gestão de Frotas.

É importante mencionar que em 2005 a empresa adoptou a designação de S-LOG - Serviços e Logística, SA., passando a desenvolver duas unidades de negócio distintas - logística de viaturas e logística integrada - complementadas pela unidade de desenvolvimento comercial. Em 2012 a S-LOG passou a actuar no mercado com a marca comercial Entrepasto Logística, reforçando a associação da empresa ao Grupo Entrepasto. A actividade da empresa no âmbito da logística integrada englobava o fornecimento de serviços e de uma vasta gama de actividades de recepção, armazenagem, preparação de encomendas e distribuição a entidades de outras áreas de actividade económica, fora do universo automóvel. Contudo, **desde 2017 a Entrepasto Logística foca-se unicamente na actividade de logística de viaturas.**

### 3.2 – Caracterização do Problema

Conforme já foi referido, o principal objectivo da dissertação consiste na previsão rigorosa (com adequada fundamentação estatística) do volume anual e trimestral de saídas de viaturas da EL, tendo em conta o impacto do desempenho do segmento de aluguer automóvel nacional na sua actividade. Deste modo, será necessário ter acesso a dados passados referentes ao volume de saídas de viaturas da Entrepasto Logística (anuais e trimestrais), a estatísticas do mercado de aluguer automóvel

português numa óptica anual e trimestral bem como da economia e turismo nacional (a origem desta necessidade está explicitada na secção 3.2.3 – Dados Sócio-Económicos Nacionais).

### 3.2.1 – Dados da Entrepósito Logística

Este conjunto de dados, disponibilizado pela EL, é referente ao volume de actividade da empresa de 2010 a 2017 e está expresso em termos da **data de entrada de viaturas** nas instalações da empresa e da **data de saída de viaturas** das instalações da empresa.

Apesar de quer o volume de entrada quer de saída de viaturas terem sido ambos disponibilizados, **a Entrepósito Logística só está interessada em ter uma previsão do volume de saídas de viaturas da empresa**, sendo este expresso a partir do número de viaturas que foram sujeitas aos serviços logísticos da empresa e que por conseguinte deram saída das instalações da empresa.

No âmbito da dissertação não é tido em conta o tipo de serviço (PDI, Recondicionamento de veículos seminovos ou montagem de extras e preparação de séries especiais) a que as viaturas foram sujeitas, sendo apenas relevante o facto de determinada viatura ter sido sujeita aos serviços da empresa e que conseqüentemente tenha dado saída das instalações da mesma, ou seja, acaba-se por considerar a totalidade de saídas de veículos ocorridas em determinado período de tempo.

É possível visualizar no ficheiro Excel disponibilizado, para cada viatura que dá entrada na empresa, dados referentes à sua marca comercial, modelo, código VIN, data de entrada e saída, nome do cliente detentor da mesma, data de pedido de transporte e de início do processo de distribuição.

### 3.2.2 – Dados da Indústria de Aluguer Automóvel Nacional

A **ARAC** é a única associação de empregadores que abrange a totalidade da indústria rent-a-car nacional, contando actualmente com cerca de 150 associados (empresas) distribuídos por todo o território nacional.

Os dados disponibilizados pela ARAC consistem num conjunto de **estatísticas anuais** referentes ao mercado de aluguer automóvel nacional.

Estas estatísticas são referentes ao investimento realizado pela indústria, à sua faturação, frota média, contractos efectuados, dias de aluguer, faturação média diária, faturação média por viatura, período médio de aluguer e taxa de utilização de 2010 a 2017, inclusive, e estão expressas pelo tipo de veículo em questão (veículos ligeiros de passageiros, veículos ligeiros de mercadorias e veículos pesados de mercadorias).

Também existem dados relativamente à distribuição do negócio de ACD em 2017 por tipo de cliente, no que respeita a veículos pesados de mercadorias, veículos ligeiros de passageiros e veículos ligeiros de mercadorias (expressos de forma mensal). É ainda possível observar a evolução do número de trabalhadores e de escritórios dos membros da ARAC de 2010 a 2017. Estes dados não serão utilizados no trabalho.

### 3.2.3 – Dados Sócio-Económicos Nacionais

Este conjunto de dados foi recolhido a partir de documentação pública do INE e diz respeito a diversas estatísticas e parâmetros anuais e trimestrais que se enquadram na óptica económica e social do país. O horizonte temporal destes dados é do ano 2010 ao ano 2017, inclusive.

No que diz respeito aos dados económicos, foi considerado o PIB nacional, quer anual quer trimestral, o valor percentual anual dos impostos directos e indirectos aplicados em relação ao PIB e o Índice de produção industrial (anual e trimestral).

Por outro lado, as estatísticas sociais utilizadas no trabalho foram as seguintes: receitas turísticas geradas por turistas estrangeiros (anual), número total de hóspedes (contabilizando residentes nacionais e estrangeiros) (anual) e de dormidas (anual), número total de viagens (trimestral), número total de viagens de lazer, recreio e férias (trimestral), número total de viagens com uma duração de 1 a 3 noites (trimestral), número total de viagens com uma duração de 4 ou mais noites (trimestral),

número total de hóspedes em estabelecimentos hoteleiros (trimestral), número total de dormidas em estabelecimentos hoteleiros (trimestral), proveitos totais dos estabelecimentos hoteleiros (trimestral), proveitos de aposento dos estabelecimentos hoteleiros (trimestral) e o número total de viagens realizadas por turistas através da utilização de um meio de transporte terrestre (trimestral).

A razão de para além das variáveis da ARAC também se ter considerado variáveis sócio-económicas nacionais, nomeadamente as acima mencionadas e não outras, foi o facto de se ter definido tentar **recolher o máximo de dados e estatísticas que pudessem explicar o volume de saídas anual e trimestral de viaturas da EL** e o facto de **as variáveis da ARAC só permitirem fazer previsões anuais** do volume de saídas da EL. Para isso teve-se em conta o facto de **variáveis económicas** como o **PIB** e de **estatísticas relativas ao sector do Turismo influenciarem directamente a indústria rent-a-car** (conforme é referido no capítulo 2.2 – Tendências do Sector de Aluguer Automóvel), cujo desempenho por sua vez apresenta uma elevada capacidade explicativa do volume de saídas de viaturas da EL. Assim, crê-se que o PIB nacional e os dados relativos ao sector de turismo (sociais) possam **influenciar indirectamente a actividade da EL**.

Recolheram-se ainda dados relativos ao Índice de produção industrial nacional já que se crê que estes poderão também contribuir para explicar os índices de actividade da EL.

### **3.2.4 – Limitações Encontradas**

Apesar dos dados da EL e conseqüentemente os restantes dados permitirem realizar os objectivos delineados para a dissertação de uma forma plausível e realista, uma vez que abrangem um horizonte temporal significativo (8 anos) e uma dimensão considerável (um total de 59293 viaturas no caso dos dados da EL), permitindo assim chegar a um conjunto de resultados credível, seria preferível ter acesso a um conjunto de dados que apresentasse uma maior janela temporal de modo a ser possível modelar melhor os mesmos e obter resultados mais precisos.

Deste modo, seria mais adequado realizar os modelos de previsão causais e não causais com um maior número de observações da variável a prever, ou seja o volume de saídas de viaturas da EL, no que respeita a um horizonte anual (8 observações) e trimestral (32 observações).

Por outro lado, o facto de os dados disponibilizados pela ARAC serem unicamente anuais não permitiu ter em conta estatísticas do mercado de aluguer automóvel nacional nos modelos de previsão do volume trimestral de saídas de viaturas da EL, sendo estas unicamente utilizadas nos modelos de previsão anuais.

## Capítulo 4 – Revisão Bibliográfica

Este capítulo pretende contextualizar o leitor na temática inerente à investigação em curso, apresentando em três secções a análise da literatura já existente na comunidade científica sobre as temáticas investigadas, relevantes para o estudo do problema da empresa Entrepósito Logística.

A primeira secção abordará os problemas encontrados ao nível da previsão da procura de actividades logísticas, na sua generalidade.

A segunda secção tem como objectivo a selecção da abordagem de resolução a aplicar ao problema da empresa EL, tendo por base a análise dos casos de estudo apresentados nas secções anteriores.

Por fim, a terceira secção irá aprofundar o estudo da abordagem de resolução seleccionada, apresentando informação detalhada sobre a sua metodologia e aplicação.

### 4.1 – Previsão do Volume de Actividade e Procura de Operações Logísticas

#### 4.1.1 – Importância

A previsão da procura é, segundo Archer (1994), “a arte de prever o nível de procura que pode ocorrer em termos futuros ou num determinado período de tempo” assumindo-se como um elemento essencial do processo de tomada de decisão por parte dos gestores de um determinado negócio ou área de actividade.

Actualmente, assistimos a uma procura crescente pelo transporte de passageiros e de mercadorias. A previsão precisa dessa procura bem como das relações complementares entre diferentes modos de transporte é necessária para o planeamento, projecção, avaliação e regulamento de sistemas de transporte e de cadeias de abastecimento (Tsekeris e Tsekeris, 2011).

Do ponto de vista das empresas, estimativas da procura esperada do consumidor constituem um elemento crucial das actividades de planeamento, a fim de melhorar a rentabilidade do negócio e das mesmas. Assim, operadores de transportes públicos e **empresas de logística têm grande interesse em desenvolver e interpretar os resultados de modelos precisos e rigorosos de previsão de procura**. Do ponto de vista da sustentabilidade, é importante poder prever futuros volumes de frota, de modo a que os impactos de qualquer iniciativa política possam ser comparados (Shen et al., 2009).

#### 4.1.2 – Procedimentos Utilizados em Áreas Similares

Uma vez que não foi possível encontrar nenhum estudo de caso que se focasse directamente no domínio da previsão do volume de actividade de empresas logísticas, a análise realizada nesta secção pretende auxiliar na contextualização desta problemática através da investigação de estudos que estão a ser desenvolvidos em âmbitos e contextos semelhantes e que possam ter paralelismos com o âmbito do trabalho.

Desta forma, após um procedimento de busca em diferentes sites adequados para o efeito (sites de artigos científicos) como o SciELO, Science Direct e Google Académico a partir das *keywords* “**Previsão Logística**” e “**Logistics Forecasting**”, observou-se que uma grande variedade de estudos e artigos científicos evidenciam o uso de abordagens e **modelos econométricos** na estimativa precisa da procura de transportes ou numa cadeia de abastecimento.

**Viegas (2000)** refere e descreve **modelos econométricos** que podem ser utilizados em problemas complexos de estimação da procura de transportes quando os viajantes dispõem de múltiplas alternativas para se deslocarem de um ponto a outro.



A *framework* dos modelos a aplicar é descrita em três passos:

- 1 – **Observação e descrição detalhada da realidade** com vista à representação dos fenómenos em estudo.
- 2 - **Desenvolvimento e validação de modelos matemáticos** que permitam **compreender** o comportamento das pessoas (e outros agentes sociais, nomeadamente empresas) através da sua adequada capacidade de representação de evoluções e cenários passados.
- 3 - Perante cenários alternativos de intervenção sobre o sistema de transportes, **estimar as alterações** de comportamento das pessoas no que respeita à sua mobilidade nesse novo contexto.

Os modelos mais frequentemente utilizados neste domínio são os de **crescimento linear, exponencial ou logístico (modelos de regressão)**. Tirando partido da facilidade de cálculo da regressão linear os modelos de crescimento exponencial ou logístico são também frequentemente calibrados por recurso à regressão linear, através da logaritmização das suas expressões analíticas. No entanto, os valores óptimos dos parâmetros dos modelos na sua expressão original não são os mesmos que são obtidos com base na expressão logaritmizada. Contudo, o recurso a instrumentos computacionais (por ex. **Excel Solver**) permite a aplicação directa do método dos mínimos quadrados sobre este tipo de modelos não lineares. Um outro tipo de modelos usados frequentemente, sobretudo no estudo da procura de transportes de mercadorias entre um par de regiões e num dado modo de transporte, são os **modelos econométricos** em que o **transporte** dum produto é **quantificado através duma expressão matemática que envolve as principais variáveis explicativas desse fluxo**, nomeadamente o preço desse produto num e noutra local e o preço e duração do transporte. Sendo um tipo de modelo que permite uma estimação da procura face a alterações de algumas das variáveis condicionantes, o seu funcionamento correcto exige que todas as variáveis explicativas utilizadas tenham tido, ao longo do período para que se dispõe de dados, uma amplitude de variação que não seja demasiado pequena, de modo a que se possam ter feito sentir no passado repercussões dessas variações sobre a procura total.

Estes modelos são geralmente aplicados à evolução do tráfego num sistema relativamente vasto ou num ponto específico, sem que exista questões decorrentes da introdução de novas alternativas, seja de traçado, seja de outros modos de transporte.

**Carmona-Benitez et al. (2017)** propõe e demonstra como utilizar um **modelo econométrico dinâmico** (EDM, em inglês) para estimar a procura de passageiros aéreos num contexto estadual tendo como base indicadores económicos. Os indicadores económicos determinam a procura de passageiros aéreos por rota num determinado aeroporto, região ou cidade e os mais comuns são o PIB, PIB per capita, população, rendimento e rendimento per capita. Existem diversos estudos que abordam a relação entre a procura de passageiros e as variáveis operacionais e/ou indicadores económicos. As companhias aéreas devem conhecer esses indicadores de modo a prever o comportamento da procura e por conseguinte tomar decisões, tais como se é lucrativo estabelecer o seu *hub* num determinado aeroporto ou não (Carmona-Benitez et al., 2012).

Neste artigo, o método econométrico dos **dados em painel** (*panel data*) é usado para determinar as variáveis económicas que expliquem significativamente a procura de passageiros aéreos. Esse método é seleccionado, uma vez que existem dados ao longo do tempo e por estado. Dados em painel consistem numa combinação de séries temporais com unidades transversais (países, estados, cidades ou regiões, empresas, etc.) (Cobacho, 2000). Uma das vantagens da estimação com dados em painel é a relevação da **heterogeneidade** individual, uma vez que os dados em painel sugerem a existência de características diferenciadoras dos indivíduos, entendidos como “unidade estatística de base”. Essas características podem ou não ser constantes ao longo do tempo, de tal forma que estudos temporais ou seccionais que não tenham em conta tal heterogeneidade produzirão, quase sempre, resultados fortemente enviesados. Por outro lado, os dados em painel fornecem uma maior quantidade de informação, uma maior variabilidade dos dados, uma menor **colinearidade** entre as variáveis, um maior número de graus de liberdade e uma maior eficiência no que respeita à estimação de parâmetros do modelo. Os dados em painel podem ser estimados a partir de vários tipos de modelos de regressão como por exemplo, o **método dos mínimos quadrados**

**ordinários**, com dados em painel, assumindo a existência de efeitos individuais ou temporais não observáveis fixos e, pelo **método de dados em painel** em caso de existência de efeitos individuais ou temporais aleatórios (Marques, 2000).

O modelo econométrico dinâmico utilizado foi o seguinte:

$$Pax_{it} = \beta_0 + \beta_1 Pax_{it-1} + \beta_2 ITAEE_{it} + \beta_3 PEA_{it} + \beta_4 INPC_{it} + \beta_5 freq_{it} + \beta_6 TUR_{it} + \beta_7 ME_{it} + u_i + \varepsilon_{it}$$

For  $i = 1, \dots, 30$  and  $t = 2006, \dots, 2014$ .

Where:

<i>Pax</i>	= Air transport passenger demand	[thousand people]
<i>u</i>	= individual effects	[-]
<i>ITAEE</i>	= Indicator of Economic Activity	[thousand pesos]
<i>PEA</i>	= Indicator of Economically Active Population	[People]
<i>INPC</i>	= National Consumer Price Index	[Current prices]
<i>FREQ</i>	= Total number of flights (national and international)	[flights]
<i>TUR</i>	= Hotel occupancy index of domestic and foreign visitors	[rooms occupied]
<i>ME</i>	= Foreign Exchange earnings from international arrivals	[thousand pesos]

**Wang et al. (2016)** refere que vários métodos de **previsão quantitativa da procura logística regional** têm sido desenvolvidos por estudiosos. A procura logística regional remete para o volume total de fluxo logístico no que respeita a actividades que incluem o transporte, armazenamento, embalagem, carregamento e descarregamento, manuseio e distribuição. Os respectivos métodos de previsão podem ser grosseiramente divididos em métodos de **análise de regressão**, **métodos de previsão grey**, **métodos de rede neuronal artificial (ANN)** e **métodos de máquina de vectores de suporte (SVM)**. O método de sistema *grey* prevê a alteração da procura logística através da geração e desenvolvimento de uma sequência dos dados originais e da determinação de regras inerentes aos dados originais. Por sua vez, o método de regressão prevê alterações de procura através da análise entre a variável dependente (variável de resposta) e variáveis independentes específicas (variáveis explicatórias). Os métodos máquina de vectores de suporte e rede neuronal também são considerados técnicas úteis de previsão de dados.

Neste contexto o desempenho da análise de regressão não é satisfatório uma vez que este método é paramétrico e é desenvolvido com base no pressuposto que a série temporal a ser prevista é linear e estacionária. No entanto, uma vez que o método ANN apresenta uma forte função representativa, uma boa tolerância a erros, é mais eficaz a descrever séries temporais não estacionárias, não é paramétrico e apresenta propriedades adaptativas únicas, este tem sido amplamente utilizado na previsão de procuras logísticas regionais. No entanto, devido à natureza não-linear, estocástica, dinâmica e incerta do sistema de previsão da procura logística regional, o modelo de previsão utilizado deverá ser linear e multi-paramétrico, tendo sido aplicado neste artigo o **modelo de rede neuronal grey**.

Os autores referem que devido à limitação dos **métodos de previsão únicos** é difícil obter resultados satisfatórios. No entanto, os **métodos de modelação híbrida**, que integram as informações efectivas dos modelos singulares e melhoram a precisão de previsão, são amplamente utilizados na resolução de problemas de previsão de sistemas complexos. Uma vez que o **modelo de rede neuronal grey** permite a utilização de amostras menores, de um cálculo mais simplificado da teoria *grey* e apresenta uma alta precisão, boa robustez e uma boa aproximação não linear no que respeita à modelação de redes neuronais, é amplamente utilizado na previsão de procura logística não linear, sendo o método aplicado no artigo em questão. Este método reúne quer os parâmetros quer os objectivos do modelo de previsão *grey* como *input* da rede neuronal artificial com algoritmo BackPropagation e de acordo com resultados experimentais apresenta uma maior precisão previsional, viabilidade e confiabilidade que outros métodos existentes.

A pesquisa realizada pelos autores demonstrou que a **economia regional**, a **estrutura industrial** e o **layout do espaço económico** são os **principais determinantes da procura logística regional**. Desde modo, neste artigo é seleccionado o

volume total de carga como determinante da procura logística e é construído o sistema de previsão demonstrado na Figura 10, tendo sido posteriormente desenvolvido o modelo de rede neuronal grey com base neste sistema de previsão.

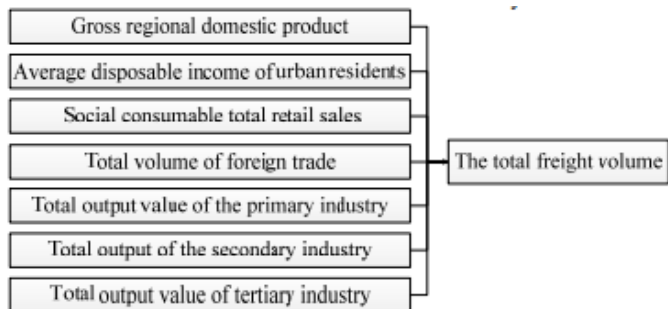


Figura 10 - Sistema Índice de Previsão. Fonte: Wang et al. (2016)

Tsekeris e Tsekeris (2011) consideram que a procura pelo transporte de passageiros e de mercadorias, e por serviços de logística é influenciada por inúmeros factores. Em termos económicos, o PIB e o VA de um país ou região, bem como a estrutura da economia em termos de recursos, bens e serviços (por exemplo, especialização em determinados produtos e serviços culturais e turísticos) têm impacto na procura geral de transporte. A melhoria das infraestruturas de transporte (por exemplo, em termos de capacidade, o que contribuiria para diminuir os custos de operação, entre outros benefícios), da qualidade dos serviços (maiores frequências, maior capacidade, velocidade, segurança e conforto) e das infraestruturas de suporte (por exemplo, *Intelligent Transport Systems*) podem resultar num aumento da procura logística. Por fim, também a crescente evolução tecnológica, nomeadamente em termos de automação e robótica, a melhoria das actividades de embalagem e de reciclagem (que contribuem para uma maior transportabilidade dos produtos) são determinantes chave da procura de transporte.

Os modelos de previsão da procura de transporte podem ser geralmente categorizados de acordo com o modelo tradicional de planeamento de transporte de quatro estágios. As etapas em questão são as seguintes: (1) geração de viagem, (2) distribuição da viagem, (3) divisão modal (ou escolha do modo de transporte) e (4) atribuição de tráfego. A Figura 11 ilustra este processo e modelo.

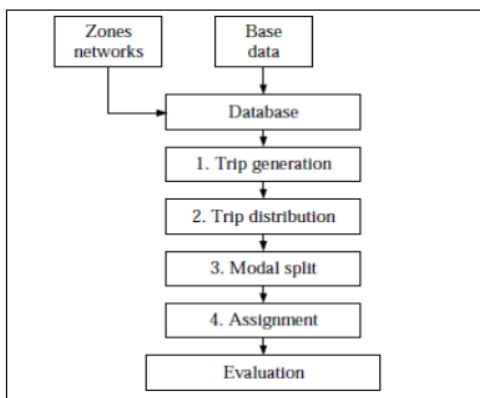


Figura 11 - Modelo de planeamento tradicional de transporte de quatro estágios. Fonte: Tsekeris e Tsekeris (2011)

Somente o primeiro estágio (geração de viagem) se revela útil para o âmbito deste trabalho, uma vez que este consiste em **prever a procura logística total** de um ponto de origem a outro sem considerar modos de transporte alternativos e outras (novas) variáveis que possam influenciar a mesma, enquanto que os restantes estágios abordam cenários que não tem qualquer associação com os objectivos do trabalho e “fogem” do processo base de previsão e procuram apenas distribuir a procura logística total prevista por diferentes “circuitos”, pelo que o primeiro estágio será a única etapa a ser abordada.

Os autores do artigo em questão referem que a geração de viagens em zonas de tráfego específicas (origem e destino definidos), é baseada nas características socioeconómicas, demográficas e de uso da terra (*land use*) de cada zona. A maior parte dos estudos de geração de viagens recorrem a técnicas de **análise econométrica** e, em menor extensão, de **séries temporais**. Os modelos econométricos utilizam técnicas de **análise de regressão linear** ou **logarítmica-linear** de modo a estimar a relação entre a procura de transporte e os seus determinantes.

As técnicas de análise de séries temporais envolvem extrapolar tendências históricas da procura de transporte para o futuro sem considerar as causas subjacentes às tendências. Os métodos mais frequentemente utilizados nesta abordagem incluem o **alisamento exponencial (sazonal)** e o procedimento de **Box-Jenkins (estacionário)**, que permite prever a procura a médio ou longo prazo do transporte de mercadorias e da circulação de passageiros.

No estágio geração de viagem são estabelecidos **modelos econométricos** com o fim de prever a procura do transporte de passageiros em termos de viagens de veículos de passageiros ou em termos de quilómetros percorridos por veículos de passageiros (VKT), com base em projecções populacionais futuras. A procura pelo transporte de carga é tipicamente estimada através do recurso a modelos econométricos, sendo expressa em termos de viagens ou posse de veículos de carga ou em termos de quilómetros percorridos por este tipo de veículos. Estes modelos de previsão de procura de transporte de passageiros e de carga podem ser estimados quer para dias de semana ou de fim de semana, a partir da distância de viagem, região e finalidade da viagem (ou tipo de mercadoria a ser transportada). O **modelo de regressão linear** da etapa geração de viagem pode ser geralmente expresso da seguinte forma:

$$y = \alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i \quad (1)$$

onde  $y$  é a variável dependente (por exemplo, viagens de veículos de passageiros),  $x_i$  são as variáveis independentes (explicativas) relacionadas com as características do sistema de transporte de passageiros/carga e  $\beta_i$  são os coeficientes correspondentes a serem estimados durante o processo de calibração do modelo.

**Rojas et al. (2015)** apresentam no seu trabalho um mecanismo de selecção de modelos de previsão para contribuir para a estimativa da procura numa cadeia de abastecimento.

Os autores referem que devido à existência de cenários futuros desconhecidos e incontroláveis, várias **técnicas de previsão qualitativas e quantitativas** são utilizadas de modo a visualizar de forma aproximada eventos futuros, sendo estas **relevantes** no **processo de tomada de decisão por parte de empresas e organizações**. Estas técnicas de análise de dados têm permitido transformar simples dados em informação perceptível e acessível para as empresas contribuindo estrategicamente para a logística das organizações.

O mecanismo de selecção de modelos de previsão para a estimação da procura consistiu numa sequência de cinco etapas. As duas primeiras etapas incidem sobre a definição do produto ou serviço a prever e na recolha de dados. Estes dois primeiros passos do modelo correspondem a uma sequência básica e genérica da actividade de previsão. No entanto, a terceira etapa sugerida pelo trabalho é distinta do usual e consiste na análise do padrão ou padrões dos dados.

Esta terceira etapa consiste numa análise dos dados com o fim de visualizar características da série cronológica da variável a prever, de modo a seleccionar com precisão e fiabilidade as melhores (mais adequadas) técnicas de previsão. Assim, de modo a evitar problemas no processo de selecção do melhor modelo é necessário recorrer a uma ferramenta que caracterize e determine os padrões da série cronológica. Apesar da **análise da representação gráfica** da evolução da série cronológica ser um **procedimento recomendado**, esta técnica nem sempre permite tirar conclusões correctas acerca dos padrões descritos pela série cronológica da variável. Deste modo é necessário recorrer a uma técnica mais sofisticada. O procedimento proposto por este trabalho consiste na análise do padrão dos dados a partir de uma **análise de autocorrelação**, cujo propósito é determinar relações da série cronológica quando existe um desfasamento temporal de um ou mais períodos, cuja fórmula é:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Neste trabalho os autores referem que a estatística  $t$  associada com o cálculo do coeficiente de correlação permite avaliar a sua significância estatística.

Para o valor de  $r_k$  (sendo  $k$  o valor do desfasamento temporal),  $t_{tk}$  foi estimado como sendo igual a  $r_k/S_{rk}$ . Sendo  $S_{rk}$  o intervalo de significância para o coeficiente de correlação que pode ser calculado a partir da seguinte expressão matemática:

$$S_{rk} = \sqrt{\frac{1 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} r_i^2}{n}} \quad (3)$$

De modo a considerar que  $r_k$  é significativamente diferente de zero, ou seja que existe autocorrelação, o valor absoluto de  $t_{tk}$  tem de ser maior que 1.96.

Para entender o comportamento das autocorrelações ( $r_1, r_2, \dots, r_k$ ) existe um gráfico ou tabela denominado de **autocorrelograma** que permite identificar padrões da série cronológica e é uma ferramenta especialmente útil para representar autocorrelações para diversos valores de desfasamento temporal ( $k$ ).

A Tabela 2 refere os diferentes tipos de comportamento que uma série cronológica pode apresentar e a estatística  $t$ .

Possible scenarios	t- statistics behavior
Significant Statistical (there is autocorrelation)	$ t_{rk}  > 1,96$
Random Series	All delays shows a $ t_{rk}  < 1,96$
Series with Trend	Several of the first delays shows a $ t_{rk}  < 1,96$ . All of them decrease, after the first delay, gradually to zero when the increase of the number of periods.
Seasonal Series	It shows a significant $ t_{rk} $ in the corresponding time lag ( $ t_{rk}  > 1,96$ ), four on quarterly data or twelve on monthly data.
Stationary Series	$ t_{rk} $ values suddenly decrease to zero ( $< 1,96$ ) after the second or third period of time lag. That is, $t_1, t_2$ and up to $t_3$ could present significant values, being all other statistics close to zero.

Tabela 2 – Análise da estatística  $t$  associada com o coeficiente de autocorrelação. Fonte: Rojas et al. (2015)

Na quarta etapa – selecção do modelo de previsão - os autores desenvolveram uma **árvore de decisão dos métodos de previsão** (Figura 12) para ilustrar o **processo de selecção do melhor método de previsão, de acordo com o padrão de dados da série**.

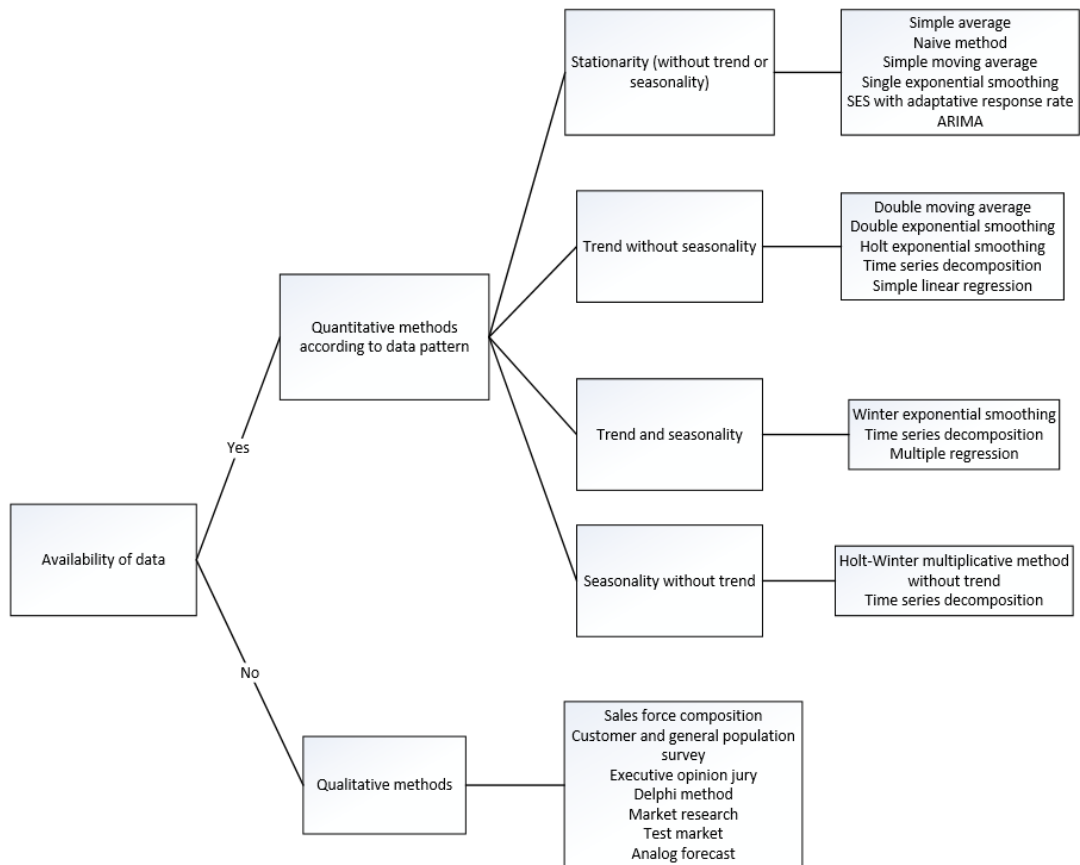


Figura 12 – Processo de decisão do método de previsão a seleccionar. Fonte: Rojas et al. (2015)

A Figura 12 ajuda a pré-seleccionar métodos alternativos para prever a procura futura de um bem ou serviço.

Finalmente, para seleccionar a alternativa mais adequada (proposta pela árvore de decisão) deve ser realizada uma análise retrospectiva dos dados com cada método pré-seleccionado. É necessário determinar e calcular uma medida de erro comum para cada um dos modelos e escolher aquele que melhor se ajuste aos dados, ou seja, aquele que apresente o menor erro de previsão.

Pode-se utilizar o **Erro Quadrático Médio (EQM)**, a **raiz quadrada do EQM** e o **Erro Absoluto Médio (EAM)** no processo de análise de erros. Recomenda-se ainda utilizar, caso existam recursos suficientes, combinações de previsões com diferentes modelos de acordo com o padrão de dados da série e, analisar o método que permita obter o menor erro. Deste modo é possível obter, em média, previsões mais precisas do que utilizando somente métodos individuais.

Por fim, na quinta etapa, deve ser realizada uma avaliação do(s) método(s) utilizado(s) através da medição do(s) seu(s) respectivo(s) erro(s) e da monitorização do desempenho do(s) mesmo(s) a partir dos erros obtidos em previsões futuras.

Este procedimento de selecção foi aplicado a dois casos de estudo distintos. No primeiro caso a variável em estudo era o número de vendas a retalho de equipamento pré-pago de uma empresa de telecomunicações. O segundo caso consistia na análise da série cronológica de unidades vendidas num distribuidor automóvel de compra e venda. Em ambos os casos os dados recolhidos eram expressos mensalmente e eram relativos a três anos de observação (36 observações no total).

No primeiro caso a partir da aplicação do método de selecção referido foram pré-seleccionados pela árvore de decisão ilustrada na Figura 12 o modelo de Holt-Winters multiplicativo sem tendência (modelo de Winters multiplicativo) e o modelo de Decomposição Clássica, sendo efectivamente estes os métodos mais precisos e com menor erro obtido face ao padrão dos dados recolhidos, validando assim a pré-selecção desenvolvida pela árvore de decisão.

Por sua vez, no segundo caso a aplicação do método de selecção referido recomendou a utilização de modelos de previsão associados a séries cronológicas estacionárias (os modelos estão representados na Figura 12). Após a realização da análise dos resíduos obtidos pelos diversos modelos pré-seleccionados concluiu-se que o modelo de alisamento exponencial simples com taxa de resposta adaptativa era o melhor método mesmo quando comparado com os diversos métodos que não foram pré-seleccionados pela árvore de decisão. Deste modo, **os resultados obtidos validam a aplicação do mecanismo de selecção proposto pelos autores.**

#### 4.2 – Selecção da Abordagem de Resolução a Aplicar

Abordando novamente os casos de estudo previamente analisados, é possível fazer a ligação entre as características do problema em estudo, a indústria em que o mesmo se insere e a abordagem seleccionada para o desenvolvimento da solução, tal como se apresenta na Tabela 3.

Caso de Estudo	Problema	Indústria	Abordagem de Resolução
Viegas (2000)	Estimação da procura de transportes quando existem múltiplas alternativas de deslocação	Genérica	Modelos econométricos (modelos de regressão)
Carmona-Benitez et al. (2017)	Previsão da procura de passageiros aéreos num contexto estadual tendo como base indicadores económicos	Transporte Aéreo	Modelo econométrico dinâmico com Dados em Painel
Wang et al. (2016)	Previsão quantitativa da procura logística de uma região	Genérica	Modelo de rede neuronal grey
Tsekeris e Tsekeris (2011)	Procura pelo transporte de passageiros e de mercadorias, e serviços de logística – estágio de geração de viagem	Genérica	Análise econométrica (regressão linear ou logarítmica-linear) e análise de séries temporais (alisamento exponencial e Box-Jenkins)
Rojas et al. (2015)	Definir uma metodologia alternativa de estimação dos melhores modelos de previsão para um conjunto de dados sem ser necessário estimar todos os tipos de modelos de previsão existentes	Genérica	Desenvolvimento de um mecanismo de selecção de modelos de previsão (árvore de decisão) que contribua para a estimativa da procura numa cadeia de abastecimento.

*Tabela 3 - Análise das metodologias aplicadas nos casos de estudo abordados na Revisão Bibliográfica*

A partir da análise da Tabela 3, verifica-se que, de uma forma geral, os **autores recorrem à utilização de modelos econométricos e de análise de séries temporais nas suas abordagens de resolução.**

De acordo com Matos (1997), a metodologia para a aplicação de um modelo econométrico deve assentar sobre três premissas básicas, são estas:

- A formulação de hipóteses sobre o comportamento da realidade (devendo essas hipóteses serem expressas num modelo matemático operacional);

- A necessidade de recolher dados estatísticos e estimar parâmetros com a utilização de um método apropriado;
- A avaliação do modelo desenvolvido mediante a utilização de critérios derivados das teorias, além de outros de natureza estatística ou econométrica.

Os **modelos econométricos**, por sua vez, podem ser classificados como sendo **estáticos** ou **dinâmicos**.

Os **modelos econométricos dinâmicos** caracterizam-se por explicitar o modo como se **relacionam** as **variáveis** em **diferentes momentos temporais** (Intriligator, 1990). Assim, a equação 4 pode servir como um exemplo genérico de um modelo econométrico dinâmico:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_t + \beta_2 X_{t-1} + \dots + \beta_k X_{t-k} + u_t \quad (4)$$

Por outro lado, os **modelos econométricos estáticos**, analisam a relação entre as suas variáveis (endógena e exógenas) sem ter em conta o momento temporal correspondente, conforme se pode observar na equação 5 que é representativa deste tipo de modelo.

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + u_t \quad (5)$$

Os modelos econométricos podem ainda ser classificados como **deterministas** ou **estocásticos**. Num modelo econométrico determinista são atribuídos, **com certeza absoluta**, determinados valores aos parâmetros e às variáveis temporais do modelo. Por norma, existem poucos modelos deterministas no campo da Economia e das Finanças, uma vez que na maior parte dos casos, as variáveis e parâmetros relativos aos modelos económicos e financeiros (taxas de interesse, preços de activos, etc...) são imprevisíveis. Assim, a modelização em modelos económico-financeiros recorre, habitualmente, ao uso de modelos econométricos estocásticos. Num modelo econométrico estocástico, pelo menos uma determinada variável (ou parâmetro) segue um processo estocástico, ou seja, toma valores ao longo do tempo que não são determinados com certeza absoluta, uma vez que esta(e) segue uma determinada distribuição de probabilidade.

Deste modo, nos modelos econométricos estocásticos são incluídos os denominados termos aditivos de perturbação estocástica (aleatórios), que procuram em parte explicar e justificar a omissão de variáveis relevantes, a especificação incorrecta do modelo, erros na medição de variáveis, etc. Um modelo econométrico geral com termos aditivos de perturbação estocástica pode ser descrito da seguinte forma:

$$f(y, x, \delta) = \varepsilon \quad (6)$$

Onde  $\varepsilon$  corresponde ao termo de perturbação estocástica do modelo (Intriligator, 1990).

