

ELIEZER EMANUEL DO AMARAL LUCAS CAMACHO

**VILAMOURA – *SMART CITY VS WISE CITY*. OS DESAFIOS DA
GESTÃO E TOMADA DE DECISÃO UTILIZANDO DADOS
TELEMÉTRICOS PARA SUPORTE À DECISÃO**



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE ECONOMIA
2022

ELIEZER EMANUEL DO AMARAL LUCAS CAMACHO

**VILAMOURA – *SMART CITY* vs *WISE CITY*. OS DESAFIOS DA
GESTÃO E TOMADA DE DECISÃO UTILIZANDO DADOS
TELEMÉTRICOS PARA SUPORTE À DECISÃO**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Gestão Empresarial

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora Eugénia Maria Dores Maia Ferreira

Mestre Juan Pablo Rodrigues Correia



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE ECONOMIA

2022

**VILAMOURA – *SMART CITY VS WISE CITY*. OS DESAFIOS DA GESTÃO E
TOMADA DE DECISÃO UTILIZANDO DADOS TELEMÉTRICOS PARA
SUPORTE À DECISÃO**

Declaração de Autoria do trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Eliezer Emanuel do Amaral Lucas Camacho

.....

Direitos de cópia ou Copyright

© Copyright: Eliezer Emanuel do Amaral Lucas Camacho

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.

AGRADECIMENTOS

Um obrigado muito especial e sentido à fantástica Faculdade de Economia da Universidade do Algarve, por me ter proporcionado uma experiência inesquecível e conhecimentos inestimáveis.

Agradecimento especial também, para os meus orientadores, Professora Doutora Eugénia Maria Dores Maia Ferreira e Mestre Juan Pablo Rodrigues Correia. Sem a sua orientação este trabalho não existiria.

Muito obrigado à Inframoura, em especial ao Eng. Paulo Reis e Hugo Rodrigues, pela colaboração e disponibilidade.

À minha esposa Carla, que em pleno período de pandemia Covid-19, sempre me apoiou e deu força em todos os momentos, difíceis que foram ao longo deste enorme desafio.

RESUMO

Esta dissertação tem como principais objetivos: analisar de que forma a aplicação de tecnologia na gestão pode auxiliar a tomada de decisão, e no caso em estudo em concreto fazer uma análise empírica aos dados relativos à qualidade do ar.

Para esse efeito, realizou-se, em primeiro lugar, uma contextualização do problema, incidindo sobre os desafios modernos da qualidade do ar, em termos de partículas, nas cidades. Também se abordou o conceito de cidades tecnológicas, *Smart Cities* e, finalmente, uma descrição de Vilamoura.

No capítulo da metodologia, é descrita a adotada para o estudo empírico e é explicado detalhadamente o método escolhido para a abordagem prática aos dados em questão, devidamente fundamentada na bibliografia consultada. É também feita uma explanação do instrumento de medida, assim como uma descrição da base de dados obtida. A análise incidiu sobre os anos de 2019 e 2020, nas épocas baixa, média e alta.

Segue-se a apresentação dos resultados e sua discussão, onde se verifica a variação das partículas do ar, conforme a época do ano, detalhando as suas causas. Segue-se a conclusão.

Palavras-chave: Vilamoura, *Smart City*, Gestão, Tomada de decisão, qualidade do ar.

ABSTRACT

The main goals of this work are to analyze how technology in management can help the decision-making process and, in this specific case, to investigate the air quality data empirically in Vilamoura.

To do so we've contextualized the problematic focusing mainly on the air quality challenges, regarding emissions and particulate matter in cities. We've also approached the concept of technological cities, *Smart Cities* and finally Vilamoura.

On the methodology chapter we describe the chosen approach for the empirical study and explain in detail the method we've adopted for the analysis of the data in study duly based on the reviewed academic papers. Here we will also provide a comprehensive explanation of the measurements instrument as well as a description of the database we've obtained. The analysis focuses on years 2019 and 2020, low, medium and high seasons.

Next we present the results and its discussion, where we can check the particulate matter variations depending on season detailing its causes. Next comes the Conclusion.

Keywords: Vilamoura, *Smart City*, Management, Decision Making, air quality.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiv
Capítulo 1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Definição do tema.....	1
1.2 Relevância do tema.....	1
1.3 Motivação da escolha do tema	2
1.4 Organização do trabalho.....	3
Capítulo 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	4
2.1 Qualidade do Ar	4
2.2 Gases e Partículas atmosféricas.....	5
2.3 Gestão da qualidade do ar.....	6
2.4 <i>Smart City vs Wise City</i>	8
2.5 Estudos relevantes	11
Capítulo 3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	13
3.1 Vilamoura e a Inframoura.....	13
3.2 Objetivo geral e objetivos específicos.....	15
Capítulo 4. METODOLOGIA.....	17
4.1 Construção da base de dados.....	17

ÍNDICE GERAL

4.2 Métodos estatísticos aplicados	20
4.3 Análise de Componentes Principais (ACP).....	20
4.4 <i>K-means</i>	21
Capítulo 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	23
5.1 Análise descritiva dos dados.....	23
5.2 Época baixa - 2019	28
5.2.1 Aplicação da ACP	28
5.2.2 Aplicação do <i>K-means</i>	30
5.3 Época média - 2019	33
5.3.1 Aplicação da ACP	33
5.3.2 Aplicação do <i>K-means</i>	36
5.4 Época média - 2020	39
5.4.1 Aplicação da ACP	39
5.4.2 Aplicação do <i>K-means</i>	42
5.5 Época alta – 2019	45
5.5.1 Aplicação da ACP	45
5.5.2 Aplicação do <i>K-means</i>	48
5.6 Época alta - 2020	51
5.6.1 Aplicação da ACP	51
5.6.2 Aplicação do <i>K-means</i>	54
Capítulo 6. CONCLUSÕES	58
BIBLIOGRAFIA	59
REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Novos valores limite definidos pela OMS	2
Figura 2.1 – Valores limite poluentes e partículas	4
Figura 2.2 – Modelo piramidal WHO	5
Figura 2.3- Efeitos poluentes na saúde.....	6
Figura 2.4 – Excedências aos valores limite em Lisboa.....	7
Figura 2.5 – Framework <i>wise city</i>	10
Figura 4.1 – Taxa líquida de ocupação cama (%) nos estabelecimentos de alojamento turístico por Localização geográfica	18
Figura 5.1 - Índice Qualidade do ar - Qualar.....	25

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 - Representação tridimensional de <i>clusters</i> Época baixa 2019	31
Gráfico 5.2 - Número ocorrências por <i>cluster</i>	33
Gráfico 5.3 - Representação tridimensional de <i>clusters</i> Época média 2019	37
Gráfico 5.4 - Número ocorrências por <i>cluster</i>	38
Gráfico 5.5 - Representação tridimensional de <i>clusters</i> Época média 2020	43
Gráfico 5.6 - Número ocorrências por <i>cluster</i>	44
Gráfico 5.7 - Representação tridimensional de <i>clusters</i> Época alta 2019	49
Gráfico 5.8 - Número ocorrências por <i>cluster</i>	50
Gráfico 5.9 - Representação tridimensional de <i>clusters</i> Época alta 2020	55
Gráfico 5.10 - Número ocorrências por <i>cluster</i>	56

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Descrição das variáveis em análise.....	19
Tabela 5.1 – Distribuição do número de leituras dos sensores ambientais, por época e ano	23
Tabela 5.2 – Média por hora, dos veículos em circulação na Rua do Sol.....	24
Tabela 5.3 – Média anual de CO, O ₃ , NO, NO ₂ e SO ₂ na Av. Tivoli – Vilamoura - 2019	25
Tabela 5.4 - Média anual de CO, O ₃ , NO, NO ₂ e SO ₂ na Av. Tivoli – Vilamoura – 2020	26
Tabela 5.5 - Média anual de PM _{0,5} , PM _{0,7} , PM ₁ , PM _{2,5} e PM ₁₀ na Av. Tivoli – Vilamoura - 2019.....	27
Tabela 5.6 - Média anual de PM _{0,5} , PM _{0,7} , PM ₁ , PM _{2,5} e PM ₁₀ na Av. Tivoli – Vilamoura - 2020.....	27
Tabela 5.7 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época baixa 2019	28
Tabela 5.8 - Variância explicada – Época baixa 2019	29
Tabela 5.9 - Comunalidades – Época baixa 2019	29
Tabela 5.10 - Matriz das componentes – Época baixa 2019	30
Tabela 5.11 - Centroides finais – Época baixa 2019	31
Tabela 5.12 - N° de elementos por <i>cluster</i> – Época baixa 2019	31
Tabela 5.13 - N° de casos por <i>cluster</i> – Época baixa 2019	32
Tabela 5.14 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época media 2019 .	33
Tabela 5.15 - Variância explicada – Época media 2019	34
Tabela 5.16 - Comunalidades – Época media 2019	35

Tabela 5.17 - Matriz das componentes – Época media 2019	36
Tabela 5.18 - Centroides finais – Época media 2019	37
Tabela 5.19 - N° de elementos por <i>cluster</i> – Época media 2019	37
Tabela 5.20 - N° de casos por <i>cluster</i> – Época media 2019	38
Tabela 5.21 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época media 2020..	40
Tabela 5.22 - Variância explicada – Época media 2020	40
Tabela 5.23 - Comunalidades – Época media 2020	41
Tabela 5.24 - Matriz das componentes – Época media 2020	41
Tabela 5.25 - Centroides finais – Época media 2020	42
Tabela 5.26 - N° de elementos por <i>cluster</i> – Época media 2020.....	42
Tabela 5.27 - N° de casos por <i>cluster</i> – Época media 2020	43
Tabela 5.28 - <i>Crosstabs</i> – Época media 2020	44
Tabela 5.29 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época alta 2019.....	46
Tabela 5.30 - Variância explicada – Época alta 2019	46
Tabela 5.31 - Comunalidades – Época alta 2019	47
Tabela 5.32 - Matriz das componentes – Época alta 2019	48
Tabela 5.33 - Centroides finais – Época alta 2019	48
Tabela 5.34 - N° de elementos por <i>cluster</i> – Época alta 2019.....	49
Tabela 5.35 - N° de casos por <i>cluster</i> – Época alta 2019	50
Tabela 5.36 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época alta 2020	52
Tabela 5.37 - Variância explicada – Época alta 2020	52
Tabela 5.38 - Comunalidades – Época alta 2020	53
Tabela 5.39 - Matriz das componentes – Época alta 2020	53

Tabela 5.40 - Centroides finais – Época alta 2020	54
Tabela 5.41 - N° de elementos por <i>cluster</i> – Época alta 2020.....	54
Tabela 5.42 - N° de casos por <i>cluster</i> – Época alta 2020	55

LISTA DE ABREVIATURAS

ACP – Análise de Componentes Principais

APA- Agência Portuguesa do Ambiente

IA – Inteligência Artificial

KMO – Kaiser Meyer- Olkin

ML – *Machine Learning*

OMS- Organização Mundial de Saúde

SC – *Smart City*

SI – Sistemas de Informação

TI – Tecnologias de Informação

Capítulo 1. INTRODUÇÃO

1.1 Definição do tema

A qualidade do ar é um dos tópicos mais abordados atualmente, principalmente nos aglomerados urbanos. A crescente urbanização e o aumento de veículos têm um impacto direto na qualidade do ar, o qual por sua vez, impacta diretamente na qualidade de vida das pessoas. Partículas e emissão de gases, pelos efeitos nefastos na saúde, concentram hoje as preocupações das autoridades ambientais mundiais (Miranda, 2014).

A importância da qualidade do ar no ambiente não se cinge ao seu impacto na vida humana. As partículas em suspensão e os gases poluentes causam igualmente danos na vegetação, deterioram edifícios e afetam a fauna e a flora (Castro, 2016).

Importa assim realçar que, a monitorização da qualidade do ar é a chave para melhores tomadas de decisão, sendo que, atualmente em Portugal, essa monitorização é convertida pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) num índice com 5 graus ou níveis (mau, fraco, médio, bom e muito bom) (Miranda, 2014).

1.2 Relevância do tema

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição atmosférica é o maior risco ambiental para a saúde na União Europeia (UE). Na UE, todos os anos provoca cerca de 400 000 mortes prematuras. As pessoas nas zonas urbanas estão particularmente expostas. As partículas em suspensão, o dióxido de azoto e o ozono troposférico constituem os poluentes atmosféricos responsáveis pela maioria destas mortes prematuras.

Em 2021, a OMS propõe que os valores limite do material particulado (o mais nocivo para a saúde) sejam reduzidos para metade (Figura 1.1) sendo que, em 2016, aproximadamente 4.2 milhões de mortes prematuras no mundo foram associadas somente ao material particulado (CNN, 2022).

Em 2022, 97% das cidades do mundo excederam os valores limite definidos pela OMS (CNN, 2022).



Figura 1.1 - Novos valores limite definidos pela OMS
 Fonte: OMS, 2021

1.3 Motivação da escolha do tema

A principal motivação da presente dissertação, assenta na importância da análise de dados telemétricos, numa perspetiva multivariada, como auxílio à gestão e tomada de decisão, sobre elementos que condicionam a qualidade do ar, nomeadamente, o tráfego rodoviário. A análise da qualidade do ar na principal avenida de Vilamoura - Avenida Tivoli é um fator preponderante para a afirmação da região enquanto destino *premium*, dado ser o local de maior tráfego rodoviário, em qualquer altura do ano. Pretende-se assim, contribuir para a avaliação da qualidade do ar nesta região.

1.4 Organização do trabalho

O presente trabalho encontra-se organizado em 6 capítulos.

No capítulo 1 apresenta-se a Introdução e Objetivos do trabalho.

No capítulo 2 apresentam-se temáticas relacionadas com a qualidade do ar, onde se incluem os valores limite de emissões de gases e de partículas em suspensão, de acordo com a legislação em vigor. Aborda-se também, o conceito de base das cidades inteligentes, nas suas vertentes de *Smart City* e *Wise City*.

O capítulo 3 incide na região de Vilamoura e na empresa INFRAMOURA e no Capítulo 4 é aborda-se a metodologia adotada, onde são explicadas as técnicas estatísticas utilizadas.

O Capítulo 5 incide na análise e discussão dos resultados obtidos.

No Capítulo 6 apresentam-se as conclusões.

Capítulo 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1. Qualidade do ar

O Decreto-lei 102/2010 de 23 de setembro estabelece fronteiras claras quanto aos valores limite para as emissões e partículas.

Atualmente em Portugal essa monitorização é convertida pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) num índice com 5 graus ou níveis (mau, fraco, médio, bom e muito bom) (Miranda,2014).

Conforme veiculado pela APA, a monitorização da qualidade do ar tem como objetivo reduzir a mortalidade e morbidade sendo esta agência a responsável por divulgar anualmente um relatório onde constem os dados recolhidos pelas várias estações ambientais de monitorização cuja gestão está a cargo da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), e sempre que os objetivos e qualidade do ar não sejam atingidos deverão ser tomadas medida imediatas com vista à redução das emissões e partículas (Castro,2016).

