

**PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DOS ECOSISTEMAS  
TERRESTRE E ESTUARINO NA ENVOLVENTE À  
CTRSU DE S. JOÃO DA TALHA**

**RELATÓRIO ANUAL DE 2021**

---

**MONITORIZAÇÃO DO ECOSISTEMA TERRESTRE E ESTUARINO**

Coordenadores:

**Prof. Doutora Manuela Sim-Sim  
Prof. Doutor Leonel Serrano Gordo  
Prof. Doutora Vanda Brotas**

**Dezembro de 2021**



## **EQUIPA TÉCNICA:**

### **Ecosistema Terrestre – Flora epífita**

Prof. Doutora Manuela Sim-Sim

Doutor César Garcia

### **Ecosistema Estuarino – Fitoplâncton e Vegetação de Sapal**

Prof. Doutora Vanda Brotas

Prof. Doutora Isabel Caçador

Doutor Bernardo Duarte

Dra. Andreia Tracana

Dr. Rui Cerejo

Dra. Vera Veloso

### **Ecosistema Estuarino – Macroinvertebrados bentónicos e Ictiofauna**

Prof. Doutor Leonel Serrano Gordo

Doutora Ana Margarida Neves

#### **Referência deste trabalho:**

Sim-Sim M., Gordo L. S., Brotas V., Caçador I., Cereja R., Duarte B., Garcia C., Neves A. M., Tracana A. & Veloso V. 2020. Monitorização dos ecossistemas terrestre e estuarino na envolvente à CTRSU de S. João da Talha – Relatório Anual de 2021, Dezembro de 2021, 111p.+ anexos.

## ÍNDICE

<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>2. Ecossistema terrestre</b> .....	2
<i>Flora epifítica</i>	
2.1. Metodologia.....	2
2.2. Resultados e discussão.....	6
2.3. Considerações finais .....	28
2.4. Bibliografia .....	80
<b>3. Ecossistema estuarino – Fitoplâncton</b> .....	82
3.1. Amostragem e Metodologia .....	82
3.2. Resultados .....	82
3.3. Considerações finais .....	89
<b>4. Ecossistema estuarino – Vegetação de sapal</b> .....	91
4.1. Amostragem e Metodologia .....	91
4.2. Resultados e discussão .....	92
4.3. Considerações finais .....	94
4.4. Bibliografia .....	96
<b>5. Ecossistema estuarino – Macroinvertebrados e ictiofauna</b> .....	97
5.1. Metodologia .....	97
5.2. Resultados e discussão .....	99
5.3. Considerações finais .....	110
5.4. Bibliografia .....	111



## 1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica continua a ter impactos significativos sobre a saúde da população europeia, em particular em áreas urbanas e representa também uma ameaça para os ecossistemas, afetando diretamente os seus serviços. À escala planetária os poluentes atmosféricos podem sobreviver por dias e ser transportados milhares de quilómetros antes de afetar o ar, solos, rios, lagos e/ou agricultura.

Apesar das medidas impostas para reduzir os poluentes atmosféricos, vários países europeus excedem regularmente os limites legais estabelecidos. A Agência Europeia do Ambiente publicou recentemente, um relatório que apoia o desenvolvimento e implementação de políticas no domínio da qualidade do ar, tanto a nível europeu como nacional. (vide: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>).

Na região envolvente à CTRSU de São João da Talha estabeleceu-se desde 1998 um programa de monitorização pouco habitual a nível nacional e mesmo internacional que adaptado à área de estudo, permitindo avaliar os efeitos da poluição sobre os ecossistemas, usando diferentes organismos terrestres e aquáticos, desde flora, aves fitoplâncton, zooplâncton, algas macrófitas, vegetação halófitas, macroinvertebrados e ictiofauna.

Este programa de monitorização completou 22 anos, constituindo um dos raros estudos de longo termo feito em Portugal, tendo as metodologias seguidas sido idênticas aos anos anteriores, de modo a permitir uma série temporal dos vários componentes estudados do ecossistema. Os resultados obtidos têm verificado, que a biodiversidade da componente terrestre, da flora de epífitos, não tem revelado alterações significativas como resultado da atividade da CTRSU de São João da Talha. Em 2021, ocorreu um ligeiro aumento da qualidade ambiental comparativamente aos anos anteriores, patente no aumento de cobertura de algumas espécies de musgos. Na componente estuarina, o biota não tem sofrido modificações atribuíveis ao funcionamento da CTRSU de São João da Talha.

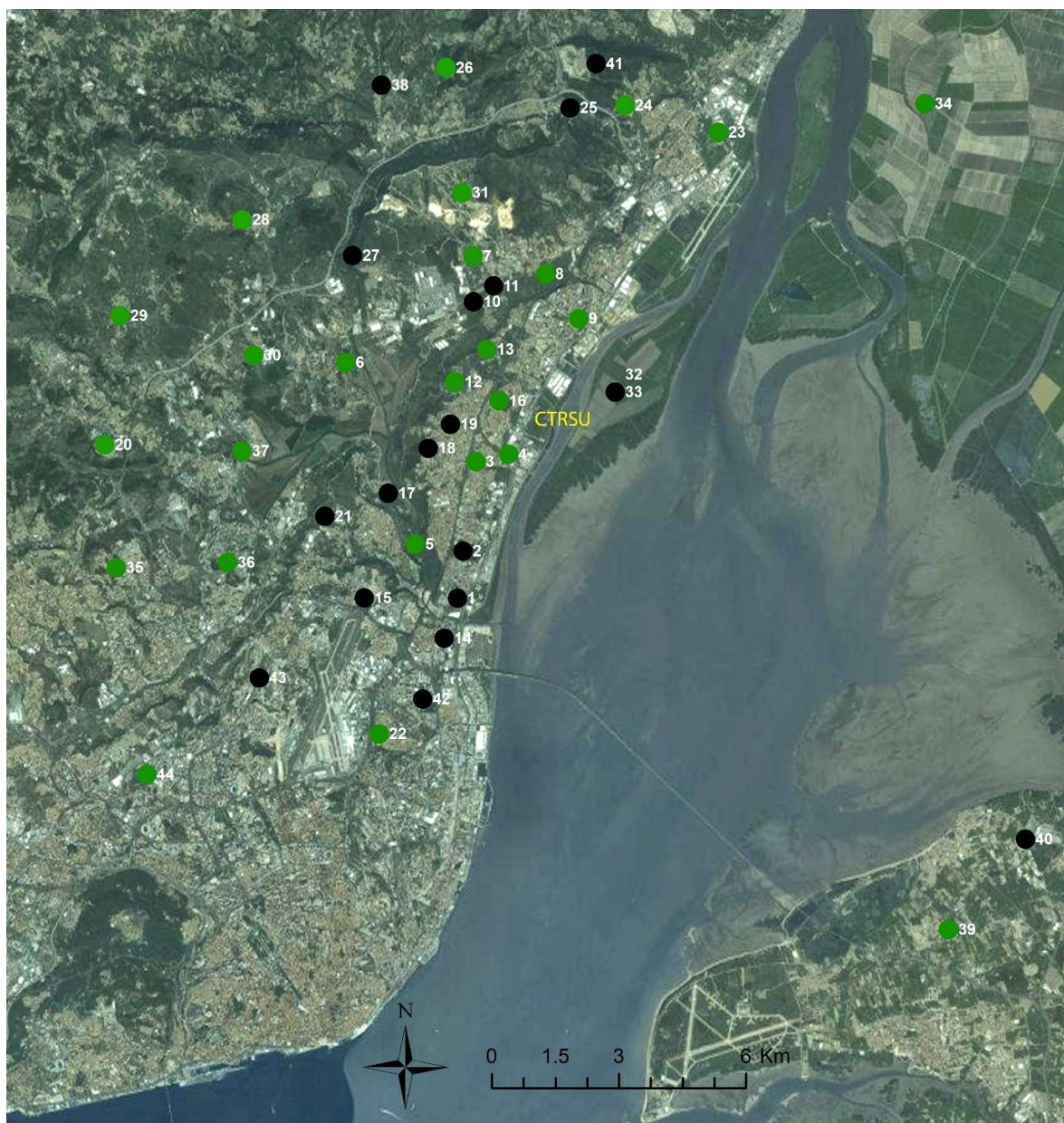
A determinação de metais tem apresentado teores variáveis resultantes da dinâmica natural do estuário.

## **2. Ecossistema Terrestre**

### *Flora epifítica*

#### **2.1. Metodologia**

No presente ano de 2021, procedeu-se ao acompanhamento e levantamento da flora epifítica de briófitos e líquenes, na região envolvente à Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos (CTRSU) de São João da Talha. Foram seleccionadas para o plano anual de monitorização dos ecossistemas terrestres e estuarinos 25 estações. As estações de monitorização seleccionadas resultaram de uma selecção prévia das 44 estações, identificadas no primeiro ano de biomonitorização (1998), correspondente ao ano zero da CTRSU (Fig. 2.1). Todos os locais onde anualmente são monitorizadas as diferentes espécies da flora epifítica (briófitos e líquenes) foram inicialmente georreferenciadas para auxiliar a sua localização no campo, bem como o forófito seleccionado em cada estação. Tal como em anos anteriores, as espécies mais sensíveis, ou de ocorrência rara nas estações de monitorização, foram também georreferenciadas para um acompanhamento anual.



**Figura 2.1.** ● Localização dos levantamentos de flora epifítica na área envolvente à CTRSU da Valorsul (a amarelo). Estações de monitorização biológica da flora epifítica. ● Estações não monitorizadas em 2021.

Em 2021, o estudo das comunidades epifíticas de briófitos e líquenes seguiu a metodologia aplicada em anos anteriores. A área de amostragem, em cada estação, correspondeu pelo menos a 10 oliveiras, onde foram estudadas a composição, vitalidade e área de cobertura das diferentes espécies de briófitos (hepáticas e musgos) e líquenes. A estação 20 onde predomina o carvalho-português (*Quercus faginea* Lam.), serviu novamente de controle permitindo a monitorização de uma área com redutos de vegetação natural. O total de *taxa* presentes, assim como o valor de sociabilidade (Si) e vitalidade (Vi) foram identificados e registados, para cada estação, numa ficha de campo de acordo com as escalas quantitativas propostas por Bento-Pereira & Sérgio (1981) e que têm vindo a ser utilizadas:

Os valores de vitalidade (Vi) foram contabilizados segundo quatro classes:

1. Espécie com indícios de necrose.
2. Espécie presente, mas em mau estado vegetativo.
3. Espécie presente em bom estado vegetativo, mas com ausência de reprodução sexuada.
4. Espécie presente em bom estado vegetativo e com evidências de reprodução sexuada.

Os valores de cobertura/sociabilidade (Si) foram contabilizados segundo cinco classes:

1. Uma só colónia de dimensões inferiores a 10 cm<sup>2</sup>.
2. Uma só colónia de dimensões superiores a 10 cm<sup>2</sup>, ou duas colónias de dimensões inferiores às mencionadas.
3. Várias colónias pequenas cuja área de ocupação individual não ultrapassa os 10 cm<sup>2</sup>.
4. Várias colónias de dimensões compreendidas entre os 10 e os 100 cm<sup>2</sup>.
5. Uma só colónia de área superior a 100 cm<sup>2</sup>.

No forófito previamente seleccionado (em cada uma das estações de amostragem), a superfície ocupada por cada colónia de briófito ou líquene, tem sido anualmente representada numa folha de acetato, numa área rectangular de 220 cm<sup>2</sup> (Fig. 2.2). Como referido anteriormente, o forófito seleccionado foi inicialmente assinalado e georreferenciado de modo a permitir o reconhecimento da árvore e o acompanhamento ao longo dos anos. Esta metodologia utilizada desde o primeiro ano, tem tornado possível acompanhar a dinâmica das comunidades de briófitos e líquenes na região envolvente à CTRSU. Com base na informação presente em e

cada ficha de campo, foi possível, elaborar um inventário detalhado da biodiversidade de briófitos e líquenes para cada estação de amostragem, bem como relacionar os dados de biodiversidade com diferentes variáveis ambientais.

Desde 1998 que a base de dados da vegetação criptogâmica da região envolvente à CTRSU tem sido anualmente actualizada.

O valor da Riqueza Florística (RF) foi determinado para cada estação de amostragem, tal como em anos anteriores. Estes valores referem-se ao número de *taxa* que integram a biodiversidade total de cada estação de monitorização. Foi também calculado o Índice de Pureza Atmosférica (IPA) para cada estação de amostragem tendo por base os valores de cobertura de cada *taxon* em cada estação monitorizada.

A fórmula utilizada para o cálculo dos valores de IPA foi:

$$\text{IPA} = \sum S_i / 10$$

*S<sub>i</sub>*: valor da sociabilidade-cobertura de cada *taxon* em cada estação de amostragem.

*10*: número médio de oliveiras onde se efetuaram os levantamentos em cada local.

Tem sido realizada a zonação dos valores de RF e IPA tendo como base a georreferenciação de cada estação desde o ano zero, utilizando para esse efeito o programa SURFER, versão 9.0.

A nomenclatura para a identificação taxonómica dos diferentes *taxa* de briófitos e hepáticas foi a de Hodgetts *et al.* (2020). Para as diferentes espécies de líquenes seguiu-se a nomenclatura baseada principalmente em Clauzade & Roux (1985) e Nimis (1993).

Os espécimes estudados foram registados numa base de dados, e as amostras colhidas foram integradas no herbário do Jardim Botânico do Museu Nacional de História Natural e da Ciência da Universidade de Lisboa (acrónimo internacional LISU).





**Figura 2.2.** Exemplo da área de amostragem (220 cm<sup>2</sup>) utilizada numa estação de estudo para a avaliação da dinâmica das comunidades epifíticas.

## 2. 2. Resultados e Discussão

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece directrizes para a qualidade do ar, ou recomendações de concentrações máximas, visando proteger a saúde humana dos impactos dos poluentes atmosféricos. As Directivas de Qualidade do Ar da União Europeia estabeleceram valores máximos para os níveis de concentração de 13 poluentes atmosféricos. Entre estes poluentes destacam-se, pequenas partículas (PM), dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>) e ozono ao nível do solo (O<sub>3</sub>), os poluentes mais problemáticos na Europa para a saúde humana. A Agência Europeia do Ambiente efectuou uma análise aos dados extraídos em abril de 2021 (vide: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-status-2021>), onde destaca os poluentes considerados mais nocivos para a saúde humana e para o ambiente, ou que excedem os padrões máximos de qualidade do ar da União Europeia e os níveis das directrizes da OMS, com mais frequência. Apesar das melhorias, impulsionadas em grande parte pelas medidas adoptadas pela maioria dos países europeus para reduzir a transmissão da Pandemia COVID-19 no início de

2020, a poluição do ar ainda é uma grande preocupação para a saúde dos europeus. Em Portugal tem-se verificado uma aparente redução nos valores das concentrações dos poluentes avaliados, no entanto ainda se excedem as concentrações máximas de dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>) e ozono ao nível do solo (O<sub>3</sub>) (vide: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-status-2021>).

Devido às suas características e estratégias de vida, briófitos e líquenes têm-se revelado uma ferramenta eficiente para a monitorização da qualidade do ar (Gilbert, 1968; Hawksworth & Rose, 1970; Sim-Sim et al., 2000; Geebelen & Hoffmann, 2001; Szczepaniak & Biziuk, 2003; Mitchell et al., 2004; Krommer et al., 2007; Berdanier et al., 2009; Bajpai et al., 2010; Gerdol et al., 2014; Leonardo et al., 2014; Yatawara et al., 2019), em particular as comunidades epifíticas. Estes organismos, possuem uma estrutura simples, ausência de celulose ou de paredes com cutícula, podendo absorver água por toda a superfície, o seu conteúdo hídrico varia, consoante a humidade ambiental envolvente. Além disso a sua actividade não se limita apenas a uma determinada estação do ano (estão todo o ano activos), permitindo a realização de estudos contínuos ao longo do ano, sendo uma alternativa económica às avaliações directas da qualidade do ar.

As espécies de briófitos e líquenes apresentam diferente sensibilidade, algumas são muito sensíveis a determinados poluentes, podendo vir a extinguir-se ou revelar fortes perturbações, em locais expostos a elevadas concentrações de dióxido de enxofre SO<sub>2</sub> (Geebelen & Hoffmann, 2001; Gibson et al., 2013). Sob a influência de alterações ambientais, briófitos e líquenes, revelam um declínio na vitalidade, que pode ser detectado por mudanças na cor após danos na estrutura do cloroplasto, ou crescimento menos vigoroso por indivíduos ou populações, a resposta final é a perda de população e finalmente a sua extinção. Muitas vezes apresentam também uma mudança no modo de reprodução (sexuada ou assexuada). Utilizando estes organismos podemos definir escalas de sensibilidade ou a implementação de Índices de Pureza Atmosférica.

O presente programa de monitorização tem permitido, ao longo dos últimos 13 anos, o acompanhamento e classificação das comunidades epifíticas de forma que potenciais problemas para a saúde pública, relacionados com a poluição atmosférica, sejam facilmente detectados. A ocorrência das diferentes espécies ao nível da cobertura (crescimento) e da vitalidade

(reprodução sexuada e assexuada) tem sido rigorosamente acompanhada em 25 estações de monitorização, distribuídas num raio de 10 km, na envolvente da CTRSU de São João da Talha.

### **Situação no presente ano**

Na tabela 2.1 podemos observar os dados resultantes da monitorização da flora criptogâmica em 25 estações de monitorização, na envolvente à Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos (CTRSU) de São João da Talha.

Em 2021 foram identificados 86 *taxa*, dos quais 61 *taxa* de líquenes e 25 *taxa* de briófitos (23 musgos, 2 hepáticas) nas 25 estações de amostragem monitorizadas (ver Anexo 2).

Os valores de Riqueza Florística (RF) e Pureza Atmosférica (IPA), podem ser observados nas tabelas 2.1, 2.2 e 2.3.



**Tabela 2.1.** Síntese dos principais dados correspondentes aos locais amostrados em 2021.

Número do local	Data de amostragem	Localização da estação	Alt. (m)	UTM (1x1Km)	Forófito	Diâmetro médio (cm)	Cobertura %	IPA	R.F .
3	16/06/2021	Loures. Bairro da Castelhana.	60	29SMC9198	<i>Olea europaea</i>	60-80	10	3,9	12
4B	18/01/2021	Loures. Covina	100	29SMC9298	<i>Olea europaea</i>	60-90	25	3,3	11
5	16/06/2021	Loures. Sacavém.	40	29SMC9096	<i>Olea europaea</i>	40-90	30	9,5	31
6	18/01/2021	Loures. Bairro do Olival Queimado.	15	29SMD8800	<i>Olea europaea</i>	60-100	70	11,0	33
7	18/01/2021	Vila Franca de Xira. Vialonga. Quinta do Serpa	77	29SMD9102	<i>Olea europaea</i>	20-40	30	8,4	26
8	18/01/2021	Vila Franca de Xira. Vialonga.	40	29SMD9302	<i>Olea europaea</i>	40-90	10	2,9	11
9	18/01/2021	Vila Franca de Xira. Póvoa.	50	29SMD9401	<i>Olea europaea</i>	70-150	10	3,0	9
12	18/01/2021	Loures. Santa Iria de Azoia.	130	29SMC9199	<i>Olea europaea</i>	50-100	65	6,5	21
13B	18/01/2021	Loures. Quinta dos Manjões.	130	29SMD9100	<i>Olea europaea</i>	50-120	50	5,8	18
16	16/06/2021	Loures. Pirescoxe.	50	29SMC9299	<i>Olea europaea</i>	30-60	20	2,3	8
20	16/06/2021	Loures. Quinta de Santa Marta.	130	29SMC8298	<i>Quercus faginea</i>	40-100	85	13,2	36
22	16/06/2021	Loures. Encarnação.	70	29SMC8991	<i>Olea europaea</i>	50-90	45	7,5	21
23A	30/06/2021	Vila Franca de Xira. Alverca.	10	29SMD9705	<i>Olea europaea</i>	40-60	20	4,6	13
24	5/07/2021	Vila Franca de Xira. Próximo de S. Romão.	130	29SMD9506	<i>Olea europaea</i>	50-90	60	5,7	19
26	5/07/2021	Loures. Quinta de Valverde.	180	29SMD9107	<i>Olea europaea</i>	40-100	90	9,2	25
28	5/07/2021	Loures. Entre Casinhos e Fanhões.	220	29SMD8603	<i>Olea europaea</i>	50-80	90	10,7	33
29	16/06/2021	Loures. Próximo da Murteira.	140	29SMD8301	<i>Olea europaea</i>	30-40	60	4,6	15
30A	5/07/2021	Loures. Próximo de São Roque.	30	29SMD8600	<i>Olea europaea</i>	40-60	60	4,5	15
31	30/06/2021	Vila Franca de Xira. Próximo de Santa Eulália.	190	29SMD9104	<i>Olea europaea</i>	40-60	60	5,0	16
34A	30/06/2021	Vila Franca de Xira. Alcamé.	2	29SND0206	<i>Olea europaea</i>	40-50	60	3,6	10
35	5/07/2021	Loures. Odivelas, Amoreira.	170	29SMC8395	<i>Olea europaea</i>	30-50	50	6,4	23
36	5/07/2021	Loures. S.to António, dos Cavaleiros.	100	29SMC8595	<i>Olea europaea</i>	40-6	70	5,7	18
37A	5/07/2021	Loures. Loures, próximo da Quinta do Areal.	20	29SMC8698	<i>Olea europaea</i>	40-60	80	6,7	22
39	16/06/2021	Alcochete. Próximo de São Francisco.	20	29SNC0286	<i>Olea europaea</i>	70-100	60	4,3	14
44	16/06/2021	Lisboa. Carnide.	100	29SMC8390	<i>Olea europaea</i>	80-100	90	4,6	13

## **Análise dos Índices de Pureza Atmosférica e da Riqueza Florística em 2021**

Em 2021, efectuou-se novamente o estudo das comunidades epifíticas de forma a avaliar a qualidade ambiental nas 25 estações de monitorização. Nas tabelas 2.2 e 2.3 podem ser consultados os valores da Riqueza Florística e do Índice de Pureza Atmosférica desde 2000 até 2021, e nas figuras 2.3 e 2.4 observa-se a respectiva evolução desses dados. Com estes resultados é ainda possível verificar e comparar a evolução da qualidade ambiental desde 1998 (ano zero, anterior à construção da CTRSU).

### Riqueza Florística

A estação número 20 (Loures, Quinta de Santa Marta) é a estação de monitorização com a RF mais elevada com 36 espécies, como verificado em anos anteriores. A estação com menor RF foi mais uma vez a estação 16, apenas com 8 espécies, 6 líquenes e 2 musgos (*Orthotrichum diaphanum* e *Scorpiurium circinatum*). Na tabela 2.2 podemos observar os valores de Riqueza Florística (RF), não se observou nenhuma alteração relativamente ao ano anterior. A RF manteve-se constante nas 25 estações monitorizadas.

**Tabela 2.2.** Valores de Riqueza Florística (RF), por estação, entre os anos de 2000 e 2021.

RF	Anos																		
Estações	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014	2015	2016	2018	2020	2021
2	23	18	17	18	18	21	21	22	22	22	22								
3	15	12	9	10	11	11	11	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12
4B	8	9	9	9	11	11	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11
5	23	23	25	26	25	25	26	27	26	26	26	28	29	30	31	31	31	31	31
6	29	28	29	30	31	31	31	30	32	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33
7	22	18	19	18	18	18	19	18	20	21	21	21	23	25	26	26	26	26	26
8	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	9	9	9	9	9	11	11	11	11
9	8	6	5	7	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	9	9	9	9	12	12	13	12	12	11	11	11	11	11	11				
12	25	25	21	22	23	23	23	21	21	22	22	22	22	22	21	21	21	21	21
13B	12	11	13	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18	18
14A	5	4	4	4	3	3	5	3	3	3	3	3	3		3				
16	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8
18B	10	11	11	13	13	10	10	9	9	11	12				12				
20	34	35	33	34	34	34	34	34	33	34	34	35	35	35	35	36	36	36	36
22	17	19	17	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21	21	21	21
23A	11	11	10	10	10	12	11	13	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13
24	15	14	15	15	16	16	15	16	15	15	15	17	17	19	19	19	19	19	19
26	25	23	23	23	25	24	24	23	23	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25
28	29	26	26	27	28	28	30	30	32	33	34	34	33	33	33	33	33	33	33
29	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15
30A			14	13	13	13	12	12	12	12	12	13	14	14	14	15	15	15	15
31	15	16	15	15	15	16	15	15	15	17	17	17	16	16	16	16	16	16	16
32	10	10	12	12	12	12	11	12	12	11	11	11	11		11				
33	6	5	6	5	6	6	5	6	5	5	5	5	5		5				
34A			14	14	15	15	14	13	13	13	12	12	11		10	10	10	10	10
35	19	18	18	20	19	20	20	20	20	23	23	23	22	23	23	23	22	22	22
36	17	16	16	19	19	19	17	17	17	17	17	17	18	18	16	18	18	18	18
37A	18	18	17	18	19	20	18	18	18	20	20	20	20	20	21	22	22	22	22
39	13	12	11	12	12	13	12	12	12	12	12	12	14	14	14	14	14	14	14
41	17	15	14	14	16	16	17	17	17	17	17	17	17		17				
42	15	16	16	16	16	16	16	16	16	17	18	18			18				
44	12	12	12	12	12	13	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

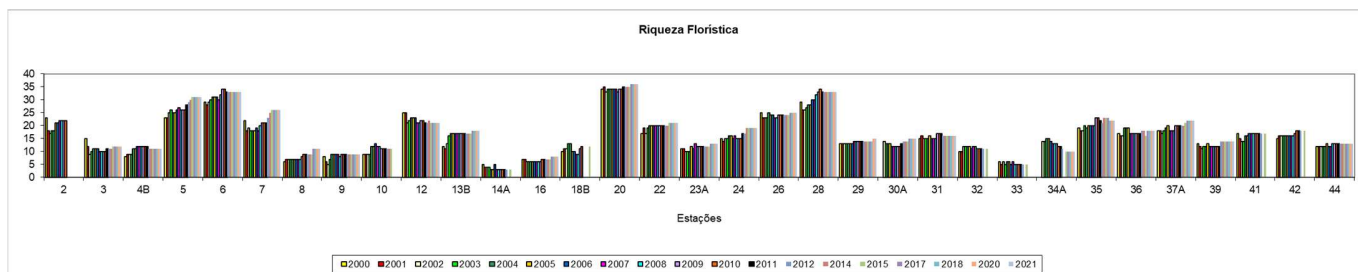
### Índice de Pureza Atmosférica

Os valores do Índice de Pureza Atmosférica foram calculados com base na ocorrência e cobertura de cada *taxa*. Em 2021, o valor de IPA aumentou em 13 estações e nas restantes estações monitorizadas (12) manteve-se constante. Desde 2018 que se tem verificado um aumento nos valores de IPA na região envolvente à Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos (CTRSU) de São João da Talha. A estação 16 é a estação que apresenta o IPA mais baixo com o valor 2,3, sendo também a estação com a menor RF (8), no entanto no presente ano esta estação teve uma subida no valor de IPA. Os IPAs mais elevados continuam a ser o da estação 20 com 13,2, o da estação 6 com 11,0 e a estação 28 com 10,7.

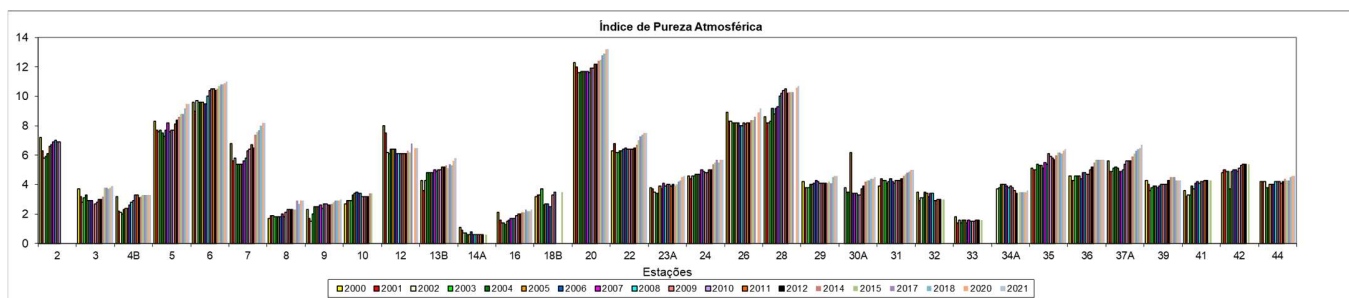
**Tabela 2.3.** Valores do Índice de Pureza Atmosférica (IPA), por estação, entre os anos de 2000 e 2021.

IPA estações	Anos																		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014	2015	2016	2018	2020	2021
2	7,2	6,3	5,8	5,9	6,1	6,6	6,7	6,9	7,0	6,9	6,9								
3	3,7	3,2	2,8	3,1	3,3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,8	3,0	3,0	3,2	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9
4B	3,2	2,2	2,1	2,0	2,3	2,4	2,4	2,6	2,8	2,9	3,3	3,3	3,1	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
5	8,3	7,7	7,6	7,7	7,5	7,3	7,7	8,2	7,6	7,7	7,7	8,1	8,4	8,6	8,8	8,8	9,2	9,5	9,5
6	9,6	9,0	9,7	9,6	9,6	9,6	9,5	9,5	10,0	10,4	10,5	10,5	10,4	10,5	10,7	10,8	10,8	10,9	11
7	6,8	5,6	5,8	5,4	5,4	5,4	5,4	5,6	5,8	6,3	6,4	6,5	6,9	7,4	7,6	7,7	8,0	8,2	8,2
8	1,7	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0	1,8	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,9	2,7	2,9	2,9
9	2,3	1,7	1,5	2,0	2,5	2,5	2,5	2,6	2,4	2,7	2,7	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3
10	2,7	2,9	2,9	2,9	3,3	3,4	3,5	3,4	3,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,4	3,4				
12	8,0	7,5	6,2	6,1	6,4	6,4	6,4	6,1	6,1	6,1	6,2	6,2	6,2	6,3	6,2	6,8	6,3	6,5	6,5
13B	4,3	3,6	4,3	4,8	4,8	4,8	4,8	5,0	4,9	5,0	5,0	5,2	5,2	5,3	5,1	5,4	5,3	5,6	5,8
14A	1,1	0,9	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6				
16	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,3	2,2	2,2	2,3
18B	3,2	3,3	3,3	3,7	2,6	2,7	2,7	2,5	2,5	3,3	3,5				3,5				
20	12,3	12,0	11,6	11,6	11,7	11,7	11,7	11,7	11,6	11,9	11,9	12,2	12,2	12,4	12,5	12,8	12,9	13,2	13,2
22	6,3	6,8	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4	6,4	6,5	6,7	7	7,3	7,4	7,5	7,5
23A	3,8	3,7	3,5	3,4	3,4	3,9	3,7	4,1	3,9	4,0	4,0	3,9	4,0	3,9	4	4,2	4,3	4,5	4,6
24	4,6	4,4	4,6	4,6	4,7	4,7	4,7	5,0	4,9	4,8	4,8	5,0	5,0	5,4	5,5	5,7	5,5	5,7	5,7
26	8,9	8,3	8,3	8,2	8,2	8,2	8,2	8,0	8,0	8,2	8,1	8,2	8,2	8,4	8,4	8,6	8,6	8,9	9,2
28	8,6	8,2	8,2	8,3	9,2	8,8	9,2	9,3	10,0	10,2	10,4	10,5	10,2	10,3	10,3	10,3	10,3	10,6	10,7
29	4,2	3,8	3,8	3,8	4,0	4,0	4,1	4,3	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,1	4,5	4,6	4,6
30A			3,8	3,5	3,5	6,2	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,7	3,9	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5
31	3,9	4,4	4,3	4,3	4,1	4,2	4,4	4,2	4,1	4,3	4,3	4,3	4,4	4,6	4,7	4,8	4,9	5	5
32	3,5	2,9	3,1	3,1	3,5	3,4	3,2	3,4	3,4	2,9	2,9	3,0	3,0		3				
33	1,8	1,4	1,6	1,4	1,6	1,6	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6		1,6				
34A			3,7	3,8	4,0	4,0	4,0	3,9	3,8	3,9	3,8	3,6	3,4		3,5	3,5	3,5	3,5	3,6
35	5,1	5,0	5,0	5,4	5,3	5,3	5,1	5,5	5,4	6,1	5,9	5,9	5,8	6	6,2	6,2	6,1	6,3	6,4
36	4,6	4,3	4,3	4,6	4,6	4,6	4,4	4,8	4,8	4,7	4,7	5,0	5,2	5,5	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
37A	5,6	4,9	4,9	5,1	5,2	5,1	4,9	4,9	5	5,4	5,6	5,6	5,6	5,9	6,1	6,3	6,4	6,5	6,7
39	4,3	4,0	3,6	3,8	3,9	3,9	3,8	3,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,3	4,5	4,5	4,5	4,3	4,3	4,3
41	3,6	3,2	3,3	3,3	3,9	3,7	4,1	4,2	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3		4,3				
42	4,8	5,0	4,9	4,9	3,7	4,9	5,0	5,0	4,9	5,1	5,3	5,4	5,4		5,4				
44	4,2	4,2	4,2	3,8	3,8	4,0	4,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,1	4,2	4,4	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6

Nas figuras 2.3 e 2.4, podemos observar a evolução dos valores absolutos de Riqueza Florística (RF) e do Índice de Pureza Atmosférica (IPA), em cada estação monitorizada, entre os anos de 2000 e 2021.



**Figura 2.3.** Valores absolutos de Riqueza Florística (RF), em cada estação entre 2000 e 2021.



**Figura 2.4.** Valores absolutos do Índice de Pureza Atmosférica (IPA), em cada estação entre 2000 e 2021.

### Análise da zonação de regiões isocontaminadas

A zonação das regiões isocontaminadas na envolvente à CTRSU (Fig. 2.5 e 2.6), baseada nos valores de Riqueza Florística (Tab. 2.2) e nos valores do Índice de Pureza Atmosférica (Tab. 2.3), foi novamente elaborada para o ano de 2021. Tal como em anos anteriores, os valores de RF e IPA mais elevados estão representados a verde, enquanto os valores mais baixos estão representados a castanho, segundo a escala apresentada nas figuras 2.5 e 2.6.

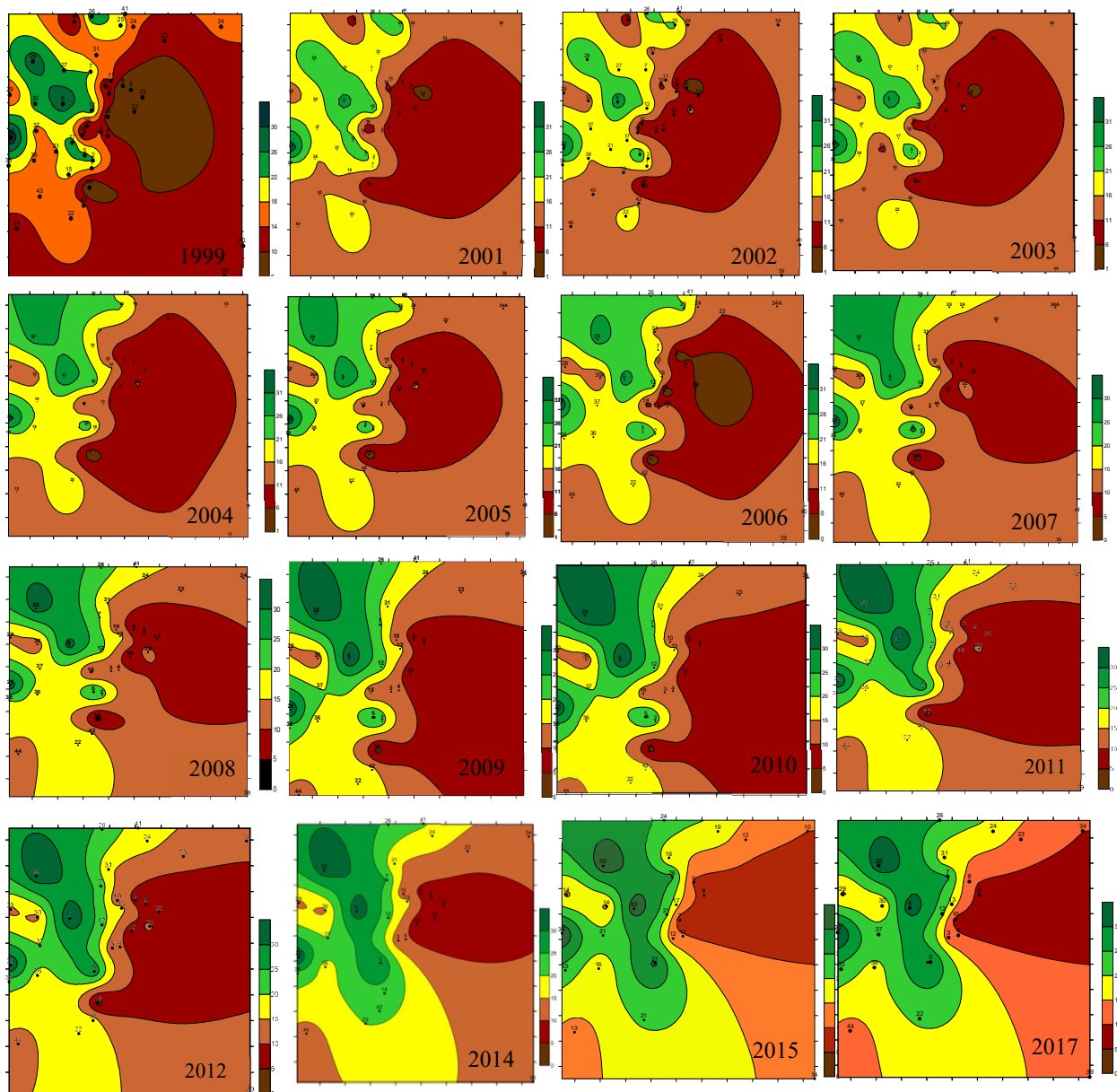
Tem-se verificado pequenas alterações nas diferentes classes isocontaminadas, ao longo dos anos de monitorização, inicialmente devido à redução das estações de amostragem, no entanto, desde 2015 que o número de estações de monitorização se mantém constante. Os valores de RF têm-se mantido constantes na sua generalidade. No entanto os valores de IPA tem vindo a aumentar ou a manterem-se constantes em todas as estações monitorizadas.

