



# **Estudo preliminar do comportamento estacional e intradiário do pólen de Cupressaceae e sua relação com as condições meteorológicas**

**Thayane Walkovitz Ribeiro**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do  
Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental no âmbito da dupla diplomação com a  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Orientado por

**Estefanía Sánchez Reyes**  
**Manuel Joaquim Sabença Feliciano**  
**Laercio Mantovani Frare**

Bragança  
2021



## **Agradecimentos**

Para a realização deste trabalho, gostaria de agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização do mesmo. Sem vocês, acredito que seria muito difícil chegar até aqui.

Agradeço ao Professor Manuel Joaquim Sabença Feliciano, por ter me dado o voto de confiança em trabalhar comigo, pela oportunidade e pela orientação no decorrer de todos estes meses.

Agradeço a Professora Estefanía Sánchez Reyes, que pacientemente me ensinou um mundo completamente novo e me fez ter gosto pela pesquisa. Agradeço muitíssimo pela grande disponibilidade, pela simpatia, ânimo e por todo o incentivo e orientação que me disponibilizou, que foram totalmente cruciais para a finalização deste trabalho.

Agradeço em especial aos meus pais, fontes de minhas inspirações. À minha mãe querida, Ivani de Fatima Bueno, que mesmo longe, caminhou comigo toda essa jornada, sempre presente, presenciando todas minhas conquistas, comemorando e sofrendo comigo, e o mais importante, sempre me incentivando a nunca desistir dos meus sonhos. Agradeço ao meu pai querido, Rubens Carvalho Ribeiro, por estar presente quando mais precisei, por todo suporte e aumento de confiança que me trouxe, me fazendo permanecer forte em momentos que eu achava que não conseguiria. Sem vocês, eu definitivamente não seria nada!

Agradeço também ao meu namorado, Pascoal Mainardi Luca, em que me viu passar de perto por cada momento deste trabalho e se fez presente, sempre apoiando, lembrando o quanto eu era capaz, me trazendo conforto em momentos angustiante e celebrando loucamente cada vitória minha, por menor que fosse. Sem você, eu realmente não teria chegado até aqui.

Agradeço à minha prima, irmã de outra mãe, Carina Bueno, que mesmo longe, sempre se fez presente, disponibilizando quase todo seu tempo para me dar suporte e apoio em tudo que eu fizesse. Você foi essencial para eu criar forças até nas horas mais difíceis!

Agradeço ainda aos meus amigos que caminharam comigo nessa jornada, me dando dicas, prazeres e até mesmo consolos nas horas difíceis. Em especial Caroline Lemos, Syndell e Gabriel Ribeiro. Cada um de vocês tiveram um marco enorme em minha jornada, serei eternamente grata.

**MUITO OBRIGADA!**



## Resumo

A poluição atmosférica está relacionada com diversos problemas de saúde humana. O pólen, sendo uma partícula que pode causar perturbações, vai interagir com o ser humano dependendo de diversos fatores como as condições meteorológicas do local que interferem com a libertação e dispersão no ar deste bioaerossol e agente alergénio. Por conta disto, obter conhecimento das concentrações de pólen no ar é de grande relevância para médicos e pacientes alérgicos, estabelecendo assim uma relação cronológica entre as situações meteorológicas e as doenças alérgicas, alcançando uma melhor gestão desse atual problema. Os níveis de pólen da família Cupressaceae são de grande relevância para o estudo das doenças alérgicas por ser um pólen típico de inverno com altas características alérgicas. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar os níveis e comportamento temporal deste agente alergénico, em função de fatores meteorológicos, na atmosfera urbana de Bragança, Portugal. Obteve-se uma elevada concentração de pólen durante todo o período analisado, oscilando desde 0 grãos/m<sup>3</sup> até 160 grãos/m<sup>3</sup> ao longo do dia. Em relação aos dados meteorológicos, as temperaturas dos meses de Novembro e Dezembro não ultrapassaram os 20°C nas suas máximas e as mínimas desta variável situam-se próximas de zero, chegando atingir valores negativos. Em relação à precipitação, esta manteve-se na maioria das vezes próxima dos 5 mm/dia, o que é considerada uma quantidade baixa de acordo com os critérios da IPMA. Com o auxílio do programa SPSS estabeleceram-se correlações entre as concentrações de grãos de pólen e as temperaturas média, máxima e mínima, a precipitação diária, a humidade relativa do ar, a velocidade dos ventos, a quantidade em percentagem de ventos vindo nas direções nordeste (1Q), sudeste (2Q), sudoeste (3Q) e noroeste (4Q), a percentagem de período de calmas e, ainda, as horas diárias de sol. De todas estas, as que possuem maior interferência nas concentrações de pólen, de forma positiva, foram a temperatura máxima, a direção do vento e a ocorrência de calmas. A respeito do comportamento intradiário, foi visto que as concentrações de pólen da família Cupressaceae aumentam consideravelmente no período entre as 10h e as 12h. À vegetação urbana da cidade de Bragança é notório que exerce uma influência considerável no comportamento das concentrações dos grãos de pólen da família da Cupressaceae. Este estudo é de grande importância para a região e para o país pois disponibiliza informações sobre o comportamento do pólen, e com isso, ajuda a prevenir problemas de saúde da população.

**Palavras-Chaves:** poluição atmosférica; grãos de pólen; Cupressaceae; meteorologia.

## **Abstract**

Air pollution is related to several human health problems. Pollen, being a particle that can cause disturbances, will interact with humans depending on local weather conditions, among other factors, as they affect the initial release of this material and its dispersion in the air. Because of this, obtaining knowledge of the concentrations of pollen in the air is of great relevance for physicians and allergic patients, thus establishing a chronological relationship between meteorological situations and allergic diseases, achieving a better management of this current problem. The levels of pollen from the Cupressaceae family are of great relevance for the study of allergic diseases because it is a typical pollen in winter with high allergenic characteristics. In this sense, the aim of this study was to evaluate the levels and temporal behavior of this allergenic agent considering meteorological factors in the urban atmosphere of Bragança, Portugal. A high concentration of pollen was obtained throughout the analyzed period, ranging from 0 grains/m<sup>3</sup> to 160 grains/m<sup>3</sup> in one day. Regarding meteorological data, temperatures in the months of November and December did not exceed 20 degrees at their maxima and their minima went close to zero, reaching negative. Regarding precipitation, it remained mostly close to 5 mm/day, which is considered a low amount according to IPMA criteria. With the help of the SPSS program and the joining of aerobiological and meteorological data, we obtained correlation values of the amounts of pollen grains with the following variables: average maximum and minimum temperatures, daily precipitation, relative air humidity, wind velocity, the frequency of winds coming from the Northeast (1Q), Southeast (2Q), Southwest (3Q) and Northwest (4Q) directions, the frequency of calm and the total daily insolation. Of all these, the ones that have the greatest influence on pollen concentrations are: the maximum temperature, frequency of winds coming from the 4th quadrant and the frequency of calms. Regarding the intraday behavior, it was seen that their concentrations increase considerably in the period between 10am and 12pm. The urban vegetation of the city of Bragança is notorious for having a considerable influence on the behavior of the concentrations of pollen grains of the Cupressaceae family. This study is of great importance for the region and for the country as it provides information on the behavior of pollen, and thus helps to prevent health problems in the population.

**Keywords:** atmospheric pollution; pollen grain; Cupressaceae; meteorology.

# ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE FOTOGRAFIA .....	VIII
LISTA DE TABELAS .....	IX
LISTA DE ACRÓNIMOS/SIGLAS/ABREVIATURAS .....	X
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO .....	1
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	3
<b>2. AEROPALINOLOGIA .....</b>	<b>5</b>
2.1. CARACTERÍSTICAS DO PÓLEN .....	7
2.1.1. <i>Pólen da família Cupressaceae</i> .....	7
2.2. PROCESSOS AEROBIOLÓGICOS: INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS NO ESPECTRO DE PÓLEN ATMOSFÉRICO .....	9
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>12</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDO .....	12
3.1.1. <i>Clima de Bragança</i> .....	12
3.1.2. <i>Vegetação da família Cupressaceae em Bragança</i> .....	14
3.2. DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL .....	18
3.2.1. <i>Amostragem de grãos de pólen</i> .....	18
3.2.2. <i>Preparação das amostras</i> .....	20
3.2.3. <i>Análise das Amostras</i> .....	23
3.2.3.1. Método de Contagem .....	23
3.2.3.2. Processamento dos dados.....	24
3.3. TRATAMENTO DOS RESULTADOS .....	25
3.4. MEDIÇÃO DE DADOS METEOROLÓGICOS .....	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>27</b>
4.1. ANÁLISE AEROPALINOLÓGICO.....	27
4.2. ANÁLISE METEOROLÓGICA.....	32
4.3. CORRELAÇÃO METEOROLÓGICA COM A QUANTIDADE DE PÓLEN.....	33
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE BRAGANÇA, EM PORTUGAL .....	12
FIGURA 2 – EVOLUÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÉDIA DA REGIÃO DE BRAGANÇA. ....	13
FIGURA 3 – EVOLUÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÉDIA DA REGIÃO DE PORTUGAL CONTINENTAL .....	13
FIGURA 4 – EVOLUÇÃO MENSAL DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA DA REGIÃO DE BRAGANÇA (2000-2021). ....	13
FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DE LOCAIS FIXOS COM CUPRESSACEAE DE ACORDO COM PLANO VERDE DE BRAGANÇA.....	15
FIGURA 6 - FITA MELINEX SOBRE RÉGUA DE PERSPEX QUE PERMITE A MARCAÇÃO DE CADA DIA DA SEMANA.....	21
FIGURA 7 - MÉTODO DE CONTAGEM REA: QUATRO VARREDURAS HORIZONTAIS CONTÍNUAS. ....	23
FIGURA 8 – ILUSTRAÇÃO DA COLOCAÇÃO DA RÉGUA DE ACETATO POR BAIXO DA LÂMINA PARA A ANÁLISE DIÁRIA. ....	24
FIGURA 9 – EVOLUÇÃO TEMPORAL DA QUANTIDADE MÉDIA DIÁRIA POR METRO CÚBICO DE AR DOS GRÃOS DE PÓLEN DA FAMÍLIA CUPRESSACEAE (COM BASE NUMA MÉDIA MÓVEL DE 5 DIAS).....	29
FIGURA 10 – EVOLUÇÃO TEMPORAL INTRADIÁRIA DA QUANTIDADE MÉDIA DOS DOIS MESES RELATIVA DE GRÃO DE PÓLEN POR M <sup>3</sup> A CADA 2 HORAS. ....	31
FIGURA 11 – EVOLUÇÃO DA TEMPERATURAS DO AR E PRECIPITAÇÃO DA CIDADE DE BRAGANÇA.....	32

## LISTA DE FOTOGRAFIA

FOTOGRAFIA 1 - VISÃO MICROSCÓPICA DE GRÃOS DE PÓLEN CUPRESSACEAE EM GRUPOS MAIORES. ....	8
FOTOGRAFIA 2 - VISÃO MICROSCÓPICA DO CUPRESSACEAE (1) E DO POPULUS (2). ....	9
FOTOGRAFIA 3 – PLANTAS DE CUPRESSACEAE DISTRIBUÍDAS ALEATORIAMENTE PELO REGIÃO NOROESTE DE BRAGANÇA.....	15
FOTOGRAFIA 4 – VISTA PARCIAL DO JARDIM ANTÓNIO ALMEIDA COM ALGUMAS PLANTAS CUPRESSACEAE. ....	16
FOTOGRAFIA 5 – JARDIM DA CÂMARA MUNICIPAL COM CUPRESSACEAE DE PORTE GRANDE. ....	16
FOTOGRAFIA 6 – VISTA ENVOLVENTE DA CATEDRAL DE BRAGANÇA COM CIPRESTES AO FUNDO.....	17
FOTOGRAFIA 7 - JARDIM DO DUQUE D. FERNANDO DE BRAGANÇA COM UMA CUPRESSACEAE NO CANTO DIREITO. ....	17
FOTOGRAFIA 8 – AMOSTRADOR DO TIPO HIRST, MODELO LANZONI VPPS2000, INSTALADO COM MEDIDOR DE SUÇÃO MEDINDO 10L/MIN.....	19
FOTOGRAFIA 9 - TAMBOR ONDE É INSERIDO A FITA PARA COLETA DE PARTÍCULAS.....	19
FOTOGRAFIA 10 – LOCAL DE ENTRADA E SAÍDA DO TAMBOR.....	20
FOTOGRAFIA 11 – ILUSTRAÇÃO DA REMOÇÃO DA FITA DO TAMBOR.....	21
FOTOGRAFIA 12 – CORTE DA FITA EM CIMA DA RÉGUA E COLOCAÇÃO DE CADA PARTE NAS LÂMINAS.....	21
FOTOGRAFIA 13 – INSERÇÃO DA SOLUÇÃO E DA LAMÍNULA EM CADA AMOSTRA .....	22
FOTOGRAFIA 14– ILUSTRAÇÃO DA COLOCAÇÃO DE SILICONE NA FITA .....	22

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - VALORES RECOLHIDOS DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DE BRAGANÇA.....	33
TABELA 2 – CORRELAÇÕES DE SPEARMAN COM A QUANTIDADE DE GRÃOS DE PÓLEN CUPRESSACEAE E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	33

## **LISTA DE ACRÓNIMOS/SIGLAS/ABREVIATURAS**

<b>REA</b>	Red Española de Aerobiología
<b>RPA</b>	Rede Portuguesa de Aerobiologia
<b>IPB</b>	Instituto Politécnico de Bragança
<b>ESA</b>	Escola Superior Agrária
<b>IPMA</b>	Instituto Português do Mar e da Atmosfera



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento

Cada ano que passa, a busca por uma qualidade de vida torna-se cada vez maior, e para que isso ocorra, a presença de uma saúde boa é fundamental. Questões económicas e sociais têm despertado a atenção dos políticos, beneficiando o progresso da qualidade de vida, ou até mesmo, aumentando a consciencialização sobre a relevância da qualidade ambiental para a saúde humana (Carneiro, 2004). Sendo diversos os factores que prejudicam a saúde humana, a poluição atmosférica, sendo antrópica ou não, está associada a diversos problemas na sociedade, sendo o principal as doenças respiratórias. Cada dia que passa, o ar que respiramos influencia a saúde dos seres vivos, e, no mundo todo, as doenças respiratórias que atingem a população está cada vez mais presente (Guanabara, 2011).

As grandes aglomerações urbanas, na sua maioria, apresentam condições desfavoráveis para uma qualidade de vida saudável, por proporcionar uma elevada exposição a fatores ambientais adversos aos cidadão que nelas vivem (Carneiro, 2004). Entre os diversos tipos de partículas que causam algum tipo de perturbação à saúde humana, podemos citar as biológicas como os grãos de pólen. Estudos associam a poluição do ar ao aumento da ocorrência de doenças asmáticas em adultos, com uma maior frequência dos sintomas respiratórios, aumento de inflamações das vias aéreas e a diminuição das funções pulmonares (Islam et al., 2008; Maestrelli et al., 2011). As doenças relacionadas com o pólen ocorre por conta da sensibilização aos componentes presentes nos grãos, que provocam sintomas clínicos no individuo, quando entra em contacto com a mucosa do aparelho respiratório (Taketomi et al., 2006).