A Figura 1.1 permite esquematizar de forma simples, e por intervalo temporal, os valores limite conforme definido pelas diretivas europeias:

Poluentes	Período de referência			
	1 Hora	1 Dia	8 Horas	1 Ano
PM ₁₀	---	50 µg/m ³	---	40 µg/m ³
PM _{2.5}	---	---	---	25 µg/m ³
Monóxido de azoto	---	---	---	---
Óxidos de azoto	200 µg/m ³	---	---	40 µg/m ³
Dióxido de azoto	200 µg/m ³	---	---	40 µg/m ³
Dióxido de enxofre	350 µg/m ³	125 µg/m ³	---	---
Ozono	---	---	120 µg/m ³	---
Monóxido de carbono	---	---	10 mg/m ³	---

Figura 1.1 - Valores limite poluentes e partículas
Fonte: Fernandes, 2017

2.2 Gases e Partículas atmosféricas

Em termos de emissões poluentes, gases como o dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de azoto, dióxido de enxofre e ozono são considerados como extremamente prejudiciais à saúde e são monitorizados em diversas estações ambientais em todo o mundo.

A correta monitorização da qualidade do ar também tem hoje em linha de conta o material particulado (partículas) porquanto os estudos revelam que tanto as partículas em suspensão como as partículas inaláveis penetram nos canais respiratórios e são causa de morte de aproximadamente 800 mil pessoas por ano (Fernandes,2017).

A importância da qualidade do ar no ambiente não se cinge ao seu impacto na vida humana. Partículas e emissões causam danos na vegetação, deterioram edifícios e afetam a fauna e a flora (Castro,2016).

A Organização Mundial de Saúde estabeleceu um modelo piramidal que permite hierarquizar os efeitos dos poluentes na saúde humana, conforme pode ser verificado na Figura 2.2.



Figura 2.2 - Modelo piramidal WHO
Fonte: Miranda, 2014

Em termos sanitários, a Agência Europeia do Ambiente conseguiu definir com precisão as áreas do corpo humano que são mais afetadas pelas partículas e emissões (Figura 2.3).

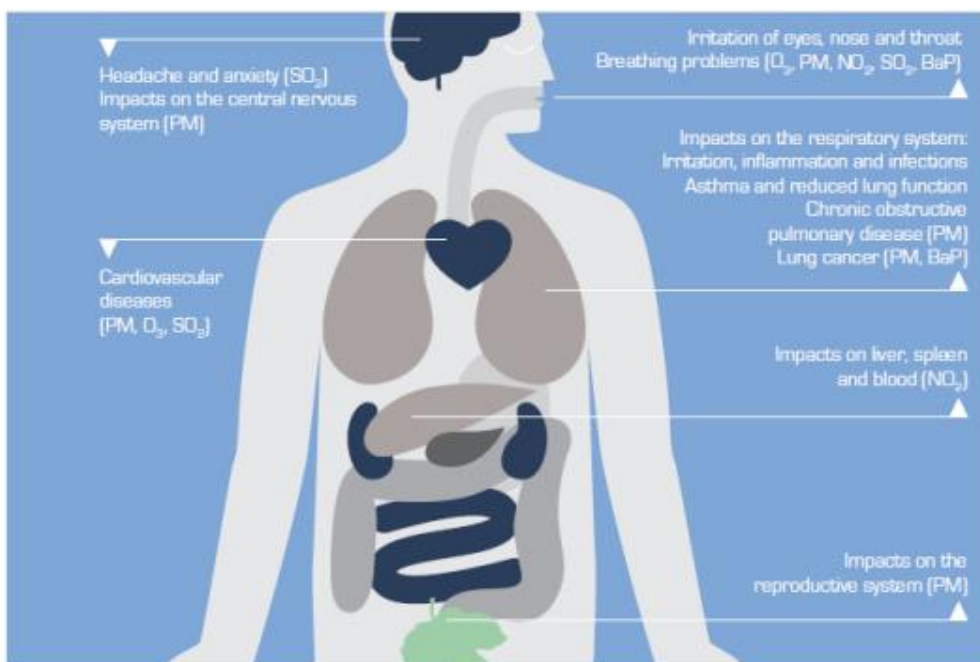


Figura 2.3 - Efeitos poluentes na saúde
Fonte: Miranda, 2014

2.3 Gestão da qualidade do ar

Em termos de adaptação à gestão dos poluentes a larga maioria das cidades faz uso da tecnologia e das parcerias com as universidades e institutos. O caso de Cascais, estudado por Miranda (2014) é um exemplo deste tipo de colaboração.

A vila de Cascais, possuindo uma estação de monitorização gerida pela CCDR de Lisboa e Vale do Tejo desde 2002, procurou estabelecer parceira com a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, no sentido de medir a qualidade do ar na vila. O estudo incidiu concretamente nas partículas PM10 e verifica-se que de facto os valores medidos ultrapassam diversas vezes os valores limite (Miranda,2014).

Uma das soluções utilizadas na cidade de Lisboa para melhorar a qualidade do ar é a criação das zonas de emissões reduzidas. Nestas apenas podem circular determinados veículos ficando de fora os mais poluentes. É uma solução com resultados comprovados e adotada em várias cidades;

“As zonas de emissões reduzidas têm tido uma aceitação particularmente forte em mais de 250 cidades europeias, pois têm-se mostrado claramente eficazes na redução de

emissões. **Vários países europeus (incluindo a França, Espanha e Países Baixos) têm mesmo vindo a definir tais zonas como instrumentos fundamentais na proteção do ar limpo nas cidades e do clima**, o que irá acelerar a sua disseminação. Estas zonas foram mesmo inscritas na lei do clima espanhola como peça fundamental na prossecução dos objetivos da lei, e o **governo espanhol vai dedicar 2.916 milhões de euros de fundos europeus à criação de zonas de baixa emissão** nos municípios com mais de 50.000 habitantes e capitais de província (sim, quase três mil milhões de euros para esse efeito). É quase metade – 44% – de todo o investimento previsto em Espanha em mobilidade urbana sustentável, o qual ascende a 6.536 milhões de euros.” (Zero, 2021).

Fernandes (2017), estudou ao pormenor o caso de Lisboa, tendo verificado que os valores limites forma ultrapassados diversas vezes (Figura 2.4):

Tabela 12: Verificação da situação de excedências ao valor limite por ano e por poluente na estação dos Olivais: Número de vezes do ano em que se verificaram uma ou mais excedências.

Ano	PM10 (referência 1 dia)	Monóxido de azoto (referência 1 hora)	Óxidos de azoto (referência 1 hora)	Dióxido de azoto (referência 1 hora)	Ozono (referência octo- horária)
2010	1	(60)	60	0	13
2011	19	(64)	64	18	13
2012	12	(106)	106	2	7
2013	5	(49)	49	0	17
2014	0	(40)	40	0	6
2015	7	(88)	11	0	4
Nº de excedências permitidas	35 vezes por ano	---	18 vezes por ano	18 vezes por ano	25 vezes por ano

Figura 2.4 - Excedências aos valores limite em Lisboa
Fonte: Fernandes, 2017

Castro (2016), por sua vez estudou as cidades do Porto e de Lisboa e chegou à conclusão de que a aplicação de diversas técnicas estatísticas (o autor menciona a Análise de Componentes Principais) na região do Porto Litoral, possibilitou a definição de diversas propostas para melhoria da distribuição das estações de monitorização da qualidade do ar. O mesmo autor ao estudar a cidade de Lisboa e em específico a influência das zonas de emissões reduzidas da cidade, verificou que numa primeira fase, estas não tinham atingido o sucesso pretendido sendo que de facto houve um aumento dos poluentes analisados.

Numa fase posterior, houve de facto melhoria da qualidade do ar com uma redução de 19% de partículas inferiores a 10 μ m (Castro, 2016).

Verifica-se assim, que as cidades e zonas urbanas estão efetivamente a fazer um esforço no sentido de monitorizar a qualidade do ar, por forma a poderem ser tomadas as melhores decisões relacionadas com o tráfego urbano.

2.4 *Smart City vs Wise City*

As cidades inteligentes surgem com o propósito de melhorar a qualidade de vida urbana (Ramalho, 2015). Komninos (2008) elabora um estudo acerca das *intelligent cities* e do seu impacto na gestão da inovação e no desenvolvimento urbano através da aplicação de tecnologia digital e do uso de tecnologias de informação imbuídas nas cidades. No mesmo ano, Robert Hollands aborda a transição das *intelligent cities* para as *smart cities* onde refere a problemática associada à definição devido ao facto de não estar ainda hermeticamente definido o que é de facto uma *smart city* e/ou uma *intelligent city* (Hollands, 2008). Para o autor, o uso do termo *smart* tem de ter subjacente algo mais que apenas tecnologia, sendo que, em muitos casos, o termo serve meros propósitos de *marketing* (Hollands, 2008).

No seguimento do trabalho de Komninos (2008) e Hollands (2008), Deakin e Waer publicam o seu artigo *From intelligent to smart cities* onde realçam as problemáticas com o uso dos adjetivos *smart* e *intelligent* (Deakin & Waer, 2011).

Assim, embora os conceitos ainda não reúnam consenso, o termo *smart city* é mais abrangente do que o termo *intelligent city* (Pira, 2021).

São incontornáveis nesta temática os trabalhos de Robert Hollands (2008, 2014). No seu estudo de 2014, *Critical interventions into the corporate smart city*, o autor elenca que os modelos de *smart city* seguem uma tendência de governança corporativa e focada no lucro, com pouco espaço à participação do cidadão comum (Hollands, 2014).

As críticas ao modelo de *smart city* são convergentes entre vários autores que se debruçam sobre o tema (Townsend, 2013; Hollands, 2014; Lara *et. al*, 2016; Yigitcanlar, 2019), focando-se na necessidade de mais do que somente inovação e tecnologia, para rotular uma cidade de *smart*.

É com base nesta premissa, que surge o conceito de *wise city* (Hambleton, 2015). Na esteira dos autores acima elencados, Hambleton (2015) refere que, não obstante os investimentos em tecnologia e automação, a qualidade da democracia urbana não melhorou nas *smart cities*. Coll (2016) menciona que o empoderamento dos cidadãos deve fazer parte da governança autárquica, sendo que, esse vetor pode hoje ser facilitado através do uso das tecnologias de informação. De acordo com as suas palavras:

“Sustainability and ecological, green or technology-smartness are also features present in a Wise City, but they are not the end objectives per se: they are a means of improving citizens’ quality of life” (Coll, 2016).

O mesmo autor enumera os princípios chave da *wise city*, referindo que, a mesma se funda em 7 princípios: 1) abordagem centrada nas pessoas com o bem-estar dos cidadãos no centro da definição de medidas; 2) resiliência de cada cidade na sua adaptação às idiossincrasias culturais e ao contexto económico; 3) tecno-cultura com a tecnologia como um meio de melhorar o bem estar dos cidadãos; 4) quadrupla hélix com foco na integração e engajamento dos *stakeholders* através de parcerias público privadas; 5) estabelecimento de relações de confiança como resultado da colaboração entre os *stakeholders* e como resultado da criação de capital social; 6) aprendizagem experimental com foco no *benchmarking* das melhores e piores práticas, monitorizando e avaliando as políticas e partilhando conhecimento ganho; e 7) identidade de marca e reputação incidindo na adoção de soluções, que sirvam os cidadãos e sua cultura ao mesmo tempo que se firma uma marca que inspire (Coll, 2016).

Duas abordagens, portanto, uma focada e centrada na tecnologia como meio de incrementar a eficiência e outra centrada nos cidadãos, independentemente da nomenclatura escolhida (Alderete, 2021).

Em suma, a visão *smart* ou *wise* é essencialmente uma questão de partida e uma forma de governar. Se há alguns anos havia a crença de que maior recolha de dados e aplicação de tecnologia levaria natural e indiretamente a uma melhoria de qualidade de vida dos *stakeholders*, hoje sabe-se que não é assim através dos diversos estudos de caso. A recolha massiva de dados, as implementações de tecnologia apenas levam a mais informação, mas informação não é conhecimento (Hambleton, 2015).

Na linha de pensamento de Hambleton (2015), Coll (2017) propõe um modelo conceptual, que traduz de forma visual as dinâmicas da *wise city*, conforme se apresenta na Figura 2.5.

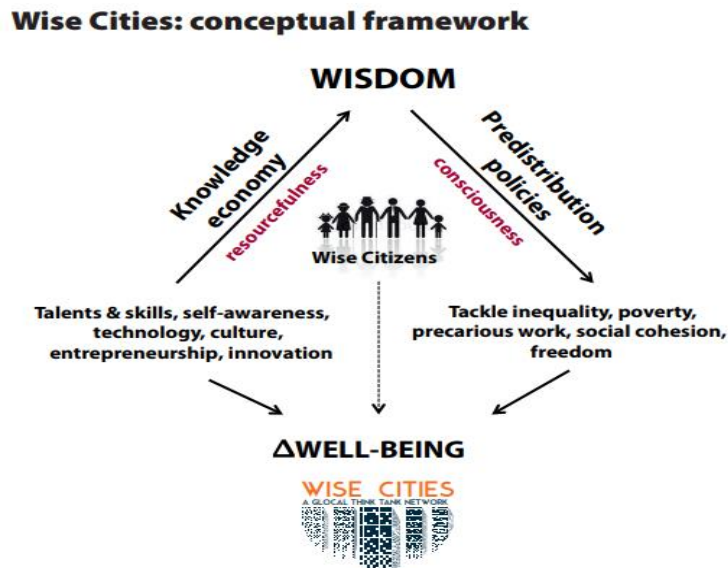


Figura 2.5 - Framework *wise city*
Fonte: Coll, 2016

Em 1986, Drucker referia que não há dúvidas que a alta tecnologia, seja na forma de computadores ou telecomunicações, robôs numa fábrica ou automação, é de uma importância imensurável. É ela que cria a visão para o empreendedorismo e a inovação. (Drucker, 1986)

O mesmo autor menciona que a primeira responsabilidade social de uma empresa é gerar lucro suficiente para cobrir os custos do futuro. Por outras palavras, a criação de riqueza é de extrema importância. (Drucker, 2005)

Nesse mesmo sentido Porter diz-nos que se cumprir com as normas e regulação acerca da poluição fosse rentável para as empresas então não eram necessárias normas nem regulação. (Porter, 1995)

2.5 Estudos relevantes

Em termos de estudo da temática das cidades inteligentes importa relevar os estudos de Tan Yigitcanlar (2019) e especialmente o seu estudo comparativo de 2019 sendo de realçar os estudos de caso das cidades de Songdo, Masdar, Amesterdão, São Francisco e Brisbane (Yigitcanlar, 2019). Este estudo faz uma análise comparativa entre as cidades acima mencionadas abordando as particularidades de cada cidade, sua abordagem à tecnologia e suas perspetivas.