Os valores de RF mantiveram-se constantes entre 2017 e 2021, a zonação elaborada (Fig. 2.5) permite constatar esse facto. Os valores de RF mais elevados (verde) estão localizados na zona NW da CTRSU, entre as regiões de Loures e Bucelas (Fig. 2.5).

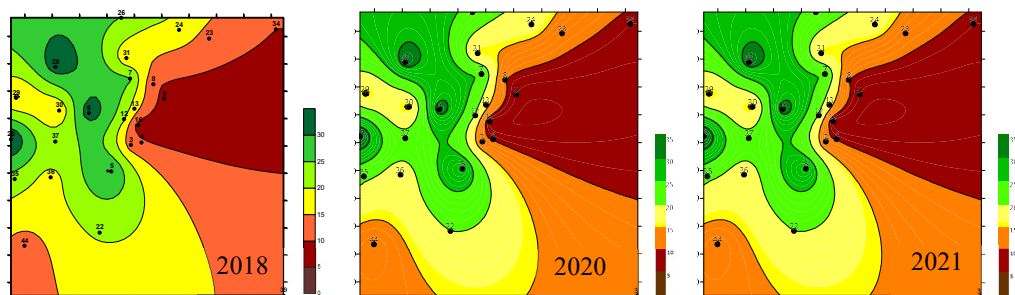
A zonação do IPA baseia-se não apenas na ocorrência de espécies, mas pondera também as respectivas áreas de ocupação de cada *taxon* (cobertura/sociabilidade), sendo por isso mais estável do que a zonação do RF. Na figura 2.6 podemos observar a zonação dos valores de IPA na região envolvente à CTRSU para o ano de 2021. No presente ano, observam-se pequenas oscilações nos valores de IPA, estes valores aumentaram em 13 estações de monitorização, o mapeamento das diferentes classes revelou assim um ligeiro aumento das classes a verde e amarelo que representam os valores de IPA mais elevados. Este é um padrão que temos vindo a observar ao longo dos últimos anos, como podemos verificar na figura 2.6.

As zonas representadas a verde, valores de RF e IPA mais elevados, predominam a NW da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos. Nestas zonas ainda podem ser encontrados locais com vegetação semi-natural (bosques de *Quercus* spp.) de elevada qualidade ambiental, estando estas zonas localizadas fora dos grandes centros industriais, aglomerados urbanos e das principais vias de tráfego.

Na figura 2.5 apresenta-se a evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de RF para cada estação de amostragem entre 1999 e 2020.



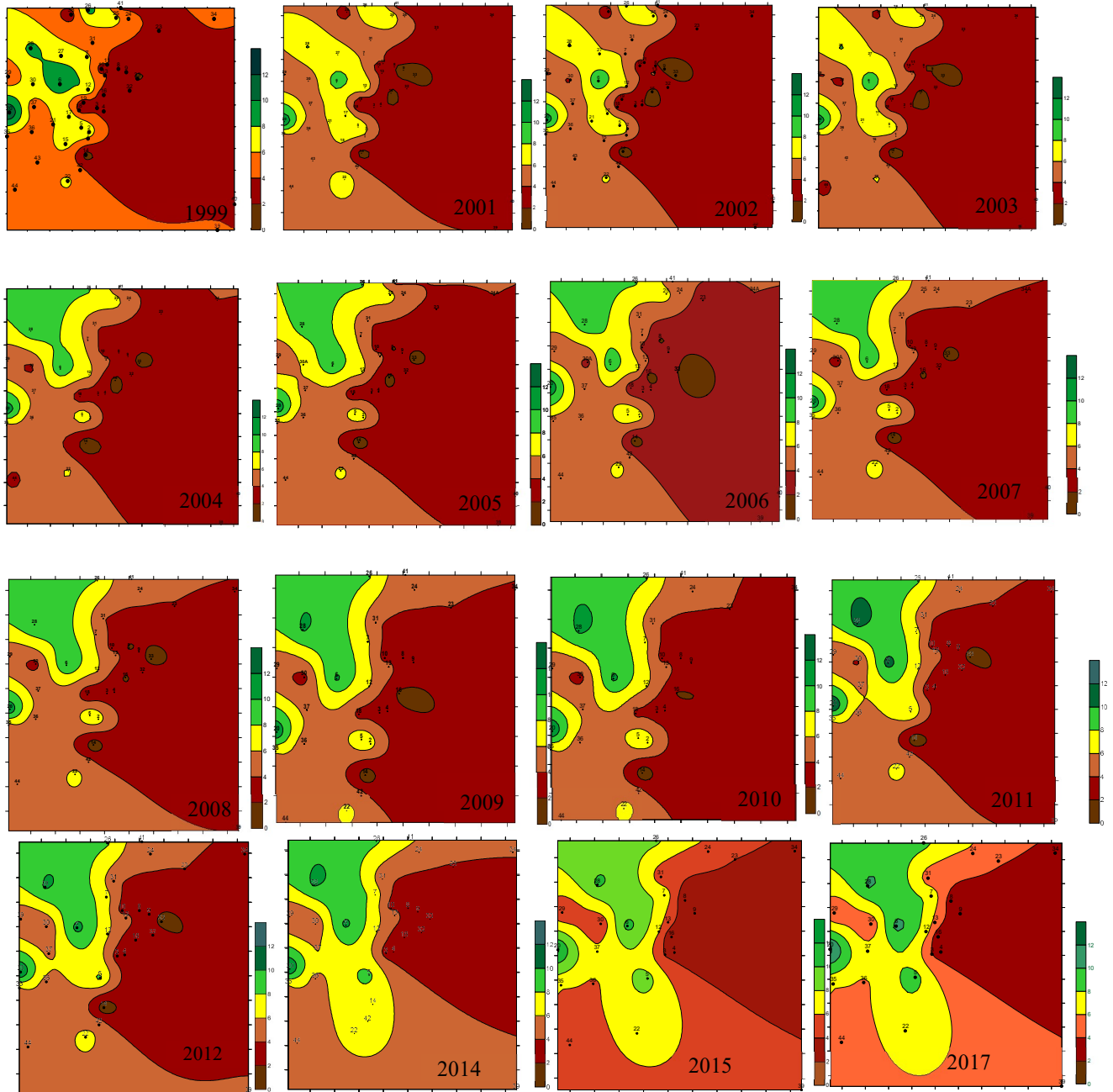
**Figura. 2.5.** Evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de RF para cada estação de amostragem entre 1999 e 2021 (Continua).



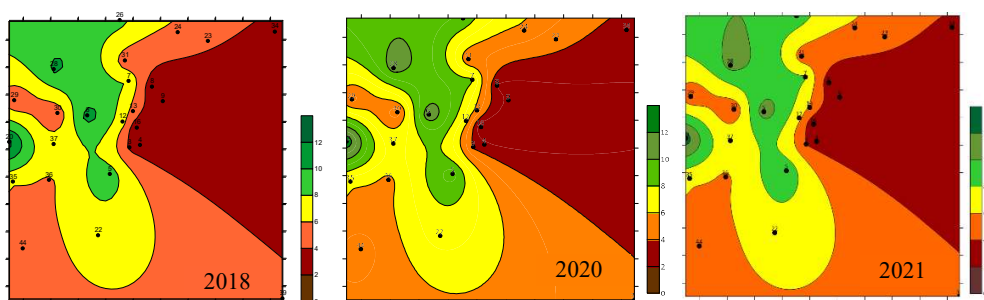
**Figura. 2.5. (Continuação)** Evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de RF para cada estação de amostragem entre 1999 e 2021.



Seguidamente, na figura 2.6 apresenta-se a evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de IPA para cada estação de amostragem entre 1999 e 2021.



**Figura. 2.6. (Continua)** Evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de IPA para cada estação de amostragem entre 1999 e 2021 (Continua).



**Figura. 2.6. (Continuação)** Evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de IPA para cada estação de amostragem entre 1999 e 2021.

### **Análise da ocorrência de grupos funcionais ao longo dos anos de monitorização**

Um grupo funcional é na sua generalidade um conjunto de organismos (sejam espécies, géneros, *taxa* com a mesma forma ou estratégia de vida, etc.) que respondem da mesma forma, ou de forma muito semelhante às diferentes variáveis ambientais num determinado local. Os grupos funcionais definidos com base na forma de vida permitem sintetizar os atributos ecológicos das diferentes espécies, e podem fornecer informações para uma correcta avaliação das respostas ecológicas das comunidades às possíveis alterações ambientais (Baldwin & Bradfield, 2005). Os briófitos e os líquenes são muitas vezes classificados em distintos grupos funcionais.

Os líquenes podem ser classificados, segundo o seu tipo de crescimento em: líquenes que apresentam os talos fruticulosos, líquenes com os talos foliáceos e líquenes com os talos crustáceos. Os briófitos, por seu lado, dividem-se em três grupos: hepáticas, musgos e antocerotas tendo em conta as suas principais características morfológicas.

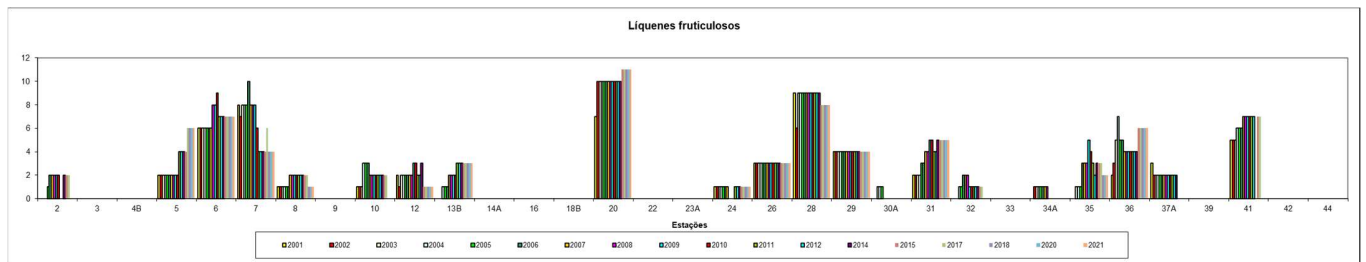
Em 2021, tal como em anos anteriores analisou-se a evolução da cobertura dos diversos grupos funcionais. Foram assim avaliados os líquenes fruticulosos, foliáceos, crustáceos, os musgos, e as hepáticas, bem como algumas espécies de líquenes e briófitos, em particular, por serem consideradas na área de estudo importantes indicadores de qualidade ambiental, eutrofização, entre outros aspetos importantes para os objetivos do trabalho de monitorização na região envolvente à CTRSU.

#### Líquenes fruticulosos

Os líquenes fruticulosos segundo diversos autores em diferentes países são os primeiros a revelar os indícios de perturbação ambiental, nomeadamente na redução da sua cobertura, frequência e até mesmo fertilidade, podendo este grupo de organismos desaparecer quando as alterações ambientais se modificam (Basel, 1985; Carvalho *et al.*, 2002).

Este grupo funcional apresenta um conjunto de espécies bastante sensíveis às alterações ambientais, daí a vantagem destes organismos para a monitorização dos ecossistemas terrestres na zona circundante à CTRSU de São João da Talha, uma região que apresenta alta densidade populacional, tráfego e actividade industrial. Na figura. 2.7 podemos verificar a ausência deste

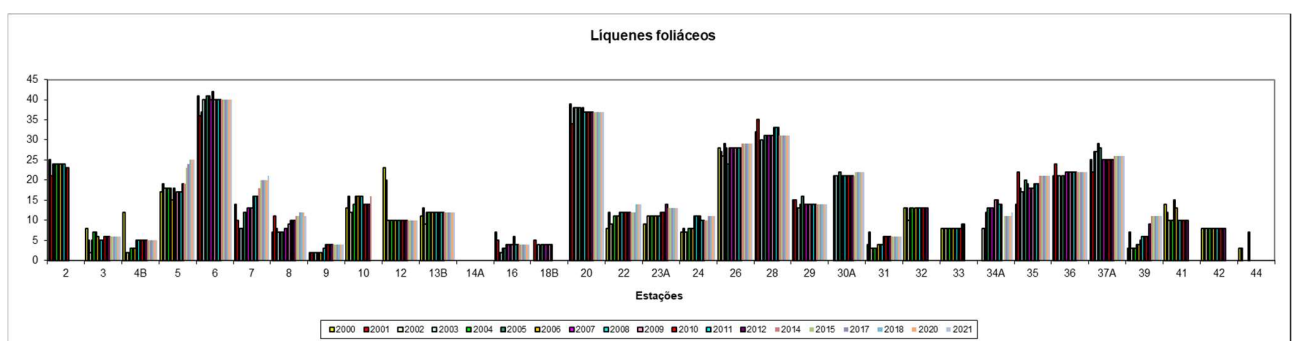
grupo funcional na maioria das estações de monitorização. Comparativamente ao ano anterior a cobertura destes líquenes manteve-se constante nas estações em que ocorrem. Como observado em anos anteriores, os líquenes fruticulosos ocorrem nas estações com maior número de espécies (RF) e com os valores de IPA mais elevados. Este grupo funcional apresenta coberturas mais elevadas nas estações 20 e 28.



**Figura 2.7.** Evolução da cobertura de líquenes fruticulosos entre 2000 e 2021.

### Líquenes foliáceos

Os líquenes foliáceos são considerados medianamente sensíveis às condições ambientais, em especial diversas espécies dos géneros *Parmelia* e *Nephroma*. Em 2021, este grupo funcional foi mais uma vez monitorizado. Na figura 2.8 podemos observar que estes organismos estão presentes na maioria das estações analisadas. Em 2021 verificou-se um aumento das coberturas destas espécies na estação 34, mantendo-se constantes nas restantes estações onde ocorrem. Assim, as estações 6 e 20 apresentam a cobertura mais elevada de líquenes foliáceos, tal como se verificou para os líquenes fruticulosos.

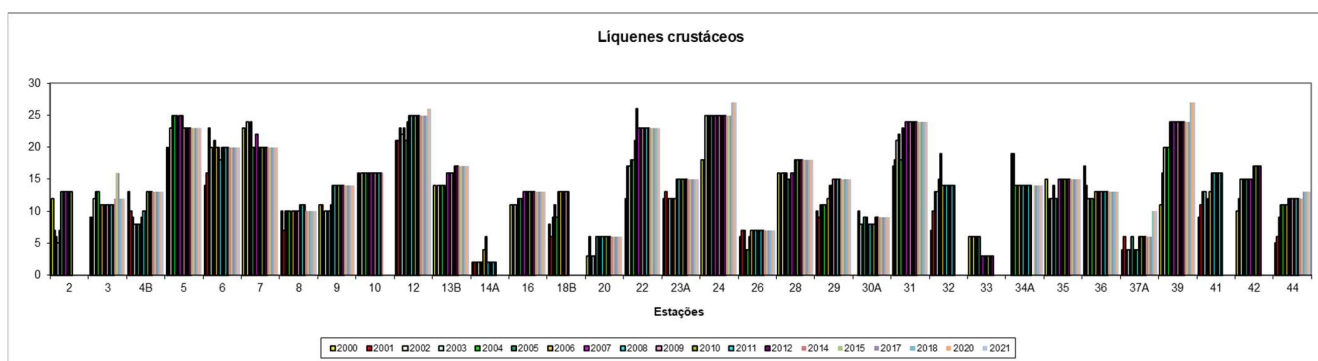


**Figura 2.8.** Evolução da cobertura de Líquenes Foliáceos entre 2000 e 2021.

### Líquenes crustáceos

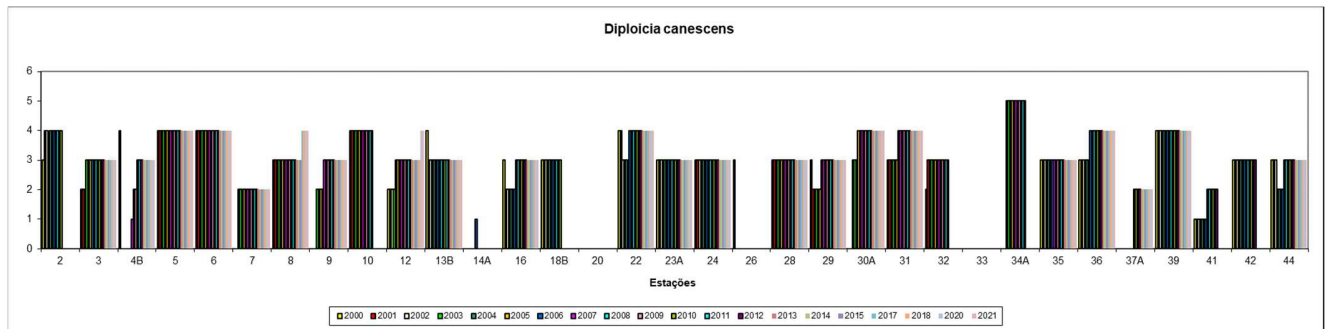
Os líquenes crustáceos devido às suas características biológicas bastante particulares, na sua generalidade (mas com exceções) apresentam uma elevada tolerância à poluição atmosférica. São consideradas espécies pioneiras pois são os primeiros a ocupar um dado habitat, neste caso, o ritidoma de *Olea europaea*. Tendem a apresentar uma elevada cobertura e frequência nos locais mais perturbados e poluídos, por falta de competição com outras formas de vida menos resistentes. Como já foi mencionado, os líquenes que pertencem a este grupo funcional são muito resistentes a alterações ambientais, como seria de esperar podem ser observados em todas as estações de monitorização da área de estudo (Fig. 2.9). Pode-se ainda analisar na figura 2.9 a evolução da cobertura deste grupo funcional desde o ano 2000, onde se tem verificado algumas oscilações ao longo dos anos.

Comparativamente ao ano anterior, a cobertura destes líquenes manteve-se constante nas estações em que ocorrem, não apresentando as populações qualquer indício de um problema derivado de uma eventual alteração significativa da qualidade ambiental nessas estações de amostragem.



**Figura 2.9.** Evolução da cobertura de líquenes crustáceos entre 2000 e 2021.

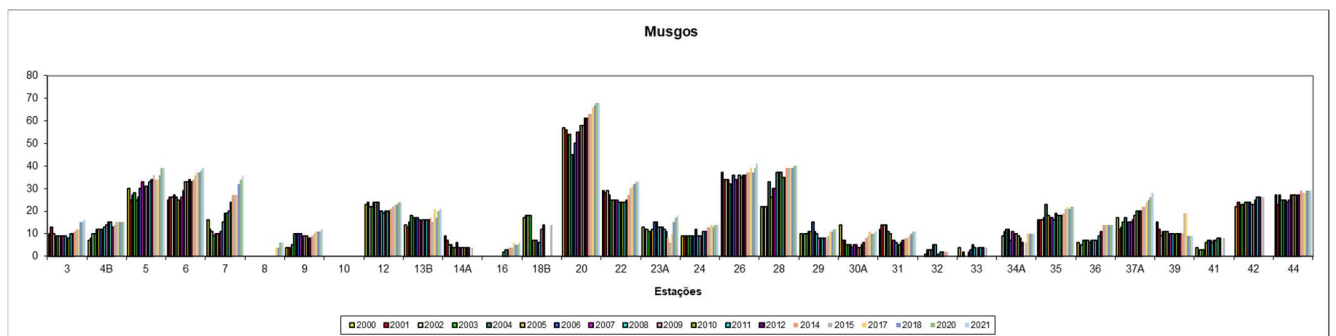
Adicionalmente, tem-se analisado igualmente desde 2000 a evolução da cobertura do líquene crustáceo *Diploicia canescens* (Dickson) Massal, o qual é característico de locais intervencionados. Na figura 2.10 podemos verificar que, comparativamente ao ano anterior (2020), não se verificou nenhuma alteração na evolução da sua cobertura. As populações mantêm-se estáveis em todas as estações monitorizadas.



**Figura 2.10.** Evolução da cobertura de *Diploicia canescens* (Dickson) Massal entre 2000 e 2021.

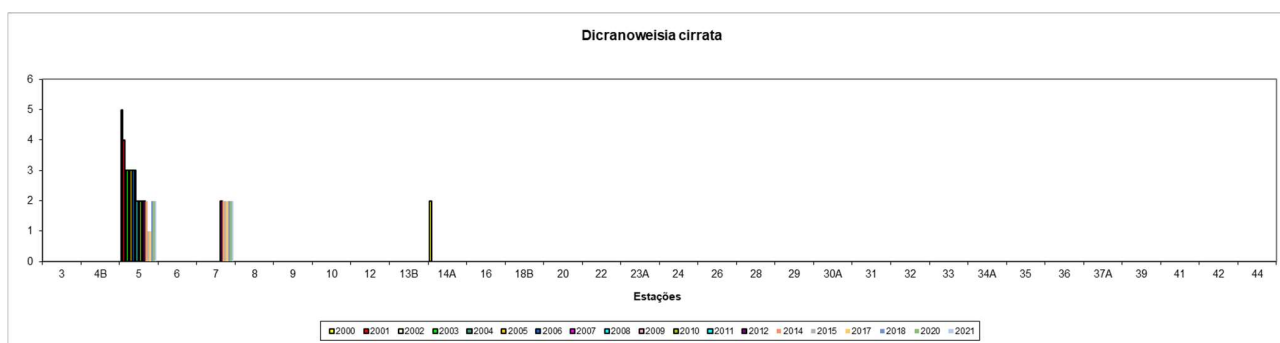
### Musgos

A cobertura deste grupo funcional (musgos), foi novamente analisada em 2021. Tal como ao longo dos anos de monitorização, pela análise da cobertura dos diferentes *taxa* deste grupo, em 2021, verificaram-se alterações face ao período anterior (Fig. 2.11). No presente ano, verificou-se pequenos aumentos na cobertura total dos musgos em 13 estações de monitorização, 3, 6, 7, 9, 13B, 16, 23A, 26, 28, 30, 34, 35, 37A, mantendo-se constante nas restantes estações: 4, 8, 12, 20, 22, 24, 29, 31, 36, 39 e 44. Tal como no ano anterior, muitos *taxa* tais como *Dialytrichia mucronata*, *Homalothecium sericeum*, *Zygodon rupestris*, *Scorpiurium circinatum*, *Scorpiurium sendtneri*, *Leucodon sciuroides* e *Nogopterium gracile*, revelaram populações em excelente estado de desenvolvimento, com uma dinâmica natural elevada, apresentando-se muitas vezes férteis.



**Figura 2.11.** Evolução da cobertura de Musgos entre 2000 e 2021.

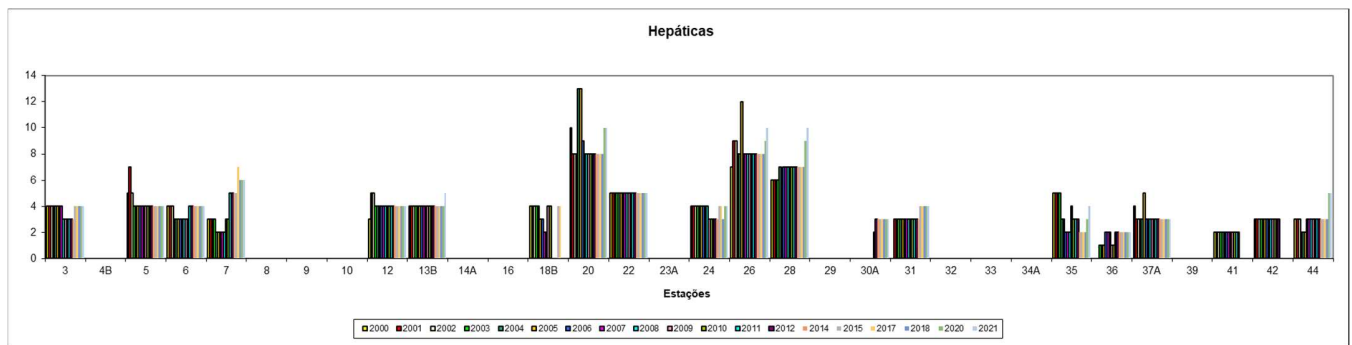
Como também se verificou em 2020, destaca-se o musgo *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. ex Milde (Fig. 2.12) por se considerar um *taxon* em expansão em toda a Europa. Em 2020, a espécie encontra-se mais uma vez estável, nas duas estações onde tem vindo a ser detectada ao longo dos anos de monitorização. A ocorrência desta espécie, indica alguma eutrofização do substrato, sendo uma planta moderadamente sensível à poluição atmosférica. Esta espécie de musgo apresenta a particularidade de preferir ritidomas de forófitos que se encontrem isoladas de áreas urbanas, mas necessitando de um ambiente com humidade.



**Figura 2.12.** Evolução da cobertura de *Dicranoweisia cirrata* entre 2000 e 2021

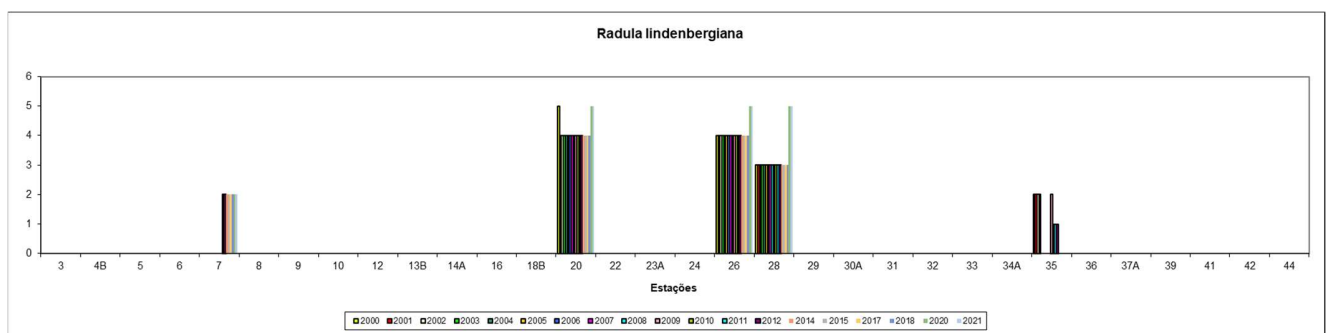
### Hepáticas

As hepáticas são um grupo funcional que tem sido monitorizado ao longo dos anos devido à sua sensibilidade elevada às alterações ambientais, como as alterações de luminosidade, temperatura, humidade e também modificações da qualidade do ar, mesmo que pequenas. Com a mínima perturbação a cobertura da maioria das espécies deste grupo diminui drasticamente, podendo desaparecer. Analisando a figura 2.13 e comparativamente a 2020 verificaram-se pequenos aumentos na cobertura de hepáticas em 4 estações, 13B, 26, 28 e 35.



**Figura 2.13.** Evolução da cobertura de Hepáticas entre 2000 e 2021.

A evolução da cobertura da hepática *Radula lindenbergiana* foi novamente analisada nas estações de monitorização. Esta espécie pertencente a grupo funcional (hepática) foi seleccionada ao longo dos anos de monitorização por ser considerada uma espécie bastante sensível à poluição atmosférica. A cobertura total desta espécie desde 2020 até 2021 pode ser observada na figura 2.14. Comparativamente a 2021, a cobertura desta hepática manteve-se constante em todas as estações de monitorização onde ocorre. Tal como no ano anterior a espécie encontra-se num bom estado vegetativo na área de estudo, apresentando-se fértil indicando que se está a reproduzir sexuadamente, como é o caso na estação 26, ou então com gemas (reprodução assexuada).



**Figura 2.14.** Evolução da cobertura de *Radula lindenbergiana* Gott. Ex C. Hartm. entre 2000 e 2021.



## **Zonas de qualidade ambiental da região envolvente à CTRSU**

### **Análise da qualidade ambiental**

A metodologia utilizada permitiu a classificação das estações monitorizadas em 2021 de acordo com a sua qualidade ambiental (Tab. 2.4). A classificação tem sido apresentada em três classes (fraca, intermédia e boa) com base no valor do Índice de Pureza Atmosférica de cada estação. Como nos anos anteriores, as zonas com IPA inferior ou igual a 4 apresentam uma qualidade ambiental considerada fraca; entre 4 e 8, a qualidade ambiental é considerada intermédia; e, por fim, a qualidade ambiental pode ser considerada boa nas estações de monitorização em que o IPA é igual ou superior a 8. Para esta classificação utilizaram-se os valores de IPA uma vez que estes contabilizam além da presença, também a cobertura das espécies. Apesar do aumento ligeiro dos valores de IPA verificados em 2021 e 2021, não se verificaram alterações nas zonas de qualidade ambiental da área de estudo comparativamente aos anos anteriores.

**Tabela 2.4.** Zonas de qualidade ambiental da área em estudo para 2021.

Zonas de qualidade do ar	Fraca IPA ≤ 4	Intermédia 4 < IPA < 8	Boa IPA ≥ 8
Estações de amostragem	3; 4B; 8; 9; 16; 34A	12; 13B; 22; 23A; 24; 29; 30A; 31; 35; 36; 37A; 39; 44	5; 6; 7; 20; 26; 28
Espécies dominantes	- <i>Orthotrichum diaphanum</i> - <i>Syntrichia laevipila</i> (com gemas) - <i>Diploicia canescens</i> - <i>Lecanora</i> sp. - <i>Physcia tenella</i> - <i>Xanthoria parietina</i> - <i>Schismatomma decolorans</i>	- <i>Homalothecium sericeum</i> (estéril) - <i>Nogopterium gracile</i> (estéril) - <i>Zygodon rupestris</i> - <i>Frullania dilatata</i> - <i>Candelariella xanthostigma</i> - <i>Hyperphyscia adglutinata</i> - <i>Hypocenomyce stoechadiana</i> - <i>Flavoparmelia caperata</i> - <i>Parmotrema reticulatum</i> - <i>Pertusaria</i> sp. - <i>Physcia adscendens</i>	- <i>Cryphaea heteromalla</i> - <i>Homalothecium sericeum</i> (fértil) - <i>Leptodon smithii</i> - <i>Leucodon sciuroides</i> - <i>Nogopterium gracile</i> (fértil) - <i>Radula lindenbergiana</i> - <i>Parmelia</i> spp. - <i>Ramalina</i> spp.

### Qualidade ambiental fraca

As estações de monitorização 3, 4B, 8, 9, 10, 16, e 34A estão classificadas como apresentando uma qualidade ambiental fraca, pois apresentam os valores do Índice de Pureza Atmosférica inferiores ou iguais a 4, e os valores mais baixos no número de espécies e respectivas coberturas, tal como em 2021.

Esta classe está associada a locais com elevada intervenção humana, como zonas residenciais com muito tráfego ou mesmo zonas industriais. Em relação ao ano anterior, salienta-se um ligeiro aumento do valor de IPA em 4 (3, 9, 16 e 34A) das 6 estações. Nas estações incluídas nesta classe, tal como em anos anteriores apenas foram identificadas espécies resistentes à poluição, como é o caso da maioria dos líquenes crustáceos como são o exemplo de *Diploicia canescens* e *Lecanora* sp, e *Schismatoma decolorans* e de alguns líquenes fruticulosos tais como *Physcia tenella* e *Xanthoria parietina*. Relativamente aos musgos, podem ser observadas algumas espécies como são o exemplo de *Orthotrichum diaphanum* e *Syntrichia laevipila* (com reprodução assexuada). Ambas as espécies são tolerantes a níveis de SO<sub>2</sub> elevados, no entanto, parecem não resistir a valores superiores a 125 µg/m<sup>3</sup> (Sérgio & Sim-Sim, 1985) e são as mais comuns nos ritidomas das árvores de grandes zonas urbanas. Os *taxa* referidos anteriormente também se podem desenvolver-se em locais pouco poluídos, sendo, no entanto menos

frequentes e apresentam menor cobertura devido à competição pelo espaço com outras espécies consideradas mais sensíveis.

### Qualidade ambiental intermédia

Como se tem verificado em anos anteriores, esta é a classe com um número mais elevado de estações, nela encontramos as espécies que são consideradas moderadamente resistentes à poluição ambiental. As estações 12, 13B, 22, 23A, 24, 29, 30A, 31, 35, 36, 37A, 39 e 44 foram classificadas como apresentando uma qualidade ambiental intermédia devido aos valores do Índice de Pureza Atmosférica (entre 4 e 8), tal como se verificou em 2020. Das 13 estações presentes nesta classe ocorreu um aumento do valor de IPA em 5 estações, 13B, 23A, 30A, 35 e 37A.

A maioria dos líquenes crustáceos podem ser observados nesta classe, como por exemplo, *Candelariella xanthostigma*, *Hypocenomyce stoehadiana* e *Parmotrema reticulatum*, os líquenes foliáceos como *Hyperphyscia adglutinata*, *Flavoparmelia caperata*, *Parmotrema reticulatum* e *Physcia adscendens* e ainda outros líquenes fruticulosos como algumas espécies do género *Ramalina*, no entanto, sem apresentarem estruturas reprodutoras sexuadas. Os musgos *Homalothecium sericeum*, *Nogopterium gracile* e *Zygodon rupestris* são também ainda representativos nesta classe, encontrando-se na sua maioria estéreis, isto é, sem sedas e cápsulas, indicando que a reprodução é apenas de forma assexuada.

### Qualidade ambiental boa

Nesta classe encontram-se as estações com o Índice de Pureza Atmosférica mais elevado, e onde ocorrem as espécies mais sensíveis à poluição atmosférica e a outras alterações da qualidade ambiental. Estas espécies apresentam habitualmente uma elevada cobertura (em locais de boa qualidade ambiental) e diferenciam estruturas reprodutoras sexuadas. Foram classificadas nesta classe as estações 5, 6, 7, 20, 26 e 28, apresentando IPA igual ou superior a 8. Comparativamente ao ano anterior, verificou-se um aumento dos valores de IPA em quatro (6, 7, 26 e 28) estações desta classe, o que é indicador de uma melhoria da qualidade ambiental na área de estudo. Nesta classe podemos encontrar a hepática *Radula lindenbergiana*, em bom estado vegetativo e por vezes fértil. Diversas espécies de musgos como: *Cryphaea heteromalla*

(*taxon* indicador do início da sucessão ecológica), *Homalothecium sericeum*, *Leptodon smithii*, *Leucodon sciuroides* e *Nogopterium gracile*, na sua maioria apresentando reprodução sexuada, isto é, com esporófitos. Nos líquenes podemos observar diversas espécies foliáceas e fruticulosas como *Parmelia* spp. e *Ramalina* spp., em bom estado vegetativo e com elevadas coberturas.

### 2.3. Considerações finais

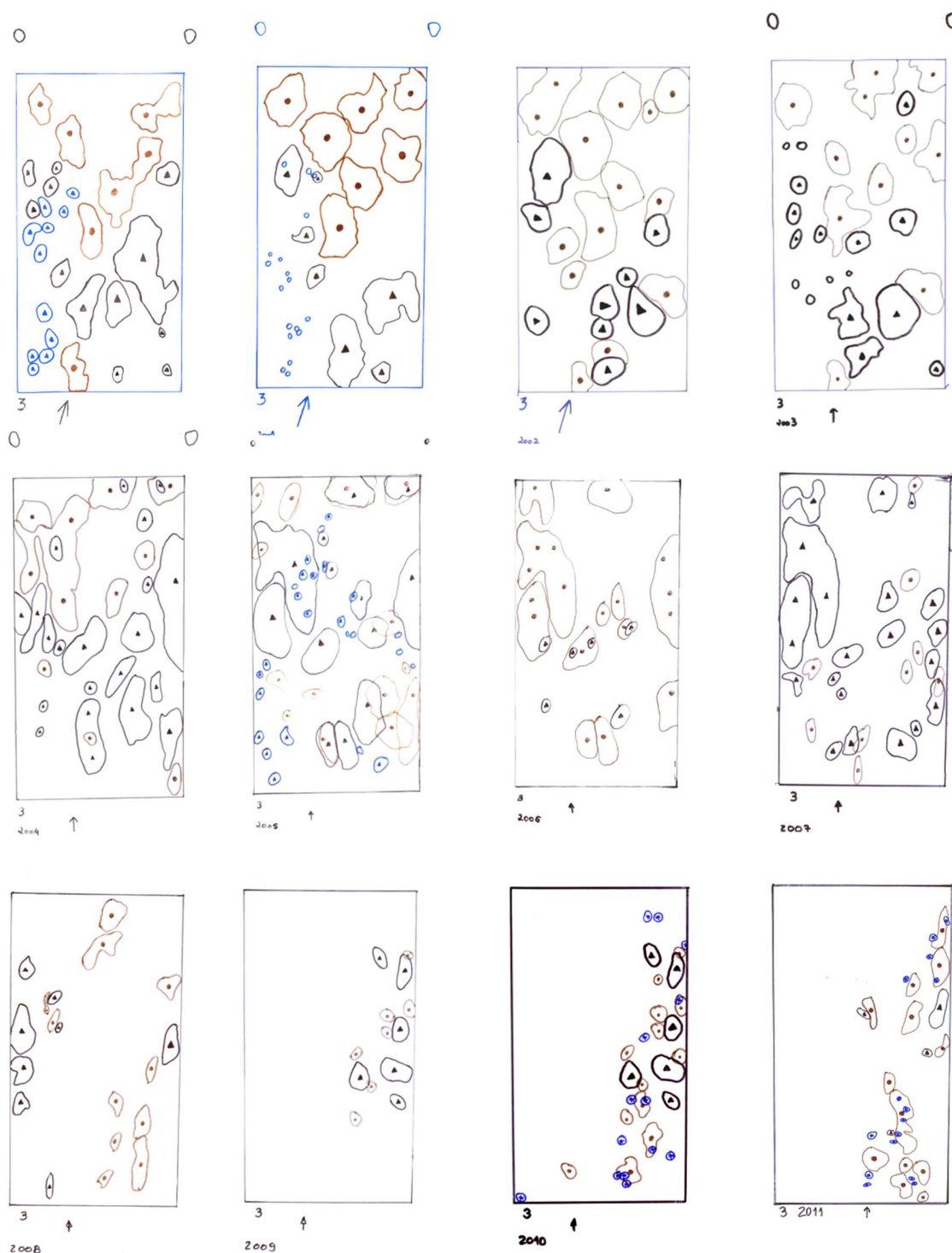
Em 2021, elaborou-se novamente o estudo das comunidades de briófitos e líquenes na envolvente à CTRSU de São João da Talha, apesar de não terem sido detectadas alterações nos valores de RF (Riqueza Florística), os valores de IPA (Índice de Pureza Atmosférica) revelaram pequenas oscilações. A RF manteve-se constante nas 25 estações monitorizadas. O IPA, manteve-se constante em 12 estações, subindo em 13. Salienta-se que este é o segundo ano consecutivo sem nenhuma descida no valor de IPA. Embora os valores de IPA tenham subido em 13 estações, o que pode ser um indicador de uma melhoria das condições ambientais na região, não foram detectadas variações em relação a anos anteriores, nas 3 classes de qualidade ambiental (Fraca,  $IPA \leq 4$ ; Intermédia,  $4 < IPA < 8$ ; ou Boa,  $IPA \geq 8$ ).