Neste **trabalho** serão **desenvolvidos unicamente modelos econométricos dinâmicos e estocásticos**.

Segundo Gujarati e Passos (2006), a definição do modelo estatístico ocorre quando o econometrista modifica a função matemática determinística entre as variáveis explicativas e a variável dependente. O modelo estatístico adoptado está fundamentado em duas condições:

1. Existência de relações lineares significativas entre as principais variáveis explicativas e a variável resposta (identificadas no cálculo do coeficiente de correlação de Pearson).
2. Possibilidade de determinação da variável dependente a partir das variáveis independentes do modelo.

A segunda condição do modelo estatístico pode ser atendida através da realização de uma **análise de regressão**.



De acordo com Kazmier (1982), o **principal objectivo de uma análise através de regressão é prever o valor de uma variável dependente, dado que seja conhecido o valor de uma variável independente**. Tem-se que a **equação de regressão** é a fórmula algébrica pelo qual se determina o valor previsto da variável dependente.

A partir da análise da Tabela 3 é possível verificar que 3 dos 5 estudos de caso analisados recorreram a **análises de regressão linear** nas suas abordagens de resolução, o que demonstra que este tipo de análise é amplamente e frequentemente utilizada em casos de estudo sobre previsão da procura de serviços logísticos, fundamentado assim a sua implementação neste trabalho.

Da análise da Tabela 3 é também possível verificar que 2 dos 5 casos de estudo considerados utilizaram **técnicas de análise de séries temporais** nas suas abordagens de resolução, o que revela também a importância destes métodos em problemas de previsão da procura de actividades logísticas.

Os modelos de previsão seleccionados como abordagens de resolução irão depender do padrão e características evidenciadas pela série cronológica da variável a prever. Os métodos seleccionados irão consistir naqueles que forem propostos pela Figura 12 face às características descritas pela série cronológica.

### 4.3 – Estudo da Abordagem de Resolução Seleccionada

Após a análise realizada na secção 4.2 e a subsequente escolha da abordagem de resolução a aplicar ao problema da Entrepósito Logística, a presente secção foca-se no estudo aprofundado da abordagem seleccionada.

Numa primeira instância será apresentado, na secção 4.3.1, o conceito e a metodologia dos modelos econométricos.

Na secção 4.3.2 serão analisados os modelos de regressão linear simples e múltipla, nomeadamente no que respeita: à estrutura dos modelos, aos seus pressupostos e à estimação dos seus parâmetros.

Por fim, na secção 4.3.3 serão abordados os métodos de previsão não causais. Esta secção será iniciada como uma introdução ao conceito de séries cronológicas. De seguida serão introduzidos os seguintes modelos de previsão: Holt-Winters aditivo e multiplicativo; Decomposição Clássica aditivo e multiplicativo.

#### 4.3.1 – Modelos Econométricos

##### 4.3.1.1 – Introdução

Uma das mais completas definições sobre a econometria, verificada em Tintner (1968), apresenta e justifica a sua utilização nesta metodologia: *“A econometria é a aplicação da estatística matemática aos dados económicos para dar apoio empírico aos modelos formulados pela economia matemática e obter resultados numéricos, que por sua vez, refletem certa perspectiva em relação ao papel da economia”*. Por outras palavras, de acordo com Tintner (1968), a econometria consiste na aplicação de métodos matemáticos e estatísticos em problemas económicos, cuja utilização no processo de análise de dados permite verificar a validade de modelos económicos, assim como, obter valores numéricos para parâmetros económicos.

O objectivo da econometria é entender a relação entre duas (ou mais) variáveis, ou em termos mais simples, entender a causa das alterações nas variáveis do mundo real. A variável que está a ser investigada com recurso aos seus determinantes é denominada como **variável dependente ou resposta**, sendo-lhe atribuída a letra  $Y$ , e o(s) problema(s) avaliado(s) como causa(s) possível(eis) é(são) designado(s) por **variável(eis) independente(s)**, sendo representados pela letra  $X$ . Para cada nível possível das variáveis independentes ( $X_{it}$ ), existe um valor correspondente para a variável dependente ( $Y_t$ ). No entanto, nunca haverá uma resposta definitiva para a relação entre diferentes variáveis, havendo sempre excepções para qualquer

tendência ou regra. Por conseguinte, a econometria assenta basicamente em encontrar a linha que melhor se ajusta à relação entre duas ou mais variáveis, sendo esta denominada por **linha de regressão** (Erickson, 2014).

### 4.3.1.2 – A Metodologia Econométrica

Podemos destacar três aspectos no que diz respeito aos modelos econométricos (Matos, 1997):

- **Estrutura** - A estrutura de um modelo econométrico envolve quatro elementos básicos: **variáveis, equações, parâmetros/coeficientes** e um **termo aleatório/residual**. As variáveis consistem em factores singulares dos fenómenos económicos, e podem ser classificadas, como já foi referido, em dependentes ou independentes. As equações procuram descrever e expressar o modo como as variáveis se relacionam. Os parâmetros consistem em “pesos” que permanecem constantes no âmbito de um dado fenómeno. Por fim, o termo aleatório procura expressar e ter em conta pequenas causas, que produzem um desvio em relação aos valores que a variável dependente deveria tomar, se a relação entre as variáveis independentes e a variável resposta fosse determinística.
- **Classificação** - Os modelos econométricos são classificados de acordo com as características dos fenómenos económicos que se desejam modelar, podendo ser classificados no que respeita à forma da função, número de equações, associação de variáveis com o tempo e à finalidade.
- **Qualidades desejadas** - Um modelo econométrico é avaliado de acordo com a sua plausibilidade e veracidade teórica, devendo esta ser compatível e ir de encontro com as teoria económicas postuladas, devendo também ser avaliado no que respeita à sua capacidade explicativa, ou seja à capacidade de explicar os dados observados da relação que este procura determinar. Também se deve ter em conta a exactidão das estimativas dos parâmetros, devendo estes serem exactos e aproximarem-se tanto quanto possível dos verdadeiros parâmetros estruturais. Por fim, o modelo deve ser capaz de gerar estimativas satisfatórias de valores futuros da variável dependente.

A modelação econométrica clássica deve seguir as diversas etapas descritas na Figura 13 (Gujarati e Passos, 2006):

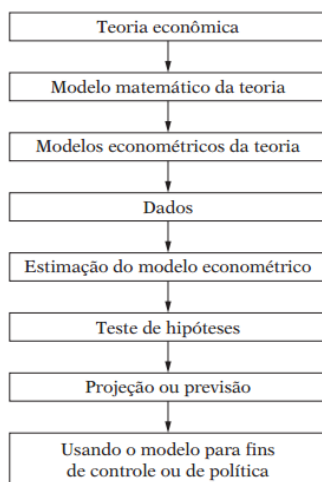


Figura 13 - Anatomia da metodologia econométrica clássica. Fonte: Gujarati e Passos (2006)

**Teoria Económica** - Conjunto de relações e enunciados logicamente conectados, capazes de gerar afirmações de natureza basicamente factual.

**Modelo Matemático da Teoria** - Estabelecimento do tipo de relação matemática existente entre variáveis, por exemplo se existe uma relação linear ou não (exponencial, logarítmica, etc...) entre elas ou se estas são directamente e inversamente proporcionais.

**Modelos Econométricos da Teoria** - Definição da forma de representação de todas as variáveis explicativas capazes de auxiliar na actividade de previsão da variável dependente.

**Formação da Base de Dados** - Etapa fundamental para a defesa dos resultados obtidos, seja no contexto da discussão de teorias económicas ou simplesmente em termos de contributo ao tema de pesquisa. A qualidade e confiabilidade dos resultados alcançados depende da qualidade dos dados obtidos.

**Estimação do Modelo Econométrico** - A partir do recurso às séries históricas das variáveis independentes e dependentes é possível estimar as relações entre as variáveis e o grau de ajustamento do modelo matemático aos dados observados. Assim, é possível aferir o nível e a qualidade da estimação do modelo econométrico e dos seus parâmetros. Esta etapa é frequentemente realizada paralelamente aos **testes de hipóteses**, que contribuem para otimizar o modelo econométrico utilizado.

**Testes de Hipóteses** - Nesta etapa podem ser realizados diversos testes ao modelo econométrico desenvolvido com o fim de testar a sua qualidade e ajustamento aos dados ou com o intuito de optimizá-lo em caso de necessidade.

**Previsão ou Projectção** - Tendo desenvolvido um modelo econométrico de qualidade, a etapa seguinte passa pela elaboração de relatórios com a previsão do comportamento da variável resposta a partir do conhecimento das variáveis independentes.

**Utilização do Modelo para Fins de Controlo ou Fórmulação de Políticas** - Práctica comum realizada pelas instituições económicas dos governos, mas que também se pode estender a empresas, nomeadamente, no que respeita ao âmbito de planeamento estratégico.

### 4.3.2 – Métodos de Previsão Causais - Regressão Linear

As técnicas estatísticas de regressão, tal como todos os **métodos quantitativos causais** - métodos que tendo como base os dados históricos procuram relacionar a variável sobre a qual se pretende efectuar previsões com outras variáveis que possam explicar o comportamento da primeira - assentam numa **hipótese de estabilidade**, isto é, de que prevalecerão no futuro as condições que determinaram no passado a evolução da variável (Tavares et al., 1996).

A presença ou ausência de relação linear entre duas ou mais variáveis pode ser averiguada a partir de dois pontos distintos (Rodrigues, 2012):

- a) quantificando a força dessa relação, utilizando para esse fim a análise de correlação e, por conseguinte, o **coeficiente de correlação de Pearson ( $\rho$ )**.
- b) ou explicitando a forma dessa relação, fazendo uso da análise de regressão e consequentemente do **coeficiente de determinação ( $R^2$ )**.

Ambas as técnicas apesar de intimamente ligadas diferem uma da outra, uma vez que na análise de correlação amostral todas as variáveis são aleatórias e desempenham o mesmo papel, não existindo nenhuma dependência, enquanto que na análise de regressão isso não acontece, dado que esta estuda o relacionamento entre uma variável denominada de dependente,  $Y$ , e uma ou mais variáveis independentes,  $X$ , ( $X_1, X_2, \dots, X_p$ ). Caso se considere apenas uma variável independente estamos perante uma análise de **regressão linear simples** e caso se utilize duas ou mais variáveis independentes trata-se de uma análise de **regressão linear múltipla** (Rodrigues, 2012).

#### 4.3.2.1 – Regressão Linear Simples

##### 4.3.2.1.1 – Modelo

No caso de uma relação totalmente linear entre as variáveis  $X$  e  $Y$  ( $|\rho|=1$ ), a equação representativa do modelo de regressão linear simples é dada por (Wonnacott e Wonnacott, 1990):

$$Y_i = \alpha + \beta X_i \tag{7}$$

onde:

- .  $Y_i$  representa o valor da variável resposta ou dependente,  $Y$ , na observação  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$  (aleatória);
- .  $X_i$  representa o valor da variável independente,  $X$ , na observação  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$  (não aleatória);
- .  $\alpha$  e  $\beta$  correspondem aos parâmetros do modelo (coeficientes parciais/de regressão).

O parâmetro  $\alpha$  representa o ponto em que a recta regressora corta o eixo dos  $yy$  quando  $X = 0$  e é denominado de ponto de intercepção, intercepto ou coeficiente linear.

O parâmetro  $\beta$  representa a inclinação da recta regressora, expressando a taxa de mudança em  $Y$ , ou seja, indica a mudança na média da distribuição de probabilidade de  $Y$  para um aumento de uma unidade na variável  $X$ .

Na Figura 14 podemos observar a interpretação geométrica dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ .

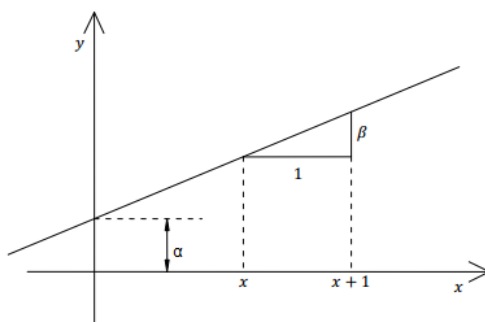


Figura 14 - Interpretação geométrica dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ . Adaptado de: Rodrigues (2012)

No entanto, tal como já foi referido, no caso do coeficiente de correlação  $\rho$  ser, em valor absoluto, maior do que 0, mas menor do que 1 ( $0 < |\rho| < 1$ ), o que consiste na grande maioria dos casos, é mais conveniente nestas circunstâncias reescrever a equação 7 de modo a incorporar explicitamente esta possibilidade de existência de desvios. Assim:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \tag{8}$$

Em que  $\varepsilon_i$  se assume como uma componente aleatória, correspondente à  $i$ -ésima variável resposta, de características eminentemente imprevisíveis, que reflectirá a influência de outros factores não contemplados no modelo, de modo que as previsões produzidas pelo modelo não serão perfeitas e estar-lhes-ão associados erros (desvios, resíduos ou ruídos, tudo designações equivalentes) de maior ou menor magnitude (Tavares et al., 1996).

#### 4.3.2.1.2 – Pressupostos do Modelo

Ao definirmos o modelo anterior, estamos a pressupor que (Tavares et al., 1996):

- a) A relação existente entre  $X$  e  $Y$  é linear.
- b) O valor médio do resíduo aleatório é nulo:  $E[\varepsilon] = 0$ ;
- c) Os resíduos são independentes e a sua variância não depende de  $X$  ( $\sigma_\varepsilon^2$  é constante)

d) O resíduo tem uma distribuição normal.

A segunda hipótese corresponde a admitir que existirão desvios negativos e positivos, que acabam por se compensar, resultando portanto numa média nula. Deste modo, aplicando valores esperados à equação 8 e admitindo-se conhecido o valor da variável independente  $X$ , obtém-se:

$$E [Y/X] = E[\alpha + \beta x + \varepsilon] = \alpha + \beta X \quad (9)$$

Em que  $E [Y/X]$  representa o valor esperado (ou média) de  $Y$ , conhecido o valor de  $X$ . Assim, a equação de regressão (equação 9) avalia o valor médio de  $Y$  para um dado valor de  $X$ , mas  $Y$  variará de um modo aleatório à volta desse valor médio com uma distribuição normal de variância  $\sigma_\varepsilon^2$ , segundo as hipóteses e pressupostos acima referidos.

#### 4.3.2.1.3 – Estimação de Parâmetros do Modelo: O Método dos Mínimos Quadrados

Uma vez que frequentemente não se dispõe de informação sobre todo o universo de valores de  $X$  e  $Y$  (população), mas apenas de algumas observações (pares de valores de  $X$  e  $Y$ ) que constituem uma amostra, coloca-se então a questão de como estimar os parâmetros do modelo  $\alpha$  e  $\beta$  a partir da informação contida na amostra (Tavares et al., 1996).

Karl Gauss, entre 1777 e 1855, propôs então estimar os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  a partir da minimização da soma dos quadrados dos erros ou desvios (**SE**),  $e_i, i = 1, \dots, n$ , designando este processo de **método dos mínimos quadrados** (Marôco, 2014). Considera-se o quadrado de  $e_i, i = 1, \dots, n$ , uma vez que  $\sum_{i=1}^n e_i = 0$ .

$$SE = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n [Y_i - (\hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i)]^2 \quad (10)$$

Em que:

$X_i, Y_i$  – par de valores observados ( $i = 1, \dots, n$ ).

$\hat{Y}_i$  – Estimativa produzida pelo modelo ( $\hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i$ ) para cada valor  $X_i$  da variável independente constante da amostra.

$e_i$  – Erro associado à estimativa  $\hat{Y}_i$  ( $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ )

Em termos gráficos, os resíduos são representados pelas distâncias verticais entre os valores observados e os valores ajustados, como mostra a Figura 15.

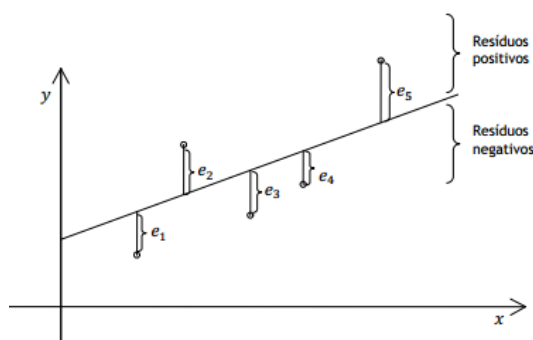


Figura 15 - Representação gráfica dos resíduos. Fonte: Rodrigues (2012)

A regra de estimação dos parâmetros que resulta do critério dos mínimos quadrados, obtém-se simplesmente a partir da aplicação de derivadas parciais de modo a encontrar um mínimo para **SE**, ou seja:

$$\frac{\partial SE}{\partial \hat{\alpha}} = \frac{\partial SE}{\partial \hat{\beta}} = 0 \quad (11)$$

Obtém-se deste modo um sistema de duas equações a duas incógnitas ( $\hat{\alpha}$  e  $\hat{\beta}$ ) que, uma vez resolvido, conduz às expressões 12 e 13 que permitem estimar os parâmetros do modelo a partir da informação contida na amostra:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum X_i^2 - n \bar{X}^2} \quad (12)$$

$$\hat{\alpha} = \bar{Y} - \hat{\beta} \bar{X} \quad (13)$$

Em que  $\bar{X}$  e  $\bar{Y}$  correspondem às médias dos valores observados de  $X$  e  $Y$ , respectivamente, e  $n$  diz respeito ao número total de observações (Tavares et al., 1996).

É importante recordar que, na formulação adoptada, estes desvios são eminentemente aleatórios e imprevisíveis, podendo mostrar-se que a sua **variância** pode ser estimada através da equação 14:

$$\hat{\sigma}^2_{\varepsilon} = \frac{\sum \varepsilon_i^2}{n - 2} = \frac{[Y_i - (\hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i)]^2}{n - 2} \quad (14)$$

### 4.3.2.2– Regressão Linear Múltipla

#### 4.3.2.2.1 – Modelo e Pressupostos

Um modelo de regressão linear múltipla pode ser expresso por (Marôco, 2014):

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon_i \quad (15)$$

Onde:

$Y_i$  corresponde à  $i$ -ésima variável resposta (variável dependente);

$X_{1i}, X_{2i}, X_{pi}$  correspondem às variáveis explicativas ou independentes;

$\varepsilon_i$  consiste no resíduo aleatório correspondente à  $i$ -ésima variável resposta;

$\alpha, \beta_1, \beta_2, \beta_p$  são os parâmetros a serem estimados.

Este modelo descreve um hiperplano  $p$ -dimensional referente às variáveis explicativas, tal como evidencia a Figura 16.

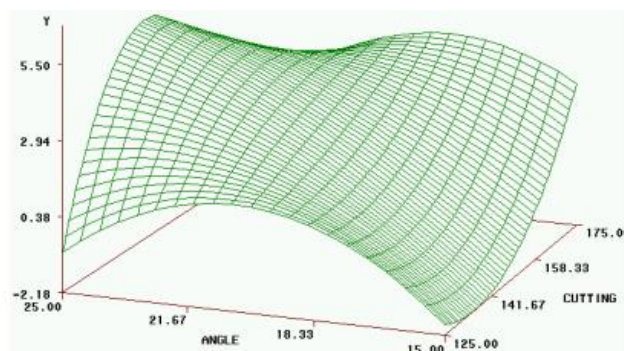


Figura 16 - Hiperplano  $p$ -dimensional referente às variáveis explicativas. Fonte: Rodrigues (2012)

É importante referir que **todos os pressupostos definidos para o modelo de regressão linear simples se mantêm no modelo de regressão linear múltipla**, sendo ainda considerado outro pressuposto neste tipo de modelos:

- **Independência das variáveis explicativas** (inexistência de **multicolinearidade**).

#### 4.3.2.2.3 – Estimação de Parâmetros do Modelo: O Método dos Mínimos Quadrados

De modo a estimar os parâmetros do modelo de regressão linear múltipla a partir do método dos mínimos quadrados será necessário recorrer ao cálculo de matrizes.

Como vimos, a expressão geral de  $i$ -ésima observação no modelo de regressão linear múltipla é dada por:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon_i \quad (16)$$

Este modelo pode ser reescrito em notação matricial da seguinte forma (Marôco, 2014):

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (17)$$

Onde:

$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$  é o vector das  $n$  observações da variável dependente;

$\beta = \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}$  é o vector dos  $p+1$  coeficientes do modelo;

$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{p1} \\ 1 & x_{12} & \dots & x_{p2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \dots & x_{pn} \end{bmatrix}$  é a matriz das  $n$  observações de  $X_i$  ( $i=1, \dots, p$ ) (onde a primeira coluna é preenchida por

1's de modo a que seja possível estimar  $\alpha$ );

$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$  é o vector dos erros com  $\varepsilon \sim N(0, \sigma I)$ , isto é,  $\varepsilon$  é normalmente distribuído, sendo "0" o vector nulo e "I" a matriz identidade de ordem  $n$ .

$y$  será normalmente distribuído com  $E(y) = X\beta$  e com uma matriz de variâncias-covariâncias  $cov(y) = \sigma^2 I$ . Assim,  $y \sim N(X\beta, \sigma^2 I)$ .

De modo análogo à regressão linear simples, utilizando o método dos mínimos quadrados, pretendemos encontrar o vector de estimadores  $\hat{\beta}$ , com componentes  $(\hat{\alpha}, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_p)$  que minimiza a soma dos quadrados dos erros ou resíduos do modelo (SE):

$$SE = \sum_{i=1}^n e_i^2 = e'e = (y - X\beta)'(y - X\beta) \quad (18)$$

Derivando a equação 18 em ordem a  $\hat{\beta}$ , obtemos a equação 19:

$$\frac{\partial}{\partial \hat{\beta}} [(y - X\beta)'(y - X\beta)] = 0 \quad (19)$$

A solução desta equação diferencial é:

$$-2X'y + 2(X'X)\hat{\beta} = 0 \quad (20)$$

$$(X'X)\hat{\beta} = X'y \quad (21)$$

Finalmente, resolvendo em ordem a  $\hat{\beta}$ , obtém-se:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y \quad (22)$$

Onde a matriz  $(X'X)^{-1}$  é a matriz inversa da matriz da soma dos quadrados de  $X_{ij}$  na diagonal principal e da soma de quadrados dos produtos cruzados fora da diagonal principal (esta matriz obtém-se multiplicando a matriz  $X$  pela sua transposta  $X'$ ) (Marôco, 2014).

Segundo Barbetta et al. (2004), o **método dos mínimos quadrados é o mais utilizado para estimar os parâmetros dos modelos de regressão linear múltipla e simples.**

### 4.3.3 – Métodos de Previsão Quantitativos não Causais

#### 4.3.3.1 – Séries Cronológicas

Os **métodos de previsão quantitativos não causais** assentam apenas na **análise da série de valores passados (série cronológica)** da variável a prever  $Y$ , com o fim de caracterizar a sua forma de **evolução** e projectar no futuro esses padrões de comportamento observados. De notar que tal como os métodos quantitativos causais, estes métodos também assentam numa **hipótese de estabilidade** (Tavares et al., 1996).

Entende-se por série cronológica (ou temporal): conjunto ordenado de valores de uma dada variável observados em intervalos regulares de tempo, representado-se por  $Y_t$  o valor observado da variável  $Y$  no instante  $t$  ( $t = 1, 2, 3, \dots, n$ ).

As séries cronológicas podem ser caracterizadas como sendo **puramente aleatórias (ruído branco)** (Figura 97), (localmente) **estacionárias (com autocorrelação)** (Figura 98), **com tendência** (Figura 99) ou **com sazonalidade** (Figura 100), conforme se pode observar no Anexo 15 (Tavares et al., 1996).

No caso de séries puramente aleatórias, é inútil recorrer a qualquer método de previsão, o qual só poderá produzir resultados se a série apresentar **autocorrelação**, isto é, se a observação no instante  $t$ ,  $Y_t$ , estiver correlacionada (em termos estatísticos) com as observações de instantes anteriores,  $Y_{t-i}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ).

Uma série cronológica localmente estacionária apresenta oscilações aleatórias em torno de um valor designado nível e tem um coeficiente de autocorrelação (ver caso de estudo - Rojas et al. (2015) -, Capítulo 4.1.2) não nulo:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t \quad t=1, 2, 3, \dots, n \quad (23)$$

↑ nível da série
↓
resíduo aleatório (variável aleatória de média nula)

Numa série cronológica com tendência existe uma tendência de (de)crescimento a que se sobrepõe algum ruído aleatório:

$$Y_t = \mu_t + \varepsilon_t \quad (24)$$

O nível da série varia apresentando uma taxa de (de)crescimento:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \tau_{t-1} \quad \text{Taxa de crescimento da série} \quad (25)$$

Numa série com sazonalidade existem oscilações que, com periodicidade fixa, levam a valores acima (“picos”), abaixo (“fossas”) ou alinhados com o nível “local” da série. Neste caso:



$$Y_t = \mu_t + \phi_t + \varepsilon_t \quad (26)$$

Componente sazonal  
 ↓  
 Nível                      Resíduo aleatório

A selecção do método de previsão mais adequado, quando existem várias alternativas, deve ser feita à luz de critérios que dependerão do contexto. Um dos critérios é baseado na **precisão das previsões resultantes**.

O **erro de previsão** para o instante  $t$  é o seguinte:

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \rightarrow \text{Valor previsto} \quad (27)$$

Uma vez que não é possível avaliar o erro para instantes futuros, o procedimento habitual consiste em avaliar o erro de previsão para os instantes conhecidos (passados), construindo-se assim um série de erros de previsão  $e_i$ . Será então preferível o método que conduza a menores erros no passado, esperando-se que no futuro o modelo se comporte também comparativamente melhor que as alternativas.

Uma vez que não existe um erro singular, mas sim uma série de erros é necessário uma medida de síntese dos erros calculados de modo a concluir que um dado método é mais preciso (conduz a “menores erros”) do que os outros. A média simples dos erros de previsão não é uma medida adequada, pois há um efeito de compensação entre erros positivos e negativos. De modo a se evitar este efeito de compensação, é corrente recorrer-se a uma de duas medidas de síntese dos erros de previsão:

i. Erro Absoluto Médio

$$EAM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (28)$$

ii. Erro Quadrático Médio

$$EQM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (29)$$

O **EQM** é a **medida mais popular de síntese dos erros de previsão**. Segundo este critério, é preferível o modelo de previsão que conduza a um **menor** EQM.

#### 4.3.3.2 – Modelo de Holt-Winters

A **metodologia de Holt-Winters** é adequada a séries cronológicas que possuam duas componentes: **tendência e sazonalidade**. De forma a ajustar-se da maneira mais apropriada ao padrão da série, este modelo possui duas formulações básicas: **forma aditiva** e **forma multiplicativa** (Tavares et al., 1996).

A forma aditiva é aplicada quando é assumido que os valores da série resultam da soma do nível local da série, que evolui segundo uma dada tendência com a componente sazonal. Esta formulação do método é adequada quando as **oscilações sazonais da série possuem amplitude constante**, sendo esta independente do nível da série. Por outro lado, como o nome indica, a forma multiplicativa é aplicada quando é assumido que os valores da série resultam do produto do nível pela sazonalidade. Esta formulação é mais adequada quando se observa que a **amplitude das oscilações sazonais é proporcional ao nível da série**. Independentemente da formulação do modelo aplicada este possui três equações de actualização do nível, tendência e sazonalidade, respectivamente, sendo que estas são adaptações das equações do modelo de amortecimento exponencial simples.

As equações 30 a 35 descrevem as fórmulas de actualização do modelo para ambas as formulações:

**Forma aditiva:**

$$a(t) = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(a_{t-1} + b_{t-1}), 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (30)$$

$$b(t) = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)(b_{t-1}), 0 \leq \beta \leq 1 \quad (31)$$

$$S(t) = \gamma(Y_t - a_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}, 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (32)$$

**Forma multiplicativa:**

$$a(t) = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(a_{t-1} + b_{t-1}), 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (33)$$

$$b(t) = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)(b_{t-1}), 0 \leq \beta \leq 1 \quad (34)$$

$$S(t) = \gamma \frac{Y_t}{a(t)} + (1 - \gamma)S_{t-s}, 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (35)$$

Onde  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são as constantes de amortecimento exponencial que conferem um comportamento mais ou menos reactivo ao modelo e  $s$  a duração do ciclo sazonal. Conforme é possível observar pela análise das equações, enquanto que na forma aditiva os efeitos de sazonalidade são retirados ou isolados através de diferenças, no caso da forma multiplicativa este procedimento é realizado através de quocientes.

Desta forma as previsões através do presente modelo para  $k$  instantes futuros são aplicadas segundo as equações 36 e 37:

$$\text{Modelo aditivo: } \hat{Y}_{t+k} = a(t) + k * b(t) + S_{t+k-m*s}, k = 1, 2, \dots; m = 1 \text{ se } 1 < k \leq s, m = 2 \text{ se } s < k \leq 2s, \text{ etc ...} \quad (36)$$

$$\text{Modelo multiplicativo: } \hat{Y}_{t+k} = [a(t) + k * b(t)] * S_{t+k-m*s}, k = 1, 2, \dots; m = 1 \text{ se } 1 < k \leq s, m = 2 \text{ se } s < k \leq 2s, \text{ etc ...} \quad (37)$$

Conforme foi referido anteriormente, consoante o valor atribuído às constantes de amortecimento mais reactivo ou não será o modelo. Com efeito, consoante o peso do factor aleatoriedade na amostra, mais importante é ou não a adaptação a flutuações nos dados. De facto, em séries cronológicas em que o factor aleatoriedade é muito elevado, é importante que o modelo seja menos reactivo e como tal mais conservador e estável com o intuito de minorar na previsão o impacto destes efeitos. Por outro lado, se este possui um baixo factor de aleatoriedade é importante que o modelo seja muito reactivo de forma a que se adapte a todas as variações e flutuações na série. Dado que são utilizadas fórmulas recursivas, é necessário atribuir valores iniciais ao nível, à tendência e à sazonalidade, processo esse que é habitualmente designado por problema de **inicialização**. Se a inicialização não for criteriosa, a influência da má inicialização pode perdurar durante algum tempo o que implica que os possíveis erros de previsão não se podem atribuir ao modelo. Segundo Caiado (2011), a inicialização do método de Holt-Winters poderá ser realizada utilizando as seguintes equações:

$$a(s) = \frac{1}{s} \sum_{t=1}^s Y_t \quad (38)$$

$$b(s) = \left(\frac{1}{s}\right)^2 \left( \sum_{t=s+1}^{2s} Y_t - \sum_{t=1}^s Y_t \right) \quad (39)$$

$$S(i) = \frac{Y_i}{a(s)} \quad (40.1) \text{ ou } S(i) = Y_i - a(s) \quad (40.2)$$

Onde as equações 40.1 e 40.2 se referem à formulação multiplicativa e aditiva, respectivamente. É importante salientar que o valor óptimo das constantes de amortecimento é aquele que reduz o valor de EQM.

### 4.3.3.3 – Modelo de Decomposição Clássica

Para além do modelo de Holt-Winters também se pode utilizar em séries com tendência e sazonalidade os modelos de **decomposição clássica aditivo** e **multiplicativo**. Este método parte do pressuposto de que a série temporal integra quatro componentes básicas: **tendência**, **sazonalidade**, **ciclicidade** e **componente aleatória**. A componente ciclicidade reflecte movimentos oscilatórios de médio prazo da série que afectam a sua tendência global; tratam-se de movimentos sem periodicidade fixa, **apenas detectáveis para séries longas**, e tipicamente associados a ciclos económicos. Por sua vez, a componente aleatória remete para o carácter eminentemente imprevisível da série.

O *modus operandi* deste método consiste em identificar e isolar cada um dos componentes da série e encontrar processos adequados para estimar cada um deles.

O modelo de decomposição clássica aditivo admite que os termos da série cronológica são uma função aditiva dos quatro componentes identificados:

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t \quad (41)$$

The diagram shows the equation  $Y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t$  at the top. Four lines branch downwards from the terms  $T_t$ ,  $S_t$ ,  $C_t$ , and  $\varepsilon_t$  to four separate boxes below. The boxes contain the following text: 'Tendência no instante t', 'Componente sazonal no instante t', 'Componente cíclica no instante t', and 'Componente aleatória no instante t'.

Enquanto que o modelo multiplicativo admite que os mesmos são uma função multiplicativa dos referidos componentes:

$$Y_t = T_t * S_t * C_t * \varepsilon_t \quad (42)$$

A **média móvel centrada**  $M_t$  (no instante  $t$ ) é definida, tanto para o modelo aditivo como multiplicativo, como a média aritmética das observações da variável numa vizinhança do instante  $t$  (centrada nesse instante). A vizinhança é definida pelo comprimento  $N$  da média que pode ser par ou ímpar:

Comprimento ímpar:

$$M_t = \frac{1}{N} (Y_{t-n} + Y_{t-n+1} + \dots + Y_t + \dots + Y_{t+n-1} + Y_{t+n}) \text{ com } N = 2n + 1 \quad (43)$$

Comprimento par:

$$M_t = \frac{1}{N} \left( \frac{1}{2} Y_{t-n} + Y_{t-n+1} + \dots + Y_t + \dots + Y_{t+n-1} + \frac{1}{2} Y_{t+n} \right) \text{ com } N = 2n \quad (44)$$

As médias móveis centradas apresentam duas propriedades:

1. Atenuação ou, até, eliminação das flutuações de carácter aleatório da série original.
2. Eliminação das oscilações de carácter periódico da série, como a sazonalidade, quando o comprimento da média centrada é igual ao (ou um múltiplo do) período dessas oscilações (ciclo sazonal).

A **média móvel centrada de comprimento igual ao ciclo sazonal elimina a sazonalidade e** (ao menos em parte) a **aleatoriedade da série original**. Assim, **a série da média móvel fica reduzida às componentes tendência e ciclicidade**, conforme se pode observar na equação 45:

$$M_t = T_t + C_t \quad (45)$$

Para o modelo aditivo; e na equação 46:

$$M_t = T_t \times C_t \quad (46)$$

Para o modelo multiplicativo.

A **componente cíclica**  $C_t$  tem um carácter irregular (não periódico), tipicamente de médio a longo prazo. A sua modelação é problemática e apenas é possível quando se dispõe de séries longas, **sendo habitual desprezá-la em séries curtas**.

Para modelar a **tendência**  $T_t$ , o procedimento habitual consiste em admitir que esta componente é função do tempo,  $T_t = f(t)$ , e em utilizar os valores da série de médias móveis centradas  $M_t$  para estimar os parâmetros dessa função.

A selecção da forma da função  $f(t)$  deverá resultar de uma observação criteriosa do andamento da série de médias móveis centradas. A forma da função  $f(t)$  pode ser: polinomial, sob a forma de potência, exponencial, logarítmica, logística, etc... No modelo polinomial **o modelo linear simples é o mais utilizado**:

$$T_t = a + b \cdot t \quad (47)$$

Para isolar a componente sazonal começa-se por construir uma série auxiliar  $X_t$ . Esta série pode ser construída no modelo aditivo a partir das equações 48 ou 49 e no modelo multiplicativo a partir das equações 50 ou 51:

$$X_t = Y_t - M_t \quad (48)$$

$$X_t = Y_t - T_t \quad (49)$$

$$X_t = Y_t / M_t \quad (50)$$

$$X_t = Y_t / T_t \quad (51)$$

A série auxiliar  $X_t$  inclui apenas as componentes sazonais e aleatória. **Para estimar a componente sazonal (para cada estação do ciclo sazonal) calcula-se a média dos valores de  $X_t$  correspondentes à estação  $j$  em causa**. Esta média elimina ou atenua a componente aleatória, obtendo-se assim estimativas dos índices sazonais (para cada estação do ciclo sazonal).

A **soma dos índices sazonais** deverá ser **nula** para o **modelo aditivo** (equação 52) e **igual ao comprimento do índice sazonal** para o **modelo multiplicativo** (equação 53):

$$\sum S_j = 0 \quad (52)$$

$$\sum S_j = s \quad (53)$$

Caso não seja nula (modelo aditivo), as estimativas dos índices sazonais podem ser corrigidas através da equação 54:

$$\boxed{\text{Estimativa corrigida do índice sazonal da estação } j} \implies S'_j = S_j - (\sum S_j) \frac{|S_j|}{\sum |S_j|} \quad (54)$$

Por sua vez, caso a soma dos índices sazonais não seja igual a 4 no modelo multiplicativo, estes podem ser estimados a partir da equação 55:

$$S'_j = \frac{S_j \times s}{\sum S_j} \quad (55)$$

## Capítulo 5 – Recolha e Tratamento de Dados

Foram recolhidos diversos dados referentes à indústria rent-a-car nacional, à economia portuguesa, ao sector de turismo nacional e à empresa Entrepósito Logística com um horizonte temporal de 8 anos (entre os anos 2010 e 2017, inclusive), de forma a construir uma amostra de estudo.

Os dados respectivos à Entrepósito Logística foram fornecidos pela própria empresa e a partir dos mesmos foi possível calcular o volume de saídas de viaturas da empresa numa óptica anual, trimestral e mensal entre os anos 2010 e 2017.

Por sua vez, os dados relativos ao mercado de aluguer automóvel nacional foram disponibilizados pela ARAC e consistem num conjunto de 8 observações anuais de cada uma das seguintes estatísticas: investimento, faturação, frota média anual, contratos efectuados, dias alugados, faturação média/dia, faturação média/viatura, período médio de aluguer e taxa de utilização. É possível observar o valor registado por cada uma destas estatísticas relativamente a 3 tipos de veículos: veículos ligeiros de passageiros (VLP), veículos ligeiros de mercadorias (VLM) e veículos pesados de mercadorias (VPM). No Capítulo 7 – Modelos de Previsão Causais -, só serão apresentadas e consideradas as estatísticas acima mencionadas para um único tipo de veículo (VLP, VLM ou VPM) ou o valor total das mesmas (VLP+VLM+VPM), tendo sido seleccionadas aquelas que apresentem o maior coeficiente de Pearson, absoluto, quando correlacionadas com o volume anual de saídas de viaturas da EL.

Por fim, foram também recolhidos no INE dados relativos a estatísticas anuais e trimestrais, com um horizonte temporal de 8 anos e 32 trimestres, respectivamente.