De igual modo João Barros (2018) aborda os casos de Estocolmo com a gestão de tráfego, de Glasgow com o planeamento energético e de Cascais com o projeto citypoint cascais (Barros, 2018). Estocolmo aplica tecnologia para gerir melhor o trânsito automóvel tendo os seus cidadãos informação sobre o trânsito em tempo real através de um software da IBM. No caso de Glasgow a ênfase é na componente energética sendo que foi desenvolvido um software 3D que simula todo o consumo energético dos edifícios convidando os cidadãos a colocarem as suas informações energéticas num site publico por forma a que os planeadores urbanos tomem decisões mais eficientes em termos energéticos. Finalmente em Cascais o autor realça o programa citypoint vencedor do prémio inovação digital em 2018. Este programa consiste numa aplicação movel que promove práticas de sustentabilidade e distingue os cidadãos que mais contribuem para as mesmas focando-se em 4 áreas (Ambiente, Cidadania, Responsabilidade Social e Mobilidade).

O caso de Macau, estudado por Si Chio Ieong em 2016 (2016) também aborda de que forma as ferramentas de IT podem incrementar a performance da administração publica garantindo ao mesmo tempo uma governação mais aberta.

Igualmente relevante os trabalhos de Claudia Lemos (2018) que aborda o caso prático do terminal de Leixões no intuito de investigar, na realidade quotidiana, como funciona a abordagem colaborativa dos vários *stakeholders* numa *smart city*, Milad Pira (2021) que propõe no seu trabalho um conjunto de indicadores para aferir a performance efetiva das SC, Tan Yigitcanlar (2019) que analisa ao detalhe um conjunto de SC, conforme acima mencionado, e que visa evidenciar as diferenças e semelhanças de cada projeto, Alexander Lara (2016) que aborda a dificuldade da definição de SC e propõe um novo enquadramento mais abrangente e com os cidadãos no centro, Josep Coll (2017) que aborda a temática de uma forma esquemática propondo mesmo um *framework* para as *wise*

cities (Figura 2.5), Robin Hambleton (2015) que aborda diretamente a passagem das *smart cities* para *wise cities* elencando as limitações de cada uma, Eckart Woertz (2018) que aborda as *wise cities* do mediterrâneo e a sua relevância para a sustentabilidade futura do planeta, Margarita Angelidou (2015) que faz uma análise histórica das *smart cities* e realça que estas são um conjunto de 4 forças (*technology push, application pull, urban futures, knowledge and innovation economy*) e Sujata et al. (2019) que explora vários aspetos das cidades inteligentes e propõe um *framework* holístico para enquadrar as diversas tipologias de *smart* ou *wise city*.

No tocante a aplicações concretas do conceito *wise city*, e numa perspetiva de encontrar um paralelismo entre essas e o caso de Vilamoura, importa elencar desde logo o caso de Turku – cidade mais antiga da Finlândia, que tem vindo a elevar a qualidade de vida dos seus cidadãos através da aplicação de tecnologia para melhorar o trânsito automóvel, a segurança e gestão de eventos (CGI,2018).

Outro exemplo claro de *wise city* é a cidade colombiana de Medellin. Esta cidade instalou diversas câmaras inteligentes para gestão do trânsito que detetam excesso de velocidade, infração de sinais luminosos e condução em vias não dedicadas ao trânsito sendo que detetam igualmente acidentes, fluidez de trânsito e outras ocorrências permitindo às autoridades uma resposta bastante mais rápida (Pastrana, 2018).

De igual modo a cidade de Hangzhou implementou um *city brain* desenvolvido pela Ali Baba que permite um tempo de resposta de cinco minutos a quase todas as ocorrências de trânsito (Pastrana, 2018).

A qualidade do ar é um dos tópicos mais abordados atualmente e em termos de estudos são relevantes os trabalhos de Miranda (2014) que abordou a cidade de Cascais e monitorizou a qualidade do ar, Fernandes (2017) que estudou quais os principais poluentes e efeitos na saúde humana e monitorizou os dados de diversas zonas do país como Lisboa, Porto e Alentejo e Castro (2016) que estudou a monitorização da qualidade do ar e o papel da APA na definição de valores limites a nível nacional.

Capítulo 3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

3.1 Vilamoura e a Inframoura

Vilamoura é uma região do Algarve, situada no concelho de Loulé, que é normalmente qualificada como empreendimento turístico (Azevedo, 2013).

Segundo Azevedo (2013), é uma região fortemente sazonal, dependente do turismo, e embora já exista um número razoável de residentes, Vilamoura é uma região turística por excelência. As razões que levam os turistas a escolher Vilamoura como destino são a praia, relaxar ou jogar golfe. Ainda de acordo com o mesmo autor, a região é percecionada como inovadora e atual, sendo que efetivamente Vilamoura tem vindo a investir na tecnologia ao serviço dos cidadãos, numa perspetiva de efetiva melhoria de qualidade de vida. Conforme esclarece Leonel Silva na Newsletter 14 da Inframoura;

“A *smart city* está muito ligada a inovações de caráter tecnológico, enquanto a *wise city* integra essa vertente, mas numa perspetiva mais humana dando mais voz e participação às pessoas.” (Newsletter nº14 Inframoura, 2018)

Nesse sentido, a região investiu em sistemas de monitorização de tráfego, bem como, em sistemas de monitorização da qualidade do ar, para minimizar o impacto causado pelo elevado número de viaturas que circulam na época estival - entre 15 julho e 15 agosto de 2018, registaram-se 463.000 viaturas na zona do “anel” (Newsletter nº14 Inframoura, 2018).

A Inframoura E.M. é a empresa responsável pela gestão do espaço urbano, manutenção das infraestruturas públicas, manutenção do espaço verde e arranjos urbanísticos de Vilamoura (Ferreira, 2013). No *website* da empresa estão discriminados os seus seis eixos estratégicos de atuação, a saber:

- ✓ Ambiente
- ✓ Inovação
- ✓ Gestão Espaço Público
- ✓ Mobilidade
- ✓ Infraestruturas
- ✓ Recursos Organizacionais

Estes eixos estratégicos compreendem diversas atividades concretas, como a gestão da rede de iluminação pública, a gestão dos estacionamento urbanos, a recolha dos resíduos sólidos urbanos, o licenciamento e ocupação do espaço público, a limpeza

urbana, a manutenção da rede viária entre outras atividades e sempre com a missão de “...prestar um serviço de excelência na gestão, conservação e manutenção de todos os espaços públicos, respeitando o ambiente num registo de qualidade superior e de sustentabilidade económico-financeira...” (Inframoura, 2020).

Atualmente, Vilamoura é pioneira no seu plano de mobilidade urbana, e, o seu sistema de bicicletas partilhadas é caso de estudo internacional (Rangel, 2019). Também é pioneira, no lançamento de uma aplicação para *smartphone*, a **Inclusive Vilamoura – A city guide for All**, lançada em 2019, e desenvolvida numa parceria entre a Inframoura e a Marina de Vilamoura. Esta aplicação auxilia indivíduos invisuais ou com visão reduzida, nas suas deslocações pela “cidade”, através de um sistema de voz.

Em relação ao tráfego rodoviário de Vilamoura, a Inframoura tem em parceira com a Siemens, um sistema de gestão de tráfego, com otimizações muito significativas em termos ambientais, ao que adiciona sensores de qualidade do ar, ruído e temperatura (Newsletter nº14 Inframoura, 2018).

Vilamoura também é pioneira na sua rede de carregamento de carros elétricos, produz 98% da energia que consome na sua sede através de central fotovoltaica, tem um sistema de contagem de bicicletas, viaturas e peões e pretende até 2025 privilegiar o uso de bicicletas e transportes públicos (para além do pedonal) em meio urbano (Newsletter nº14 Inframoura, 2018).

Através da Inframoura (Newsletter nº14 Inframoura, 2018), Vilamoura conta também com soluções como:

- ✓ *APP Inframoura Share*, onde os cidadãos podem reportar problemas e receber informações úteis de forma cómoda no seu *smartphone*;
- ✓ Gestão inteligente do abastecimento de água, onde através de telemetria a gestão é feita de forma mais fiável evitando estimativas e acima de tudo, poupando recursos hídricos através da deteção rápida de fugas e ruturas;
- ✓ Rega automática dos amplos espaços verdes de Vilamoura, onde se estima poupanças de água no a ordem dos 40%;

- ✓ Avaliação da qualidade do ar, onde se visa a recolha de dados relativamente a índices de poluição (Inframoura, 2019);
- ✓ Desenvolvimento de um ambicioso plano de descarbonização, numa parceria entre a Inframoura e a Agência Regional de Energia e Ambiente do Algarve (AREAL), que pretende reduzir até 2028, 30% as emissões de CO₂ (Inframoura, 2019).

A região de Vilamoura é hoje, efetivamente, uma região *smart city* no caminho de se tornar *wise city* porquanto a aplicação de tecnologia na região tem como foco a efetiva melhoria da qualidade de vida dos seus residentes e visitantes devido aos inúmeros esforços por parte da Inframoura, em dotar este empreendimento da mais recente tecnologia. A maior preocupação da gestão estratégica da Inframoura, tem sido sempre a tecnologia ao serviço das pessoas, o investimento com impacto direto na melhoria de vida dos habitantes e de quem visita a localidade.

3.2 Objetivo geral e objetivos específicos

Assim, as temáticas da qualidade do ar, nomeadamente as emissões e os materiais particulados mais relevantes pelos seus efeitos nefastos na saúde humana, os enquadramentos normativos mais relevantes em termos internacionais e nacionais e os vários estudos de caso, com exemplos concretos de modelos de gestão da qualidade do ar, remetem-nos para as cidades inteligentes e para o estudo do que, tecnologicamente, está a ser feito, com vista a melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

No seguimento do exposto, e atendendo à elevada sazonalidade da região, entende-se necessário avaliar a qualidade do ar por época balnear, atendendo às eventuais diferenças tráfego rodoviário nas diferentes épocas do ano, como em períodos do dia (diurno/noturno). Assim, o presente trabalho, tem como **objetivo geral**, a análise segmentada dos dados referentes à qualidade do ar, de forma a poder auxiliar a tomada de decisão.

De modo a alcançar o objetivo geral, enumeram-se os seguintes objetivos específicos.

Objetivos específicos

Objetivo 1: Análise dos dados relativos à emissão de gases e de partículas em suspensão, com vista a aferir da qualidade do ar nos diferentes períodos em análise.

Objetivo 2: Analisar as épocas, cujos valores de emissões e partículas estão além dos valores limites (análise comparativa) e formular recomendações de abordagens futuras.

Capítulo 4. METODOLOGIA

Os dados utilizados no presente trabalho foram cedidos pela empresa Inframoura, no âmbito de um protocolo com a Faculdade de Economia da Universidade do Algarve.

De alguns anos a esta parte, a empresa Inframoura tem em curso um protocolo com a Siemens, para a instalação, manutenção e gestão de sensores de tráfego rodoviário em Vilamoura, com vista a prosseguir a sua missão estratégica: ser uma zona cada vez mais verde e mais ecológica. Recentemente, também foram instalados sensores, para aferir a qualidade do ar, na esteira das melhores práticas nas grandes metrópoles e zonas urbanizadas da Europa (AEA, 2017).

4.1 Construção da base de dados

Os dados cedidos pela Inframoura dividem-se em dois grupos: dados relativos à qualidade do ar e dados relativos ao número de viaturas em circulação.

Relativamente aos dados referentes à **qualidade do ar**, estes dizem respeito ao período compreendido entre 1 de janeiro de 2019 e 31 de dezembro de 2020 e foram captados por sensores ambientais localizados na Avenida Tivoli (zona do Anel).

No que respeita à **contagem de viaturas**, os dados cedidos dizem respeito ao período entre 15 de agosto de 2016 e 31 de dezembro de 2020, captados por sensores de contagem de viaturas localizados na Avenida do Cerro, Avenida João Meireles, Avenida Tivoli (zona do Anel), Rua do Sol-Esquerda e Rua do Sol-Direita.

Atendendo aos dados cedidos relativamente à qualidade do ar, optou-se por analisar somente a contagem de viaturas entre 1 de janeiro de 2019 e 31 de dezembro de 2020, na Rua do Sol, dado ser o local com maior afluência à zona onde se encontram os sensores ambientais.

Após a organização de ambas as bases de dados (leituras relativas às mesmas horas e aos mesmos dias do ano, tanto em qualidade do ar como em número de veículos em circulação) foi criada a base de dados final, de modo a compilar toda a informação. Assim, a base de dados em análise no presente trabalho, apresenta uma dimensão de **6187 × 13**.

Cada unidade estatística, encontra-se classificada por data e período de ocorrência (definido em horas), número de veículos em circulação na Avenida Tivoli no período considerado e leituras captadas pelos sensores ambientais, no que respeita a: Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O₃), Dióxido de Nitrogénio (NO₂), Dióxido de Enxofre (SO₂) e Partículas de suspensão no ar (PM_{0,5}, PM_{0,7}, PM₁, PM_{2,5} e PM₁₀).

A informação relativa à data de ocorrência, foi categorizada em três épocas (Baixa, Média e Alta), de acordo com o critério apresentado por Patrício (2015). O autor considera que, os meses do ano devem ser classificados numa época, de acordo com a Taxa Líquida de Ocupação (TLO), sendo que, até 30% o mês deverá ser considerado de época baixa, entre 30% e 50% de época média e acima de 50% de época alta.

A Taxa Líquida de Ocupação é dada pela fórmula:

$$TLO = \frac{N.º \text{ de dormidas durante o período de referência}}{N.º \text{ de camas disponíveis no período de referência (considerando como duas camas as camas de casal)}} * 100$$

Atendendo a que os dados de 2020 apresentam uma TLO atípica, por motivo da pandemia por Covid-19 (Figura 4.1), optou-se por classificar as datas em épocas, com base nos dados referentes a 2019, dado 2020 ser a última informação disponível à data da realização deste trabalho.

Localização geográfica (NUTS - 2013)		Taxa líquida de ocupação cama (%) nos estabelecimentos de alojamento turístico por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Tipo			
		Período de referência dos dados (1)			
		2020	2019	2018	2017
		Tipo (alojamento turístico) (2)			
		Total			
		%	%	%	%
Portugal	PT	24,1	47,3	47,8	48,9
Continente	1	23,7	46,4	46,8	47,3
Algarve	15	26,9	50,1	50,2	51,6

Figura 4.1 - Taxa líquida de ocupação cama (%) nos estabelecimentos de alojamento turístico por Localização geográfica

Fonte: INE, 2021

De forma a melhor sintetizar a informação contida na base de dados, apresenta-se em seguida a Tabela 4.1.

Dados relativos a 2019 e 2020		
Variáveis em análise	Níveis/Sigla	Tipo de variável
Período	Diurno [7h00-19h00]	Qualitativa ordinal
	Noturno [19h00-7h00]	
Época do ano nos valores de 2019	Baixa (nov, dez, jan, fev, mar)	Qualitativa ordinal
	Média (abr, mai, out)	
	Alta (jun, jul, ago, set)	
Monóxido de Carbono	CO	Quantitativa contínua
Ozono	O3	Quantitativa contínua
Oxido Nítrico	NO	Quantitativa contínua
Dióxido de Nitrogênio	NO2	Quantitativa contínua
Dióxido de Enxofre	SO2	Quantitativa contínua
Partícula<0.5	PM05	Quantitativa contínua
Partícula<0.7	PM07	Quantitativa contínua
Partícula<1	PM1	Quantitativa contínua
Partícula<2.5	PM25	Quantitativa contínua
Partícula<10	PM10	Quantitativa contínua
Nº de veículos em circulação		Quantitativa discreta
Dimensão matricial : 6187 x 13		

Tabela 4.1 - Descrição das variáveis em análise
Fonte: elaboração própria.