A quantidade de pólen presente na atmosfera está diretamente relacionada com a densidade e a concentração de vegetação local, sendo decisivamente influente no espectro polínico observado (Abreu et al., 2003). Tantas as árvores presentes nas florestas como as presentes em meio urbano podem de certa forma contribuir decisivamente para doenças alérgicas, principalmente aquelas que possuem comportamento perene, que exige a permanência de grandes períodos com produções instáveis de pólen (Fabião et al., 2009). A diversidade que existe dos grãos de pólen, em termos de forma e estrutura, resulta de processos de adaptação de alguns fatores como o ambiente, as interações com outros

indivíduos e o seu modo de dispersão através da água, do vento ou até pela ações de seres vivos (Hormaza & Herrero, 1995).

Apesar da grande capacidade alergénica que alguns tipos de pólen podem ter, os pólenes que ficam dispersos no ar (anemófilos) são os que apresentam uma maior capacidade de causar alergias, por conta da sua alta densidade na atmosfera (Alché & Rodríguez García, 1997). O facto dos grãos de pólen poderem ser transportados por 175 km a uma velocidade de 10 metros/segundos e sedimentarem no ar sem movimentação a uma velocidade média de 3,1 centímetros/segundo aproximadamente, coopera para a existência dessa grande capacidade alergénica (Taketomi et al., 2006).

A alergia ao grão de pólen tem um impacto clínico significativo na Europa (D'Amato et al., 2007). De acordo com a Federação Europeia de Associação de Pacientes com Alergias e Doenças das vias aéreas, estima-se que em torno de 24% de adultos na Europa sofrem de alergias, sendo os pólenes alergénicos que são transportados pelo ar um dos principais agentes causadores desse problema (Organização Mundial da Saúde & Organização Meteorológica Mundial, 2012). Hoje em dia, mais especificamente, o pólen proveniente da espécie de planta da família Cupressaceae é considerado o grande responsável por alergias respiratórias polínica que acontece no inverno no Sul da Europa (Caeiro et al., 2020). Isto se deve principalmente ao facto de ser uma planta com uma intensa utilização para fins ornamentais, por possuir baixa necessidade de água, um alto crescimento e um baixo custo de manutenção (Charpin et al., 2019). Estudos em cidades portuguesas como Braga, Porto, Coimbra, Évora, Guarda e Lisboa (Camacho et al., 2017; Lisboa et al., 2016; Ribeiro & Abreu, 2014; Ribeiro et al., 2003) demonstraram que entre as partículas de grãos de pólen presentes no ar, a Cupressaceae foi uma das mais representativas, forçando a importância da monitorização dos seus níveis na atmosfera (Gomes et al., 2019).

A sensibilização nas pessoas pelo pólen pode ocorrer exclusivamente durante a primavera, que é uma época com alta polinização de diversos tipos de plantas, ou durante todo o ano. Há grãos de pólen, como o da família Cupressaceae, que causa problemas de alergia nas pessoas no inverno. Nos dias secos, a quantidade e a propagação de pólenes na atmosfera tornam-se significativos, sendo recomendado a pessoas alérgicas a estas partículas se manterem na maior parte do tempo em ambientes fechados. Há também fatores ambientais que induzem a libertação dos componentes alergénicos do pólen na atmosfera. Em relação a um tempo com alta humidade, os alérgenos presentes no grão são libertados por um processo muito semelhante ao que ocorre na polinização. Já nas

tempestades, o grão de pólen pode romper-se por choques osmóticos, libertando os alérgenos (Taketomi et al., 2006). Estes factores podem explicar a alta presença de crises asmáticas durante chuvas intensas na Austrália (Knox, 1993; Suphioglu, 1998).

Os estudos aerobiológicos são muito importante para botânicos, mas tem uma relevância ainda maior para os médicos e pacientes alérgicos (Abreu et al., 2003). Por conta disto, obter conhecimento das concentrações de pólen no ar em diferentes regiões é de grande relevância para a área da saúde, estabelecendo assim uma relação cronológica entre as situações meteorológicas e as doenças alérgicas, alcançando uma melhor gestão desse atual problema (D'Amato & Lobefalo, 1989).

Por este motivo, a busca por um conhecimento maior sobre estas partículas biológicas vem se tornando cada vez mais requisitado. O presente estudo surge devido à falta de informações e dados sobre o conteúdo aeropalinológico na cidade de Bragança, Portugal.

## **1.2. Objetivos**

Como referido anteriormente, os níveis de pólen da família Cupressaceae são de grande relevância para o estudo das doenças alérgicas, em conjunto com outros fatores como as condições meteorológicas. Neste sentido, o objetivo geral deste estudo é avaliar os níveis e o comportamento temporal deste agente alérgico em função de fatores meteorológicos na atmosfera urbana de Bragança, Portugal, de modo a contribuir futuramente para a prevenção do desenvolvimento de sintomas na área da saúde em pacientes com propensão para alergias.

Cita-se como objetivos específicos deste estudo:

- Compreender o funcionamento da captura e da análise do material biológico disperso na atmosfera através de um coletor volumétrico do tipo Hirst;
- Analisar o comportamento estacional do grãos de pólen do Cupressaceae;
- Determinar o padrão do comportamento intradiário deste tipo de pólen;
- E, realizar a análise das correlações encontradas entre as concentrações de pólen e as principais variáveis meteorológicas.

## **1.3. Organização da Dissertação**

O presente trabalho está dividido nas seguintes partes:

O tópico 1 inclui todo um enquadramento do tema deste estudo, associando diversos assuntos que são de importância para o entendimento do objetivo em questão.

O tópico 2 inclui um referencial teórico sobre a Ciência Aeropalinologia, tendo como foco um pouco sobre as características do pólen e, ainda mais especificamente, do pólen da família Cupressaceae. Possui também outro foco nos processos aerobiológicos, onde posteriormente se mostra uma relação do mesmo com parâmetros meteorológicos.

O tópico 3 descreve de forma detalhada os métodos e os materiais que foram utilizados neste estudo, apontando as características do local de estudo, com informação sobre a distribuição espacial da vegetação de interesse. Em particular, apresenta-se e exemplifica-se o modo como funciona o equipamento que foi utilizado, descreve-se o procedimento de recolha de dados de pólen e meteorológicos e, por fim, descreve-se a metodologia utilizada para identificação e tratamento de todos estes dados obtidos na cidade de Bragança.

O tópico 4 apresenta os resultados das concentrações de grãos de pólen, das características meteorológicas e das correlações entre estas variáveis e a concentração de grãos de pólen. Os resultados são complementados com uma discussão que se procurou fazer de forma suficientemente sólida.

O tópico 5 é referente às conclusões, onde se procurou responder às questões subjacentes aos principais objetivos deste estudo.

## 2. AEROPALINOLOGIA

Aeropalinologia é uma disciplina que compreende o estudo dos esporos e grãos de pólen que se dispersam na atmosfera (Nitiu, 2005). Os estudos sobre este assunto são muito frequentes em países como Japão, Estados Unidos e Espanha (Spieksma, 1986). Em Portugal, até há bem pouco tempo, comparado com outros países europeus, tinha um reduzido número de estudos aerobiológicos realizados (Abreu et al., 2003; Ribeiro et al., 2003). Com a criação da Rede Portuguesa de Aerobiologia, em 2002, e com o aumento da percepção da grande quantidade de doentes sensíveis ao pólen, o número de estudos realizados apresenta uma tendência crescente. No país, os indivíduos alérgicos são mais sensíveis aos grãos de pólen das gramíneas (Camacho et al., 2017). Nas regiões subtropicais como na América Latina os estudos são relativamente escassos, apesar de serem regiões caracterizadas por uma elevada biodiversidade de vegetação. Em estudos realizados na América Central, foi destacada a importância dos estudos aeropalínológico, como sendo o único indicador útil sobre a presença e dispersão de agentes causadores de doenças alérgicas, principalmente, de natureza respiratória (Nitiu, 2005).

A alergia ao pólen foi descrita pela primeira vez no início do século XIX. A descrição clínica foi apresentada pelo médico Bostock (1819), que chamou de “aestivus catarrhu” aos sintomas hoje em dia conhecidos como irritação no nariz, espirros, falta de ar e aperto no peito, que apareciam normalmente em junho de cada ano, mas sem haver ainda qualquer causa estabelecida. Foi então que na Inglaterra, Blackley (1873) demonstrou que o agente causador desses sintomas era o pólen. Este autor descobriu o papel do pólen das gramíneas na doença da febre do feno. Com as descobertas e o passar do tempo, o termo polinose passou a ser utilizado para designar os problemas causados pela inalação do pólen. O impacto negativo que a sua presença na atmosfera pode trazer para a saúde humana é relevante, uma vez que uma grande parte da população sofre por doenças causadas por essa partícula (Arguisuelas, 2016).

A ocorrência de uma reação de hipersensibilidade numa pessoa sensível ocorre em resultado do contacto com uma substância estranha, que é chamada de alérgeno, sendo ou podendo ser definido como alergia. Normalmente, para a população em geral, a mesma partícula pode ser inofensiva. Em indivíduos suscetíveis, o contacto frequente com esses alérgenos pode estimular o sistema imunológico, induzindo a produção de imunoglobulina. Quando essas moléculas entram em contacto com a superfície dos

mastócitos, acabam por se combinar com o antígeno, causando o início de um processo de degranulação e libertação de mediadores da inflamação, desencadeando assim os sintomas que são conhecidos nas alergias (Terán et al., 2009).

Os alérgenos que causam doenças respiratórias são conhecidos por aeroalérgeno, por conta da sua presença em suspensão na atmosfera. Destes, podemos citar os grãos de pólen, proteínas de ácaros e baratas, epitélios de animais e esporos de cogumelos (Terán et al., 2009). A resposta individual de uma pessoa a um alérgeno depende de diversos fatores específicos associados ao indivíduo e ao próprio alérgeno, como o estado do sistema imunológico do paciente, a dose de alérgeno em contacto, a frequência desse contacto e a via de penetração. Os cílios presentes no trato respiratório servem como mecanismos da proteção mucosa nasal, pois conseguem remover a maior parte das partículas de grande porte, porém, aquelas de tamanho de 3  $\mu\text{m}$  ou menores acabam conseguindo atingir os alvéolos pulmonares (Guidos & Almeida, 2005).

Com isso, estudar o pólen e a sua concentração na atmosfera pode proporcionar-nos informações importantes. O conhecimento dos fatores que interferem na concentração dos grãos de pólen na atmosfera tem como principal objetivo auxiliar no estudo da relação entre a dispersão e alergias respiratórias causadas pelo mesmo. Porém, as aplicações ainda podem ser diversas. Informações atingidas em pesquisas aeropalinológicas podem ser de suma importância em estudos aplicados como na reprodução de plantas (Hjelmroos, 1991) e definição da origem botânica (Osterkamp & Jasper, 2013), na poluição ambiental (Faur, 2012; Marletto et al., 1992), na monitoração de pragas (García-Mozo et al., 2002), na aplicação de corredores aéreos (Agashe & Alfadil, 1989) e reflorestamento agronômico (Taylor, 1972) ou até mesmo, como já citado, na busca de informações básicas para outras áreas da ciência como na de medicamentos para o tratamento e prevenção de doenças relacionadas com o pólen (Nitiu, 2005).

Visto que os bioaerosóis podem ser nocivos para a saúde humana, estudá-los prepara a sociedade para futuros problemas. Não existe uma doença genérica ao pólen, elas são específicas de acordo com cada paciente para cada planta. Há pessoas que possuem susceptibilidade ao pólen das oliveiras por exemplo, mas que toleram perfeitamente o pólen de bétulas, ou pessoas que possuem alergias ao pólen das gramíneas, mas não ao pólen de ciprestes. Com isso, para um tratamento eficaz e correto, é essencial que se tenha o diagnóstico qual pólen em específico é responsável pelos sintomas clínicos do paciente, fornecendo assim um tratamento em específico também (Guidos & Almeida, 2005). A monitorização regular do pólen pode então auxiliar nos efeitos prejudiciais como

alérgenos para os humanos. O conhecimento das tendências de dispersão combinado com dados clínicos tornam-se, por isso, uma ferramenta importante para a prevenção de doenças alérgicas respiratórias, melhorando o diagnóstico e os tratamentos (Giner et al., 2001).

## **2.1. Características do Pólen**

O gametófito masculino das plantas espermatófitas (aquelas que produzem sementes) é denominada como pólen. É uma unidade pequena e simples formada a partir do órgão masculino da planta (microsporângio). As células tronco originárias sofrem meiose e dão origem a quatro células, chamada de micrósporo. Cada micrósporo amadurece e vira um grão de pólen adulto. Cada pólen possui características morfológicas que permitem distinguir um dos outros. Essas características podem ser a sua simetria, polaridade, a forma, o tamanho, o seu número de grãos e a disposição de suas aberturas. Normalmente, o tamanho do grão de pólen das espécies encontradas nas amostras atmosféricas costuma variar de 15 a 40  $\mu\text{m}$ , que são tamanhos considerados pequenos e médios. Espécies com tamanhos grandes também podem ser encontrados na atmosfera por possuírem flutuadores (Rendueles, 2001).

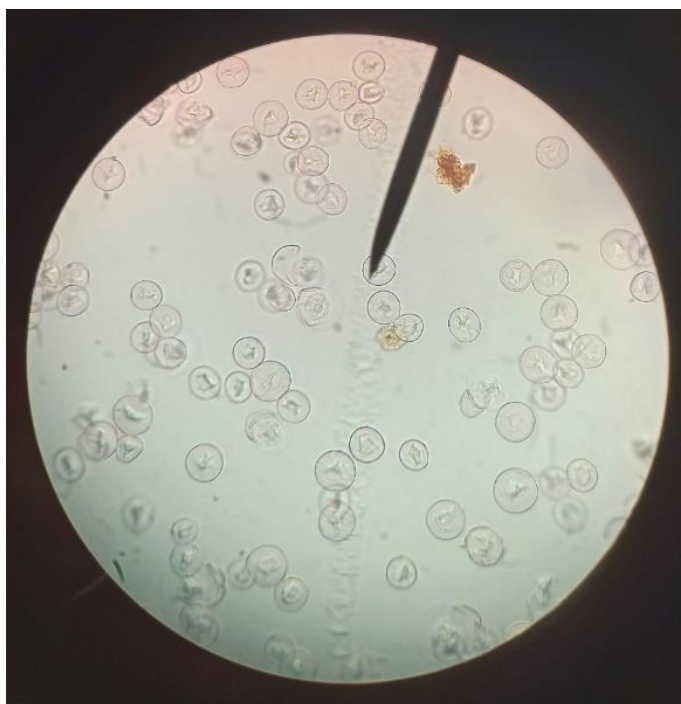
A grande maioria das plantas que se reproduzem é dependente da ação polinizadora de seres vivos, como os insetos, que acabam por levar o pólen de um local ao outro (Saavedra et al., 2013). Porém, o foco maior deste trabalho são os pólenes das plantas da família Cupressaceae, que possuem características que facilitam a polinização pelo vento (anemófilas) e por conta disto, possuem maiores concentrações na atmosfera, causando alguns problemas de saúde nos seres humanos.