As estatísticas anuais recolhidas foram: o PIB nacional, as receitas turísticas geradas por turistas estrangeiros, o número de hóspedes totais (incluindo residentes nacionais e estrangeiros), o valor percentual dos impostos directos e indirectos aplicados em relação ao PIB e o Índice de produção industrial.

Por sua vez, as estatísticas trimestrais recolhidas foram: o número total de viagens, o número total de viagens de lazer, recreio e férias; o número total de viagens com uma duração de 1 a 3 noites; o número de total de viagens com uma duração de 4 ou mais noites, o número total de hóspedes e de dormidas em estabelecimentos hoteleiros, os proveitos totais e de aposento dos estabelecimentos hoteleiros, o PIB nacional, o número total de viagens realizadas por turistas através da utilização de um meio de transporte terrestre e o Índice de produção industrial.

De seguida serão analisados os **dados respectivos à EL** em termos estatísticos, nomeadamente no que respeita ao seu valor médio e desvio padrão, e em termos da sua evolução e variação temporal.

O motivo de as **restantes estatísticas** a serem utilizadas no Capítulo 7 – Modelos de Previsão Causais - não serem analisadas neste capítulo deve-se ao facto de tal análise ser muito extensa e de existirem **restrições quanto ao número máximo de páginas que este trabalho pode apresentar**, tendo-se dado prioridade às variáveis relativas à EL.

### Volume anual de saídas de viaturas da Entrepósito Logística:

A série cronológica, bem como a variação percentual do número **anual** de saídas de viaturas da empresa de 2010 a 2017, pode ser observada na Tabela 4 e encontra-se representada graficamente na Figura 17.

Ano	Número de Viaturas	Varição do Nº de Viaturas
2010	7740	-
2011	5521	-28.7%
2012	3806	-31.1%
2013	4066	6.8%
2014	4213	3.6%
2015	6071	44.1%
2016	9945	63.8%
2017	13504	35.8%

Tabela 4 - Evolução anual do volume de saídas de veículos da Entrepasto Logística de 2010 a 2017

Nos anos de 2011 e 2012 a empresa assistiu a um decréscimo significativo do seu volume de operações face ao ano de 2010 e 2011, respectivamente. Esta situação poderá em princípio ser explicada pela crise nacional que decorreu durante os anos 2010 e 2014 e que naturalmente terá tido um impacto negativo na actividade da empresa. Contudo, a partir do ano de 2013 é possível verificar uma tendência crescente do volume operacional da empresa que a partir de 2015, inclusive, é notável. É ainda importante referir que em 2016 foi ultrapassado o volume de saídas registado em 2010 (ano pré-crise).

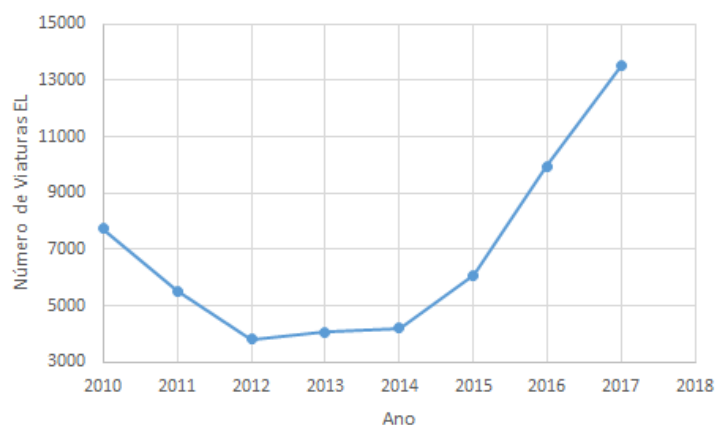


Figura 17 – Evolução anual do volume de saídas da Entrepasto Logística de 2010 a 2017

Na Tabela 5 estão descritos o valor médio, o desvio padrão e o número de observações da amostra.

Média	Desvio Padrão	Nº de Observações
6858.25	3401.46	8

Tabela 5 - Estatística descritiva da variável volume anual de saídas de viaturas da EL

Com o fim de **contextualizar** e explicar **a evolução da variável** volume de saídas anual da Entrepasto Logística, encontra-se no Anexo 1 uma breve descrição da **crise financeira em Portugal de 2010 a 2014**.

#### Volume mensal de saídas de viaturas da Entrepasto Logística:

A série cronológica, bem como a variação percentual do número **mensal** de saídas de viaturas da empresa de 2010 a 2017 (96 meses), pode ser observada na Tabela 44 do Anexo 2 e encontra-se representada graficamente na Figura 18.

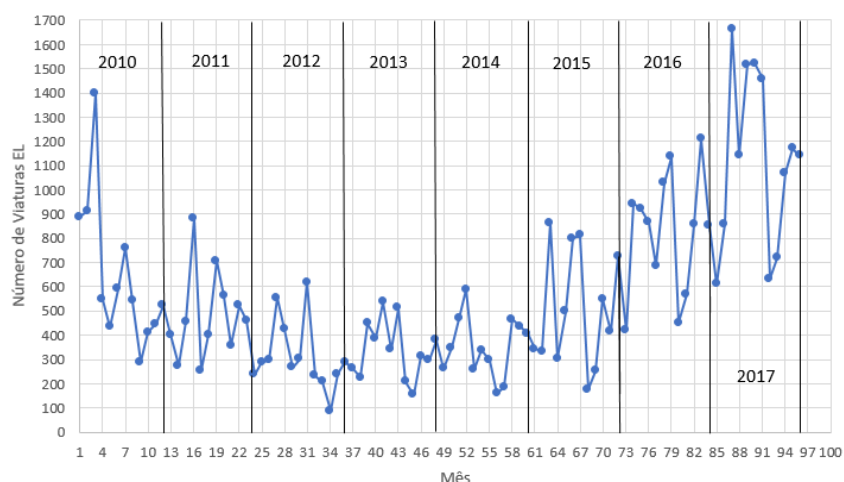


Figura 18 – Evolução mensal do volume de saídas de viaturas da EL de 2010 a 2017

A partir da observação da Figura 18 é possível retirar um conjunto de conclusões:

- Em Março de 2010 a empresa registou um volume de saídas de viaturas bastante elevado relativamente às observações registadas até ao ano de 2016, sendo este valor apenas novamente superado no ano de 2017 (em Março também).
- Em todos os anos de 2010 a 2017, excepto em 2016, a empresa registou em Março um aumento do número de saídas de viaturas face a Fevereiro e Janeiro, sendo este valor também um dos mais elevados registados em cada ano.
- Em todos os anos de 2010 a 2017 a empresa registou em Agosto uma queda abrupta do volume de saídas de viaturas. Esta situação deve-se ao facto de o volume de viaturas adquiridas pelas empresas de rent-a-car seguir padrões sazonais alinhados com a Páscoa e o início do Verão, sendo o mês de Agosto o início do declínio do seu volume de compras, registando-se neste mês uma grande redução do mesmo.
- Em Outubro de 2012 a Entrepósito Logística registou o valor mínimo de saídas de viaturas (88) no espaço amostral em análise.
- Em Março de 2017 a empresa registou o valor máximo mensal de saídas de veículos (1665) do horizonte temporal considerado.
- Da 1ª observação (Janeiro de 2010) até à 34ª observação (Outubro de 2012), a empresa parece registar uma tendência decrescente do volume mensal de saídas de viaturas.
- A partir da 34ª observação a empresa assistiu a uma tendência crescente do volume mensal de saídas de veículos.

Na Tabela 6 estão descritos o valor médio, o desvio padrão e o número de observações da amostra.

Média	Desvio Padrão	Nº de Observações
571.52	35.57	96

Tabela 6 - Estatística descritiva da variável número mensal de saídas de viaturas da EL

### Volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepósito Logística:

A série cronológica, bem como a variação percentual do número **trimestral** de saídas de viaturas da empresa de 2010 a 2017 (32 trimestres), pode ser observada na Tabela 7 e encontra-se representada graficamente na Figura 19.

Período	Número de Viaturas	Nº de Viaturas Variação
2010.I	3199	-
2010.II	1571	-50.9%
2010.III	1589	1.1%
2010.IV	1381	-13.1%
2011.I	1134	-17.9%
2011.II	1539	35.7%
2011.III	1626	5.7%
2011.IV	1222	-24.8%
2012.I	1138	-6.9%
2012.II	993	-12.7%
2012.III	1057	6.4%
2012.IV	618	-41.5%
2013.I	935	51.3%
2013.II	1266	35.4%
2013.III	875	-30.9%
2013.IV	990	13.1%
2014.I	1079	9.0%
2014.II	1186	9.9%
2014.III	641	-46.0%
2014.IV	1307	103.9%
2015.I	1540	17.8%

2015.II	1601	4.0%
2015.III	1239	-22.6%
2015.IV	1691	36.5%
2016.I	2284	35.1%
2016.II	2582	13.0%
2016.III	2158	-16.4%
2016.IV	2921	35.4%
2017.I	3134	7.3%
2017.II	4180	33.4%
2017.III	2808	-32.8%
2017.IV	3382	20.4%

Tabela 7 - Evolução trimestral do volume de saídas de viaturas da EL de 2010 a 2017

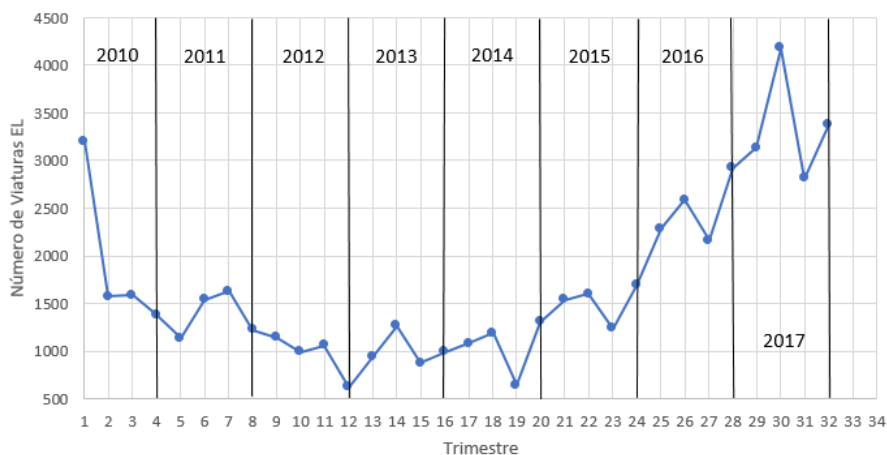


Figura 19 – Evolução trimestral do volume de saídas de viaturas da EL de 2010 a 2017

Após a análise da Figura 19 foi possível chegar às seguintes conclusões:

- A partir de 2014 a empresa registou um volume trimestral máximo anual no 4º trimestre (com exceção do ano de 2017 em que tal se verificou no 2º trimestre).
- A partir de 2013 esta variável apresenta sempre o mesmo padrão evolutivo (no espaço amostral): o 2º trimestre apresenta resultados superiores ao 1º trimestre (por vezes de forma bastante significativa, como no ano de 2017, por exemplo), ocorrendo no 3º trimestre um decréscimo bastante acentuado dos valores observados pela variável no 2º trimestre e, por fim no 4º trimestre existe uma variação positiva e significativa face ao 3º trimestre.
- De 2010 a 2012 a variável apresenta uma tendência decrescente bastante significativa.
- É possível notar que a partir de 2013, inclusive, a variável apresenta uma tendência crescente muito expressiva, especialmente a partir de 2015. É também possível visualizar que a partir de 2013 o valor registado em cada trimestre aumenta a cada ano, com exceção do ano de 2014 em que o 2º e o 3º trimestres registaram valores inferiores relativamente aos 2º e 3º trimestres do ano de 2013, respectivamente.

Na Tabela 8 estão descritos o valor médio, o desvio padrão e o número de observações da amostra.

Média	Desvio Padrão	Nº de Observações
1714.56	157.37	32

Tabela 8 - Estatística descritiva da variável número trimestral de saídas de viaturas da EL

Por fim, é importante referir que no processo de construção dos modelos de previsão causais foi utilizado o **Excel** e os softwares estatísticos **SPSS** e **NCSS**. Enquanto que a elaboração dos modelos de previsão não causais foi realizada a partir do Excel e do NCSS.



## Capítulo 6 – Modelos de Previsão não Causais

Neste capítulo serão desenvolvidos os **modelos de previsão não causais** a aplicar à **série histórica do volume trimestral de saídas de viaturas da empresa Entrepasto Logística**.

A série histórica da variável volume **mensal** de saídas de viaturas da EL **não será utilizada** para esta análise, uma vez que conforme se pode observar na Figura 18 esta série não apresenta qualquer tipo de estacionaridade, tendência ou sazonalidade, sendo de carácter aleatório e eminentemente imprevisível. Deste modo a natureza aleatória desta série torna-a bastante difícil de modelar.

Também não será considerada a série histórica do volume **anual** de saídas de viaturas da EL, pois esta apresenta um reduzido número de observações, o que não permite proceder a uma modelação adequada e estatisticamente sustentada da mesma.

Por outro lado, a partir da análise da Figura 19 podemos inferir que a série histórica da variável volume **trimestral** de saídas de viaturas da EL apresenta uma **tendência decrescente** do ano de **2010 a 2012**, inclusive. Porém, **a partir de 2013** esta série cronológica passou a apresentar características distintas, passando a evidenciar **características sazonais** e uma **tendência crescente**, tal como foi referido no capítulo anterior.

Podemos de certa forma depreender que as características evidenciadas pela série entre 2010 e 2013 foram um reflexo directo do cenário económico nacional vivido nesse anos (Crise Nacional) e que não retratam a situação actual da economia portuguesa e da Entrepasto Logística.

Assim, **será apenas tido em conta nesta abordagem de previsão não causal a série histórica da variável desde o ano de 2013**, tal como está representada na Figura 20.

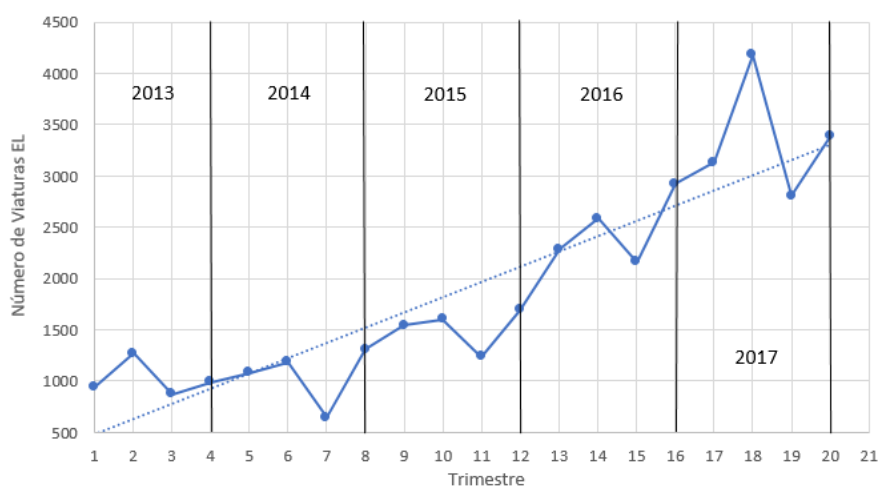


Figura 20 – Volume trimestral de saídas de viaturas da EL desde 2013

Dadas as características da série em estudo e tendo em consideração a Figura 12, as abordagens de solução propostas foram os modelos de Holt-Winters aditivo e multiplicativo e os modelos de Decomposição Clássica aditivo e multiplicativo, assumindo uma duração do ciclo sazonal igual a 4 ( $s = 4$ ).

### 6.1 Modelo de Holt-Winters Aditivo

Na elaboração deste modelo começou-se por utilizar as primeiras 4 ( $s = 4$ ) observações para fins do procedimento de **inicialização**, recorrendo às equações 38, 39 e 40.2 no desenvolvimento do mesmo, obtendo-se um valor de  $a = 1073$  e de  $c = -22.6$ . Consequentemente, obteve-se os seguintes valores:  $n_4 = 982.6$ ,  $b_4 = -22.6$  e  $f_4 = 7.4$ .

Foram adoptados os seguintes valores iniciais  $\alpha = 0.3$ ,  $\beta = 0.2$  e  $\gamma = 0.1$ , sendo o valor dos mesmos otimizado após o modelo estar construído (recorrendo ao Solver do Excel) com o fim de otimizar o valor de EQM obtido.

Foram utilizadas as equações de actualização 30, 31 e 32 para calcular o nível  $n_t$ , a tendência  $b_t$  e os índices sazonais da série  $f_t$ , respectivamente.

Após se ter calculado o valor Y previsto ( $\hat{Y}_t$ ) dos períodos com observação registada da variável  $Y_t$  (volume trimestral de saídas de viaturas da EL), recorreu-se à equação 36 para calcular o valor de  $\hat{Y}_t$  para K instantes futuros, nomeadamente até  $K = 8$ , ou seja, até ao 4º trimestre de 2019.

Na Figura 21 é possível visualizar a aplicação do modelo desenvolvido e o modo como este se compara com a série original da variável, i.e,  $\hat{Y}_t$  versus  $Y_t$ .

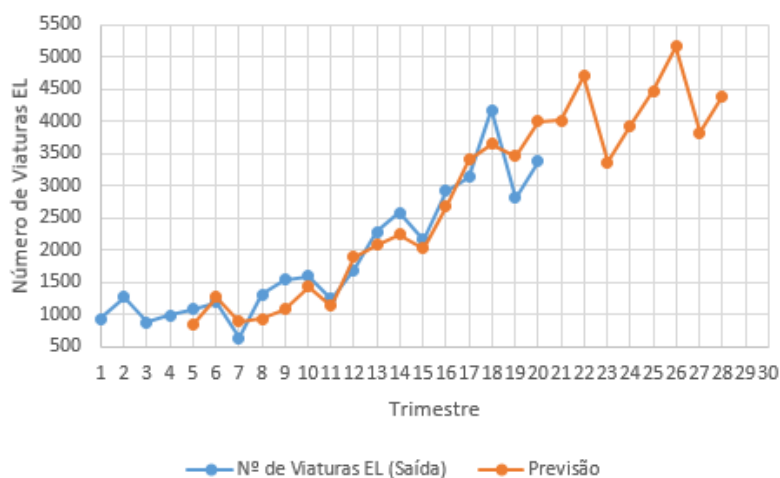


Figura 21- Aplicação do modelo de Holt-Winters aditivo

Na Tabela 9 pode-se observar os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  utilizados (óptimos) e o valor do EQM obtido.

$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	EQM
0.198	1	0.837	81307.2

Tabela 9 – Valores das constantes de amortecimento e do EQM do modelo de Holt-Winters aditivo

É também de extrema importância analisar os resíduos do modelo desenvolvido, nomeadamente em termos de:

- I. Serem normalmente distribuídos;
- II. Homocedasticidade;
- III. O valor da média dos mesmos ser zero;
- IV. Independência (autocorrelação).

De modo a averiguar se os resíduos do mesmo podem ser considerados ruído branco.

Na Figura 22 é possível observar o diagrama de dispersão dos resíduos do modelo.

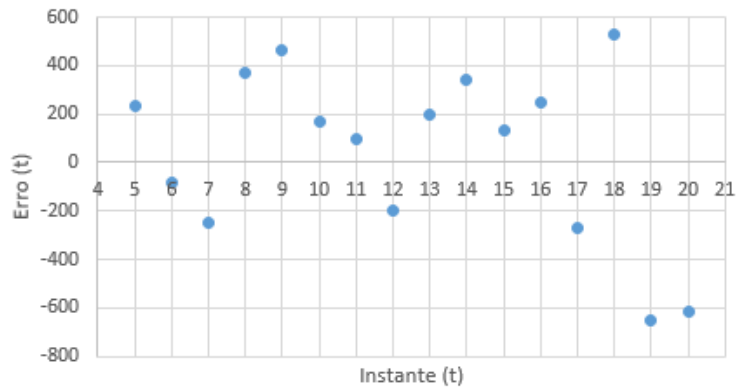


Figura 22 – Diagrama de dispersão dos resíduos do modelo de Holt-Winters aditivo

A partir da análise da Figura 22 podemos assumir que os resíduos do modelo são **homocedásticos**, uma vez que a **variância** dos mesmos parece ser de certa forma **constante**, não evidenciando qualquer tipo de tendência de crescimento ou decrescimento, pelo menos até ao instante 17, já que os instantes 18, 19 e 20 apresentam uma maior amplitude de erro do que os instantes anteriores.

Contudo, a **média dos erros** do modelo não é igual a “0”, mas a 43.79.

De modo a se proceder ao teste de independência dos resíduos do modelo foi avaliada a correlação da série de erros  $e(t)$  com a série de erros  $e(t+1)$ . A Figura 23 ilustra este procedimento.

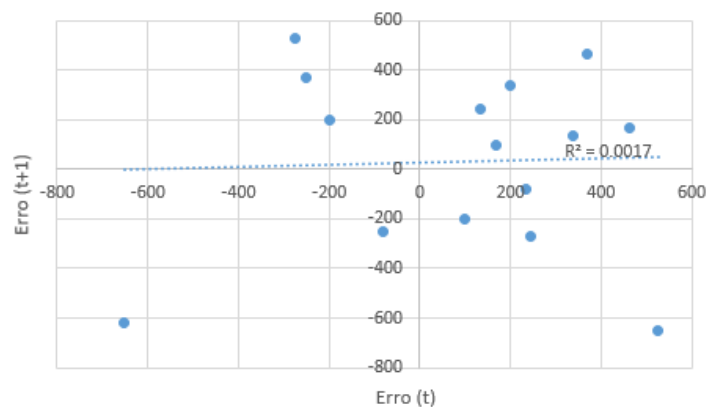


Figura 23 – Diagrama de dispersão da série de erros  $e(t)$  e  $e(t+1)$  do modelo de Holt-Winters aditivo

Conforme se pode observar a partir da análise da Figura 23 não existe uma correlação linear significativa entre as séries de erros  $e(t)$  e  $e(t+1)$ , sendo o coeficiente de determinação igual a 0.0017 e o coeficiente de Pearson igual a 0.04 (correlação linear muito fraca de acordo com a Tabela 75 do Anexo 14). Deste modo, podemos assumir que **não existe presença de autocorrelação, pelo menos significativa, entre os resíduos do modelo e que portanto estes são independentes, pelo menos para  $t$  e  $t+1$ .**

Os resíduos do modelo serão agora testados quanto à condição de serem normalmente distribuídos. O procedimento a utilizar será o teste de Shapiro-Wilk dado o facto de o número de observações (com erro calculado) ser apropriado para a sua utilização ( $16 < 30$ ). Este teste foi realizado no software NCSS Statistics. Os resultados estão disponíveis na Tabela 10.

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Value	5% Critical Value	Decision (Alpha = 5%)
Shapiro-Wilk W	0,902	0,1216			Can't reject normality

Tabela 10 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o modelo de Holt- Winters aditivo

A partir da análise da análise da Tabela 10, é possível observar que o valor de significância do teste é superior a 0.05 ( $p$  value para uma grau de confiança a 95%), pelo que se pode assumir que os resíduos do modelo são normalmente distribuídos. A Figura 24 (NCSS) permite corroborar essa conclusão.

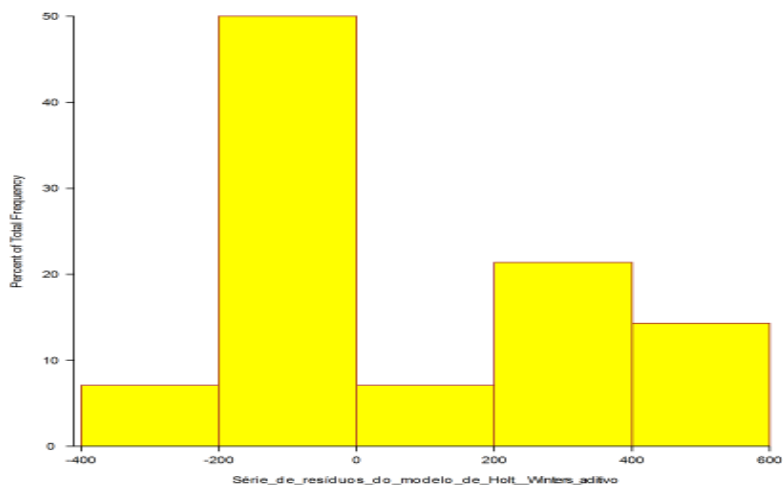


Figura 24 – Histograma da série de erros para o modelo de Holt-Winters aditivo

Por fim foram desenvolvidos intervalos de confiança (I.C) a 95% para o volume trimestral de saídas de viaturas da EL previsto para o ano de 2019. Os resultados podem ser observados na Tabela 11.

Período	Intervalos de Confiança a 95%	
2019.I	4007.03	4945.071
2019.II	4696.814	5634.855
2019.III	3355.742	4293.782
2019.IV	3925.261	4863.302

Tabela 11 - Intervalos de confiança a 95% para os 4 trimestres de 2019 através da aplicação do modelo de Holt-Winters aditivo

## 6.2 Modelo de Holt-Winters Multiplicativo

Na elaboração deste modelo começou-se por utilizar as primeiras 4 ( $s = 4$ ) observações para fins do procedimento de **inicialização**, recorrendo às equações 38, 39 e 40.1 no desenvolvimento do mesmo, obtendo-se os seguintes valores:  $n_4 = 1016.5$ ,  $b_4 = 9.1875$  e  $f_4 = 0.974$ .

Tal como no modelo aditivo os valores iniciais de  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  adoptados foram 0.3, 0.2 e 0.1, respectivamente. Os valores destes parâmetros foram otimizados após o modelo estar construído (também recorrendo ao Solver do Excel), com o fim de otimizar o valor de EQM obtido.

Foram utilizadas as **equações de actualização** 33, 34 e 35 para calcular o **nível**  $n_t$ , a **tendência**  $b_t$  e os **índices sazonais da série**  $f_t$ , respectivamente.

Após se ter calculado o valor  $\hat{Y}_t$  previsto dos períodos com observação registada da variável  $Y_t$  (volume trimestral de saídas de viaturas da EL), recorreu-se à equação 37 para calcular o valor de  $\hat{Y}_t$  para  $K$  instantes futuros, nomeadamente até  $K = 8$ , ou seja, até ao 4º trimestre de 2019.

Na Figura 25 é possível visualizar a aplicação do modelo desenvolvido e o modo como este se compara com a série original da variável, i.e.,  $\hat{Y}_t$  versus  $Y_t$ .

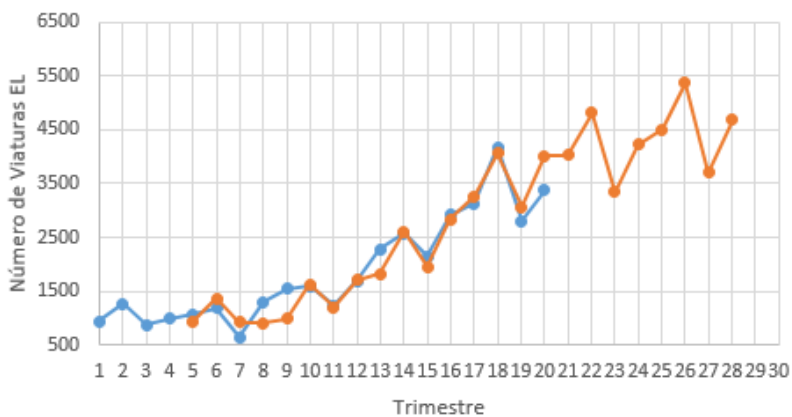


Figura 25 - Aplicação do modelo de Holt-Winters multiplicativo

Na Tabela 12 é possível observar os valores otimizados das constantes de amortecimento  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  e o valor do EQM obtido.

$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	EQM
0.2185	1	0.2084	65830.99

Tabela 12 – Valores das constantes de amortecimento e do EQM do modelo de Holt-Winters multiplicativo

De seguida os resíduos do modelo serão analisados tal como se sucedeu no modelo aditivo.

Homoedasticidade:

Na Figura 26 é possível observar o diagrama de dispersão dos resíduos do modelo.

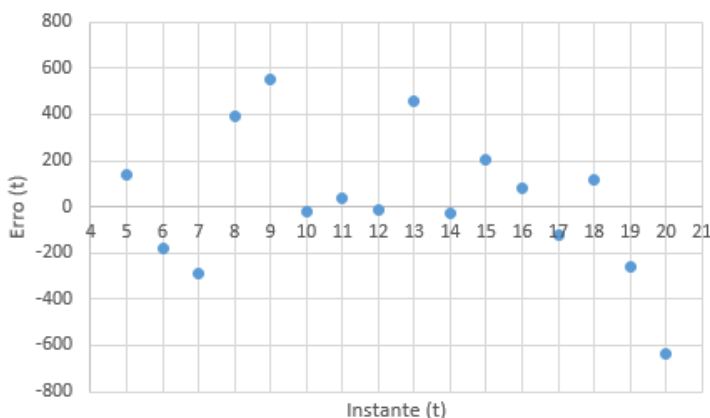


Figura 26 – Diagrama de dispersão dos resíduos do modelo de Holt-Winters multiplicativo

A partir da análise da Figura 26 podemos assumir que os resíduos do modelo são **homocedásticos**, uma vez que a **variância** dos mesmos parece ser de certa forma **constante**, não evidenciando qualquer tipo de tendência de crescimento ou decréscimo.

O valor da média dos resíduos é zero:

A **média dos erros** do modelo não é igual a zero, mas a 26.2.

Autocorrelação dos resíduos:

De modo a se proceder ao teste de independência dos resíduos do modelo foi avaliada a correlação da série de erros  $e(t)$  com a série de erros  $e(t+1)$ . A Figura 27 ilustra este procedimento.

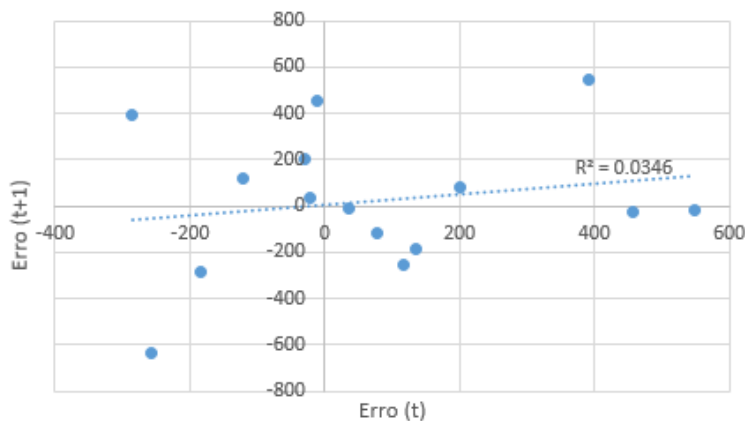


Figura 27 – Diagrama de dispersão da série de erros  $e(t)$  e  $e(t+1)$  do modelo de Holt-Winters multiplicativo

A partir da análise da Figura 27 podemos inferir que não existe uma correlação linear significativa entre as séries de erros  $e(t)$  e  $e(t+1)$ , sendo o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0.0346 e o coeficiente de Pearson igual a 0.186 (correlação linear praticamente inexistente de acordo com a Tabela 75). Deste modo, podemos assumir que **não existe presença de autocorrelação, pelo menos significativa, entre os resíduos do modelo e que portanto estes são independentes, pelo menos para  $t$  e  $t+1$ .**

Distribuição normal dos resíduos:

Os resíduos do modelo serão agora testados quanto à condição de serem normalmente distribuídos. O procedimento a utilizar será o teste de Shapiro-Wilk uma vez que o número de observações (com resíduo calculado) é apropriado para a sua utilização ( $16 < 30$ ). Este teste foi realizado no software NCSS Statistics. Os resultados estão disponíveis na Tabela 13.

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Value	5% Critical Value	Decision (Alpha = 5%)
Shapiro-Wilk W	0,957	0,6792			Can't reject normality

Tabela 13 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o modelo de Holt- Winters multiplicativo

A partir da análise da Tabela 13, é possível observar que o valor de significância do teste é superior a 0.05 ( $p$  value para uma grau de confiança a 95%), pelo que se pode assumir que os resíduos do modelo são normalmente distribuídos. A Figura 28 permite corroborar essa conclusão.

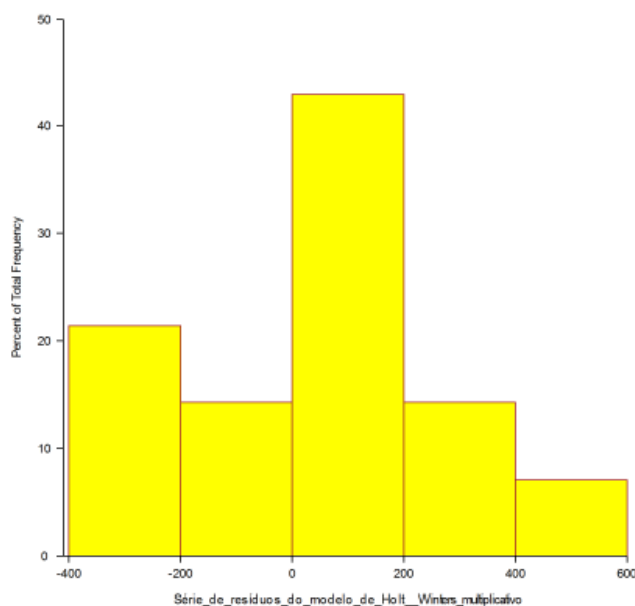


Figura 28 – Histograma da série de erros para o modelo de Holt-Winters multiplicativo

Foram ainda desenvolvidos intervalos de confiança (I.C) a 95% para o volume trimestral de saídas de viaturas da EL previsto para o ano de 2019. Os resultados podem ser observados na Tabela 14.

Período	Intervalo de Confiança a 95%	
2019.I	4087.578	4931.636
2019.II	4951.446	5795.504
2019.III	3288.047	4132.105
2019.IV	4268.252	5112.31

Tabela 14 - Intervalos de confiança a 95% para os 4 trimestres de 2019 via aplicação do modelo de Holt-Winters multiplicativo.

### 6.3 Modelo de Decomposição Clássica Aditivo

Uma vez que a série cronológica em questão apresenta uma **duração de ciclo sazonal igual a 4**, o comprimento da **média móvel centrada  $M_t$**  foi definido como sendo **igual a 4**, i.e,  $N = 4$ , de modo a atenuar ou eliminar oscilações de carácter periódico da série. A média móvel centrada  $M_t$  foi calculada a partir da equação 44.

A **tendência  $T_t$**  da série foi modelada a partir do pressuposto de esta componente poder ser descrita como função do tempo. Deste modo, recorreu-se a um modelo de regressão linear simples para estimar as componentes *a* e *b* da tendência. Os valores destas componentes estão representados na Tabela 15.

a	b
95.67757	163.8893

Tabela 15 – Componentes da tendência do modelo de Decomposição Clássica aditivo

Após se obter os valores de  $a$  e  $b$  a componente tendência foi calculada a partir da equação 47.

De seguida foi calculada a **série auxiliar**  $X_t$ , através das equações 48 e 49, de modo a comparar o EQM dos modelos obtidos. Uma vez que o modelo calculado a partir da equação 48 foi o que obteve o menor EQM, esse será o único modelo apresentado nesta secção.

Posteriormente a se ter calculado a série  $X_t$  foram estimados os **índices sazonais corrigidos**  $S'_j$ , com  $j = 1, 2, 3$  e  $4$ , através das equações 52 e 54. Estes índices estão representados na Tabela 16.

$S'_1$	$S'_2$	$S'_3$	$S'_4$
99.54574	317.6371	-395.489	-21.6942

Tabela 16 – Índices sazonais corrigidos do modelo de Decomposição Clássica aditivo

Por fim, calculou-se o valor  $Y$  previsto ( $\hat{Y}_t$ ) dos diferentes instantes temporais, nomeadamente até ao 4º trimestre de 2019, a partir da equação 41.

Na Figura 29 é possível visualizar a aplicação do modelo desenvolvido e o modo como este se compara com a série original da variável, i.e,  $\hat{Y}_t$  versus  $Y_t$ .

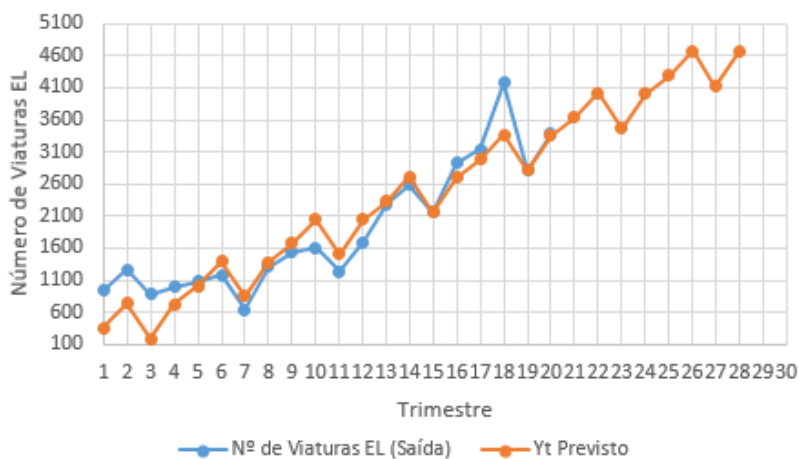


Figura 29 - Aplicação do modelo de Decomposição Clássica aditivo

Na Tabela 17 é possível observar o valor do EQM obtido.

EQM
120535.6

Tabela 17 – EQM do modelo de Decomposição Clássica aditivo

De seguida os resíduos do modelo serão analisados de igual forma ao sucedido nos modelos de Holt-Winters aditivo e multiplicativo.

Homocedasticidade:

Na Figura 30 é possível observar o diagrama de dispersão dos resíduos do modelo.