Os dados serão analisados de acordo com a época do ano a que dizem respeito, isto é, serão segmentados em três bases de dados (Época Baixa, Época Média e Época Alta). Desta forma, passa-se a ter três bases de dados, com as seguintes dimensões:

- Base de dados Época Baixa, com dimensão 744x12;
- Base de dados Época Média, com dimensão 2049x12;
- Base de dados Época Alta, com dimensão 3394x12.

O tratamento estatístico das bases de dados será realizado através do *software* IBM-SPSS 25.0.

4.2 Métodos estatísticos aplicados

Com vista a atingir os objetivos propostos no trabalho, e para cada uma das bases de dados, optou-se por aplicar inicialmente uma Análise de Componentes Principais (ACP) às variáveis Monóxido de Carbono, Ozono, Dióxido de Nitrogénio, Dióxido de Enxofre e Partículas de suspensão no ar, com vista à redução de dimensionalidade da base de dados. Os *scores* fatoriais obtidos através da ACP (novas coordenadas dos indivíduos nas novas componentes) passam a ser o *input* para a análise de *clusters*, através do método não hierárquico *K-means*, de forma a segmentar os veículos em circulação, de acordo com a emissão de gases e partículas em suspensão. Após esta segmentação passa-se a verificar, qual o período em que ocorrem os valores obtidos. Seguidamente, descreve-se de forma sucinta, a Análise de Componentes Principais e o método *K-means*.

4.3 Análise de Componentes Principais (ACP)

A Análise de Componentes Principais é uma técnica de estatística multivariada, proposta por Hotelling (1933), que tem como objetivo a redução de um conjunto de variáveis correlacionadas entre si, num outro conjunto de variáveis, de menor dimensão, e com a menor perda de informação possível, denominado de componentes principais, não correlacionadas entre si, o que permite e facilita a interpretação das variáveis num espaço multidimensional (Pestana e Gageiro, 2014).

De acordo com Hair *et al.* (2008), a adequada aplicação da ACP, pressupõe:

- A existência de variáveis quantitativas;
- Que a amostra tenha 50 ou mais observações validadas e 5 ou mais variáveis;
- A existência de linearidade nas relações entre as variáveis;
- A não existência de multicolineariedade entre as variáveis;
- A existência de um número menor de variáveis não observáveis (componentes principais ou variáveis compósitas) subjacentes aos dados, independentes entre si, que expressem o que existe de comum nas variáveis originais, com a menor perda de informação possível.

Em ambiente IBM-SPSS, o procedimento da ACP indica o número adequado de componentes a reter e apresenta a variância explicada pelas componentes. As componentes são calculadas e apresentadas por ordem decrescente de importância. Assim, a primeira componente explica a máxima variância dos dados, a segunda componente explica a máxima variância dos dados não explicada pela primeira componente e por aí adiante (Pestana e Gageiro, 2014).

Segundo Mâroco (2018) a ACP é na sua essência, uma forma de reduzir a complexidade dos dados e uma forma de resumir a informação contida em várias variáveis correlacionadas.

4.4 K-means

A análise de *clusters* tem como objetivo identificar semelhanças ou diferenças, que permitam agrupar os indivíduos em função das variáveis existentes. Pretende-se assim, a homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos.

O método de formação de *clusters K-means* (MacQueen, 1967) caracteriza-se por definir *a priori* o número de *clusters* que se pretende obter. Como é um método não hierárquico de formação de *clusters*, os casos são distribuídos de forma aleatória e equitativa pelo número de *clusters* pré-definido, sendo calculado o centroide de cada grupo. Em seguida, o método calcula a distância euclidiana de cada elemento a cada centroide e redistribui os elementos pelos grupos, com base na distância mínima ao centroide. Considera-se concluído o algoritmo, quando a variação não é significativa, ao nível da distância mínima de cada um dos sujeitos aos centroides.

O método *K-means* é um método exploratório, adequado para grandes bases de dados ($n > 200$) e deve ser aplicado a variáveis quantitativas.

De acordo com MacQuenn (1967), o algoritmo subjacente ao método *K-means*, pode ser resumido da seguinte forma:

- A divisão da amostra em k grupos pré-definidos (número de *clusters*);
- Cálculo dos centroides para cada um dos k grupos;
- Cálculo da distância euclidiana de cada indivíduo a cada centroide;

- A correspondência de cada indivíduo a cada centroide, sendo que são tidos como referência os centroides que se encontram mais próximos do indivíduo;
- Alocar cada indivíduo ao grupo que tem o centroide mais próximo;
- Sempre que se alocar um indivíduo a um grupo, o valor do centroide é recalculado;
- Repete-se o procedimento, até se conseguir a distância mínima de cada indivíduo a cada um dos centroides (valor da convergência nulo (preferencialmente)).

Capítulo 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Análise descritiva dos dados

Numa primeira abordagem efetuou-se uma análise descritiva da base de dados geral, para melhor compreender o comportamento dos dados, no seu todo.

Conforme já referido, a base de dados em análise, comporta 6187 observações definidas por 13 variáveis (Tabela 4.1, p.18). As observações foram recolhidas em Vilamoura, através de sensores ambientais instalados na Avenida Tivoli (Avenida da Marina) e dizem respeito ao tráfego rodoviário proveniente da Rua do Sol (Esquerda e Direita), durante o período compreendido entre 1 de janeiro de 2019 e 31 de dezembro de 2020. Os dados foram cedidos pela empresa Inframoura.

Atendendo a que os dados reportam aos anos de 2019 e 2020, optou-se por segmentar a base de dados por ano. O motivo desta segmentação prende-se com o facto de 2020 ter sido um ano atípico no turismo (e não só), devido à pandemia por Covid-19. Por outro lado, sendo Vilamoura um destino turístico de elevada procura, o que também se reflete no tráfego rodoviário, entendeu-se classificar as observações de cada ano por época, atendendo à sazonalidade.

Dado os critérios acima referidos, as 6187 observações iniciais (leituras dos sensores ambientais), distribuem-se conforme se apresenta na Tabela 5.1.

Época * Ano Crosstabulation

Count

		Ano		Total
		2019	2020	
Época	Época Alta	1306	2088	3394
	Época Média	648	1401	2049
	Época Baixa	744	0	744
Total		2698	3489	6187

Tabela 5.1 - Distribuição do número de leituras dos sensores ambientais, por época e ano
Fonte: elaboração própria

Apesar de 2020 ter sido um ano de medidas severas de confinamento devido à pandemia por Covid-19, é interessante verificar que, além de 2020 não apresentar registos em Época Baixa, o total de observações registadas em 2020 é superior (+29,3%) ao total de observações registadas em 2019. Em Época Alta, o número de registos de 2020 aumentou 59,9% comparativamente ao período homólogo de 2019 e em Época Baixa, o aumento foi de 16,2%.

No que concerne ao tráfego rodoviário, em 2019 a média por hora de veículos em circulação na Rua do Sol (Esquerda e Direita) foi superior à média registada em 2020, conforme se apresenta na Tabela 5.2.

Época	Medidas	2019		2020	
		Contagem Viaturas Rua do Sol Esq	Contagem Viaturas Rua do Sol Dta	Contagem Viaturas Rua do Sol Esq	Contagem Viaturas Rua do Sol Dta
Época Alta	Mean	218,6242	68,2455	158,2715	58,0114
	Std. Deviation	105,19744	38,01201	102,68884	39,77105
	N de leituras	1306		2088	
Época Média	Mean	178,4468	58,0071	55,4476	26,8432
	Std. Deviation	99,59421	36,79778	48,60237	23,93794
	N de leituras	648		1401	
Época Baixa	Mean	138,854	45,968	–	–
	Std. Deviation	91,82385	32,68234	–	–
	N de leituras	744		–	
Total	Mean	186,9771	59,6432	116,9828	45,4959
	Std. Deviation	105,82272	37,5009	98,99004	37,54898
	Total de leituras	2698		3489	

Tabela 5.2 - Média por hora, dos veículos em circulação na Rua do Sol
Fonte: elaboração própria.

Pela análise da Tabela 5.2, verifica-se uma relação negativa entre o número de leituras dos sensores e a média de veículos em circulação por hora, na Rua do Sol (Esquerda e Direita). Esta relação é elucidativa da diminuição do tráfego rodoviário verificado em 2020.

Em relação à qualidade do ar e partículas em suspensão, utilizou-se como valores de referência, a classificação disponibilizada pela Agência Portuguesa do Ambiente – Índice Qualar, que se apresenta na Figura 5.1. Os intervalos de classes são expressos em microgramas (milionésimo de grama) por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e servem de referência à média aritmética, seja por hora/ dia/semana/ano.

Classificação	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	O ₃	SO ₂
Muito Bom	0-20	0-10	0-40	0-80	0-100
Bom	21-35	11-20	41-100	81-100	101-200
Médio	36-50	21-25	101-200	101-180	201-350
Fraco	51-100	26-50	201-400	181-240	351-500
Mau	101-1200	51-800	401-1000	241-600	501-1250

Figura 5.1 - Índice Qualidade do ar - Qualar

Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente, 2021

Legenda:

PM₁₀ – Partículas em suspensão com diâmetro igual ou inferior a 10µ; PM_{2,5} – Partículas em suspensão com diâmetro igual ou inferior a 2,5µ; NO₂ – Dióxido de nitrogénio ou dióxido de azoto; O₃ – Ozono; SO₂ -Dióxido de enxofre.

Os valores obtidos das médias anuais relativos ao Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O₃), Óxido Nítrico ou Monóxido de Azoto (NO), Dióxido de Enxofre ou Dióxido de Azoto (SO₂), por época, apresentam-se nas Tabelas 5.3 e 5.4, para 2019 e 2020, respetivamente. Apesar do CO não constar na tabela da Agência Portuguesa do Ambiente, optou-se por apresentar os seus valores, dado as leituras terem sido cedidas pela Inframoura.

2019		Monóxido de Carbono CO	Ozono O ₃	Óxido Nítrico NO	Dióxido de Nitrogénio NO ₂	Dióxido de Enxofre SO ₂
Época Alta	Mean	0,2433	38,8868	30,7789	45,4284	38,1758
	N	1306	1306	1306	1306	1306
	Std. Deviation	0,10668	15,55456	12,12178	17,91820	44,23937
Época Média	Mean	0,1948	30,7440	36,2267	48,7209	13,9740
	N	648	648	648	648	648
	Std. Deviation	0,08460	12,39801	11,83912	18,18324	6,69978
Época Baixa	Mean	0,1773	28,2161	38,7369	46,7073	13,1494
	N	744	744	744	744	744
	Std. Deviation	0,09107	10,25042	10,03741	13,45407	0,43984
Total	Mean	0,2134	33,9885	34,2818	46,5718	25,4618
	N	2698	2698	2698	2698	2698
	Std. Deviation	0,10190	14,36071	12,03352	16,91995	33,31094

Tabela 5.3 - Média anual de CO, O₃, NO, NO₂ e SO₂ na Av. Tivoli – Vilamoura - 2019

Fonte: elaboração própria

2020		Monóxido de Carbono CO	Ozono O ₃	Óxido Nítrico NO	Dióxido de Nitrogénio NO ₂	Dióxido de Enxofre SO ₂
Época Alta	Mean	0,1602	68,7886	31,9588	51,4960	24,7299
	N	2088	2088	2088	2088	2088
	Std. Deviation	0,07512	26,18471	9,75506	17,37862	31,24248
Época Média	Mean	0,1363	54,6011	33,2700	47,3025	20,5395
	N	1401	1401	1401	1401	1401
	Std. Deviation	0,05174	28,10023	8,44199	12,48817	23,54377
Época Baixa	Mean					
	N	Sem informação				
	Std. Deviation					
Total	Mean	0,1506	63,0916	32,4853	49,8122	23,0472
	N	3489	3489	3489	3489	3489
	Std. Deviation	0,06774	27,84894	9,27128	15,73313	28,47350

Tabela 5.4 - Média anual de CO, O₃, NO, NO₂ e SO₂ na Av. Tivoli – Vilamoura - 2020

Fonte: elaboração própria.

Relativamente às médias anuais das Partículas em Suspensão, optou-se também, por apresentar a informação relativa a todas as leituras cedidas, por ano e por época, apesar de só as partículas com diâmetro inferior a 2,5µ e 10µ serem referenciadas na tabela da Agência Portuguesa do Ambiente. Seguem-se as Tabelas 5.5 e 5.6, relativas aos anos de 2019 e 2020, respetivamente.

Tanto na Tabela 5.5, como na Tabela 5.6, os valores médios anuais encontram-se destacados de acordo com a paleta de cores da Figura 5.1 – Índice Qualar.

2019		MP _{0.5} (µg/m ³)	MP _{0.7} (µg/m ³)	MP ₁ (µg/m ³)	MP _{2.5} (µg/m ³)	MP ₁₀ (µg/m ³)
Época Alta	Mean	0,4124	0,4562	0,4158	7,7369	19,9373
	N	1306	1306	1306	1306	1306
	Std. Deviation	0,83229	0,83931	0,84461	3,82810	9,09127
Época Média	Mean	0,0499	0,0859	0,0499	7,5742	19,5170
	N	648	648	648	648	648
	Std. Deviation	0,12136	0,12414	0,06968	4,08471	9,70593
Época Baixa	Mean	0,1114	0,1556	0,0922	10,4078	26,2476
	N	744	744	744	744	744
	Std. Deviation	0,23746	0,19536	0,11113	5,68867	13,55869
Total	Mean	0,2423	0,2843	0,2386	8,4343	21,5764
	N	2698	2698	2698	2698	2698
	Std. Deviation	0,61796	0,61919	0,61597	4,63641	11,02621

Tabela 5.5 - Média anual de PM_{0,5}, PM_{0,7}, PM₁, PM₁e PM₁₀ na Av. Tivoli –Vilamoura - 2019
Fonte: elaboração própria

2020		MP _{0.5} (µg/m ³)	MP _{0.7} (µg/m ³)	MP ₁ (µg/m ³)	MP _{2.5} (µg/m ³)	MP ₁₀ (µg/m ³)
Época Alta	Mean	16,3788	16,2250	15,9572	57,4685	138,5956
	N	2088	2088	2088	2088	2088
	Std. Deviation	28,83041	28,34689	27,47410	96,97320	230,40838
Época Média	Mean	1,3836	1,4056	1,3995	5,0667	13,8203
	N	1401	1401	1401	1401	1401
	Std. Deviation	0,78379	0,79980	0,80449	2,76977	6,59819
Época Baixa	Mean	Sem informação				
	N					
	Std. Deviation					
Total	Mean	10,3575	10,2743	10,1116	36,4267	88,4923
	N	3489	3489	3489	3489	3489
	Std. Deviation	23,48679	23,10495	22,42416	79,30816	188,47917

Tabela 5.6 - Média anual de PM_{0,5}, PM_{0,7}, PM₁, PM₁e PM₁₀ na Av. Tivoli –Vilamoura - 2020
Fonte: elaboração própria

Passa-se em seguida, à análise e discussão dos resultados, por ano e época. Em todas as base de dados analisam-se 11 variáveis, sendo, 10 variáveis relativas à concentração dos valores dos poluentes do ar (de CO, O₃, NO, NO₂, SO₂, PM_{0,5}, PM_{0,7}, PM₁, PM_{2,5} e PM₁₀) e uma variável relativa ao período do dia em que foram captados os registos: Período Diurno [7h-19h] e Período Noturno [19h-7h].