### **2.1.1. Pólen da família Cupressaceae**

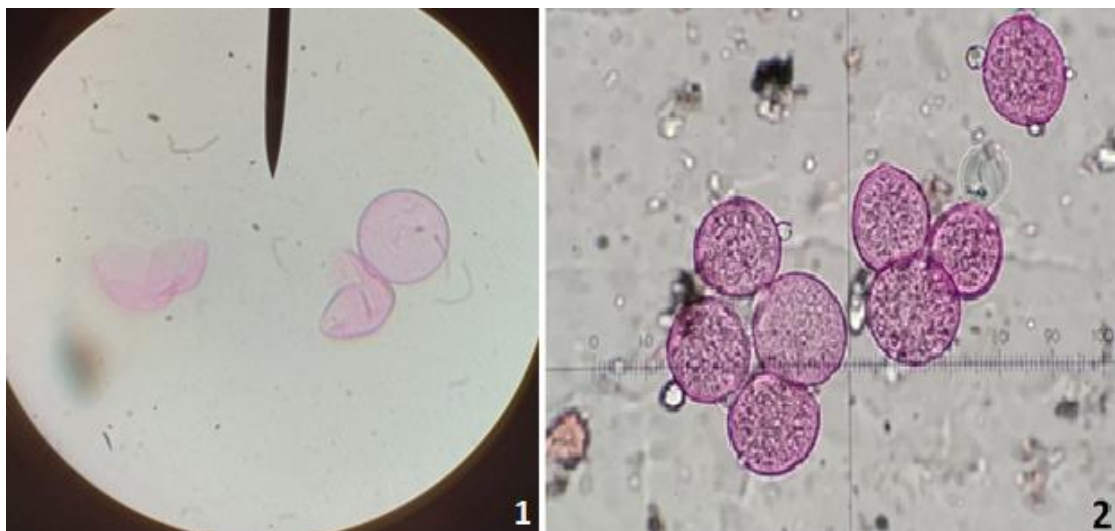
O pólen da família Cupressaceae é produzido por plantas coníferas, sempre-verdes, resinosas, árvores e arbustos, sendo predominantes nos hemisférios Norte e Sul do planeta. Possuem um destaque econômico pelas características das suas madeiras, pela produção de resina ou gomas. São muito utilizadas como plantas ornamentais e para formação de barreiras, podendo incluir espécies que crescem espontaneamente, mas tem predominância em espécies que precisam de ser cultivadas (Arguisuelas, 2016).

Em relação à família desse pólen, sabe-se que a capacidade alergénica pode variar substancialmente de uma espécie a outra, mas de forma geral tem uma alergenicidade moderada. O pólen dessa família em específico possui uma dimensão que pode oscilar de 25 a 40  $\mu\text{m}$  (Caeiro et al., 2020), podendo variar de acordo com seu estágio de maturação (Bortenschlager, 1990). No microscópio ótico o Cupressaceae é visto sem nenhuma diferença morfológica ao nível da espécie ou género, já na microscopia eletrônica observa-se detalhes classificatórios (Caeiro et al., 2020).

O grão de pólen desta família é simples, de simetria central (Roure, 1985), esferoidal e monoporado, com um poro circular situado no pólo distal que possui valores menores que 2  $\mu\text{m}$  e um anel pronunciado à sua volta. Esses grãos podem ficar isolados, ou em alguns casos, em grupos maiores ou menores (fotografia 1), mas de forma geral, o seu traço mais distintivo na observação taxonômica é o poro com o anel (Bortenschlager, 1990). Outra forma de identificação desse grão é seu formato que lembra um “pac-man”, que é quando o grão se rompe, dispersando seu material interno. As morfologias polínicas do Cupressaceae podem ser confundidas com os grãos de pólen da *Populus* (fotografia 2), porém, as esculturas de sua membrana como também a forma de ruptura que essa espécie apresenta permite uma diferenciação clara (Roure, 1985).



Fotografia 1 - Visão microscópica de grãos de pólen Cupressaceae em grupos maiores.  
Fonte: Autoria Própria (2021)



Fotografia 2 - Visão microscópica do Cupressaceae (1) e do *Populus* (2).  
Fonte: Aatoria Própria (2021) e Trapero (2021).

A taxa de sensibilização ao pólen dessa espécie varia de acordo com o tipo de população em questão e o nível de exposição, entre outros fatores. Na Europa, por exemplo, a taxa de sensibilização é próxima dos 3,9%, e em Portugal mais especificamente, de 5,1% (Burbach et al., 2009; Camacho, 2017). Já nos países do mediterrâneo as taxas podem ser superiores, chegando a 35,1% em Roma, por exemplo (Nicoleta, 2017), por conta das espécies nativas e do uso de espécies não nativas para fins ornamentais ou florestais. Neste sentido, é de grande probabilidade que quando um paciente tem susceptibilidade a um certo tipo de pólen, ele tenha mais sintomas quando está numa área geográfica específica onde estão presentes muitas plantas da família em questão. No entanto, isso não garante que, quando o paciente estiver fora dessas áreas, ele estará livre dos sintomas, pois o pólen de plantas anemofílicas, no caso da Cupressaceae, são transportadas pelo ar por muitas dezenas de quilômetros (Guidos & Almeida, 2005).

## **2.2. Processos Aerobiológicos: influência de parâmetros meteorológicos no espectro de pólen atmosférico**

A denominação Aerobiologia foi criada pelo fitopatologista Fred C. Meier (1893-1938) como a ciência que estuda tudo aquilo que está presente na atmosfera, seja seres vivos ou partículas mortas. Atualmente é definido como o estudo de partículas biológicas e organismos que são transportadas pelo vento (Rodríguez de la Cruz et al., 2018). As concentrações de pólen no ar e a sua capacidade de dispersão, além de estarem ligadas ao

tamanho, forma e densidade destes (Li & Kendrick, 1995; Wahid et al., 1996), também varia de acordo com os elementos climáticos, como temperatura, humidade, precipitação e velocidade do vento (Vergamini et al., 2006). Quando o grão de pólen atinge a sua fase de desenvolvimento, ele será dispersado devido a deiscência das anteras, ou seja, da separação dessa parte da planta, que irá ocorrer em resposta a condição ambiental presente (Sánchez-Reyes & Sánchez-Sánchez, 2017). Em 1883, Miquel mostrou num dos seus estudos que as partículas no ar possuem ritmos circadianos, ou seja, muitas plantas libertam o pólen durante a manhã e outras apenas após o meio-dia, quando as temperaturas são mais altas (Comtois, 1997). Com isso, é verificado que as condições meteorológicas podem interferir muito na quantidade de grãos de pólen presente no ar.

São diversos os autores que já associaram condições meteorológicas com a dispersão de partículas no ar e causadores de doenças. Estudos de Calderon et al. (1995) mostraram que os causadores das maiores alergias no México eram os fungos e pólenes. No Reino Unido, os pesquisadores Hirst (1953) e Corden & Millington (1994) verificaram uma quantidade maior de ascósporos (um tipo de fungo) depois de dias chuvosos no verão, sendo causadores de crises alérgicas. Nos Estados Unidos, Oklahoma, Tulsa, os especialistas Crotzer & Levetin (1996) fizeram um extenso estudo aerobiológico para verificar o causador de alergias em trabalhadores de celeiros e outros trabalhos agrícolas e verificaram que alguns esporos típicos de ar seco possuíam um alto potencial alérgico. Já no Brasil, Vergamini (2006) afirmou que o pólen da vegetação gramínea, muito comum na região sul do país, é basicamente a principal causa de rinite no local durante a primavera, principalmente nos meses de outubro e novembro.

A libertação do pólen no ar está relacionada com os processos biológicos e físicos. Se a humidade relativa do ar diminui, juntamente com o aumento da radiação solar e temperatura, ocorre o ressecamento dos grãos de pólen. Por sua vez, esse grãos secos desprendem-se da planta por ação do vento. Os fenómenos climáticos determinam o comportamento da concentração de pólen no ar, apresentando usualmente concentrações mais elevadas durante o dia (por ser mais quente e haver maior exposição solar) e mais baixas à noite. Ao contrário dos fungos e dos esporos, a resposta do pólen é mais homogénea devido a fatores físicos e biológicos que determinam as oscilação comuns em diferentes espécies (Rendueles, 2001). Por outro lado, a existência de microclimas locais pode causar variações no comportamento do pólen, em resultado da presença de ventos dominantes locais, de temperaturas médias e máximas, da humidade e da precipitação que podem originar diferentes padrões de respostas para a reprodução e dispersão se

comparado a comportamentos em microclimas de outras regiões. Essa variação dos esporos é definida como variabilidade dos fatores meteorológicos durante o dia (Hirst, 1953).

Fica evidente que as condições meteorológicas do local têm uma influência direta na concentração de grãos de pólen, sendo de grande relevância o estudo simultâneo de ambos os agentes. Na região deste estudo, é visto que o pólen Cupressaceae tem grande predominância no inverno, portanto, a análise obtida deste pólen em conjunto com o clima pode ser muito útil para melhor compreender seu comportamento e assim prevenir sintomas de reações alérgicas em pessoas suscetíveis ao pólen.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Área de Estudo

O presente estudo está a ser desenvolvido na cidade de Bragança, capital do distrito com o mesmo nome, localizada na região de Trás-os-Montes, no Nordeste de Portugal (figura 1). É um local limitado a norte pela Parque Natural de Montesinho e a oeste pela Serra da Nogueira. A cidade, bem como o parque, faz parte em grande parte da *Terra Fria Transmontana*. É um território muito utilizado pelo setor agrícola, principalmente pela produção de castanha, de madeira de castanheiro, produção de azeite e centeio. Por conta da desertificação das aldeias, as áreas com área verde de porte grande são bem extensas, mesmo em áreas com recente atividade agrícola ou que são mantidas como pastagem (Oliveira, 2020). O município de Bragança possui uma superfície de 1.174 km<sup>2</sup> com uma densidade populacional de 28,7 hab/km<sup>2</sup> (PORDATA, 2019).

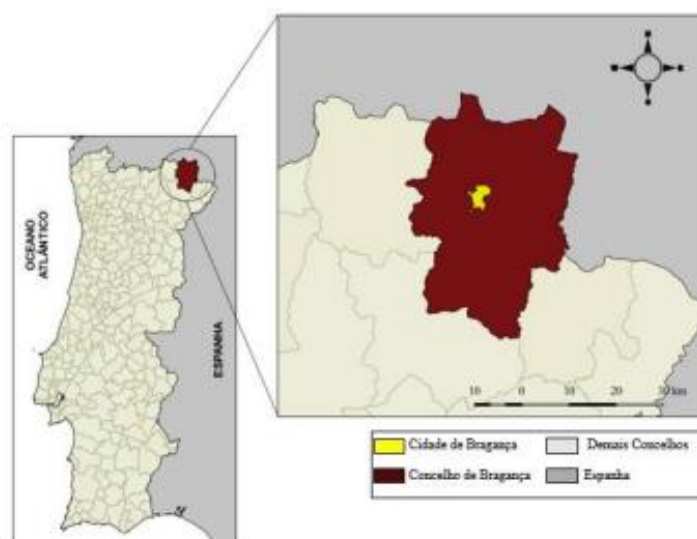


Figura 1 – Localização da cidade de Bragança, em Portugal  
Fonte: Menezes (2017)

##### 3.1.1. Clima de Bragança

Em relação ao clima, possui um clima com grande influência continental juntamente com um regime de características mediterrâneas, sendo estas com grande precipitações nas estações mais frias e poucas nas estações mais quentes (Menezes, 2017). As temperaturas médias mensais de Bragança e de Portugal como um todo podem ser

visualizadas nas figuras 2 e 3, onde podemos observar que a região da cidade de Bragança pode ser um pouco mais fria se comparado com o restante do país.

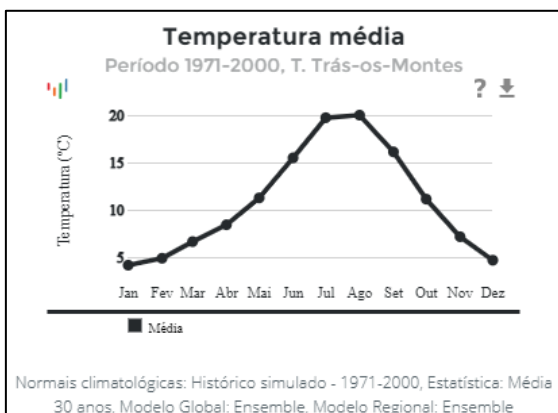


Figura 2 – Evolução mensal da temperatura média da região de Bragança.

Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2015)

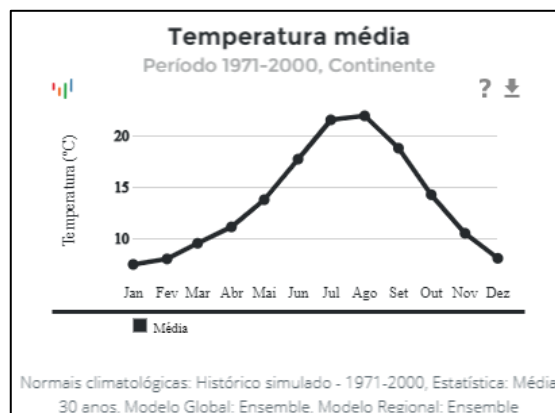


Figura 3 – Evolução mensal da temperatura média da região de Portugal Continental

Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2015)

Em relação a pluviosidade, o inverno tem muito mais pluviosidade que o verão, com uma pluviosidade média anual de 632mm. O mês mais seco normalmente é julho, com médias de 12mm. Em dezembro prevalecem usualmente os períodos mais húmidos, com médias de pluviosidade de 91mm (figura 4) (Weather Online, 2021).

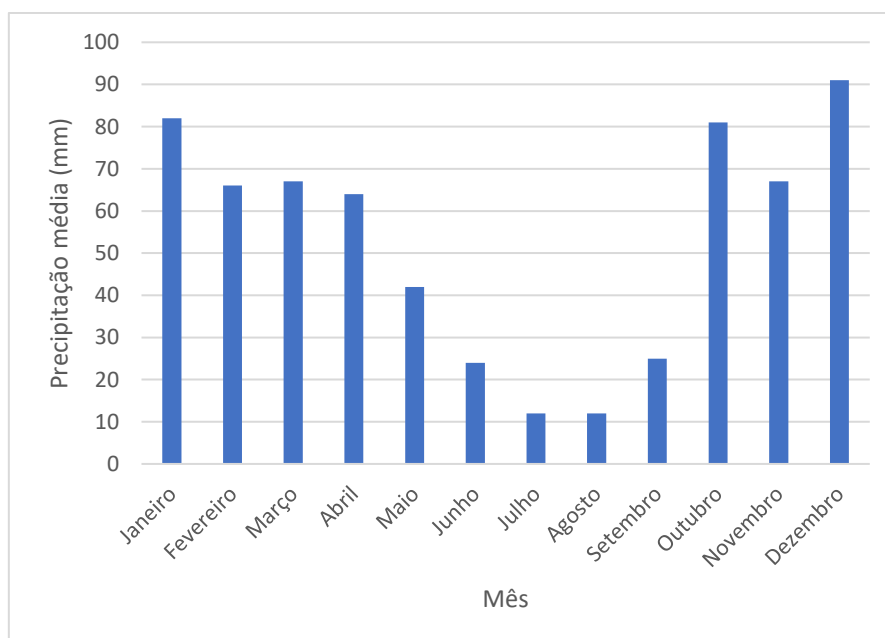


Figura 4 – Evolução mensal da precipitação média da região de Bragança (2000-2021).