Assim como em 2020, no mapeamento dos valores de IPA (Fig. 2.6), as regiões a verde com valores mais elevados (boa qualidade ambiental), encontram-se a NW da CTRSU nas regiões de Loures e Bucelas, distante de indústrias, aglomerados urbanos e das principais vias de tráfego, e onde ainda podem ser encontrados núcleos com vegetação semi-natural, como é o exemplo da estação 20 (estação controle). Na totalidade das estações monitorizadas verificou-se um aumento na cobertura de 12 espécies, 11 briófitos (*Cryphaea heteromalla*, *Fabronia pusilla*, *Frullania dilatata*, *Homalothecium sericeum*, *Leptodon smithii*, *Leucodon sciuroides*, *Nogopterium gracile*, *Orthotrichum diaphanum*, *Scorpiurium circinatum*, *Syntrichia laevipila*, *Zygodon rupestres*) e um líquene (*Flavoparmelia carperata*). Salientamos o aumento da cobertura na estação 26 do musgo *Leptodon smithii*, do musgo *Leucodon sciuroides* na estação 37 e do musgo *Nogopterium gracile* na estação 13B, espécies presentes em ambientes bastante puros e indicadoras de continuidade ecológica.

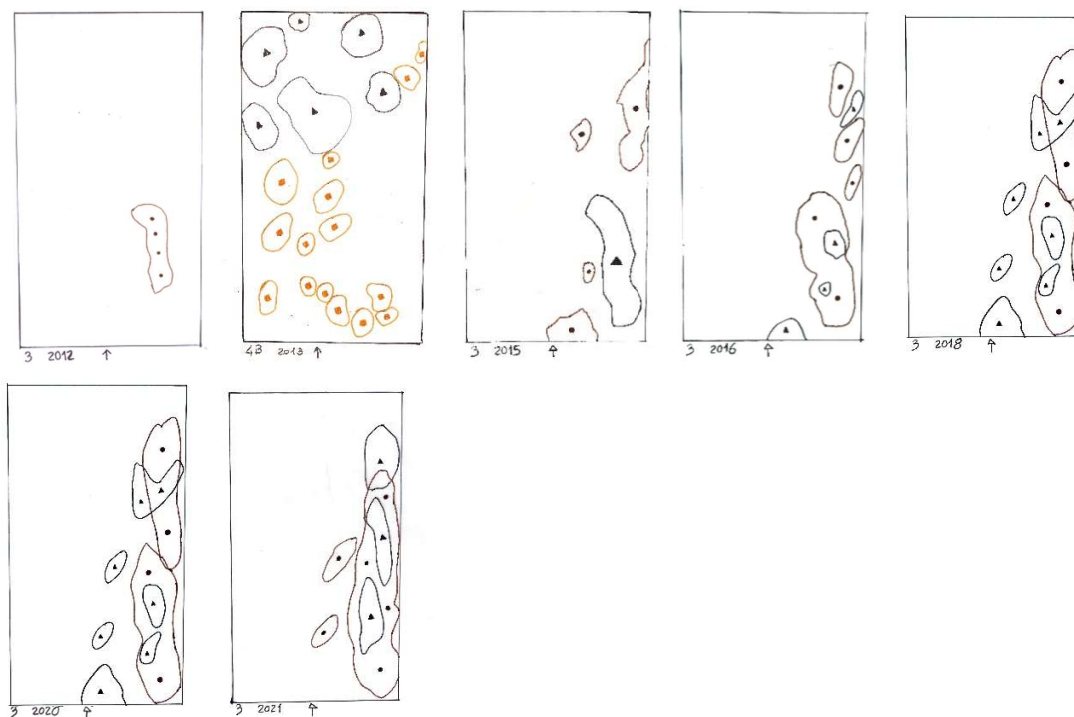
Devido às suas características e estratégias de vida, estes organismos são extremamente dependentes da atmosfera, sendo diferencialmente sensíveis aos poluentes, são assim uma ferramenta de monitorização eficaz.

### **Digitalização da área marcada em cada estação de monitorização na área de estudo**

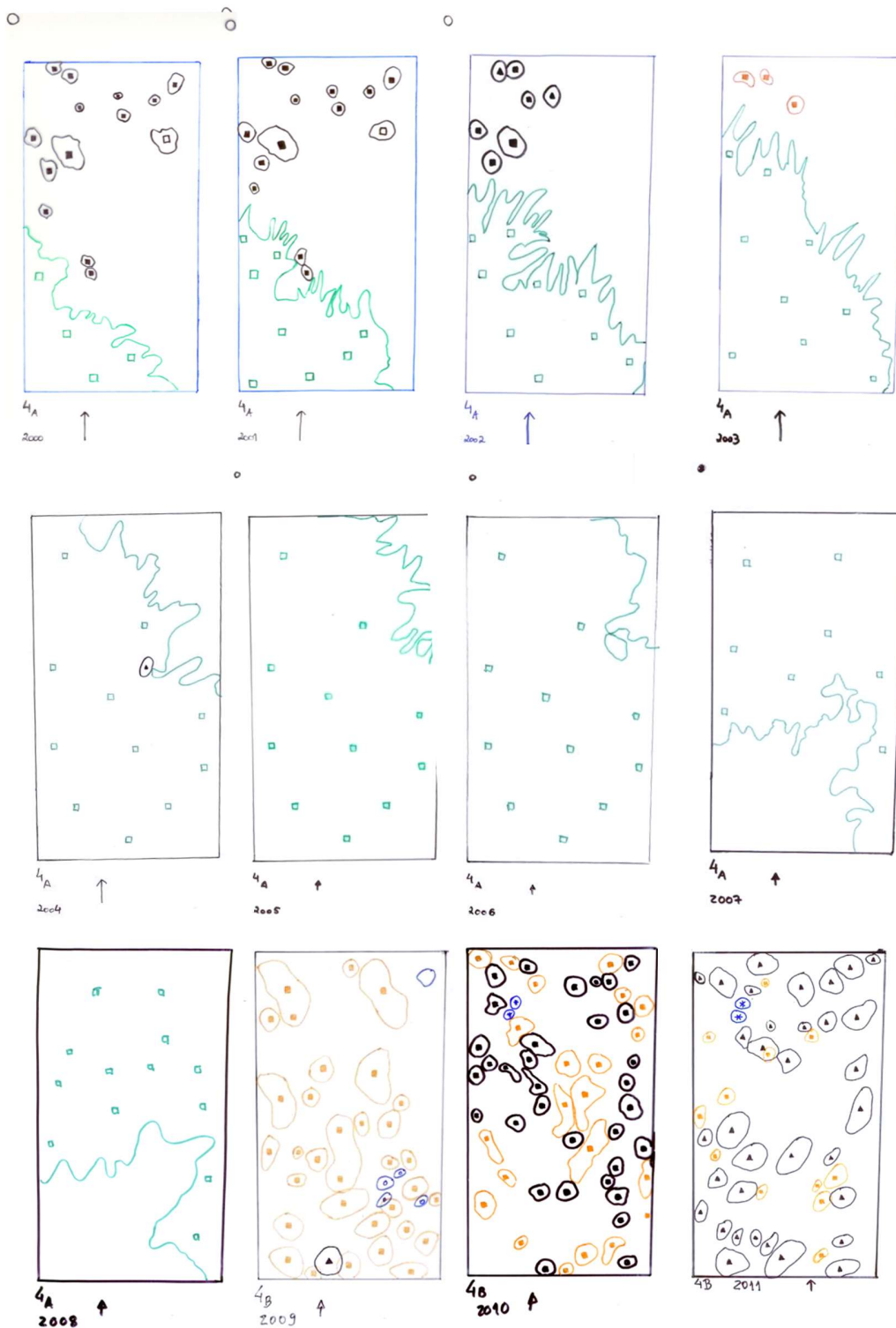
Nas figuras 2.15 a 2.39 apresenta-se para cada uma das 25 estações monitorizadas a digitalização da área marcada (220 cm<sup>2</sup>), entre os anos de 2000 até 2021, em que foi possível identificar a área ocupada por cada colónia de briófito ou líquene. Esta metodologia tem possibilitado acompanhar a dinâmica da flora criptogâmica ao longo do tempo, monitorizar talo a talo e detetar facilmente possíveis alterações.

**Levantamento 3**

**Figura 2.15.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 3, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).

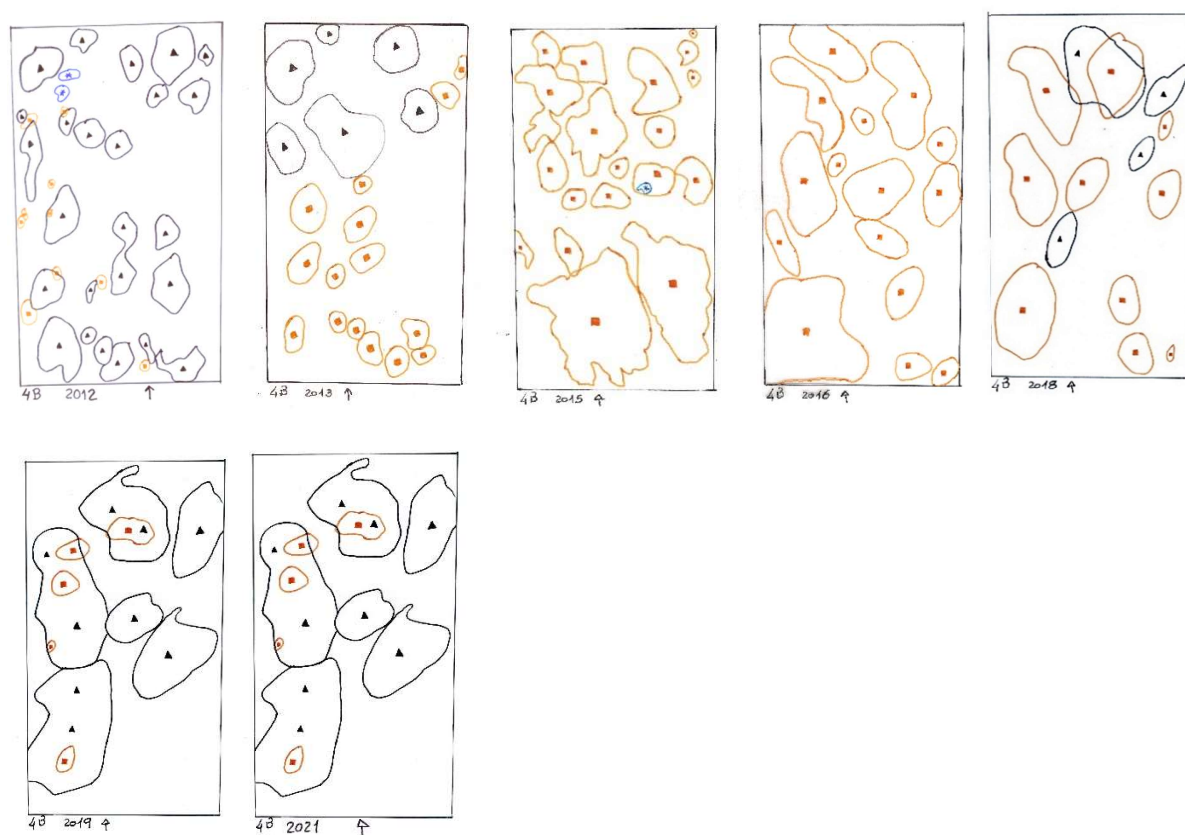


**Figura 2.15.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 3, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

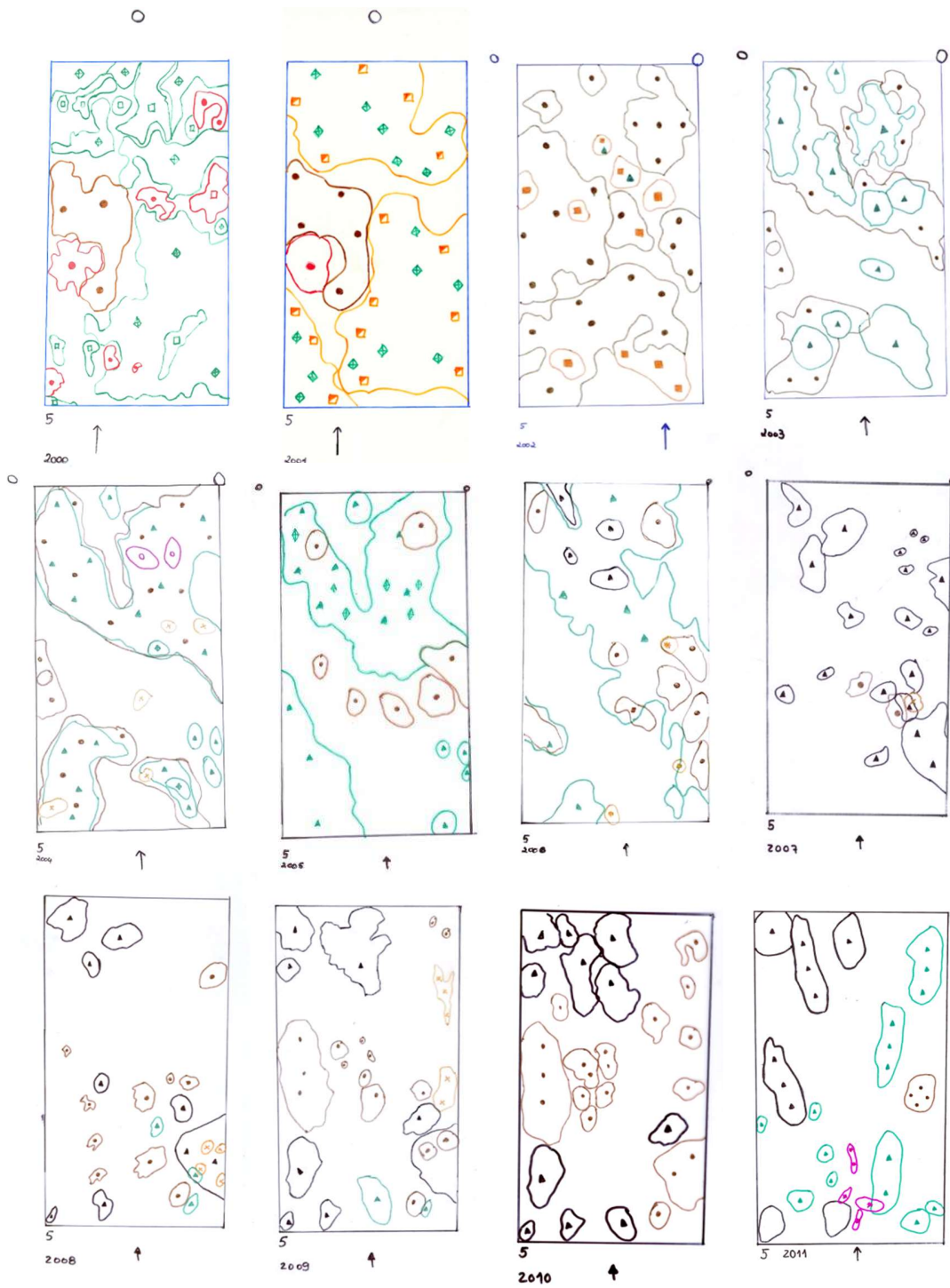
**Levantamento 4, 4A e 4B**

**Figura 2.16.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 4, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).

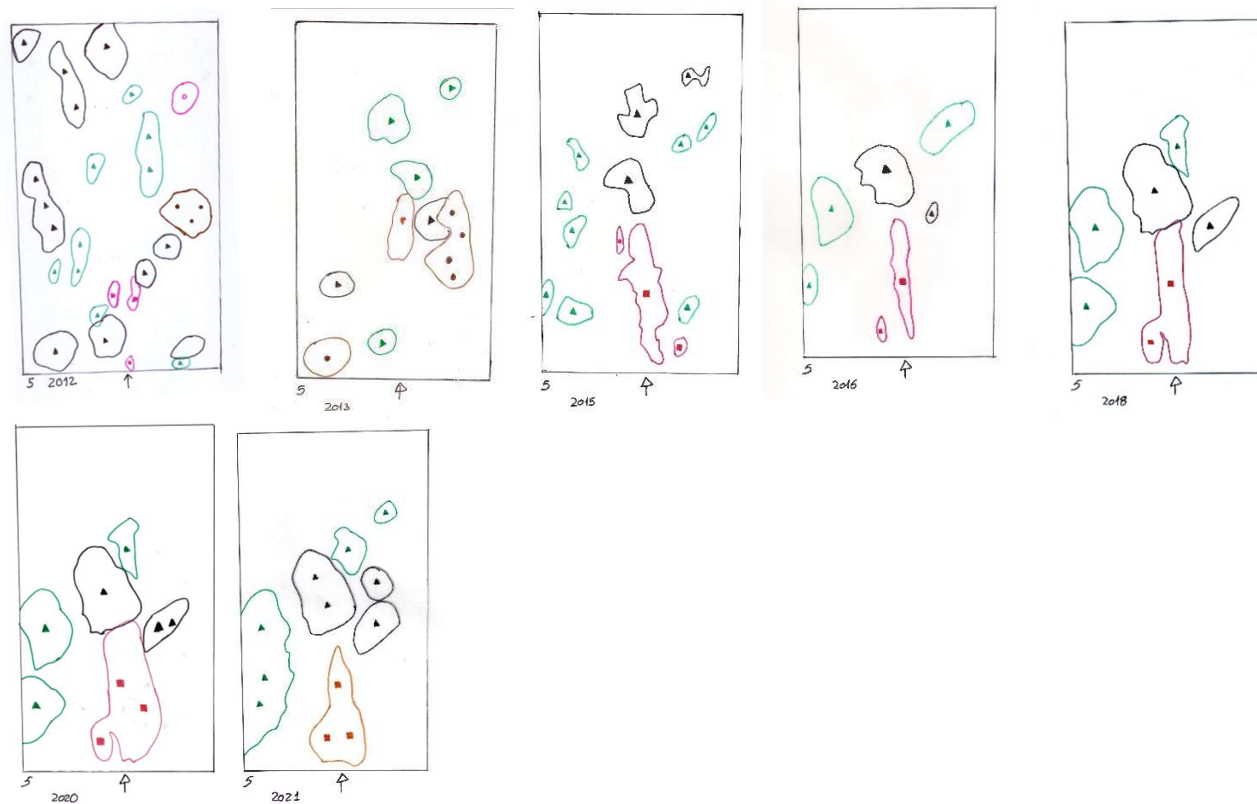




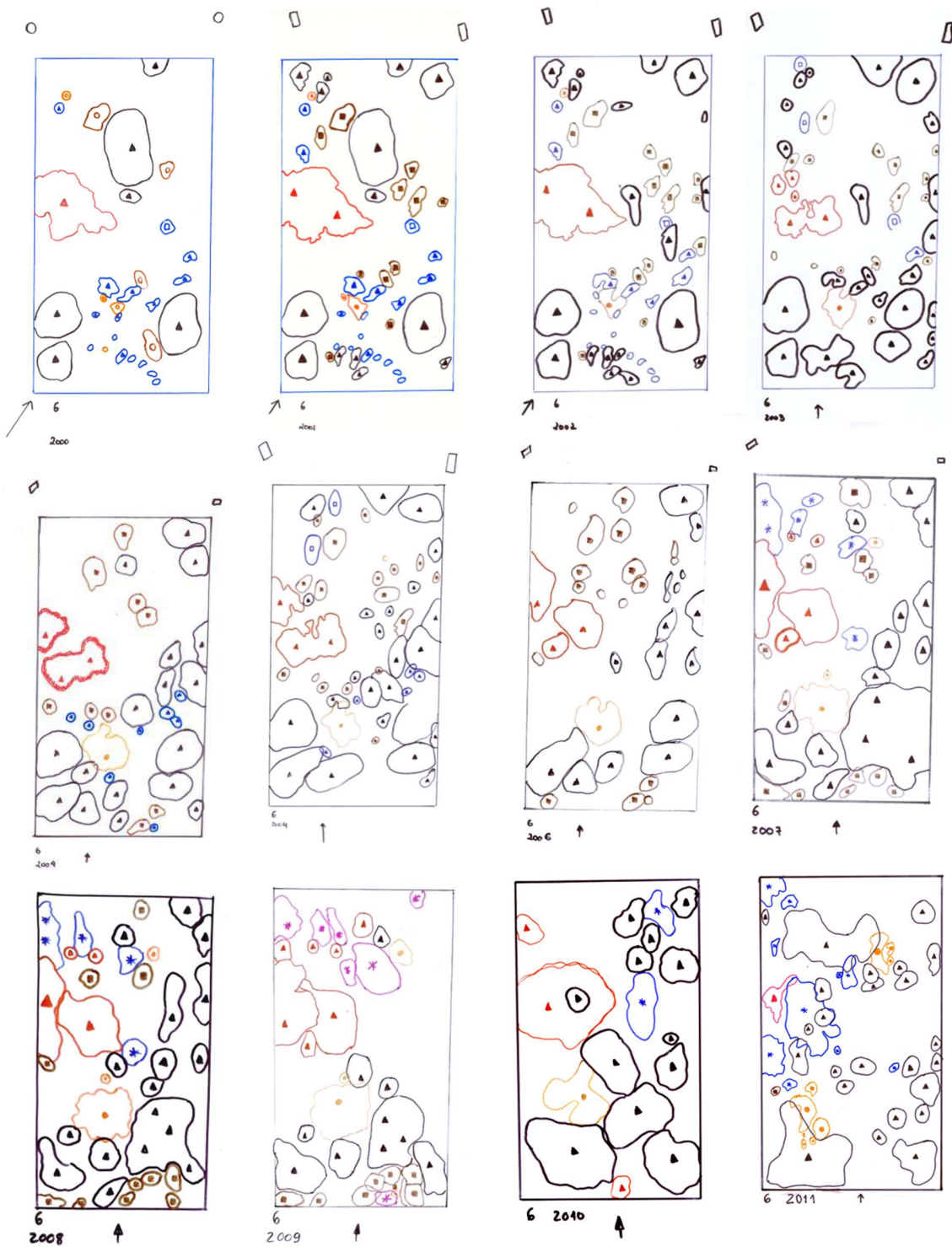
**Figura 2.16 (Continuação).** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 4, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamento 5**

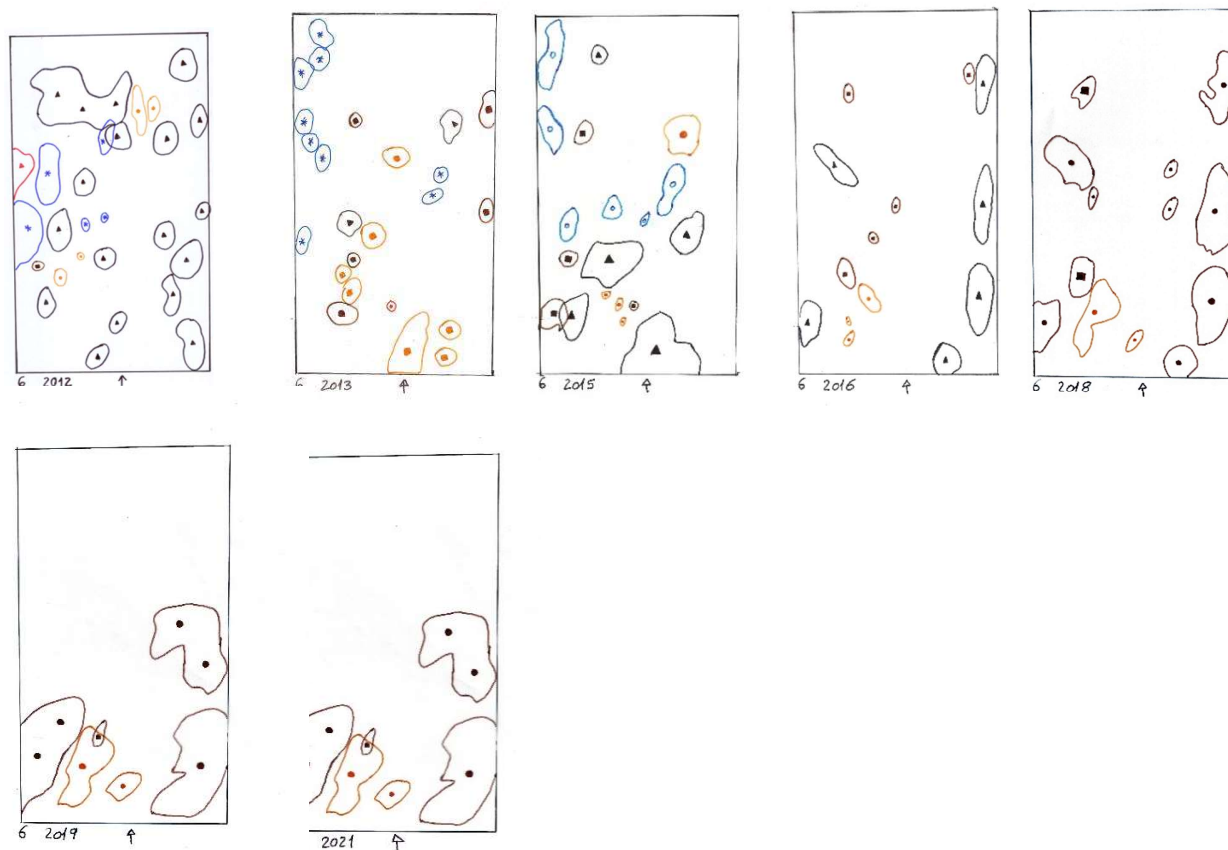
**Figura 2.17.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 5, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



**Figura 2.17.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 5, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamento 6**

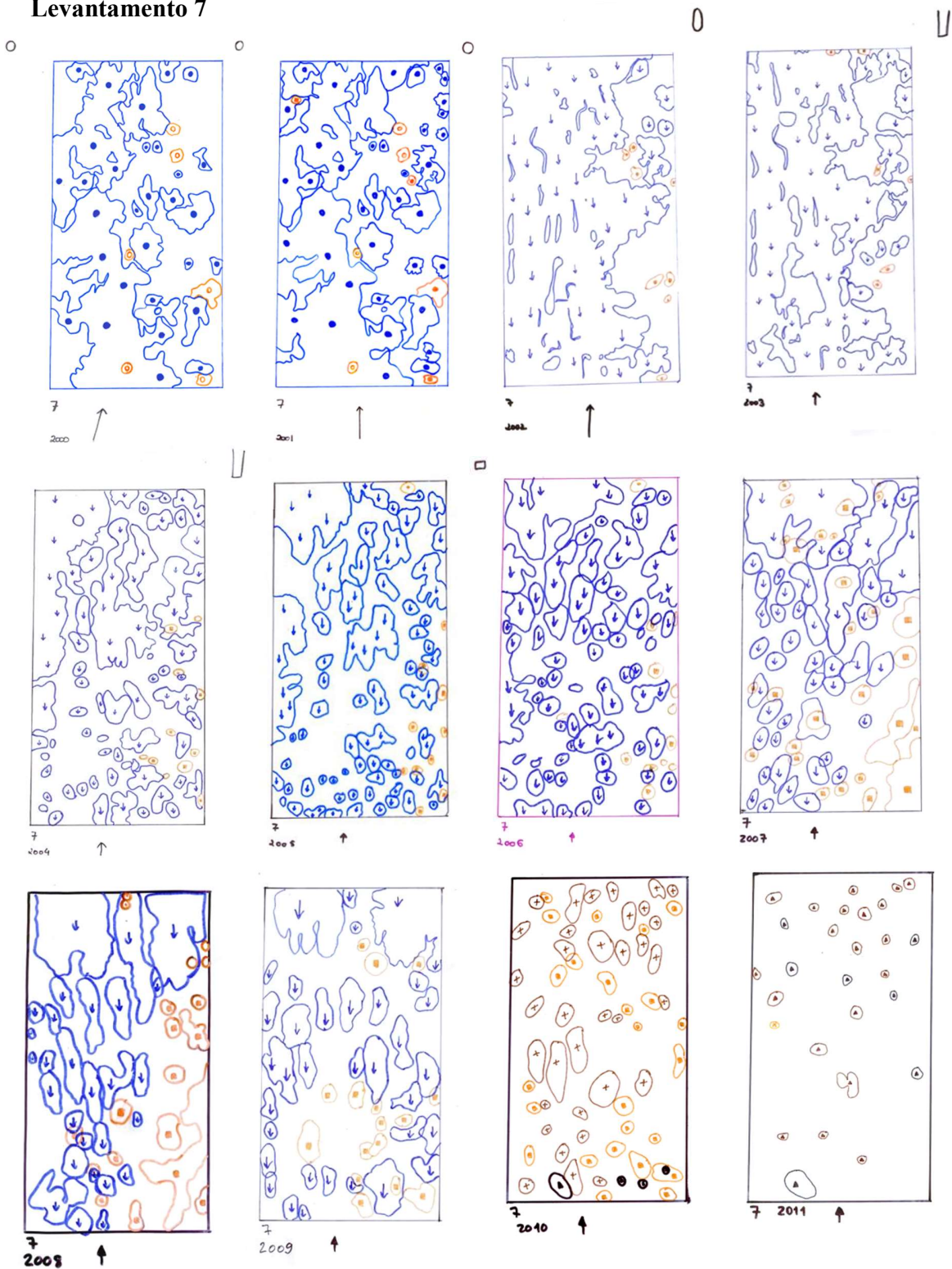
**Figura 2.18.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 6, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



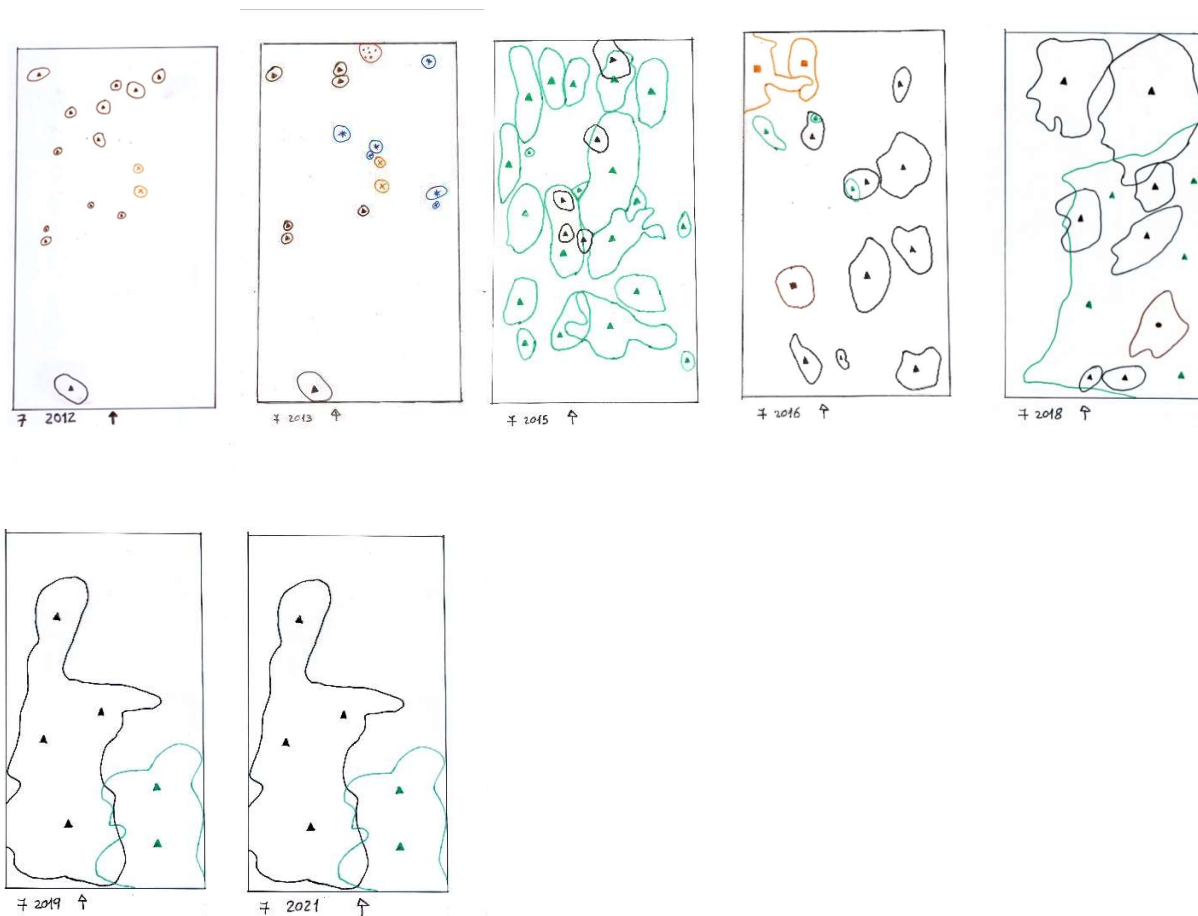
**Figura 2.18.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 6, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.