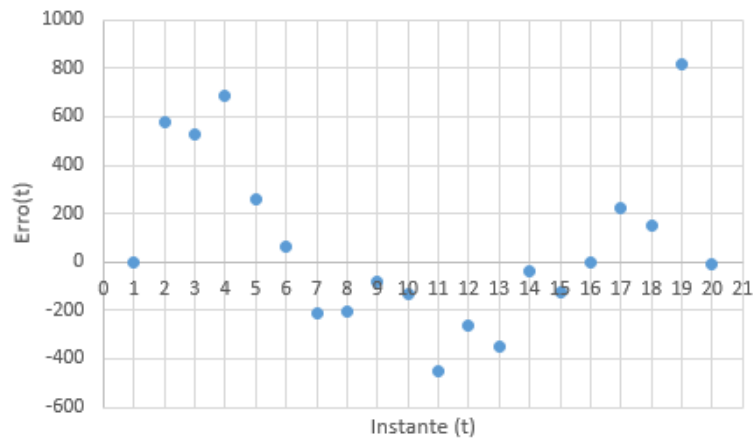


Figura 30 – Diagrama de dispersão dos resíduos do modelo de Decomposição Clássica aditivo

A partir da análise da Figura 30 pode-se assumir que os resíduos do modelo são **heterocedásticos**, dado que **não se distribuem de forma aleatória pelo eixo  $Y = 0$** , começando por serem unicamente positivos, depois negativos e outra vez positivos, descrevendo assim uma **forma tipo funil** que indicia a existência de heterocedasticidade dos resíduos do modelo.

O valor da média dos resíduos é zero:

A média dos erros do modelo não é zero, mas 73.4.

Autocorrelação dos resíduos:

De modo a se proceder ao teste de independência dos resíduos do modelo foi avaliada a correlação da série de erros  $e(t)$  com a série de erros  $e(t+1)$ . A Figura 31 ilustra este procedimento.

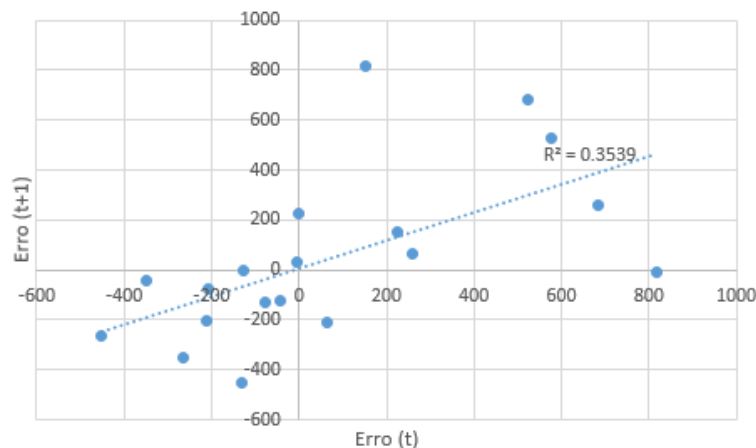


Figura 31 – Diagrama de dispersão da série de erros  $e(t)$  e  $e(t+1)$  do modelo de Decomposição Clássica aditivo

A partir da análise da Figura 31 podemos inferir que existe uma correlação linear significativa entre as séries de erros  $e(t)$  e  $e(t+1)$ , sendo o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0.3539 e o coeficiente de Pearson igual a 0.595 (correlação linear fraca a moderada, de acordo com a Tabela 75). Deste modo, podemos assumir que **existe uma presença significativa de autocorrelação entre os resíduos do modelo, pelo menos para  $t$  e  $t+1$ , violando assim a condição de independência dos mesmos.**

Distribuição normal dos resíduos:

Os resíduos do modelo serão agora testados quanto à condição de serem normalmente distribuídos. O procedimento a utilizar será o teste de Shapiro-Wilk dado ao facto de o número de observações ser apropriado para a sua utilização ( $20 < 30$ ). Este teste foi realizado no Software NCSST Statistics. Os resultados estão disponíveis na Tabela 18.

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Value	5% Critical Value	Decision (Alpha = 5%)
Shapiro-Wilk W	0,953	0,4689			Can't reject normality

Tabela 18 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o modelo de Decomposição Clássica aditivo

A partir da análise da Tabela 18, é possível observar que o valor de significância do teste é superior a 0.05 ( $p$  value para uma grau de confiança a 95%) pelo que se pode assumir que os **resíduos do modelo são normalmente distribuídos**. A Figura 32 permite corroborar essa conclusão.

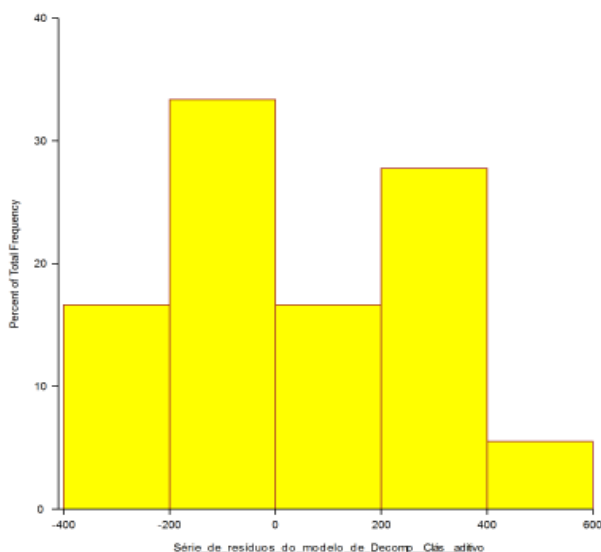


Figura 32 – Histograma da série de erros para o modelo de Decomposição Clássica aditivo

Foram ainda desenvolvidos intervalos de confiança (I.C) a 95% para o volume trimestral de saídas de viaturas da EL previsto para o ano de 2019. Os resultados podem ser observados na Tabela 19.

Período	Intervalo de Confiança a 95%	
2019.I	3721.393	4863.521
2019.II	4103.373	5245.5
2019.III	3554.137	4696.265
2019.IV	4091.821	5233.95

Tabela 19 - Intervalos de confiança a 95% para os 4 trimestres de 2019 através da aplicação do modelo de Decomposição Clássica aditivo

## 6.4 Modelo de Decomposição Clássica Multiplicativo

Uma vez que a série cronológica em questão apresenta uma **duração de ciclo sazonal igual a 4**, o comprimento da **média móvel centrada  $M_t$**  foi definido como sendo igual a 4, i.e,  $N = 4$ , de modo a atenuar ou eliminar oscilações de carácter periódico

da série. A média móvel centrada  $M_t$  foi calculada a partir da equação 44, obtendo-se os mesmos resultados do modelo aditivo, uma vez que as condições e parâmetros utilizados são os mesmos.

A **tendência**  $T_t$  da série foi modelada da mesma forma que no modelo aditivo, recorrendo-se a um modelo de regressão linear simples para estimar as componentes  $a$  e  $b$  da tendência da série. Os valores destas componentes são iguais aos do modelo aditivo, tal como seria de esperar, e podem ser visualizados na Tabela 15.

Após se obter os valores de  $a$  e  $b$ , a componente tendência foi também calculada através da equação 47, obtendo-se a mesma série  $T_t$  do modelo aditivo.

De seguida foi calculada a **série auxiliar**  $X_t$ , através das equações 50 e 51, de modo a comparar o EQM dos modelos obtidos. Uma vez que o modelo calculado a partir da equação 50 foi o que obteve o menor EQM, este será o único modelo apresentado nesta secção.

Posteriormente a se ter calculado a série  $X_t$  foram estimados os **índices sazonais corrigidos**  $S'_j$ , com  $j = 1, 2, 3$  e  $4$ , através das equações 53 e 55. Estes índices estão representados na Tabela 20.

$S'_1$	$S'_2$	$S'_3$	$S'_4$
1.0835	1.1626	0.76	0.9938

Tabela 20 – Índices sazonais corrigidos do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo

Por fim, calculou-se o valor  $Y$  previsto ( $\hat{Y}_t$ ) dos diferentes instantes temporais nomeadamente até ao 4º trimestre de 2019, a partir da equação 42.

Na Figura 33 é possível visualizar a aplicação do modelo desenvolvido e o modo como este se compara com a série original da variável, i.e,  $\hat{Y}_t$  versus  $Y_t$ .

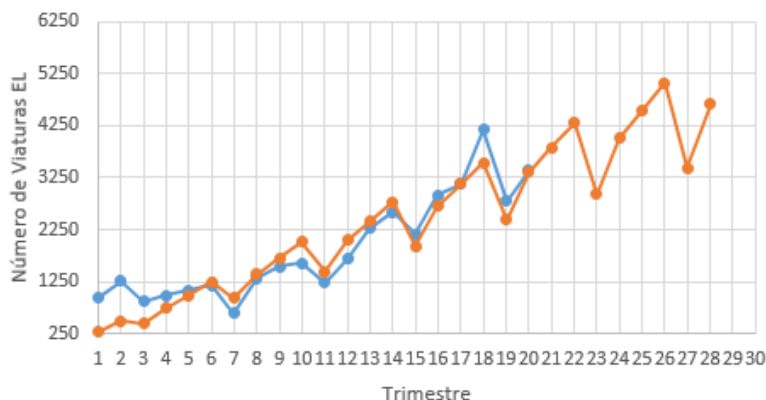


Figura 33 - Aplicação do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo

Na Tabela 21 é possível observar o valor do EQM obtido.

EQM
122323.4

Tabela 21 – EQM do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo

De seguida os resíduos do modelo serão analisados de igual forma ao sucedido nos modelo de Holt-Winters aditivo e multiplicativo e de Decomposição Clássica aditivo.

Homoceasticidade:

Na Figura 34 é possível observar o diagrama de dispersão dos resíduos do modelo.

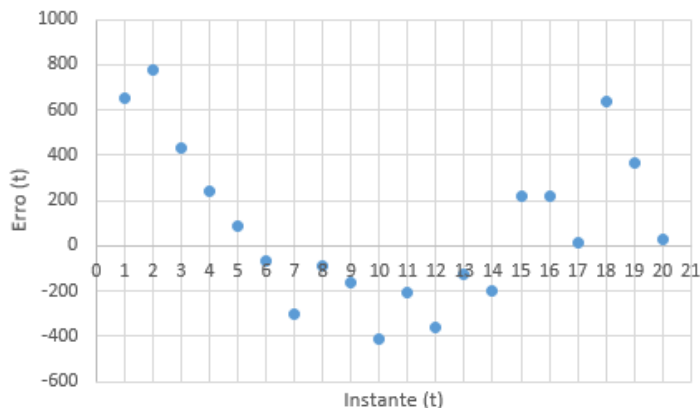


Figura 34 – Diagrama de dispersão dos resíduos do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo

A partir da análise da Figura 34 pode-se assumir que os resíduos do modelo são **heterocedásticos**, dado que **não se distribuem de forma aleatória pelo eixo  $Y = 0$** , começando por serem unicamente positivos, depois negativos e outra vez positivos, descrevendo assim uma **forma tipo fúnil** que índicia a existência de heterocedasticidade dos resíduos do modelo. O gráfico obtido é bastante similar ao gráfico que se obteve no modelo aditivo.

O valor da média dos resíduos é zero:

A soma dos erros do modelo não é zero, mas a 87.2.

Autocorrelação dos resíduos:

De modo a se proceder ao teste de independência dos resíduos do modelo foi avaliada a correlação da série de erros  $e(t)$  com a série de erros  $e(t+1)$ . A Figura 35 ilustra este procedimento.

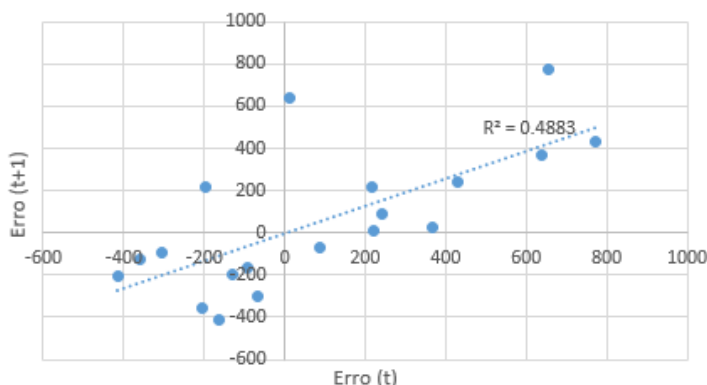


Figura 35 – Diagrama de dispersão da série de erros  $e(t)$  e  $e(t+1)$  do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo

A partir da análise da Figura 35 podemos inferir que existe uma correlação linear significativa entre as séries de erros  $e(t)$  e  $e(t+1)$ , sendo o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0.4883 e o coeficiente de Pearson igual a 0.7 (correlação linear forte de acordo com a Tabela 75). Deste modo podemos assumir que **existe uma presença significativa de autocorrelação entre os resíduos do modelo, pelo menos para  $t$  e  $t+1$ , violando assim a condição de independência dos mesmos.**

Distribuição normal dos resíduos:

Os resíduos do modelo serão agora testados quanto à condição de serem normalmente distribuídos. O procedimento a utilizar será o teste de Shapiro-Wilk devido ao facto de o número de observações ser apropriado para a sua utilização ( $20 < 30$ ). Este teste foi realizado no Software NCSS Statistics. Os resultados estão disponíveis na Tabela 22.

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Value	5% Critical Value	Decision (Alpha = 5%)
Shapiro-Wilk W	0,962	0,6419			Can't reject normality

Tabela 22 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk para o modelo de Decomposição Clássica multiplicativo

A partir da análise da Tabela 22, é possível observar que o valor de significância do teste é superior a 0.05 ( $p$  value para uma grau de confiança a 95%) pelo que se pode assumir que os **resíduos do modelo são normalmente distribuídos**. A Figura 36 permite corroborar essa conclusão.

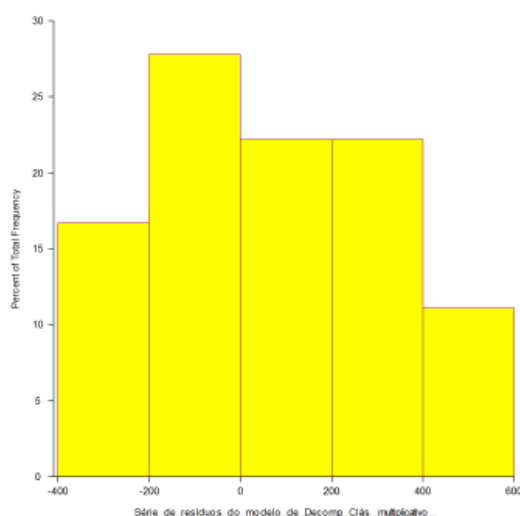


Figura 36 – Histograma da série de erros para o modelo de Decomposição Clássica multiplicativo

Foram ainda desenvolvidos intervalos de confiança (I.C) a 95% para o volume trimestral de saídas de viaturas da EL previsto para o ano de 2019. Os resultados podem ser observados na Tabela 23.

Período	Intervalo de Confiança a 95%	
2019.I	3967.665	5118.232
2019.II	4489.981	5640.548
2019.III	2860.944	4011.512
2019.IV	4080.224	5230.791

Tabela 23 - Intervalos de confiança a 95% para os 4 trimestres de 2019 através da aplicação do modelo de Decomposição Clássica multiplicativo

## 6.5 Resumo/Conclusão

Na Tabela 24 é possível comparar os diferentes modelos desenvolvidos relativamente ao valor do EQM obtido em cada um deles.

Modelo	EQM
Holt-Winters aditivo	81307.2
Holt-Winters multiplicativo	65830.99
Decomposição Clássica aditivo	120535.6
Decomposição Clássica multiplicativo	122323.4

Tabela 24 – Comparação dos modelos de previsão não causais desenvolvidos face ao EQM obtido

É também possível visualizar na Tabela 25 o desempenho dos diferentes modelos face aos testes de análise de resíduos desenvolvidos.

Modelo	Teste	Normalidade	Homocedasticidade	Média Nula	Independência
Holt-Winters aditivo		✓	✓	x	✓
Holt-Winters multiplicativo		✓	✓	x	✓
Decomposição Clássica aditivo		✓	x	x	x
Decomposição Clássica multiplicativo		✓	x	x	x

Tabela 25 – Resultado dos testes de análise de resíduos aplicados aos diferentes modelos desenvolvidos

Conforme se pode concluir a partir da análise da Tabela 24, **o modelo que melhor prevê a série original do volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepósito Logística consiste no modelo de Holt-Winters multiplicativo**, sendo este ainda, juntamente com o **modelo de Holt-Winters aditivo**, o modelo que apresentou o melhor desempenho no **procedimento de análise de resíduos**, satisfazendo 3 dos 4 pressupostos considerados, conforme se pode observar na Tabela 25.

Desta forma, **o modelo de Holt-Winters multiplicativo parece ser o modelo mais adequado e fidedigno para modelar a série cronológica em análise**, em comparação com os outros 3 modelos de previsão não causais desenvolvidos.

Conforme é possível visualizar na Figura 20, parecem existir 2 **outliers** na totalidade da amostra de observações (20), sendo estes relativos ao 3º trimestre de 2014 e ao 2º trimestre de 2017.

No 3º trimestre de 2014 existe um **decréscimo excessivo** do número de saídas de viaturas da EL face à amplitude da “queda” observada no 3º trimestre dos restantes anos. Por outro lado, no 2º trimestre de 2017 existe um **excesso de crescimento** da variável em estudo em comparação com o aumento registado no 2º trimestre dos restantes anos.

Assim, apesar dos resultados obtidos pelos 4 modelos terem sido satisfatórios, é importante referir o facto de estes 2 outliers contribuírem negativamente para o EQM dos mesmos.

## Capítulo 7 – Modelos de Previsão Causais

Neste capítulo serão desenvolvidos **modelos de regressão linear** (múltipla e simples) de âmbito **anual** e **trimestral**. Os primeiros tipos de modelos serão desenvolvidos a partir dos dados anuais referidos no Capítulo 5 – Recolha e Tratamento de Dados - e terão portanto um foco anual. Por sua vez, os segundos tipos de modelos serão elaborados a partir dos dados trimestrais apresentados no Capítulo 5 – Recolha e Tratamento de Dados - e terão um foco trimestral.

Ambos os tipos de modelos serão desenvolvidos na óptica dos **modelos econométricos dinâmicos**, referidos no Capítulo 4.2 – Selecção da Abordagem de Resolução a Aplicar – e exemplificados na equação 4, apresentado assim um desfasamento temporal entre o instante da observação da variável resposta e das variáveis explicativas em questão. A utilização deste tipo de modelos é justificada pelo facto de este tipo de modelos facilitar a actividade de previsão de uma empresa, neste caso da EL, já que para estimar a variável que se quer prever para um período  $t$  basta ter acesso aos valores das variáveis explicativas nos instantes  $t-i$ , podendo o parâmetro  $i$  apresentar diversos valores consoante os valores definidos para o modelo em questão.

Nos modelos de regressão linear anuais será utilizado um valor de  $i = 1$  para todas as variáveis independentes, uma vez que o número total de observações disponíveis da variável dependente e das variáveis independentes não é muito elevado (8 observações) e é importante ter uma amostra de observações de tamanho considerável, e os coeficientes de correlação de Pearson obtidos entre a primeira e as últimas para este grau de desfasamento temporal foram bastante elevados conforme se poderá observar na Tabela 39 - Matriz de correlações do modelo de regressão linear anual.

Por sua vez, nos modelos de regressão linear trimestrais será utilizado para cada variável explicativa o valor de  $i$  que maximize o coeficiente de correlação de Pearson entre esta e a variável dependente. Foram considerados os seguintes possíveis valores de  $i$ : 1, 2, 3 e 4.

Será utilizada a mesma abordagem de resolução em ambos os tipos de modelos.

Primeiramente, será analisado o **pressuposto de linearidade das variáveis/fenómeno em estudo** (no Excel). De seguida serão aplicados os **métodos de selecção das variáveis explicativas – Stepwise, Backward e Forward** - de modo a obter os melhores modelos possíveis.

Posteriormente, será efectuada a validação dos modelos de regressão linear obtidos através da análise dos seguintes pressupostos:

1. **Independência das variáveis explicativas** (inexistência de **multicolinearidade**) (a partir dos softwares SPSS e NCSS).
2. **Variáveis aleatórias residuais com valor esperado nulo** (a partir do software SPSS).
3. **Variância constante das variáveis aleatórias residuais** (existência de **homocedasticidade**) (a partir do software SPSS).
4. **Independência das variáveis aleatórias residuais** (a partir do software SPSS).
5. **Distribuição normal das variáveis aleatórias residuais** (a partir do software SPSS).

Por fim, serão efectuados os seguintes testes:

1. **Teste de significância global** (a partir do software SPSS).
2. **Teste de significância individual** (a partir do software SPSS).
3. **Qualidade do modelo** (a partir do software SPSS).
4. **Interpretação dos parâmetros** (a partir do software SPSS).
5. **Valores previstos pelos modelos vs valores observados** (Excel).

A elaboração dos modelos de regressão linear trimestral e anual pode ser observada de seguida, respectivamente.

## 7.1 Modelo Trimestral

Os modelos serão baseados no método de regressão linear múltipla, sendo que as variáveis a utilizar serão as seguintes:

### Variável dependente:

- Volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepósito Logística.

### Variáveis explicativas:

- Número total de viagens realizadas por turistas através da utilização de um meio de transporte terrestre;
- Número total de viagens;
- Número total de viagens de lazer, recreio e férias;
- Número total de viagens com uma duração de 1 a 3 noites;
- Número de total de viagens com uma duração de 4 ou mais noites;
- Número total de hóspedes em estabelecimentos hoteleiros;
- Número total de dormidas em estabelecimentos hoteleiros;
- Proveitos totais dos estabelecimentos hoteleiros;
- Proveitos de aposento dos estabelecimentos hoteleiros;
- PIB nacional trimestral;
- Índice de produção industrial trimestral.

O modelo será representado da seguinte forma:

$$\hat{Y}_t = \alpha + \beta_1 X_{1,t-i} + \beta_2 X_{2,t-i} + \dots + \beta_p X_{p,t-i}, \text{ com } i = 1, 2, 3 \text{ ou } 4$$

## Pressupostos dos Modelos de Regressão Linear Simples e Múltipla

### I – Linearidade do Fenómeno em Estudo

Podemos verificar no Anexo 3 os **diagramas de dispersão** das variáveis explicativas com a variável dependente.

Na Tabela 26 é possível observar a matriz de correlações das variáveis presentes neste modelo.

	<i>Nº de Viaturas EL (Saída)</i>
Nº de Viaturas EL (Saída)	1
Nº Total Viagens	0.422153887
Total Viagens Lazer, Recreio e Férias	0.29018585
Nº Viagens 1 a 3 Noites	0.662474574
Nº Viagens 4 ou mais Noites	0.240469637
Nº Hospédes Estabel. Hoteleiros	0.487557429
Nº Dormidas Estabel. Hoteleiros	0.41188783
Proveitos Totais Estabel. Hospitaleiros (em Milhares €)	0.508016153
Proveitos de Aposento dos Estabel. Hoteleiros (em Milhares €)	0.509798823
Turismo Meio de Transp. Terrestre	0.390997016
PIB (em milhões de €)	0.89747285
Índice de Produção Industrial	0.502412371

*Tabela 26 - Matriz de correlações do modelo de regressão linear trimestral*

Admitiu-se que de modo a cumprir o **pressuposto de linearidade** do fenómeno em estudo só deveriam ser seleccionadas as variáveis independentes que apresentassem uma **coeficiente de Pearson** absoluto com a variável dependente igual ou superior a 0.2 (20%), revelando portanto a existência de correlação linear de acordo com a Tabela 75 (Anexo 14).

Deste modo, **todas as variáveis iniciais foram seleccionadas**.



Os métodos de selecção de variáveis independentes a utilizar foram os seguintes: **Método Forward, Backward e Stepwise.**

Os resultados obtidos, no software SPSS, foram os seguintes:

**Stepwise** – PIB trimestral, número total de viagens de 1 a 3 noites e proveitos de aposento dos estabelecimentos hoteleiros.

**Forward** – PIB trimestral, número total de viagens de 1 a 3 noites e proveitos de aposento dos estabelecimentos hoteleiros.

**Backward** – PIB trimestral, número total de viagens de 1 a 3 noites, número total de hóspedes em estabelecimentos hoteleiros, turismo meio de transporte terrestre e proveitos totais dos estabelecimentos hoteleiros.

Obtiveram-se assim 2 modelos de regressão linear múltipla.

Na Tabela 27 é possível comparar estes modelos relativamente a diferentes parâmetros.

Variável(eis) Explicativa(s)	Coefficiente de Regressão	Coef. de Regressão Padronizado	P – Value	$R^2$	$R^2$ Ajustado	EQM	VIF	Designação
Intercepção	-14723.02	-	0	0.908	0.898	81543.25	-	Modelo 1
Nº Viagens 1-3 Noites	0.0005214	0.2314	0.005				1.562	
Prov. Aposento Estab. Hotel.	0.000827	0.1742	0.02				1.343	
PIB	0.3258	0.7406	0				1.284	
Intercepção	-12001.61	-	0	0.928	0.913	69606.23	-	Modelo 2
PIB	0.2859	0.65	0				1.795	
Nº Viagens 1-3 Noites	0.000742	0.3292	0.001				2.138	
Nº Hóspedes Estab. Hotel.	-0.0008375	-1.1323	0.024				69.82	
Turismo Transp. Terr.	0.000367	-0.4677	0.035				14	
Prov. Total Estab. Hotel.	0.006288	1.6931	0.01				116.2	

Tabela 27 – Resumo e apresentação dos modelos trimestrais obtidos

## II – Independência das Variáveis Explicativas

Iremos agora verificar a existência ou não de multicolineariedade nos modelos em questão. Esta análise será efectuada através do indicador VIF.

Através da análise da Tabela 27 podemos verificar que apenas no Modelo 2 existem variáveis explicativas cujo valor do VIF é superior a 10, indicando assim a existência de multicolinearidade no modelo em estudo.

De forma a contornar este problema aplicou-se uma **regressão de cumeeira (ridge regression)** ao Modelo 2, a partir do software NCSS, obtendo-se um modelo distinto que faz uso das mesmas variáveis explicativas, mas que apresenta diferentes coeficientes de regressão, valores de VIF, etc...

Este modelo foi designado de Modelo 3.

O valor do parâmetro viesado  $K$  utilizado neste procedimento foi calculado pelo NCSS, obtendo-se o valor  $k = 0,493839$ .

Os parâmetros do Modelo 3 podem ser observados na Tabela 28 (o output do NCSS não referia os  $p$ -values deste novo modelo).

Variáveis Explicativas	Coefficiente de Regressão	Coef.de Regressão Padronizado	P - Value	$R^2$	$R^2$ Ajustado	EQM	VIF	Designação
Intercepção	-10023.88	-					-	<b>Modelo 3</b>
PIB	0.2175	0.4944					0.441	
Nº Viagens 1-3 Noites	0.0005	0.2239					0.445	
Nº Hóspedes Estab.Hotel.	0.000058	0.0781		0.6911	0.679	299149.49	0.2092	
Turismo Transp.Terr.	0.000164	0.0148					0.2989	
Prov. Total Estab. Hotel.	0.000395	0.1064					0.1299	

Tabela 28 – Características e parâmetros do Modelo 3

Uma vez que o Modelo 3 apresenta um valor de EQM e de  $R^2$  bastante superior e inferior, respectivamente, aos Modelos 1 e 2, este não será considerado posteriormente.

## III – Variáveis Residuais com Valor Esperado Nulo

Iremos verificar se os 2 modelos em análise apresentam um valor esperado médio dos resíduos igual a “0”.

Conforme é possível observar nas Tabelas 29 e 30, obteve-se uma média de resíduos igual a “0” nos modelos em análise indicando assim que estes cumprem o pressuposto em questão.

**Estadísticas de resíduos<sup>a</sup>**

	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio	N
Valor previsto	549,7879	3726,2859	1672,6552	850,14291	29
Resíduo	-494,78006	498,13376	,00000	269,82675	29
Erro Valor previsto	-1,321	2,416	,000	1,000	29
Erro Resíduo	-1,733	1,744	,000	,945	29

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

*Tabela 29 – Média dos resíduos do Modelo 1*

**Estadísticas de resíduos<sup>a</sup>**

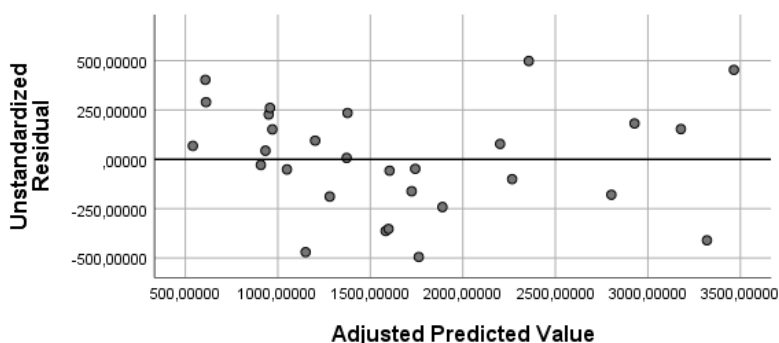
	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio	N
Valor previsto	689,9033	4079,6841	1672,6552	859,28628	29
Resíduo	-441,63171	621,08746	,00000	239,11617	29
Erro Valor previsto	-1,144	2,801	,000	1,000	29
Erro Resíduo	-1,674	2,354	,000	,906	29

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

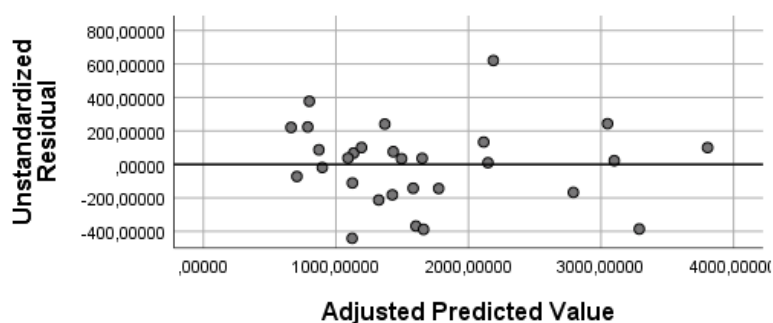
*Tabela 30 – Média dos resíduos do Modelo 2*

**IV – Variância Constante dos Resíduos**

A análise gráfica das Figuras 37 e 38 permite identificar se os resíduos dos modelos em estudo mantêm uma amplitude aproximadamente constante em relação ao eixo horizontal.



*Figura 37 – Dispersão dos resíduos do modelo 1*



*Figura 38 – Dispersão dos resíduos do modelo 2*

A análise visual das Figuras 37 e 38 não permite esclarecer com rigor se os resíduos dos modelos são de facto homocedásticos, contudo, ambos aparentam ser homocedástico, uma vez que os resíduos dos mesmos não apresentam uma tendência crescente ou decrescente em termos de amplitude e oscilam sem qualquer padrão entre o 1º e o 4º quadrante do referencial (i.e. apresentam quer um valor positivo quer negativo).

Irá-se recorrer aos testes de Breusch - Pagan e de Koenker - Bassett de modo a chegar a uma conclusão estatisticamente sustentada. Os resultados dos referidos testes podem ser observados nas Tabelas 31 e 32.

```

----- Breusch-Pagan and Koenker test statistics and sig-values -----
              LM          Sig
BP             ,987      ,611
Koenker        1,710      ,425
    
```

Tabela 31 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 1

```

----- Breusch-Pagan and Koenker test statistics and sig-values -----
              LM          Sig
BP             ,526      ,769
Koenker        1,010      ,603
    
```

Tabela 32 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 2

Conforme se pode observar pela análise das Tabelas 31 e 32, o valor de significância dos testes de Breusch - Pagan e de Koenker - Bassett é superior a  $\alpha = 0,05$  ( $p$ - value para um intervalo de confiança a 95%), o que indica que não se deve rejeitar a hipótese  $H_0$  de que os resíduos dos Modelos 1 e 2 são homocedásticos, assim podemos assumir que este pressuposto é satisfeito.

**V – Independência das Variáveis Aleatórias Residuais**

Iremos de seguida analisar a inexistência de autocorrelação nos 2 modelos através do valor estimado do teste Durbin-Watson. O resultado do referido teste para os diferentes modelos pode ser observado nas Tabelas 33 e 34.

**Resumo do modelo<sup>b</sup>**

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,953 <sup>a</sup>	,908	,898	285,55779	1,527

a. Preditores: (Constante), Proveitos de Aposento dos Estabelecimentos Hoteleiros, PIB Trimestral, N° Total de Viagens de 1 a 3 Noites  
 b. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

Tabela 33 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 1

**Resumo do modelo<sup>b</sup>**

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,963 <sup>a</sup>	,928	,913	263,82992	1,776

a. Preditores: (Constante), Proveitos Totais dos Estabelecimentos Hoteleiros, PIB Trimestral, N° Total de Viagens de 1 a 3 Noites, Turismo Meio de Transporte Terrestre, N° Total de Hóspedes em Estabelecimentos Hoteleiros  
 b. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

Tabela 34 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 2

Dado que a Tabela 77 do Anexo 14 não apresenta expressamente valores de  $d_L$  e  $d_U$  para  $n$  (observações) = 29 e  $p$  (número de variáveis independentes) = 3, foi necessário determinar os valores de  $d_L$  e  $d_U$  para o valor de  $n$  pretendido através de uma interpolação. Os valores obtidos para um modelo com  $n = 29$  e  $p = 3$  foram:  $d_L = 1.189$  e  $d_U = 1.653$ .

Conforme se pode observar na Tabela 76 do Anexo 14 o intervalo de não rejeição da hipótese nula de independência é [1.653; 2.347] e os intervalos a partir dos quais não se pode tirar nenhuma conclusão são: [1.189; 1.653]  $\cup$  [2.347; 2.811].

Os intervalos acima referidos serão utilizados na análise do pressuposto de independência dos resíduos dos Modelo 1.

O Modelo 1 apresenta um valor estimado do teste de Durbin-Watson igual a 1.527 pelo que não podemos concluir se existe de facto autocorrelação no mesmo.

Dado que a Tabela 77 não apresenta expressamente valores de  $d_L$  e  $d_U$  para  $n$  (observações) = 29 e  $p$  (número de variáveis independentes) = 5, foi necessário determinar novamente os valores de  $d_L$  e  $d_U$  para o valor de  $n$  pretendido através de uma interpolação. Os valores obtidos para um modelo com  $n = 29$  e  $p = 5$  foram:  $d_L = 1.042$  e  $d_U = 1.846$ .

Conforme se pode observar na Tabela 76 o intervalo de não rejeição da hipótese nula de independência é [1.846; 2.154] e os intervalos a partir dos quais não se pode tirar nenhuma conclusão são: [1.042; 1.846]  $\cup$  [2.154; 2.958].

Os intervalos acima referidos serão utilizados na análise do pressuposto de independência dos resíduos dos Modelo 2.

O Modelo 2 apresenta um valor estimado do teste de Durbin-Watson igual a 1.776 pelo que também não podemos concluir se existe de facto autocorrelação no mesmo.

### **VI – Distribuição Normal das Variáveis Residuais**

Iremos verificar se a distribuição dos resíduos dos 2 modelos em torno do gráfico Q - Q plot segue uma distribuição normal. As Figuras 53 e 54 do Anexo 4 mostram os gráficos Q - Q plot dos resíduos (padronizados) dos modelos em estudo.

É também possível visualizar os histogramas dos resíduos (padronizados) de ambos os modelos nas Figuras 55 e 56 do Anexo 4.

A partir da análise gráfica das Figuras do Anexo 4 parece que os resíduos dos modelos seguem de facto uma distribuição normal.

Ir-se-á também proceder à elaboração dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk de forma a concluir se realmente os resíduos dos modelos apresentam uma distribuição normal.

As hipóteses a testar serão as seguintes:

$H_0$ : A distribuição dos resíduos segue uma distribuição normal

$H_1$ : A distribuição dos resíduos não segue uma distribuição normal

Os resultados dos testes são apresentados nas Tabelas 35 e 36.

Standardized Residual	Testes de Normalidade					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
	,077	29	,200 <sup>*</sup>	,978	29	,789

\*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

*Tabela 35 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 1*

Standardized Residual	Testes de Normalidade					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
	,103	29	,200 <sup>*</sup>	,968	29	,503

\*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

*Tabela 36 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 2*

De acordo com os resultados obtidos, o valor de significância de ambos os testes é superior a  $\alpha = 0,05$  ( $p$  - value para um intervalo de confiança a 95%) para todos os modelos logo iremos aceitar a  $H_0$  e pode-se assumir que os resíduos dos modelos seguem uma distribuição normal.

## Análise dos Modelos de Regressão Linear Obtidos

### Teste de significância global

Através deste teste pretende-se verificar se os modelos obtidos são globalmente significativos, ou seja, se estes têm capacidade explicativa quando analisados na sua globalidade. As Tabelas 37 e 38 permitem verificar se este pressuposto é ou não satisfeito.

**ANOVA<sup>a</sup>**

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	20674441,33	5	4134888,266	59,404	,000 <sup>b</sup>
	Resíduo	1600943,222	23	69606,227		
	Total	22275384,55	28			

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

b. Preditores: (Constante), Proveitos Totais dos Estabelecimentos Hoteleiros, PIB Trimestral, Nº Total de Viagens de 1 a 3 Noites, Turismo Meio de Transporte Terrestre, Nº Total de Hóspedes em Estabelecimentos Hoteleiros

Tabela 37 – Tabela da ANOVA do modelo 1

**ANOVA<sup>a</sup>**

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	20236803,23	3	6745601,077	82,724	,000 <sup>b</sup>
	Resíduo	2038581,319	25	81543,253		
	Total	22275384,55	28			

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

b. Preditores: (Constante), Proveitos de Aposento dos Estabelecimentos Hoteleiros, PIB Trimestral, Nº Total de Viagens de 1 a 3 Noites

Tabela 38 – Tabela da ANOVA do modelo 2

Para efectuar a análise de variância dos modelos recorreu-se ao teste de  $F$  que tem associado o  $p$ -value ( $sig$ ) de 0.000 para os Modelos 1 e 2. De acordo com este valor, podemos assumir que ambos os modelos são significativos.

### Teste de significância individual

Através deste teste pretendemos verificar se as variáveis dos 2 modelos obtidos têm capacidade explicativa quando analisadas individualmente.

Os  $p$ -values das diferentes variáveis (e intercepção) dos diferentes modelos podem ser observados na Tabela 27.

De seguida, irá-se analisar cada modelo individualmente:

#### Modelo 1

O teste ao coeficiente de regressão  $\alpha$  é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0 (<0.05). Concluimos, portanto, que se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$ , o que significa que o hiperplano ajustado não passa pela origem.