5.2 Época baixa – 2019

A base de dados inicial regista 744 observações, definidas em 11 variáveis. Os meses a que diz respeito são: janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro de 2019.

5.2.1 Aplicação da ACP

O objetivo da aplicação da Análise de Componentes Principais prende-se com a necessidade de se efetuar uma redução de dimensionalidade à base de dados, de modo a poder-se interpretar simultaneamente todas as variáveis, assim como, encontrar relações entre elas.

Após a aplicação da ACP, obtiveram-se os resultados que se encontram baixo nas Tabelas 5.7 a 5.9.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Adequacy.	Measure of Sampling	,794
Bartlett's Test of Sphericity	of Approx. Chi-Square	12586,911
	df	45
	Sig.	,000

Tabela 5.7 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época baixa 2019

Fonte: elaboração própria

O índice de KMO mede a adequabilidade da aplicação do método à base de dados. Este índice indica a proporção da variância das variáveis que pode ser explicada por uma componente (Lorenzo-Seva, Timmerman & Kiers, 2011). De acordo com Hutcheson e Sofroniou (1999) valores de KMO situados entre 0,7 e 0,8 indicam uma boa adequação do método.

Por outro lado, e de acordo com Hair *et al* (2005), o teste de esfericidade de Bartlett avalia se a matriz de variância-covariância é similar à matriz Identidade. Valores do teste de esfericidade de Bartlett com níveis de significância $p < 0,05$ indicam que existem relações lineares entre as variáveis, pelo que, é adequada a aplicação do método.

Dado que se obteve $KMO = 0,794$ e $sig=0,000$, conclui-se pela adequabilidade do método aos dados.

Assim, são retidas três componentes principais, que explicam aproximadamente 81,7% da variância dos dados, efetuando-se deste modo a redução da dimensionalidade da matriz inicial. Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 5.8.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,775	47,755	47,755	4,775	47,755	47,755
2	1,902	19,024	66,779	1,902	19,024	66,779
3	1,492	14,924	81,703	1,492	14,924	81,703
4	,879	8,795	90,498			
5	,313	3,127	93,625			
6	,282	2,818	96,443			
7	,186	1,860	98,302			
8	,157	1,565	99,868			
9	,013	,131	99,999			
10	9,955E-5	,001	100,000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Tabela 5.8 - Variância explicada – Época baixa 2019

Fonte: elaboração própria

A percentagem de informação retida de cada variável inicial nas novas componentes (Comunalidades) encontra-se na Tabela 5.9.

Communalities

	Initial	Extraction
Monóxido de Carbono	1,000	,860
Ozono	1,000	,852
Oxido Nítrico	1,000	,783
Dióxido de Nitrogenio	1,000	,921
Dióxido de Enxofre	1,000	,252
Partícula<0.5 µ	1,000	,872
Partícula<0.7 µ	1,000	,969
Partícula<1 µ	1,000	,842
Partícula<2.5 µ	1,000	,910
Partícula<10 µ	1,000	,909

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Tabela 5.9 - Comunalidades – Época baixa 2019

Fonte: elaboração própria

Apesar de só ser retida 25,2% da informação inicial da variável Dióxido de Enxofre nas novas componentes, optou-se por manter a variável na análise devido à sua importância.

De acordo com a Tabela 5.10, as novas componentes passam a reter a informação da seguinte forma:

- Componente 1 – Todas as partículas suspensas no ar
- Componente 2 – Monóxido de Carbono, Oxido Nítrico e Dióxido de Nitrogénio
- Componente 3 – Ozono e Dióxido de Enxofre

Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
Monóxido de Carbono	,489	,787	-,039
Ozono	-,284	,052	,877
Oxido Nítrico	,301	,742	-,377
Dióxido de Nitrogénio	,142	,700	,641
Dióxido de Enxofre	,163	,309	-,360
Partícula<0.5 µ	,903	-,194	,136
Partícula<0.7 µ	,955	-,215	,106
Partícula<1 µ	,889	-,209	,091
Partícula<2.5 µ	,949	-,094	,023
Partícula<10 µ	,949	-,094	,023

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Tabela 5.10 - Matriz das componentes – Época baixa 2019
Fonte: elaboração própria

5.2.2 Aplicação do *K-means*

A partir da ACP, os valores iniciais das observações são recodificados em *scores* fatoriais, que comportam a informação das variáveis nas novas componentes. É a partir dos *scores* fatoriais, que se efetua a formação de *clusters* pelo método *K-means*, com a distância euclidiana. Optou-se por uma formação de 3 *clusters*, atendendo ao posicionamento dos centroides, conforme se apresenta na Tabela 5.11.

Final Cluster Centers		Cluster		
		1	2	3
REGR factor score 1 for analysis 2		-,33068	,60550	2,22223
REGR factor score 2 for analysis 2		-,17972	1,89057	-1,04775
REGR factor score 3 for analysis 2		,04689	-,55981	,36946

Tabela 5.11 - Centroides finais – Época baixa 2019

Fonte: elaboração própria

O número de elementos por *cluster* é apresentado na Tabela 5.12 e encontra-se distribuído no plano fatorial de acordo com o Gráfico 5.1.

Number of Cases in each Cluster	
Cluster	
1	590,000
2	91,000
3	63,000
Valid	744,000
Missing	,000

Tabela 5.12 - N° de elementos por *cluster* – Época baixa 2019

Fonte: elaboração própria

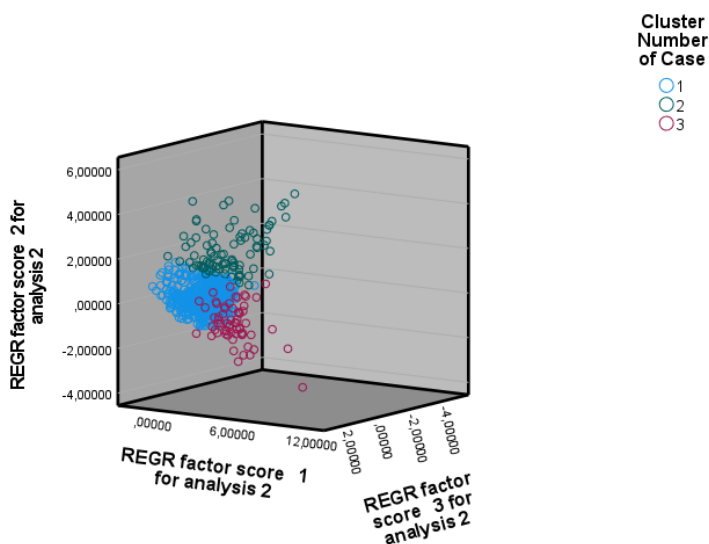


Gráfico 5.1 - Representação tridimensional dos *clusters* - Época baixa 2019

Fonte: elaboração própria

De forma a caracterizar os *clusters* procedeu-se ao cálculo do valor médio de cada poluente do ar, por *cluster*. Os resultados apresentam-se na Tabela 5.13.

	Cluster Number of Case		
	1 Mean	2 Mean	3 Mean
Monóxido de Carbono	,15	,35	,20
Ozono	29,53	22,67	23,92
Oxido Nítrico	36,46	55,35	36,08
Dióxido de Nitrogénio	44,78	60,23	45,22
Dióxido de Enxofre	13,09	13,59	13,12
Partícula<0.5 µ	,06	,13	,61
Partícula<0.7 µ	,10	,18	,63
Partícula<1 µ	,06	,11	,37
Partícula<2.5 µ	8,79	12,47	22,54
Partícula<10 µ	22,41	31,14	55,08

Tabela 5.13 - N° de casos por cluster – Época baixa 2019
Fonte: elaboração própria

Verifica-se assim, que o *cluster 2* é o *cluster* com maior incidência de emissões poluentes, nomeadamente no período noturno, e em especial no Oxido Nítrico, Dióxido de Enxofre e Dióxido de Nitrogénio.

O *Cluster 3* concentra o material particulado, sendo a sua dispersão homogénea nos 2 períodos horários.

O *Cluster 1* tem forte incidência no período diurno e em termos de emissões representa maioritariamente o Ozono.

Efetuada uma análise comparativa entre os valores por *cluster* e a média geral da época, verifica-se essencialmente, que o material particulado no *cluster 3* está claramente acima da média com valor de 55,08 nas partículas inferiores a 10mg, para uma média geral de 26,25mg bem como no caso do *cluster 2*, os valores de emissões fortemente acima da média geral, com incidência no Oxido Nítrico e Dióxido de Nitrogénio.

Em termos percentuais, e no tocante às partículas, o *cluster 3* está 109% acima da média global. No caso do *cluster 2*, as emissões de gases estão 28% acima da média global no caso do Dióxido de Nitrogénio e 42,5% acima no caso do Óxido Nítrico.

Em relação ao período do dia, o número de viaturas em circulação por *cluster* distribui-se de acordo com o gráfico 5.2.

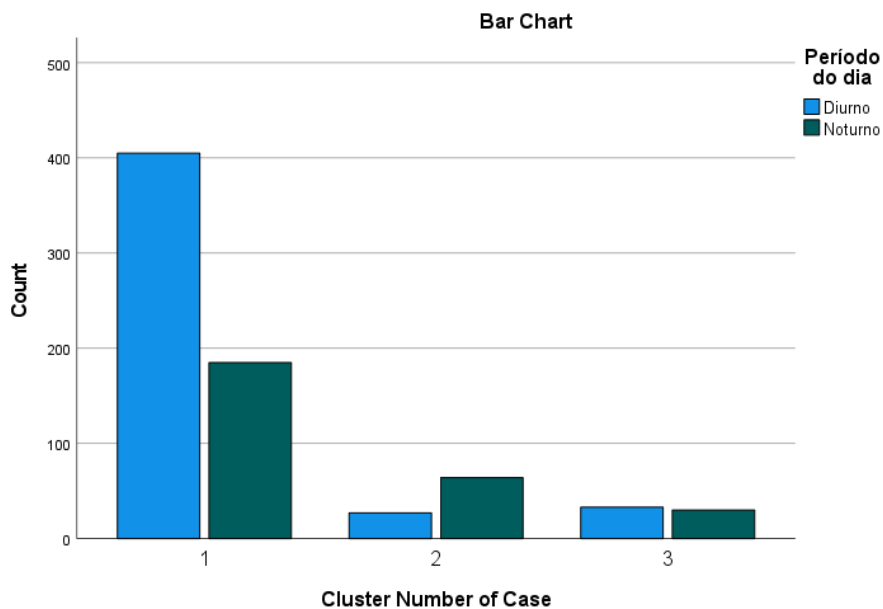


Gráfico 5.2 - Número ocorrências por *cluster*

Fonte: elaboração própria

5.3 Época media – 2019

A base de dados inicial regista 648 observações, definidas em 11 variáveis. Os meses a que diz respeito são: abril, maio e outubro de 2019.

5.3.1 Aplicação da ACP

Os resultados da aplicação da ACP apresentam-se nas Tabelas 5.14 a 5.16.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,702
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	11558,879
	df	45
	Sig.	,000

Tabela 5.14 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época media 2019

Fonte: elaboração própria

Atendendo que se obteve $KMO = 0,702$ e $sig=0,000$, conclui-se pela adequabilidade do método aos dados.

Assim, são retidas três componentes principais, que explicam aproximadamente 81,74% da variância dos dados, efetuando-se deste modo a redução da dimensionalidade da matriz inicial. Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 5.15.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,647	46,467	46,467	4,647	46,467	46,467
2	2,130	21,298	67,764	2,130	21,298	67,764
3	1,398	13,976	81,740	1,398	13,976	81,740
4	,990	9,904	91,644			
5	,362	3,619	95,263			
6	,259	2,593	97,857			
7	,154	1,543	99,400			
8	,051	,510	99,910			
9	,009	,089	99,998			
10	,000	,002	100,000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Tabela 5.15 - Variância explicada – Época media 2019

Fonte: elaboração própria

A percentagem de informação retida de cada variável inicial nas novas componentes (Comunalidades) encontra-se na Tabela 5.16.

Communalities

	Initial	Extraction
Monóxido de Carbono	1,000	,855
Ozono	1,000	,895
Oxido Nítrico	1,000	,883
Dióxido de Nitrogénio	1,000	,888
Dióxido de Enxofre	1,000	,783
Partícula<0.5 µ	1,000	,874
Partícula<0.7 µ	1,000	,961
Partícula<1 µ	1,000	,949
Partícula<2.5 µ	1,000	,893
Partícula<10 µ	1,000	,893

Tabela 5.16 - Comunalidades – Época media 2019

Fonte: elaboração própria

De acordo com a Tabela 5.17, as novas componentes passam a reter a informação da seguinte forma:

- Componente 1 – Todas as partículas suspensas no ar
- Componente 2 – Monóxido de Carbono, Oxido Nítrico e Dióxido de Nitrogénio
- Componente 3 – Ozono e Dióxido de Enxofre

Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
Monóxido de Carbono	,019	,916	-,126
Ozono	-,285	,449	,783
Oxido Nítrico	,009	,464	-,817
Dióxido de Nitrogénio	-,146	,923	,119
Dióxido de Enxofre	,043	,078	,274
Partícula<0.5 µ	,933	,012	,055
Partícula<0.7 µ	,978	,034	,052
Partícula<1 µ	,972	,046	,057
Partícula<2.5 µ	,941	,080	,042
Partícula<10 µ	,941	,077	,043

Tabela 5.17 - Matriz das componentes – Época media 2019
Fonte: elaboração própria

5.3.2 Aplicação do *K-means*

A partir da ACP, os valores iniciais das observações são recodificados em *scores* fatoriais, que comportam a informação das variáveis nas novas componentes.

É através dos *scores* fatoriais, que se efetua a formação de *clusters* pelo método *K-means*. Optou-se por uma formação de 3 *clusters*, atendendo ao posicionamento dos centroides, conforme se apresenta na Tabela 5.18.

Final Cluster Centers

		Cluster		
		1	2	3
REGR factor score analysis 1	1 for	4,65882	-,29039	-,10212
REGR factor score analysis 1	2 for	,32728	1,58854	-,42228
REGR factor score analysis 1	3 for	,12889	-,07454	,01433

Tabela 5.18 - Centroides finais – Época média 2019
 Fonte: elaboração própria

O número de elementos por *cluster* é apresentado na Tabela 5.19 e encontra-se distribuído no plano fatorial de acordo com o Gráfico 5.3.