**Levantamento 7**



**Figura 2.19.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 7, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



**Figura 2.19.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 7, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

## Levantamento 8

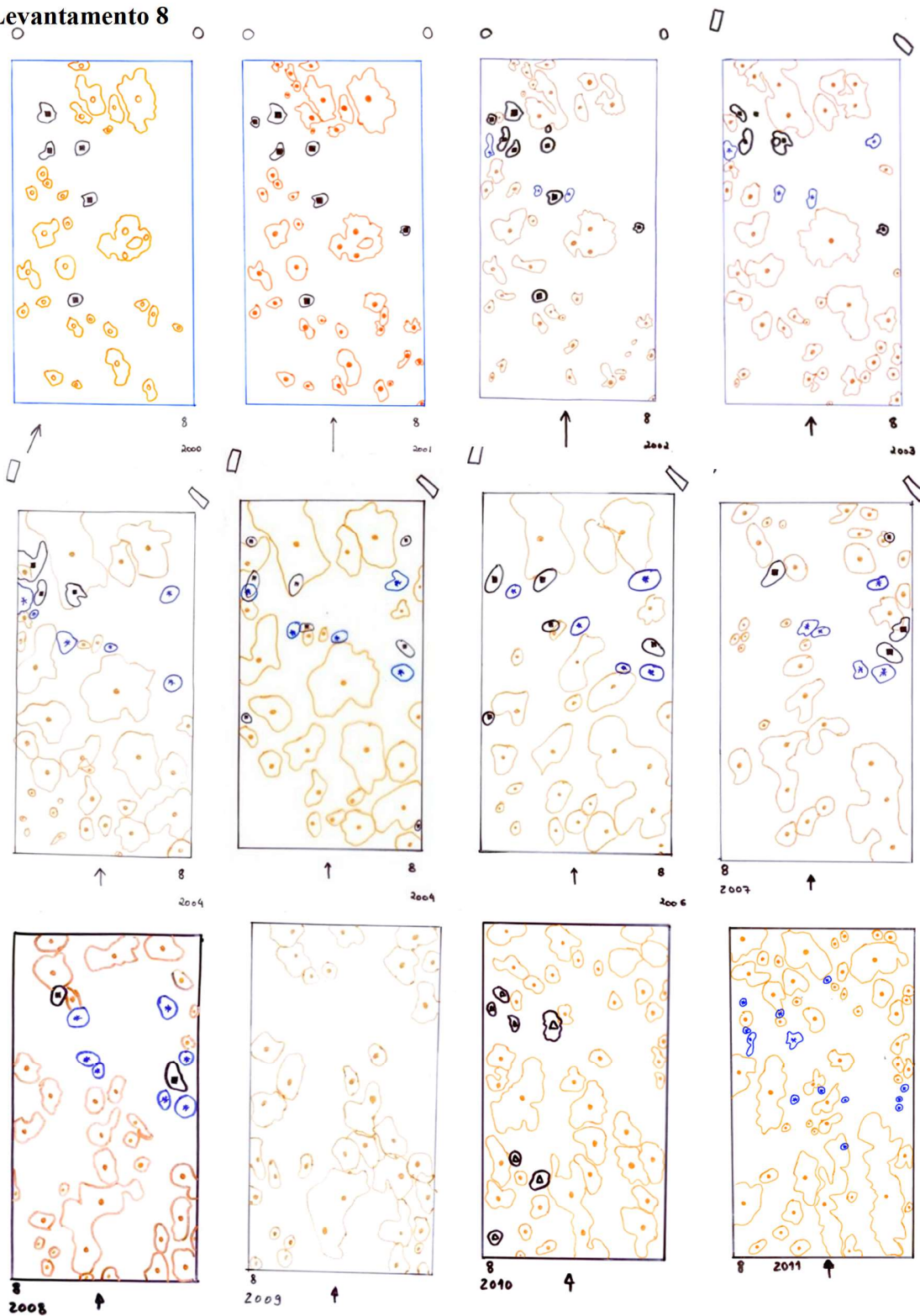
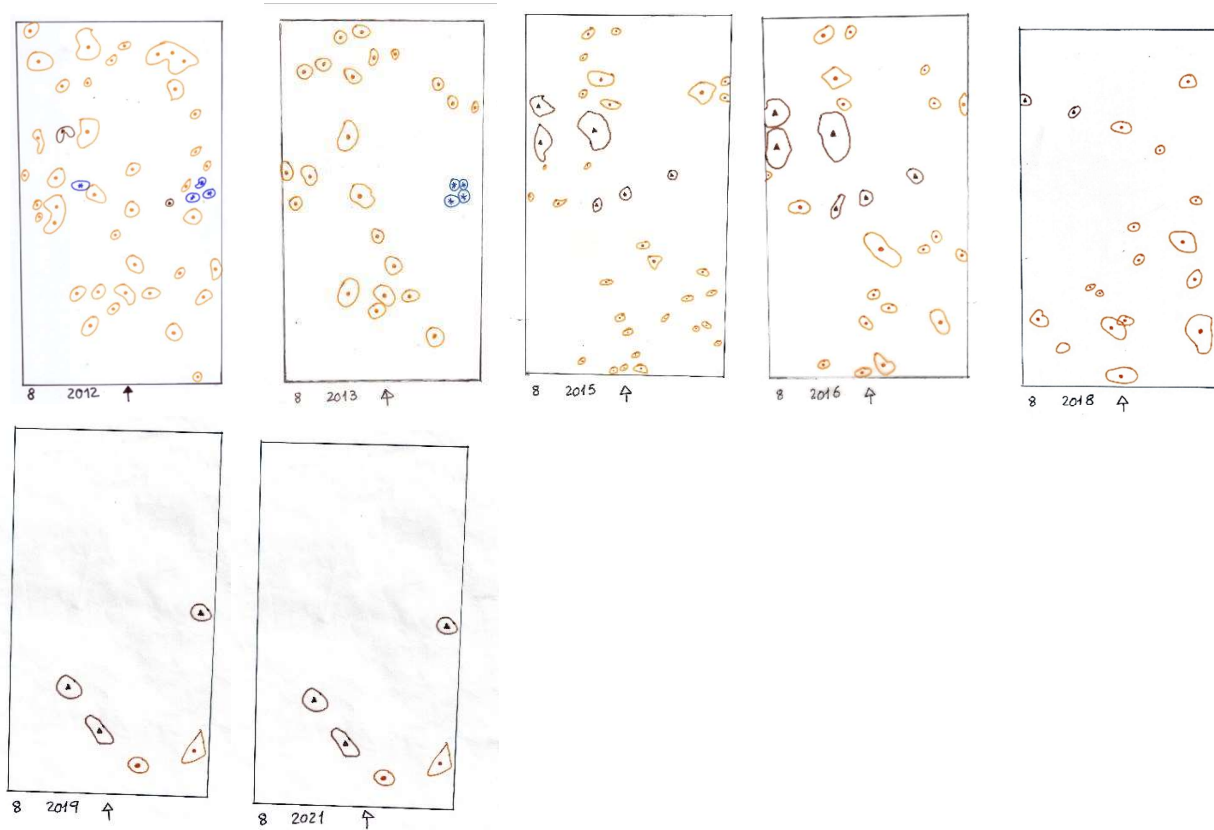


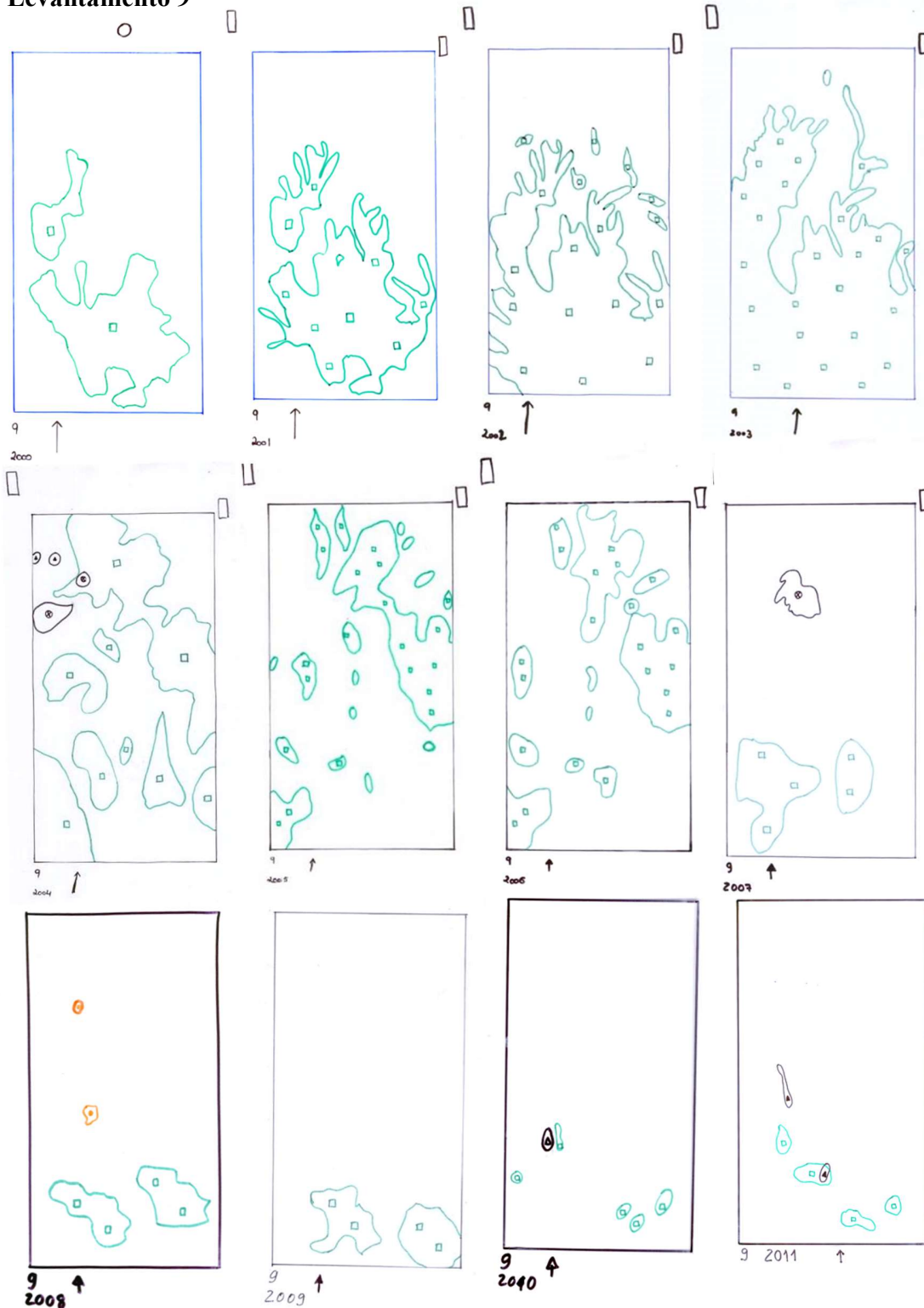
Figura 2.20. Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 8, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



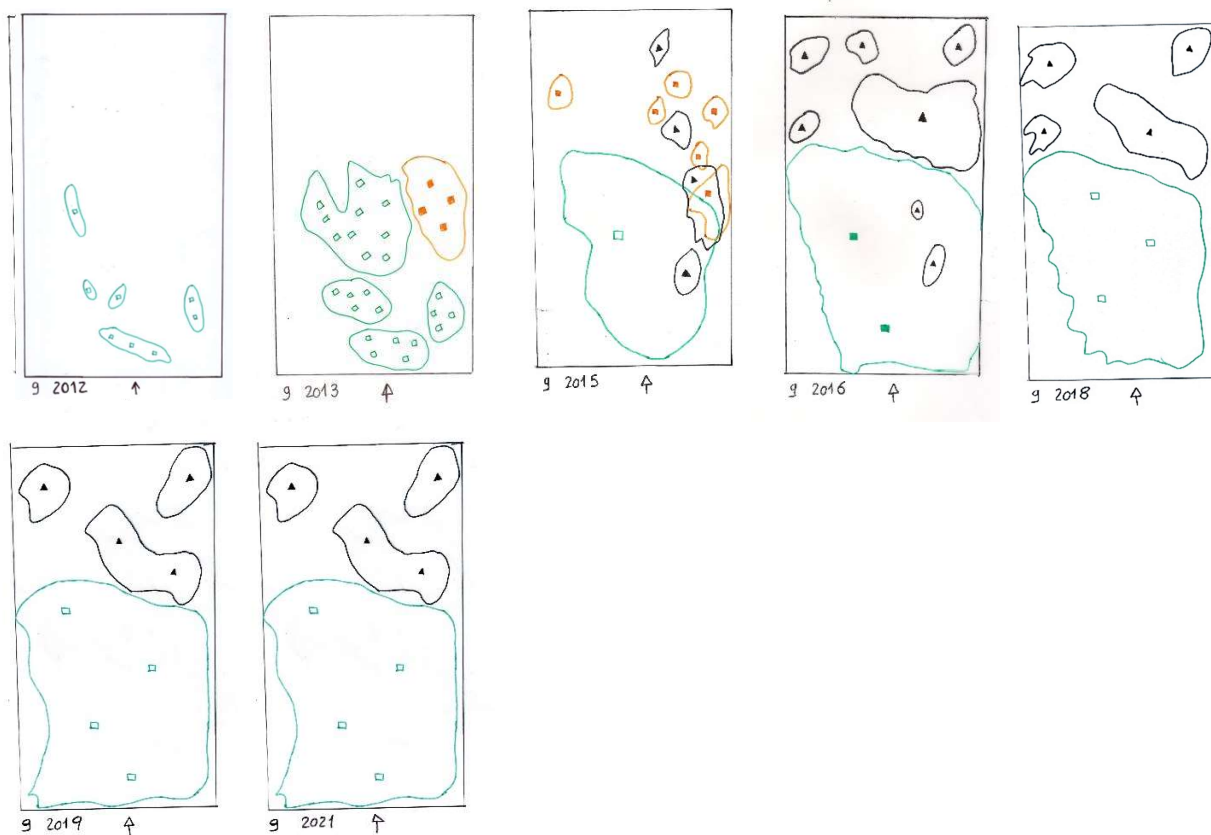


**Figura 2.20.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 8, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

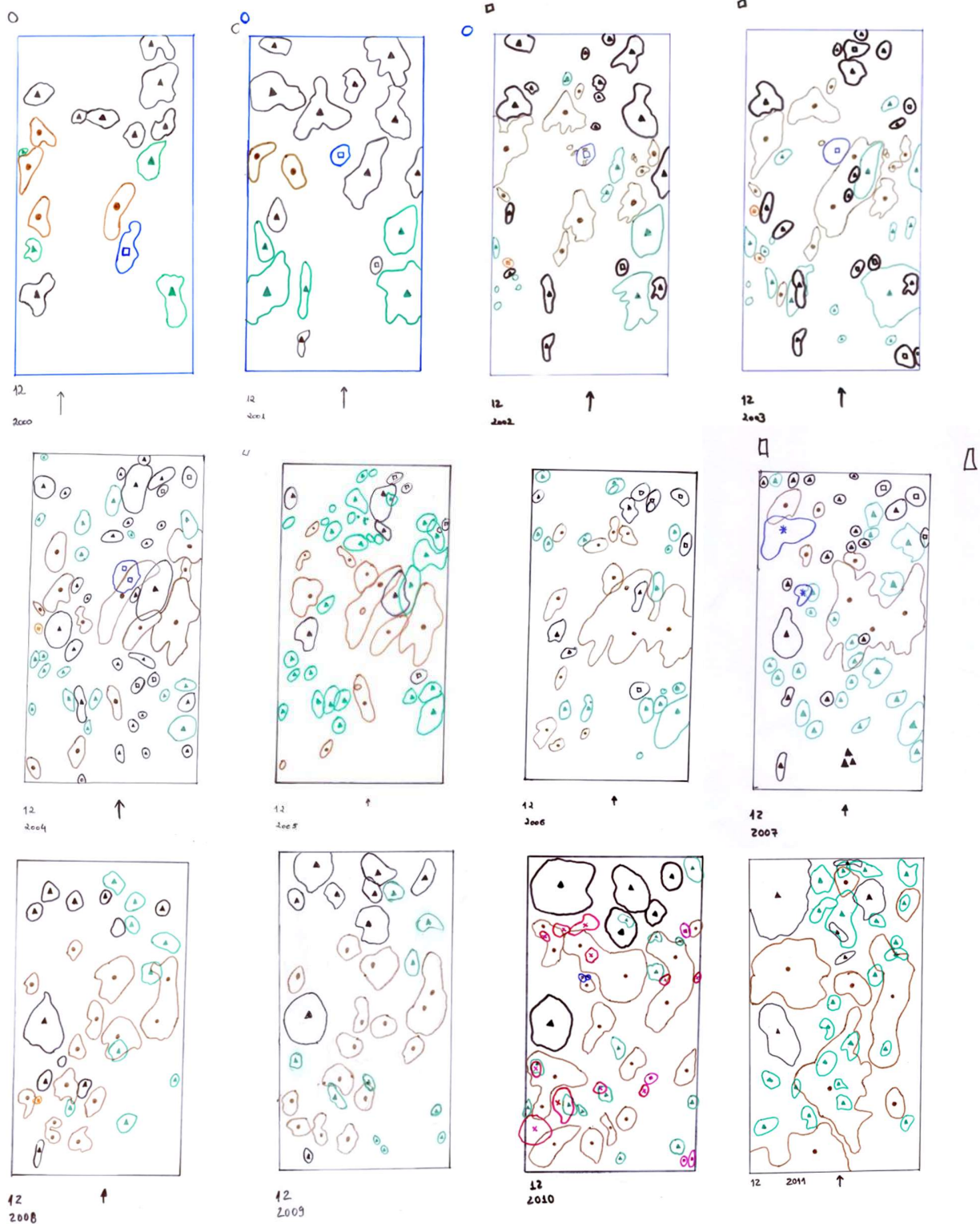
**Levantamento 9**



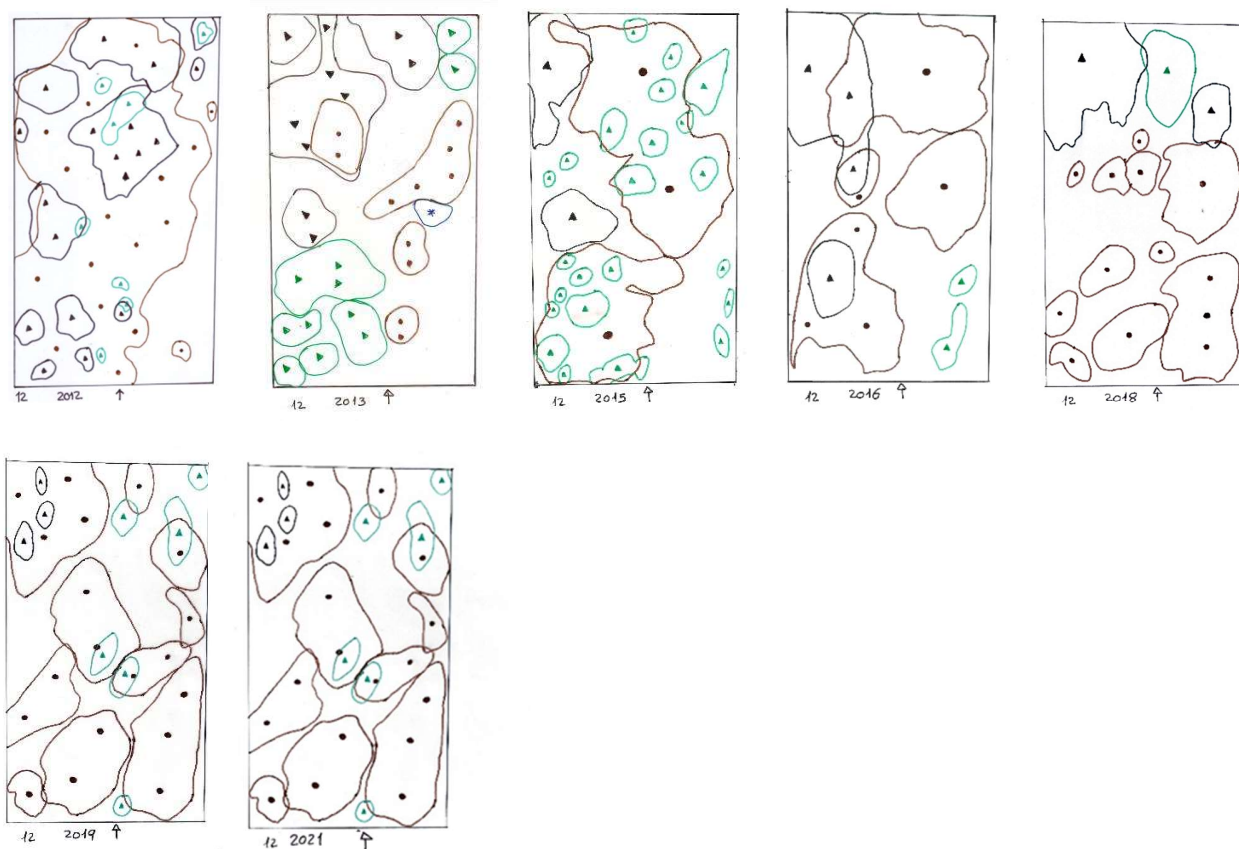
**Figura 2.21.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 9, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



**Figura 2.21.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 9, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamento 12**

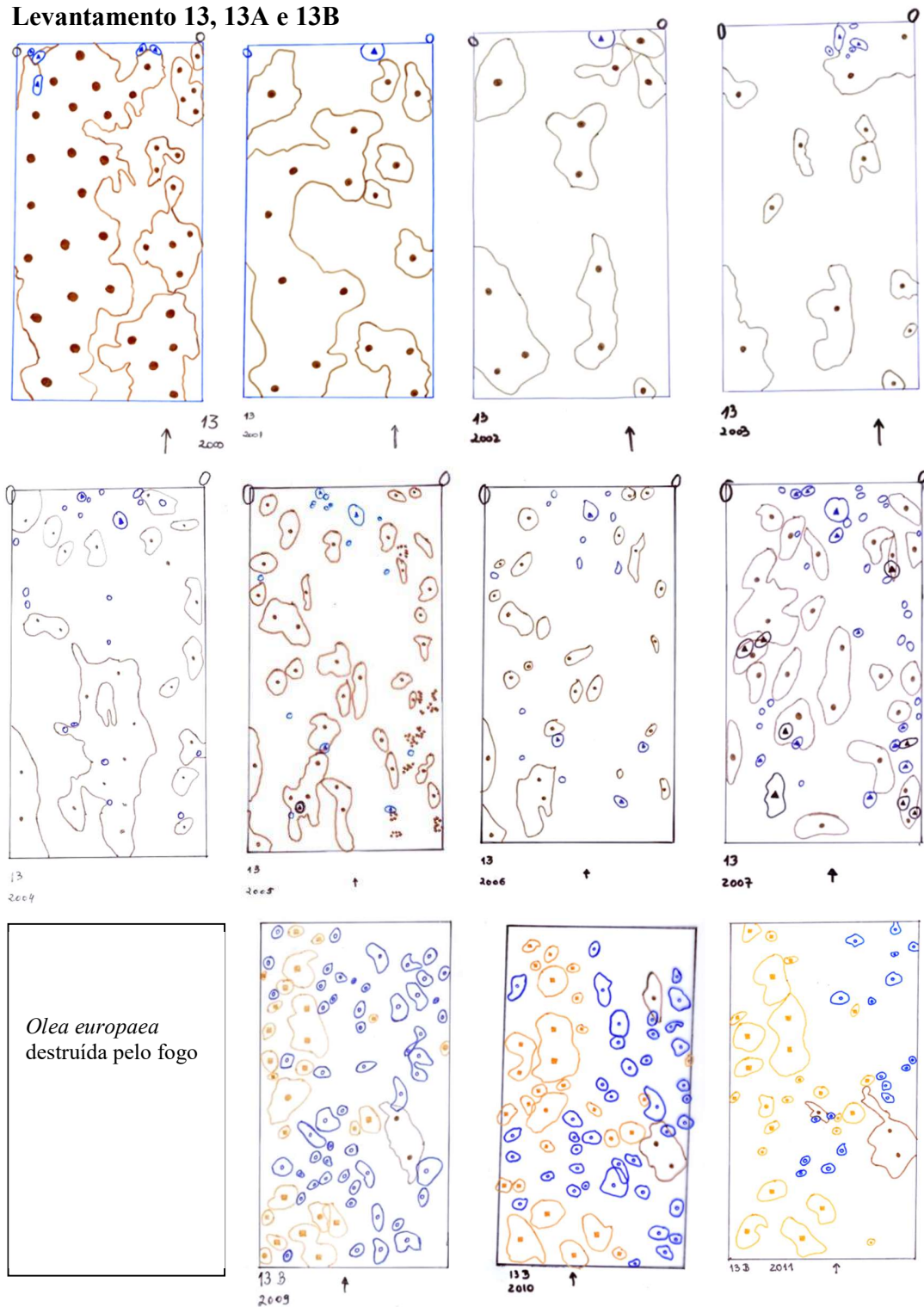
**Figura 2.22.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 12, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



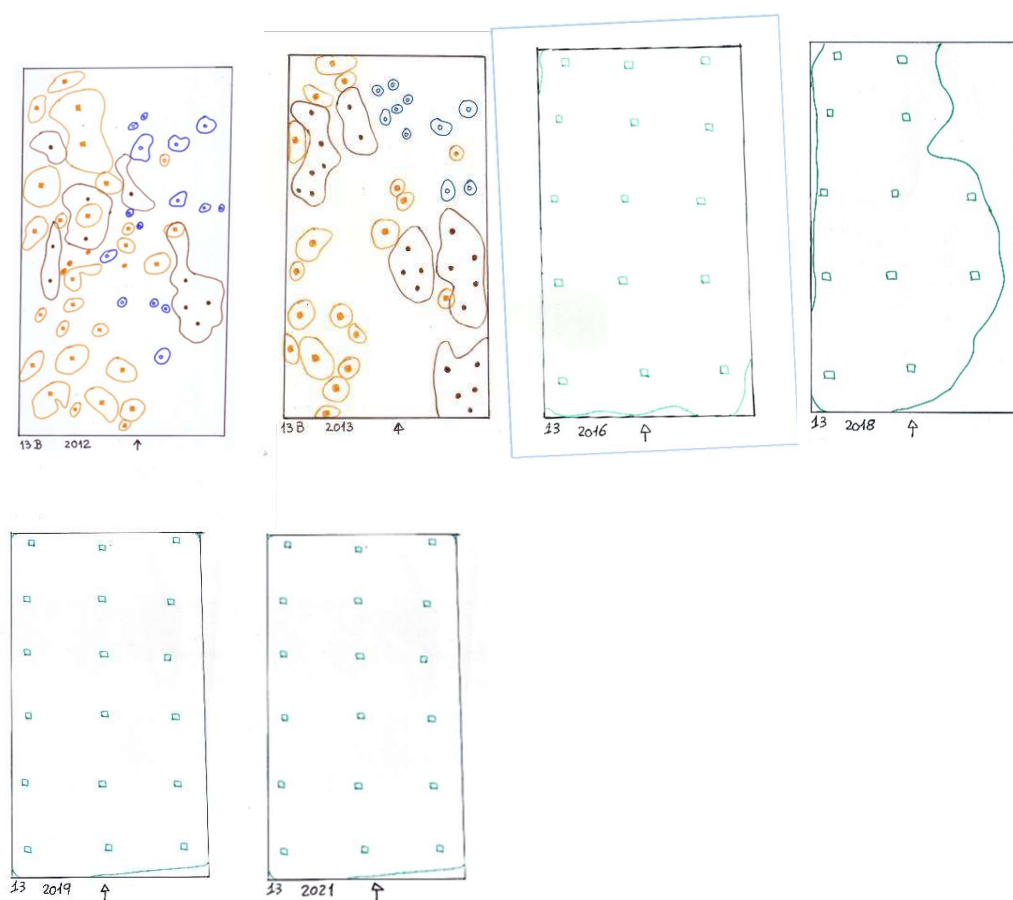
**Figura 2.22.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 12, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.



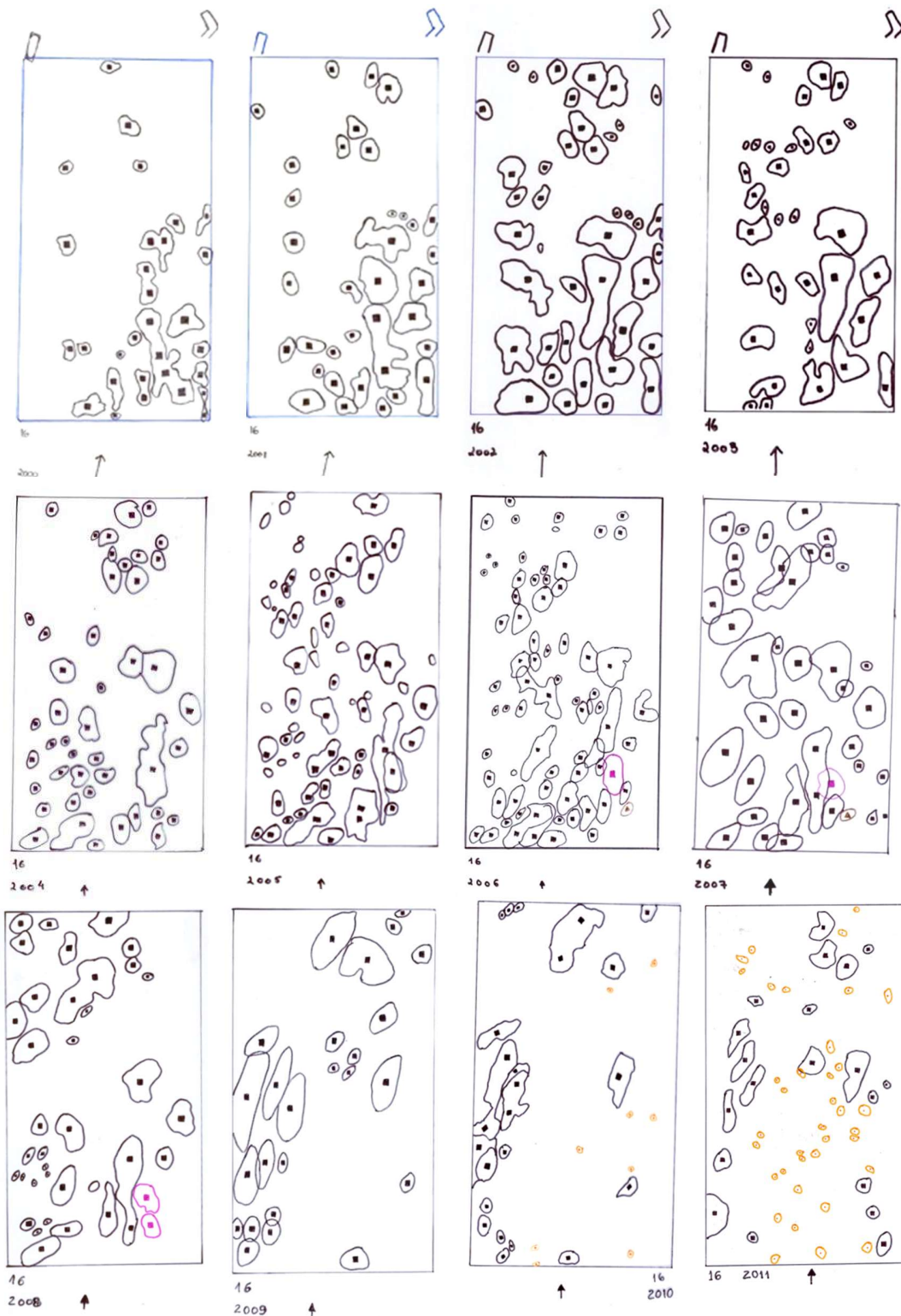
## Levantamento 13, 13A e 13B



**Figura 2.23.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 13, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021. No ano de 2008 não foi possível elaborar a digitalização, uma vez que a oliveira foi queimada (Continua).

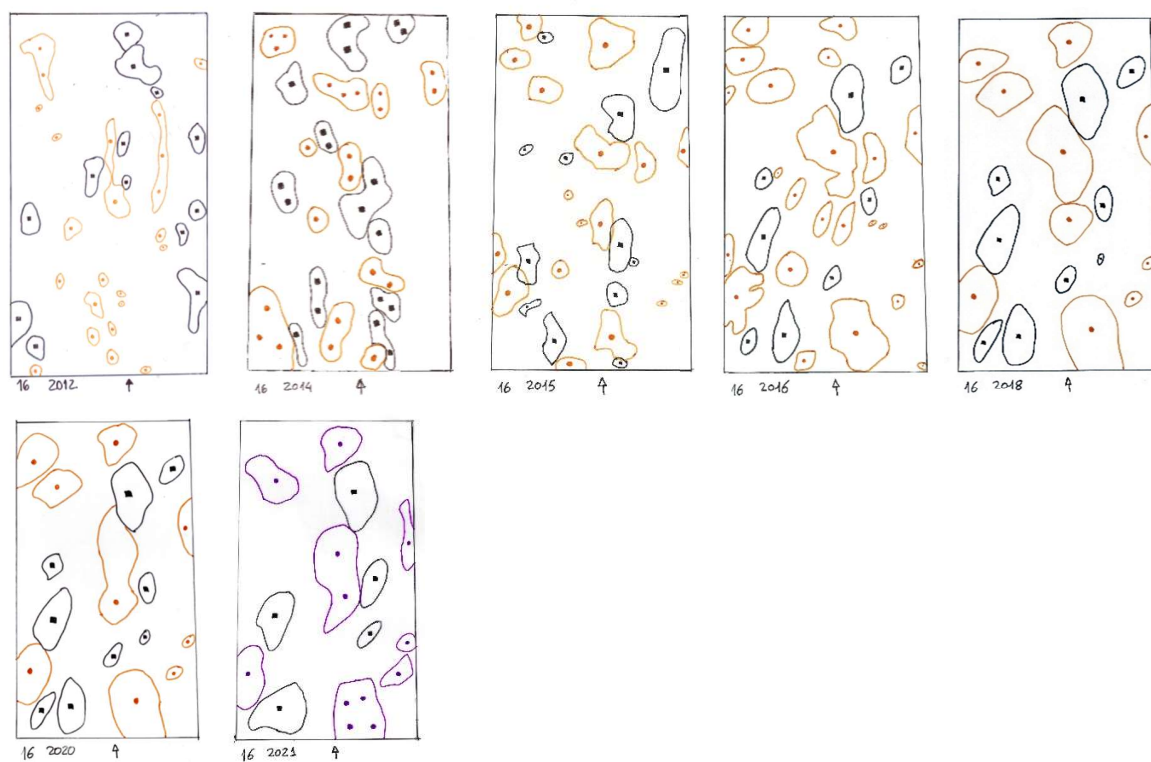


**Figura 2.23.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 13 numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021. Em 2017 alterou-se o forófito selecionado, devido ao anterior ter sido destruído por um incêndio.