Quanto ao teste para  $\beta_1$  este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.005 ( $<0.05$ ). Logo, deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_1 = 0$ , o que significa que a variável nº total de Viagens com uma duração de 1 a 3 noites influencia significativamente o volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_2$  este é dado pelo teste  $t$ -student ao qual está associado um valor de significância de 0.02 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_2 = 0$ , o que significa que a variável proveitos de aposento dos estabelecimentos hoteleiros influencia significativamente o volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_3$  este é dado pelo teste  $t$ -student ao qual está associado um valor de significância de 0 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_3 = 0$ , o que significa que a variável PIB nacional trimestral influencia significativamente o volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

## Modelo 2

O teste ao coeficiente de regressão  $\alpha$  é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0 ( $<0.05$ ). Concluimos, portanto, que se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$ , o que significa que o hiperplano ajustado não passa pela origem.

Quanto ao teste para  $\beta_1$  este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_1 = 0$ , o que significa que a variável PIB nacional trimestral influencia significativamente o volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_2$  este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.001 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_2 = 0$ , o que significa que a variável nº total de viagens com uma duração de 1 a 3 noites influencia significativamente o volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_3$  este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.024 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_3 = 0$ , o que significa que a variável número total de hóspedes em estabelecimentos hoteleiros influencia significativamente o volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_4$  este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.035 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_4 = 0$ , o que significa que a variável número total de viagens realizadas por turistas através da utilização de um meio de transporte terrestre influencia significativamente o volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_5$  este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.01 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_5 = 0$ , o que significa que a variável proveitos totais dos estabelecimentos hoteleiros influencia significativamente o volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

### **Qualidade dos Modelos Obtidos**

Iremos agora verificar qual a percentagem da variância do volume trimestral de saídas de viaturas da EL que é explicada pelos modelos obtidos.

Conforme podemos verificar a partir da análise da Tabela 27, o Modelo 1 explica 89.8% da variação do volume trimestral de saídas de viaturas da Entrepasto Logística e o Modelo 2 - 91.3%, que são valores elevados (do coeficiente de determinação ajustado). A restante variabilidade da variável dependente é explicada por factores não incluídos nos mesmos.

De notar ainda que o valor de  $R^2$  e de  $R_a^2$  são bastante semelhantes para ambos os modelos.

## Interpretação dos parâmetros dos modelos obtidos

### Modelo 1

A equação do Modelo (ajustado de regressão) 1 será, segundo a Tabela 27:

$$N^{\circ} \text{ Trim. Saí. Viat. } EL_t = -14723.02 + 0.0005214 \text{ Viag.}_{t-3} + 0.000827 \text{ Prov. Apos.}_{t-3} + 0.3258 \text{ PIB}_{t-1}$$

- Termo independente – O número de viaturas que saem da EL num determinado trimestre será igual a -14723.02 unidades no cenário irreal do valor da variável explicativa PIB ser igual a 0 no trimestre anterior e das restantes variáveis independentes terem apresentado um valor igual a 0 três trimestres antes.
- Nº Total de Viagens com uma Duração de 1 a 3 Noites – Por cada milhão de viagens realizadas com uma duração de 1 a 3 noites num determinado trimestre, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 521.4 unidades três trimestres depois.
- Proveitos de Aposento dos Estabelecimentos Hoteleiros – Por cada 10<sup>9</sup> € em proveitos de aposento gerados pelos estabelecimentos hoteleiros num certo trimestre, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 827 unidades três trimestres depois.
- PIB Nacional Trimestral – Por cada incremento na ordem dos milhares de milhões do PIB nacional num determinado trimestre, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 325.8 unidades no trimestre seguinte.

### Modelo 2

A equação do modelo 2 será, segundo a Tabela 27:

$$N^{\circ} \text{ Trim. Saí. Viat. } EL_t = -12001.61 + 0.2859 \text{ PIB}_{t-1} + 0.000742 \text{ Viag.}_{t-3} - 0.0008375 \text{ Hósp.}_{t-3} + 0.000367 \text{ Tur. Trans. Terr.}_{t-3} + 0.006288 \text{ Prov. Tot.}_{t-3}$$

- Termo independente – O número de viaturas que saem da EL num determinado trimestre será igual a -12001.61 unidades no cenário irreal do valor da variável explicativa PIB ser igual a 0 no trimestre anterior e das restantes variáveis independentes terem apresentado um valor igual a 0 três trimestres antes.
- PIB Nacional Trimestral – Por cada incremento na ordem dos milhares de milhões do PIB nacional num determinado trimestre, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 285.9 unidades no trimestre seguinte.
- Nº Total de Viagens com uma Duração de 1 a 3 Noites – Por cada milhão de viagens realizadas com uma duração de 1 a 3 noites num determinado trimestre, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 742 unidades três trimestres depois.
- Número total de hóspedes em estabelecimentos hoteleiros – Por cada acréscimo na ordem do milhões do número de hóspedes em estabelecimentos hoteleiros num determinado trimestre, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 837.5 unidades três trimestres depois.
- Número total de viagens realizadas por turistas através da utilização de um meio de transporte terrestre – Por cada milhão de viagens realizadas por turistas através da utilização de um meio de transporte terrestre num determinado trimestre, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 367 unidades três trimestres depois.
- Proveitos totais dos estabelecimentos hoteleiros – Por cada 10<sup>8</sup> € em proveitos gerados pelos estabelecimentos hoteleiros num certo trimestre, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 628.8 unidades três trimestres depois.



## Valores Previstos pelos Modelos vs Valores Observados

Nas Figuras 39 e 40 é possível observar graficamente o desempenho dos dois modelos face à sua capacidade preditiva.

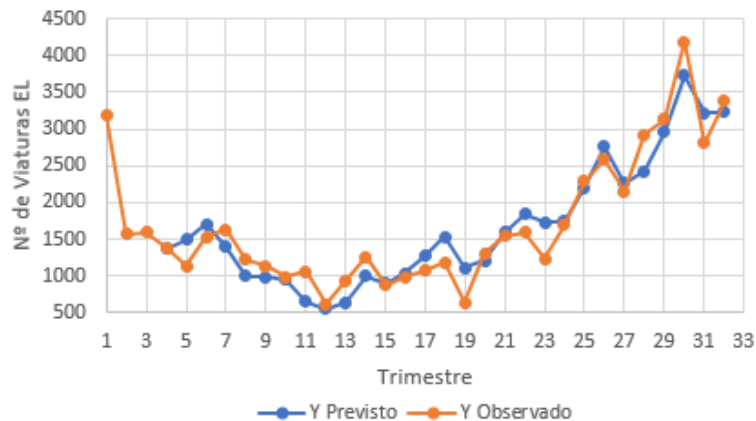


Figura 39 – Y previsto vs Y observado para o modelo 1

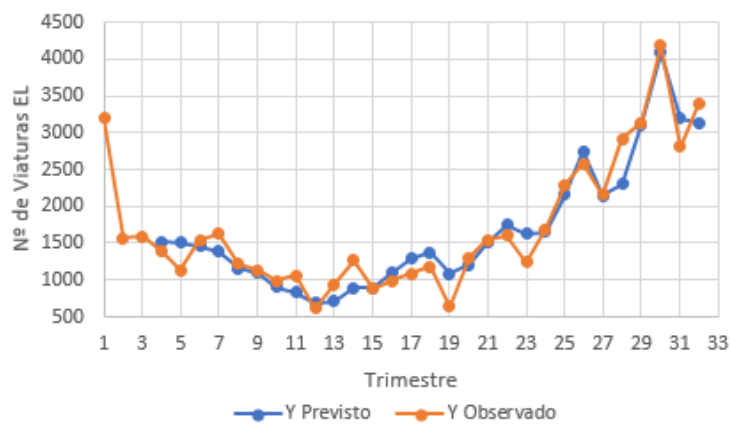


Figura 40 – Y previsto vs Y observado para o modelo 2

## Conclusão

O Modelo 1 parece satisfazer todos os pressupostos analisados para os modelos de regressão linear. Por sua vez, o Modelo 2 aparenta não satisfazer somente o pressuposto de independência das variáveis explicativas.

Quanto ao desempenho nos testes de significância a que foram sujeitos, ambos os modelos se traduziram como sendo globalmente significativos. No que diz respeito ao teste de significância individual, todos os coeficientes se revelaram significativos.

Tendo ainda em conta o facto de **ambos os modelos** possuírem uma **boa capacidade explicativa** do volume trimestral de saídas de viaturas da EL (elevado  $R^2_\alpha$  e reduzido EQM), ambos se encontram **estatisticamente sustentados, especialmente o Modelo 1**, para serem utilizados para fins de previsão.

## 7.2 Modelo Anual

Os modelos serão baseados no procedimento de regressão linear múltipla, sendo que as variáveis a utilizar serão as seguintes:

### Variável dependente:

- Volume anual de saídas de viaturas da Entrepósito Logística.

## Variáveis explicativas:

### ARAC

- Investimento do mercado de aluguer automóvel nacional em VLP (Milhões de €);
- Facturação total da indústria rent-a-car nacional (milhões de €);
- Frota média de VLP do mercado rent-a-car nacional (em milhares);
- Número de contratos de aluguer de VPM realizados pelas rent-a-car nacionais (em Milhares);
- Número total de dias de aluguer de VLP pela indústria rent-a-car nacional (em milhões);
- Período médio de aluguer de VLP pelas rent-a-car (em dias);
- Taxa de utilização de VPM pelas rent-a-car nacionais (em percentagem);
- Facturação total média por dia pelas rent-a-car nacionais (em €);
- Facturação média por VPM alugado (em €).

### INE

- PIB nacional anual;
- Receitas turísticas geradas por turistas estrangeiros (em milhões);
- Número total de dormidas (em milhões);
- Número total de hóspedes nacionais e estrangeiros em Portugal (em milhões);
- Impostos indirectos em percentagem do PIB nacional (em %);
- Impostos directos em percentagem do PIB nacional (em %);
- Índice de produção industrial anual.

Os modelos serão representados da seguinte forma:

$$\hat{Y}_t = \alpha + \beta_1 X_{1,t-1} + \beta_2 X_{2,t-1} + \dots + \beta_p X_{p,t-1}$$

## Pressupostos dos Modelos de Regressão Linear Simples e Múltipla

### I – Linearidade do Fenómeno em Estudo

Podemos verificar no Anexo 5 os diagramas de dispersão das variáveis explicativas com a variável dependente.

Na Tabela 39 é possível observar a matriz de correlações das variáveis presentes neste modelo.

	Nº de Viaturas
Nº de Viaturas	1
Investimento (milhões de euros)(VLP)	0.88592902
Facturação (milhões de euros)(TOTAL)	0.955156206
Frota Média (Milhares)(VLP)	0.865139407
Contratos Efectuados (Milhares)(VPM)	-0.715370031
Dias Alugados (Milhões)(VLP)	0.919406984
Período Médio de Aluguer (Dias)(VLP)	0.785351278
Taxa de Utilização (Percentagem)(VPM)	0.923485594
Faturação Média/Dia (€)(Total)	0.961525769
Faturação Média/Viatura (€)(VPM)	0.891210533
PIB (Em Milhões de €) (Portugal)	0.814635624
Receitas Turísticas (Estrangeiro) (Em Milhões de €)	0.896860566
Dormidas (Total) (Em Milhões)	0.917908105
Hóspedes (Total) (Em Milhões)	0.933293769
Impostos Indirectos em % do PIB (percentual)	0.817869404
Impostos Directos em % do PIB (percentual)	0.262181606
Índice de Produção Industrial (%10 <sup>1</sup> )	0.597218525

Tabela 39 – Matriz de correlações do modelo de regressão linear anual

Admitiu-se que de modo a cumprir o pressuposto de linearidade do fenómeno em estudo só deveriam ser seleccionadas as variáveis independentes que apresentassem uma coeficiente de Pearson absoluto com a variável dependente igual ou superior a 0.2 (20%), revelando portanto a existência de correlação linear de acordo com a Tabela 75.

Deste modo, **todas as variáveis iniciais foram seleccionadas.**

Os métodos de selecção de variáveis independentes utilizados foram os seguintes: **Método Forward, Backward e Stepwise.**

Optou-se por aplicar os referidos procedimentos a 3 conjuntos distintos de variáveis explicativas: ao conjunto das **variáveis da indústria rent-a-car (ARAC)**, das **variáveis do contexto económico nacional (INE)** e ao **conjunto total de variáveis recolhidas** (INE + ARAC = Total).

Os resultados obtidos, no software SPSS, foram os seguintes:

#### **INE**

**Stepwise** - Hóspedes e Impostos Directos

**Forward** - Hóspedes e Impostos Directos

**Backward** - Dormidas, PIB e Receitas Turísticas

#### **ARAC**

**Stepwise** - Facturação Média Dia

**Forward** - Facturação Média Dia

**Backward** - Investimento

#### **Total**

**Stepwise** - Facturação Média Dia

**Forward** - Facturação Média Dia

**Backward** - Facturação Média Dia e Frota Média

Obtiveram-se assim 5 modelos de regressão linear, dos quais 3 são de regressão linear múltipla e 2 de regressão linear simples.

Além destes modelos, **também se decidiu considerar um outro modelo de regressão linear** que foi obtido através de um processo prático de tentativa e erro e de experimentação (**Modelo 6**).

Na Tabela 40 é possível comparar todos estes modelos relativamente a diferentes parâmetros.

Variável(eis) Explicativa(s)	Coeficiente de Regressão	Coef. de Regressão Padronizado	P – Value	$R^2$	$R^2$ Ajustado	EQM	VIF	Designação
Intercepção	- 21839.55	-	0.0019	0.9245	0.9094	863612.6	-	Modelo 1
Facturação Média Dia	193.8613	0.9615	0.0005				1	
Intercepção	-2664.363	-	0.3802	0.9754	0.9630	281964.7	-	Modelo 2
Nº Total de Hóspedes	1396.876	1.1551	0.0003				0.4718	
Impostos Directos	-1330.872	-0.3918	0.0147				0.4718	
Intercepção	-84103.63	-	0.0054	0.9913	0.9826	100528.3	-	Modelo 3
Dormidas	-1720.755	-3.8580	0.0668				646.4640	
PIB	0.4917175	0.8132	0.0093				6.3383	
Receitas Turismo	8.561768	4.3152	0.0453				585.4966	
Intercepção	-4839.324	-	0.1443	0.7849	0.7419	2461736	-	Modelo 4
Investimento	19.56094	0.8859	0.0079				1	
Intercepção	-27945.43	-	0.0017	0.9684	0.9526	361556.9	-	Modelo 5
Facturação Média Dia	144.8949	0.7187	0.0062				2.3452	
Frota Média	244.1714	0.3207	0.0781				2.3452	
Intercepção	-56387.720	-	0.005	0.968	0.952	366689.2	-	Modelo 6
PIB	0.287	0.475	0.01				1.378	
Receitas Turismo	1.286	0.648	0.003				1.378	

Tabela 40 - Resumo e apresentação dos modelos anuais obtidos

## **II – Independência das Variáveis Explicativas**

Iremos agora verificar a existência ou não de multicolineariedade nos modelos em questão. Esta análise será efectuada através do indicador VIF.

Através da análise da Tabela 40 podemos verificar que apenas no Modelo 3 existem variáveis explicativas cujo valor do VIF é superior a 10, indicando assim a existência de multicolinearidade no modelo em estudo.

De forma a contornar este problema aplicou-se uma regressão de cumeeira (ridge regression) ao Modelo 3, a partir do software NCSS, obtendo-se um modelo distinto que faz uso das mesmas variáveis explicativas, mas que apresenta diferentes coeficientes de regressão, valores de VIF, etc...

Este modelo foi designado de Modelo 7.

O valor do parâmetro viesado  $K$  utilizado neste procedimento foi calculado pelo NCSS, obtendo-se o valor  $k = 0,141848$ .

Os parâmetros do Modelo 7 podem ser observados na Tabela 41 (o output do NCSS não referia os  $p$ -values deste novo modelo).

Variáveis Explicativas	Coefficiente de Regressão	Coef.de Regressão Padronizado	P – Value	$R^2$	$R^2$ Ajustado	EQM	VIF	Designação
Intercepção	- 48955.43	0		0.9086	0.8936	985213.4	-	<b>Modelo 7</b>
Dormidas	136.666	0.3064					0.26	
PIB	0.244	0.4036					0.94	
Receitas Turismo	0.66	0.3329					0.33	

Tabela 41 – Características do Modelo 7

Uma vez que o Modelo 7 apresenta valores de EQM e  $R^2$  bastante inferiores aos Modelos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, este não será considerado posteriormente.

### **III – Variáveis Residuais com Valor Esperado Nulo**

Iremos verificar se os 6 modelos em análise apresentam um valor esperado médio dos resíduos igual a “0”.

Conforme é possível observar nas Tabelas 45, 46, 47, 48, 49 e 50 do Anexo 6, obteve-se uma média de resíduos aproximadamente igual a “0” nos 6 modelos em análise indicando assim que estes cumprem o pressuposto em questão.

### **IV – Variância Constante dos Resíduos**

A análise gráfica das Figuras 73, 74, 75, 76, 77 e 78 do Anexo 7 permite concluir se os resíduos dos modelos em estudo mantêm uma amplitude aproximadamente constante em relação ao eixo horizontal.

A análise visual das Figuras do Anexo 7 não permite esclarecer com rigor se os resíduos dos modelos são de facto homocedásticos, contudo podem ser retiradas algumas conclusões:

- O Modelo 1 aparenta ser heterocedástico, uma vez que a amplitude dos resíduos do mesmo tende a aumentar à medida que se “avança” no eixo X, apresentado uma forma tipo “fúnil”.
- Apesar da amplitude dos erros do Modelo 2 diminuir nas 2 observações com maior valor previsto ajustado, nas restantes observações não é possível visualizar nenhum padrão ou tendência. Deste modo o Modelo 2 parece ser homocedástico.
- No Modelo 3, nas 3 observações com maior valor previsto ajustado a amplitude dos resíduos parece ser idêntica e os erros são quer negativos ou positivos e, por sua vez, a análise das restantes observações também não permite concluir que existe qualquer tipo de tendência. Desta forma o Modelo 3 apresenta sinais de homocedasticidade.

- O Modelo 4 aparenta ser homocedástico, uma vez que os erros do mesmo não apresentam uma tendência crescente ou decrescente em termos de amplitude e oscilam continuamente entre o 1º e o 4º quadrante do referencial (i.e. apresentam quer valores positivos quer negativos).
- Nas 5 observações do Modelo 5 com menor valor previsto ajustado existe uma tendência decrescente dos resíduos das mesmas, contudo, em termos gerais, isto é, tendo em consideração todo o espectro apresentado, não se pode assumir que os erros do modelo apresentem uma tendência decrescente e portanto que o modelo é heterocedástico, mesmo ainda que os erros sejam maioritariamente negativos.
- O Modelo 6 parece ser homocedástico, uma vez que os erros do mesmo não apresentam nenhuma tendência crescente ou decrescente em termos de amplitude e oscilam sem qualquer padrão entre o 1º e o 4º quadrante do referencial.

Irá-se recorrer novamente aos testes de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett de modo a chegar a uma conclusão estatisticamente sustentada. Os resultados dos referidos testes podem ser observados nas Tabelas 51, 52, 53, 54, 55 e 56 do Anexo 8.

Conforme se pode observar pela análise das Tabelas do Anexo 8, o valor de significância dos testes de Breusch - Pagan e de Koenker - Bassett é superior a  $\alpha = 0,05$  ( $p$ -value para um intervalo de confiança a 95%), o que indica que não se deve rejeitar a hipótese  $H_0$  de que os resíduos dos Modelos 2,3,4, 5 e 6 são homocedásticos, assim podemos assumir que este pressuposto é satisfeito.

No entanto o mesmo não se pode assumir para o Modelo 1 conforme se pode visualizar na Tabela 51 do mesmo anexo.

### **V – Independência das Variáveis Aleatórias Residuais**

Iremos de seguida analisar a inexistência de autocorrelação nos 6 modelos através do valor estimado do teste Durbin-Watson. O resultado do referido teste para os diferentes modelos pode ser observado nas Tabelas 57, 58, 59, 60, 61 e 62 do Anexo 9

Dado que a Tabela 77 não apresenta expressamente valores de  $d_L$  e  $d_U$  para  $n$  (observações) = 7 e  $p$  (número de variáveis independentes) = 1, foi necessário determinar os valores de  $d_L$  e  $d_U$  para o valor de  $n$  pretendido através de uma interpolação. Os valores obtidos para um modelo com  $n = 7$  e  $p = 1$  foram:  $d_L = 0.6775$  e  $d_U = 1.38$ .

Conforme se pode observar na Tabela 76, o intervalo de não rejeição da hipótese nula de independência é [1.38; 2.62] e os intervalos a partir dos quais não se pode tirar nenhuma conclusão são: [0.6775; 1.38]  $\cup$  [2.62; 3.3225].

Quer o Modelo 1 quer o Modelo 4 têm apenas uma variável independente (regressão linear simples), pelo que os intervalos acima referidos serão utilizados na análise do pressuposto de independência dos resíduos dos mesmos.

O Modelo 1 apresenta um valor estimado do teste de Durbin-Watson igual a 2.02 pelo que se pode assumir que este atende o pressuposto em análise.

Por sua vez, o Modelo 4 apresenta um valor estimado do mesmo teste igual a 1.953 pelo que também se pode considerar que não existe autocorrelação neste modelo.

Uma vez que a Tabela 77 não apresenta expressamente os valores de  $d_L$  e  $d_U$  para  $n$  (observações) = 7 e  $p$  (número de variáveis independentes) = 3, nem sendo sequer possível fazer uma interpolação uma vez que os valores de  $d_L$  e  $d_U$  não estão disponíveis para  $n=6$  e  $p=3$ , foram considerados os valores de  $d_L$  e  $d_U$  para  $n = 10$  e  $p$  (número de variáveis independentes) = 3, ou seja:  $d_L = 0.53$  e  $d_U = 2.02$ .

Conforme se pode observar na Tabela 76, o intervalo de não rejeição da hipótese nula de independência é [2,02; 1.98] e os intervalos a partir dos quais não se pode tirar nenhuma conclusão são: [0,53; 2.02]  $\cup$  [1,98; 3.47].

O Modelo 3 apresenta 3 variáveis independentes pelo que os intervalos acima referidos serão utilizados na análise do pressuposto de independência dos resíduos do mesmo.

Este modelo apresenta um valor estimado do teste de Durbin-Watson igual a 2.533 pelo que não podemos concluir se existe ou não autocorrelação no modelo.

Por sua vez, uma vez que a Tabela 77 não apresenta expressamente os valores de  $d_L$  e  $d_U$  para  $n$  (observações) = 7 e  $p$  (número de variáveis independentes) = 2, nem sendo sequer possível fazer uma interpolação uma vez que os valores de  $d_L$  e  $d_U$  não estão disponíveis para  $n=6$  e  $p=2$ , foram considerados os valores de  $d_L$  e  $d_U$  para  $n = 10$  e  $p$  (número de variáveis independentes) = 2, ou seja:  $d_L = 0.7$  e  $d_U = 1.64$ .

Conforme se pode observar na Tabela 76, o intervalo de não rejeição da hipótese nula de independência é [1.64; 2.36] e os intervalos a partir dos quais não se pode tirar nenhuma conclusão são:  $[0.7; 1.64] \cup [2.36; 3.3]$ .

Os Modelos 2, 5 e 6 apresentam 2 variáveis independentes, pelo que os intervalos acima referidos serão utilizados na análise do pressuposto de independência dos resíduos do mesmo.

O Modelo 2 apresenta um valor estimado do teste de Durbin-Watson igual a 2.906, pelo que não podemos concluir se existe ou não autocorrelação no modelo.

O Modelo 5 apresenta um valor estimado do mesmo teste igual a 2.731, pelo que neste caso também não podemos concluir se existe ou não autocorrelação no modelo.

Por sua vez, o Modelo 6 apresenta um valor estimado do mesmo teste igual a 2.988 pelo que neste caso também não podemos concluir se existe ou não autocorrelação no modelo.

## **VI – Distribuição Normal das Variáveis Residuais**

Iremos verificar se a distribuição dos resíduos dos 6 modelos em torno do gráfico Q - Q plot segue uma distribuição normal. As Figuras 79, 80, 81, 82, 83 e 84 do Anexo 10 mostram os gráficos Q - Q plot dos resíduos (padronizados) dos modelos em estudo.

É possível também visualizar os histogramas dos resíduos (padronizados) dos modelos nas Figuras 85, 86, 87, 88, 89 e 90 do Anexo 10.

A partir da análise gráfica das Figuras do Anexo 10 parece que os resíduos dos modelos seguem de facto uma distribuição normal.

Ir-se-á também proceder à elaboração dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk de forma a concluir se realmente os resíduos dos modelos apresentam uma distribuição normal.

As hipóteses a testar são as seguintes:

$H_0$ : A distribuição dos resíduos segue uma distribuição normal

$H_1$ : A distribuição dos resíduos não segue uma distribuição normal

Os resultados dos testes são apresentados nas Tabelas 63, 64, 65, 66, 67 e 68 do Anexo 11.

De acordo com os resultados obtidos, o valor de significância de ambos os testes é superior a  $\alpha = 0,05$  ( $p$ -value para um intervalo de confiança a 95%) para todos os modelos, logo iremos aceitar a  $H_0$  e podemos assumir que os resíduos dos modelos seguem uma distribuição normal.

## Análise dos Modelo de Regressão Linear Obtidos

### Teste de significância global

Através deste teste pretende-se verificar se os modelos obtidos são globalmente significativos, ou seja, se estes têm capacidade explicativa quando analisados na sua globalidade. As Tabelas 69, 70, 71, 72, 73 e 74 do Anexo 12 permitem verificar se este pressuposto é ou não satisfeito.

Para efectuar a análise de variância dos modelos recorreu-se ao teste de  $F$  que tem associado o  $p$ -value ( $sig$ ) de 0.001 para os Modelos 1, 2, 3, 5 e 6 e de 0.008 para o Modelo 4. De acordo com estes valores, podemos assumir que todos os modelos são significativos.

### Teste de significância individual

Através deste teste pretendemos verificar se as variáveis dos 6 modelos obtidos têm capacidade explicativa quando analisadas individualmente.

Os  $p$ -values das diferentes variáveis (e intercepção) dos 6 modelos podem ser observados na Tabela 40.

De seguida, irá-se analisar cada modelo individualmente:

#### Modelo 1

O teste ao coeficiente de regressão  $\alpha$  é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0019 ( $<0.05$ ). Concluimos, portanto, que se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$ , o que significa que a recta ajustada não passa pela origem.

Quanto ao teste para  $\beta_1$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0005 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_1 = 0$ , o que significa que a variável facturação média/dia influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

#### Modelo 2

O teste ao coeficiente de regressão  $\alpha$  é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.3802 ( $>0.05$  e  $0.1$ ). Concluimos, portanto, que não se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$ , o que significa que o hiperplano ajustado passa pela origem.

Quanto ao teste para  $\beta_1$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0003 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_1 = 0$ , o que significa que a variável número total de hóspedes influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_2$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0147 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_2 = 0$ , o que significa que a variável impostos directos influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepasto Logística.

#### Modelo 3

O teste ao coeficiente de regressão  $\alpha$  é dado pelo teste  $t$ -student ao qual está associado um valor de significância de 0.0054 ( $<0.05$ ). Concluimos, portanto, que se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$ , o que significa que o hiperplano ajustado não passa pela origem.



Quanto ao teste para  $\beta_1$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0668 ( $>0.05$  e  $<0.1$ ). Logo não se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_1 = 0$ , o que significa que a variável dormidas não influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística aquando da utilização de um intervalo de confiança de 95%. No cenário de se considerar um intervalo de confiança de 90%, o que é bastante recorrente, esta variável passa a ser considerada como sendo significativa para o modelo.

Quanto ao teste para  $\beta_2$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0093 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_2 = 0$ , o que significa que a variável PIB influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_3$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0453 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_3 = 0$ , o que significa que a variável receitas turísticas influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística.

#### Modelo 4

O teste ao coeficiente de regressão  $\alpha$  é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.1443 ( $>0.05$  e  $0.1$ ). Concluimos, portanto, que não se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$ , o que significa que a recta ajustada passa pela origem.

Quanto ao teste para  $\beta_1$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0079 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_1 = 0$ , o que significa que a variável investimento influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística.

#### Modelo 5

O teste ao coeficiente de regressão  $\alpha$  é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0017 ( $<0.05$ ). Concluimos, portanto, que se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$ , o que significa que o hiperplano ajustado não passa pela origem.

Quanto ao teste para  $\beta_1$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0062 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_1 = 0$ , o que significa que a variável facturação média/dia influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_2$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.0781 ( $>0.05$  e  $<0.1$ ). Logo não se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_2 = 0$ , o que significa que a variável frota média não influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística no que respeita à utilização de um intervalo de confiança de 95%. No caso de se considerar um intervalo de confiança de 90%, o que é bastante recorrente, esta variável passa a ser considerada como sendo significativa para o modelo.

#### Modelo 6

O teste ao coeficiente de regressão  $\alpha$  é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.005 ( $<0.05$ ). Concluimos, portanto, que se deve rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$ , o que significa que o hiperplano ajustado não passa pela origem.

Quanto ao teste para  $\beta_1$ , este é dado pelo teste  $t$ -student, ao qual está associado um valor de significância de 0.01 ( $<0.05$ ). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_1 = 0$ , o que significa que a variável PIB influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística.

Quanto ao teste para  $\beta_2$ , este é dado pelo teste *t*-student, ao qual está associado um valor de significância de 0.003 (<0.05). Logo deve-se rejeitar a hipótese  $H_0: \beta_2 = 0$ , o que significa que a variável receitas turísticas influencia significativamente o volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística.

### **Qualidade do Modelos Obtidos**

Iremos agora verificar qual a percentagem de variância do volume trimestral de saídas de viaturas da EL que é explicada pelos modelos obtidos.

Conforme podemos verificar a partir da análise da Tabela 40, o Modelo 1 explica 90.94% da variação do volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística, o Modelo 2 - 96.3%, o Modelo 3 - 98.26%, o Modelo 4 - 74.19%, o Modelo 5 - 95.26% e o Modelo 6 - 95.2%, o que são valores elevados do coeficiente de determinação ajustado.

A restante variabilidade da variável dependente é explicada por factores não incluídos nos mesmos.

De notar ainda que o valor de  $R^2$  e de  $R_a^2$  são bastante semelhantes para todos os modelos obtidos.

### **Interpretação dos parâmetros dos modelos obtidos**

#### **Modelo 1**

A equação do Modelo (ajustado de regressão) 1 será, segundo a Tabela 40:

$$N^{\circ} \text{ Anual. Saídas Viat. EL}_t = -21839.55 + 193.8613 \text{ Fact. Méd. Dia}_{t-1}$$

- Termo independente – No caso irreal do valor da variável explicativa ser igual a 0 num ano, tal implica que o número de viaturas que saem da EL no ano seguinte será igual a -21839.55 unidades.
- Facturação Média/Dia – Por cada € que o mercado de aluguer automóvel nacional facture em média diariamente num ano, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 193.8613 unidades no ano seguinte.

#### **Modelo 2**

A equação do Modelo 2 será, segundo a Tabela 40:

$$N^{\circ} \text{ Anual. Saídas Viat. EL}_t = -2664.363 + 1396.876 N^{\circ} \text{ Tot. Hósp.}_{t-1} - 1330.872 \text{ Imp. Directos}_{t-1}$$

- Termo independente – No caso dos valores das variáveis explicativas serem igual a 0 num ano, tal implica que o número de viaturas que saem da EL no ano seguinte será igual a - 2664.363 unidades.
- Nº Total de Hóspedes – Por cada incremento anual de um milhão no número total de hóspedes em Portugal, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 1396.876 unidades no ano seguinte.
- Impostos Directos – Por cada acréscimo percentual do valor dos impostos directos aplicados em Portugal em percentagem do PIB nacional do ano em questão, o volume de saídas de viaturas da EL sofre um decréscimo de 1330.872 unidades no ano seguinte.

#### **Modelo 3**

A equação do Modelo 3 será, segundo a Tabela 40:

$$N^{\circ} \text{ Anual. Saídas Viat. EL}_t = -84103.63 - 1720.755 \text{ Dormidas}_{t-1} + 0.4917175 \text{ PIB}_{t-1} + 8.561768 \text{ Rec. Tur.}_{t-1}$$

- Termo independente – No cenário irreal dos valores das variáveis explicativas serem igual a 0 num ano, tal implica que o número de viaturas que saem da EL no ano seguinte será igual a - 84103.63 unidades.

- Dormidas – Por cada acréscimo anual de um milhão em termos do número total de dormidas em estabelecimentos hoteleiros em Portugal, o volume de saídas de viaturas da EL sofre um decréscimo de 1720.755 unidades no ano seguinte.
- PIB – Por cada incremento anual na ordem dos milhões do PIB nacional, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 0.4917175 unidades no ano seguinte.
- Receitas Turísticas Estrangeiro – Por cada milhão de € gerados anualmente pelo turismo estrangeiro em Portugal, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 8.561768 unidades no ano seguinte.

#### Modelo 4

A equação do Modelo 4 será, segundo a Tabela 40:

$$N^{\circ} \text{ Anual. Saídas Viat. EL}_t = -4839.324 + 19.56094 \text{ Investimento}_{t-1}$$

- Termo independente – No cenário irreal do valor da variável explicativa ser igual a 0 num ano, tal implica que o número de viaturas que saem da EL no ano seguinte será igual a – 4839.324 unidades.
- Investimento – Por cada milhão de € que o mercado de aluguer automóvel nacional envista anualmente em VLP, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 1720.56094 unidades no ano seguinte.

#### Modelo 5

A equação do Modelo 5 será, segundo a Tabela 40:

$$N^{\circ} \text{ Anual. Saídas Viat. EL}_t = -27945.43 + 144.8949 \text{ Fact. Med/Dia}_{t-1} + 244.1714 \text{ Frota Média}_{t-1}$$

- Termo independente – No cenário irreal dos valores das variáveis explicativas ser igual a 0 num ano, tal implica que o número de viaturas que saem da EL será igual a – 27945.43 unidades no ano seguinte.
- Facturação Média/Dia – Por cada € que o mercado de aluguer automóvel nacional facture em média diariamente num ano, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 193.8613 unidades no ano seguinte.
- Frota Média – Por cada aumento anual no valor de 1000 unidades da frota média da indústria rent-a-car nacional, o número de viaturas que saem da EL no ano seguinte é acrescido em 244.1714 unidades.

#### Modelo 6

A equação do Modelo 6 será, segundo a Tabela 40:

$$N^{\circ} \text{ Anual. Saídas Viat. EL}_t = -56387.72 + 0.287 \text{ PIB}_{t-1} + 1.286 \text{ Rec. Tur.}_{t-1}$$

- Termo independente – No cenário irreal dos valores das variáveis explicativas serem igual a 0 num ano, tal implica que o número de viaturas que saem da EL no ano seguinte será igual a -56387.72 unidades.
- PIB – Por cada incremento anual na ordem dos milhões do PIB nacional, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 0.287 unidades no ano seguinte.
- Receitas Turísticas Estrangeiro – Por cada milhão de € gerados anualmente pelo turismo estrangeiro em Portugal, o volume de saídas de viaturas da EL é acrescido em 1.286 unidades no ano seguinte.

#### **Valores Previstos pelos Modelos vs Valores Observados**

Nas Figuras 7.2.35, 7.2.36, 7.2.37, 7.2.38, 7.2.39 e 7.2.40 do Anexo 13 é possível observar graficamente o desempenho dos 6 modelos face à sua capacidade preditiva.

## Conclusão

Na Tabela 42 é possível visualizar se os 6 modelos em estudo satisfazem os diferentes pressupostos dos modelos de regressão linear abordados.

Modelo	Teste	Normalidade	Linearidade	Homocedasticidade	Independência das Variáveis Residuais	Média Residual Nula	Independência das Variáveis Explicativas
Modelo 1		✓	✓	✗	✓	✓	✓
Modelo 2		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Modelo 3		✓	✓	✓	✓	✓	✗
Modelo 4		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Modelo 5		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Modelo 6		✓	✓	✓	✓	✓	✓

*Tabela 42 – Desempenho dos modelos anuais face aos pressupostos dos modelos de regressão linear*

Conforme se pode concluir a partir da análise da Tabela 42, apenas os Modelos 1 e 3 não satisfazem todos os pressupostos em questão.

Quanto ao desempenho nos **testes de significância** a que foram sujeitos, **todos os modelos** se traduziram como sendo **globalmente significativos**. No que diz respeito ao **teste de significância individual**, **todos os coeficientes dos modelos se revelaram significativos**, pelo menos para um **intervalo de confiança de 90%**.

Apesar de os 6 modelos apresentarem uma **elevada capacidade explicativa do volume anual de saídas de viaturas da EL** (elevado  $R_a^2$  e reduzido EQM), os Modelos 1 e 4 não são tão bons neste aspecto quando comparados com os demais, especialmente o Modelo 4.

Tendo em conta este facto podemos assumir que os **Modelos 2, 3, 5 e 6 parecem ser os mais adequados para serem utilizados para fins de previsão do volume anual de saídas de viaturas da EL, especialmente os Modelos 2 e 3.**

Apesar de o **Modelo 3** apresentar um valor de **EQM significativamente mais reduzido** que os restantes modelos, uma vez que o mesmo não satisfaz o pressuposto de independência das variáveis explicativas e **aparenta** apresentar uma estimativa muito “optimista” para o ano de 2018 e, em princípio, no que diz respeito a um futuro próximo, considera-se que o **Modelo 2**, que apresenta um valor de EQM não muito superior, **é o mais adequado para modelar a série do volume anual de saídas de viaturas da EL.**

## Capítulo 8 – Conclusões

O objectivo do presente trabalho de dissertação surgiu da necessidade sentida por parte da EL de melhorar o seu modelo/procedimento de previsões e de no mesmo contabilizar o impacto da indústria rent-a-car nacional, que pela experiência da empresa apresenta uma forte influência no volume de saídas de viaturas da mesma.