Fonte: Autoria Própria (2021) com dados da Weather Online (2021)

### 3.1.2. Vegetação da família Cupressaceae em Bragança

Apesar de possuírem uma grande diversidade de espécies, a maior parte do pólen recolhido em estudos técnico-científicos provêm do género *Cupressus* (Belmonte et al., 1999; Rodríguez de la Cruz et al., 2015). Em relação a cidade de Bragança, de acordo com o Plano Verde da cidade, existem jardins e parques públicos com uma grande diversidade de espécies endémicas e exóticas (Fernandes, 2007), sendo grande parte da família Cupressaceae. Todavia, muitas plantas desta família também estão distribuídas aleatoriamente pela cidade sem estarem contabilizadas no inventário da autarquia (fotografia 3). No Instituto Politécnico de Bragança existem igualmente várias unidades desta família que não constam no Plano Verde da Cidade de Bragança.

A figura 5 mostra a predominância de plantas dessa família em bairros residenciais, até mesmo dentro de jardins de casas privadas e locais públicos. Nela, é identificado (pela cor verde) alguns espaços verdes mais proeminentes da cidade no que concerne à presença de plantas da família das Cupressaceae: o Corredor Verde do Fervença, onde se destacam algumas espécies arbóreas como os ciprestes, sendo elementos verdes com alguma idade que limitam o espaço superior do parque; O Jardim António José de Almeida (fotografia 4), que possui uma vegetação composta principalmente pela família das Cupressaceae, sendo interessante do ponto de vista ornamental; O Jardim Artur Mirandela, com algumas plantas da família das Cupressaceae, sendo eles ciprestes; O Jardim Bartolomeu de Gusmão que possui basicamente uma cobertura herbácea, tendo presente algumas espécies de folhas perenes da família Cupressaceae como o cipreste; O Jardim da Câmara Municipal (fotografia 5), possuindo espécies que se dividem em diversas famílias botânicas, sendo uma delas a da Cupressaceae, que ressaltam por conta da imponência do seu porte, copa e cor da folhagem; O parque da Quinta da Braguinha, que possui na sua faixa lateral de forma dispersa espécies presentes de diferentes Cupressaceae; O jardim da estação rodoviária de Bragança, que possui Cupressaceae de porte cónico ou piramidal, destacando-se da vegetação restante; O Jardim do Museu Abade de Baçal, que possui vegetação de várias espécies predominantemente do grupo das Gimnospérmicas, sendo uma delas da família da Cupressáceas; Na envolvente da Catedral de Bragança (fotografia 6), há uma vegetação muito importante, pois, além de ser atrativa visualmente, ela controla a erosão do local. Ali se encontra espécies da família Cupressaceae, ciprestes; e por fim, sendo um dos principais pontos turístico da cidade, os Jardins do Castelo

(fotografia 7), que possui árvores antigas e de grande porte que proporcionam excelentes sombras no verão, sendo muitas da família Cupressaceae.



Figura 5 – Localização de locais fixos com Cupressaceae de acordo com Plano Verde de Bragança  
Fonte: Adaptado do Google Maps - Autoria Própria (2021)



Fotografia 3 – Plantas de Cupressaceae distribuídas aleatoriamente pelo região noroeste de Bragança.  
Fonte: Autoria Própria (2021)



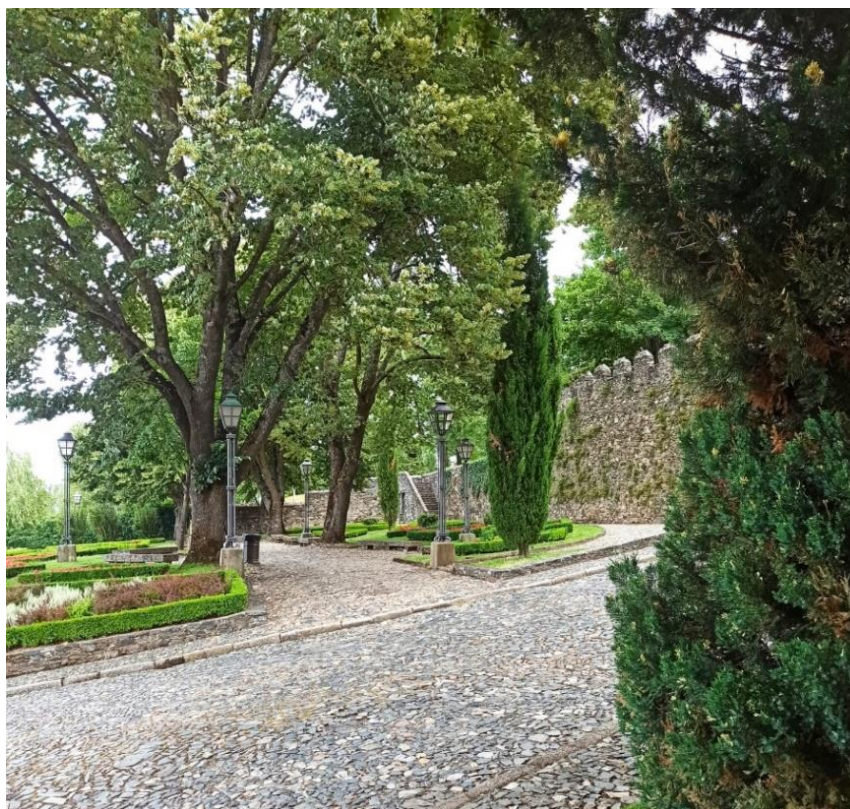
Fotografia 4 – Vista Parcial do Jardim António Almeida com algumas plantas Cupressaceae.  
Fonte: Aatoria Própria (2021)



Fotografia 5 – Jardim da Câmara Municipal com Cupressaceae de porte grande.  
Fonte: Aatoria Própria (2021)



Fotografia 6 – Vista envolvente da Catedral de Bragança com ciprestes ao fundo.  
Fonte: Autorial Própria (2021)



Fotografia 7 - Jardim do Duque D. Fernando de Bragança com uma Cupressaceae no canto direito.  
Fonte: Autorial Própria (2021)

Com isso, percebe-se que a quantidade de plantas da família Cupressaceae na cidade de Bragança é elevada e pode assim ter uma grande relevância para causar, com a dispersão de seu pólen, problemas de saúde de natureza respiratória.

## **3.2. Descrição experimental**

### **3.2.1. Amostragem de grãos de pólen**

O amostrador utilizado neste trabalho é um captador volumétrico do tipo Hirst (1952), modelo Lanzoni VPPS 2000. A amostragem tem sido realizada de forma contínua, desde o início julho de 2020. Todavia, neste estudo apenas será considerado o lapso temporal compreendido entre novembro e dezembro de 2020, uma vez que é uma das épocas em que ocorrem concentrações elevadas dos grãos de pólen da família Cupressaceae. Por razões de natureza técnica, não foi possível obter informação no dia 8 de novembro. A recolha das amostras foi realizada uma vez por semana, pelas 10h00, todas as terças-feiras, sendo este método adotado pela Europa como padrão (Oliveira, 2020).

O amostrador foi instalado na cobertura da Unidade Hospitalar de Bragança (41°48'06.98 N; 6°46'06.28 O; 732 m acima do nível do mar), numa superfície plana, em cima de um suporte metálico, de modo a ficar a uma altura suficientemente elevada para com uma exposição livre da influência de obstruções próximas. Este tipo de amostrador possui uma viseira, acima do orifício de entrada de ar, que tem como função proteger a coleta de dados em todas as condições climáticas locais, incluindo as mais severas como chuvas fortes e neve, que poderiam bloquear a entrada de partículas (fotografia 8). O caudal de amostragem é de 10 litros de ar por minuto, o equivalente ao fluxo de ar inalado pelo pulmão humano (Galán et al., 2007).

Esse tipo de amostrador possui diversas vantagens, sendo algumas delas a fácil operação e manuseio, a boa eficiência, a robustez, que permite a sua exposição a diversas condições climáticas. O amostrador captura com uma eficiência alta todas as partículas sólidas transportadas pelo ar, podendo ser de origem natural ou não, cujo diâmetro varia entre 1 e 100  $\mu\text{m}$  (Galán et al., 2007). O amostrador é formado basicamente por três componentes: uma unidade de impacto, um cata-vento e uma bomba de vácuo. A unidade de impacto compreende uma entrada de ar com uma abertura de 14x2mm, permitindo a captura das partículas numa película instalada no interior de um tambor (fotografia 9).

Dentro deste tambor, há um pedaço de fita Melinex, revestido por uma substância adesiva (silicone ciclohexano) que está enrolada ao longo do seu perímetro. As partículas sugadas pela entrada são capturadas pela fita. Este tambor é movido por um mecanismo similar a um relógio, girando 2mm a cada hora e garantindo que seja coletado ar continuamente até encerrar o período de sete dias.

Na parte externa do equipamento, há uma palheta fixada de metal na unidade de impacto, que permite que o aparelho fique sempre posicionado na direção do vento e assim permita de forma eficaz a entrada de ar pelo orifício. Na parte interna dessa área do equipamento há uma bomba de vácuo, que está equipada com um mecanismo para regular o volume de entrada de ar.



Fotografia 8 – Amostrador do tipo Hirst, modelo Lanzoni VPPS2000, instalado com medidor de sucção medindo 10L/min  
Fonte: Autorial Própria (2021)



Fotografia 9 - Tambor onde é inserido a fita para coleta de partículas  
Fonte: Autorial Própria (2021)

Depois de o amostrador ser instalado, ancorado e ligado a uma tomada elétrica fica apto para iniciar a sua operação em contínuo. No tambor, há um mecanismo de relógio que deve ser girado manualmente no sentido anti-horário, até obter um som de clique, para que se ative a captação de ar por um período de uma semana. É importante que o tambor seja recolocado na posição indicada, combinando as marcações vermelhas no cilindro e na unidade removível, uma vez que dessa forma é marcado a sequência de coleta ao longo de toda a amostragem, sendo o comprimento da fita correspondente a 7 dias. Por fim, inserido e fechado dentro do amostrador (fotografia 10) é iniciada a amostragem de grãos de pólen e de fungos (estes não incluídos neste estudo).



Fotografia 10 – Local de entrada e saída do tambor  
Fonte: Autoria Própria (2021)

Após o período de amostragem, o tambor que esteve em uso é substituído por outro previamente preparado no laboratório e o processo repete-se semanalmente. O tambor recolhido, com a fita de amostragem, é levado para o laboratório para proceder à preparação das amostras e respetivas análises microscópicas.

### 3.2.2. Preparação das amostras

Com o tambor levado até o laboratório, com o auxílio de um estilete, é retirada a fita que está colada no entorno do tambor (fotografia 11) e posicionada em cima de uma régua de montagem em Perspex, onde é possível a visualização do espaçamento da fita referente

a cada dia (figura 6). Isto se deve por conta de que o tambor do amostrador gira 2mm por hora, e como cada espaçamento na régua possui 48mm, é possível distinguir o intervalo na fita de um dia (24h). Com a fita posicionada na régua, a mesma é cortada de acordo com os espaçamentos e colocada em lâminas com cautela e de forma reta, deixando um espaçamento do lado esquerdo para a colocação de etiquetas de reconhecimento (fotografia 12).



Fotografia 11 – Ilustração da remoção da fita do tambor  
Fonte: Autoria Própria (2021)

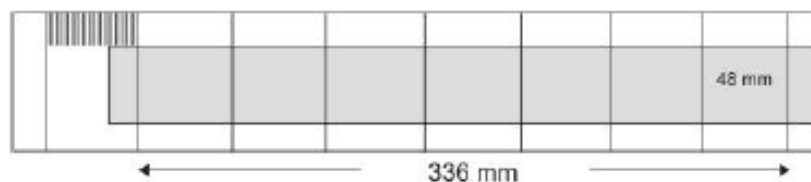
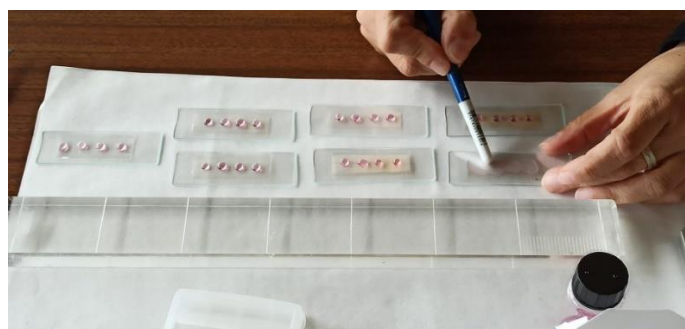


Figura 6 - Fita Melinex sobre régua de perspex que permite a marcação de cada dia da semana.  
Fonte: Galán et al. (2007)



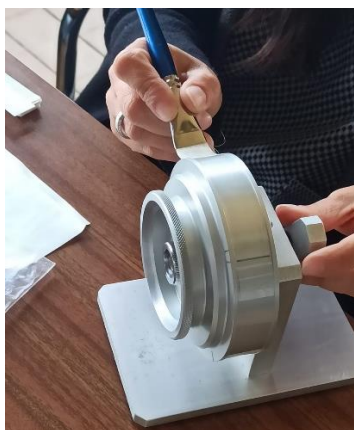
Fotografia 12 – Corte da fita em cima da régua e colocação de cada parte nas lâminas.  
Fonte: Autoria Própria (2021)

Após este procedimento, com um conta-gotas, é inserido em cima de toda as amostras uma solução de gelatina com fucsina, assegurando uma melhor visualização e contagem dos grãos de pólen posteriormente no microscópio. A linha das gotas deve ser contínua e deve haver um esforço para a não ocorrência de bolhas de ar, o que poderia prejudicar a análise da amostra. Por fim, uma lamínula é inserida em cima de cada amostra (fotografia 13), sendo necessário que antes das análises seja permitido que a gelatina com fucsina solidifique totalmente e assim agir como um adesivo entre a lâmina e a lamínula. Esse intervalo também permite que os grãos de pólen absorvam a mancha, realçando as suas características morfológicas.



Fotografia 13 – Inserção da solução e da lamínula em cada amostra  
Fonte: Autorial Própria (2021)

Para a preparação de material para mais um período de coleta de partículas, é então limpo a área do tambor com álcool e colocado no ponto inicial, para fixar uma nova fita, um pedaço de fita de dupla face. Fixando uma fita limpa e nova, é então passado pela sua superfície, com auxílio de um pincel, o silicone ciclohexano (fotografia 14). Após a preparação do tambor, este é guardado num suporte de metal hermeticamente selado que será posteriormente levado até ao amostrador sem perigo de contaminações.



Fotografia 14– Ilustração da colocação de silicone na fita  
Fonte: Autorial Própria (2021)

### 3.2.3. Análise das Amostras

As análises das amostras são realizadas num microscópio com uma ampliação de 40x10, uma vez que resoluções inferiores não permitem a identificação de certos tipos de pólen, e uma maior reduz o campo visual. Sendo a etapa mais demorada do processo, em resultado da grande quantidade de material presente nas amostras, é essencial para a obtenção dos resultados. O microscópio deve estar bem focado e com uma dispersão baixa no feixe branco, permitindo uma melhor precisão na identificação dos pólen. A partir da palinoteca disponibilizada pelo grupo de Palinologia e Conservação Vegetal da Universidade de Salamanca foi possível a obtenção de um maior reconhecimento dos grãos de pólen de Cupressaceae no microscópio.