**Levantamento 16**

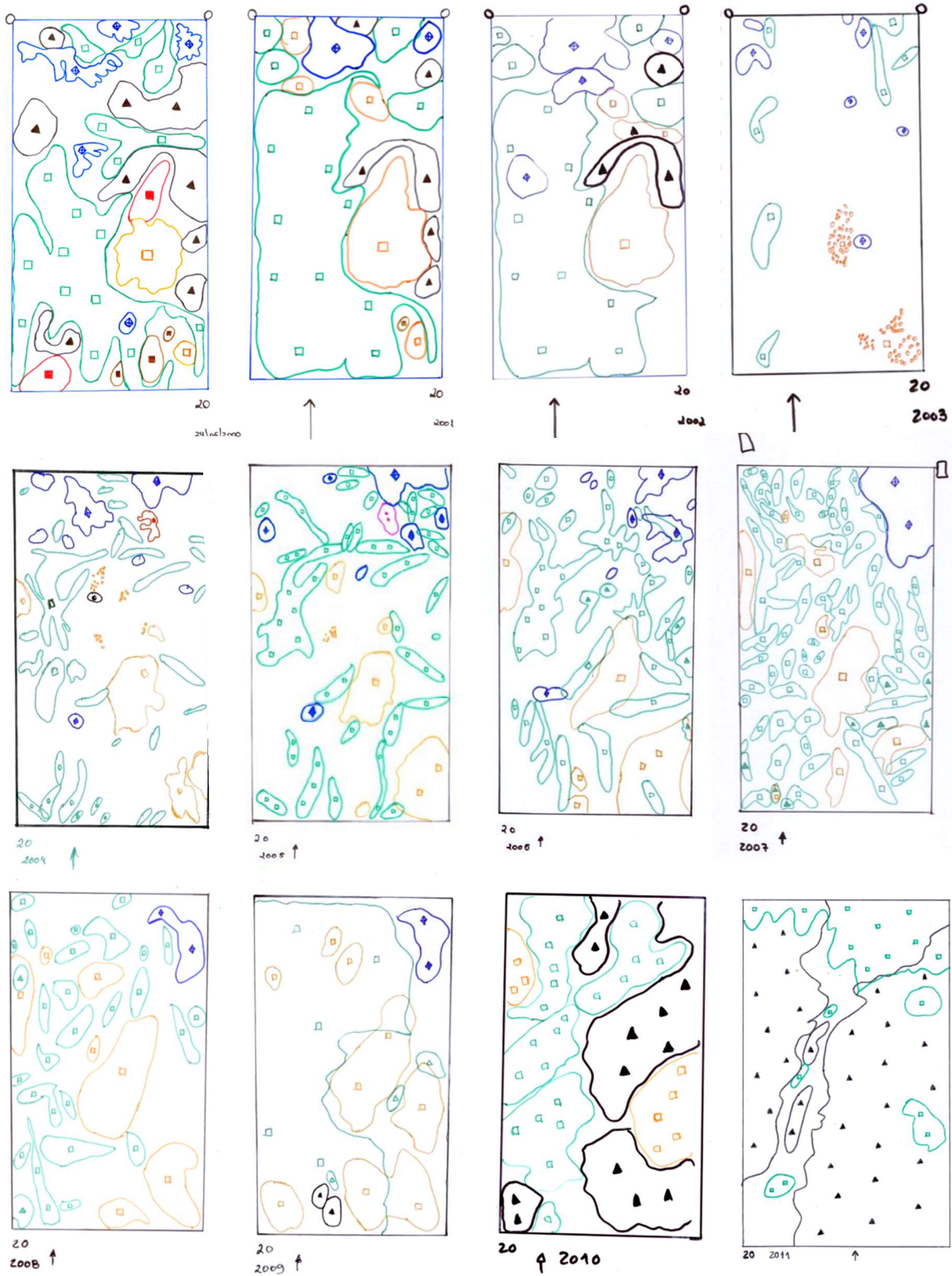
**Figura 2.24.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 16, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



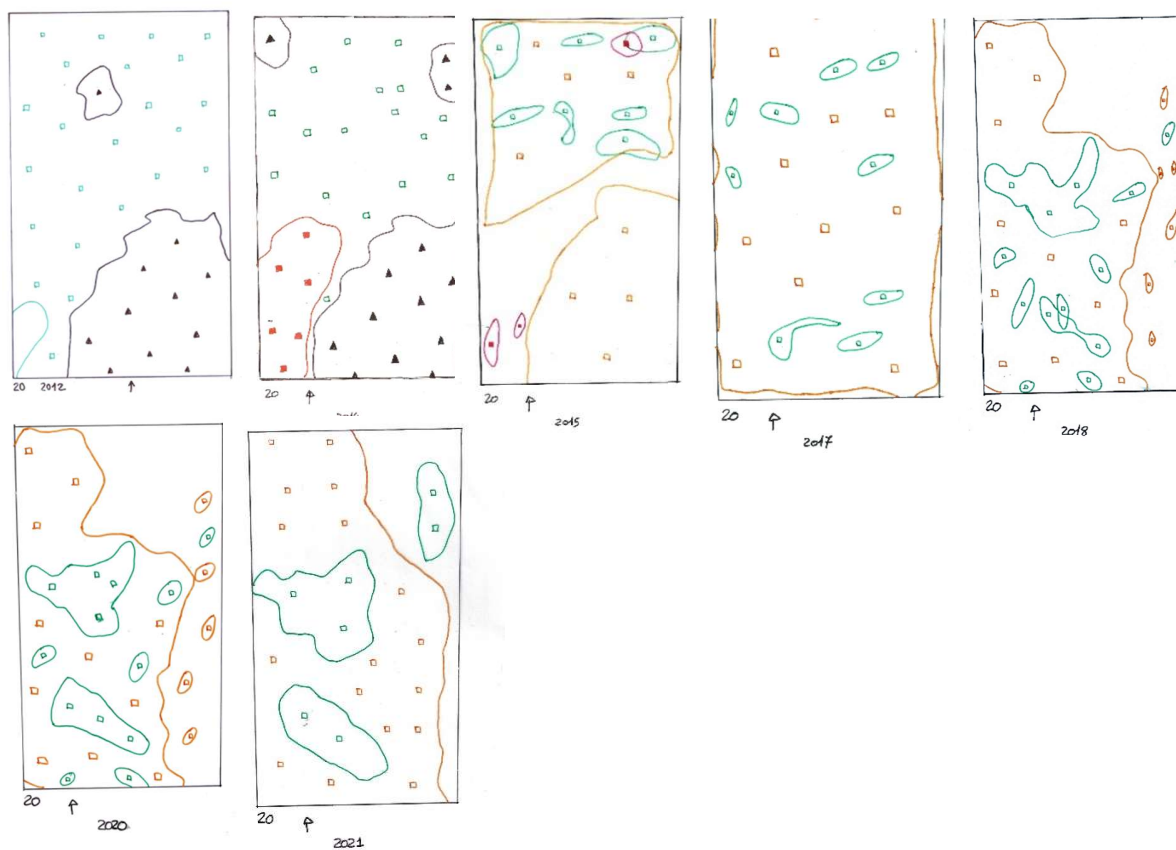


**Figura 2.24.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 16, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamento 20**

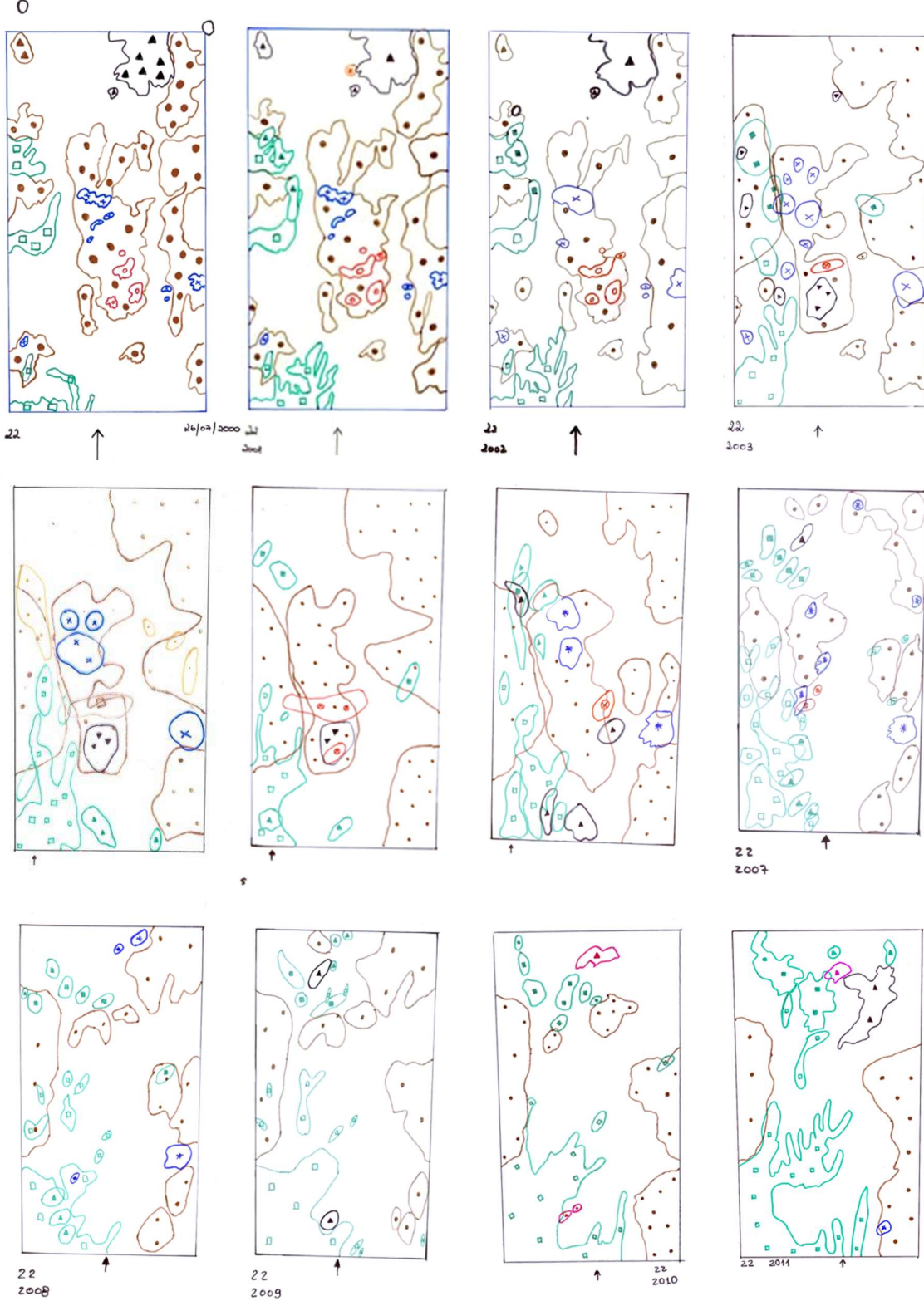


**Figura 2.25.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 20, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



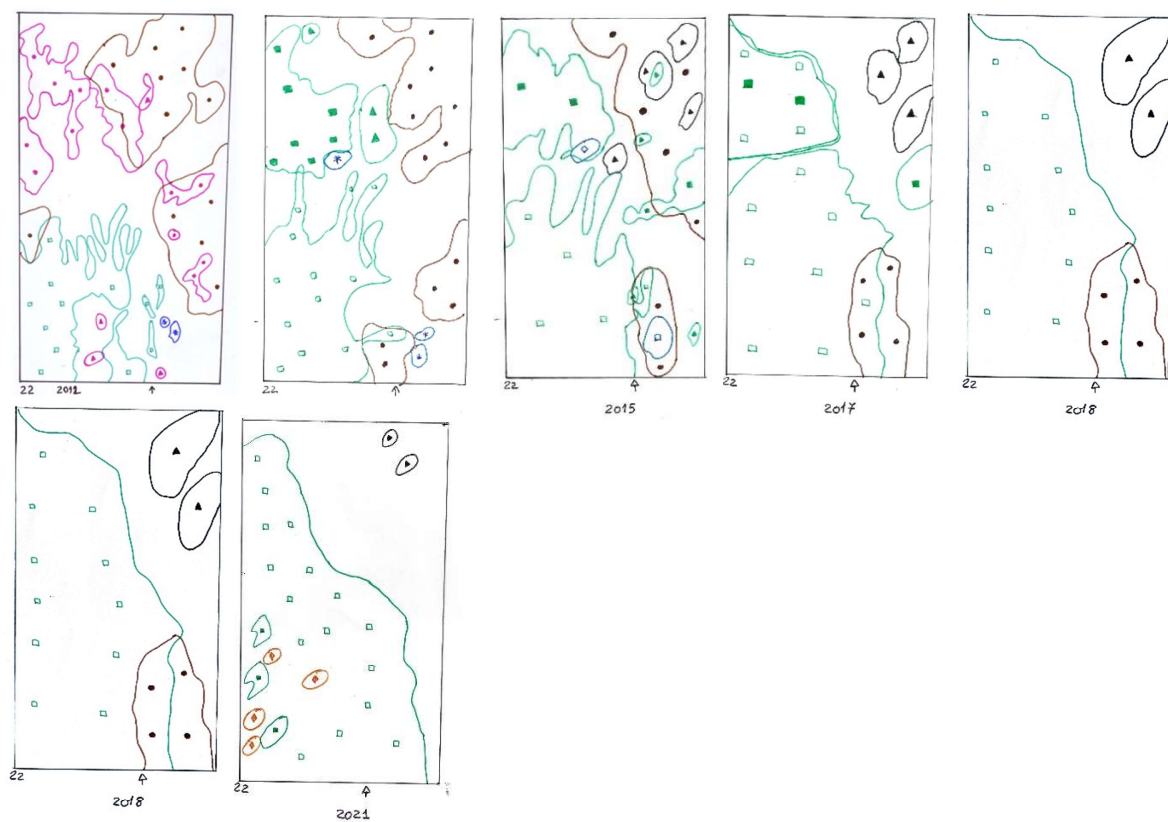
**Figura 2.25.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 20, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamento 22**



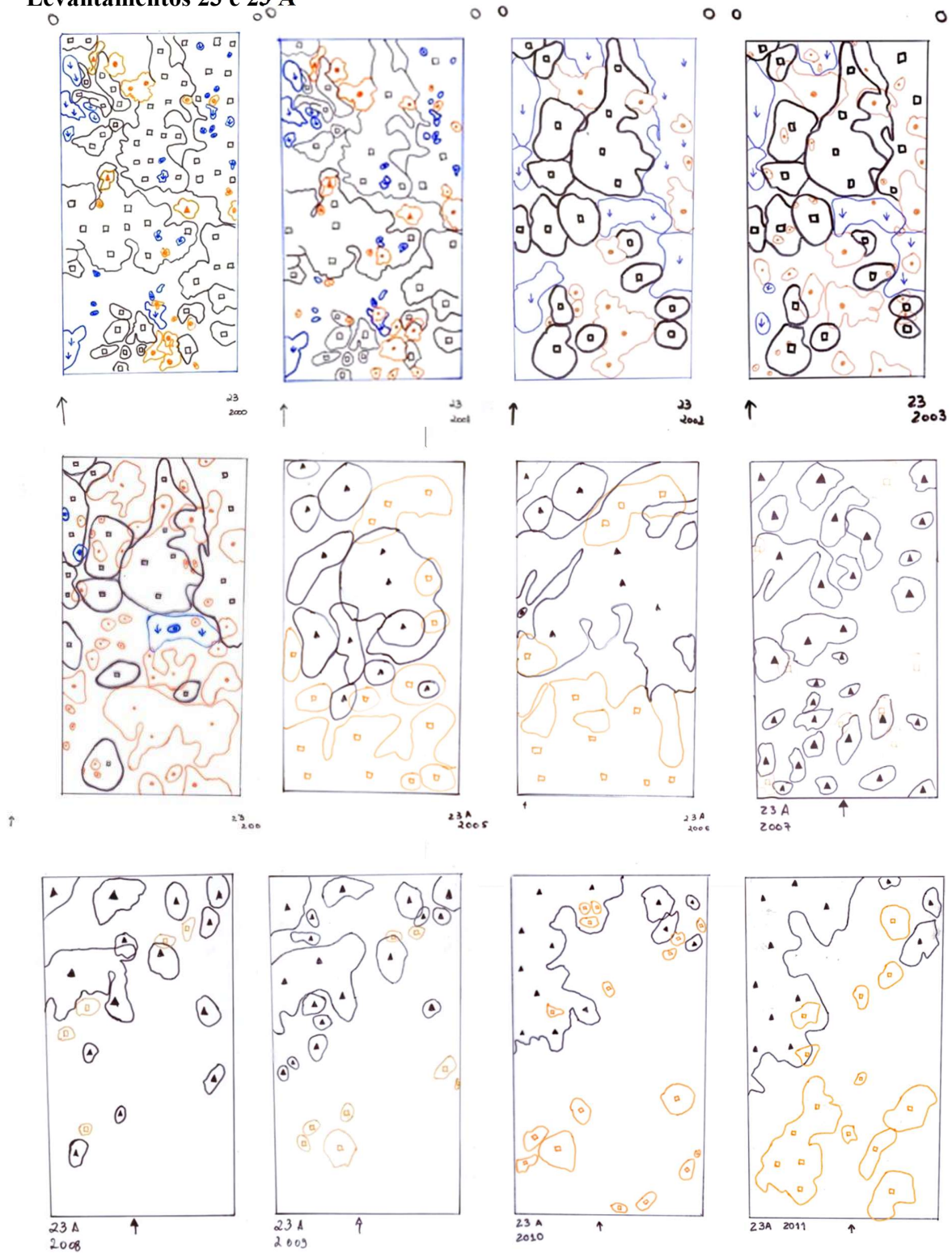
**Figura 2.26.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 22, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



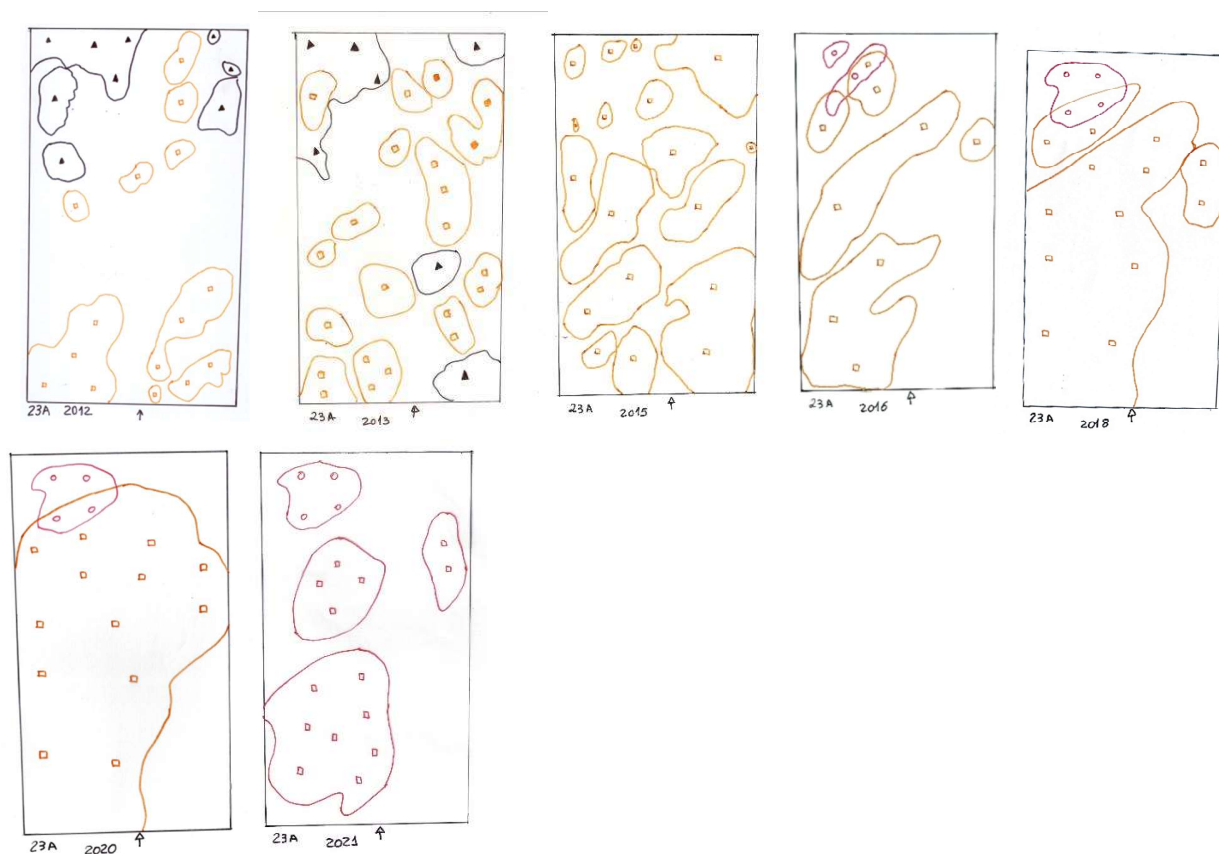


**Figura 2.26.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 22, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamentos 23 e 23 A**

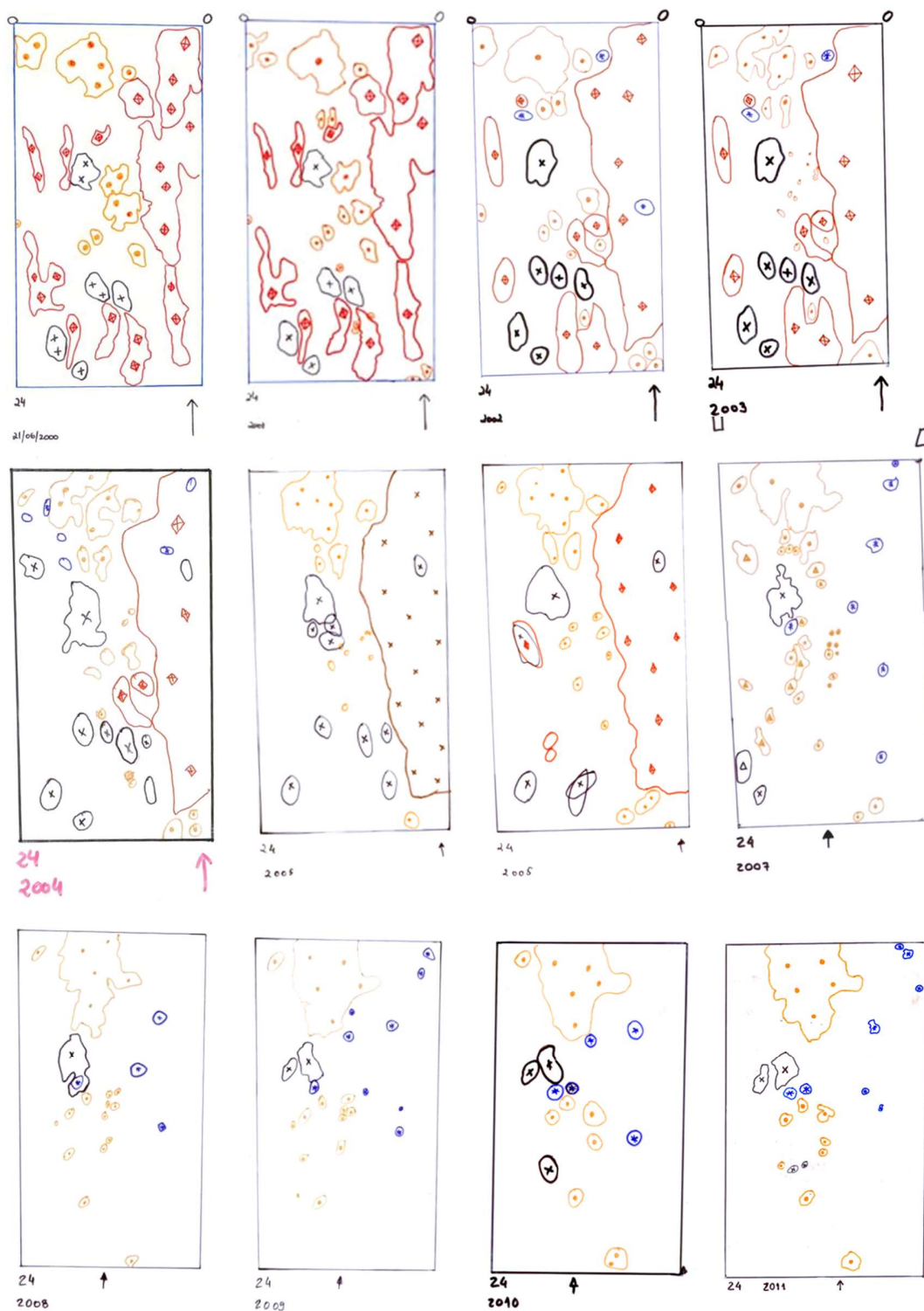


**Figura 2.27.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 23, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



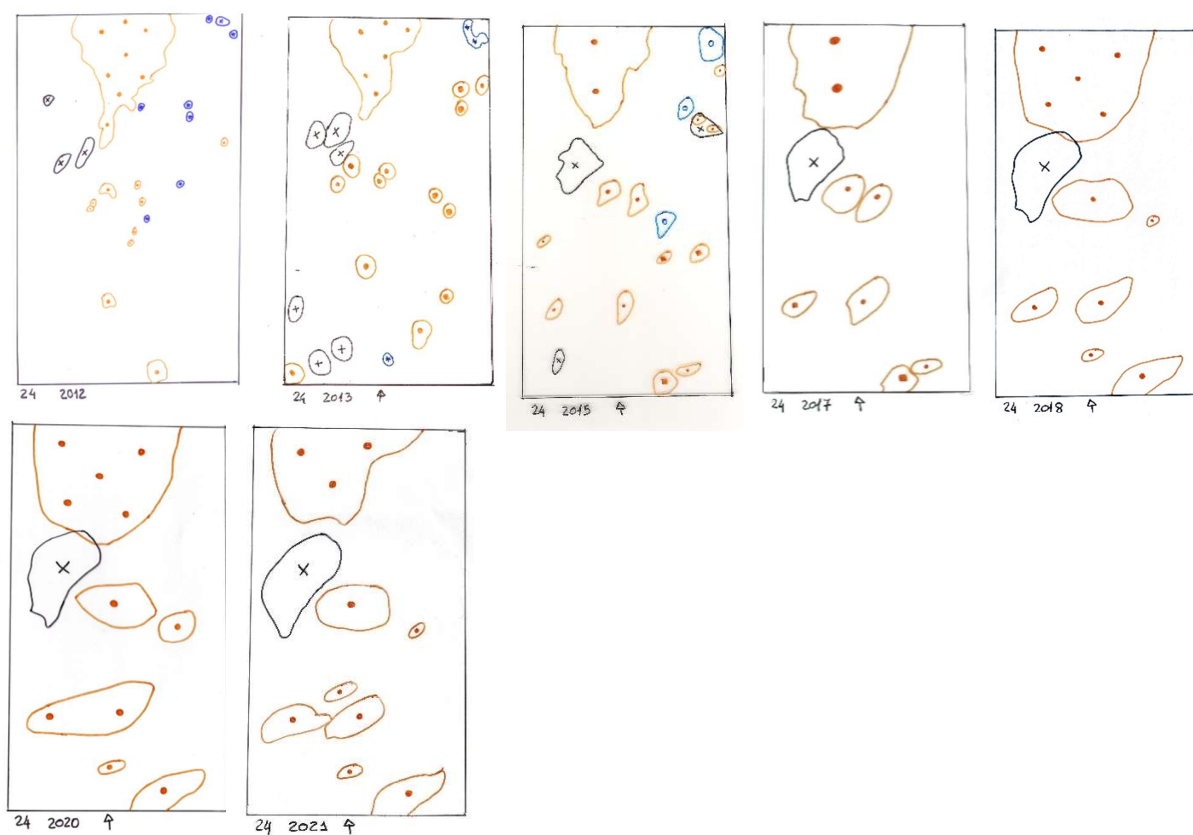
**Figura 2.27.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 23, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

## Levantamento 24



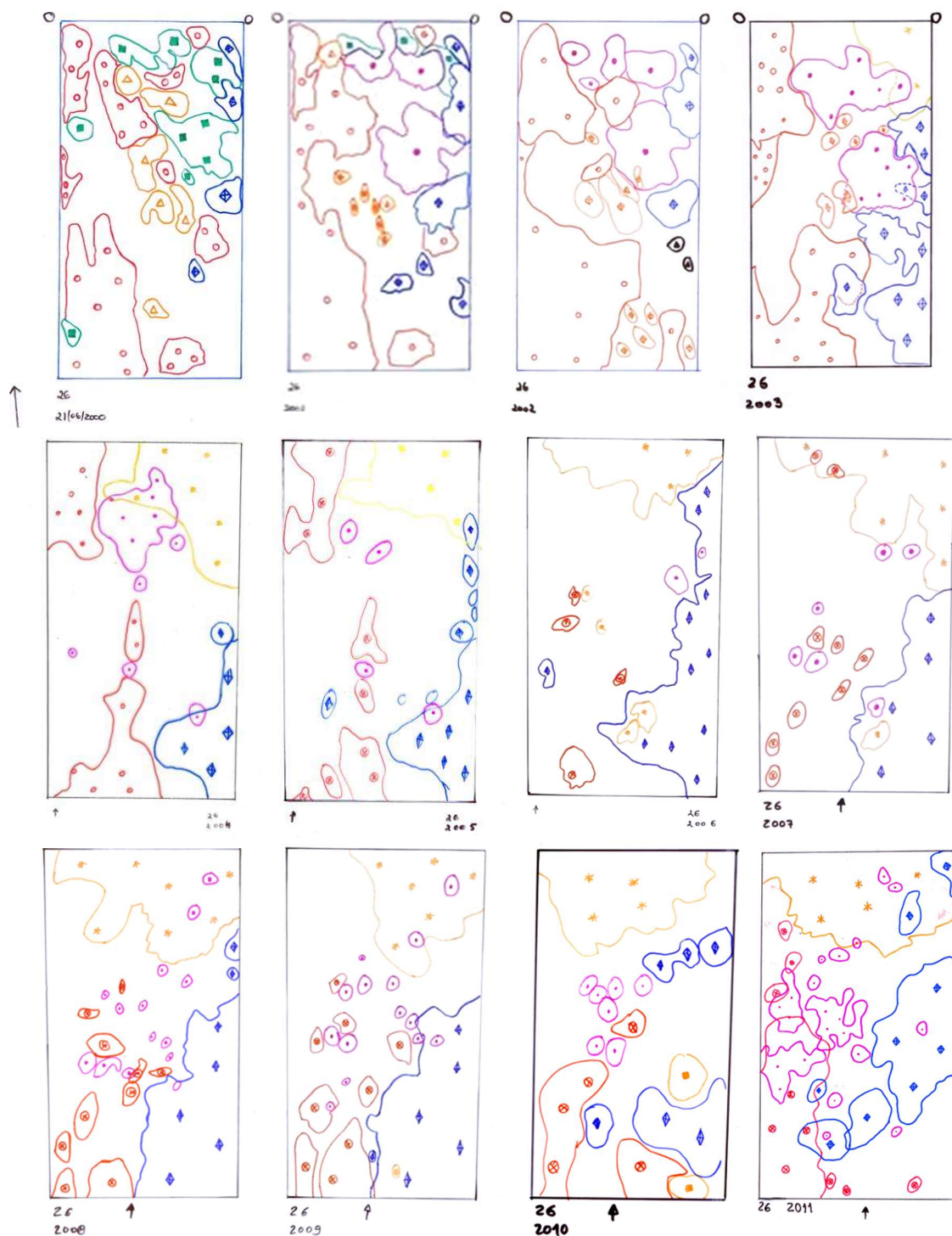
**Figura 2.28.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 24, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



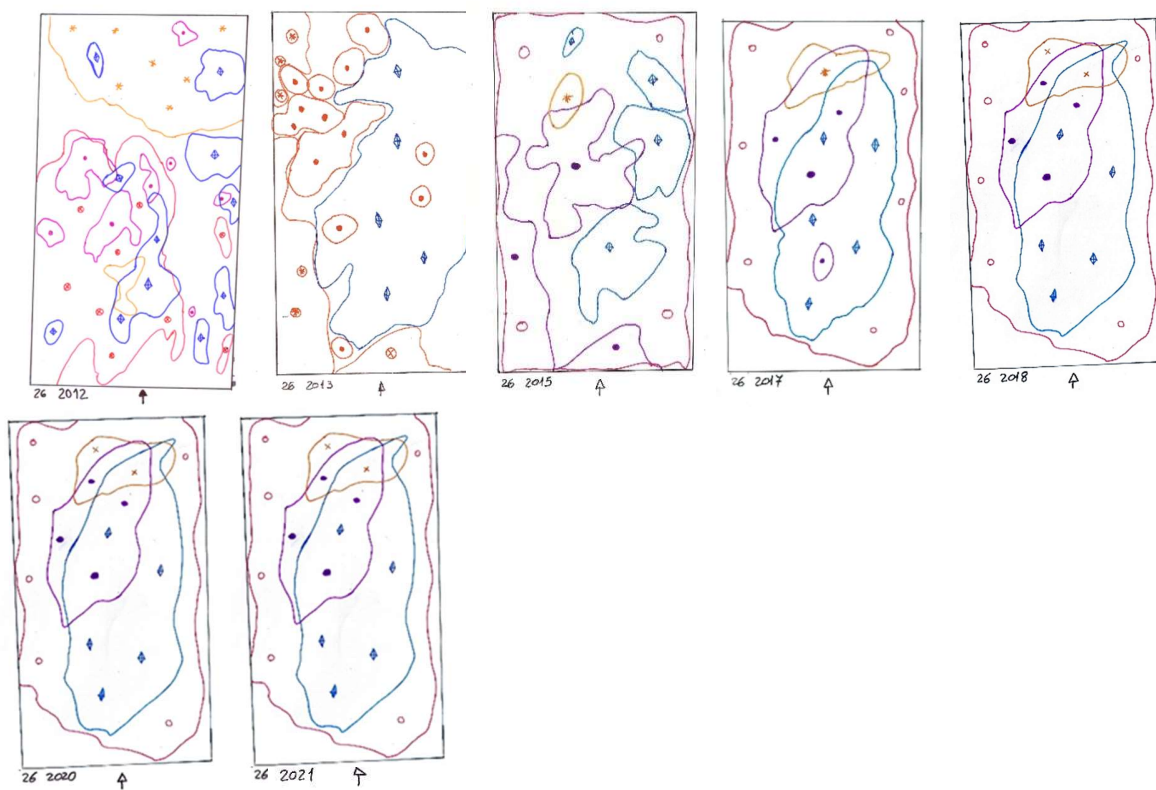


**Figura 2.28.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 24, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamento 26**

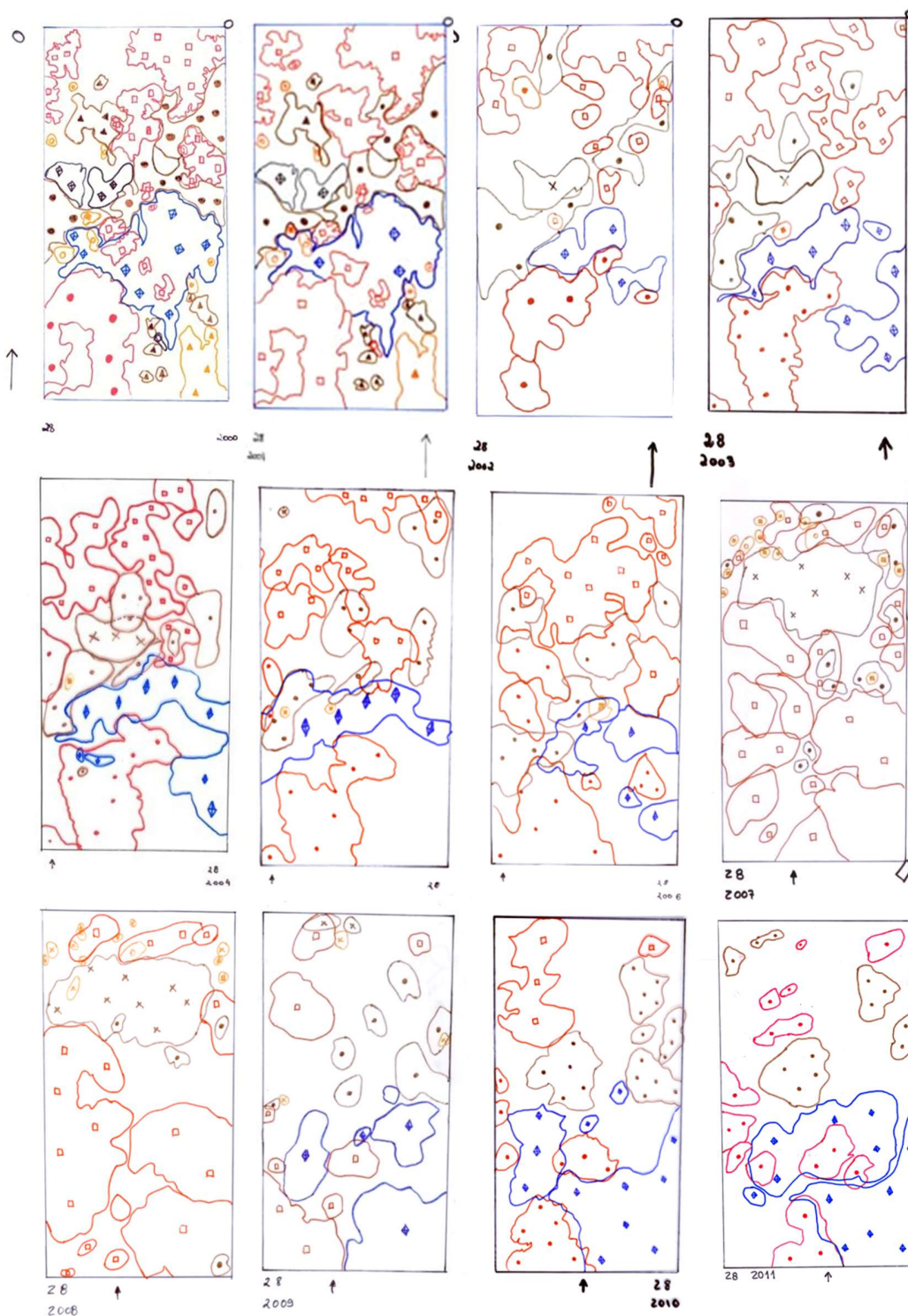


**Figura 2.29.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 26, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



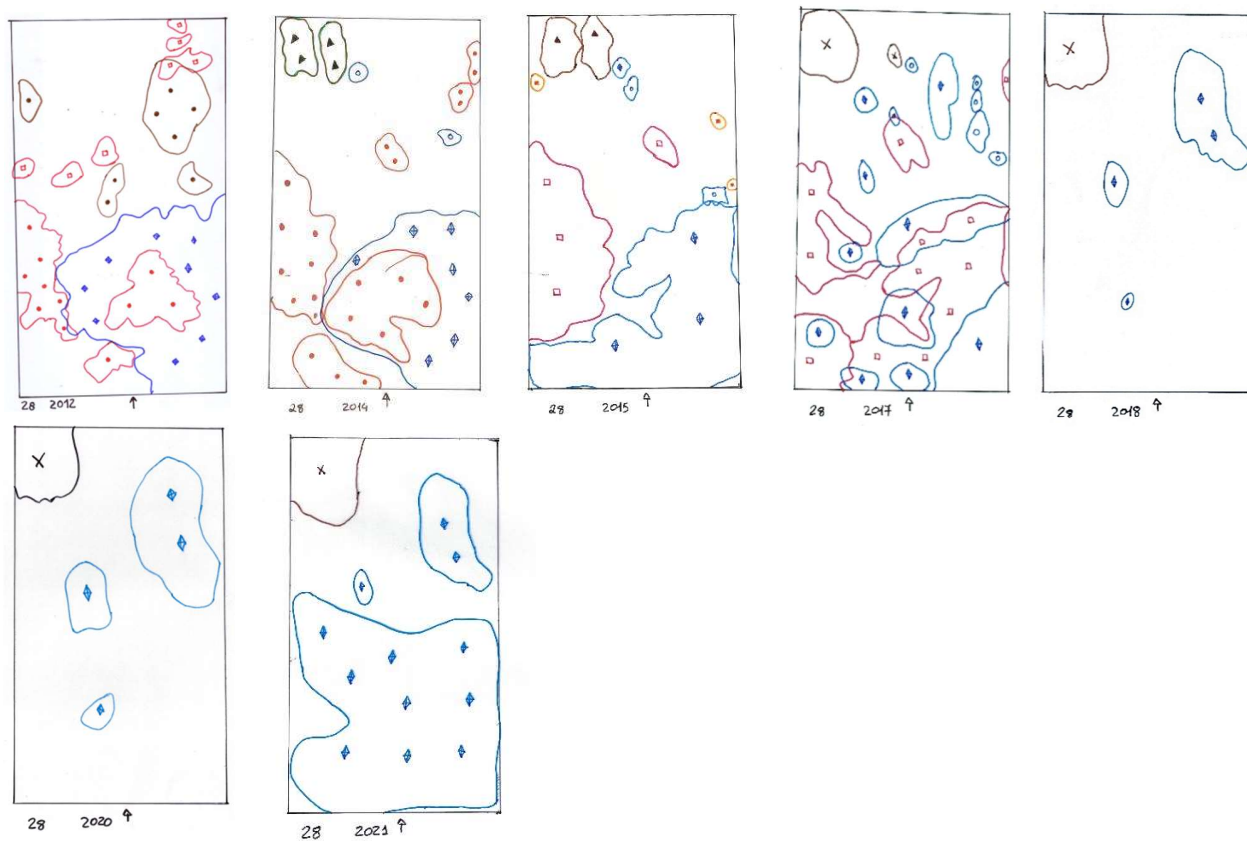
**Figura 2.29.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 26, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamento 28**