Number of Cases in each Cluster

Cluster	1	19,000
	2	129,000
	3	500,000
Valid		648,000
Missing		,000

Tabela 5.19 - Número de elementos por cluster
 Fonte: elaboração própria

Graph

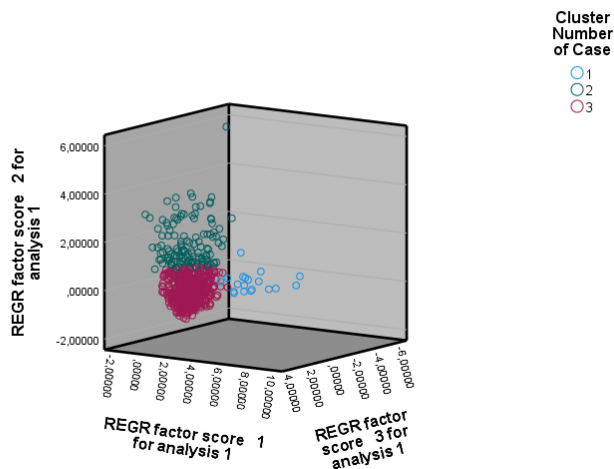


Gráfico 5.3 - Representação tridimensional de clusters Época média 2019
 Fonte: elaboração própria

De forma a caracterizar os *clusters* procedeu-se ao cálculo do valor médio de cada poluente do ar, por *cluster*. Os resultados apresentam-se na Tabela 5.20

	Cluster Number of Case		
	1	2	3
	Mean	Mean	Mean
Monóxido de Carbono	,20	,32	,16
Ozono	17,07	38,93	29,15
Oxido Nítrico	37,69	44,89	33,94
Dióxido de Nitrogénio	40,08	77,10	41,73
Dióxido de Enxofre	13,54	14,15	13,94
Partícula<0.5 µ	,63	,02	,03
Partícula<0.7 µ	,66	,06	,07
Partícula<1 µ	,37	,04	,04
Partícula<2.5 µ	23,70	7,31	7,03

Tabela 5.20 - N° de casos por *cluster* – Época media 2019

Fonte: elaboração própria

Em relação ao período do dia, o número de ocorrências por *cluster* distribui-se de acordo com a Gráfico 5.4.

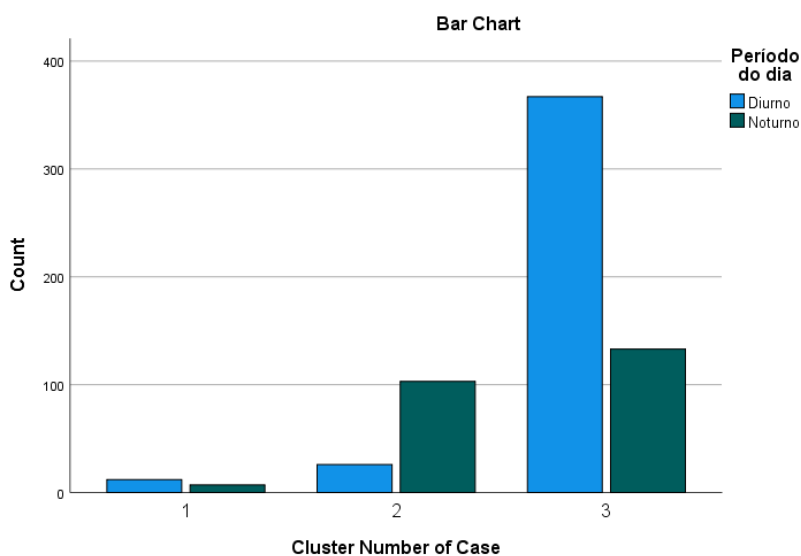


Gráfico 5.4 - Número ocorrências por *Cluster*

Fonte: elaboração própria

Verifica-se assim que o *cluster 2* é o *cluster* com maior incidência de emissões poluentes, nomeadamente no Dióxido de Nitrogénio, Oxido Nítrico e Ozono, com especial enfoque durante o período noturno.

O *Cluster 1* concentra o material particulado sendo a sua dispersão homogénea nos 2 períodos horários.

O *Cluster 3* tem forte incidência no período diurno e em termos de emissões apresenta altos valores ainda que inferiores ao *cluster 2*.

Efetuada uma análise comparativa entre os valores por *cluster* e a média geral da época, verifica-se essencialmente que o material particulado no *cluster 1* está ligeiramente acima da média com valor de 23,70 nas partículas inferiores a 10mg para uma média geral de 19,51, porém no caso das emissões do *cluster 2* e em especial no caso do Dióxido de Nitrogénio, os valores estão bastante acima da média geral.

Em termos percentuais, e no tocante às partículas, o *cluster 1* está 213% acima da média global. No caso do *cluster 2* as emissões estão 28,39% acima da média no caso do Dióxido de Nitrogénio.

5.4 Época media – 2020

A base de dados inicial regista 1401 observações, definidas em 11 variáveis. Os meses a que diz respeito são: abril, maio e outubro de 2020.

5.4.1 Aplicação da ACP

Após a aplicação da ACP, obtiveram-se os resultados que se encontram baixo nas Tabelas 5.21 a 5.23.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,736
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	23795,390
	df	55
	Sig.	,000

Tabela 5.21 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época media 2020
Fonte: elaboração própria

Igualmente aqui são retidas três componentes principais, que explicam aproximadamente 76,76% da variância dos dados, efetuando-se deste modo a redução da dimensionalidade da matriz inicial. Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 5.22.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,969	45,174	45,174	4,969	45,174	45,174
2	2,179	19,809	64,983	2,179	19,809	64,983
3	1,295	11,772	76,755	1,295	11,772	76,755
4	,965	8,775	85,530			
5	,674	6,123	91,653			
6	,478	4,342	95,994			
7	,299	2,718	98,712			
8	,052	,473	99,184			
9	,049	,442	99,626			
10	,041	,371	99,997			
11	,000	,003	100,000			

Tabela 5.22 - Variância explicada – Época media 2020
Fonte: elaboração própria

A percentagem de informação retida de cada variável inicial nas novas componentes (Comunalidades) encontra-se na Tabela 5.23,

Communalities

	Initial	Extraction
Monóxido de Carbono	1,000	,270
Ozono	1,000	,722
Oxido Nítrico	1,000	,643
Dióxido de Nitrogénio	1,000	,667
Dióxido de Enxofre	1,000	,593
Partícula<0.5 µ	1,000	,956
Partícula<0.7 µ	1,000	,962
Partícula<1 µ	1,000	,959
Partícula<2.5 µ	1,000	,983
Partícula<10 µ	1,000	,982

Tabela 5.23 - Comunalidades – Época media 2020

Fonte: elaboração própria

De acordo com a Tabela 5.24, as novas componentes passam a reter a informação da seguinte forma:

- Componente 1 – Todas as partículas suspensas no ar
- Componente 2 – Monóxido de Carbono, Ozono, Dióxido de Nitrogénio
- Componente 3 – Dióxido de Enxofre

Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
Monóxido de Carbono	,094	,509	,038
Ozono	,214	,820	-,070
Oxido Nítrico	,118	-,793	-,007
Dióxido de Nitrogénio	,237	,509	-,593
Dióxido de Enxofre	,130	-,021	,758
Partícula<0.5 µ	,976	-,059	,011
Partícula<0.7 µ	,979	-,061	,003
Partícula<1 µ	,977	-,069	,020
Partícula<2.5 µ	,990	-,054	-,003
Partícula<10 µ	,990	-,035	-,004

Tabela 5.24 - Matriz das componentes – Época media 2020

Fonte: elaboração própria

5.4.2 Aplicação do *K-means*

Neste caso optou-se por uma formação de 4 *clusters*, atendendo ao posicionamento dos centroides, conforme se apresenta na Tabela 5.25.

Final *Cluster Centers*

				<i>Cluster</i>			
				1	2	3	4
REGR factor score	1 for	1,74769	-,48201	,11126	,06768		
analysis 1							
REGR factor score	2 for	-,47607	-,42343	-,01343	1,39376		
analysis 1							
REGR factor score	3 for	-,17312	-,18918	2,62484	-,16182		
analysis 1							

Tabela 5.25 - Centroides finais – Época média 2020

Fonte: elaboração própria

O número de elementos por *cluster* é apresentado na Tabela 5.26 e encontra-se distribuído no plano fatorial de acordo com o Gráfico 5.5.

Number of Cases in each

Cluster

<i>Cluster</i> 1	202,000
2	797,000
3	90,000
4	312,000
Valid	1401,000
Missing	,000

Tabela 5.26 - N° de elementos por *cluster* – Época média 2020

Fonte: elaboração própria

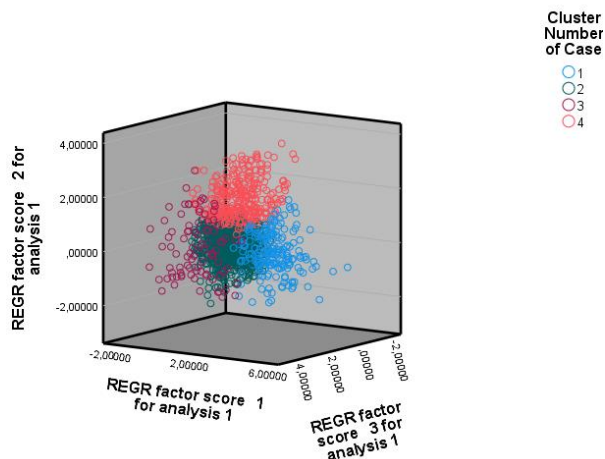


Gráfico 5.5 - Representação tridimensional de *clusters* em Época média 2020
Fonte: elaboração própria

De forma a caracterizar os *clusters* procedeu-se ao cálculo do valor médio de cada poluente do ar, por *cluster*. Os resultados apresentam-se na Tabela 5.27.

	<i>Cluster Number of Case</i>			
	1	2	3	4
	Mean	Mean	Mean	Mean
Monóxido de Carbono	,13	,12	,15	,18
Ozono	54,03	41,97	51,29	88,20
Oxido Nítrico	37,46	35,42	33,47	25,01
Dióxido de Nitrogénio	48,53	44,27	36,16	57,47
Dióxido de Enxofre	18,39	14,45	93,26	16,51
Partícula<0.5 µ	2,75	1,04	1,45	1,36
Partícula<0.7 µ	2,80	1,05	1,47	1,39
Partícula<1 µ	2,81	1,04	1,47	1,38
Partícula<2.5 µ	10,00	3,82	5,18	5,02
Partícula<10 µ	25,55	10,80	14,04	13,88

Tabela 5.27 - N° de casos por *cluster* – Época media 2020
Fonte: elaboração própria

Em relação ao período do dia, o número de ocorrências por *cluster* distribuiu-se de acordo com a Gráfico 5.6.

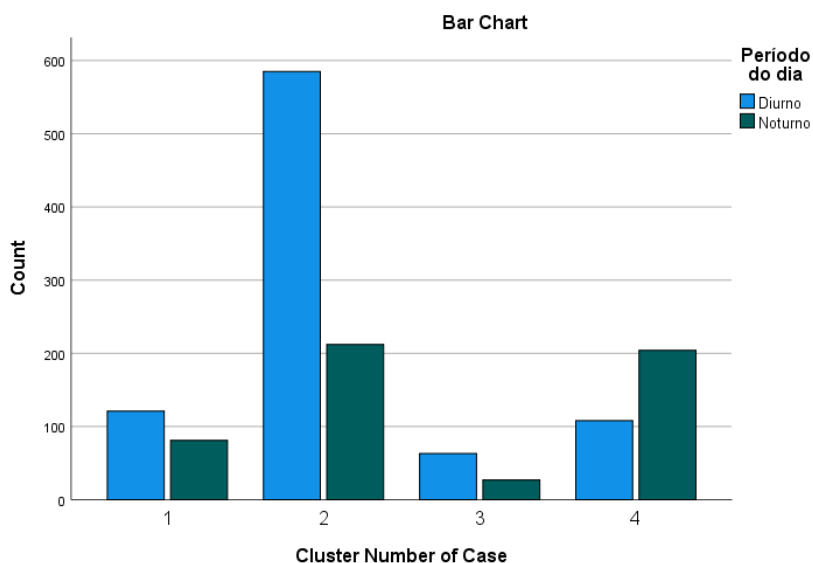


Gráfico 5.6 - Número ocorrências por *Cluster*
Fonte: elaboração própria

Para uma análise mais clara, pode-se observar a tabela 5.28.

Cluster Number of Case * Período do dia Crosstabulation

			Período do dia		
			Diurno	Noturno	Total
<i>Cluster Number of Case</i>	1	Count	121	81	202
		% within <i>Cluster Number of Case</i>	59,9%	40,1%	100,0%
	2	Count	585	212	797
		% within <i>Cluster Number of Case</i>	73,4%	26,6%	100,0%
	3	Count	63	27	90
		% within <i>Cluster Number of Case</i>	70,0%	30,0%	100,0%
	4	Count	108	204	312
		% within <i>Cluster Number of Case</i>	34,6%	65,4%	100,0%
Total		Count	877	524	1401
		% within <i>Cluster Number of Case</i>	62,6%	37,4%	100,0%

Tabela 5.28 - Crosstabs – Época media 2020
Fonte: elaboração própria

Verifica-se assim que o *cluster* 1 é o *cluster* com maior incidência de Oxido Nítrico e Material particulado com maior incidência de dia.

O *Cluster* 2 também fortemente diurno, concentra essencialmente valores elevados de emissões e partículas, ainda que não sendo o que revele os valores mais altos em nenhuma variável em específico.

O *Cluster* 3 também diurno destaca-se pelos valores extremamente elevados de Dióxido de Enxofre embora também apresente valores elevados de partículas e emissões.

O *Cluster* 4, de incidência noturna, destaca-se pelos valores extremamente elevados de Ozono e Dióxido de Nitrogénio, embora igualmente também apresente valores elevados de partículas e emissões.

Efetuada-se uma análise comparativa entre os valores por *cluster* e a média geral da época, verifica-se essencialmente que o material particulado no *cluster* 1 está acima da média com valor de 25,55 nas partículas inferiores a 10mg para uma média geral de 13,82; no caso das emissões do *cluster* 3 e em especial no caso do Dióxido de Enxofre os valores estão bastante acima da média geral com uma média geral de 20,53 e um valor individual neste *cluster* de 93,26. O *cluster* 4 destaca-se pelo elevado valor de ozono bastante acima da média.

Em termos percentuais, e no tocante às partículas, o *cluster* 1 está 85% acima da média. No caso do *cluster* 3 as emissões estão 358% acima da média no caso do Dióxido de Enxofre.

5.5 Época alta – 2019

A base de dados inicial regista 1306 observações, definidas em 11 variáveis. Os meses a que diz respeito são: junho, julho, agosto e setembro de 2019.

5.5.1 Aplicação da ACP

Após a aplicação da ACP, obtiveram-se os resultados que se encontram baixo nas Tabelas 5.29 a 5.31.

KMO and Bartlett's Test^a

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,714
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	22775,317
	df	45
	Sig.	,000

Tabela 5.29 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época alta 2019
Fonte: elaboração própria

Novamente aqui, são retidas três componentes principais, que explicam aproximadamente 75,22% da variância dos dados, efetuando-se deste modo a redução da dimensionalidade da matriz inicial. Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 5.30.