#### 3.2.3.1. Método de Contagem

Devido à grande quantidade de partículas que podem estar presentes numa amostra, a contagem seria um processo muito demorado. Com isso, é necessário que se faça uma subamostragem. A área selecionada para isto deve ser correspondente a pelo menos 10% de toda a lâmina (de acordo com as regras europeias da rede de aeroalérgeno). O método de contagem da REA consiste basicamente em fazer quatro varrimentos ao longo de quatro linhas, equidistantes entre si, sem considerar a parte superior e inferior da fita/amostra (figura 7) com uma lente 40x10. Isso permite a contagem em 12 a 13% da superfície total (Galán et al., 2007).



Figura 7 - Método de contagem REA: quatro varreduras horizontais contínuas.  
Fonte: Sánchez Reyes (2021)

Durante o varrimento, a quantidade numérica de grãos de pólen é contada, fornecendo informações sobre a coleta ao longo do dia. Para analisar a variação intra-dia, o REA utiliza uma régua feita à medida, dividida transversalmente em vinte e quatro intervalos de 2mm cada, que é o equivalente a 1 hora de amostragem. O ideal é que estas marcações

sejam feitas em azul, uma vez que esta cor oferece uma melhor visualização (figura 8). Está régua deve ser colocada abaixo da lâmina, presa com fita adesiva em ambas extremidades, sendo certificado que fique alinhado com o início da secção da fita a ser alinhada (Galán et al., 2007).

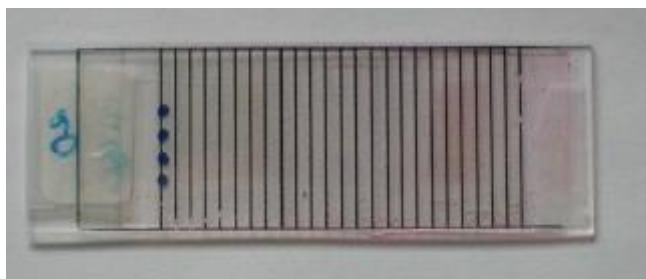


Figura 8 – Ilustração da colocação da régua de acetato por baixo da lâmina para a análise diária.  
Fonte: Galán et al. (2007)

Com isso, a contagem de pólen presente em cada hora pode ser efetuada, sendo o primeiro horário das 10h às 11h de um determinado dia e a última hora das 9h às 9h59 do dia seguinte. Os resultados das contagens de hora em hora são então somados, obtendo-se a contagem total de pólen para cada tipo de pólen em um determinado dia (Galán et al., 2007).

### 3.2.3.2. Processamento dos dados

A contagem de pólen deve ser expressa em quantidade média diária por metro cúbico de ar, garantindo assim a padronização de dados. Para este resultado, o número de grãos de pólen é multiplicado por um fator que leva em consideração o volume de ar amostrado, de 10L/min, e o tamanho do campo de visão do microscópio utilizado (40x10). Para calcular este fator de correção, primeiramente temos que medir o campo de visão do microscópio utilizado com a ampliação citada. Sendo o diâmetro de 0,45mm, e os dados já obtidos, temos que transformar a unidade de medida do volume, de 10L/min, obtemos 14.400 L/dia, ou seja, 14,4 m<sup>3</sup>. Para calcularmos a área de varrimento horizontal, procede-se à multiplicação do tamanho do intervalo equivalente a um dia de amostra pelo diâmetro. Temos o resultado de 21,6 mm.

Portanto, temos que a superfície analisada será obtida pela multiplicação da área da varrimento horizontal pelo número de varrimentos (= 4), obtendo-se um valor de 86,4 mm<sup>2</sup>. Para obter o valor da superfície total amostrada, multiplicamos a largura pelo

comprimento da amostra (48mm x 14mm), obtendo-se uma área de 672mm<sup>2</sup>. Por fim, para chegarmos à concentração de partículas por unidade de volume, aplica-se a seguinte equação:

$$\text{Partículas por m}^3 \text{ de ar} = \frac{\text{Superfície total amostrada}}{\text{Superfície analisada}} \times \left( \frac{1}{\text{Taxa de amostragem (m}^3\text{)}} \right) \times N$$

em que N representa o número de grãos de pólen nos quatro varrimentos. Com os valores que temos, ficamos com os cálculos e resultados abaixo, sendo assim possível obter o valor de concentração de grãos de pólen de cada análise na unidade de volume desejada.

$$\text{Partículas por m}^3 \text{ de ar} = \frac{672}{86,4} \times \left( \frac{1}{14,4} \right) \times N$$

$$\text{Partículas por m}^3 \text{ de ar} = 0,54 \times N$$

### 3.3. Tratamento dos resultados

Em termos de processamento de dados, optou-se por aplicar três os tipos de análise, duas relativas à avaliação do perfil temporal das concentrações de grãos de pólen (análise sazonal e intradiária) e uma outra relativa à análise de correlação entre as concentrações diárias de grãos de pólen e as variáveis de natureza meteorológica.

Na análise sazonal, as representações gráficas dos cálculos diários foram efectuados levando em consideração a média móvel dos últimos 5 dias, evitando assim grandes oscilações. Na análise intradiária, foram expressos com a média da quantidade de grãos de pólen por hora em forma de porcentagem em relação aos valores totais médios registados durante os dois meses, permitindo uma maior compreensão do comportamento ao longo do dia e determinando em que parcela horária há uma maior quantidade. Já na análise de correlação com os parâmetros meteorológicos, os valores são expressos sob a forma de tabela, com um nível de significância de 0,05 (95%), representado por um asterisco, e 0,01 (99%), representado por dois asteriscos. Há também valores positivos e negativos, sendo os positivos representados por correlação diretamente proporcional e os negativos por correlações inversamente proporcionais. Portanto, os maiores valores e ainda com dois asteriscos são os mais significantes para a alteração da concentração de grãos de pólen, sendo ele inversamente ou diretamente proporcionais.

Além dessas análises, há também uma classificação imposta pelo REA. A contagem de pólen nas amostras é classificada como um sistema limiar. Por conta disso, a entidade criou quatro grupos de tipos de pólen com base no risco do pólen causar alergias na população presente, e para cada grupo, existem outras quatro classes de contagem de pólen. Tendo em vista que o grão da família Cupressaceae pertence ao grupo 4, temos a seguinte relação:

- Zero ( $< 1$  grão /  $m^3$ );
- Baixa (1-50 grãos /  $m^3$ );
- Moderada (51-200 grãos /  $m^3$ );
- Alta (200 grãos /  $m^3$ ).

Após a realização das contagens e das análises da quantidade de grãos diários por metro cúbico de ar, pode-se a partir dessa classificação saber qual a o risco desse pólen de causar alergias na população de Bragança em cada dia.

### **3.4. Medição de Dados Meteorológicos**

Os dados meteorológicos foram coletados a partir da estação meteorológica do Grupo de Qualidade do ar da Escola Superior de Agrária (ESA) que está localizada no Campus do IPB, na cobertura de um dos edifícios. A estação está programada para fornecer dados de 10 em 10 minutos, pelo que foi necessário processá-los para obter médias diárias e calcular outras variáveis não fornecidas diretamente. Posteriormente, estes dados e as concentrações de grãos de pólen foram agrupados e tratados no programa IBM SPSS Statistics. Utilizaram-se as seguintes variáveis meteorológicas: a temperatura média, máxima e mínima dos dias, em graus celsius; a precipitação, em milímetros; a humidade relativa, em percentagem; a velocidade do vento, em metros por segundo; a frequência de ventos nos períodos de calma ( $v < 0,5m/s$ ) e por direção (primeiro, segundo, terceiro e quarto quadrante), em percentagem; e o período de insolação, em horas por dia.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análise Aeropalínológico

A concentração total de grãos de pólen de Cupressaceae contabilizados no mês de Novembro foi de 643 grãos/m<sup>3</sup>. No mês de Dezembro o total foi de 693 grãos/m<sup>3</sup>. Para os dois meses, tivemos uma quantidade de 1.336 grãos/m<sup>3</sup> de Cupressaceae. As concentrações de grão de pólen por metro cúbico de ar contabilizado no mês de Novembro foi em média de 21 grãos/m<sup>3</sup> por dia. No mês de Dezembro a concentração média foi de 22 grãos/m<sup>3</sup> por dia. Para os dois meses no total, tivemos uma concentração média de 22 grãos/m<sup>3</sup> de Cupressaceae por dia. Estes valores devem ter uma alta relação com uma possível influência da flora ornamental urbana que a cidade de Bragança possui, sendo alguns desses locais demonstrados na seção 3.1.2 deste trabalho, aumentando consideravelmente os valores de concentrações de grãos de pólen na atmosfera da cidade.

Um estudo foi realizado em várias cidades de Portugal, em relação a Cupressaceae, durante um período de 16 anos. Em Vila Real, cidade mais próxima de Bragança, teve-se em média uma concentração de 157 grãos/m<sup>3</sup> por dia; No Porto, cidade do litoral, no Norte de Portugal, foram registados em média 17 grãos/m<sup>3</sup> por dia; em Coimbra, mais ao centro de Portugal, o valor médio foi de 73 grãos/m<sup>3</sup> por dia; Castelo Branco, cidade do interior, centro de Portugal, valor médio diário foi de 29 grãos/m<sup>3</sup>; na capital do país, Lisboa, situada no litoral, os registos apontam para uma média de 67 grãos/m<sup>3</sup> por dia; em Évora, cidade do interior alentejano têm-se registado valores de 121 grãos/m<sup>3</sup> por dia, sendo o segundo maior valor depois de Vila Real; em Portimão, extremo sul de Portugal e no litoral, obteve-se um valor de apenas 15 grãos/m<sup>3</sup> em média, por dia; no Funchal, localizada na Ilha da Madeira, teve-se o valor mais baixo de todos, com apenas 2 grãos/m<sup>3</sup> em média por dia, em 16 anos e; por fim, em Ponta Delgada, em outra ilha, Ilha de São Miguel, teve-se um valor baixo de 8 grãos/m<sup>3</sup> em média, por dia. Ficou demonstrada a existência de uma elevada variabilidade entre estas cidades. Como possíveis causas, de acordo com os autores, podemos citar às especificidades biogeográficas que determinam a composição da flora, bem como as diferenças no clima (Vila Real, por exemplo, encontra-se na região eurossiberiana e as restantes, na região mediterrânica) e também, de acordo com Ziello et al. (2012) nos últimos anos, verifica-se uma tendência de aumento dos índices de pólen anuais mais predominantemente nas áreas urbanas do que nas

semirrurais/rurais. Foi ainda possível observar que este tipo polínico é registado no ar durante praticamente todo o ano. Porém, em termos médios, apresentou uma estação de polinização com início em dezembro/janeiro e término em março/abril (Caeiro et al., 2020). Noutro estudo realizado em doze cidades espanholas (Garrido-Lestache, 2004), obteve-se valores mais elevados de grãos de pólen nas cidade de Toledo, Madrid e Sevilha, destacando uma intensidade maior no período de outubro a abril, chegando a uma média diária máxima de 700 grãos/m<sup>3</sup>. Em Itália, na atmosfera de Parma, Ciancianaini et al. (2000) obtiveram valores médios de cerca de 300 grãos/m<sup>3</sup>, para um período de 3 anos, tendo demonstrado que os pólenes dominantes eram resultantes da família Cupressaceae.

O valor máximo de concentração obtido em Bragança, nos dois meses estudados, foi no dia 23 de dezembro, sendo ele de 160 grãos/m<sup>3</sup> só nesse dia. Logo após, vem o dia 22 de dezembro com 145 grãos/m<sup>3</sup>. O valor mínimo de concentração foi registado em vários dias, com valor de 0 grãos/m<sup>3</sup>. Coincidentemente, tanto esses dias como outros que tiveram valores significativamente elevados (>60 grãos/m<sup>3</sup>) foram caracterizados por um aumento de temperatura após um período mais frio. As plantas da família Cupressaceae são adaptadas para polinizar no inverno com condições adversas. No entanto, é preciso enfatizar que são nos dias com valores meteorológicos mais amenos que é observado uma maior concentração de pólenes no ar. Ou seja, esses valores máximos se devem por conta de que, depois de polinizados em temperaturas mais baixas, a dispersão do pólen ocorre com maior facilidade quando a temperatura sobe. No estudo de Galveias et al. (2021) feito em Évora, sul de Portugal, foi obtido grandes concentrações de pólen no inverno também, tendo seus maiores picos no dia 25 fevereiro de 2017 com um valor de 1635 grãos/m<sup>3</sup>.

Em relação à classificação do REA, sobre a capacidade de um pólen causar alergias na população, a partir da quantidade de grãos de pólen por m<sup>3</sup>, constata-se que nesses dois meses ocorreram 5 dias com quantidades nulas de grãos de pólen, ou seja, com classificação “Zero capacidade do pólen causar alergias”; 49 dias mostraram valores que ficam na classificação de “Baixa capacidade do pólen causar alergias”, 7 dias deram concentrações com classificação de “Moderada capacidade do pólen causar alergias” e, por fim, em nenhum dia foi ultrapassado a quantidade de 200 grãos por m<sup>3</sup>, e portanto, não ocorreram situações com classificação de “Alta capacidade de causar alergias”. Com isso, temos que em Bragança a classificação varia de zero a moderada probabilidade de

se ter uma população que desenvolva sintomas associados a presença desta partícula biológica.

A representação das concentrações de grãos de pólen por m<sup>3</sup> em Bragança, de acordo com a média móvel dos 5 dias anteriores, está representada de forma mais detalhada na figura 9. Foi observado um aumento significativo da quantidade de pólen no ar principalmente no mês de Dezembro, onde obtivemos temperaturas muito baixas, contribuindo significativamente na polinização da planta e depois, quando um pouco mais quente, na dispersão do pólen.

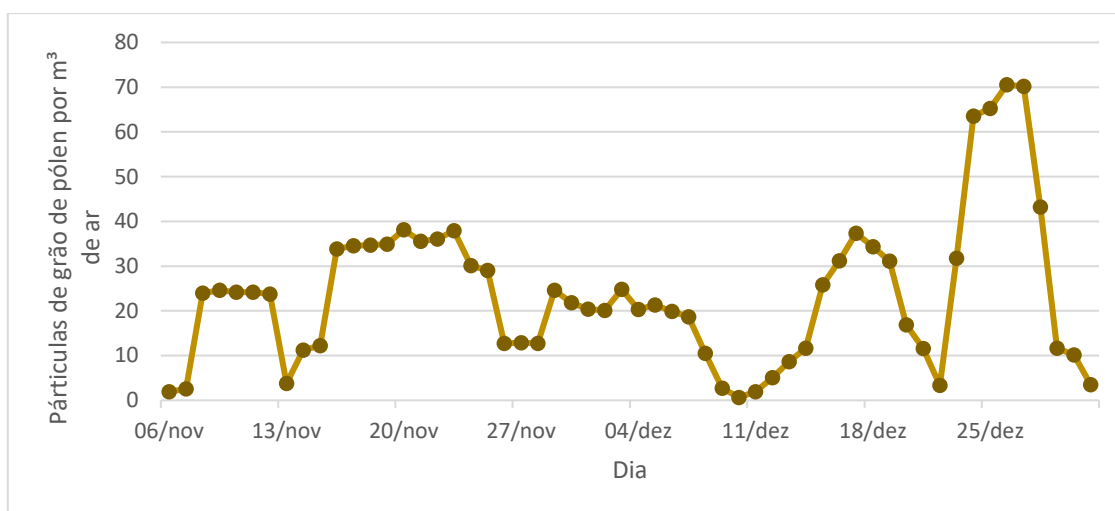


Figura 9 – Evolução temporal da quantidade média diária por metro cúbico de ar dos grãos de pólen da família Cupressaceae (com base numa média móvel de 5 dias).