Para atingir este objectivo, o presente trabalho desenvolveu-se ao longo de diversas fases. Numa primeira fase, fez-se uma revisão bibliográfica e procurou-se identificar um conjunto de modelos de previsão que pudessem ser aplicados ao caso de estudo. Desta análise concluiu-se que as melhores abordagens de resolução seriam os modelos de regressão linear (modelos de previsão causais), os modelos de Holt-Winters aditivo e multiplicativo, e de Decomposição Clássica aditivo e multiplicativo (modelos de previsão não causais).

De seguida, foram recolhidas inúmeras estatísticas que pudessem estar significativamente correlacionadas com a variável a prever (volume anual e trimestral de saídas de viaturas da EL), sendo estas relativas à indústria rent-a-car e à vertente sócio-económica nacional.

Definidas as variáveis a utilizar no trabalho, foram desenvolvidos e implementados os referidos modelos de previsão quantitativos (causais e não causais), através dos quais se pretendia concluir qual o tipo de modelo mais adequado na previsão do volume de saídas de viaturas da EL (trimestral e anual). Assim sendo, foram realizados inúmeros testes estatísticos, os quais permitiram uma contínua validação da estratégia de implementação de resultados.

Finalmente, foram comparados os resultados de desempenho, em termos do valor de EQM obtido, dos vários modelos quer anuais quer trimestrais, conforme se pode observar na Tabela 43 e na Figura 41.

Modelo	Trim.1	Trim.2	Anual 1	Anual 2	Anual 3	Anual 4	Anual 5	Anual 6	Holt-Wint. Aditivo	Holt-Wint. Multiplic.	Dec. Clás. Aditivo	Dec. Clás. Multiplic.
EQM	81543	69606	863613	281965	100528	2461736	361557	366689	81307	65831	120536	122323

Tabela 43 - EQM dos modelos de previsão (causais e não causais) desenvolvidos

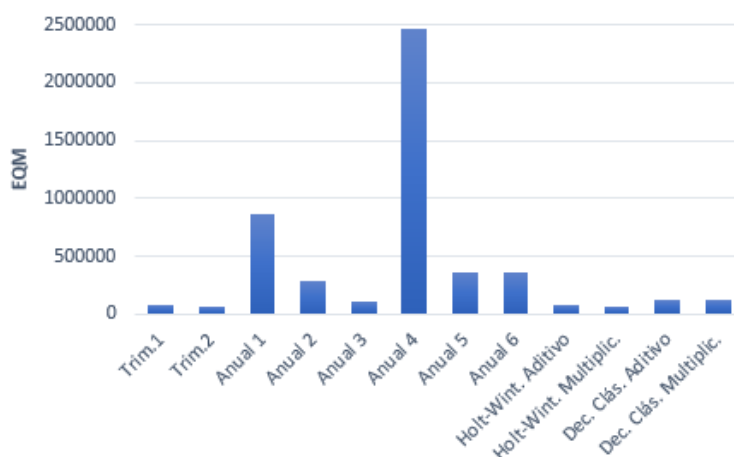


Figura 41 - EQM dos modelos de previsão (causais e não causais) desenvolvidos

Para além da análise dos valores de EQM obtidos, também se teve em consideração o desempenho dos doze modelos no que respeita aos diversos testes de natureza estatística a que foram submetidos, no processo de selecção dos modelos trimestrais e anuais mais adequados.

No que respeita a uma **óptica anual**, conforme já foi referido, concluiu-se que o **Modelo 2** revelou ser o mais adequado para modelar a série do volume anual de saídas de viaturas da EL.

Por sua vez, numa **óptica trimestral** o **modelo de Holt-Winters multiplicativo** foi aquele que demonstrou ser mais preciso (menor EQM), satisfazendo ainda todos os testes de análise de resíduos considerados. Desta forma, este modelo revelou ser o mais adequado para ser utilizado para fins de previsão.

Deste modo, os modelos utilizados e revistos em bibliografia acabaram por se mostrar tão adequados como expectável, conduzindo a valores de EQM reduzidos.

Tendo em conta os resultados obtidos, o modelo de Holt-Winters multiplicativo e o Modelo 2 mostram-se como os mais adequados a serem implementados no sistema de gestão da empresa, o primeiro numa óptica de planeamento trimestral e o último anual.

## 8.1 Considerações e Perspectivas Futuras

Como desenvolvimentos futuros do presente trabalho, diferentes aspectos podem ser identificados.

Um primeiro prende-se com as ferramentas utilizadas ao longo do trabalho. Conforme foi referido no Capítulo 5 – Recolha e Tratamento de Dados, os modelos de previsão não causais foram desenvolvidos unicamente a partir da utilização de ferramentas do Excel. Contudo, devido à complexidade e volume dos dados em análise, seria interessante e recomendável a utilização de outras ferramentas informáticas, as quais permitissem de forma mais célere e simples a análise de dados, facto que permitiria a análise de um maior conjunto de dados e, conseqüentemente, uma maior validação dos resultados obtidos.

Porém, este aspecto não se aplica ao processo de construção dos modelos de previsão causais, já que estes foram desenvolvidos, para além do Excel, a partir dos softwares estatísticos SPSS e NCSS, que são especializados nesta temática e que assim, permitiram que se procedesse a uma análise mais extensiva.

Adicionalmente, seria recomendável ter acesso a um maior horizonte temporal, e por conseguinte, a um maior número de observações dos dados da EL e das restantes variáveis, de forma a garantir uma maior fiabilidade dos modelos obtidos.

Finalmente, apesar dos modelos identificados na bibliografia terem demonstrado um desempenho interessante, um estudo mais aprofundado deveria ser realizado, onde desenvolvimentos científicos sobre os modelos identificados como mais promissores poderiam ser explorados.

## Referências

- AICEP - Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal (2017). Portugal – Ficha País. Obtido de: <http://www.portugalglobal.pt/pt/biblioteca/livrariadigital/portugalfichapais.pdf>.
- Allied Market Research (2017). Car Rental Market. Obtido de: <https://www.alliedmarketresearch.com/car-rental-market>.
- Análise Regional (2017). Travel BI by Turismo de Portugal. Obtido de: <http://travelbi.turismodeportugal.pt/pt-Documentos/An%C3%A1lises/Alojamento/analise-regional-2017.pdf>.
- ARAC (2010). Rent-a-car – Crise em 2009 e 2010. Obtido de: <http://www.arac.pt/noticias/detalhes.php?id=15>.
- Archer, B. (1994). Demand Forecasting and Estimation, in Travel, Tourism and Hospitality Research. 2ª edição, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Auto Rental News (2015). How Rental Companies Use Leasing. Obtido de: <http://www.autorentalnews.com/channel/fleet-acquisition/article/story/2015/07/how-rental-companies-use-leasing.aspx>.
- Auto Rental News (2017). US Car Rental Market Reaches 28.6 Billion. Obtido de: <http://www.autorentalnews.com/news/story/2017/12/u-s-car-rental-market-reaches-28-6-billion.aspx>.
- Banco de Portugal (2016). A reação das empresas portuguesas à crise económica e financeira: principais choques e canais de ajustamento. Obtido de: [https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/papers/re201603\\_p.pdf](https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/papers/re201603_p.pdf).
- Banco de Portugal (2017). Boletim Estatístico – Maio de 2017. Obtido de: <https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/bemai17.pdf>.
- Barbetta, P.A., Reis, M.M. e Bornia, A.C. (2004). Estatística para Cursos de Engenharia e Informática. 3ª edição, Ed. Atlas. São Paulo.
- BluePay (2017). How Will Self Driving Vehicles Impact the Car Rental Industry. Obtido de: <https://blog.bluepay.com/how-will-self-driving-vehicles-impact-the-car-rental-industry>
- Caiado, J. (2011). Métodos de Previsão em Gestão com aplicações em Excel. 2ª edição, Edições Sílabo. Lisboa.
- Car Hire Excess. Insure (2017). Technology Changing Car Rental Industry. Future Car Rental. Obtido de: <https://carhireexcess.insure/technology-changing-car-rental-industry-future-car-rental/>.
- Carmona-Benitez, R.B. (2012). “The Design of a Large Scale Airline Network”. Thesis. Delft University of Technology, Delft.
- Carmona-Benitez, R.B. (2017). An Econometric Dynamic Model to estimate passenger demand for air transport industry. Transportation Research Procedia. 25: 17–29.
- Carrentalexpress a. (2013). History of Car Rental Industry. Obtido de: <http://www.carrentalexpress.com/blog/history-car-rental-industry>.
- Carrentalexpress b. (2013). Fast Facts About Car Rental Industry. Obtido de: <https://www.carrentalexpress.com/blog/fast-facts-about-car-rental-industry>.

Cetelem (2016). Observador Cetelem - Mercado Automóvel Mundial. Obtido de: [https://www.cetelem.pt/images/ctImpages/naomexer/estudo\\_obs12.pdf](https://www.cetelem.pt/images/ctImpages/naomexer/estudo_obs12.pdf).

Cision PR News Wire (2018). Global Car Rental Market 2018-2022 Trends-Challenges -Drivers. Obtido de: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-car-rental-market-2018-2022-trends-challenges--drivers---market-to-grow-at-a-cagr-of-1752-300582462.html>.

CMA (2015). Short Term Car Rental in the European Union. Obtido de: [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/55a3cdd940f0b62889000001/Short\\_term\\_car\\_rental\\_in\\_the\\_EU.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/55a3cdd940f0b62889000001/Short_term_car_rental_in_the_EU.pdf).

Cobacho, M.B. (2000). Contrastes de hipótesis en datos de panel, XIII Jornadas de ASEPUMA. 20: 2-7.

Commission of the European Communities, (2006). Green paper: A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. Obtido de: [http://ec.europa.eu/energy/green-paperenergy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/green-paperenergy/index_en.htm).

Deloitte (2016). Global automotive consumer study changing nature mobility. Obtido de: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/au/Documents/manufacturing/deloitte-au-mfg-2014-globalautomotive-consumer-study-changing-nature-mobility-290914.pdf>.

Diário de Notícias (2018). Rent a car vale 700 milhões de euros à boleia dos turistas. Obtido de: <https://www.dn.pt/dinheiro/interior/rent-a-car-vale-700-milhoes-de-euros-a-boleia-dos-turistas-9116224.html>.

Draper, N.R. e Smith, H. (1981). Applied Regression Analysis. 3ª edição, John Wiley & Sons, Inc. New York.

Drive Electric Orlando (2018). How Electric Cars Work. Obtido de: <http://pluginperks.com/about/how-does-it-work/>.

Duarte, R.P (2010). O Contrato de Locação Financeira – Uma Síntese. Obtido de: [http://www.fd.unl.pt/docentes\\_docs/ma/rpd\\_ma\\_12952.pdf](http://www.fd.unl.pt/docentes_docs/ma/rpd_ma_12952.pdf).

Económico (2016). Mercado de rent a car em Portugal prevê crescimento de 4 para 470 milhões de euros. Obtido de: [http://economico.sapo.pt/noticias/mercado-de-rentacar-em-portugal-preve-crescimento-de-4-para-470-milhoesde-euros\\_204722.html](http://economico.sapo.pt/noticias/mercado-de-rentacar-em-portugal-preve-crescimento-de-4-para-470-milhoesde-euros_204722.html).

Entreposto Logística (2019a). História EL. Obtido de: <http://www.entrepostologistica.pt/pt/sobre-nos>.

Entreposto Logística (2019b). Cobertura EL. Obtido de: <http://www.entrepostologistica.pt/pt/cobertura>.

Entreposto Logística (2019c). Serviços EL. Obtido de: <http://www.entrepostologistica.pt/pt/servicos>.

Entreposto Logística (2019d). Logística Automóvel EL. Obtido de: <http://www.entrepostologistica.pt/pt/servicos/logistica-automovel>.

Entreposto Logística (2019e). Recondicionamento Automóvel EL. Obtido de: <http://www.entrepostologistica.pt/pt/servicos/recondicionamento-automovel>.

Erickson, K.H. (2014). Econometrics: A Simple Introduction. 1ª edição, CreateSpace Independent Publishing Platform. Carolina do Sul, EUA.

ERP Software Blog (2017). Car Rental Industry. Obtido de: <http://www.erpsoftwareblog.com/2017/02/car-rental-industry/>.

Essiloreyezen (2018). Carros Autónomos. Obtido de: <https://essiloreyezen.pt/carros-autonomos/>.



Fleet Magazine (2015). Rent-a-Car Portugal. Obtido de: <http://fleetmagazine.pt/2015/06/24/rent-a-car-portugal/>.

Fleet Magazine (2017). Rent-a-Car. Obtido de: <http://fleetmagazine.pt/2017/01/16/2016-rent-car/>.

FronteirasXXI (2016). Portugal um País de Crise em Crise. Obtido de: <https://fronteirasxxi.pt/portugal-um-pais-de-crise-em-crise/>

Goldman Sachs (2015). Technology Driving Innovation. Cars 2025. Obtido de: <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/technology-driving-innovation/cars-2025/>.

Grand View Research (2016). Industry Analysis. Car Rental Market. Obtido de: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/car-rental-market>.

Gujarati, D.N. e Passos, E. (2006). Economia Básica. 1ª edição, Elsevier. Rio de Janeiro.

Huffington Post (2017). Car Sharing Ride Hailing Adding Electric Cars to Us. Obtido de: [https://www.huffingtonpost.com/entry/car-sharing-ride-hailing-adding-electric-cars-to\\_us\\_59f79e52e4b094db8e76f7d7](https://www.huffingtonpost.com/entry/car-sharing-ride-hailing-adding-electric-cars-to_us_59f79e52e4b094db8e76f7d7).

Intriligator, M.D. (1983). Economic and Econometric Models. 1ª edição, North-Holland Publishing Company: University of California. Los Angeles.

Jornal de Negócios (2018a). 10 Anos Depois Economia Portuguesa Supera a Crise. Obtido de: <https://www.jornaldenegocios.pt/economia/conjuntura/detalhe/10-anos-depois-economia-portuguesa-supera-a-crise>.

Jornal de Negócios (2018b). 10 Anos Depois Economia Portuguesa Voltará em 2018 aos Níveis Pré-Crise. Obtido de: <https://www.jornaldenegocios.pt/economia/conjuntura/detalhe/-10-anos-depois-economia-portuguesa-voltara-em-2018-aos-niveis-pre-crise>.

Jornal Económico (2018). Rent-a-Car Contraria Setor Automóvel e Entra no Novo Ano a Adquirir Mais Viaturas. Obtido de: <http://www.jornaleconomico.sapo.pt/noticias/rent-a-car-contraria-setor-automovel-e-entra-no-novo-ano-a-adquirir-mais-viaturas-270396>.

Kazmier, L.J. (1982) Estatística aplicada a Economia e Administração (Série Schaum). 4ª edição, McGraw-Hill do Brasil. São Paulo.

Korstanje, M. (2011). Rent-A-Car Industry: A Case Study in Argentina. *Tourismos: An International Multidisciplinary Journal of Tourism*. 6(1): 271-280.

Lazov, I. (2017). Profit management of car rental companies. *European Journal of Operational Research*. 258(1): 307–314.

Legohérel, P., Poutier, E. e Fyall, A. (2013). Revenue Management for Hospitality and Tourism. 1ª edição, Goodfellow Publishers Ltd. Oxford.

LinkedIn. Sekulovska, Emilija (2018). Car Rental Industry Trends 2018. Obtido de: <https://www.linkedin.com/pulse/car-rental-industry-trends-2018-emilija-sekulovska/>.

Mahajan, M. (2015). Consumerism: A Globalization Concept. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*. 9(2): 245-248.

Marôco, J. (2014). Análise Estatística com o SPSS Statistics. 6ª edição, Edições Sílabo. Lisboa.

- Marques, L.D. (2000). Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão de literatura. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia do Porto, Portugal.
- Matos, O.C. (1997). Econometria Básica: Teoria e Aplicação. 2ª edição, ed. Atlas. São Paulo.
- Maxfeld, J. (2012). Surprising Facts about the Car Rental. Obtido de: <http://www.fool.com/investing/general/2012/07/13/surprising-facts-about-the-rental-car-industry.aspx>.
- MIT Technology Review (2010). How Mobile Apps are Disrupting the Car Rental Business. Obtido de: <https://www.technologyreview.com/s/421643/how-mobile-apps-are-disrupting-the-car-rental-business/>.
- Mordor Intelligence (2018). Industry Reports. Europe Vehicle Rental Market. Obtido de: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-vehicle-rental-market>.
- Nedreid Corporate Advisory (2016). European Car Rental – Market Overview and Structural Perspectives. Obtido de: <http://www.nedreid-ca.com/wp-content/uploads/2016/01/EuropeanCar-Rental-Market-Overview-and-Structural-Perspectives.pdf>.
- New York Times (2016). Smartphones Bring More Mobility to the Rental Car Business. Obtido de: <https://www.nytimes.com/2016/08/05/automobiles/smartphones-bring-more-mobility-to-the-rental-car-business.html>.
- Observador (2018). Portugal com 15 mil milhões de euros de receitas turísticas em 2017. Obtido de: <https://observador.pt/2018/08/28/portugal-com-15-mil-milhoes-de-euros-de-receitas-turisticas-em-2017/>.
- Observador (2019). Receitas turísticas atingem novo recorde de 166 mil milhões de euros em 2018. Obtido de: <https://observador.pt/2019/02/20/receitas-turisticas-atingem-novo-recorde-de-166-mil-milhoes-de-euros-em-2018/>.
- Oliveira, B.B., Carravilla, M.A., Oliveira, J.F. e Toledo, F.M. (2014). A relax-and-fix-based algorithm for the vehicle-reservation assignment problem in a car rental company. *European Journal of Operational Research*, 237(2): 729–737.
- Pachon, J.E., Iakovou, E., Ip, C. e Aboudi, R. (2003). A synthesis of tactical fleet planning models for the car rental industry. *IIE Transactions* 35: 907–916.
- Pachon, J., Iakovou, E. e Chi, I. (2006). Vehicle fleet planning in the car rental industry. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 5(3): 221–236.
- Peixoto, P.S. (2005). O uso de modelos econométricos em empresas. Trabalho de Conclusão de Curso para Obtenção de Grau Bacharel. Universidade de São Paulo, Instituto de Matemática e Estatística, São Paulo, Brasil.
- Pinheiro, A. e Santos, J.F. (2009). Rent-a-Car. *Cogitur, Journal of tourism studies*, volume 2, nº 2. 2009: 81-89.
- PR News Wire (2016). The Global Car Rental Industry 2016-2021 Trends Forecast and Opportunity Analysis. Obtido de: <https://www.prnewswire.com/news-releases/the-global-car-rental-industry-2016-2021-trends-forecast-and-opportunity-analysis-300278275.html>.
- Purohit, D. (1997). Dual Distribution Channels: The Competition Between Rental Agencies and Dealers. *Marketing Science. Institute for Operations Research and the Management Sciences*, 16(3): 228-245.

- Relvas, L.R.P.F. (2012). O “buy-back” na indústria automóvel em Portugal: Problemática contabilística e comparabilidade da informação financeira. Tese de Mestrado em Contabilidade e Análise Financeira. Instituto Politécnico de Lisboa - Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Reunião Europcar (2017). Entrevista a Lemos, Carla e Reis, Manuel. Entrevista Presencial na sede, Novembro de 2017.
- Ribeiro, A.G.M.O. (2016). Algoritmos heurísticos para a afetação de veículos a reservas em empresas de “rent-a-car”. Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Rodrigues, S.C.A. (2012). Modelo de regressão linear e suas aplicações. Relatório de estágio para obtenção do Grau de Mestre. Universidade da Beira Interior, Ciências, Covilhã, Portugal.
- Rojas, J.P.S., Rojas, F., González, H.V. e Martín, M.S. (2015). Forecasting Models Selection Mechanism for Supply Chain Demand Estimation. 55: 1060-1068.
- Shen, S., Fowkes, T., Whiteing, T., e Johnson, D. (2009). Econometric modelling and forecasting of freight transport demand in Great Britain. Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, UK.
- Steinhardt, C. e Gönsch, J. (2012). Integrated revenue management approaches for capacity control with planned upgrades. *European Journal of Operational Research*, 223: 380–391.
- Talluri, K. e Van Ryzin, G. (2004). *The Theory and Practice of Revenue Management*. 1ª edição, Kluwer Academic Publishers. Norwell, Massachusetts.
- Tavares, L.V., Themido, I.H., Oliveira, R.C. e Correia, F.N. (1996). *Investigação Operacional*. 1ª edição, McGraw-Hill Portugal. Alfragide, Portugal.
- Tintner, G. (1968). *Methodology of mathematical economics and econometrics*. 1ª edição, University of Chicago Press. Chicago, EUA.
- TreeHugger (2010). What is Car Sharing and how does it Work. Obtido de : <https://www.treehugger.com/cars/what-is-car-sharing-and-how-does-it-work.html>
- Tsekeris, T. e Tsekeris, C. (2011). Demand Forecasting in Transport: Overview and Modeling Advances. *Economic Research - Ekonomska Istraživanja*, 24(1): 82-94.
- Viegas, J.M. (2000). *A Utilização de Modelos Matemáticos para a Estimção da Procura de Transportes*.
- Wang, L., Yang, Z. e Xue, C. (2016). Regional Logistics Demand Forecasting: A Method Based on Improved Grey Neural Network. 13.1-13.6.
- Washington Post (2013). Car Rental Companies Keep Merging That Might Not Be Such A Bad Thing. Obtido de: [https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2013/11/06/car-rental-companies-keep-merging-that-might-not-be-such-a-bad-thing/?noredirect=on&utm\\_term=.518691ffba4d](https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2013/11/06/car-rental-companies-keep-merging-that-might-not-be-such-a-bad-thing/?noredirect=on&utm_term=.518691ffba4d).
- Wonnacott, T.H. e Wonnacott, R.J. (1990). *Introductory Statistics for Business and Economics*. 4ª edição, John Wiley & Sons. New York.
- Yang, Y., Jin, W. e Hao, X. (2008). Car rental logistics problem: A review of Literature. *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, 2008, 2: 2815–2819.

Zion Market Research (2018). Global Car Rental Market Share Trends Projected to Reach USD 124.56 Billion by 2022. Obtido de: <https://globenewswire.com/news-release/2018/04/25/1487267/0/en/Global-Car-Rental-Market-Share-Trends-Projected-to-Rreach-USD-124-56-Billion-by-2022-Zion-Market-Research.html>.

## Anexos

### Anexo 1 – Crise Financeira Portuguesa (2010-2014)

A primeira década do século XXI foi afectada pela **crise do subprime**, desencadeada em 2007 nos Estados Unidos e que rapidamente se alastrou ao resto do mundo. A crise do *subprime* foi uma crise financeira motivada pela **concessão de títulos hipotecários de baixa qualidade e de alto risco**, prática essa que arrastou vários bancos para uma situação de insolvência, originando fortes repercussões sobre as bolsas de valores de todo o mundo.

Por sua vez, a fase 2008-2010 é marcada pela designada **Grande Recessão** que foi uma crise económica de proporções globais que teve origem na crise do *subprime*.

A partir de 2011, e pouco depois de se reerguer dos escombros da Grande Recessão, Portugal volta de novo a divergir do resto da Europa. A contracção do PIB dura três anos (a mais longa alguma vez registada) e coloca o PIB ao nível do ano 2000. Irlanda, Espanha e Grécia passam pela mesma situação (esta última a um nível bastante mais grave). É o denominado período da crise da dívida pública da Zona Euro, que afecta toda a união monetária, mas que incide com especial intensidade os designados **países periféricos**.

O colapso económico de Portugal entre 2011 e 2013 resultou das mesmas causas que levaram os restantes países periféricos a passar por cenários semelhantes. Estas causas consistiram na **acumulação de dívida (pública e privada)** por parte de alguns países, financiada por capitais vindos do estrangeiro (FronteirasXXI, 2016).

O Programa de Ajustamento Económico e Financeiro acordado com a Comissão Europeia, o BCE e o FMI (comitê designado **Troika**), em Maio de 2011, foi desenhado de modo a garantir o financiamento da economia e a restabelecer a confiança. O programa foi aplicado num ambiente internacional particularmente adverso, caracterizado por um fraco crescimento dos principais parceiros comerciais e pela manutenção da fragmentação financeira na área do euro. A reforma do mercado de trabalho foi eleita como uma das áreas prioritárias (Banco de Portugal, 2016).

No entanto, Portugal já começou a apresentar em 2013 sinais de recuperação financeira e económica.

O principal contributo para a **recuperação pós-2013** veio do factor trabalho, ou seja, do emprego per capita. O capital humano também apresentou um contributo relevante apesar de menor. Por sua vez, o factor capital teve um contributo muito diminuto e o factor produtividade apresentou um contributo negativo nos últimos anos, no entanto o Banco de Portugal prevê que essa tendência se inverta até 2020.

**No terceiro trimestre de 2018, a economia portuguesa superou a dimensão que tinha em 2008 (pré-crise)** (Jornal de Negócios, 2018a).

Apesar de a economia ter atingido em 2018 o mesmo nível que tinha em 2008, a composição e estrutura da mesma não é igual. A principal alteração é o peso do comércio internacional de bens e serviços. Estima-se que em 2020 as exportações estejam 67% acima do nível registado em 2008. A componente de turismo será o dobro do valor pré-crise. Contudo, estima-se que o investimento empresarial só recupere o nível pré-crise no final de 2019. E, mesmo assim, em 2020 o investimento total da economia portuguesa estará ainda 10% abaixo do valor registado em 2008. O Banco de Portugal diz que esta evolução reflecte uma "diminuição do investimento público e do investimento residencial".

No que toca ao mercado de trabalho, apesar da contínua redução da taxa de desemprego, "o número de indivíduos empregados deverá continuar aquém do observado antes da crise financeira". Já a **taxa de desemprego será inferior** à média que Portugal registou nos anos que precederam a crise. Contudo, o crescimento da produtividade continuará "contido".

O Banco de Portugal projecta que em 2020, dois anos após ter atingido o mesmo nível pré-crise, a economia portuguesa se situe "cerca de 5%" acima do nível observado antes da crise financeira internacional (Jornal de Negócios, 2018b).

## Anexo 2 – Volume Mensal de Saídas de Viaturas da EL (2010-2017)

Período	Número de Viaturas	Variação do Nº de Viaturas
2010 – 1	888	-
2010 – 2	913	2.8%
2010 – 3	1398	53.1%
2010 – 4	546	-60.9%
2010 – 5	434	-20.5%
2010 – 6	591	36.2%
2010 – 7	760	28.6%
2010 – 8	541	-28.8%
2010 – 9	288	-46.8%
2010 – 10	411	42.7%
2010 – 11	447	8.8%
2010 – 12	523	17.0%
2011 – 1	402	-23.1%
2011 – 2	275	-31.6%
2011 – 3	457	66.2%
2011 – 4	884	93.4%
2011 – 5	254	-71.3%
2011 – 6	401	57.9%
2011 – 7	707	76.3%
2011 – 8	561	-20.7%
2011 – 9	358	-36.2%
2011 – 10	522	45.8%
2011 – 11	462	-11.5%
2011 – 12	238	-48.5%
2012 – 1	288	21.0%
2012 – 2	296	2.8%
2012 – 3	554	87.2%
2012 – 4	423	-23.6%
2012 – 5	268	-36.6%
2012 – 6	302	12.7%
2012 – 7	618	104.6%
2012 – 8	232	-62.5%
2012 – 9	207	-10.8%
2012 – 10	88	-57.5%
2012 -11	241	173.9%
2012 – 12	289	19.9%
2013 – 1	262	-9.3%
2013 – 2	224	-14.5%
2013 – 3	449	100.4%
2013 – 4	387	-13.8%
2013 – 5	538	39.0%
2013 – 6	341	-36.6%
2013 – 7	513	50.4%
2013 – 8	209	-59.3%
2013 – 9	153	-26.8%
2013 – 10	313	104.6%
2013 – 11	297	-5.1%

2013 – 12	380	27.9%
2014 – 1	263	-30.8%
2014 – 2	348	32.3%
2014 – 3	468	34.5%
2014 – 4	589	25.9%
2014 – 5	260	-55.9%
2014 – 6	337	29.6%
2014 – 7	296	-12.2%
2014 – 8	158	-46.6%
2014 – 9	187	18.4%
2014 – 10	465	148.7%
2014 – 11	436	-6.2%
2014 – 12	406	-6.9%
2015 – 1	343	-15.5%
2015 – 2	333	-2.9%
2015 – 3	864	159.5%
2015 – 4	303	-64.9%
2015 – 5	498	64.4%
2015 – 6	800	60.6%
2015 – 7	812	1.5%
2015 – 8	176	-78.3%
2015 – 9	251	42.6%
2015 – 10	550	119.1%
2015 – 11	415	-24.5%
2015 – 12	726	74.9%
2016 – 1	420	-42.1%
2016 – 2	942	124.3%
2016 – 3	922	-2.1%
2016 – 4	867	-6.0%
2016 – 5	688	-20.6%
2016 – 6	1027	49.3%
2016 – 7	1137	10.7%
2016 – 8	452	-60.2%
2016 – 9	569	25.9%
2016 – 10	856	50.4%
2016 – 11	1211	41.5%
2016 – 12	854	-29.5%
2017 – 1	610	-28.6%
2017 – 2	859	40.8%
2017 – 3	1665	93.8%
2017 – 4	1142	-31.4%
2017 – 5	1517	32.8%
2017 – 6	1521	0.3%
2017 – 7	1457	-4.2%
2017 – 8	633	-56.6%
2017 – 9	718	13.4%
2017 – 10	1071	49.2%
2017 – 11	1171	9.3%
2017 – 12	1140	-2.6%

Tabela 44 - Evolução mensal do volume de saídas de viaturas da Entrepósito Logística nos últimos 8 anos

### Anexo 3 – Diagramas de Dispersão do Modelo Trimestral

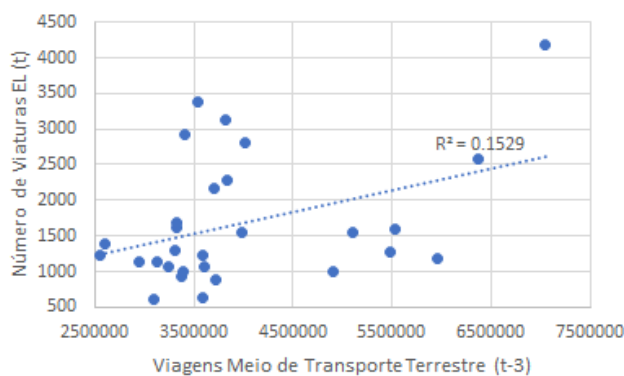


Figura 42 - Correlação entre as variáveis Nº de Viaturas EL e Viagens Meio de Transporte Terrestre

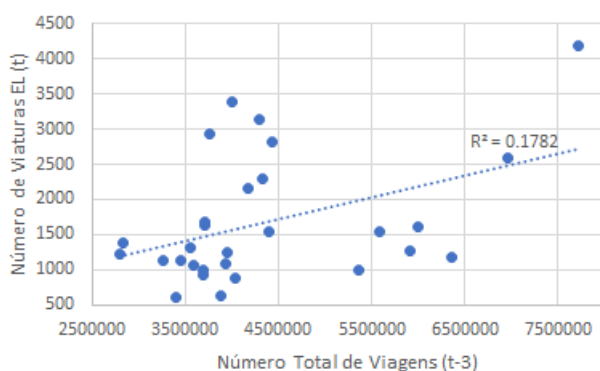


Figura 43 - Correlação entre as variáveis Nº de Viaturas EL e Número Total de Viagens

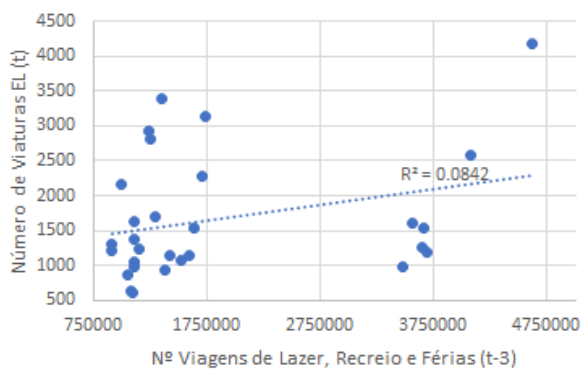


Figura 44 - Correlação entre as variáveis Nº de Viaturas EL e Nº Viagens de Lazer, Recreio e Férias

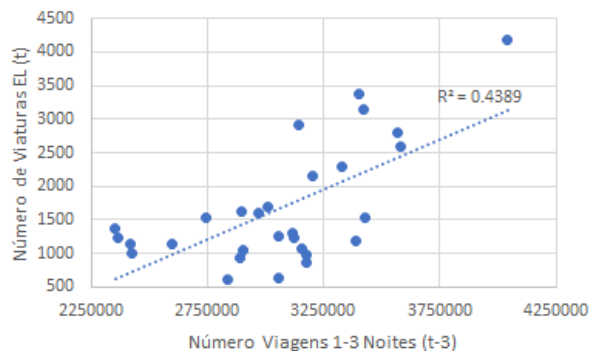


Figura 45 - Correlação entre as variáveis Nº de Viaturas EL e Nº Viagens 1-3 Noites



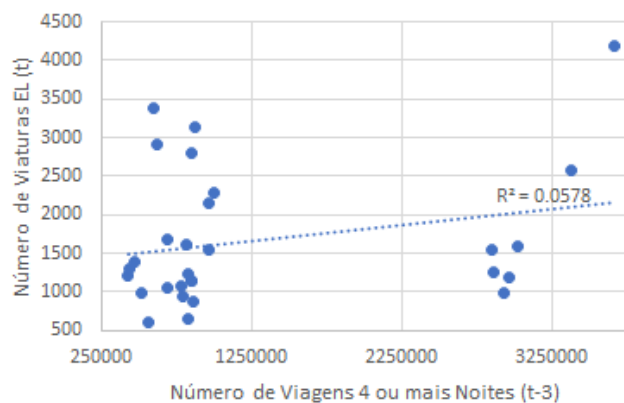


Figura 46 - Correlação entre as variáveis Nº de Viaturas EL e Nº Viagens 4 ou mais Noites

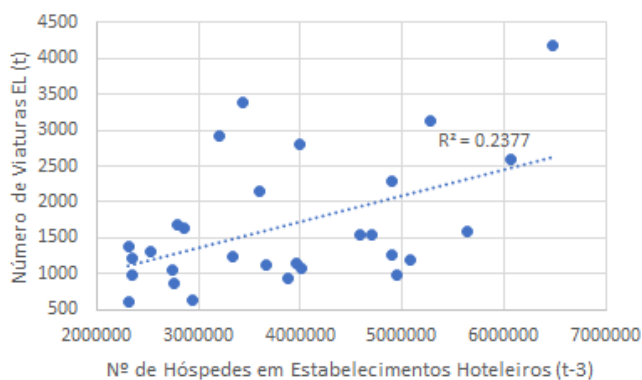


Figura 47 - Correlação entre as variáveis Nº de Viaturas EL e Nº de Hóspedes em Estabelec. Hoteleiros

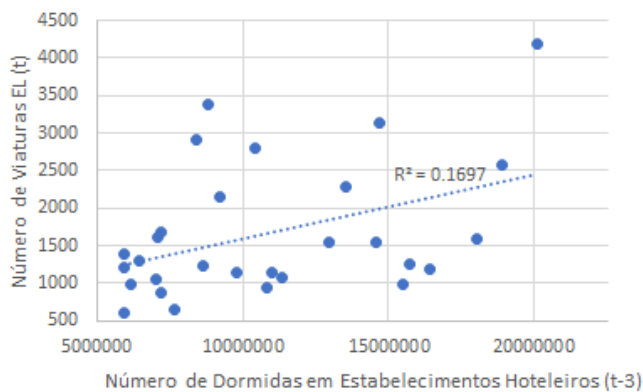


Figura 48 - Correlação entre as variáveis Nº de Viaturas EL e Nº de Dormidas em Estabelec. Hoteleiros

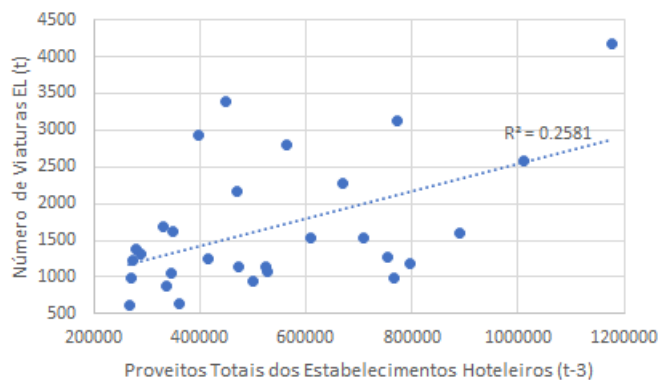


Figura 49 - Correlação entre as variáveis Nº de Viaturas EL e Proveitos Totais dos Estabelec. Hoteleiros

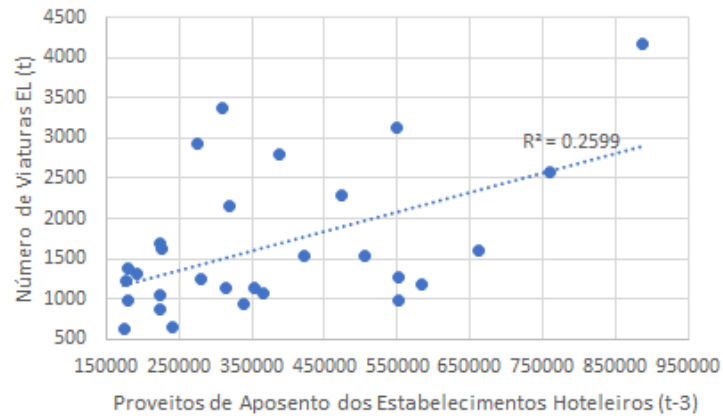


Figura 50 - Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e Prov. de Apos. dos Estabelec. Hoteleiros