Total Variance Explained^a

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% Variance	% of Cumulative	Total	% Variance	% of Cumulative
1	3,432	34,316	34,316	3,432	34,316	34,316
2	2,465	24,654	58,970	2,465	24,654	58,970
3	1,625	16,252	75,223	1,625	16,252	75,223
4	,852	8,522	83,745			
5	,663	6,625	90,370			
6	,588	5,883	96,253			
7	,337	3,367	99,620			
8	,020	,205	99,824			
9	,018	,175	100,000			
10	4,522E-5	,000	100,000			

Tabela 5.30 - Variância explicada – Época alta 2019
Fonte: elaboração própria

A percentagem de informação retida de cada variável inicial nas novas componentes (Comunalidades) encontra-se na Tabela 5.31.

Communalities^a

	Initial	Extraction
Ozono	1,000	,745
Oxido Nítrico	1,000	,596
Dióxido de Nitrogénio	1,000	,494
Dióxido de Enxofre	1,000	,549
Poluição Sonora	1,000	,510
Partícula<2.5 µ	1,000	,866
Partícula<10 µ	1,000	,867
Partícula<0.5 µ	1,000	,965
Partícula<0.7 µ	1,000	,967
Partícula<1 µ	1,000	,962

Tabela 5.31 - Comunalidades – Época alta 2019
Fonte: elaboração própria

De acordo com a Tabela 5.32, as novas componentes passam a reter a informação da seguinte forma:

- Componente 1 – Todas as partículas até 1 micrograma;
- Componente 2 – Todas as partículas acima de 1 mg e até 10mg e Dióxido de Nitrogénio;
- Componente 3 – Poluição Sonora, Dióxido de Enxofre e Ozono.

Component Matrix^{a,b}

	Component		
	1	2	3
Ozono	,165	,534	,658
Oxido Nítrico	,079	,197	-,743
Dióxido de Nitrogénio	,195	,673	-,053
Dióxido de Enxofre	,429	-,406	,448
Poluição Sonora	,376	,016	,607
Partícula<2.5 µ	,485	,791	-,077
Partícula<10 µ	,484	,792	-,078
Partícula<0.5 µ	,928	-,293	-,138
Partícula<0.7 µ	,930	-,286	-,139
Partícula<1 µ	,916	-,322	-,140

Tabela 5.32 - Matriz das componentes – Época alta 2019
Fonte: elaboração própria

5.5.2 Aplicação do *K-means*

No caso específico desta época optou-se por uma formação de 5 *clusters*, atendendo ao posicionamento dos centroides, conforme se apresenta na Tabela 5.33.

Final Cluster Centers^a

		Cluster				
		1	2	3	4	5
REGR factor score	1 for analysis 2	,98398	-,32130	,45919	4,47868	-,53678
REGR factor score	2 for analysis 2	-1,18334	,05964	1,95867	-,25735	-,03652
REGR factor score	3 for analysis 2	,23164	,86389	,29452	-1,50988	-,86280

Tabela 5.33 - Centroides finais – Época alta 2019
Fonte: elaboração própria

O número de elementos por *cluster* é apresentado na Tabela 5.34 e encontra-se distribuído no plano fatorial de acordo com o Gráfico 5.7.

Number of Cases in each Cluster^a

Cluster 1	231,000
2	422,000
3	139,000
4	24,000
5	490,000
Valid	1306,000
Missing	,000

Tabela 5.34 - N° de elementos por cluster – Época alta 2019
Fonte: elaboração própria

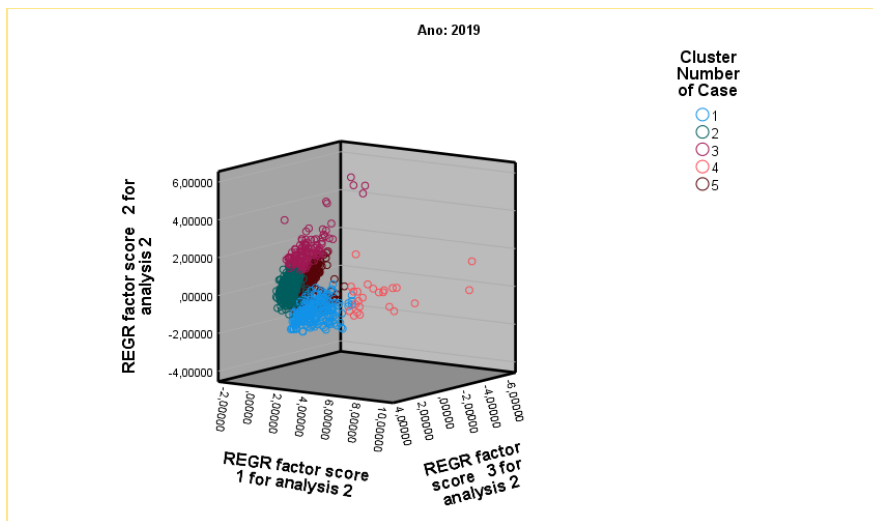


Gráfico 5.7 - Representação tridimensional de clusters Época alta 2019
Fonte: elaboração própria

De forma a caracterizar os *clusters* procedeu-se ao cálculo do valor médio de cada poluente do ar, por *cluster*. Os resultados apresentam-se na Tabela 5.35.

	Cluster Number of Case				
	1	2	3	4	5
	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
Monóxido de Carbono	,24	,22	,37	,48	,21
Ozono	33,53	48,02	56,60	37,16	28,61
Oxido Nítrico	28,01	22,95	32,63	43,22	37,69
Dióxido de Nitrogénio	38,61	40,50	75,35	54,67	43,95
Dióxido de Enxofre	91,93	39,39	24,91	56,28	14,66
Partícula<0.5 µ	1,42	,06	,24	4,25	,10
Partícula<0.7 µ	1,47	,10	,29	4,26	,14
Partícula<1 µ	1,43	,07	,17	4,38	,11
Partícula<2.5 µ	5,66	7,18	14,34	15,46	6,94
Partícula<10 µ	15,00	18,62	35,62	38,26	18,05

Tabela 5.35 - N° de casos por cluster – Época alta 2019
Fonte: elaboração própria

Em relação ao período do dia, o número de ocorrências por *cluster* distribui-se de acordo com a Gráfico 5.8.

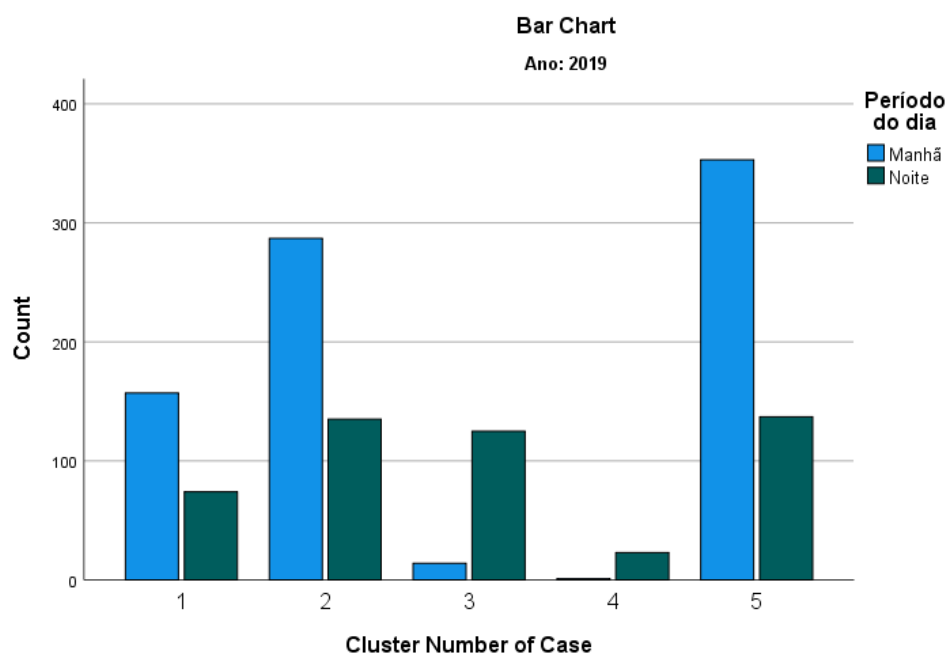


Gráfico 5.8 - Número ocorrências por cluster
Fonte: elaboração própria

Verifica-se assim que o *cluster* 1 é o *cluster* com maior relevo de Dióxido de Enxofre e com maior incidência de dia.

O *Cluster* 2 também fortemente diurno concentra essencialmente valores elevados de emissões e partículas ainda que não sendo o que revele os valores mais altos em nenhuma variável em específico.

O *Cluster* 3 marcadamente noturno destaca-se pelos valores extremamente elevados de Dióxido de Nitrogénio e Ozono embora também apresente valores elevados de partículas e emissões.

O *Cluster* 4 de incidência noturna destaca-se pelos valores extremamente elevados de materiais particulados e Oxido Nítrico.

O *Cluster* 5 de incidência diurna revela valores mais reduzidos no geral, mas ainda assim elevados, de partículas e emissões.

Em termos percentuais, e no tocante às partículas, o *cluster* 4 está 92% acima da média. No caso do *cluster* 1 as emissões de Dióxido de Enxofre estão 140.8% acima da média, no *cluster* 3 o Dióxido de Nitrogénio está 66% acima da média.

5.6 Época alta – 2020

A base de dados inicial regista 2088 observações, definidas em 11 variáveis. Os meses a que diz respeito são: junho, julho, agosto e setembro de 2020.

5.6.1 Aplicação da ACP

Após a aplicação da ACP, obtiveram-se os resultados que se encontram baixo nas Tabelas 5.36 a 5.38.

KMO and Bartlett's Test^a

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,800
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	24438,419
	df	36
	Sig.	,000

Tabela 5.36 - Valor de KMO e Teste de esfericidade de Bartlett – Época alta 2020
Fonte: elaboração própria

Retém-se três componentes principais, que explicam aproximadamente 84,10% da variância dos dados, efetuando-se deste modo a redução da dimensionalidade da matriz inicial. Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 5.37.

Total Variance Explained^a

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,012	44,574	44,574	4,012	44,574	44,574
2	2,150	23,890	68,464	2,150	23,890	68,464
3	1,407	15,631	84,095	1,407	15,631	84,095
4	,807	8,969	93,064			
5	,350	3,884	96,948			
6	,207	2,298	99,245			
7	,027	,295	99,540			
8	,021	,234	99,774			
9	,020	,226	100,000			

Tabela 5.37 - Variância explicada – Época alta 2020

Fonte: elaboração própria

Relativamente às comunalidades, a tabela 5.38 refere a percentagem de informação retida.

Communalities^a

	Initial	Extraction
Monóxido de Carbono	1,000	,767
Ozono	1,000	,805
Oxido Nítrico	1,000	,738
Dióxido de Nitrogénio	1,000	,874
Dióxido de Enxofre	1,000	,461
Partícula<0.5 µ	1,000	,978
Partícula<0.7 µ	1,000	,982
Partícula<1 µ	1,000	,982
Partícula<2.5 µ	1,000	,981

Tabela 5.38 - Comunalidades – Época alta 2020

Fonte: elaboração própria

De acordo com a Tabela 5.39, as novas componentes passam a reter a informação da seguinte forma:

- Componente 1 – Todas as partículas,
- Componente 2 – Monóxido de Carbono, Ozono e Dióxido de Nitrogénio
- Componente 3 – Oxido Nítrico

Component Matrix^{a,b}

	Component		
	1	2	3
Monóxido de Carbono	-,242	,713	,448
Ozono	-,040	,852	-,278
Oxido Nítrico	-,201	-,344	,761
Dióxido de Nitrogénio	-,111	,851	,371
Dióxido de Enxofre	-,082	,240	-,630
Partícula<0.5 µ	,985	,068	,065
Partícula<0.7 µ	,987	,067	,063
Partícula<1 µ	,988	,061	,057
Partícula<2.5 µ	,987	,060	,059

Tabela 5.39 - Matriz das componentes – Época alta 2020

Fonte: elaboração própria

5.6.2 Aplicação do *K-means*

Na análise desta época optou-se por uma formação de 3 *clusters*, atendendo ao posicionamento dos centroides, conforme se apresenta na Tabela 5.40.

Final *Cluster Centers*^a

	<i>Cluster</i>		
	1	2	3
REGR factor score 1 for analysis 1	-,24730	2,99671	-,24646
REGR factor score 2 for analysis 1	-,61462	,06306	1,14260
REGR factor score 3 for analysis 1	,04402	,32731	-,16070

Tabela 5.40 - Centroides finais – Época alta 2020

Fonte: elaboração própria

O número de elementos por *cluster* é apresentado na Tabela 5.41 e encontra-se distribuído no plano fatorial de acordo com o Gráfico 5.9.

Number of Cases in each *Cluster*^a

<i>Cluster</i>	1	1260,000
	2	159,000
	3	669,000
Valid		2088,000
Missing		,000

Tabela 5.41 - N° de elementos por cluster – Época alta 2020

Fonte: elaboração própria

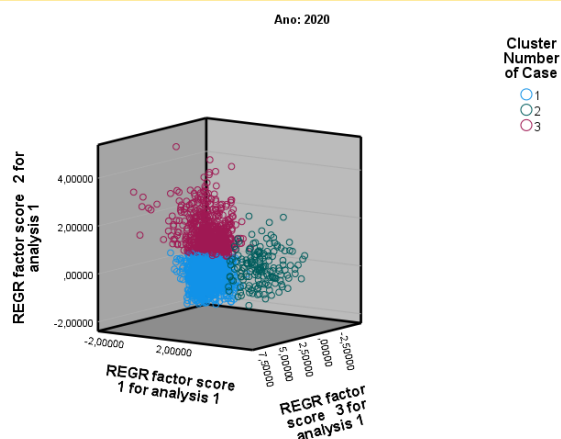


Gráfico 5.9 - Representação tridimensional de *clusters* Época alta 2020
Fonte: elaboração própria

De forma a caracterizar os *clusters* procedeu-se ao cálculo do valor médio de cada poluente do ar, por *cluster*. Os resultados apresentam-se na Tabela 5.42.

	Cluster Number of Case		
	1	2	3
	Mean	Mean	Mean
Monóxido de Carbono	,13	,13	,22
Ozono	54,78	62,70	96,62
Oxido Nítrico	34,76	28,84	27,43
Dióxido de Nitrogénio	43,36	48,35	67,56
Dióxido de Enxofre	19,78	15,90	36,14
Partícula<0.5 µ	8,31	102,40	11,13
Partícula<0.7 µ	8,20	101,15	11,16
Partícula<1 µ	8,24	98,06	10,97
Partícula<2.5 µ	30,28	347,56	39,74

Tabela 5.42 - N° de casos por cluster – Época alta 2020
Fonte: elaboração própria

Em relação ao período do dia, o número de ocorrências por *cluster* distribui-se de acordo com a Gráfico 5.10.