Fonte: Aatoria Própria (2021)

Em relação a esta predominância dos grãos nas épocas de inverno, podemos observar o mesmo comportamento noutros estudos, referidos a seguir. Na cidade de Funchal, região da Ilha da Madeira em Portugal, mostrou que o Cupressaceae possuiu um padrão de ocorrência polínica na época de janeiro até julho, voltando a aparecer no fim do ano (Camacho, 2007). Já em Espanha, em um estudo de Rodríguez de la Cruz et al. (2015), também foi investigado o comportamento do pólen Cupressaceae numa cidade muito próxima de Bragança, Salamanca, durante 8 anos (2000-2007), tendo sido o Cupressaceae o terceiro pólen mais abundante na atmosfera local, constituindo cerca de 11% de todo conteúdo de grãos de pólen presente. Essa quantidade foi aumentando com o passar dos anos. Foram analisadas variações anuais e a sua detecção foi muito mais notória nas temporadas de inverno. Ainda em Espanha, na região sudeste do país, um estudo de Giner & Sellés (2002) também demonstrou que o Cupressaceae tem ocorrência principalmente nos meses de inverno e foram identificados como positivo para alérgeno que afeta a

população de Murcia. Estudos realizados durante seis anos consecutivos mostraram que, depois da primavera, o inverno foi a estação com maiores concentrações e diversidade de pólen, sendo o Cupressaceae o pólen aerotransportado mais abundante na cidade de Murcia, possuindo um valor maior de 19% dos pólenes totais anuais e ocorrendo quase todos os dias, desde o final de setembro até o início de julho (Giner et al., 2002). Em Santiago de Compostela, o pólen de Cupressaceae esteve presente no ar praticamente o ano todo, durante um período de 6 anos de estudo, embora fosse predominante no período de inverno, destacando-se pelo seu acentuado caráter alergénico (Aira et al., 2001). Já um estudo feito no México, na cidade de Monterrey, a média diária máxima foi obtida no dia 12 de janeiro, com um valor bem mais abaixo do que no de Bragança, de 19 grãos/m<sup>3</sup>. Esse valor divergente do mesmo grão de pólen e na mesma época do ano pode ser explicado por conta de que o Cupressaceae tem uma maior polinização no inverno e há diferença de estações do ano nessas duas regiões. No final do ano, as temperaturas médias no México são bem maiores, clima de verão. Já em Bragança, as temperaturas nesse período chegam próximas do zero, clima de inverno.

No que concerne à relação intradiária, ou seja, à avaliação da evolução da quantidade média de pólen em cada hora do dia de Novembro e Dezembro (figura 10), é possível observar que as concentrações aumentam consideravelmente no horário das 10h às 12h, que é um período em que a insolação tende a intensificar-se, e, como já vimos, o calor tem interferência positiva na dispersão de Cupressaceae (Rendueles, 2001). O contrário acontece em horários noturnos, das 22h às 02h, que são os períodos sem sol e que as concentrações tendem a diminuir. Também, para temperaturas mais altas temos correntes convectivas mais frequentes e mais intensas e, à medida que o ar se torna turbulento, o pólen é disperso mais facilmente (Norris-Hill & Emberlin, 1991).

Em Portugal, na cidade de Beja, foi feita uma pesquisa com os bioaerosóis presentes na atmosfera e foi constatado que o Cupressaceae tem predominância nos horários das 10h às 13h (Almeida, 2018). No estudo de Galveias et al. (2021) feito em 2017 e 2018, em Évora, Portugal, as concentrações de Cupressaceae mostra um ciclo diurno, iniciando por volta das 7h da manhã e tendo um pico entre as 10h e as 14h, seguindo-se uma diminuição durante a tarde, coincidindo assim com a diminuição da radiação solar. No Porto, ainda em Portugal, durante um período de 5 anos (2003 a 2007), as concentrações mais elevadas do mesmo pólen foram registadas entre as 9h e as 10h da manhã, representando 14% do seu total diário (Ribeiro et al., 2008). Ainda no Porto, mas em outro estudo um pouco mais extenso, de 10 anos (2003 a 2012), obteve-se um aumento

de concentrações nas primeiras horas da manhã e atingindo-se os valores mais elevados entre as 9h e as 11h da manhã (Ribeiro & Abreu, 2014).

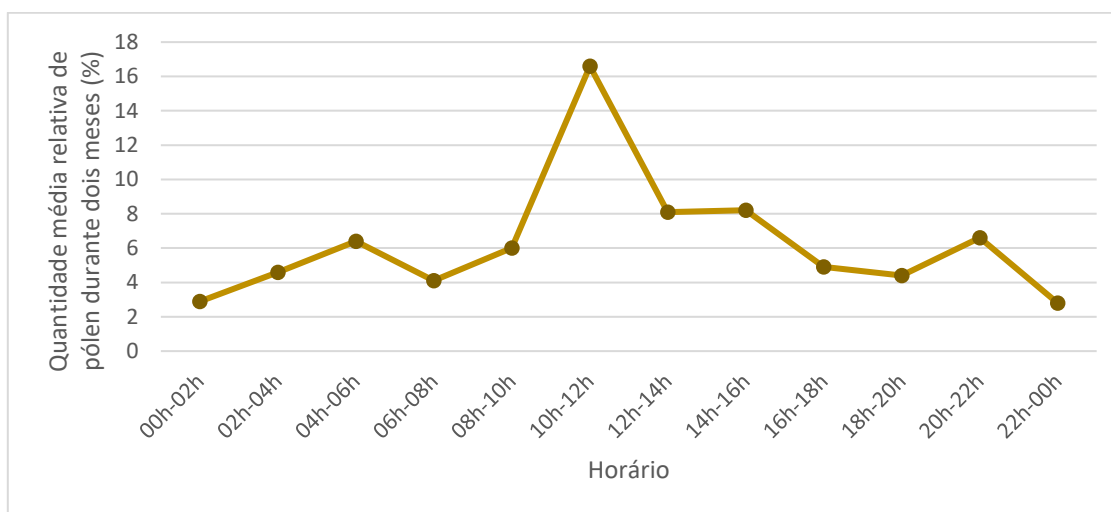


Figura 10 – Evolução temporal intradiária da quantidade média dos dois meses relativa de grão de pólen por m<sup>3</sup> a cada 2 horas.

Fonte: Autoria Própria (2021)

Já em Espanha, num estudo de 8 anos na cidade de Salamanca, as análises intradiárias mostraram os máximos das concentrações médias em horas centrais do dia, ou seja, nos horários mais quentes e com maior radiação solar (Rodríguez de la Cruz et al., 2015). Noutro estudo, em Santiago de Compostela, também foi constatado que as concentrações desse grão de pólen foram mais elevadas entre as 11h e as 15h (Aira et al., 2001). Vaquero del Pino (2015) na sua tese de doutoramento analisou durante períodos extensos (2, 5 e 8 anos) o comportamento diário em várias cidades espanholas, da região de Castilla-La Mancha, tendo registado na cidade de Albacete, localizada mais a sudeste da região, uma predominância de Cupressaceae nos horários centrais do dia, entre as 10h e as 14h, num período de 5 anos; na Ciudad Real, no sudoeste da comunidade, o pólen da família Cupressaceae teve a sua predominância nos horários das 12h às 16h e com menor quantidade das 24h às 8h, para o mesmo período de tempo; em Cuenca, cidade um pouco mais a nordeste, a concentração mais elevada foi registada no horário das 14h às 16h; Já em Guadalajara, extremo noroeste da região, de 2009 a 2012 as concentrações máximas de Cupressaceae foi no horário entre 14h e as 16h em média; em Talavera de la Reina, cidade no extremo sudoeste da comunidade, no período de 2010 a 2011 as concentrações máximas foram entre as 10h e as 14h; e, por fim, em Toledo, durante 8 anos, em média as concentrações máximas foram entre as 10h e as 16h, tendo picos maiores às 12h.

Com isso, pode-se notar que há um certo padrão em como o grão se dispersa em situações similares. O grão se concentra em maiores quantidades nos horários diários, com o aumento da temperatura e, conseqüentemente, nos horários mais quentes do dia.

## 4.2. Análise Meteorológica

Com o auxílio dos dados disponibilizados pela estação meteorológica do Grupo de Qualidade do ar da ESA, podemos observar na figura 11 que as temperaturas dos meses de Novembro e Dezembro não ultrapassam os 20 °C nas suas máximas e as mínimas situam-se próximas de zero, chegando por vezes a valores negativos. Em relação à precipitação, podemos observar que se manteve em grande parte do tempo e valores próximos de 5 mm/dia, o que é considerado uma quantidade baixa de acordo com os critérios da IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) para locais de Portugal Continental. No dia 25 de novembro, a precipitação foi intensa, tendo atingido um valor de 40 mm/dia. A região de Bragança é considerada chuvosa no inverno, portanto, neste ano atípico estes meses demonstraram um comportamento um pouco mais seco que o normal, podendo assim ter uma alteração no modo como o pólen se dispersa ou se concentra na atmosfera.

Na tabela 1 estão expostos os valores de cada variável escolhida para comparação durante os meses de novembro e dezembro. Os dados estão separados por semanas, para melhor visualização, mas o cálculo da sua correlação com as concentrações de grãos de pólen foi feito com base nos valores diários.

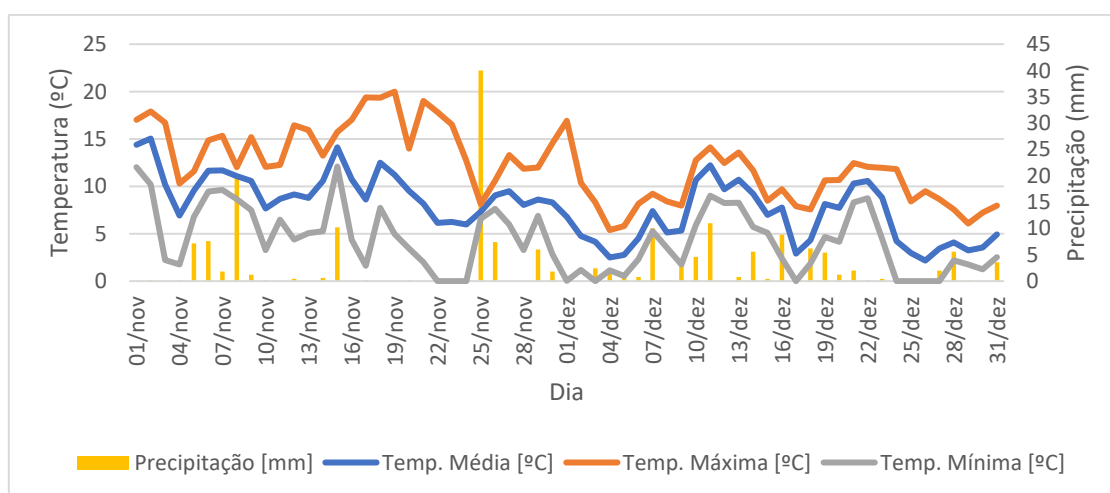


Figura 11 – Evolução da temperaturas do ar e precipitação da cidade de Bragança.

Fonte: Autoria Própria (2021)

Tabela 1 - Valores recolhidos das condições meteorológicas de Bragança.

Variável	Semanas								
	01/11 – 07/11	08/11 – 14/11	15/11 – 21/11	22/11 – 28/11	29/11 – 05/12	06/12 – 12/12	13/12 – 19/12	20/12 – 26/12	27/12 – 31/12
T <sub>Média</sub> [°C]	11,4	9,5	10,7	7,5	5,4	7,9	7,2	6,7	3,9
T <sub>Máxima</sub> [°C]	14,8	13,9	17,8	13	10,5	10,4	9,9	11	7,5
T <sub>Mínima</sub> [°C]	7,4	5,8	5,2	3,3	1,8	5,2	4	3,7	1,5
Precipitação [mm]	2,43	3,17	1,51	6,83	1,94	4,31	3,91	0,57	2,28
H.R. [%]	81,7	92,7	83	87	84,2	84,4	89,8	86,5	84,9
Ventos [m/s]	1,8	0,8	1	1,1	2,1	4,2	1,5	1	3,9
1Q [%]	44,3	19	15	45,2	18,3	3,2	12,9	10,7	1,7
2Q [%]	18,5	24,4	18,4	11,4	39	63,9	43,4	23,7	52,4
3Q [%]	18,5	11	18,5	4,4	10,4	31,4	23,2	18,5	41,1
4Q [%]	1	5,3	9,5	8,3	6,5	0	2,2	6,2	0,3
Calmas [%]	17,8	40,3	38,6	30,7	25,8	1,5	18,3	40,9	4,6
Horas Sol [h/dia]	4	4,7	6,3	5	5,6	4,2	3,4	4,2	3,6

Fonte: Autoria Própria (2021)

### 4.3. Correlação meteorológica com a quantidade de pólen

Os resultados obtidos pelo programa SPSS da correlação meteorológica com as concentrações de grãos de pólen estão presentes na tabela 2.

Tabela 2 – Correlações de Spearman com a quantidade de grãos de pólen Cupressaceae e as variáveis meteorológicas.

Variável	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Precipitação (mm/dia)	Humidade Relativa (%)	Ventos (m/s)
Correlação	0,233	0,270*	0,107	-0,114	-0,026	-0,180
Variável	Ventos 1° Quadrante (%)	Ventos 2° Quadrante (%)	Ventos 3° Quadrante (%)	Ventos 4° Quadrante (%)	Calmas (%)	Tempo de sol (h/dia)
Correlação	0,024	-0,066	0,009	0,362**	0,263*	-0,004

Fonte: Autoria Própria (2021)  
Nível de significância: \*95% e \*\*99%

Podemos observar que temos correlações positivas para sete variáveis e correlações negativas para seis variáveis. Destes valores positivos, os mais significativos são representados pelas variáveis de temperatura máxima, a porcentagem de ventos provenientes da direção noroeste e a porcentagem de calmas, ou seja, quanto maior o valor dessas variáveis, maior será a concentração de grãos de pólen.

Os ventos provenientes do quarto quadrante foi o resultado com maior representatividade e significância. Se observado na figura 5, nesta direção não há vegetação de Cupressaceae marcado pelo Plano Verde de Bragança, por isso, foi

necessária uma busca mais detalhada. Com isso, foram descobertos várias plantas distribuídos aleatoriamente em casas residenciais, praças e parques públicos e até locais de órgãos municipais neste quadrante, sendo provável que este resultado, juntamente com o resultado das calmas, demonstre que há muitas fontes de pólen Cupressaceae perto do amostrador, no Hospital, e os mesmos não estão atualizados/expostos no arquivo da da autarquia. Os períodos de calma contribuem de forma significativa para o aumento das concentrações de pólen, dado que nestas condições estes não são transportados para locais longe de sua origem. Além disso, também dificilmente são depositados no solo ou noutras superfícies, tendo a força suficiente apenas para permanecer na atmosfera.