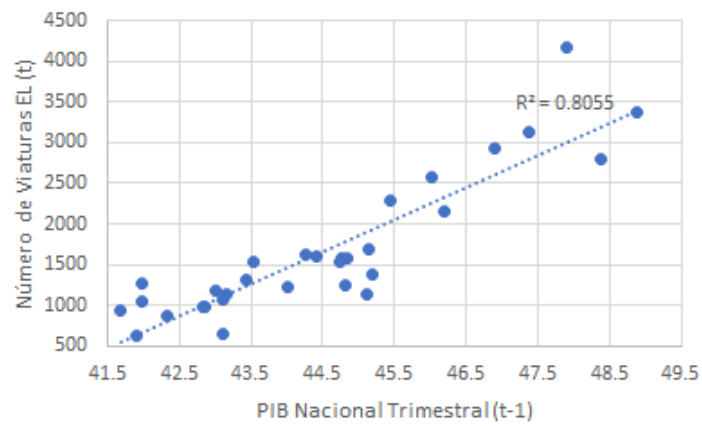


Figura 51 - Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e PIB Nacional Trimestral

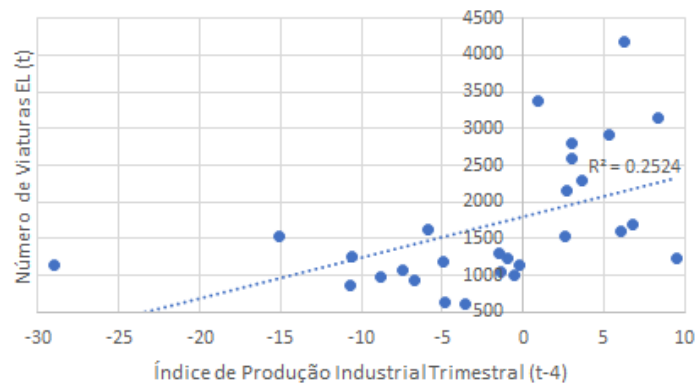


Figura 52 - Correlação entre as variáveis N° de Viaturas EL e Índice de Produção Industrial Trimestral

## Anexo 4 – Gráficos do Teste de Normalidade dos Modelos Trimestrais

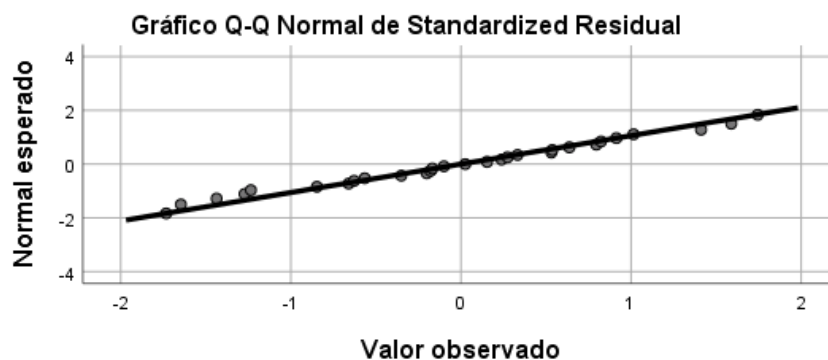


Figura 53 - Distribuição dos resíduos do modelo 1 em torno do gráfico Q-Q plot

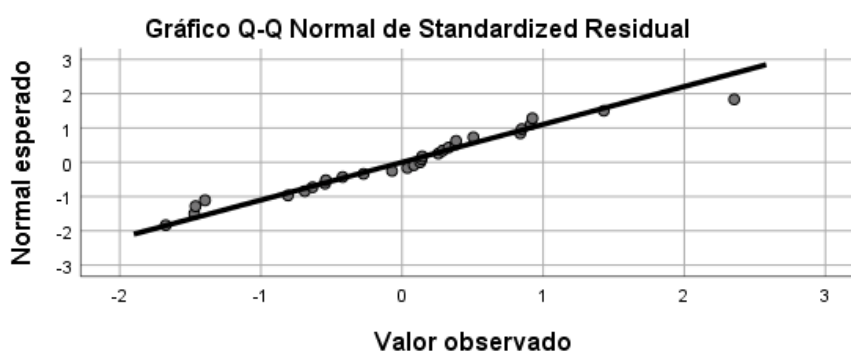


Figura 54 - Distribuição dos resíduos do modelo 2 em torno do gráfico Q-Q plot

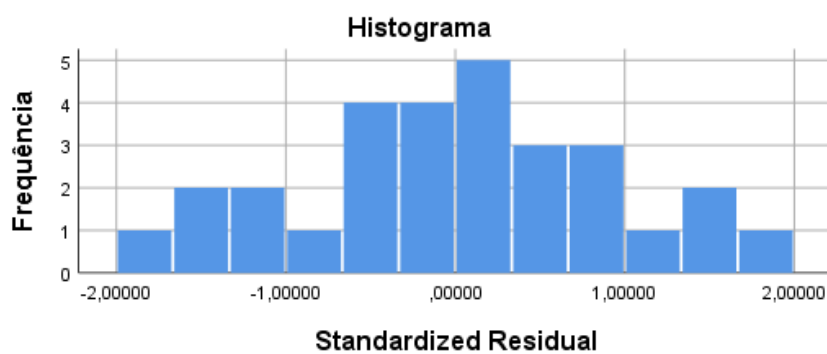


Figura 55 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 1

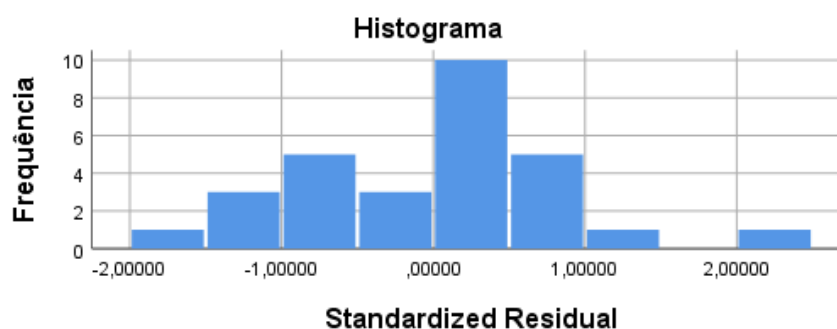


Figura 56 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 2

## Anexo 5 – Diagramas de Dispersão do Modelo Anual

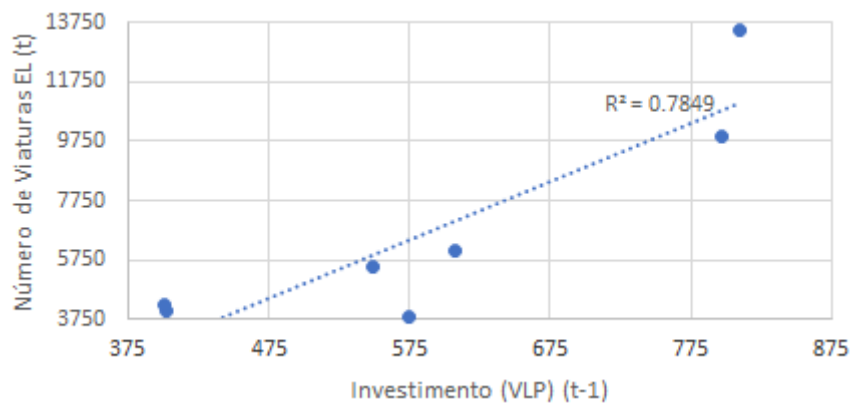


Figura 57 – Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Investimento (VLP)

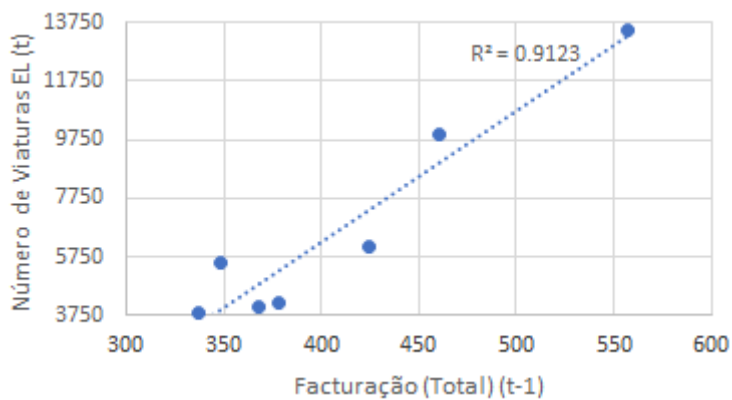


Figura 58 – Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Facturação (Total)

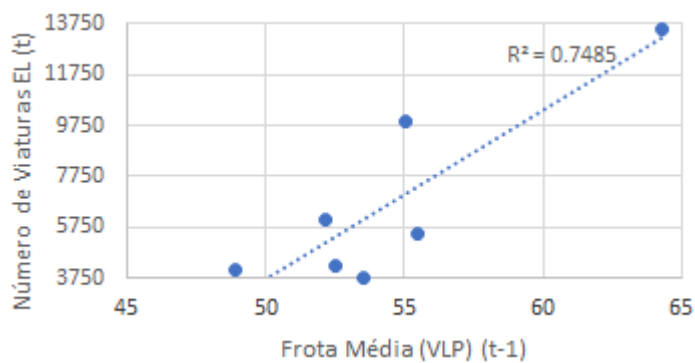


Figura 59 - Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Frota Média (VLP)

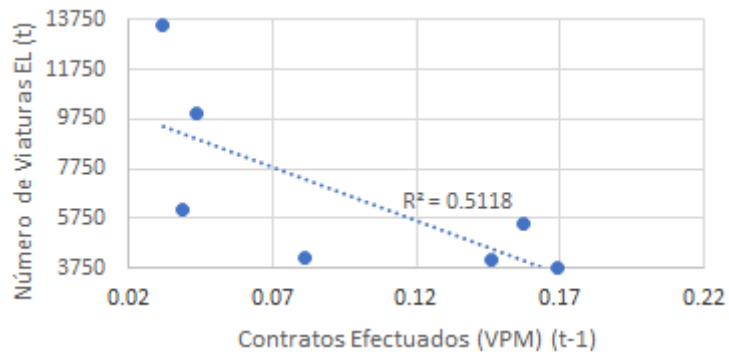


Figura 60 - Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Contratos Efectuados (VPM)

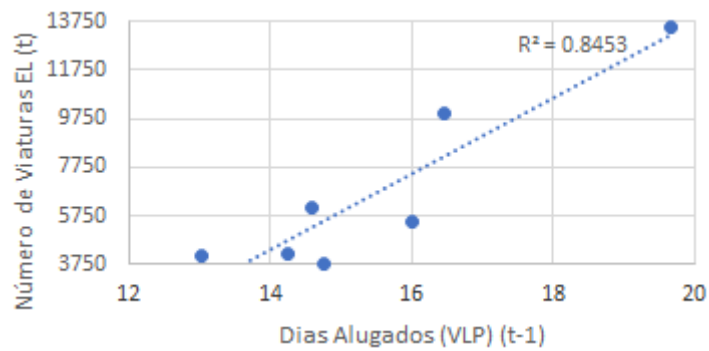


Figura 61 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Dias Alugados (VLP)

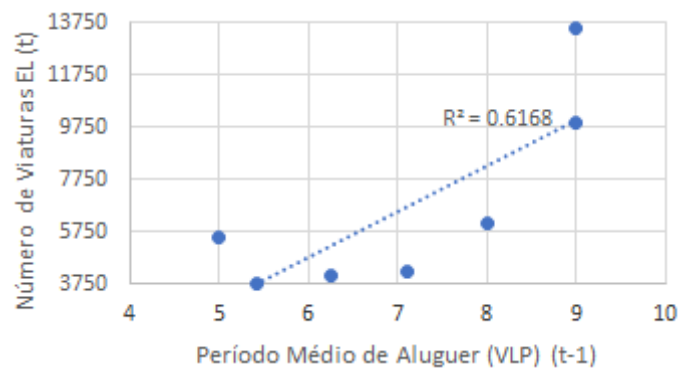


Figura 62 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Período Médio de Alquiler (VLP)

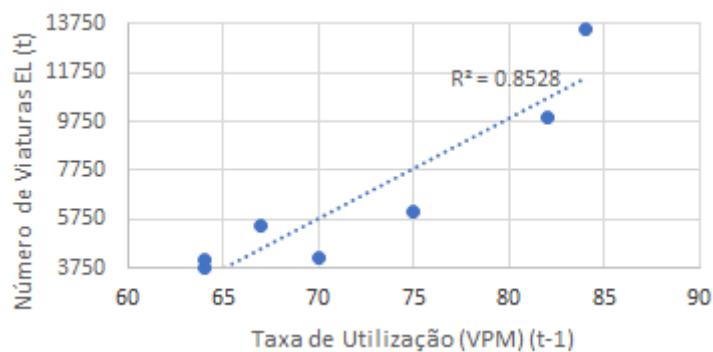


Figura 63 – Correlação entre as variáveis N° Viaturas EL e Taxa de Utilização (VPM)

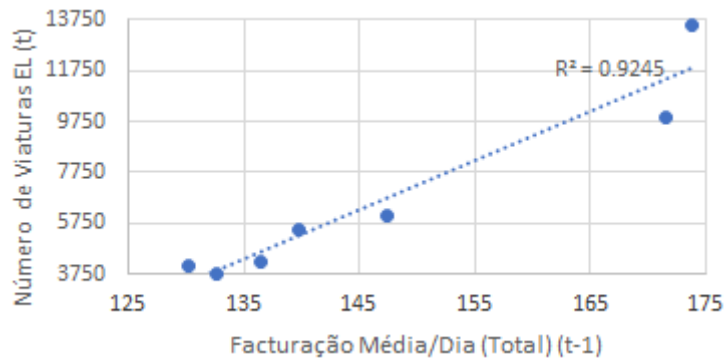


Figura 64 – Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Facturação Média/Dia (Total)

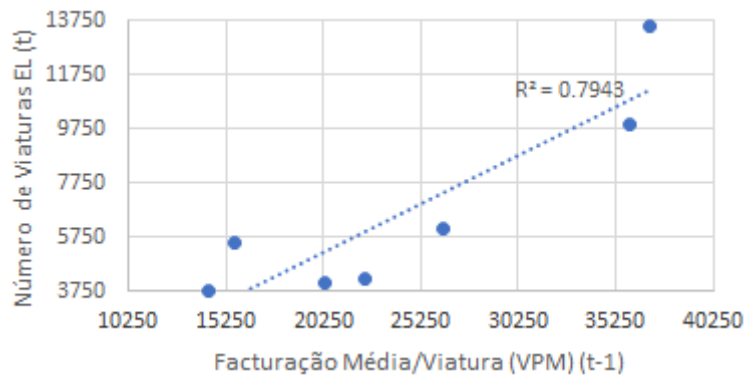


Figura 65 – Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Facturação Média/Viatura (VPM)

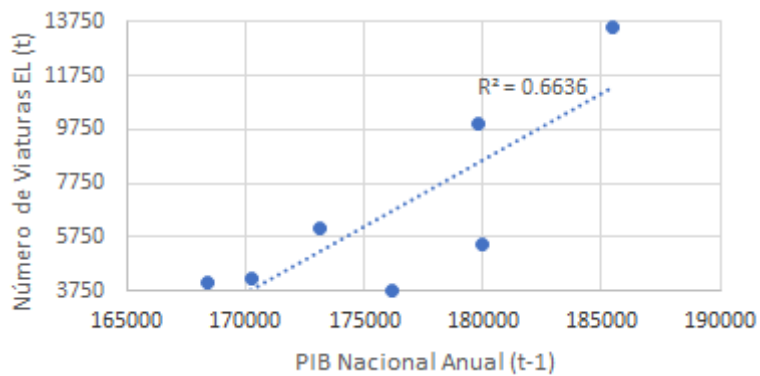


Figura 66 - Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e PIB Nacional Anual

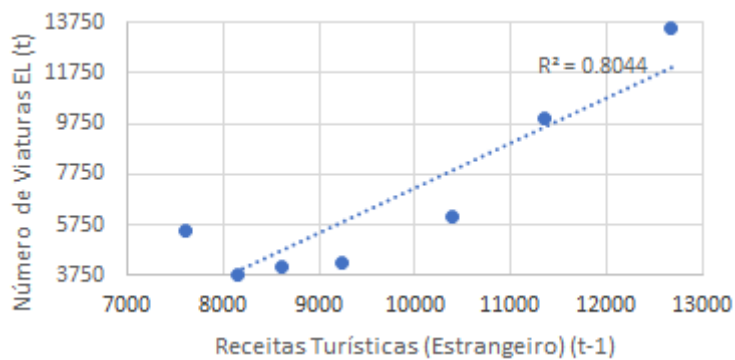


Figura 67 – Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Receitas Turísticas (Estrangeiro)

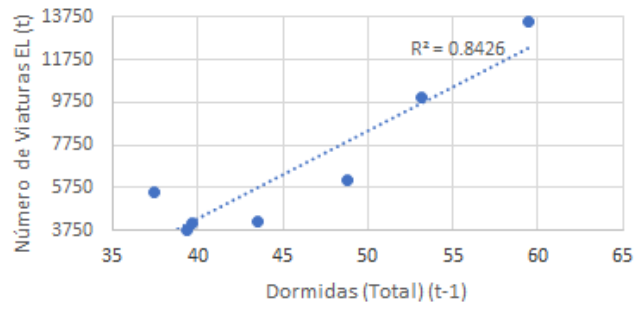


Figura 68 – Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Dormidas (Total)

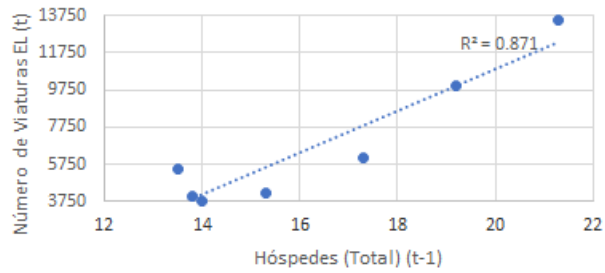


Figura 69 – Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Hóspedes (Total)

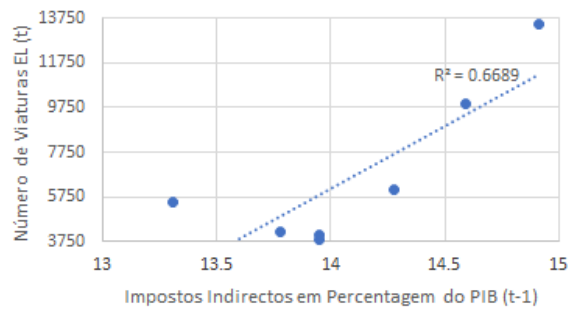


Figura 70 – Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Impostos Indirectos em % do PIB

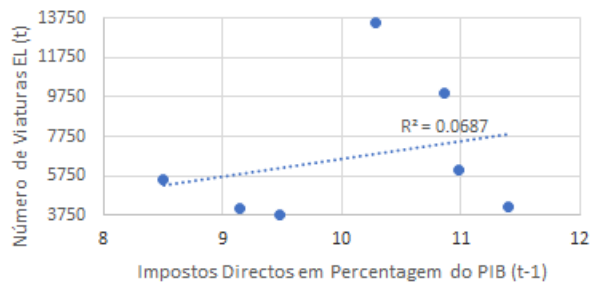


Figura 71 – Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Impostos Directos em % do PIB

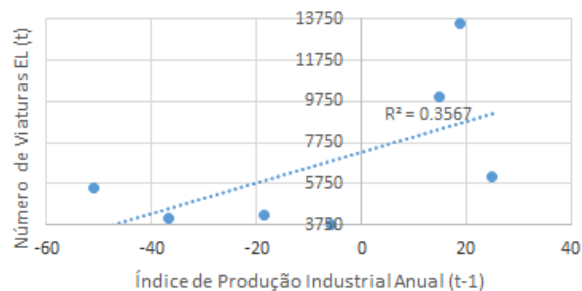


Figura 72 - Correlação entre as variáveis Nº Viaturas EL e Índice de Produção Industrial Anual

## Anexo 6 – Estatísticas Residuais dos Modelos Anuais

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	3395.3784	11843.8545	6732.2857	3513.21542	7
Residual	-1462.66699	1660.14502	.00000	1003.75064	7
Std. Predicted Value	-.950	1.455	.000	1.000	7
Std. Residual	-1.330	1.510	.000	.913	7

a. Dependent Variable: Número de Viaturas EL

*Tabela 45 – Média dos Resíduos do Modelo 1*

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	3535.9033	13394.4297	6732.2857	3608.49561	7
Residual	-817.62225	677.09674	.00000	573.54800	7
Std. Predicted Value	-.886	1.846	.000	1.000	7
Std. Residual	-1.164	.964	.000	.816	7

a. Dependent Variable: Número de Viaturas EL

*Tabela 46 – Média dos Resíduos do Modelo 2*

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	3964.2053	13465.9355	6732.2857	3637.86863	7
Residual	-661.09808	428.32190	.00000	340.74880	7
Std. Predicted Value	-.761	1.851	.000	1.000	7
Std. Residual	-1.372	.889	.000	.707	7

a. Dependent Variable: Número de Viaturas EL

*Tabela 47 – Média dos Resíduos do Modelo 3*

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	2991.5073	11000.7344	6732.2857	3237.01580	7
Residual	-2581.28662	2503.26538	.00000	1694.67596	7
Std. Predicted Value	-1.156	1.319	.000	1.000	7
Std. Residual	-1.390	1.348	.000	.913	7

a. Dependent Variable: Número de Viaturas EL

*Tabela 48 – Média dos Resíduos do Modelo 4*

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	2860.4055	12925.3994	6732.2857	3595.55834	7
Residual	-534.11615	1205.59436	.00000	649.73695	7
Std. Predicted Value	-1.077	1.722	.000	1.000	7
Std. Residual	-.671	1.515	.000	.816	7

a. Dependent Variable: Número de Viaturas EL

*Tabela 49 – Média dos Resíduos do Modelo 5*

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	3068,5076	13220,1631	6732,2857	3595,37750	7
Residual	-903,70740	997,49231	,00000	650,73694	7
Std. Predicted Value	-1,019	1,805	,000	1,000	7
Std. Residual	-1,134	1,252	,000	,816	7

a. Dependent Variable: Número de Viaturas EL

*Tabela 50 – Média dos Resíduos do Modelo 6*



## Anexo 7 – Dispersão dos Resíduos dos Modelos Anuais

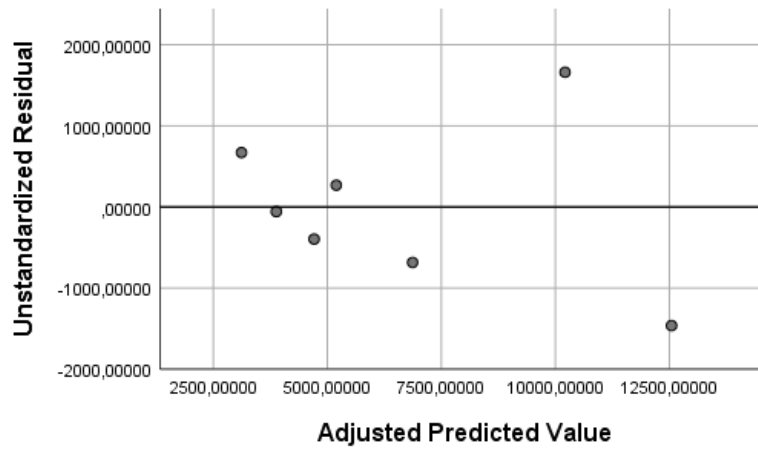


Figura 73 – Dispersão dos resíduos do modelo 1

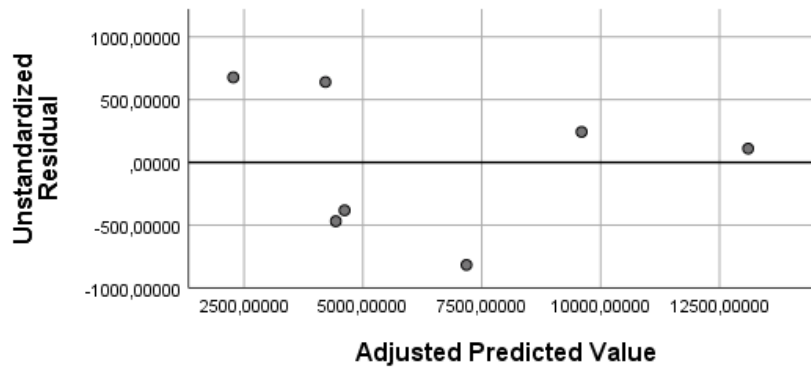


Figura 74 – Dispersão dos resíduos do modelo 2

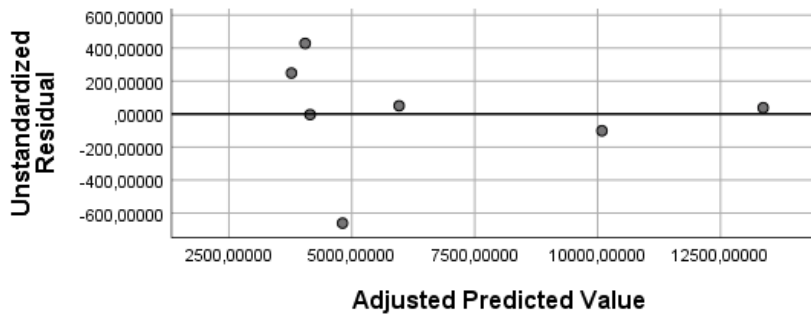


Figura 75 – Dispersão dos resíduos do modelo 3

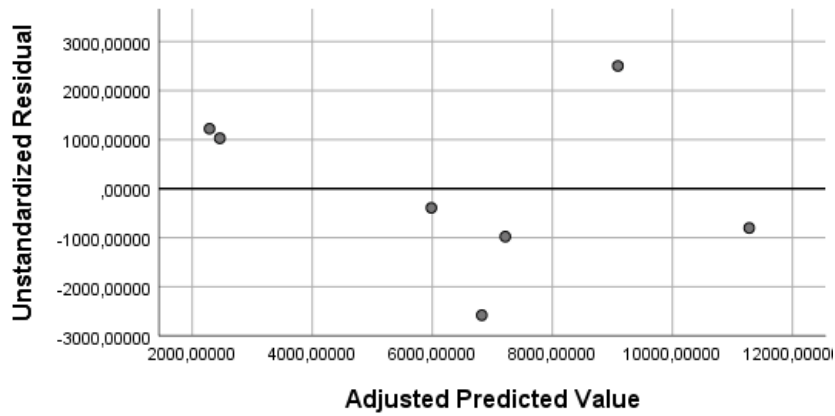


Figura 76 – Dispersão dos resíduos do modelo 4

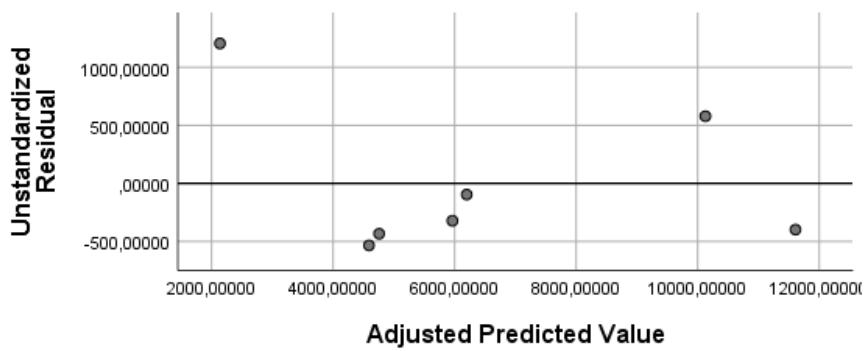


Figura 77 – Dispersão dos resíduos do modelo 5

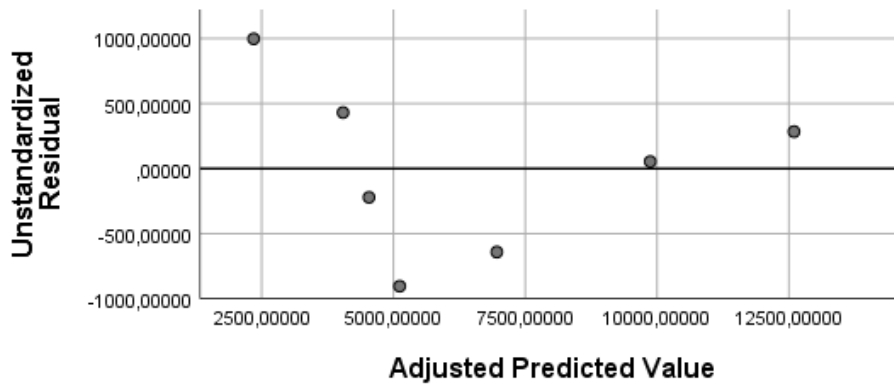


Figura 78 – Dispersão dos resíduos do modelo 6

## Anexo 8 – Testes de Homocedasticidade para os Modelos Anuais

```
----- Breusch-Pagan and Koenker test statistics and sig-values -----
              LM          Sig
BP            4,442      ,035
Koenker       6,265      ,012
```

Tabela 51 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 1

```
----- Breusch-Pagan and Koenker test statistics and sig-values -----
              LM          Sig
BP            ,878      ,645
Koenker       2,859      ,239
```

Tabela 52 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 2

```
----- Breusch-Pagan and Koenker test statistics and sig-values -----
              LM          Sig
BP            4,986      ,173
Koenker       4,341      ,227
```

Tabela 53 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 3

```
----- Breusch-Pagan and Koenker test statistics and sig-values -----
              LM          Sig
BP            ,412      ,521
Koenker       ,761      ,383
```

Tabela 54 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 4

```
----- Breusch-Pagan and Koenker test statistics and sig-values -----
              LM          Sig
BP            ,894      ,640
Koenker       1,121      ,571
```

Tabela 55 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 5

```
----- Breusch-Pagan and Koenker test statistics and sig-values -----
              LM          Sig
BP            1,338      ,512
Koenker       2,605      ,272
```

Tabela 56 – Testes de homocedasticidade de Breusch-Pagan e de Koenker-Bassett para o modelo 6

## Anexo 9 – Teste de Durbin-Watson para os Modelos Anuais

### Resumo do modelo<sup>b</sup>

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,962 <sup>a</sup>	,925	,909	1099,55374	2,020

a. Preditores: (Constante), Facturação Média/Dia

b. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

Tabela 57 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 1

### Resumo do modelo<sup>b</sup>

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,988 <sup>a</sup>	,975	,963	702,44997	2,906

a. Preditores: (Constante), Impostos Directos em % do PIB, Hóspedes

b. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

Tabela 58 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 2

### Resumo do modelo<sup>b</sup>

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,996 <sup>a</sup>	,991	,983	481,89157	2,533

a. Preditores: (Constante), Receitas Turísticas Estrangeiro, PIB, Dormidas

b. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

Tabela 59 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 3

### Resumo do modelo<sup>b</sup>

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,886 <sup>a</sup>	,785	,742	1856,42450	1,953

a. Preditores: (Constante), Investimento

b. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

Tabela 60 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 4

### Resumo do modelo<sup>b</sup>

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,984 <sup>a</sup>	,968	,953	795,76200	2,731

a. Preditores: (Constante), Frota Média, Facturação Média/Dia

b. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

Tabela 61 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 5

### Resumo do modelo<sup>b</sup>

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,984 <sup>a</sup>	,968	,952	796,98673	2,988

a. Preditores: (Constante), Receitas Turísticas Estrangeiro, PIB

b. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

Tabela 62 – Valor estimado do teste Durbin-Watson para o modelo 6

## Anexo 10 - Gráficos do Teste de Normalidade dos Modelos Anuais

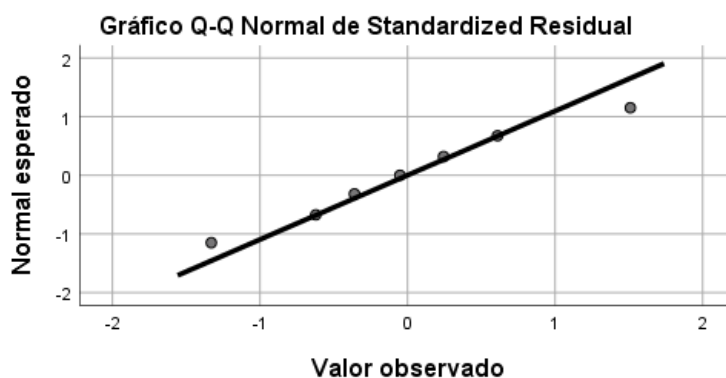


Figura 79 - Distribuição dos resíduos do modelo 1 em torno do gráfico Q-Q plot

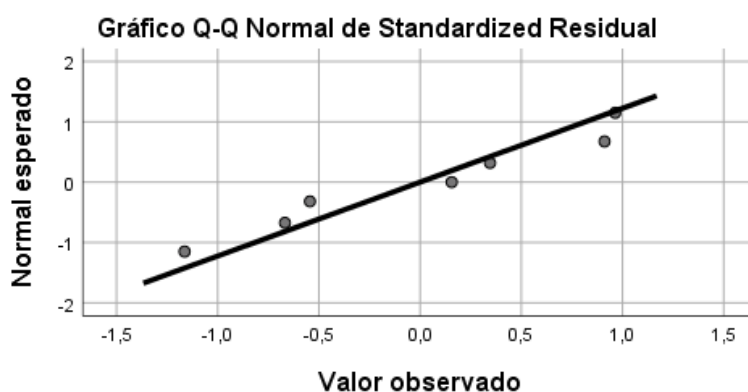


Figura 80 - Distribuição dos resíduos do modelo 2 em torno do gráfico Q-Q plot

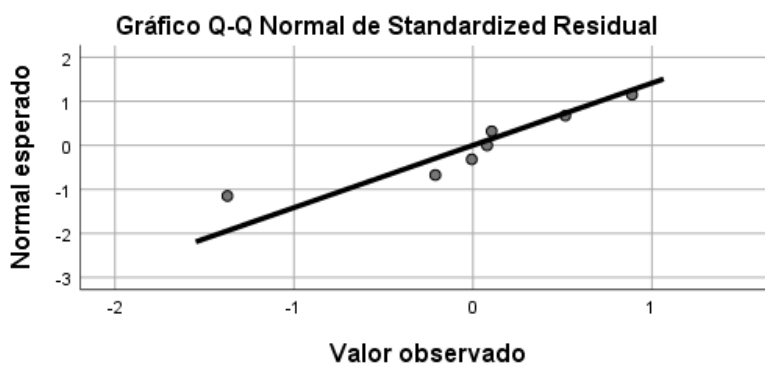


Figura 81 - Distribuição dos resíduos do modelo 3 em torno do gráfico Q-Q plot

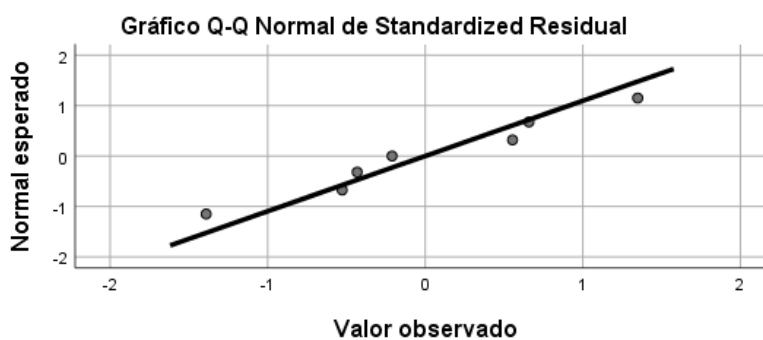


Figura 82 - Distribuição dos resíduos do modelo 4 em torno do gráfico Q-Q plot

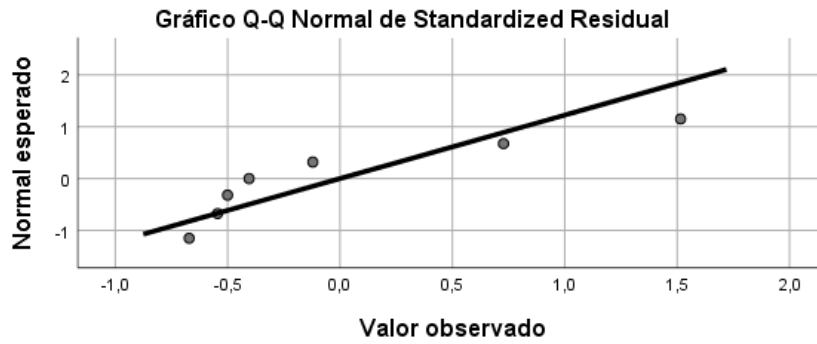


Figura 83 - Distribuição dos resíduos do modelo 5 em torno do gráfico Q-Q plot

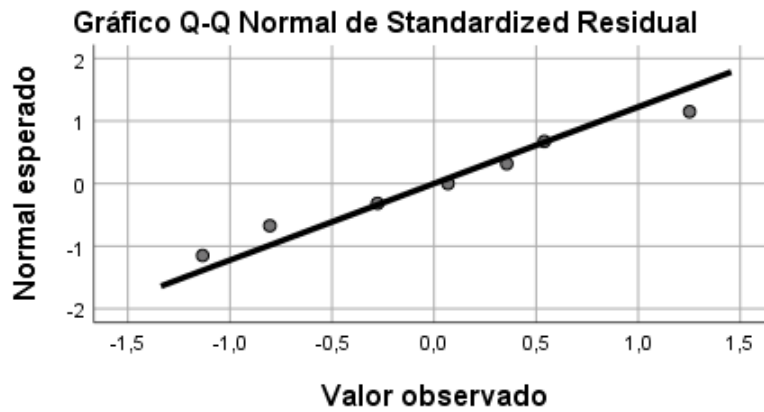


Figura 84 - Distribuição dos resíduos do modelo 6 em torno do gráfico Q-Q plot

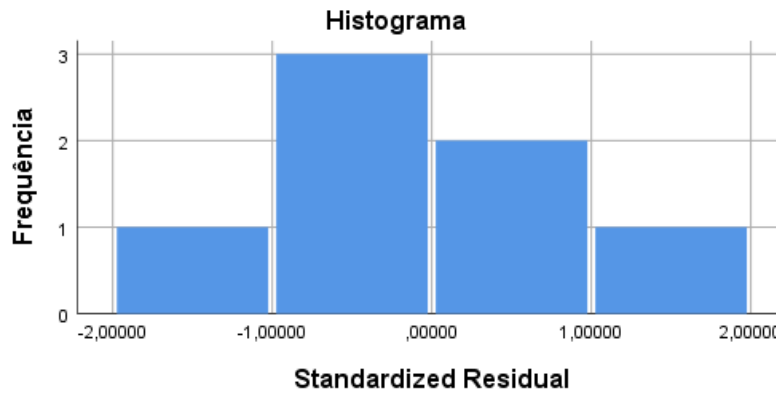


Figura 85 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 1

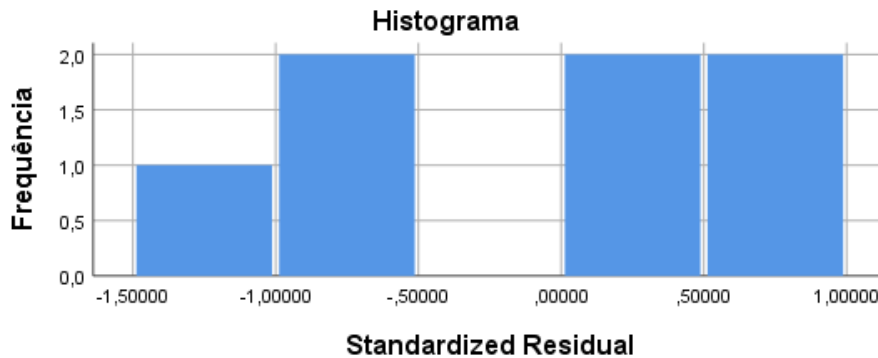


Figura 86 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 2

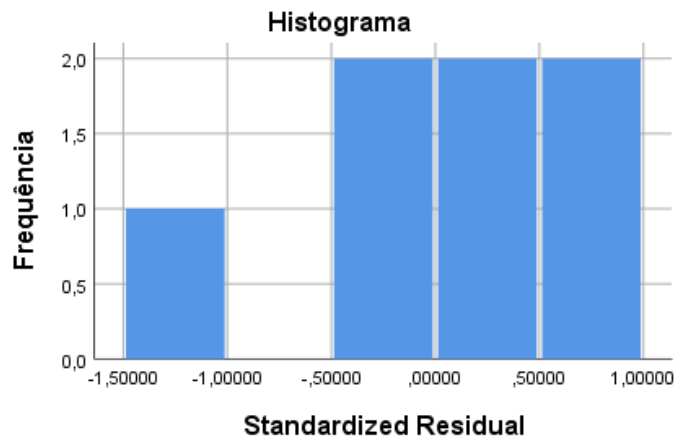


Figura 87 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 3

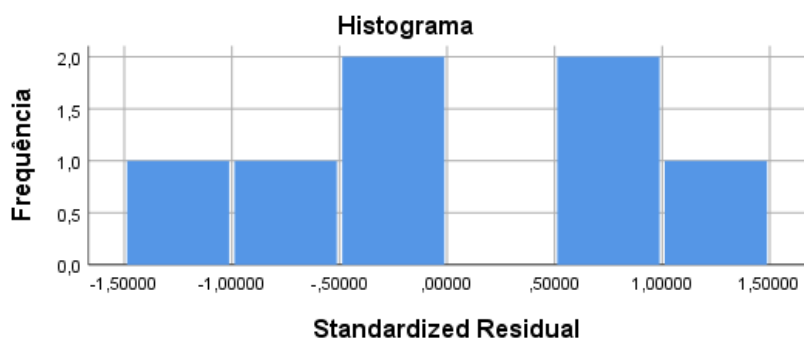


Figura 88 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 4

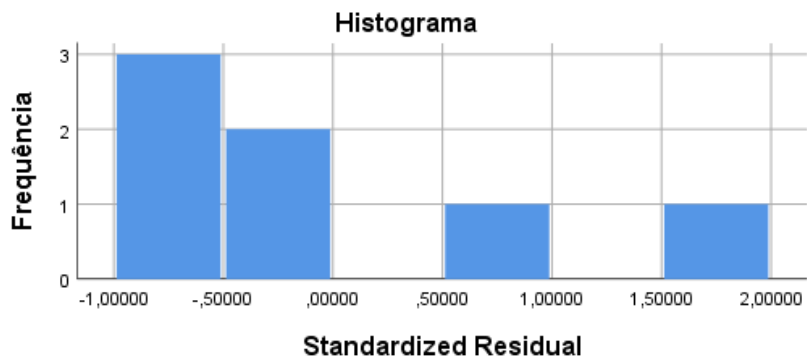


Figura 89 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 5

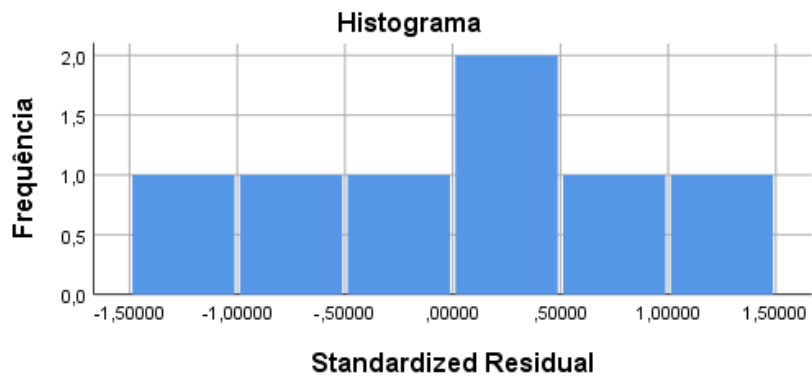


Figura 90 – Histograma dos resíduos estandardizados do modelo 6

## Anexo 11 – Testes de Normalidade dos Modelos Anuais

### Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Standardized Residual	,109	7	,200 <sup>*</sup>	,993	7	,998