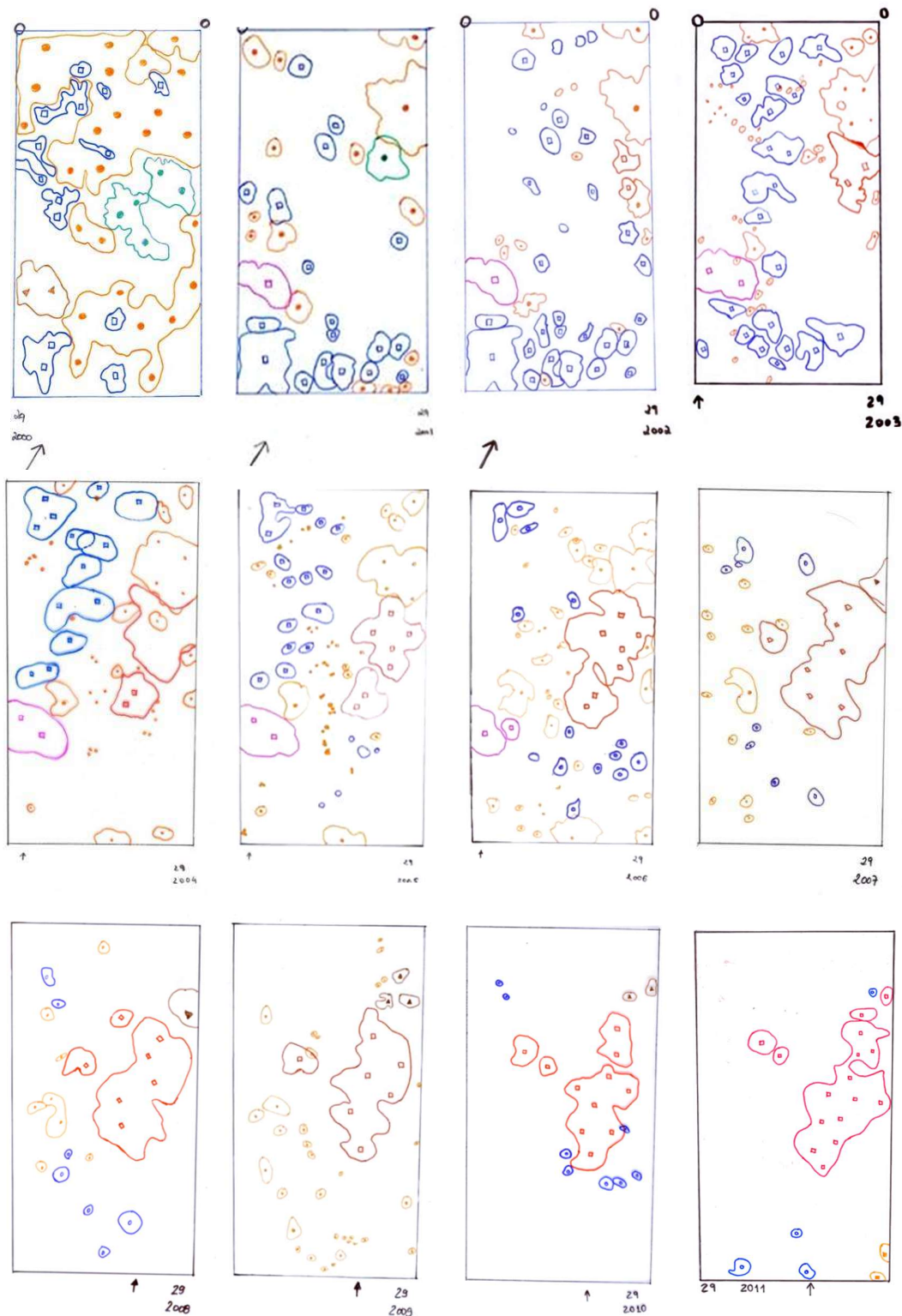
**Figura 2.30.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 28, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



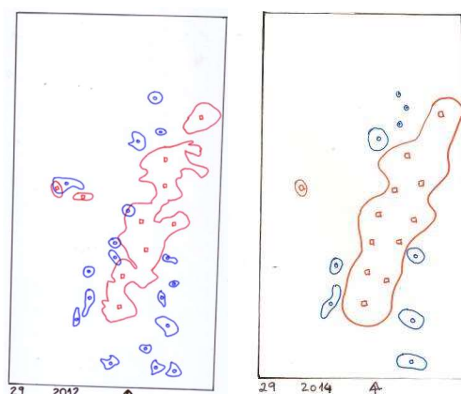


**Figura 2.30.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 28, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

## Levantamento 29

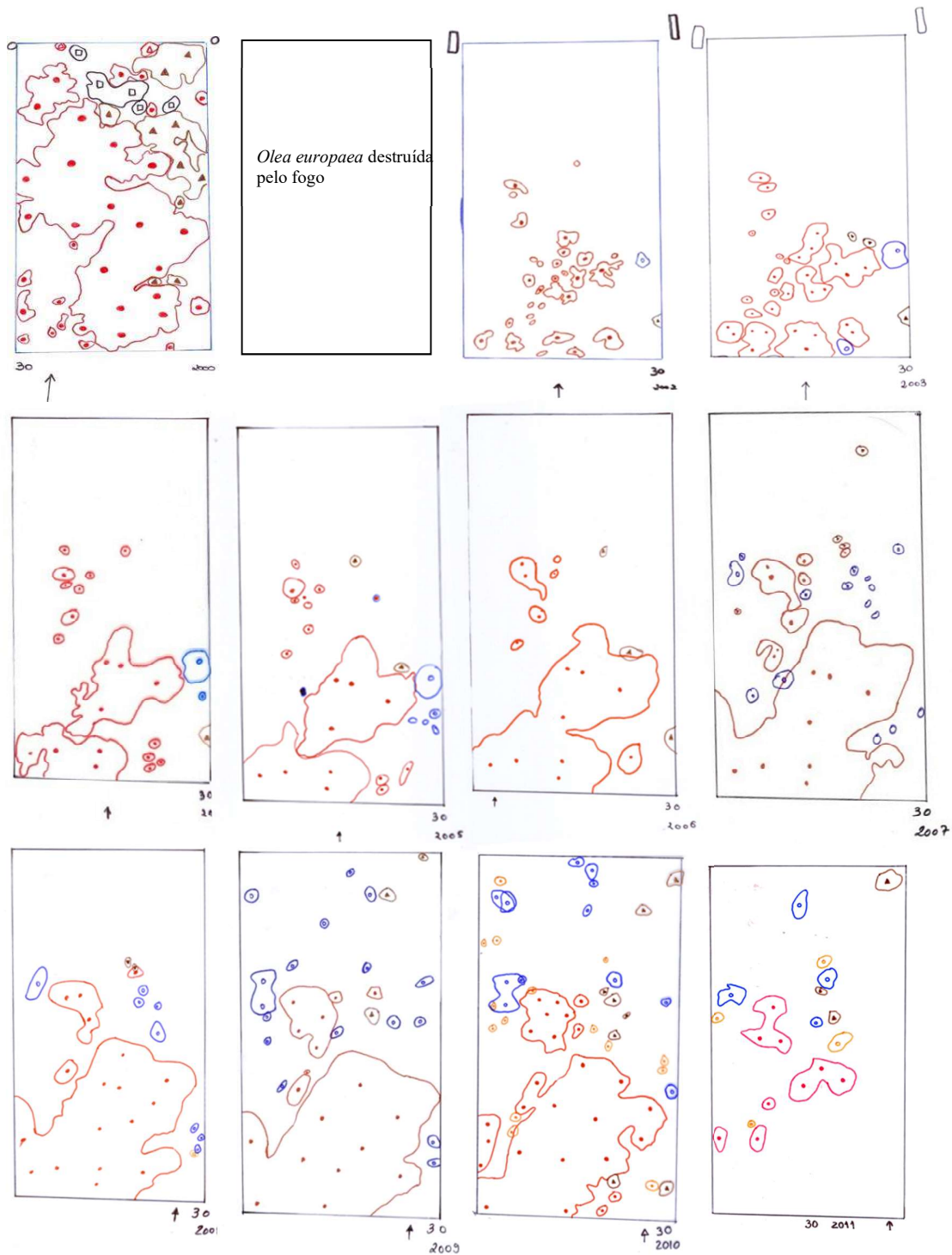


**Figura 2.31.** Evolução da cobertura das espécies epífitas na estação 29, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2014 (Continua).



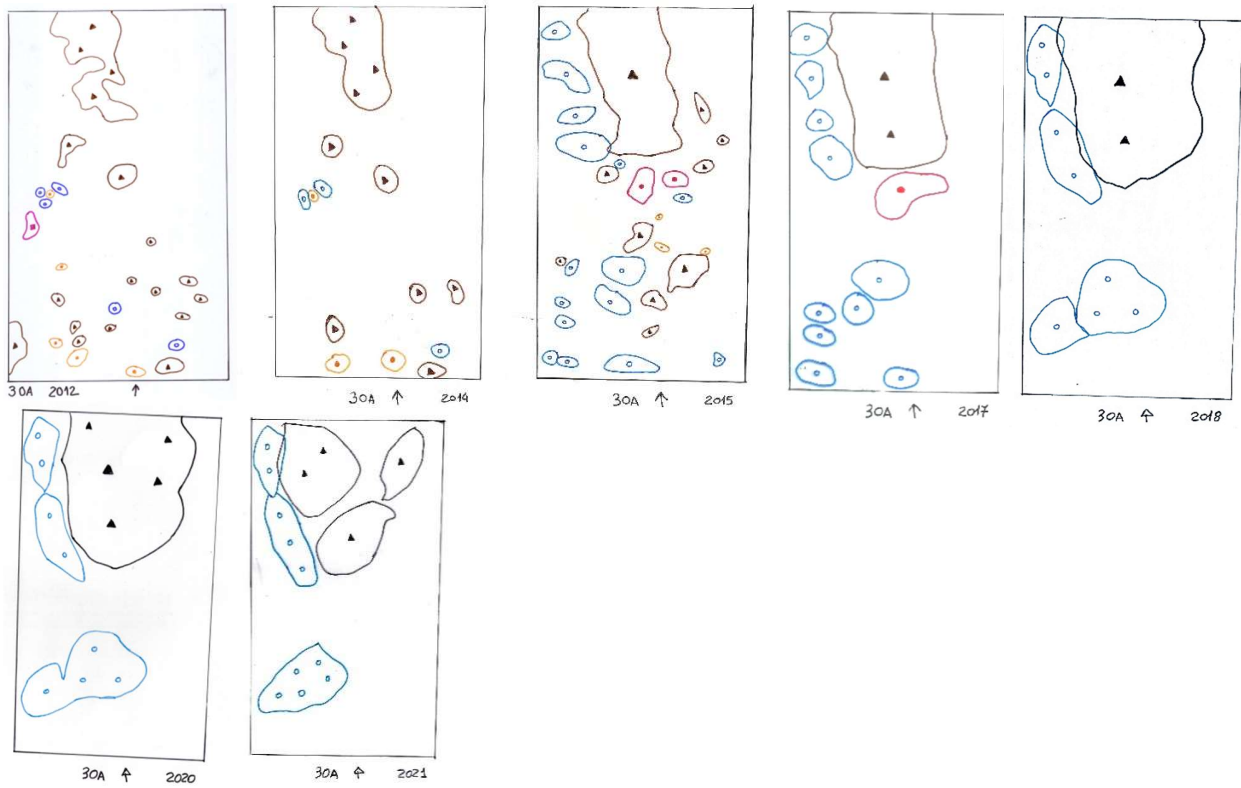
**Figura 2.31.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas na estação 29, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2014. A oliveira foi danificada na área da monitorização

## Levantamentos 30 e 30A

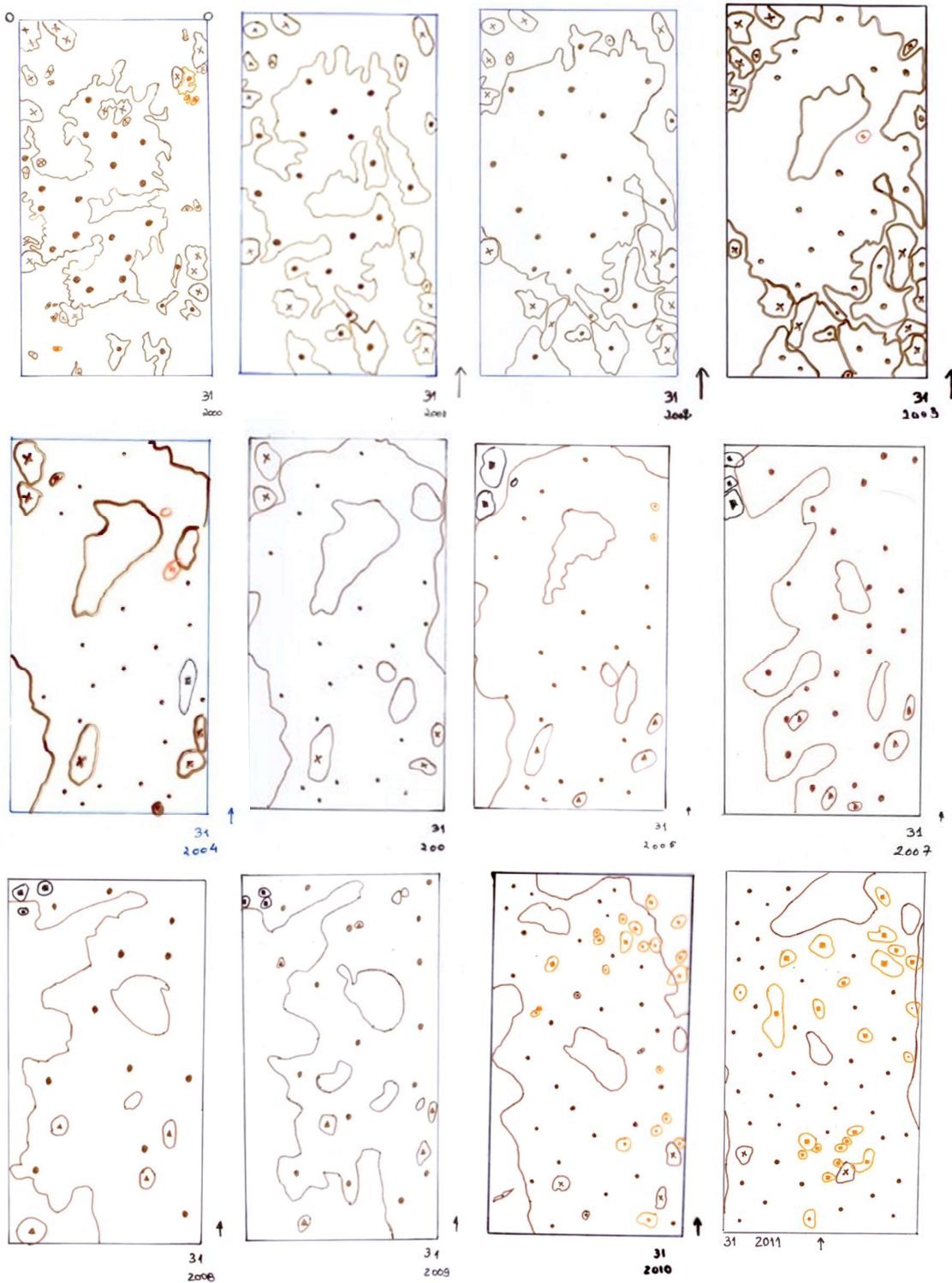


**Figura 2.32.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 30, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021. No ano de 2001 não foi possível elaborar a digitalização, devido a ocorrência de fogo na área marcada (Continua).

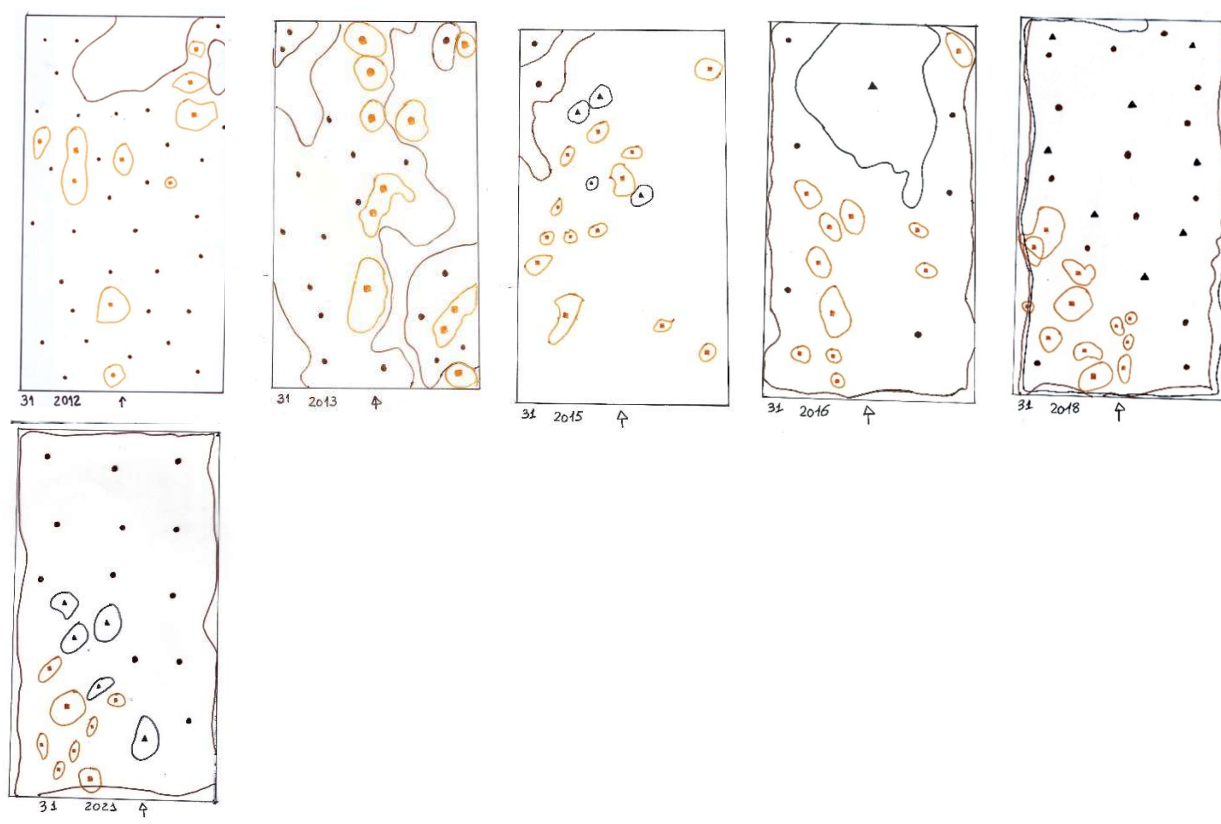




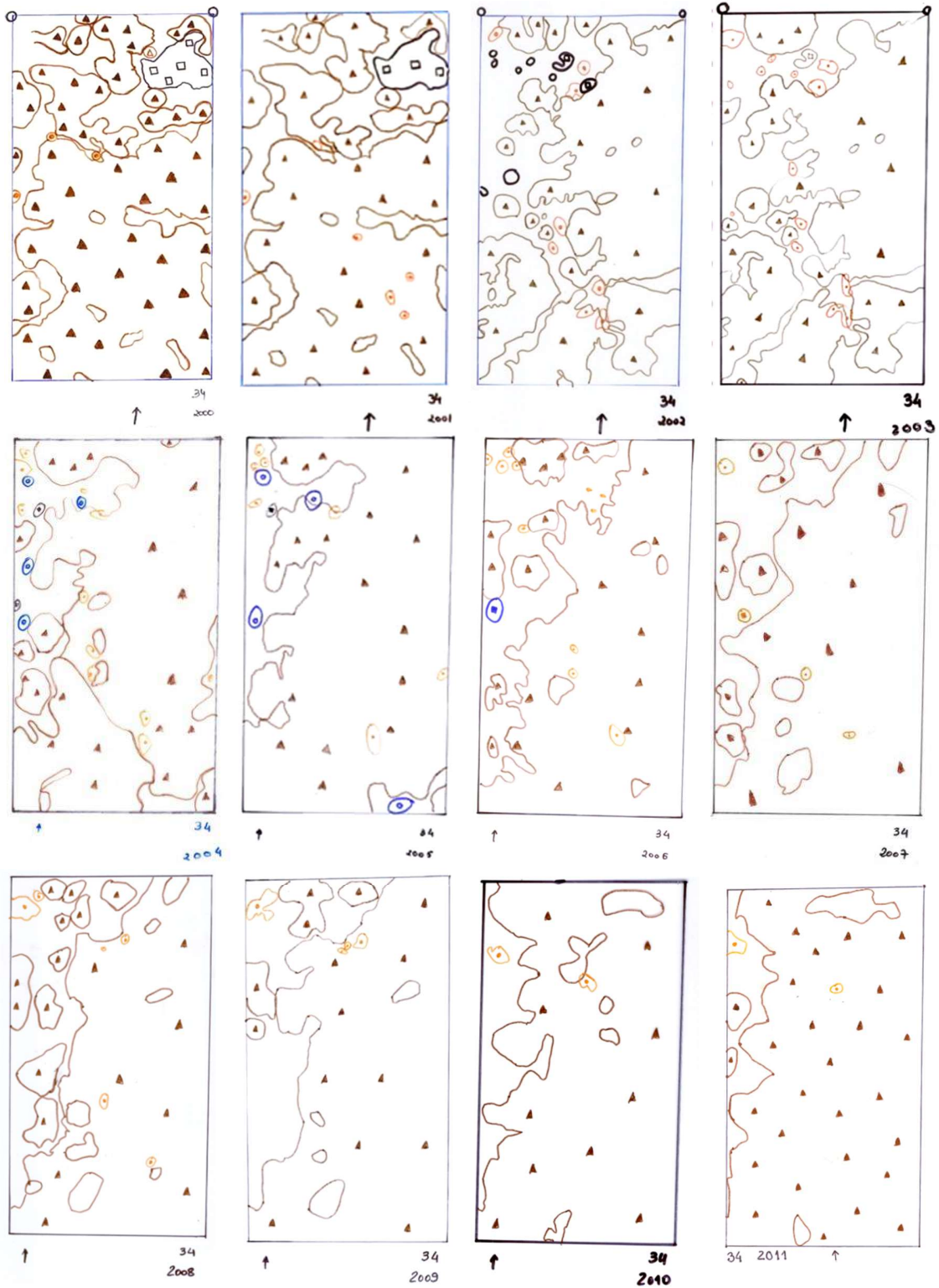
**Figura 2.32.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 30, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021. No ano de 2001 não foi possível elaborar a digitalização, devido a ocorrência de fogo na área marcada.

**Levantamento 31**

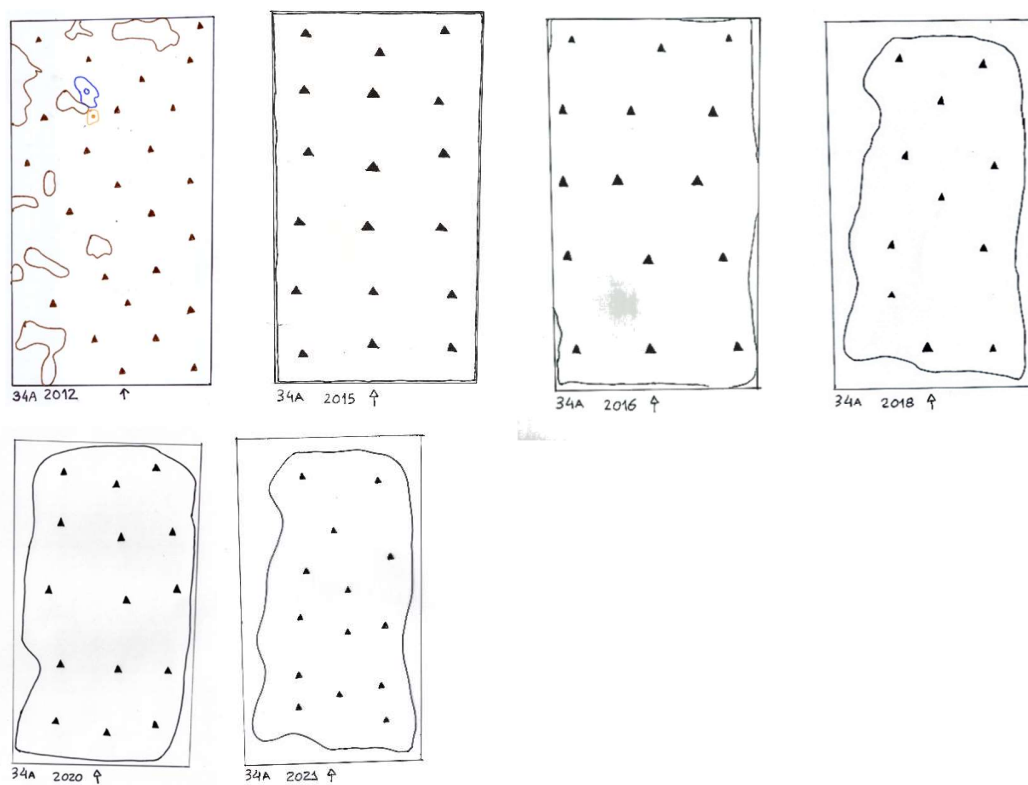
**Figura 2.33.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 31, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



**Figura 2.33.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 31, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

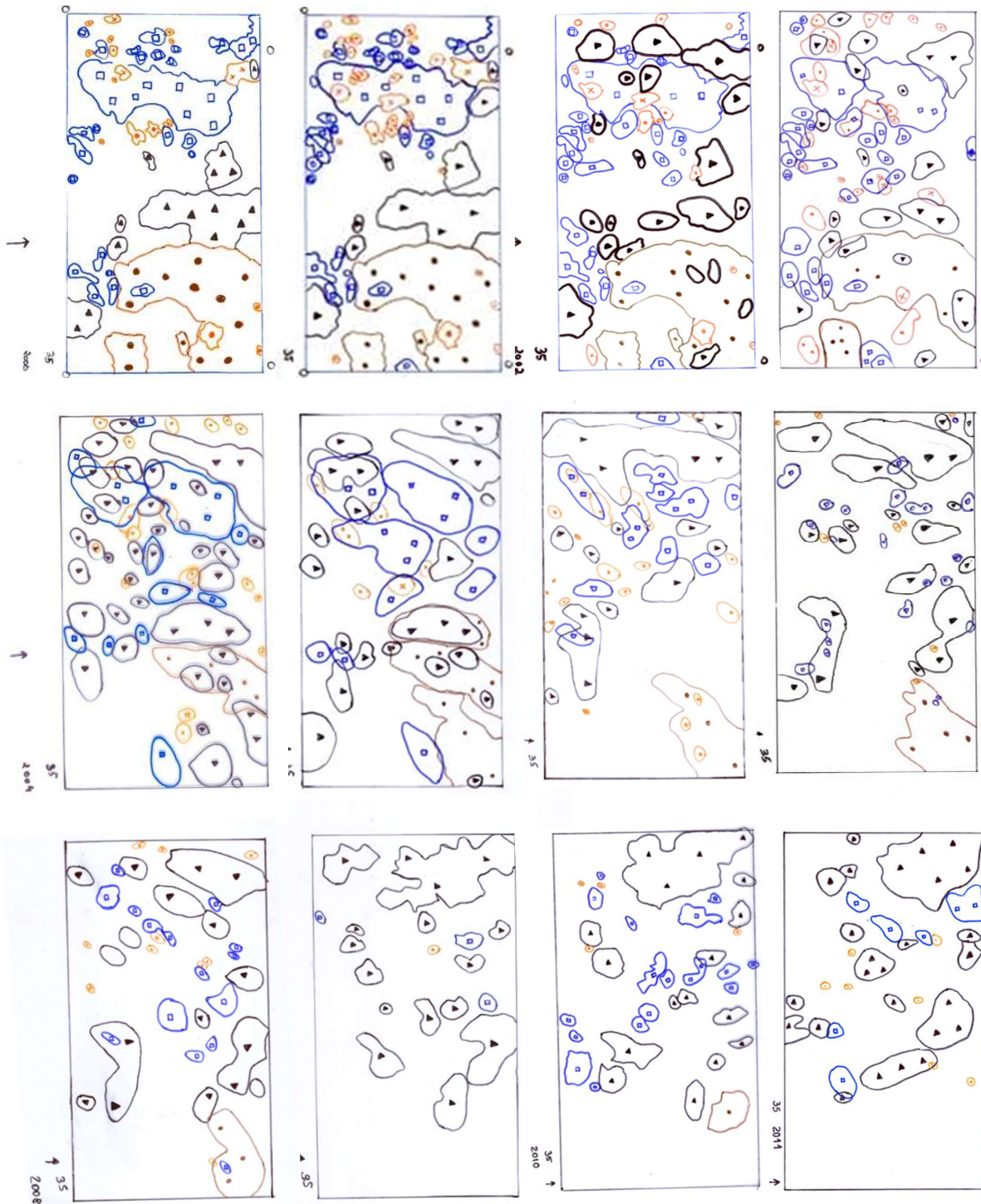
**Levantamento 34 e 34A**

**Figura 2.34.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 34, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).

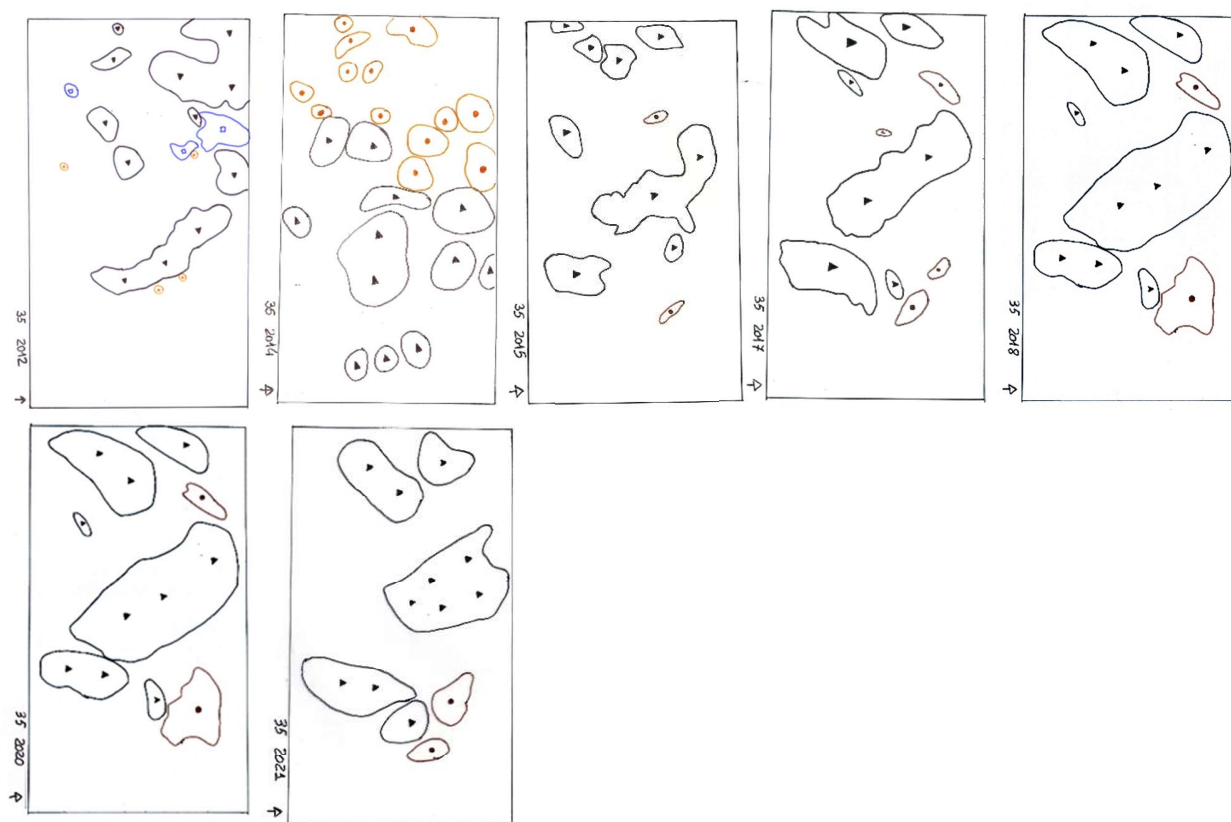


**Figura 2.34.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 34, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

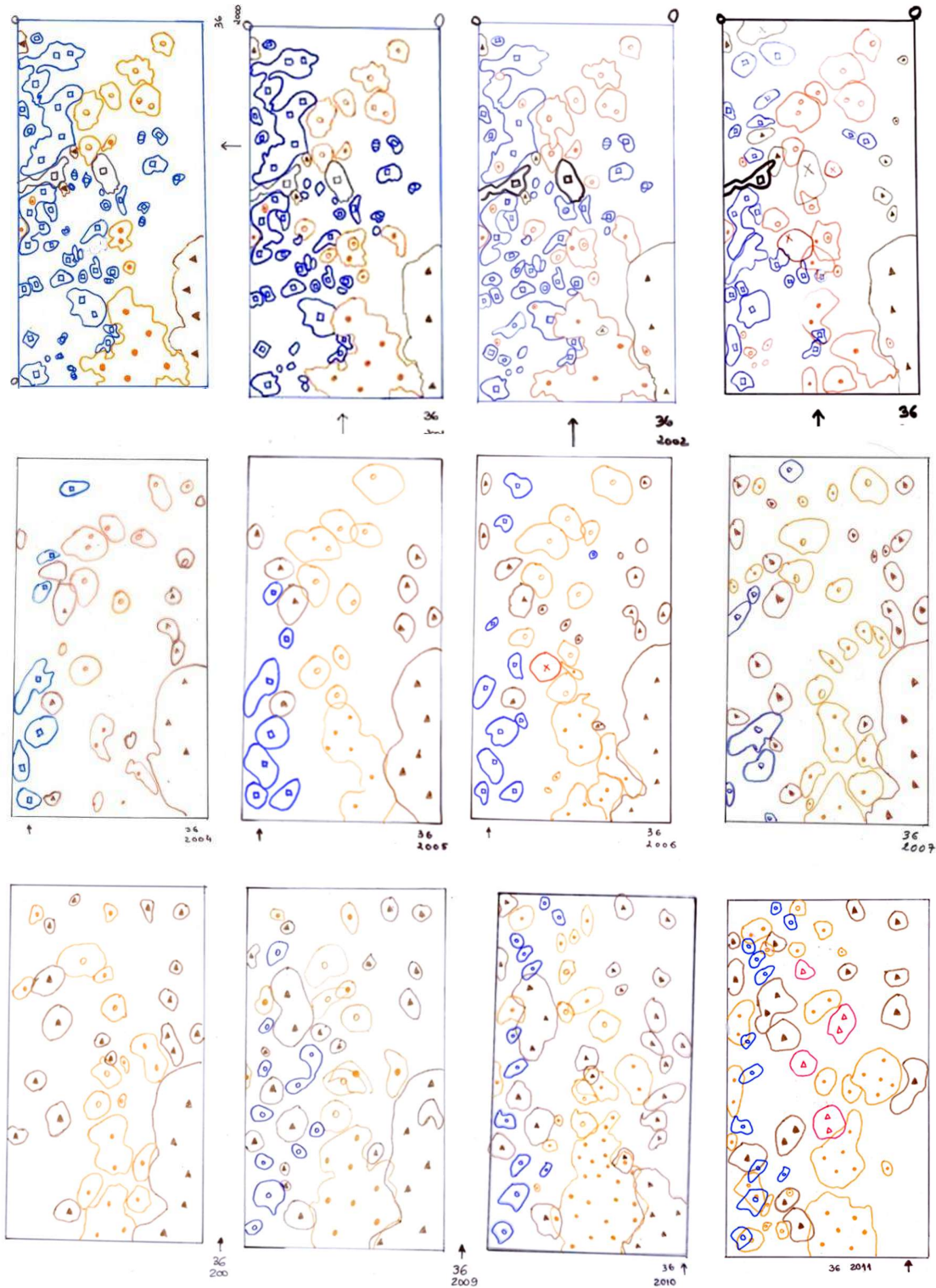


**Levantamento 35**

**Figura 2.35.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 35, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).