A forte correlação positiva observada entre a temperatura máxima e a concentração de pólen pode ser explicada em parte pelo facto de esta família de plantas precisar de um clima mais adverso para fazer a sua polinização, se reproduzir, mas é em condições de transição de temperaturas menos quentes para mais quentes que se têm detetado concentrações mais elevadas na atmosfera. Resultados obtidos noutros estudos similares demonstram igualmente esta relação entre as concentrações diárias de pólen e a meteorologia (Aira et al., 2001; Díaz De La Guardia et al., 2006; Galán et al., 1998; Tortajada & Mateu, 2008).

A velocidade dos ventos é a variável que apresenta a correlação negativa mais forte. A ideia exposta anteriormente sobre os períodos de calmaria é a mesma que se aplica na análise desta variável. Elevadas velocidades de ventos fazem com que os pólenes sejam transportados e se dispersem por longas distâncias, tendendo a não ficarem concentrados no local de emissão, como os parques/locais em Bragança com vegetações de Cupressaceae identificados anteriormente. Para velocidades moderadas, os grãos acabam por se depositarem no solo ao fim de pouco tempo de residência na atmosfera. Assim, não é surpreendente que, em regra, quanto maior for a velocidade de vento, menor será a concentração por m<sup>3</sup> de ar de grãos de pólen.

A precipitação diária também apresentou uma correlação negativa com a concentração de grãos de pólen, ou seja, para períodos de menor pluviosidade obteve-se concentrações superiores de grãos de pólen no ar. Isso é explicado pela capacidade de que as chuvas podem causar um efeito de lavagem da atmosfera, fazendo com que os grãos de pólen sejam arrastados para a superfície e não sejam capturados pelos amostradores. Também, sabe-se que algumas espécies de Cupressaceae possuem mecanismos de proteger o pólen da chuva, as escamas da planta interligam-se em tempo húmido e apenas possibilitam a libertação dos mesmos em condições de tempo seco, quando essas escamas se separam

(Galán et al., 1998). Este facto também justifica de per si esta correlação encontrada entre a precipitação e as concentrações de pólen.

Todavia, comparando estes resultados com outros estudos encontraram-se algumas discrepâncias, que podem ser explicadas pela intensidade e pelo horário de uma precipitação. Em chuvas mais brandas o efeito pode ser o inverso, dado que quanto maior a sua força, maior poderá ser a concentração de grãos de pólen no ar, devido à deslocação de nuvens de partículas em camadas mais altas na atmosfera para mais baixas, aumentando assim a concentração (Galán et al., 1998). Portanto, a precipitação não vai depender somente da sua quantidade, mas também da sua intensidade e distribuição ao longo do tempo. Se essa chuva ocorrer em algum momento após uma concentração baixa de atmosfera, como exemplo, nos horários noturnos, ela não terá grande interferência nessa concentração. Entretanto, se essa chuva ocorrer logo após a uma alta dispersão, como nos horários centrais do dia, ela com certeza terá uma ligação maior na diminuição dessa concentração, pois será um horário que haverá maiores valores de grãos de pólen presentes na atmosfera por metro cúbico. Em Espanha, um estudo desenvolvido na cidade de Murcia, mostrou que a quantidade de pólen presente no ar anualmente é altamente dependente da precipitação total, sendo afetado se houver secas severas (Giner et al., 2002). Ou seja, a precipitação pode diminuir a concentração de grãos de pólen no ar, mas a falta dela, épocas de seca, poderá prejudicar muito a reprodução da planta e, conseqüentemente, na libertação do pólen. A correlação que obtivemos neste estudo entre a concentração do pólen da família da Cupressaceae com a precipitação, também tem de ser entendida de forma prudente, pois o inverno de 2020 em Bragança foi considerado muito mais seco que o normal, e mesmo com isso, tivemos concentrações altas de pólen em alguns dias.

Galán & Fuillerat et al. (1998) analisaram as concentrações diárias de Cupressaceae no sudoeste da Espanha, por um período de 13 anos, com as condições meteorológicas. Neste estudo, os autores concluíram que os coeficientes de correlação para as mesmas variáveis foram positivas em alguns anos e negativas noutros. Em anos com temperaturas mínimas menores houve uma concentração maior de pólen do que em anos em que as temperaturas mínimas foram mais elevadas. Os autores sugerem que as concentrações de pólen de espécies arbóreas podem ser mais difíceis de prever, porque a libertação destas partículas biológicas não tem um padrão anual claro e recorrente. Mas de qualquer forma, foi comprovado mais uma vez que a temperatura influencia diretamente a variação de Cupressaceae.

Há situações meteorológicas diferentes a cada ano e só com estudos de longo prazo é possível descobrir de forma mais confiável a variável meteorológica com maior significância. Alguns invernos são mais frios e secos, enquanto outros são mais quentes e com precipitações mais elevadas. Com isso, é de se esperar que as variáveis meteorológicas e as suas correlações com a concentração de pólen oscilem consideravelmente (Galán et al., 1998).

## 5. CONCLUSÕES

Em relação à quantidade de grãos de Cupressaceae presentes na atmosfera de Bragança, temos que para as classes dos pólen, os resultados diários variaram desde zero a moderada probabilidade de ter uma população que desenvolva sintomas associados a presença desta partícula. Em Novembro, foi computado em média 21 grãos/m<sup>3</sup> por dia, em Dezembro, uma média diária de 22 grãos/m<sup>3</sup>. Todavia, na maioria dos dias tivemos valores entre 1 e 50 grãos/m<sup>3</sup>, tendo como exceção 7 dias com valores acima de 50 grãos por metro cúbico.

Durante todo o período estudado, foi no mês de Dezembro, com temperaturas mais baixas, porém, com menores oscilações nas condições meteorológicas, que tivemos picos de grãos de pólen no ar. Os dias 22 e 23 de dezembro foram os que apresentaram níveis mais elevados de grãos de pólen com valores diários de 145 grãos/m<sup>3</sup> e 160 grãos/m<sup>3</sup>, respetivamente. Com isso, conclui-se que foi realmente comprovado que a família Cupressaceae possui uma alta polinização nos meses inverniais.

Sobre a análise intradiária, foi no período entre as 10h e as 12h que tivemos concentrações mais elevadas de pólen, associando as temperaturas um pouco mais elevadas nesse intervalo, tendo como quantidade 16,6% do total diário. O contrário aconteceu no período das 22h às 02h, onde não há incidência de raios solares e as temperaturas tendem a ser mais baixas, tendo como quantidade uma porcentagem de 2,9% do total diário.

Na análise meteorológica, pode-se perceber que os meses de novembro e dezembro de 2020 foram anos muito mais secos que o comum. O normal para esse período seria em torno de 67 mm em média para novembro e 91 mm em média para dezembro. Obtivemos valores de apenas 3,5 mm de média para novembro e 2,5 mm de média para novembro, tendo consequências diretas no comportamento da dispersão dos pólen.

Em relação às correlações dos grãos de pólen com as variáveis meteorológicas, obteve-se como as mais significativas e positivas, em ordem decrescente, as que envolvem a porcentagem de ventos provenientes do noroeste (4º quadrante), a temperatura máxima e a frequência de calmas. As mais significativas negativas, em ordem decrescente, foram as observadas para a velocidade do vento e a quantidade de precipitação.

De acordo com a pesquisa feita em relação à vegetação urbana da cidade de Bragança, embora não tenha sido uma variável que tenha entrado na análise de correlação, é notório que exerce uma influência considerável no comportamento das concentrações dos grãos

de pólen da família da Cupressaceae, como é indicado em parte pela correlação positiva identificada com a origem dos ventos (ventos do quarto quadrante).

Algumas discrepância dos resultados obtidos em comparação com os reportados noutros estudos são explicados em parte pela duração (curta) deste estudo e pelas características distintas do local em questão (Bragança). Portanto, conclui-se que quanto maior for o tempo analisado do comportamento do pólen, maior será a relevância e fidedignidade dos resultados. Acresce o interesse em estender este estudo à monitorização do grão de pólen à larga escala, ainda mais por conta das novas tecnologias correntes de monitorização, que podem permitir e aumentar a precisão dos estudos aerobiológicos, investigando a dinâmica do comportamento dos bioaerossois que se movimentam para longas distâncias, permitindo assim obter a estimativa da sua quantidade e trajectória.

Este estudo demonstrou que ter uma rede de monitorização individual tem grande importância para a região e de certa forma, para o país, visto que até em cidades próximas as concentrações de pólen presentes na atmosfera podem ser muito diferentes. Assim, é essencial que haja pesquisas, buscando possíveis motivos e analisando o comportamento dos bioaerossois em diversos ambiente, sendo possível cada vez mais trazer informações para a prevenção de alergias em diversos locais, e conseqüentemente, benefícios para a saúde da população.



## REFERÊNCIAS

- Abreu, I., Ribeiro, H., & Cunha, M. (2003). An Aeropalynological study of the Porto region (Portugal). *Aerobiologia*, *19*(3–4), 235–241.  
<https://doi.org/10.1023/B:AERO.0000006573.12721.e6>
- Agashe, S. N., & Alfadil, G. (1989). Atmospheric biopollutant monitoring in relation to meteorological parameters. *Grana*, *28*(2), 97–104.  
<https://doi.org/10.1080/00173138909429960>
- Aira, M. J., Dopazo, A., & Jato, M. V. (2001). Aerobiological monitoring of Cupressaceae pollen in Santiago de Compostela (NW Iberian Peninsula) over six years. *Aerobiologia*, *17*(3), 319–325. <https://doi.org/10.1023/A:1013019215808>
- Alché, J. D., & Rodríguez García, M. I. (1997). El polen como vector responsable de alergias. *Polen*, *23*(8), 5–23.
- Almeida, E. M. L. (2018). Impacto de bioaerossóis polínicos e fúngicos na doença alérgica respiratória na cidade de Beja. *Relatório de Tese de Doutorado*.
- Arguisuelas, A. G. (2016). Estudio aerobiológico del municipio de Las Rozas de Madrid y aplicación de resultados al control del polen alergénico. *Relatório de Tese de Doutorado*, 263.
- Belmonte, J., Canela, M., Guàrdia, R., Guàrdia, R. A., Sbai, L., Vendrell, M., Cariñanos, P., Díaz de la Guardia, C., Dopazo, A., Fernández, D., Gutiérrez, M., & Trigo, M. M. (1999). Aerobiological Dynamics of the Cupressaceae Pollen in Spain, 1992-98. *Palynology of Cupresaceae in Spain*, *38*, 27–38.
- Blackley, C. H. (1873). *Experimental Researches on the Causes and Nature of Catarrhus Aestivus (Hay-Fever or Hay-Asthma)* (T. & C. Baillière (ed.)).
- Bortenschlager, S. (1990). Aspects of pollen morphology in the cupressaceae. *Grana*, *29*(2), 129–137. <https://doi.org/10.1080/00173139009427743>
- Bostock, J. (1819). Case of a periodical affection of the eyes and chest. *Annals of Allergy*, *10*, 161–165. <https://doi.org/10.1177/09595287190100p111>
- Burbach, G. J., Heinzerling, L. M., Edenharter, G., Bachert, C., Bindslev-Jensen, C., Bonini, S., Bousquet, J., Bousquet-Rouanet, L., Bousquet, P. J., Bresciani, M., Bruno, A., Canonica, G. W., Darsow, U., Demoly, P., Durham, S., Fokkens, W. J., Giavi, S., Gjomarkaj, M., Gramiccioni, C., Haahtela, T., Kowalski, M. L., Magyar, P., Muraközi, G., Orosz, M., Papadopoulos, N. G., Röhnelt, C., Stingl, G., Todo-Bom, A., Von Mutius, E., Wiesner, A., Wöhr, S., Zuberbier, T. (2009). GA<sup>2</sup>LEN skin test study II: Clinical relevance of inhalant allergen sensitizations in Europe. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, *64*(10), 1507–1515. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2009.02089.x>
- Caeiro, E., Penedos, C., Martins, P., Nunes, C., Almeida, M., Pedro, E., Alves, R., & Ferreira, M. (2020). Aerobiologia do pólen de Cupressáceas em Portugal. *Revista Portuguesa de Imunoalergologia*, *28*(1), 19–30.
- Calderon, C., Lacey, J., McCartney, H. A., & Rosas, I. (1995). Seasonal and diurnal variation of airborne basidiomycete spore concentrations in Mexico City. *Grana*, *34*(4), 260–268.  
<https://doi.org/10.1080/00173139509429055>

- Camacho, I. C., Caeiro, E., Ferro, R., Camacho, R., Câmara, R., Grinn-Gofroñ, A., Smith, M., Strzelczak, A., Nunes, C., & Morais-Almeida, M. (2017). Spatial and temporal variations in the Annual Pollen Index recorded by sites belonging to the Portuguese Aerobiology Network. *Aerobiologia*, *33*(2), 265–279. <https://doi.org/10.1007/s10453-016-9468-9>
- Camacho, I. G. C. (2007). Estudo Aerobiológico Da Cidade Do Funchal. Detecção Bioquímica Dos Principais Aeroalergénios Polínicos. *Tese de Doutoramento, Universidade Da Madeira*, 256. [https://digituma.uma.pt/handle/10400.13/42?locale=pt\\_PT](https://digituma.uma.pt/handle/10400.13/42?locale=pt_PT)
- Camacho, I. G. C. (2017). Inhalant Allergens in Portugal. *International Archives of Allergy and Immunology*, *172*(2), 67–88. <https://doi.org/10.1159/000458150>
- Carneiro, R. M. A. (2004). Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade. Dissertação de Mestrado. *Relatório de Tese de Mestrado*, 169.
- Charpin, D., Pichot, C., Belmonte, J., Sutra, J. P., Zidkova, J., Chanez, P., Shahali, Y., Sénéchal, H., & Poncet, P. (2019). Cypress Pollinosis: from Tree to Clinic. *Clinical Reviews in Allergy and Immunology*, *56*(2), 174–195. <https://doi.org/10.1007/s12016-017-8602-y>
- Ciancianaini, P., Albertini, R., Pinelli, S., Lunghi, P., Ridolo, E., & Dall’aglio, P. (2000). Betulaceae, Corylaceae, Cupressaceae, Fagaceae and Salicaceae around Parma (Northern Italy): Pollen calendars from 1995 to 1997. *Aerobiologia*, *16*(2), 309–312. <https://doi.org/10.1023/A:1007643123920>
- Comtois, P. (1997). Pierre Miquel: the first professional aerobiologist. *Aerobiologia*, *13*(2), 75–82. <https://doi.org/10.1007/bf02694422>
- Corden, J. M., & Millington, W. M. (1994). Didymella ascospores in derby. *Grana*, *33*(2), 104–107. <https://doi.org/10.1080/00173139409427841>
- Crotzer, V., & Levetin, E. (1996). The aerobiological significance of smut spores in Tulsa, Oklahoma. *Aerobiologia - Internacional Journal of Aerobiology*, *12*(3), 177–184. <https://doi.org/10.1007/BF02447410>
- D’Amato, G., Cecchi, L., Bonini, S., Nunes, C., Annesi-Maesano, I., Behrendt, H., Liccardi, G., Popov, T., & Van Cauwenberge, P. (2007). Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, *62*(9), 976–990. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>
- D’Amato, Gennaro, & Lobefalo, G. (1989). Allergenic pollens in the southern Mediterranean area. *J Allergy Clin Immunol*, *83*, 166–122.
- Díaz De La Guardia, C., Alba, F., De Linares, C., Nieto-Lugilde, D., & López Caballero, J. (2006). Aerobiological and allergenic analysis of Cupressaceae pollen in Granada (Southern Spain). *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, *16*(1), 24–33.
- Fabião, A., Ramos, A. P., Caetano, M. F., Ferreira, M., Alves, A., Rodrigues, J. C., Abreu, F., Francisco, A. J., Nogueira, L., Moreira, R., & Fabião, A. (2009). Efeitos do Clima, da Poluição Atmosférica e do Estado Sanitário das Árvores na Produção e nas Características de Pólens Alergisantes. *Repositório Da Universidade de Lisboa*, 777–785.
- Faur, A. (2012). Study on Pollen Viability As Bioindicator of Air Quality. *Annals of West University of Timișoara*, *XV*(2), 137–140.
- Fernandes, A. L. F. (2007). Os Impactos dos Espaços Verdes na Qualidade do Ar. *Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro*, 75.