\*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Tabela 63 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 1

### Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Standardized Residual	,176	7	,200 <sup>*</sup>	,931	7	,561

\*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Tabela 64 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 2

### Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Standardized Residual	,240	7	,200 <sup>*</sup>	,901	7	,340

\*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Tabela 65 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 3

### Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Standardized Residual	,163	7	,200 <sup>*</sup>	,972	7	,914

\*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Tabela 66 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 4

### Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Standardized Residual	,273	7	,123	,811	7	,053

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Tabela 67 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 5

### Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Standardized Residual	,124	7	,200 <sup>*</sup>	,983	7	,975

\*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Tabela 68 – Testes de aderência à normalidade para o modelo 6



## Anexo 12 – Tabelas da ANOVA dos Modelos Anuais

### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	74056095,34	1	74056095,34	61,253	,001 <sup>b</sup>
	Resíduo	6045092,092	5	1209018,418		
	Total	80101187,43	6			

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

b. Preditores: (Constante), Facturação Média/Dia

*Tabela 69 – Tabela da ANOVA do modelo 1*

### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	78127443,58	2	39063721,79	79,167	,001 <sup>b</sup>
	Resíduo	1973743,848	4	493435,962		
	Total	80101187,43	6			

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

b. Preditores: (Constante), Impostos Directos em % do PIB, Hóspedes

*Tabela 70 – Tabela da ANOVA do modelo 2*

### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	79404528,96	3	26468176,32	113,979	,001 <sup>b</sup>
	Resíduo	696658,464	3	232219,488		
	Total	80101187,43	6			

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

b. Preditores: (Constante), Receitas Turísticas Estrangeiro, PIB, Dormidas

*Tabela 71 – Tabela da ANOVA do modelo 3*

### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	62869627,81	1	62869627,81	18,243	,008 <sup>b</sup>
	Resíduo	17231559,62	5	3446311,923		
	Total	80101187,43	6			

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

b. Preditores: (Constante), Investimento

*Tabela 72 – Tabela da ANOVA do modelo 4*

### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	77568238,80	2	38784119,40	61,247	,001 <sup>b</sup>
	Resíduo	2532948,630	4	633237,157		
	Total	80101187,43	6			

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

b. Preditores: (Constante), Frota Média, Facturação Média/Dia

*Tabela 73 – Tabela da ANOVA do modelo 5*

### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	77560436,02	2	38780218,01	61,053	,001 <sup>b</sup>
	Resíduo	2540751,411	4	635187,853		
	Total	80101187,43	6			

a. Variável Dependente: Número de Viaturas EL

b. Preditores: (Constante), Receitas Turísticas Estrangeiro, PIB

*Tabela 74 – Tabela da ANOVA do modelo 6*

### Anexo 13 – Volume de Saídas Previsto vs Volume de Saídas Observado (Modelos Anuais)

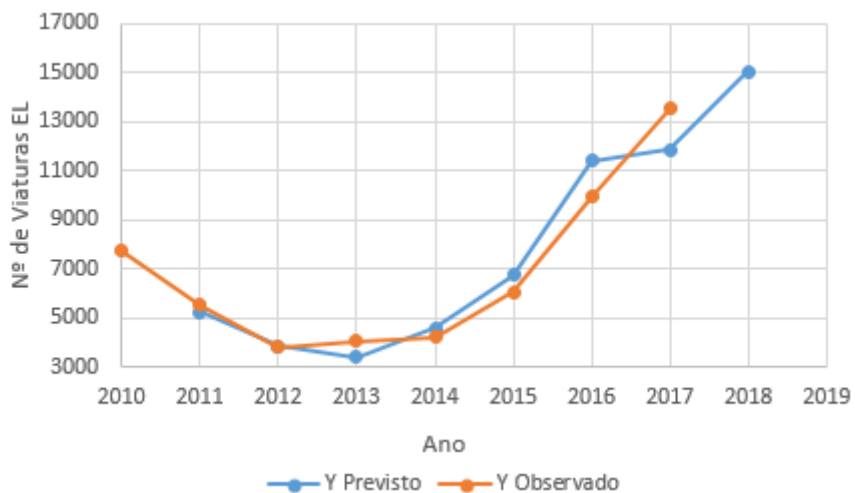


Figura 91 – Y previsto vs Y observado para o modelo 1

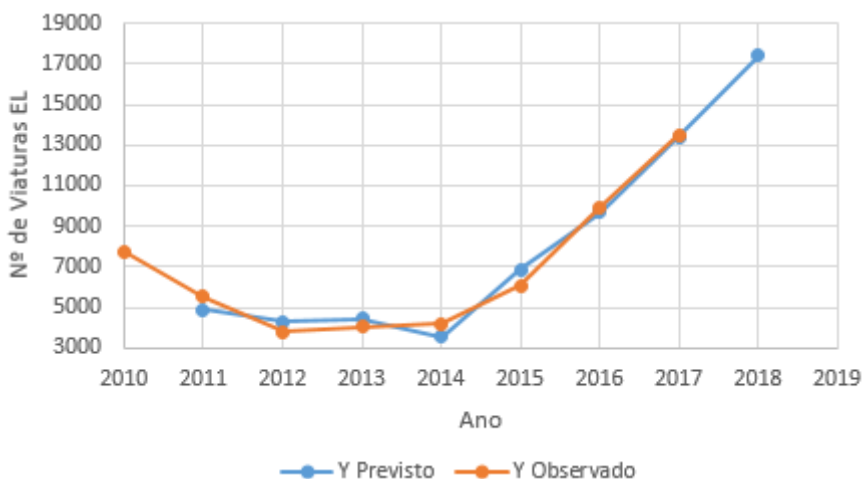


Figura 92 – Y previsto vs Y observado para o modelo 2

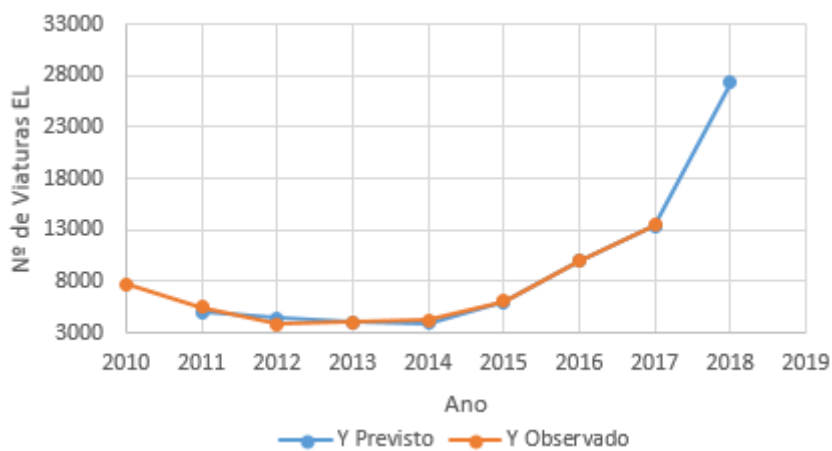


Figura 93 – Y previsto vs Y observado para o modelo 3

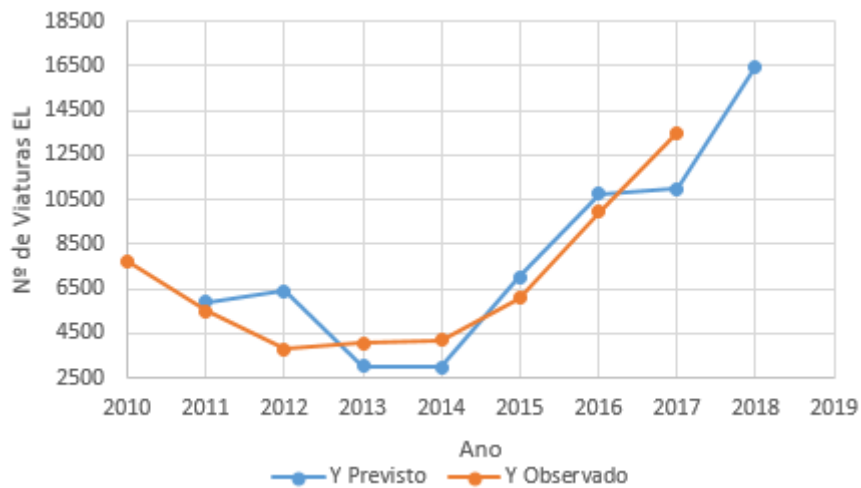


Figura 94 – Y previsto vs Y observado para o modelo 4

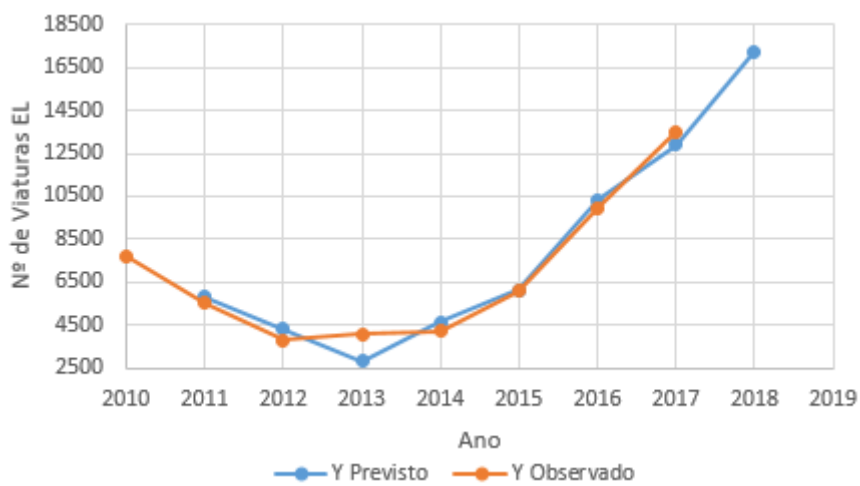


Figura 95 – Y previsto vs Y observado para o modelo 5

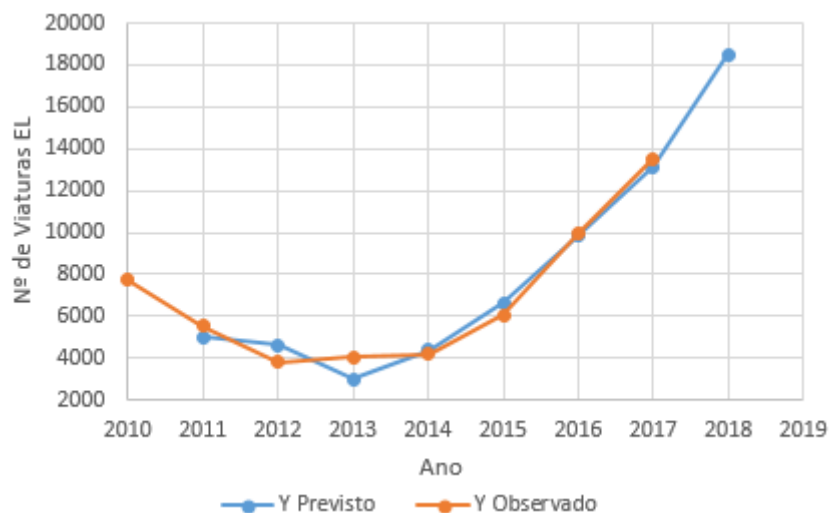


Figura 96 – Y previsto vs Y observado para o modelo 6

## Anexo 14 – Coeficientes de Correlação de Pearson e Tabelas de Apoio ao Teste de Durbin-Watson

Valor de $\rho$	Qualificação
$0,00 <  \rho  < 0,20$	A correlação linear é praticamente inexistente
$0,20 \leq  \rho  < 0,40$	Existe uma correlação linear muito fraca
$0,40 \leq  \rho  < 0,70$	Existe uma correlação linear de fraca a moderada
$0,70 \leq  \rho  < 0,90$	Existe uma correlação linear forte
$0,90 \leq  \rho  < 1,00$	Existe uma correlação linear muito forte
$ \rho  = 1,00$	Existe uma correlação linear perfeita

Tabela 75 - Qualificação para os Coeficientes de Correlação de Pearson. Fonte: Draper e Smith (1981)

Zona de Rejeição e de não-rejeição de $H_0$					
$dw$	$[0; d_L[$	$[d_L; d_U[$	$[d_U; 4 - d_U[$	$[4 - d_U; 4 - d_L[$	$[4 - d_L; 4]$
Decisão	Rejeitar $H_0$	Nada se pode concluir	Não rejeitar $H_0$	Nada se pode concluir	Rejeitar $H_0$
	Auto-correlação positiva		Os resíduos são independentes		Auto-correlação negativa

Tabela 76 - Tabela de decisão em função de  $d_L$  e  $d_U$ . Fonte: Maroco (2014)

		para $\alpha = 0.05$													
n \ p		1		2		3		4		5		10		15	
		$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$
6		0.61	1.40												
10		0.88	1.32	0.70	1.64	0.53	2.02	0.38	2.41	0.24	2.82				
20		1.20	1.41	1.10	1.54	1.00	1.68	0.89	1.83	0.79	1.99	0.34	2.89	0.06	3.68
30		1.35	1.49	1.28	1.57	1.21	1.65	1.14	1.74	1.07	1.83	0.71	2.36	0.39	2.94
40		1.44	1.54	1.39	1.60	1.34	1.66	1.29	1.72	1.23	1.79	0.95	2.15	0.68	2.56
50		1.50	1.59	1.46	1.63	1.42	1.67	1.38	1.72	1.34	1.77	1.11	2.05	0.88	2.35
60		1.55	1.62	1.51	1.65	1.48	1.69	1.44	1.73	1.41	1.77	1.22	1.98	1.03	2.28
70		1.58	1.64	1.55	1.67	1.53	1.70	1.49	1.74	1.46	1.77	1.31	1.95	1.14	2.15
80		1.61	1.66	1.59	1.69	1.56	1.72	1.53	1.74	1.51	1.77	1.37	1.93	1.22	2.09
90		1.64	1.68	1.61	1.70	1.59	1.73	1.57	1.75	1.54	1.78	1.42	1.91	1.29	2.06
100		1.65	1.69	1.63	1.72	1.61	1.74	1.59	1.76	1.57	1.78	1.46	1.90	1.35	2.03
200		1.76	1.78	1.75	1.79	1.74	1.8	1.73	1.81	1.72	1.82	1.67	1.87	1.61	1.93

Tabela 77 - Valores críticos de  $d_L$  e  $d_U$ . Fonte: Maroco (2014)

Com:

$n$  = número de observações;

$p$  = número de variáveis independentes sem contar com o ponto de intercepção

## Anexo 15 – Séries Cronológicas

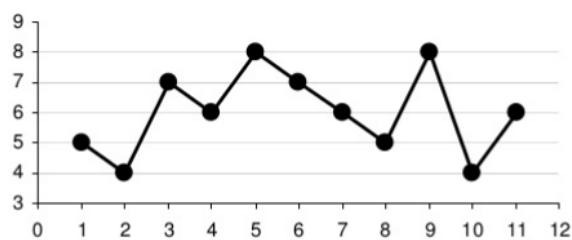


Figura 97 - Série puramente aleatória (ruído branco). Fonte: <https://pt.slideshare.net/CarlosPimentelGeocientista/anlise-de-sries-cronologicas>

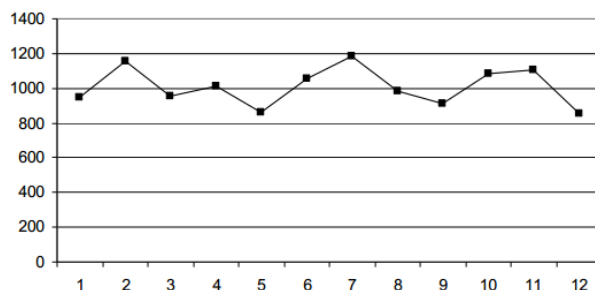


Figura 98 - Série (localmente) estacionária (com autocorrelação). Fonte: Slides da Unidade Curricular Fundamentos de Investigação Operacional 2014-2015- Modelos de Previsão

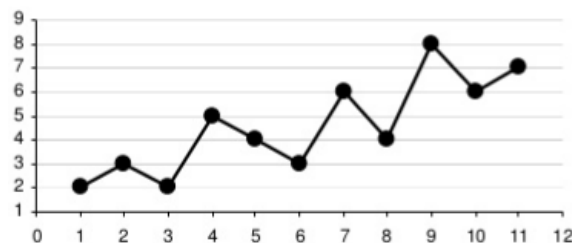


Figura 99 - Série com tendência. Fonte: <https://pt.slideshare.net/CarlosPimentelGeocientista/anlise-de-sries-cronologicas>

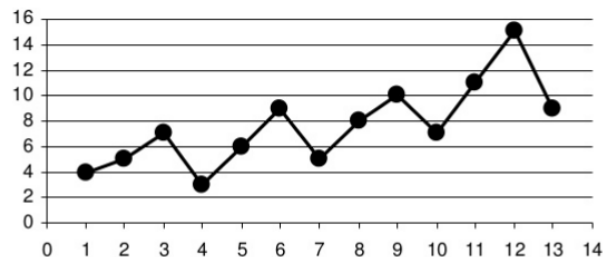


Figura 100 - Série com tendência e sazonalidade. Fonte: <https://pt.slideshare.net/CarlosPimentelGeocientista/anlise-de-sries-cronologicas>

## Anexo 16 – Tendências da Indústria Rent-a-Car

### Internet

As melhorias da infra-estrutura da internet tornaram consideravelmente mais fácil para as rent-a-car exporem os seus produtos e serviços, traduzindo-se em benefícios de marketing (Car Hire Excess. Insure, 2017). As empresas podem recorrer a sites e páginas de media social para atraírem e comunicarem com clientes, bem como anunciarem promoções, tarifas, cupões de desconto, disponibilidade de carros e detalhes de rastreamento em tempo real aos consumidores, por exemplo (Cision PR Newswire, 2018). Hoje em dia, a internet será provavelmente a primeira via a que os consumidores recorrem quando procuram uma empresa de aluguer de automóveis, sendo ainda possível comparar num curto espaço de tempo várias empresas diferentes. A internet oferece ainda grandes benefícios no desenvolvimento das operações de aluguer de automóveis, uma vez que é possível integrar diferentes sistemas digitais individuais de uma empresa. A crescente tendência no uso da internet para personalizar viagens e realizar reservas online é esperada que impulse o uso desta tecnologia na indústria. A implementação da tecnologia nesses serviços torna todo o processo mais seguro, rápido, confiável, fácil e conveniente para os consumidores (Grand View Research, 2016).

### Smartphones

Os smartphones contribuíram para um maior alcance da internet, permitindo que os consumidores acedam à mesma onde quer que estejam. Muitas rent-a-car adoptaram a tecnologia, desenvolvendo websites e aplicações compatíveis com dispositivos móveis de modo a que os seus clientes possam fazer reservas com maior facilidade e rapidez (Car Hire Excess. Insure, 2017), utilizando o serviço com maior frequência do que quando usavam um computador que, por sua vez, continua a ser mais propício ao planeamento de alugueres automóveis com maior antecedência. Por outras palavras, os smartphones criaram um novo caminho/canal para o consumo - parte da definição clássica de **tecnologia disruptiva** (MIT Technology Review, 2010).

Lançada em 2009, a aplicação da empresa Zipcar para o iPhone permite que as pessoas que fizerem o download da mesma a utilizem para localizar o veículo disponível mais próximo e até mesmo que este buzine, de modo a que o consumidor o localize mais facilmente, tornando mais fácil para os clientes encontrar automóveis onde e quando quiserem.

A Zipcar, ao permitir que os clientes reservem carros espontaneamente com os seus smartphones, em vez de efectuar reservas antecipadamente via computador, conseguiu facilitar o complexo processo de gestão logística, uma vez que, ao invés das rent-a-car de grande dimensão, esta organiza muitos alugueres de curto prazo em diversos locais.

Esta aplicação serve cada vez mais como interface entre a Zipcar e os seus clientes, permitindo à empresa operar sem nenhuma instalação física.

Uma vez que a Zipcar demonstrou que uma aplicação móvel e um software especializado podem ajudar a simplificar e enfrentar os desafios logísticos associados ao compartilhamento automóvel, outras empresas estão a seguir os mesmos passos (MIT Technology Review, 2010).

A Avis, que é proprietária da Zipcar desde 2013, adoptou uma abordagem diferente. Com a sua aplicação Avis Now, os clientes preferenciais da empresa recebem uma notificação automática da localização do veículo alugado e uma fotografia do mesmo ao chegar ao parque de aluguer automóvel (NY Times, 2016).

Os clientes podem usar a aplicação Avis Now para trocar de carro enquanto estes ainda estão no lote, confirmar o nível de combustível, a quilometragem e devolver o carro sem qualquer tipo de assistência. Com os veículos da Avis que possuem tecnologia conectada, o aplicativo também permite que o cliente abra as portas e acenda as luzes dos mesmos, de modo a facilitar a sua localização (NY Times, 2016). Como os clientes preferem cada vez mais evitar lidar pessoalmente com alguém quando vão adquirir o seu veículo alugado, este tipo de inovação de **autoatendimento** irá provavelmente tornar-se uma característica fundamental no futuro do aluguer automóvel (Car Hire Excess. Insure, 2017).

## Car-sharing

O compartilhamento de carros é um tipo de aluguer automóvel que se diferencia do aluguer de carros tradicional (Hertz, Enterprise, Europcar, entre outros) por ser concebido para ser conveniente para pessoas que querem alugar carros por curtos períodos de tempo (poucas horas) e pagar apenas pelo seu uso (com base no tempo de posse do carro e na distância percorrida). O carsharing permite ainda que os seus usuários acessem a um carro a qualquer hora, não apenas em horário comercial, e de um modo mais conveniente, uma vez que os automóveis encontram-se em estacionamentos reservados espalhados pelas cidades, tornando o compartilhamento automóvel mais prático para pessoas que não possuam um automóvel (TreeHugger, 2010).

Modelos de compartilhamento de carros, como os utilizados pelas empresas Uber e Zipcar, tiveram um enorme impacto nas empresas tradicionais de aluguer de carros e de táxis. Simultaneamente, isso impulsionou as rent-a-car a expandir e encontrar oportunidades nessa mudança de tendências dos clientes. As plataformas de compartilhamento de carros podem ser utilizadas em computadores ou por meio de aplicações para smartphones e permitem o rápido transporte porta-a-porta através de um processo simples e rápido. Os consumidores seleccionam o seu local de recolha e destino, visualizam uma estimativa de custo e aguardam por um carro que, por norma, chega em poucos minutos. O pagamento é efectuado online e as informações de pagamento são armazenadas num arquivo, não existindo portanto necessidade de pagar o serviço em dinheiro. A simplicidade e conveniência de uso fizeram com que muitos consumidores optassem agora por empresas como a Uber e a Zipcar, quando anteriormente recorriam a empresas tradicionais de aluguer de carros e táxis (Car Hire Excess. Insure, 2017).

As primeiras resoluções ou medidas que as principais rent-a-car implementaram para tentar lutar contra a crescente popularidade do compartilhamento automóvel foi realizar alugueres de carros por hora, o que resultou na conquista de uma fracção ou percentagem dessa nova procura. No entanto, dado que a tendência de compartilhamento de carros não está a diminuir, é de se esperar que as rent-a-car encontrem novas e engenhosas maneiras de tentar manter a sua participação de mercado. Os líderes da indústria de aluguer de carros, como a Hertz Global Holdings e o Avis Budget Group, estão a alcançar resultados positivos ao combinar o tamanho da sua frota com a procura real do mercado e vendendo todos os veículos extra. A Hertz está ainda a levar esse desafio um passo adiante ao encontrar fontes adicionais de receita, ao oferecer os seus conhecimentos em soluções de gestão de frotas às empresas Uber e Lyft, e ao vender os seus veículos a empresas de compartilhamento automóvel (LinkedIn, 2018).

Por outro lado, as empresas de aluguer de carros com grande experiência operacional em gestão de frotas, logística e operações gerais de alocação de frota, estão numa posição privilegiada para adicionar o conceito de compartilhamento automóvel ao seu portfólio. No entanto, é essencial adaptar as práticas de trabalho e garantir que a plataforma de TI é actualizada, de forma a lidar com as mudanças. Um exemplo dessa estratégia foi a aquisição da Zipcar pela empresa Avis Budget (ERP Software Blog, 2017).

## Veículos Amigos do Ambiente

Com o aumento populacional e do nível de poluição, a indústria de aluguer automóvel tem sofrido uma drástica transformação nos últimos anos, tornando-se uma das indústrias mais importantes no transporte de viaturas (Allied Market Research, 2017), auxiliada pelo facto de o aluguer de viaturas contribuir para reduzir o nível de poluição, ao reduzir as vendas volumétricas de veículos próprios (Allied Market Research, 2017). O facto de os consumidores e reguladores estarem preocupados com as alterações climáticas, está a colocar pressão nos fabricantes de automóveis para reduzirem as emissões de dióxido de carbono e portanto, produzirem carros que sejam mais amigos do ambiente (*green e eco-friendly*) (Goldmansachs, 2015). Mudar o foco para este tipo de veículos não só proporcionará uma alternativa mais económica aos clientes, como também contribuirá para aumentar a consciencialização sobre a poluição e os efeitos negativos que esta tem sobre o meio ambiente (LinkedIn, 2018). Além disso, a utilização dos designados veículos verdes consiste na maneira mais económica de melhorar a eficiência energética e reduzir as emissões de dióxido de carbono (Zion Market Research, 2018). Para algumas rent-a-car esta medida pode ser uma

alternativa estratégica aos preços mais altos do petróleo e, para outras, pode ser apenas uma necessidade face aos rigorosos padrões de emissão que os governos estão a impor em alguns países (LinkedIn, 2018).

## **Carros Eléctricos**

Devido à crescente preocupação com o meio ambiente, tem sido dada muita atenção ao desenvolvimento de veículos que permitam reduzir as emissões de dióxido de carbono. Vários tipos de carros híbridos têm sido produzidos desde o final do século XIX. No entanto, apenas recentemente os carros híbridos e eléctricos entraram no mercado de massa, o que se deve principalmente às dificuldades em criar baterias que apresentem uma duração suficiente, de modo a torná-las práticas, e devido à falta de locais de abastecimento, o que implicava que as baterias não podiam ser carregadas durante as viagens, mas actualmente estes carros atingiram um nível de desempenho que satisfaz os consumidores (Car Hire Excess. Insure, 2017).

Na maioria dos casos, o custo de alugar um carro eléctrico é semelhante ao de um típico carro de porte médio (Drive Electric Orlando, 2018), fazendo com que o transporte pessoal através de carros eléctricos esteja ao alcance de comunidades que sofrem mais em termos económicos e em termos da qualidade do ar, tais como bairros próximos de fábricas poluidoras e auto-estradas, já que este tipo de carros emitem aproximadamente entre 30-50% menos gases de efeito estufa em comparação com os veículos convencionais, mesmo tendo em consideração as emissões derivadas da electricidade utilizada para os abastecer (Huffington Post, 2017).

A capacidade dos veículos totalmente eléctricos actuais varia de cerca de 113 a 427 quilómetros, dependendo do modelo (Huffington Post, 2017). Alguns carros eléctricos também fornecem um alcance superior, ao utilizar um motor convencional que funcione a gasolina. Esses veículos geralmente oferecem entre 49 a 65 quilómetros de condução totalmente eléctrica e, em seguida, várias centenas de quilómetros recorrendo a um combustível, como por exemplo gasolina, em caso de necessidade (Drive Electric Orlando, 2018). Empresas como a Plugshare e a ChargePoint desenvolveram aplicações móveis que fornecem informações sobre as estações de abastecimento públicas situadas nas áreas mais próximas. Os veículos eléctricos requerem custos de manutenção e de abastecimento muito menores do que os carros convencionais, uma vez que os carros totalmente eléctricos têm muito menos partes móveis do que os carros movidos a gasolina, já que não possuem óleo nem nenhum radiador ou transmissão, assim somente os pneus e freios necessitam de ser substituídos ocasionalmente, e devido ao facto de um veículo eléctrico típico poder ser completamente abastecido por cerca de 3 US\$, comparativamente a 60 US\$ para um típico automóvel de médio porte movido a gasolina.

Já existem mais de noventa mil carros eléctricos registados nas estradas britânicas, e esse número deve aumentar tal como aconteceu com os carros híbridos. No Reino Unido, existem actualmente mais de quatro mil pontos de abastecimento para veículos híbridos e totalmente eléctricos, havendo assim uma infraestrutura sólida para o futuro. Na feira International Car Rental Show, em março de 2017, a Europcar revelou que uma das suas mais recentes iniciativas era ter um clube totalmente eléctrico, demonstrando assim consciência de que os carros eléctricos podem mudar drasticamente o sector de aluguer automóvel (Car Hire Excess. Insure, 2017).

## **Veículos Autónomos**

Os carros autónomos estão a tornar-se uma realidade. Uma vez aperfeiçoados, estes carros sem condutor poderão sentir e ter noção do meio envolvente e, por conseguinte, serem conduzidos sem nenhum controlo humano (Car Hire Excess. Insure, 2017). A grande vantagem desta tecnologia é o facto de poder vir a permitir a mobilidade para um maior número de pessoas e a contribuir para uma redução do tráfego e do número de acidentes na estrada. Com o desenvolvimento desta tecnologia certas empresas, como a Uber e a Lyft, deverão assistir a uma redução das suas despesas (o que não se deverá verificar a curto prazo, pois no início desta transição é esperado que as empresas apresentem custos superiores aos incorridos anteriormente). Se estas “poupanças” económicas se estenderem aos consumidores, o custo relativo de alugar um automóvel será superior. (BluePay, 2017). Empresas dentro e fora da indústria automóvel concorrem com o objectivo de liderar esta mudança (Goldmansachs, 2015). Actualmente, já estão a ser testados nas estradas carros totalmente autónomos e semi-autónomos,



podendo os últimos estar comercialmente disponíveis nos próximos anos (essiloreyzen, 2018). A Uber tem estado na vanguarda da introdução dos veículos autónomos na indústria de aluguer automóvel, tendo desenvolvido em setembro de 2016 o seu primeiro veículo autónomo. Devido aos estágios iniciais da tecnologia, foi necessário a presença de um condutor como forma de segurança para ajudar nos testes, mas os mesmos foram de enorme contributo para o desenvolvimento da tecnologia. O programa, no entanto, também teve os seus problemas. Em dezembro de 2016, a Uber recebeu ordem de remoção dos seus veículos semi-autónomos das estradas californianas, após duas infracções em que os mesmos não pararam num sinal vermelho. Contudo, a Uber alegou que as violações tiveram origem em erro humano (Car Hire Excess. Insure, 2017). Este facto demonstra que esta inovação também tem os seus riscos. Permitir a um software o controlo total sobre um carro pode conduzir a novas vulnerabilidades de ataques de *hackers*, bem como a outros tipos de problemas que as empresas não podem ignorar. Os carros que permitem que os condutores intervenham em situações de emergência (semi-autónomos) são um cenário mais provável num futuro próximo (Goldmansachs, 2015). Claramente, ainda existe um longo caminho a percorrer até existirem carros completamente autónomos nas estradas, mas esta é uma tecnologia que deverá fazer parte do futuro.

### **Conveniência e Custo de Transporte**

Muitas pessoas beneficiam do uso de serviços de aluguer automóvel por causa do custo total reduzido da mobilidade. Uma razão crucial que contribui para o crescimento do mercado foi o facto de os fornecedores, ou seja as rent-a-car, possuírem os veículos e os utilizadores estarem isentos dos custos de propriedade. Os clientes têm ainda a flexibilidade de escolher os carros que possam atender às suas necessidades específicas e pontuais (Cision PR Newswire, 2018). De facto, o tráfego automóvel está a piorar em quase todas as cidades do mundo, especialmente nas que se encontram em crescimento. Os custos de possuir um carro estão a aumentar, enquanto estes se encontram inutilizados 95% do tempo. Isto cria uma oportunidade para negócios que consigam associar de um modo mais eficiente os carros com as pessoas que necessitam deles (Goldmansachs, 2015).

A tendência mais recente que está a ganhar força no mercado consiste na introdução de serviços de aluguer de carros com uma boa relação custo-benefício. As empresas de aluguer de automóveis estão a focar-se em fornecer serviços de aluguer a um custo reduzido, especialmente nos mercados de lazer. As empresas de menor dimensão preferem as plataformas de aluguer de carros online, de modo a expandir a sua presença geográfica e a alcançar uma ampla base de clientes. Vários serviços e empresas populares de aluguer automóvel lançaram as suas próprias marcas com preços moderados e acessíveis. Tais estratégias deverão ajudar as rent-a-car a expandir a sua base de clientes. Por outro lado, uma vez que os consumidores valorizam cada vez mais ter uma viatura disponível num curto espaço de tempo, as rent-a-car estão a procurar simplificar os seus procedimentos de aluguer e em melhorar a conveniência do serviço, ao adoptar uma tecnologia mais inteligente, tais como aplicações móveis (Cision PR Newswire, 2018).