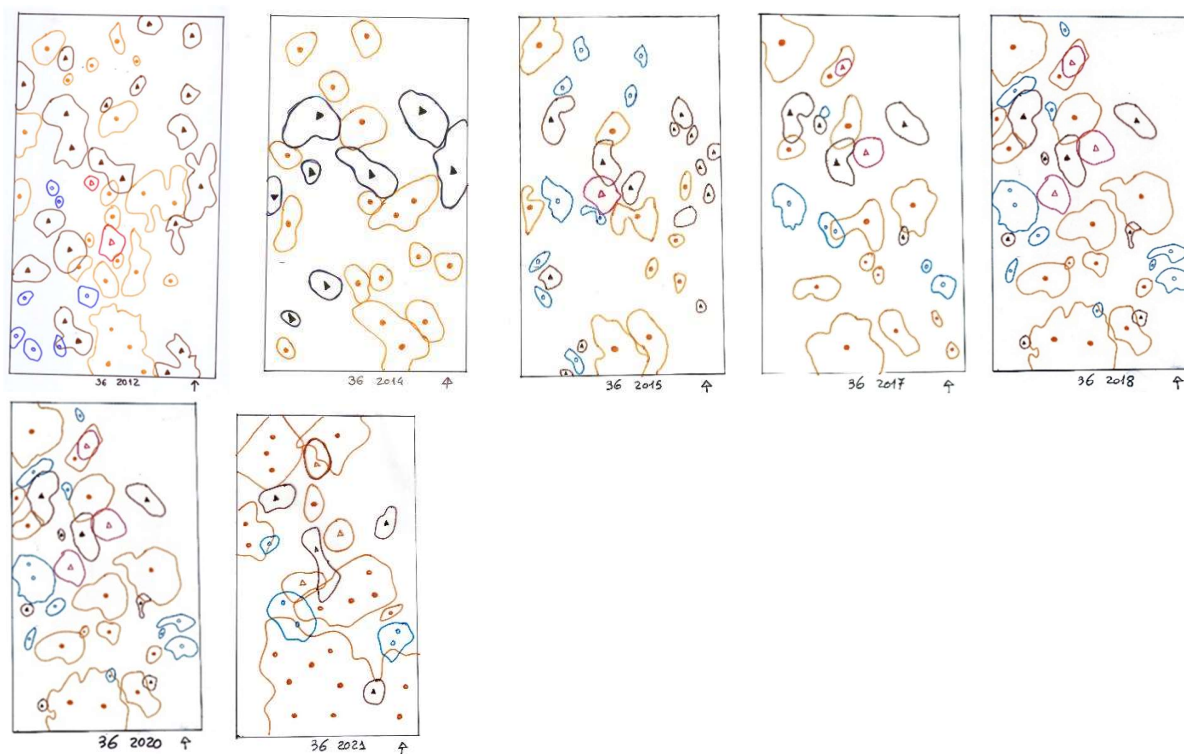


**Figura 2.35.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 35, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamento 36**

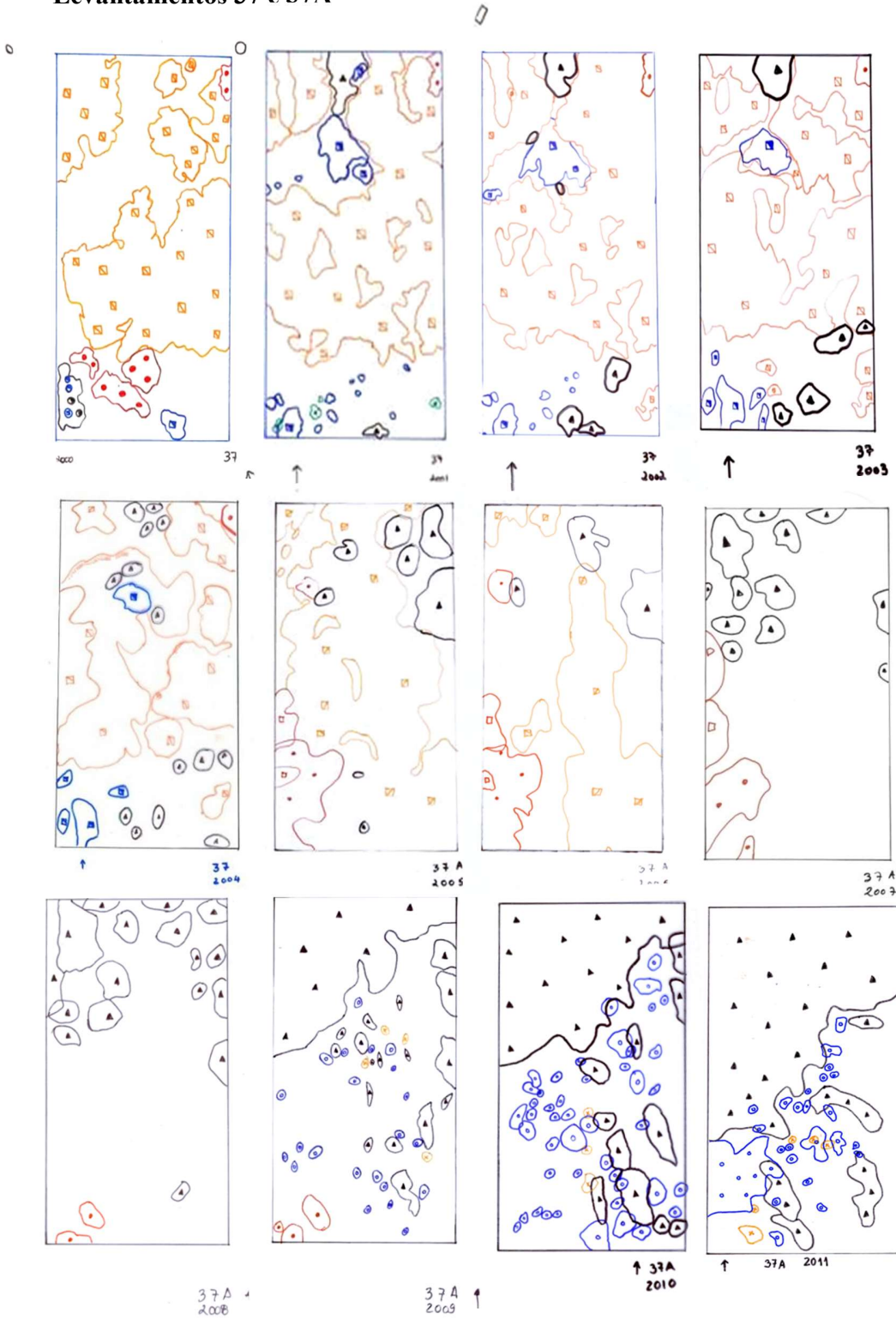
**Figura 2.36.** Evolução da cobertura das espécies epífitas na estação 36, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).





**Figura 2.36.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas na estação 36, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

**Levantamentos 37 e 37A**

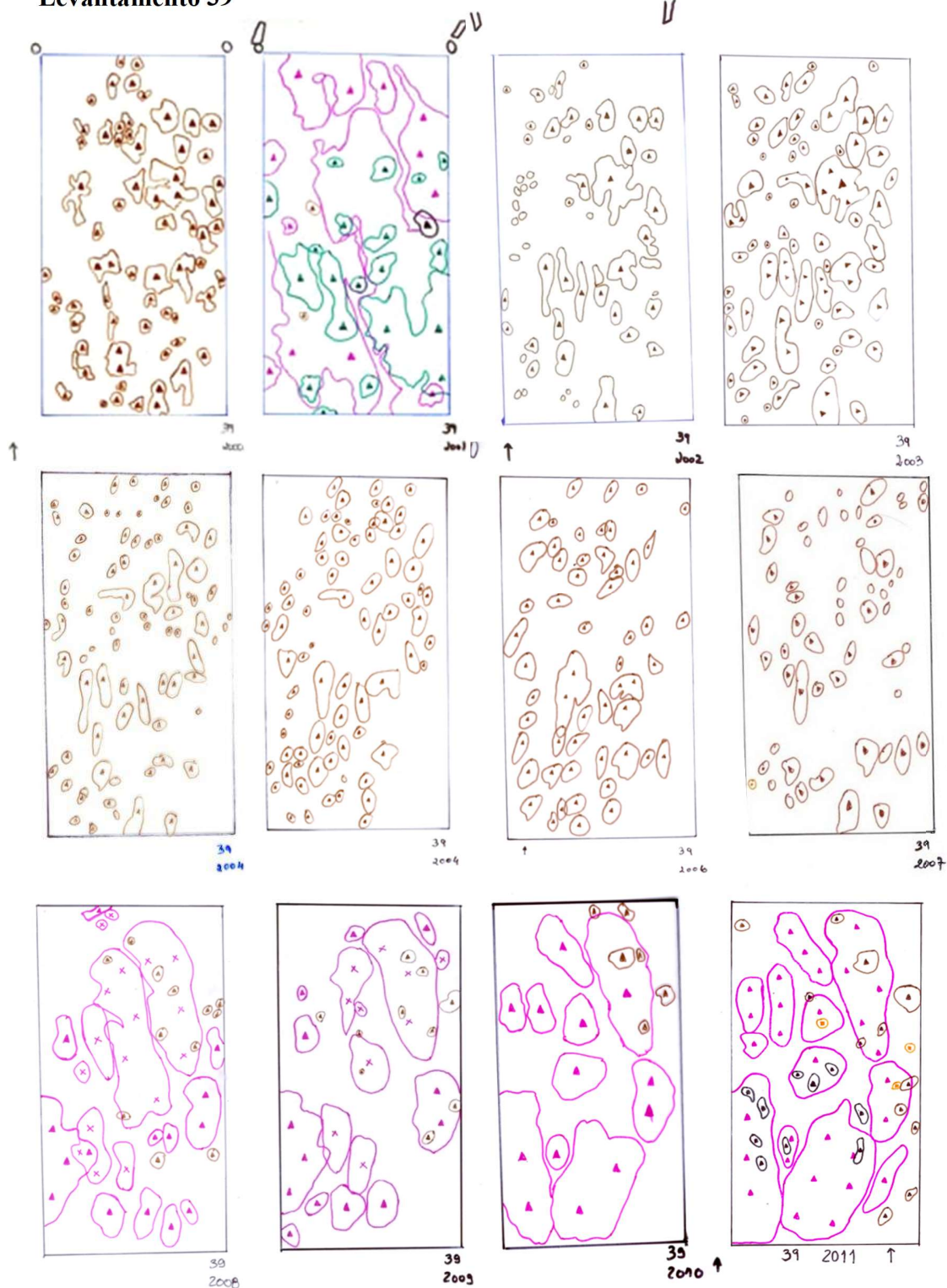


**Figura 2.37.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 37, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).

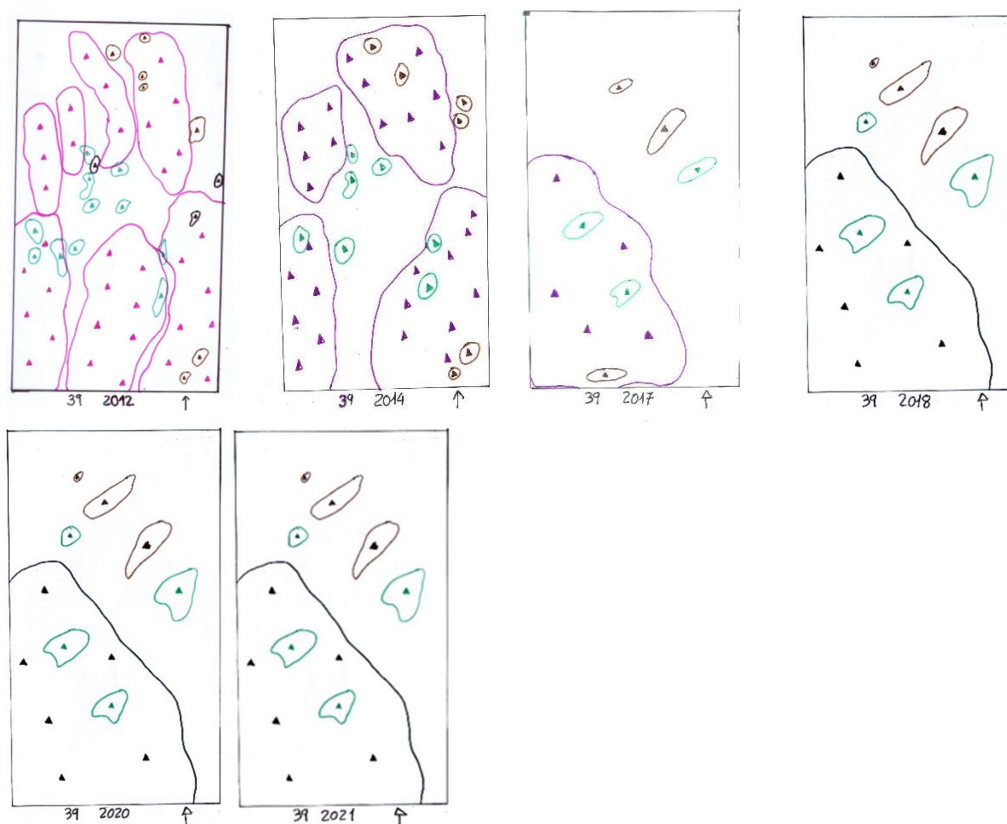


**Figura 2.37.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 37, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.

## Levantamento 39



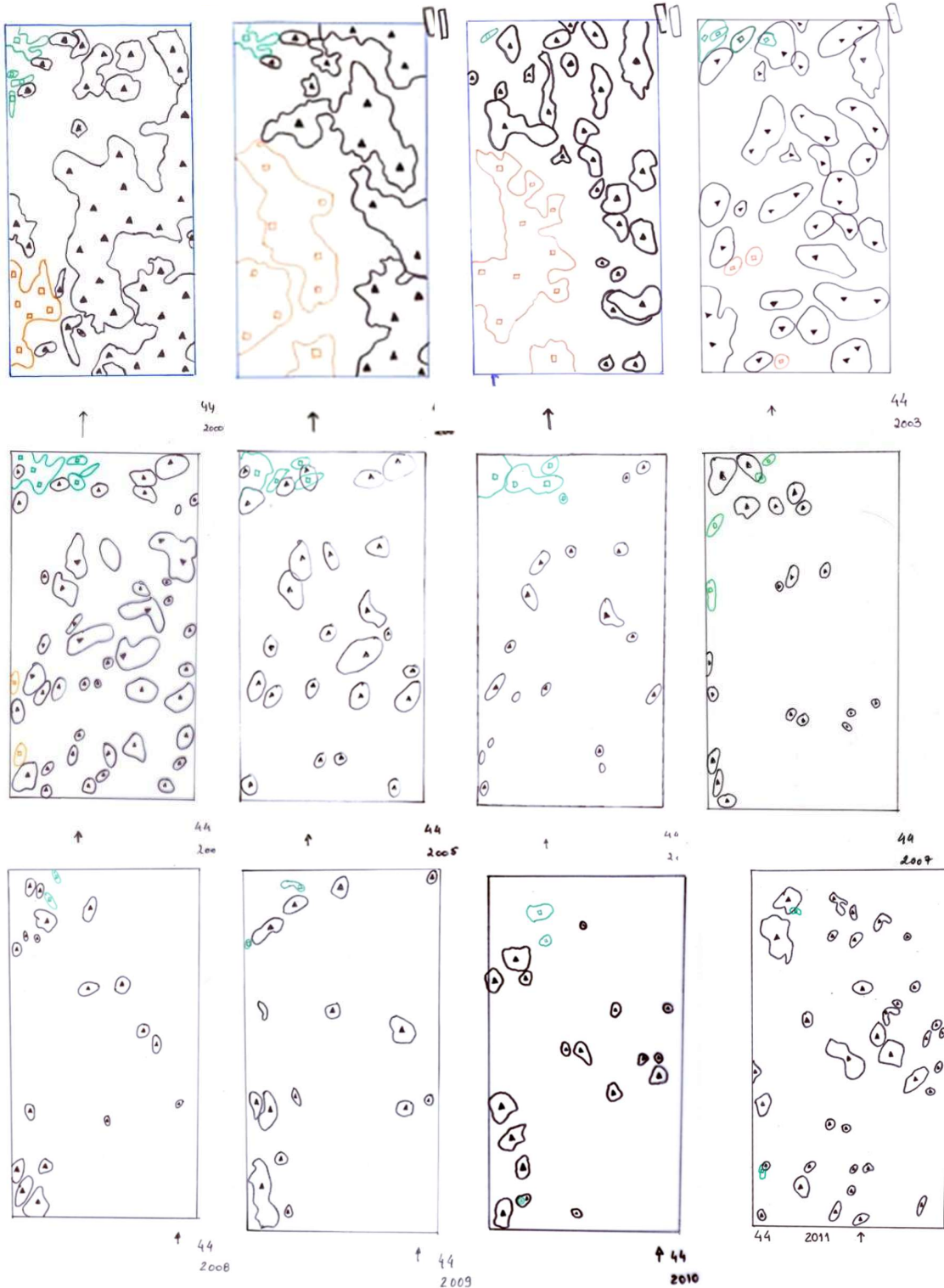
**Figura 2.38.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 39, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



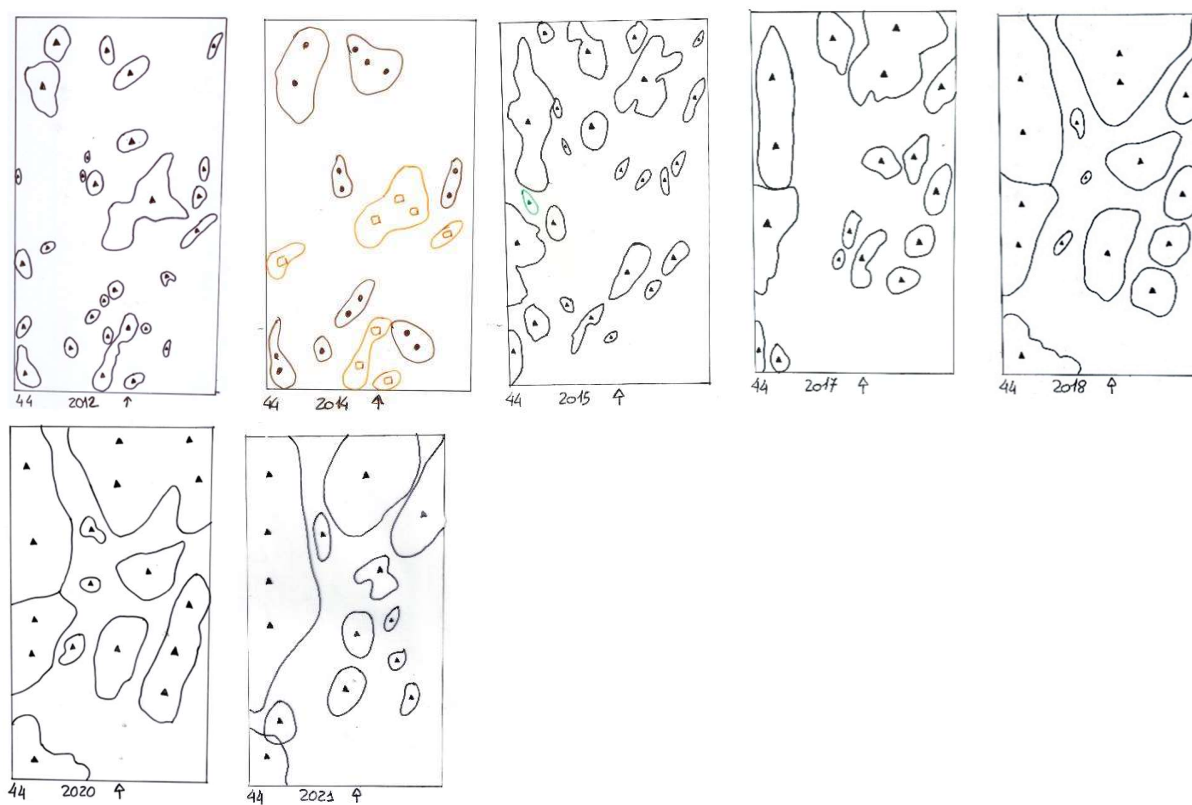
**Figura 2.38.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 39, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.



**Levantamento 44**



**Figura 2.39.** Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 44, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021 (Continua).



**Figura 2.39.** (Continuação) Evolução da cobertura das espécies epífitas, na estação 44, numa área de 220 cm<sup>2</sup>, desde 2000 até 2021.



## 2. 4. Bibliografia

- Bajpai, R., Upreti D. K., Nayaka S., Kumari B. (2010). "Biodiversity, bioaccumulation and physiological changes in lichens growing in the vicinity of coal-based thermal power plant of Raebareli district, north India." *Journal of Hazardous Materials* 174(1-3): 429-436.
- Baldwin, L. K. & Bradfield, G. E. (2005). Bryophyte community differences between edge and interior environments in temperate rain-forest fragments of coastal British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 580-592.
- Basel, B. 1985- Lichens as indicators of air pollution (zone scales of Geneva). *Cellular and Molecular Life Sciences (CMLS)*. 41(4): 534-535.
- Bento-Pereira, F. & Sérgio, C. (1981). Líquenes e briófitos como bioindicadores da poluição atmosférica - II Utilização de uma escala quantitativa para Lisboa. *Revista de Biologia* 12: 297-312.
- Berdanier, B. W., Batarseh M. I., Jiries A. G. & Ziata A. H. (2009). Lichens (*Punctilia rudenta*) as bioindicators for air pollution in Ohio, USA. Role of Ecological Chemistry in Pollution. *Research and Sustainable Development* 149-156: 308.
- Carvalho, P. Figueira, R. Jones, M. Sérgio, C. Sim-Sim, M. & Catarino, F. (2002). Dynamics of epiphytic lichen communities in an industrial area of Portugal. *Bibliotheca Lichenologica* 82: 175-185.
- Geebelen, W.; Hoffmann, M. 2001. Evaluation of bio-indication methods using epiphytes bycorrelating with SO<sub>2</sub> – Pollution parameters. *Lichenologist* 33 (3): 249-260.
- Gerdol, R., R. Marchesini, R., P. Iacumin, P., & and L. Brancaloni L. (2014). Monitoring temporal trends of air pollution in an urban area using mosses and lichens as biomonitors. *Chemosphere* 108: 388-395.
- Gibson, M. D., M. R. Heal, M. R., Z. Y. Li Z. Y., J. Kuchta, J., G. H. King, G. H., A. Hayes, A &, and S. Lambert, S. (. 2013). The spatial and seasonal variation of nitrogen dioxide and sulfur dioxide in Cape Breton Highlands National Park, Canada, and the association with lichen abundance. *Atmospheric Environment* 64:303-31.
- Gilbert, A. B. (1968). The relationship between the erythrocyte sedimentation rate and packed cell volume in the domestic fowl. *British Poultry Science* 9: 297-299.

- Hawksworth D.L. & Rose F. (1970). Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature* 227: 145–148.  
<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>. European Environmental Agency, Report No 9/2020. (Consultado em 11/12/2020).
- Krommer V., Zechmeister H.G., Roder I., Scharf S. & Hanus-Illnar A. (2007). Monitoring atmospheric pollutants in the biosphere reserve Wienerwald by a combined approach of biomonitoring methods and technical measurements. *Chemosphere* 67: 1956-1966.
- Leonardo, L., S. R. Damatto, S. R., B. R. Gios, B. R. and B. P. Mazzilli, B. P. (2014). Lichen specie *Canoparmelia texana* as bioindicator of environmental impact from the phosphate fertilizer industry of Sao Paulo, Brazil. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 299: 1935-1941.
- Mitchell R. J.; Karron J. D.; Holmquist K. G; Bell J. M. (2004). The influence of floral display size on pollinator visitation patterns. *Functional Ecology* 18: 116–124.
- Sérgio C. & Sim-Sim M. (1985). Estudo da poluição atmosférica no estuário do Tejo. A vegetação epifítica como bioindicadora. *Portugaliae Acta Biologica* (B), 14 :213-244.
- Sim-Sim, M., Fontinha, S., Mues, R. & Lion, U. (2000) A new *Frullania* species (subg. *Frullania*) from Deserta Grande, Madeira archipelago, *Frullania sergiae* sp. nov. *Nova Hedwigia* 71: 185 -193.
- Szczepaniak K, Biziuk M. (2003). Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. *Environmental Research* 93: 221—230
- Yatawara, M., Dayananda, N. (2019). Use of corticolous lichens for the assessment of ambient air quality along rural–urban ecosystems of tropics: A study in Sri Lanka. *Environmental Monitoring and Assessment*.191-179.

### **3. ECOSSISTEMA ESTUARINO - Fitoplâncton**

#### **3.1 Amostragem e Metodologia**

Este relatório corresponde ao relatório anual, tendo sido efectuadas 8 amostragens da coluna de água, entre Fevereiro de 2021 a Dezembro de 2021, nos quatro pontos La1, La2, La3 e La4, localizados no estuário do Tejo. Refira-se que os resultados de nutrientes e de pigmentos relativos a Dezembro não são apresentados neste relatório, dado que não houve tempo de os analisar após a saída de campo (10 de Dezembro).

Foi seguida a metodologia dos relatórios anteriores, referente ao programa de monitorização dos ecossistemas terrestre e estuarino na envolvente à CTRSU de S. João da Talha. De referir que as campanhas efectuadas com o Instituto Hidrográfico foram as de Fevereiro, Abril e Dezembro de 2021, a bordo da lancha hidrográfica UAM Fisália. Nos restantes meses, as amostragens foram efectuadas a bordo da lancha dos Bombeiros de Sacavém BSRS 1 – Nossa Senhora da Saúde ou Bombeiros de Alcochete - Alcatejo.

#### **3.2 Resultados**

##### *3.2.1 Parâmetros físicos*

Os valores dos factores climáticos e parâmetros físicos da água durante o período de amostragem são apresentados na tabela 3.1. Para a temperatura do ar (°C) e temperatura superficial da água (°C), são apresentados os valores médios registados das 4 estações e para a salinidade e pH são apresentados os valores medidos durante as amostragens para os pontos La1, La2, La3 e La4.

A temperatura média da água, nas 4 estações, variou entre 13,51 – 23,92°C. As temperaturas mais baixas foram registadas nos meses de Fevereiro, Março e Dezembro e as temperaturas mais elevadas em Agosto e Setembro, sem grande variação entre os pontos de amostragem.

**Tabela 3.1.** Valores de temperatura do ar (°C), temperatura da água (°C), média das 4 estações para as datas amostradas. Valores de salinidade e pH para La1, La2, La3 e La4.

Data	Média 4 estações		La1		La2		La3		La4	
	Temp. ar (°C)	Temp. água (°C)	Salinidade (‰)	pH	Salinidade (‰)	pH	Salinidade (‰)	pH	Salinidade (‰)	pH
19/02/2021	14.00	14.43	8.00	8.07	16.00	8.11	10.45	7.87	12.65	8.56
22/03/2021	13.25	14.31	7.54	8.09	23.35	8.15	10.45	8.26	19.08	8.18
19/04/2021	16.50	17.51	6.53	7.89	16.00	7.79	10.43	8.04	14.40	8.12
04/05/2021	20.60	17.66	8.80	8.04	25.29	8.03	19.01	8.03	20.46	8.03
01/06/2021	18.00	20.28	6.99	8.11	27.00	7.95	11.70	7.96	23.75	7.88
16/07/2021	24.25	20.67	10.70	7.92	19.05	7.82	19.88	7.94	25.01	7.72
02/08/2021	28.55	21.07	18.13	8.01	28.73	7.73	21.47	8.03	25.26	8.08
01/09/2021	28.65	23.92	23.55	8.14	32.33	7.88	30.44	8.02	30.70	8.05
13/10/2021	22.35	20.23	17.41	8.09	30.88	8.02	22.41	8.06	31.65	8.05
10/12/2021	14.95	13.51	22.00	7.86	30.00	7.89	28.87	8.11	30.35	7.94

A salinidade variou entre 6,53 e 32,33 sendo que o valor mais baixo foi registado na La1, estação a montante e os valores mais altos foram observados nas estações La2 e La4, 24,86 e 23,33 respectivamente.

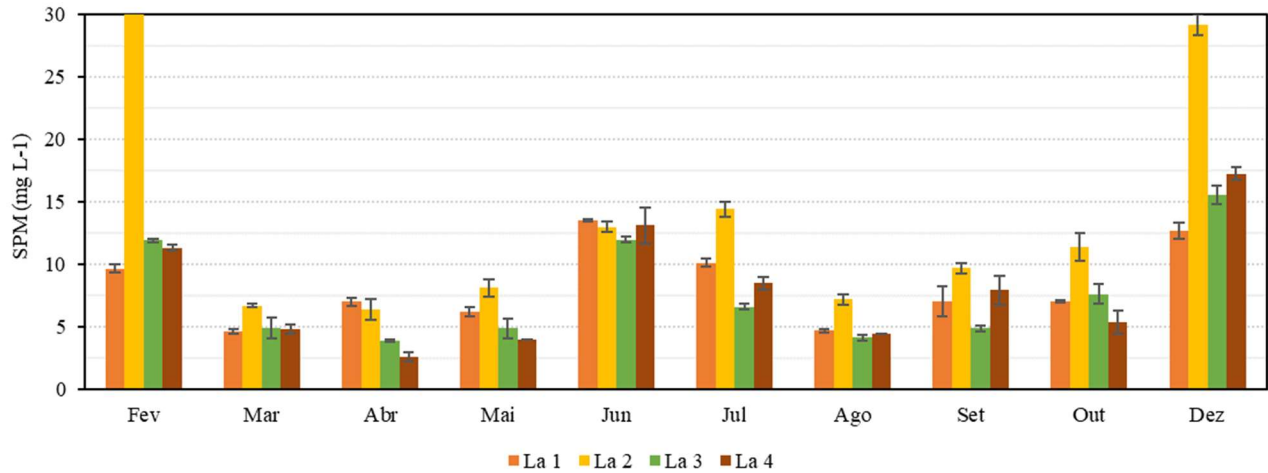
Os valores de pH variaram entre 7,72 e 8,56 sendo o La2 o mais baixo 7,94 mas mantendo-se dentro do leque de valores típicos de águas estuarinas.

### 3.2.2 Parâmetros químicos

Os valores dos parâmetros químicos: matéria particulada em suspensão (SPM, mg L<sup>-1</sup>) e concentração em nutrientes na coluna de água, nomeadamente [ião amónio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitritos e nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) Orto-fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3+</sup>) e silicatos (SiO<sub>2</sub>) expressos em (μmol L<sup>-1</sup>), registados nas 10 amostragens realizadas nos pontos de amostragem La1, La2, La3 e La4, são apresentados nas figuras 3.1, 3.2, 3.3.

Os valores de matéria particulada em suspensão (SPM, mg L<sup>-1</sup>) na coluna de água evidenciam uma diferença pronunciada entre a estação de amostragem La2 em relação às restantes. O ponto La2 regista em geral valores superiores aos pontos La1, La3 e La4, sendo que a La2 regista

sempre os valores mais elevados, exceptuando em Junho em que os valores são semelhantes aos restantes. O valor máximo registado ( $52,40 \text{ mg L}^{-1}$ ) foi em Fevereiro nesse ponto. O valor médio de todas as estações, ao longo do ano, foi de  $9,92 \text{ mg L}^{-1}$ .

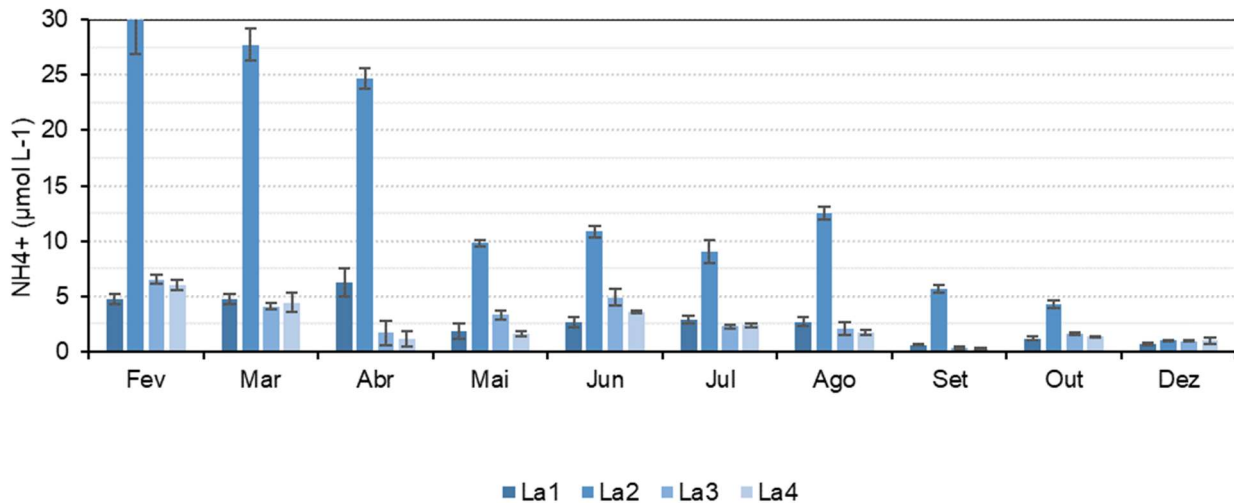


**Figura 3.1.** Matéria particulada em suspensão ( $\text{mg L}^{-1}$ ) à superfície da coluna de água, nos quatro pontos de amostragem, La1, La2, La3 e La4 (o valor de La2 em Fevereiro é de  $52,40 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Em conformidade com os anos anteriores foi observado que as concentrações de  $\text{NH}_4^+$  mais elevadas foram encontradas no ponto de amostragem La2, com o valor máximo de  $31,45 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$  em Fevereiro (Figura 3.2). Os valores neste ponto nos primeiros meses do ano foram muito superiores ao ano anterior e por isso o valor médio de concentração de amónia dissolvida foi de  $13,70 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ , enquanto o valor médio dos pontos La1, La3 e La4 é inferior a  $3 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ . Este resultado está relacionado com o facto de a La2 estar localizada num canal estreito e de baixa profundidade.

As concentrações de orto-fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) apresentam valores muito semelhantes ao longo do ano (Figura 3.3). Os valores decrescem de montante para jusante, sendo menores em Setembro.

A principal fonte de silicatos e nitratos é o rio, evidenciado pelos valores mais elevados no ponto La1 durante todo o ano.



**Figura 3.2.** Concentração de amónia dissolvida ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) à superfície de água, nos quatro pontos de amostragem, La1, La2, La3 e La4 (o valor do La2 em Fevereiro é  $31,45 \mu\text{mol L}^{-1}$ )

O pico de concentração máximo de  $\text{SiO}_2$  foi no ponto La1 no mês de Fevereiro ( $90,63 \mu\text{mol L}^{-1}$ ). As concentrações mais baixas em todas as estações foram observadas nos meses entre Maio e Setembro (onde se registaram os valores mais baixos).

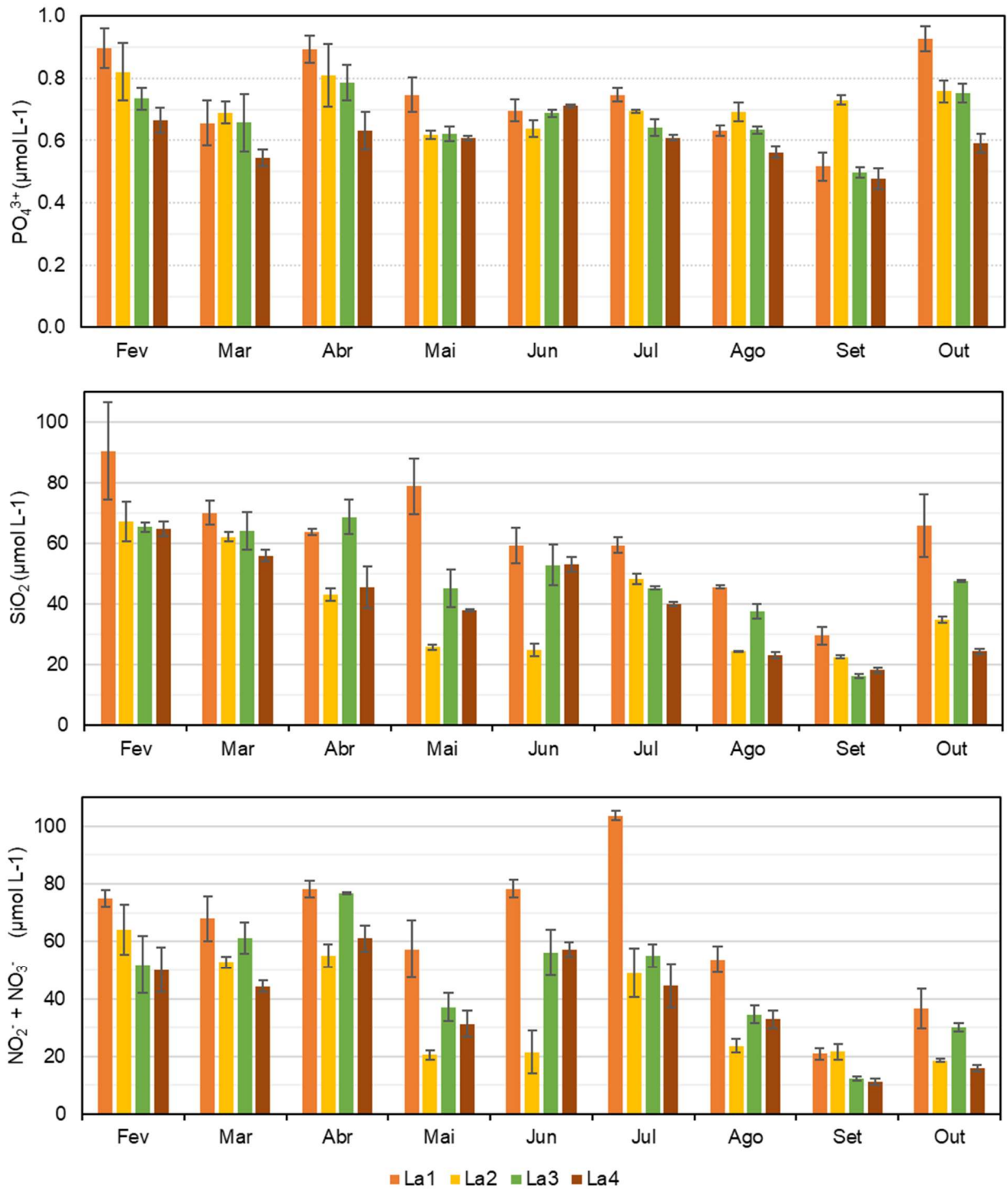
Os valores de  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  sofrem idêntico decréscimo de montante para jusante. Obtivemos um máximo de concentração de  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  no mês de Julho no ponto La2 ( $54,95 \mu\text{mol L}^{-1}$ ). Em todos os pontos de amostragem foram registados valores mais elevados entre Fevereiro e Abril que coincide com o final do Inverno e Primavera e valores mais baixos de Maio a Outubro.

### 3.2.3 Comunidade de Fitoplâncton

A clorofila *a* é utilizada como indicador de biomassa do fitoplâncton. Deste modo podemos verificar a variação da biomassa fitoplanctónica ao longo do ano calculando a concentração de clorofila *a* à superfície da coluna de água como mostra a figura 3.4 para as estações amostradas.

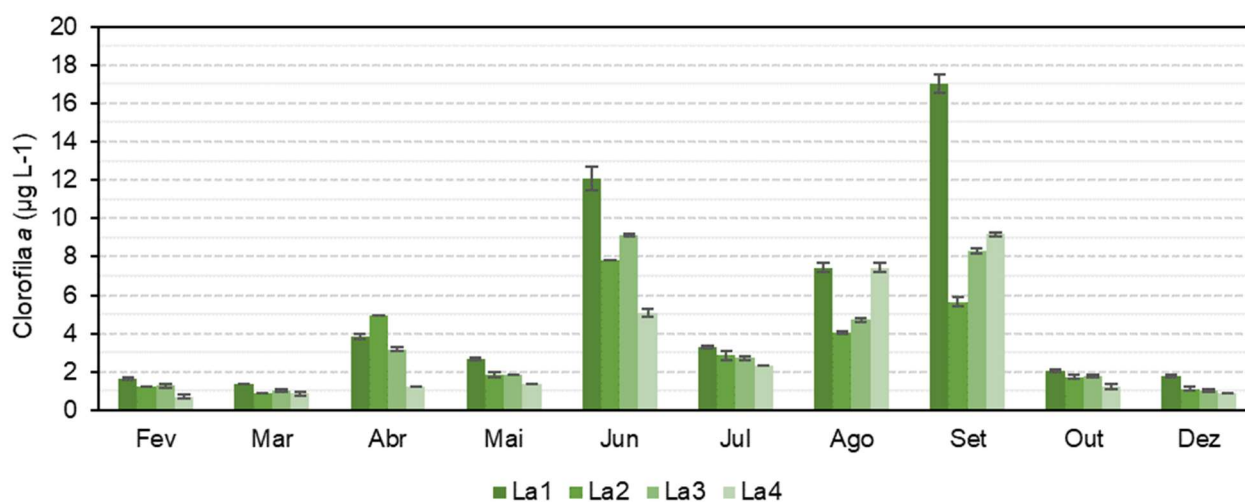
Os meses de Verão (de Junho a Setembro) continuam a ser os meses mais produtivos (concentrações elevadas de clorofila *a*). Este padrão é consistente com o padrão sazonal observado na série temporal (ver Figura 3.7).