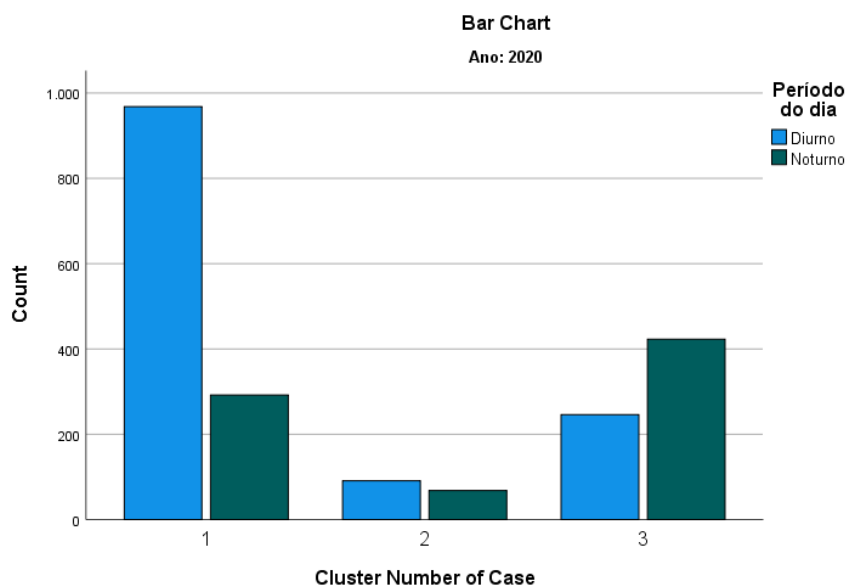


Gráfico 5.10 - Número ocorrências por cluster
Fonte: elaboração própria

Verifica-se assim que o *cluster* 1 é o *cluster* com maior relevo de Oxido Nítrico e com maior incidência de dia.

O *Cluster* 2 ligeiramente diurno concentra essencialmente valores extremamente elevados de partículas, mas também realce para o valor elevado de emissões.

O *Cluster* 3 marcadamente noturno destaca-se pelos valores extremamente elevados de emissões, sendo de destacar os valores altos de Ozono, Dióxido de Nitrogénio e Enxofre.

Esta época revela valores consideravelmente altos em qualquer dos *clusters* marcando claramente a sazonalidade da região.

Efetuada uma análise comparativa entre os valores por *cluster* e a média geral da época, verifica-se essencialmente que o material particulado no *cluster* 2 está bastante acima da média, com valor de 347,56 nas partículas inferiores a 10mg para uma média geral de 138,59; no caso das emissões do *cluster* 3 e em especial no caso do Ozono os valores estão bastante acima da média geral com uma média geral de 68,78 e um valor individual neste *cluster* de 96,62.

As médias gerais deste *cluster* específico acima elencadas demonstram a elevada disparidade de valores entre épocas, com uma média de partículas inferiores a 2,5mg de 57,46; inferiores a 10mg de 138,59; media de emissões de Ozono de 68.78 e de Dióxido de Nitrogénio de 51,49, consideravelmente acima das registadas nas restantes épocas.

Em termos percentuais, e no tocante às partículas, o *cluster 2* está 150,5% acima da média. No caso do *cluster 3* as emissões de Ozono estão 40,5% acima da média, no *cluster 3* o Dióxido de Nitrogénio está 66% acima da média.

O estudo efetuado revelou uma elevada disparidade de resultados nas diferentes épocas. Se na maioria das épocas os valores de emissões e partículas estão bastante abaixo dos valores limites e a qualidade do ar é boa (baseado nos valores médios de emissões conforme tabelas 3 a 7), os valores revelados na época alta 2020 são muito elevados.

No tocante ao material particulado, que como verificámos no capítulo 1 é neste momento a fonte das preocupações da OMS, a análise à época alta de 2020 revelou que as partículas até 10 microgramas por metro cubico estão mais de 200% acima do valor limite da OMS (45); as partículas até 2,5 estão mais de 300% acima.

Efetivamente as restantes épocas revelam valores bastante inferiores e dentro dos valores definidos como limites (OMS) com 19,93 nas partículas inferiores a 10 mg na época alta de 2019 e 19,51 na época media de 2019, ano em que a época baixa revelou os maiores valores médios nestas partículas – 26,24, mas importa continuar a análise nos anos seguintes por forma a fazer uma análise de tendência.

No tocante às emissões poluentes todas as épocas analisadas em 2019 revelam que o Ozono está abaixo dos valores limite, mas o Dióxido de Nitrogénio está acima consideravelmente (aproximadamente 150% acima). No ano de 2020 verifica-se a mesma tendência de forma ligeiramente mais acentuada (aproximadamente 160% acima).

As restantes emissões estão dentro dos valores definidos.

Capítulo 6. CONCLUSÕES

Tratados e analisados os dados podemos concluir que a região de Vilamoura é uma *smart city* no caminho de se tornar *wise city* porquanto a aplicação de tecnologia na região tem como foco a efetiva melhoria da qualidade de vida dos seus residentes e visitantes.

Podemos também concluir que a análise comparativa dos dados relativamente à qualidade do ar indica um aumento significativo na época alta entre os anos de 2019 e 2020.

Esta época em particular, e devido à forte componente sazonal da região, revela valores de emissões e partículas largamente superiores às outras épocas em análise.

Assim uma primeira recomendação terá de ser sempre a instalação de mais sensores de medição que englobem as variáveis de humidade, temperatura, pressão atmosférica, vento

Importa referir que as emissões e partículas não são geradas somente pelos fumos de escape dos automóveis. Existem estudos, como o da professora Magdalena Penkala et al. (2017) e do professor Baensch-Baltrusch et al. (2019), que enumeram os pneus, os travões, as condições da estrada e a estrada em si como elementos altamente poluentes e causadores de emissões. Perante este facto fica patente que mesmo os veículos 100% elétricos, ainda que reduzam, não eliminam totalmente a poluição causada pelo tráfego automóvel.

Tendo em conta todo o exposto como perspetivas de investigação futura importará ter acesso a mais dados relativamente à qualidade do ar sendo essenciais períodos consecutivos. De igual modo possíveis linhas de investigação sobre a importância na tecnologia na gestão poderão passar por um levantamento tecnológico em diversas organizações aferindo como é medida a *performance* dessas ferramentas.

BIBLIOGRAFIA

Alderete, M. (2021) Determinants of smart city commitment among citizens from a middle city in Argentina, *smart cities*, 1-17.

Angelidou, M. (2015) Smart cities – a conjuncture of four forces, *Cities*, 95-106.

Avdakovic, S., Dedovic, M., Dautbasic, N., & Dizdarevic, J. The influence of wind speed, humidity, temperature, and air pressure on pollutants concentrations of PM10 — Sarajevo case study using wavelet coherence approach, *Ata de congresso, 2016 XI International Symposium on Telecommunications (BIHTEL)*, 2016, 1-6.

Azevedo, L. (2013) *Percepção e satisfação dos turistas relativamente a Vilamoura*, Dissertação de mestrado, Lisboa, ISEG.

Baensch-Baltruschat, B., Kocher, B., Stock, F. & Georg, R. (2020) Tyre and road wear particles (TRWP) – A review of generation, properties, emissions, human health risk, ecotoxicity, and fate in the environment, *Science of The Total Environment*, 733, 1-20.

Baldauf, R., Thoma, E., Hays, M., Shores, R., Kinsey, J., Gullett, B., Kimbrough, S., Isakov, V., Long, T., Snow, R., Khlystov, A., Weinstein, J., Chen, F., Seila, R., Olson, D., Gilmour, I., Cho, S. H., Watkins, N., Rowley, P. & Bang, J. (2008) Traffic and Meteorological Impacts on Near-Road Air Quality: Summary of Methods and Trends from the Raleigh Near-Road Study, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 58:7, 865-878.

Barros, J. (2018) *A Smart City Guideline Based on the main Standard activities*, Dissertação de mestrado, Minho, Universidade do Minho.

Castro, M. (2016) *Aplicação de Análise Estatística para Caraterizar a Poluição do Ar em Áreas Urbanas*, Dissertação de mestrado, Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

CGI (2018) Applying vídeo analytics to improve safety and security within the smart and wise city of Turku, *digital transformation*, 1-4.

Coll, J. & Illán, C. (2015) Wise Cities: modelling the local contribution to sustainable development goals, *CIDOB haracterna center for international affairs*, 134, 1-6.

Comissão das Comunidades Europeias (2001) *Livro Verde – promover um quadro europeu para a responsabilidade social das empresas*, Bruxelas, Comissão Europeia.

Costa, J. (2019) *Smart Cities – Monitorização ambiental e de tráfego rodoviário*, Dissertação de Mestrado, Viseu, Instituto Politécnico de Viseu.

Daniel, C. , Jamile, M., Costa, E. , Selig, P. & Yigitcanlar, Tan. (2018). Knowledge-based, smart and sustainable cities: A provocation for a conceptual framework. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 4., 1-17.

Deakin, M. & Waer, H. (2011) From intelligent to smart cities, *Intelligent Buildings International*, 3:3, 140-152.

Drucker, P. (2005), *Critical evaluations in business and management*, Londres, Routledge.

Drucker, P. (1986), *Innovation and Entrepreneurship*, New York, Harper

Farias, T. (2011) *Concepção Urbanística e Modernidade em grandes projectos Turísticos Os casos de estudo de Vale do Lobo, Vilamoura e Quinta do Lago*, Tese de doutoramento, Portimão, Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes.

Fernandes, A. R. (2017) *Análise da qualidade do ar e preocupações com a saúde*, Dissertação de mestrado, Porto, Faculdade Engenharia Universidade do Porto.

Ferreira, I. D. (2013) *Vilamoura 50 Anos: Reserva Nacional de Qualidade de vida*, Vilamoura, Inframoura.

Hambleton, R. (2015) From Smart Cities to Wise Cities, *Paper for the AAG Annual Meeting, Chicago*, 3558, 1-20.

Hollands, R. (2014) Critical Interventions into the corporate Smart City, *Cambridge journal of regions, Economy and Society Advance Access*, 10, 10-93.

Hollands, R. (2008). Will the Real Smart City Please Stand Up?. *City*. 12. 303-320.

Hotelling, H. (1933) Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, 24, 417-441.

Ieong, S. (2016) *Smart cities: O caso de Macau*, Dissertação de mestrado, Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.

Inframoura (2018) *Informoura Newsletter*, 14, Vilamoura, Inframoura.

Inframoura (2019) *Informoura Newsletter*, 15, Vilamoura, Inframoura.

Komninou, N. (2009) Intelligent cities: Towards interactive and global innovation environments. *International Journal of Innovation and Regional Development* – Int J Innovat Reg Dev. 1. 10.

Lara, A., Costa, E., Furlani, T. & Yigitcanlar, T. (2016) Smartness that matters: towards a comprehensive and human-centred characterization of smart cities, *Journal of open innovation: technology, market and complexity*, 2:8.

Li, Y. & Wu, H. (2012) A Clustering Method Based on *K-means* Algorithm, *Physics Procedia*, 25, 1104-1109.

Lorenzo-Seva, U., Timmerman, M. E. & Kiers, H. A. (2011). The hull method for selecting the number of common factors. *Multivariate Behavioral Research*, 46(2), 340-364.

MacQueen, J., 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability (Vol. 1, No. 14, pp. 281-297).

Marôco, J. (2018) *Análise Estatística com o SPSS statistics*, 7ª Edição, Lisboa, Manuel Barbosa & Filhos, Lda.

Miranda, M. (2014) *Avaliação da qualidade do ar em Cascais através de monitorização portátil*. Dissertação de mestrado. Lisboa. Universidade Nova de Lisboa.

Organização Mundial de Saúde (2005) Health effects of transport related air pollution, WHO.

Pastrana, A. (2018) Smart cities to Wise cities, *Interaction voice*, 1-2.

Patrício, D. (2015) *ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL DO TURISTA SÉNIOR EM ÉPOCA MÉDIA NO ALGARVE: Um contributo para o marketing de destinos turísticos*, Dissertação de mestrado, Faro, Universidade do Algarve.

Pira, M. (2021) A novel taxonomy of smart sustainable city indicators, *Humanities & Social sciences communications*, 1-10.

- Penkała, M., Ogrodnik, P., & Rogula-Kozłowska, (2017). Particulate Matter from the Road Surface Abrasion as a Problem of Non-Exhaust Emission Control. *Environments*. 5, 10 – 33.
- Pestana, M. e Gageiro, J. (2014) *Análise de dados para ciências sociais*, LISBOA, ISCTE.
- Porter, M. & Linde, C. (1995), *Journal of Economic Perspectives*, volume 9, number 4, 97-118, New York.
- Ramalho, J. (2015) *Smart cities – fazer uma avaliação do estado da arte do conceito, e hierarquizar, com base numa metodologia de decisão, as medidas a implementar no território da ENERGAIA*, Dissertação de mestrado, Porto, FEUP.
- Ravetz, J. (2017) From Smart Cities to Wise : Sinergistic pathways for collective urban intelligence. *Urban transition pathways symposium*. JPI URBAN EUROPE.
- Sujata, J., Saksham, S., Tanvi, G. & Shreya (2019) Developing smart cities: na integrated framework, *Sciencedirect*, 902-909.
- Townsend, A. (2013) *Smart cities: Big Data, Civic Hackers, and the quest for a New Utopia*, Nova Iorque, W.W. Nortons & Company.
- Yigitcanlar, T., Han, H., Kamruzzaman, Md., Ioppolo, G. & Jamile, M. (2019) The making of smart cities: Are Songdo, Masdar, Amsterdam, San Francisco and Brisbane the best we could build?, *Land use policy*, 88, 2-11.
- Yigitcanlar, Tan. (2009). Planning for Smart Urban Ecosystems: Information Technology Applications for Capacity Building in Environmental Decision Making. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*. 4. 5-21.
- Young, R. & Lieberknecht, K (2018) From smart cities to wise cities: ecological wisdom as a basis for sustainable urban development, *Journal of Environmental Planning and Management*, 62:10, 1675-1692.
- Hutcheson, G. D. & Sofroniou, N. (1999). *The multivariate social scientist: Introductory statistics using generalized linear models*. London: Sage Publications.

REFERÊNCIAS ELETRÓNICAS

Agência Portuguesa do Ambiente (2021) Disponível em: <https://apambiente.pt/ar-e-ruído> (acedido em 15.01.2022)

Amadora (200) *avaliação da qualidade do ar*. Disponível em: <https://www.cm-amadora.pt/territorio/ambiente/438-avaliacao-da-qualidade-do-ar.html> (acedido em 20.05.2021).

CNN (2022) Mundo excedeu níveis aceitáveis de qualidade do ar em 2021, diz relatório, <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/mundo-excedeu-niveis-aceitaveis-de-qualidade-do-ar-em-2021-diz-relatorio/>. (acedido em 25.04.2022).

Inframoura (2020) *missões, valores e visão*. Disponível em: <https://empresa.inframoura.pt/pt/menu/281/missoes-valores-e-visao.aspx>. (acedido em 12.08.2020).

Organização Mundial de Saúde (2020) *Urban Populaton Growth*. Disponível em: https://www.who.int/gho/urban_health/situation_trends/urban_population_growth_text/en/ (acedido em 07.11.2019).

Tribunal de Contas Europeu (2017) *Poluição atmosférica: a nossa saúde ainda não está suficientemente protegida*, disponível em: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/pt/>. (acedido em 12.11.2021).

Woertz, E. (2018) Wise cities in the mediterranean? <https://www.tepsa.eu/wise-cities-in-the-mediterranean-challenges-of-urban-sustainability-eckart-woertz-ed-cidob-spain/> (acedido em 10.03.2022)