- Galán, C., Cariñanos, P., Alcázar, P., & Domínguez, E. (2007). Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología. In *Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba*.
- Galán, C., Fullerat, M. J., Comtois, P., & Dominguez-Vilches, E. (1998). Bioclimatic factors affecting daily Cupressaceae flowering in southwest Spain. *International Journal of Biometeorology*, 41(3), 95–100. <https://doi.org/10.1007/s004840050059>
- Galveias, A., Costa, A. R., Bortoli, D., Alpizar-Jara, R., Salgado, R., Costa, M. J., & Antunes, C. M. (2021). Cupressaceae pollen in the city of Évora, south of Portugal: Disruption of the Pollen during air transport facilitates allergen exposure. *Forests*, 12(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/f12010064>
- García-Mozo, H., Galán, C., Aira, M. J., Belmonte, J., Díaz De La Guardia, C., Fernández, D., Gutierrez, A. M., Rodriguez, F. J., Trigo, M. M., & Dominguez-Vilches, E. (2002). Modelling start of oak pollen season in different climatic zones in Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 110(4), 247–257. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(02\)00003-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(02)00003-5)
- Garrido-Lestache, J. S. (2004). Pólenes alérgicos en España. *Allergologia et Immunopathologia*, 32(3), 121–124. [https://doi.org/10.1016/s0301-0546\(04\)79297-6](https://doi.org/10.1016/s0301-0546(04)79297-6)
- Gomes, C., Ribeiro, H., & Abreu, I. (2019). Aerobiology of Cupressaceae in Porto city, Portugal. *Aerobiologia*, 35(1), 97–103. <https://doi.org/10.1007/s10453-018-9543-5>
- Guanabara, A. P. de S. (2011). Associação da função pulmonar em estudantes do ensino fundamental com a qualidade do ar nas cidades de Atibaia e Cubatão. *Relatório de Tese de Doutorado*, 95. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-04042012-154440/publico/AnaPaulaGuanabara.PDF> NS -
- Guidos F, G. A., & Almeida A, V. M. (2005). Polinosis y aeroalergenos. *Alergia, Asma e Inmunología Pediátricas*, 14(2), 52–55.
- Hirst, J. M. (1952). An Automatic Volumetric Spore Trap. *Ann Appl Biol*, 39, 257–265.
- Hirst, J. M. (1953). Changes in atmospheric spore content: Diurnal periodicity and the effects of weather. *Transactions of the British Mycological Society*, 36(4), 375-IN8. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(53\)80034-3](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(53)80034-3)
- Hjelmroos, M. (1991). Evidence of long-distance transport of betula pollen. *Grana*, 30(1), 215–228. <https://doi.org/10.1080/00173139109427802>
- Hormaza, J. I., & Herrero, M. (1995). El polen como individuo interactivo. *Polen*, 7, 5–18.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2015). *Portal do Clima*. <http://portaldoclima.pt/pt/>
- Islam, T., McConnell, R., Gauderman, W. J., Avol, E., Peters, J. M., & Gilliland, F. D. (2008). Ozone, oxidant defense genes, and risk of asthma during adolescence. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 177(4), 388–395. <https://doi.org/10.1164/rccm.200706-863OC>
- Knox, R. B. (1993). Grass pollen, thunderstorms and asthma. *Clinical and Experimental Allergy*, 23(5), 354–359. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.1993.tb00339.x>
- Li, D. W., & Kendrick, B. (1995). A year-round outdoor aeromycological study in waterloo, Ontario, Canada. *Grana*, 34(3), 199–207. <https://doi.org/10.1080/00173139509429043>
- Lisboa, I., Rodrigues, P. M. S. M., & Esteves, J. C. G. (2016). Seasonal fluctuations of the airborne pollen in Guarda ( Portugal ). *International Journal of Environmental &*

*Agriculture Research*, 2(December), 59–63.

- Maestrelli, P., Canova, C., Scapellato, M. L., Visentin, A., Tessari, R., Bartolucci, G. B., Simonato, L., & Lotti, M. (2011). Personal exposure to particulate matter is associated with worse health perception in adult asthma. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 21(2), 120–128.
- Marletto, V., Branzi, G. P., & Sirotti, M. (1992). Forecasting flowering dates of lawn species with air temperature: Application boundaries of the linear approach. *Aerobiologia*, 8(1), 75–83. <https://doi.org/10.1007/BF02291333>
- Menezes, G. de O. (2017). Análise do Clima Urbano da Cidade de Bragança ( 2012-2016 ): Estudo da Ilha de Calor . *Relatório de Tese de Mestrado*, 66.
- Munuera Giner, M. & Sellés, J. G. (2002). Allergenic pollens in the southeast of Spain. *AllergyNet*, 57(March), 59–60.
- Munuera Giner, M., García, J. C., & Camacho, C. N. (2001). Airborne *Alternaria* spores in SE Spain (1993-98): Occurrence patterns, relationship with weather variables and prediction models. *Grana*, 40(3), 111–118. <https://doi.org/10.1080/00173130152625842>
- Munuera Giner, M., García, J. S. C., & Camacho, C. N. (2002). Seasonal fluctuations of the airborne pollen spectrum in murcia (SE Spain): Some peculiarities in the pollen calendar. *Aerobiologia*, 18(2), 141–151. <https://doi.org/10.1023/A:1020652525493>
- Nicoleta, I. (2017). Aerobiological monitoring of Taxaceae / Cupressaceae pollen in Timisoara. *Most, January 2009*, 163–170.
- Nitiu, D. S. (2005). Estudio Aeropalinológico de La Ciudad de La Plata. *Relatório de Tese de Doutorado*, 183.
- Norris-Hill, J., & Emberlin, J. (1991). Diurnal variation of pollen concentration in the air of north-central London. *Grana*, 30(1), 229–234. <https://doi.org/10.1080/00173139109427803>
- Oliveira, P. M. C. (2020). Avaliação da abundância e diversidade de aeroalérgenos na atmosfera urbana de Bragança. *Relatório de UC de Projeto*, 54.
- Osterkamp, I. C., & Jasper, A. (2013). Análise Palinológica em Méis da Região do Vale do Taquari, Rio Grande Do Sul , Brasil: Ferramenta Para a Definição de Origem Botânica. *Revista Destaques Acadêmicos*, 5(3), 111–119.
- PORDATA. (2019). *O seu município em números! Bragança*. [www.epa.gov%0Awww.bt.cdc.gov/agent/cyanide/index.asp](http://www.epa.gov%0Awww.bt.cdc.gov/agent/cyanide/index.asp)
- Rendueles, M. L. B. E. (2001). Caracterización aeropalinológica del bioaerosol atmosférico de la ciudad de Cartagena. *Relatório de Tese de Doutorado*, 85. [https://docplayer.es/77540368-Tesis-doctoral-tesis-doctoral.html%0Ahttp://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:Filologia-Mileon/LEON\\_AXELSSON\\_MercedesIdalith\\_Tesis.pdf](https://docplayer.es/77540368-Tesis-doctoral-tesis-doctoral.html%0Ahttp://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:Filologia-Mileon/LEON_AXELSSON_MercedesIdalith_Tesis.pdf)
- Ribeiro, H., & Abreu, I. (2014). A 10-year survey of allergenic airborne pollen in the city of Porto (Portugal). *Aerobiologia*, 30(3), 333–344. <https://doi.org/10.1007/s10453-014-9331-9>
- Ribeiro, H., Cunha, M., & Abreu, I. (2003). Airborne pollen concentration in the region of Braga, Portugal, and its relationship with meteorological parameters. *Aerobiologia*, 19(1), 21–27. <https://doi.org/10.1023/A:1022620431167>

- Ribeiro, H., Oliveira, M., & Abreu, I. (2008). Intradurnal variation of allergenic pollen in the city of Porto (Portugal). *Aerobiologia*, 24(3), 173–177. <https://doi.org/10.1007/s10453-008-9091-5>
- Rodríguez de la Cruz, D., Sánchez-Reyes, E., & Sánchez-Sánchez, J. (2015). A contribution to the knowledge of Cupressaceae airborne pollen in the middle west of Spain. *Aerobiologia*, 31(4), 435–444. <https://doi.org/10.1007/s10453-015-9376-4>
- Rodríguez de la Cruz, D., Sánchez-Reyes, E., Sánchez-Sánchez, J., & Sánchez-Agudo, J. Á. (2018). New Insights on Atmospheric Fern Spore Dynamics. In H. Fernández (Ed.), *Current Advances in Fern Research* (Issue March, pp. 1–544). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75103-0>
- Roure, J. M. (1985). Palinología Ibérica. Fam. 1 a 20. Cupressaceae a Betulaceae. *Orsis: Organismes i Sistemes*, 1, 43–69.
- Saavedra C., K. I., Rojas I., C., & Delgado Paredes, G. E. (2013). Características polínicas y composición química del polen apícola colectado en Cayaltí (Lambayeque - Perú). *Revista Chilena de Nutricion*, 40(1), 71–78. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000100011>
- Sánchez-Reyes, E., & Sánchez-Sánchez, J. (2017). Botanical Classification. In J. M. Alvarez-Suarez (Ed.), *Bee Products - Chemical and Biological Properties* (Springer I, pp. 3–18). [https://doi.org/10.1007/978-3-211-79894-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-211-79894-2_4)
- Sánchez Mesa, J. A., Galán, C., & Hervás, C. (2005). The use of discriminant analysis and neural networks to forecast the severity of the Poaceae pollen season in a region with a typical Mediterranean climate. *International Journal of Biometeorology*, 49(6), 355–362. <https://doi.org/10.1007/s00484-005-0260-8>
- Sánchez Reyes, E. (2021). Atmospheric monitoring of pollen grains and fungal spores. *Apresentação*.
- Spiekma, F. T. M. (1986). Airborne pollen concentrations in Leiden, The Netherlands, 1977–1981. *Grana*, 25(1), 47–54. <https://doi.org/10.1080/00173138609429932>
- Suphioglu, C. (1998). Thunderstorm asthma due to grass pollen. *International Archives of Allergy and Immunology*, 116(4), 253–260. <https://doi.org/10.1159/000023953>
- Syrigou, E., Zanikou, S., & Papageorgiou, P. S. (2003). Grasses, olive, parietaria and cypress in Athens: Pollen sampling from 1995 to 1999. *Aerobiologia*, 19(2), 133–137. <https://doi.org/10.1023/A:1024457608635>
- Taketomi, E. A., Sopelete, M. C., Moreira, P. F. de S., & Vieira, F. de A. M. (2006). Doença alérgica polínica: polens alergógenos e seus principais alérgenos. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 72(4), 562–567. <https://doi.org/10.1590/s0034-72992006000400020>
- Taylor, J. F. G. (1972). Phenodynamics of Production in a Mesic Deciduous Forest. In H. Lieth (Ed.), *Phenology and Seasonality Modeling* (p. 48).
- Terán, L. M., Haselbarth-López, M. M. M., & Quiroz-García, D. L. (2009). *Alergia, pólenes y medio ambiente*. 145(3), 215–222.
- Tortajada, B., & Mateu, I. (2008). Concentraciones de polen de cupresáceas en la atmósfera de Valencia (Este de España) y su relación con los parámetros meteorológicos. *Ediciones Universidad de Salamanca*, 18(0), 51–59. <https://doi.org/10.14201/pol.v18i0.7400>
- Trapero, J. L. (2021). Biodiversidad Virtual. *Mundo Microscópico*.

<https://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Populus-polen-img4524.html>

Vaquero del Pino, C. (2015). Estudio de la variación intradiaria de los principales tipos polínicos en la atmósfera de Castilla-La Mancha 2015. *Relatório de Tese de Doutorado*, 1–513.

Vergamini, Sandra M., Zoppas, B. C. D. A., Valencia-Barrera, R. M., & Fernández-González, D. (2006). Dinâmica aeropalínológica de Gramineae na cidade de Caxias do Sul, RS. *Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia*, 29(1), 14–17.  
<http://www.asbai.org.br/revistas/Vol291/dinamica.pdf>

Vergamini, Sandra Maria, Ramos, A. J. K., Duso, L., Sbersi, F., & Maffazzioli, T. F. (2006). Identificação de tipos polínicos não registrados nos estudos aeropalínológicos do Brasil. *Ciência Rural*, 36(6).

Wahid, O. A. A., Moustafa, A. W. F., & Moustafa, A. M. (1996). Fungal population in the atmosphere of Ismailia City. *International Journal of Aerobiology*, 12(4), 249–255.  
<https://doi.org/10.1007/bf02446282>

Weather Online. (2021). *Calculador do Clima - Bragança*.  
[https://www.weatheronline.pt/weather/maps/city?LANG=pt&PLZ=\\_\\_\\_\\_&PLZN=\\_\\_\\_\\_&WMO=08575&CONT=ptpt&R=0&LEVEL=162&REGION=0005&LAND=PO&MOD=tab&ART=PRE&NOREGION=1&FMM=1&FYY=2000&LMM=12&LYY=2021](https://www.weatheronline.pt/weather/maps/city?LANG=pt&PLZ=____&PLZN=____&WMO=08575&CONT=ptpt&R=0&LEVEL=162&REGION=0005&LAND=PO&MOD=tab&ART=PRE&NOREGION=1&FMM=1&FYY=2000&LMM=12&LYY=2021)

Ziello, C., Sparks, T. H., Estrella, N., Belmonte, J., Bergmann, K. C., Bucher, E., Brighetti, M. A., Damialis, A., Detandt, M., Galán, C., Gehrig, R., Grewling, L., Bustillo, A. M., Hallsdóttir, M., Kockhans-Bieda, M. C., Linares, de C., Myszkowska, D., Pàldy, A., Sánchez, A., ... Menzel, A. (2012). Changes to airborne pollen counts across europe. *PLoS ONE*, 7(4).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034076>