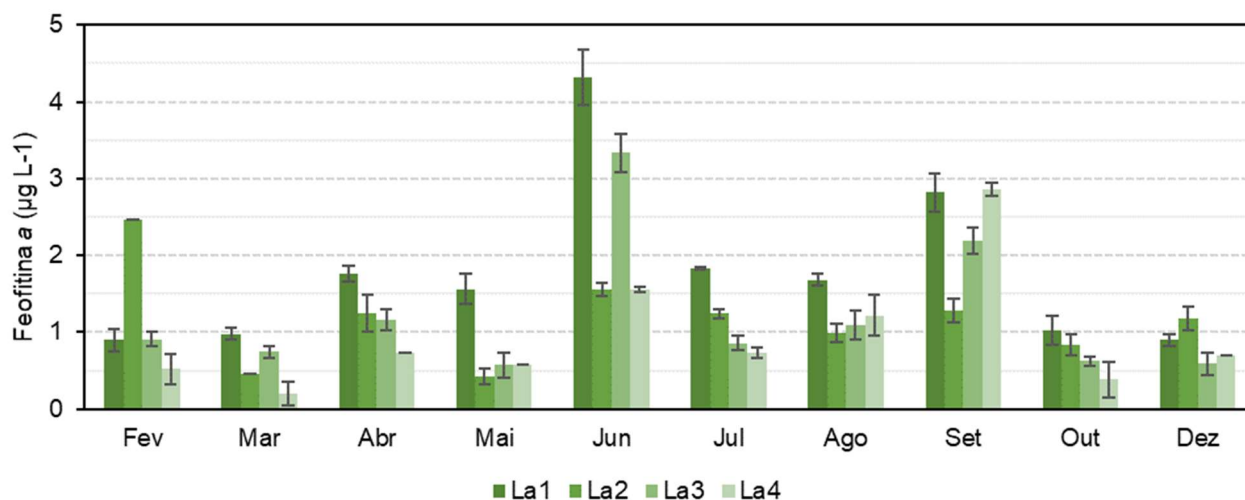
**Figura 3.3.** Concentração de orto-fosfatos ( $\text{PO}_4^{3+}$ ), silicatos ( $\text{SiO}_2$ ) e nitritos-nitratos ( $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ), em  $\mu\text{mol L}^{-1}$ , à superfície de água, nos quatro pontos de amostragem, La1, La2, La3 e La4.

Os valores de Chla para os meses mais frios, Fevereiro, Março, Outubro e Dezembro são baixos (inferiores a  $2 \mu\text{g L}^{-1}$ , em todos os pontos de amostragem), e mais elevados nos meses de Verão, (Junho a Setembro). A estação com o valor mais elevado é La1, atingindo um máximo no mês de Setembro ( $17,02 \mu\text{g L}^{-1}$ ). O valor médio de clorofila *a* do ano de 2021 para todas as estações foi de  $3,77 \mu\text{g L}^{-1}$  perto da média calculada desde o início desta monitorização (1999 a 2021 -  $3,86 \mu\text{g L}^{-1}$ ).



**Figura 3.4.** Concentração de clorofila *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) à superfície da água, nos quatro pontos de amostragem, La1, La2, La3 e La4 lida por espectrofotometria.

A presença de material detrítico vegetal é de grande relevância em estuários e pode ser inferido pela determinação das concentrações de feopigmentos (figura 3.5). A sazonalidade dos feopigmentos é semelhante à sazonalidade da clorofila *a*. As estações de maior produtividade em clorofila são também as que apresentam maiores concentrações de feofitina *a* (Junho e Setembro).

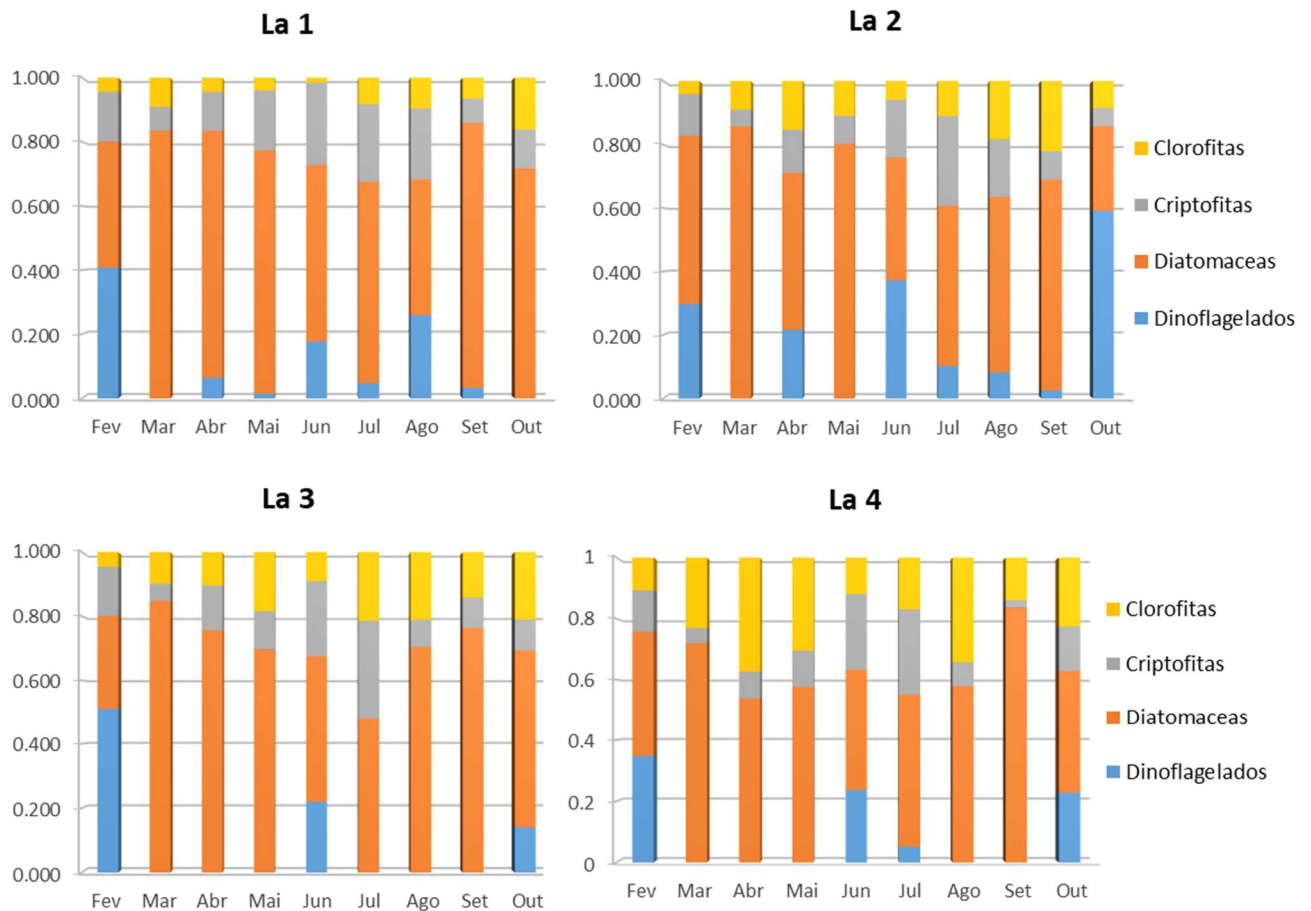


**Figura 3.5.** Concentração de feopigmentos ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) à superfície da água, nos quatro pontos de amostragem, La1, La2, La3 e La4 lida por espectrofotometria.

A composição taxonómica do fitoplâncton foi estudada através da análise dos pigmentos fotossintéticos na coluna de água por HPLC. Os pigmentos fucoxantina, diadinoxantina, diatoxantina e clorofila  $c_1+c_2$  são indicadores da presença de diatomáceas. A existência de dinoflagelados autotróficos é indicada pela presença de peridinina. O pigmento aloxantina é indicador da presença de criptófitas, uma vez que este pigmento é exclusivo desta classe. A presença de clorófitas é diagnosticada pela presença dos pigmentos: clorofila b, luteína e violoxantina, embora, nesta área do Estuário do Tejo, também possa indicar a presença de detritos vegetais em suspensão na coluna de água. Deste modo, a abundância dos principais grupos de Fitoplâncton: diatomáceas, dinoflagelados, criptófitas e clorófitas, é dada por quatro pigmentos diagnosticantes: fucoxantina, peridinina, aloxantina e clorofila b, respectivamente. A abundância relativa de cada uma destas classes é calculada através da razão entre o respectivo pigmento diagnosticante e a soma do conjunto dos quatro pigmentos.

A figura 3.6 ilustra a distribuição relativa, em percentagem, das principais classes presentes de Fevereiro a Outubro de 2021 para os quatro pontos de amostragem estudados (La1, La2, La3 e La4). Pode verificar-se a predominância das diatomáceas em todas os pontos de amostragem, ao longo de todo o ano. O grupo de dinoflagelados existe ao longo do ano no ponto La2 enquanto nos outros pontos (La1, La3 e La4) aparecem nos meses de Outubro, Fevereiro e Junho. Este grupo é o grupo com menor expressão em todos os pontos de amostragem. Em relação aos outros dois grupos, as clorófitas existiram em maior quantidade nos meses de Verão (Junho a Agosto), enquanto as criptófitas atingem os valores mais elevados nos meses de Verão. Pode assim

afirmar-se que a comunidade de fitoplâncton do Estuário do Tejo, na zona estudada, apresenta uma composição típica de estuários, sem alterações significativas em relação aos últimos anos.

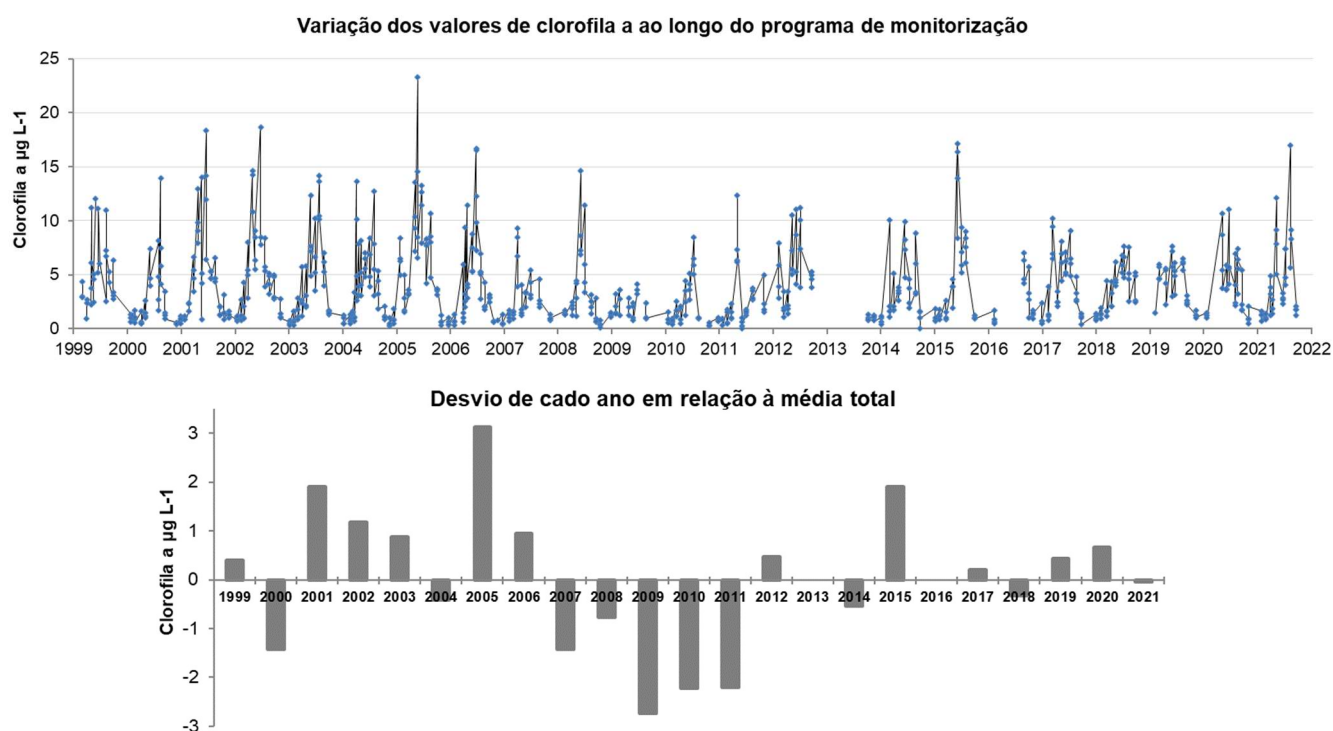


**Figura 3.6.** Abundância relativa das classes fitoplanctónicas a partir da composição pigmentar das amostras, de Fevereiro a Outubro de 2021, nos 4 pontos de amostragem.

### 3.3 Considerações finais

A figura 3.7 (topo) mostra a variação da Clorofila *a* (analisada por espectrofotometria) em todas as estações, desde o início da monitorização, em 1999, com todas as colheitas realizadas. O gráfico de baixo mostra as anomalias verificadas ao longo da série interanual. Dado que, nos últimos anos, as amostragens não cobriram todos os meses, para esta figura foram tidos em conta apenas os valores de clorofila *a* obtidos entre os meses de Março e Setembro, de cada ano. Assim, calcularam-se as médias de cada ano para o período de Março a Setembro, seguidamente calculou-se a diferença entre o valor médio de cada período e o valor da média de todos os anos para o mesmo período, ou seja, a média global de Março a Setembro ( $4,83 \mu\text{g L}^{-1}$ ). No período de 2006 a 2011, verificou-se um decréscimo dos valores de clorofila *a*, o que pode estar

relacionado com a introdução da amêijoja japonesa (*Ruditapes philippinarum*) no Estuário do Tejo, que atingiu valores de biomassa muito elevados, sobretudo durante o período em que a sua apanha era proibida. Nos anos a partir de 2012, as oscilações inter-anuais são semelhantes às do período até 2006, sendo os factores hidrológicos e climáticos os principais vectores que influenciam a concentração de clorofila *a* no estuário. Verificou-se também um decréscimo anual na concentração de clorofila *a* nestes últimos anos.



**Figura 3.7.** Concentração de clorofila *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) nas estações de amostragem desde 1999 até 2021. Gráfico de topo: valores de clorofila *a* registados em cada estação, em todas as datas. Gráfico de baixo: desvio da média de cada ano em relação ao valor da média total ( $4,83 \mu\text{g L}^{-1}$ ) até ao ano de 2021 (cálculo efectuado com os dados de Março a Setembro).

Em conclusão, não se nota alteração no tipo da comunidade fitoplanctónica presente no estuário decorrente da actividade da CTRSU de S. João da Talha. Com efeito, mantém-se a dominância de diatomáceas, ao longo do ano, em todos os pontos de amostragem; as outras classes encontradas são as características de ambientes estuarinos. Os grupos taxonómicos potencialmente causadores de fenómenos de “*blooms*” nocivos, nomeadamente dinoflagelados continuam a apresentar concentrações baixas. De realçar a importância desta série temporal, que cobre agora um período de 20 anos, constituindo um conjunto de resultados raros no país, e de grande relevância para a monitorização dos ecossistemas estuarinos.

## 4. ECOSSISTEMA ESTUARINO – Vegetação de sapal

Os dados apresentados neste relatório referem-se ao período compreendido entre Outubro de 2020 e Outubro de 2021, tendo as amostras das partes aéreas e radiculares de *Sarcocornia perennis* e *Halimione portulacoides* sido recolhidas, na mancha de sapal adjacente à CTRSU de S. João da Talha, e levados para a análise dos metais pesados.

Os resultados obtidos foram comparados, à semelhança dos anos anteriores, numa escala anual, com os obtidos em anos anteriores. Por último avaliou-se a evolução da qualidade ambiental através da comparação das médias anuais com a média determinada com os valores obtidos ao longo do período em estudo (2004-2021).

### 4.1. Metodologia

As concentrações de zinco (Zn), chumbo (Pb), cobre (Cu), cádmio (Cd), níquel (Ni), crómio (Cr) e cobalto (Co), foram determinadas em amostras de *Halimione portulacoides* e *Sarcocornia perennis* recolhidas no final da época de crescimento, nas manchas de sapal adjacentes à CTRSU. No laboratório as plantas foram lavadas com água desmineralizada, separadas em duas fracções (parte aérea e radicular) e colocadas a secar, numa estufa a 60 °C, durante pelo menos 48 h, até obtenção de peso constante. Após secagem, a matéria vegetal foi submetida a um processo de moagem utilizando um moinho de esferas (Glen CrestomMM2000).

#### 4.1.1. Determinação das concentrações de metais pesados na vegetação

As amostras de material vegetal (aproximadamente 100 mg) foram digeridas com 2 mL de uma mistura ácida de HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub> (7:1 v/v) a 110 °C, durante 3 horas. As concentrações de metais no produto da digestão foram determinadas através de espectroscopia por fluorescência de raios X com reflexão total (TXRF PICOFOX S2, Bruker). Todos os elementos foram medidos de acordo em comparação com o standard interno (Gálio) A escolha do aparelho foi efectuada de acordo com os níveis de metais detectados e o limite de detecção de cada aparelho (Tabela 4.1). De forma a testar a eficácia do método e de proceder à respectiva validação do protocolo, foram utilizados padrões de referência internacionais (CRM 145, CRM 146 e BCR 62). Para todos os



metais analisados os valores foram consistentes e encontravam-se dentro dos valores certificados ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 4.1.** Limites de Deteção (ppm) para espectroscopia por fluorescência de raios X com reflexão total (TXRF).

Elemento	Limite de Deteção TXRF (ppm)
Zn	0,47
Cu	0,52
Co	0,48
Cd	0,7
Pb	0,50
Cr	0,34
Ni	0,54

#### 4.2. Resultados e discussão

Vários estudos referem a importância dos halófitos como indicadores da contaminação do sistema estuarino (Válega et al., 2008; Caçador et al., 2012; Santos et al., 2014). As plantas retiram os metais da água intersticial e acumulam-nos nos seus tecidos, registando assim a poluição metálica transportada pelas águas de maré que as banham regularmente. A figura 4.1 mostra as concentrações de zinco (Zn), chumbo (Pb), cobre (Cu), cádmio (Cd), crómio (Cr), níquel (Ni) e cobalto (Co) determinadas no sistema radicular e nas partes aéreas de *Sarcocornia perennis* e *Halimione portulacoides*, duas das espécies mais representativas das manchas de sapal adjacentes à CTRSU, recolhidas em Outubro, altura que corresponde ao final da época de crescimento destas plantas e em que as plantas apresentam as concentrações acumuladas ao longo do seu ciclo de vida.

Quando comparadas as concentrações de metais pesados determinadas nas plantas de *Sarcocornia perennis* e *Halimione portulacoides* em 2021, com as obtidas no ano anterior de 2020, verifica-se que as concentrações de todos os metais analisados são, de um modo geral, próximas das verificadas no ano de 2020. Apenas o Cr, o Co e o Ni apresentam um ligeiro aumento das concentrações determinadas no sistema radicular de *Sarcocornia*

*perennis*. De salientar que a tendência para um um ligeiro aumento das concentrações de Cr apenas se verificou neste ano de 2021 no sistema radicular de *Sarcocornia perennis*.



**Figura 4.1.** Concentrações ( $\mu\text{g g}$  peso seco) de Zn, Pb, Cu, Cd, Co, Cr e Ni nas partes aérea e radicular de *Sarcocornia perennis* e *Halimione portulacaoides* de 2004 a 2021 ( $n=3 \pm$  erro padrão).

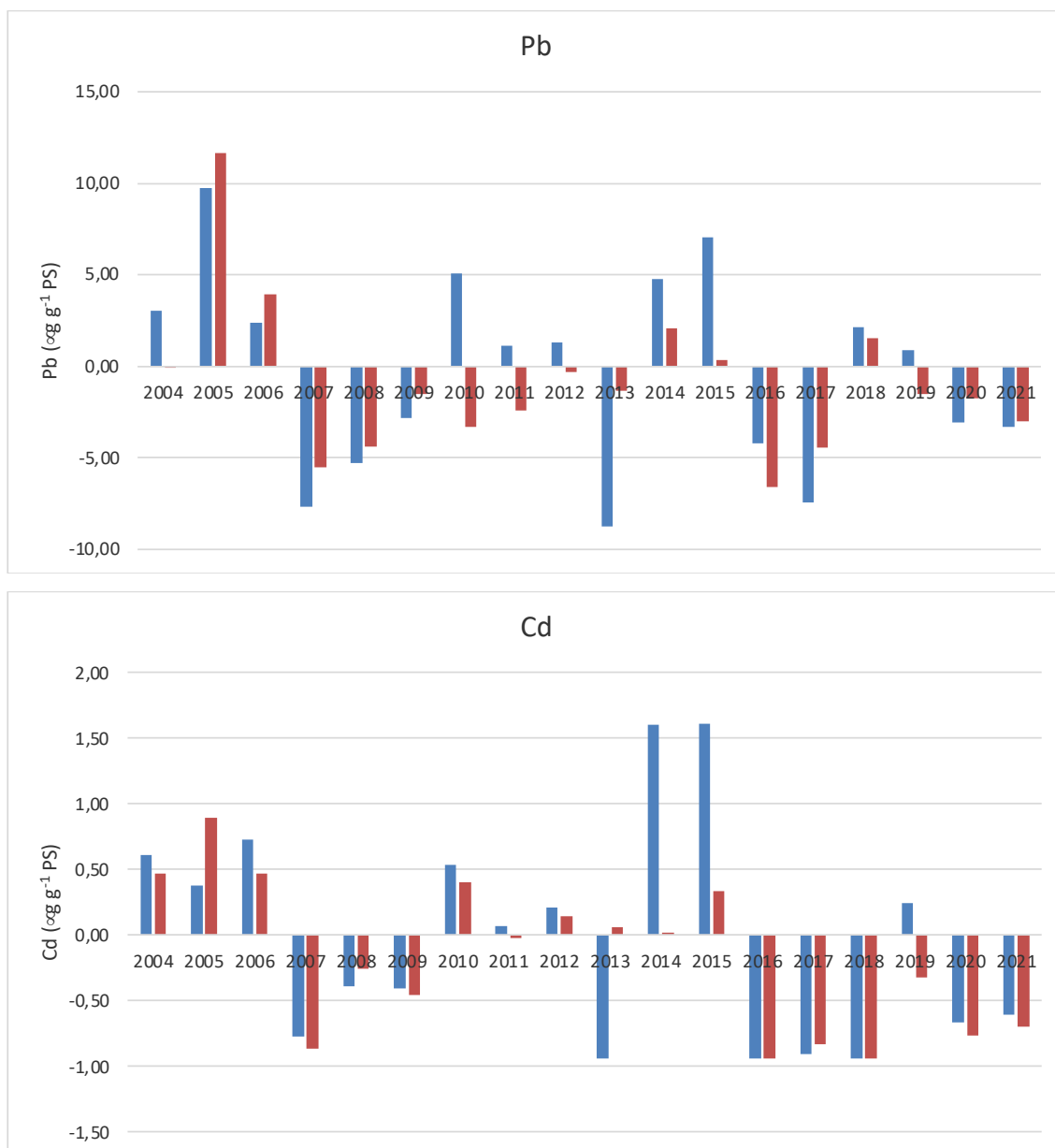
No entanto estas concentrações continuam a ser inferiores às determinadas noutros sapais do estuário do Tejo, nomeadamente Alcochete, Rosário (Duarte et al., 2013) e Corroios (Caçador et al., 2012).

Tomando como base a variação das concentrações anuais nas partes aéreas de *Sarcocornia perennis* e *Halimione portulacoides* durante o período de 2004 a 2021 em relação ao valor médio das concentrações verificadas para o mesmo período (2004 – 2021) para o Pb e o Cd, dois metais sem funções conhecidas nos organismos (Figura 4.2), verificamos que a tendência para uma melhoria das condições ambientais na massa de água adjacente à CTRSU, avaliados através das concentrações determinadas nos tecidos vegetais das espécies mais abundantes, se mantem.

#### **4.3. Considerações finais**

As condições ambientais no que se refere à presença de metais pesados de um modo geral continua a melhoria verificada a partir de 2007.

Verificou-se ainda a continuação do retrocesso no aumento das concentrações de Pb e Cd, registados em 2014 e 2015.



**Figura 4.2.** Variação das concentrações ( $\mu\text{g g peso seco}/ \mu\text{g g peso seco}$ ) de Pb e Cd nas partes aéreas de *Halimione portulacoides* (■) e *Sarcocornia perennis* (■) entre 2004 e 2021, em relação ao valor médio verificado para o mesmo período ( $n=3$ ).

#### 4.4. Bibliografia

- Caçador, I., J.L. Costa, B. Duarte, G. Silva, J.P. Medeiros, C. Azeda, N. Castro, J. Freitas, H. Cabral & M.J. Costa (2012). Macroinvertebrates and fishes as biomonitors of heavy metal concentration in the Seixal Bay (Tagus estuary): which species perform better? *Ecological Indicators* 19, 184-190.
- Duarte, B., D. Santos & I. Caçador (2013). Halophyte anti-oxidant feedback seasonality in two salt marshes with different degrees of metal contamination: search for an efficient biomarker. *Functional Plant Biology* 40, 9: 922 - 930.
- Santos, D., Duarte, B. & I. Caçador (2014). Unveiling Zn hyperaccumulation in *Juncus acutus*: Implications on the electronic energy fluxes and on oxidative stress with emphasis on non-functional Zn-chlorophylls. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 140, 228–239.
- Válega, M., A.I. Lillebø, M.E. Pereira, I. Caçador, A.C. Duarte & M.A. Pardal (2008). Mercury in salt marshes ecosystems: *Halimione portulacoides* as biomonitor. *Chemosphere* 73, 1224-1229.

## 5. ECOSSISTEMA ESTUARINO - Macroinvertebrados e Ictiofauna

### 5.1. Metodologia

#### 5.1.1. Campanhas de amostragem

Durante o ano de 2021 foram realizadas três campanhas (Primavera, Verão e Outono) para amostrar a epifauna e ictiofauna em cinco áreas distintas (Figura 5.1). Utilizou-se para o efeito uma embarcação de pesca profissional e um arrasto de vara com as seguintes características: 6 m de largura por 50 cm de altura e malha de 20 mm. Foi efectuado um arrasto por área.



**Figura 5.1.** Localização das estações de amostragem.

A área amostrada foi estimada a partir das coordenadas geográficas referentes aos pontos de partida e chegada de cada arrasto (duração média de 10 minutos), as quais foram obtidas através da utilização de um GPS (precisão de 25 m). Em cada uma das áreas de amostragem, durante a realização das colheitas, foram medidas a temperatura (°C), e a salinidade (‰), com recurso a uma sonda multiparâmetros YSI 85.

Após a captura, os indivíduos amostrados foram acondicionados em sacos de plástico devidamente etiquetados e mantidos a baixa temperatura no interior de malas térmicas e congelados até à data do seu processamento laboratorial.

O processo de análise laboratorial consistiu na identificação das espécies e na contagem e medição do comprimento total dos indivíduos (com precisão de 1 mm). A abundância foi também expressa pela densidade dos indivíduos (número de indivíduos por 1000 m<sup>2</sup>).

Foram determinadas estimativas de alguns parâmetros habitualmente utilizados na caracterização das comunidades, designadamente a riqueza específica, a diversidade e a equitabilidade.

A riqueza específica define-se como o número de espécies que ocorrem em determinada área. O índice de diversidade ecológica utilizado foi o de Shannon-Wiener (Shannon & Wiener, 1963), o qual é obtido por:

$$H' = -\sum_{i=1} (p_i \times \ln(p_i))$$

onde  $p_i$  é a proporção de indivíduos do *taxon*  $i$  relativamente ao número total de indivíduos.

A equitabilidade, proposta por Pielou (1966), é definida pela expressão:

$$J = \frac{H'}{H_{\max}}$$

em que  $H'_{\max} = \ln S$ , e  $S$  é o número de *taxa* presentes.

No causa da ictiofauna, as espécies foram divididas em vários grupos de acordo com o tipo de utilização do *habitat* estuarino ao longo do seu ciclo de vida (Costa, 1982), designadamente espécies residentes, migradoras anádromas, migradoras catádromas, marinhas que utilizam o estuário como *nursery* (preferencial ou não) e ocasionais (marinhas e dulçaquícolas).

### 5.1.2. Metodologia Analítica

As concentrações de metais no produto da digestão foram determinadas por espectroscopia por fluorescência de raios X com reflexão total (TXRF PICOFOX S2, Brucker). Todos os elementos foram quantificados por comparação com o standard interno (Gálio). A escolha do aparelho foi efectuada de acordo com os níveis de metais detectados e o limite de detecção de cada aparelho. De forma a testar a eficácia do



método e de proceder à respectiva validação do protocolo, foram utilizados padrões de referência internacionais (CRM 145, CRM 146 e BCR 62). Para todos os metais analisados os valores foram consistentes e encontravam-se dentro dos valores certificados ( $p < 0,05$ ). Os resultados são expressos em  $\mu\text{g g}^{-1}$ , peso seco.

## 5.2. Resultados e Discussão

### 5.2.1. Variáveis ambientais

Os valores das variáveis físico-químicas, determinados a partir das medições efectuadas durante a realização dos arrastos de vara são apresentados na tabela 5.1.

**Tabela 5.1.** Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais determinados para as várias áreas de amostragem durante a campanha de 2021.

	Temperatura (°C)	Salinidade (‰)
1	18,9 (2,3)	13,1 (6,4)
2	18,7 (1,6)	25,6 (4,1)
3	19,4 (2,3)	24,3 (0,7)
4	18,7 (1,6)	24,7 (4,3)
5	18,7 (1,5)	25,0 (4,0)

A temperatura registada foi muito homogénea ao longo das áreas amostradas. Relativamente à salinidade, a área mais a montante (área 1) registou os valores mais baixos, enquanto os valores mais elevados se registaram nas áreas da cala norte.

### 5.2.2. Epifauna

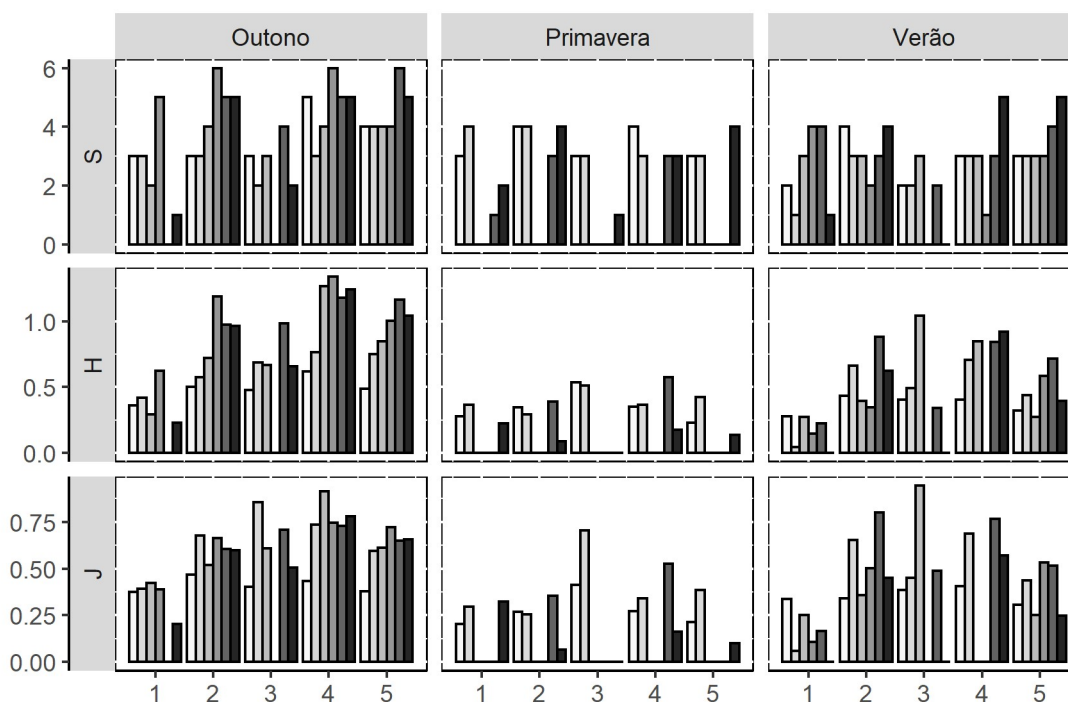
No decurso das campanhas desenvolvidas em 2021 foram inventariadas 7 espécies de crustáceos representantes da comunidade epifaunística (Tabela 5.2).

**Tabela 5.2.** Espécies de invertebrados epibentónicos inventariadas nas áreas em estudo no período de amostragem de 2021.

<i>Taxa</i>	<i>Nome comum</i>
Sub-phylum CRUSTACEA	
Classe Malacostraca	
Ordem Decapoda	
Família Palaemonidae	
<i>Palaemon longirostris</i> H. Milne-Edwards, 1837	Camarão-branco
<i>Palaemon serratus</i> (Pennant, 1777)	Camarão-branco-legítimo
Família Crangonidae	
<i>Crangon crangon</i> (Linnaeus, 1758)	Camarão-mouro
Família Panopeidae	
<i>Panopeus herbstii</i> (H. Milne-Edwards, 1834)	
Família Carcinidae	
<i>Carcinus maenas</i> (Linnaeus, 1758)	Caranguejo-verde
Phylum MOLUSCA	
Classe Cefalopoda	
Ordem Sepiida	
Família Sepiidae	
<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758	Choco-comum
Família Sepiolidae	
<i>Sepiola atlantica</i> d’Orbigny, 1842	Chopo-anão-orelhudo

Os valores de riqueza específica (S) e diversidade (H e J) foram mais elevados no Verão, embora nas áreas de amostragem fora da cala norte apenas tenha sido inventariada uma espécie deste grupo faunístico.

Quando comparados com os anos anteriores os valores médios obtidos durante o Outono e Verão foram semelhantes aos índices mais elevados observados para esta época, enquanto os valores obtidos na Primavera foram bastante baixos (Figura 5. 2).



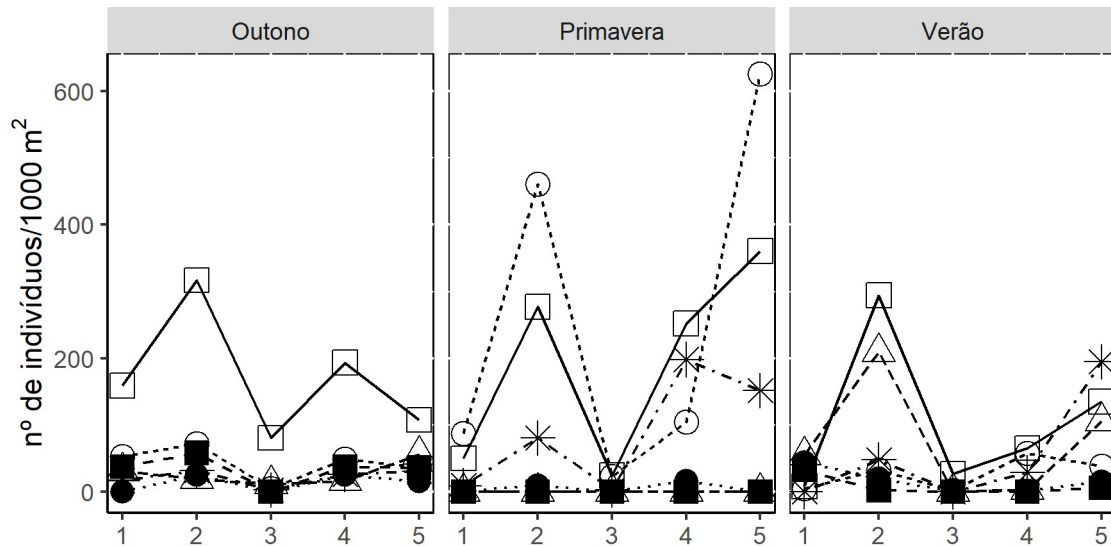
**Figura 5.2.** Variação média da riqueza específica (S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H) e equitabilidade (J) nas várias áreas de amostragem, por época do ano. A gradação de cores corresponde aos períodos 2003-2012 (barra mais claro), 2013-2017, 2018, 2019, 2020 e 2021 (barra mais escura).

O camarão-mouro (*Crangon crangon*) foi, como tem sido recorrente durante os diversos anos de monitorização, a espécie mais abundante com 93% da densidade total amostrada (Tabela 5.3).

**Tabela 5.3.** Densidade média (ind.\*1000m<sup>-2</sup>) das várias espécies que compõem a comunidade de macroinvertebrados epifaunísticos por área de amostragem para o período de 2021

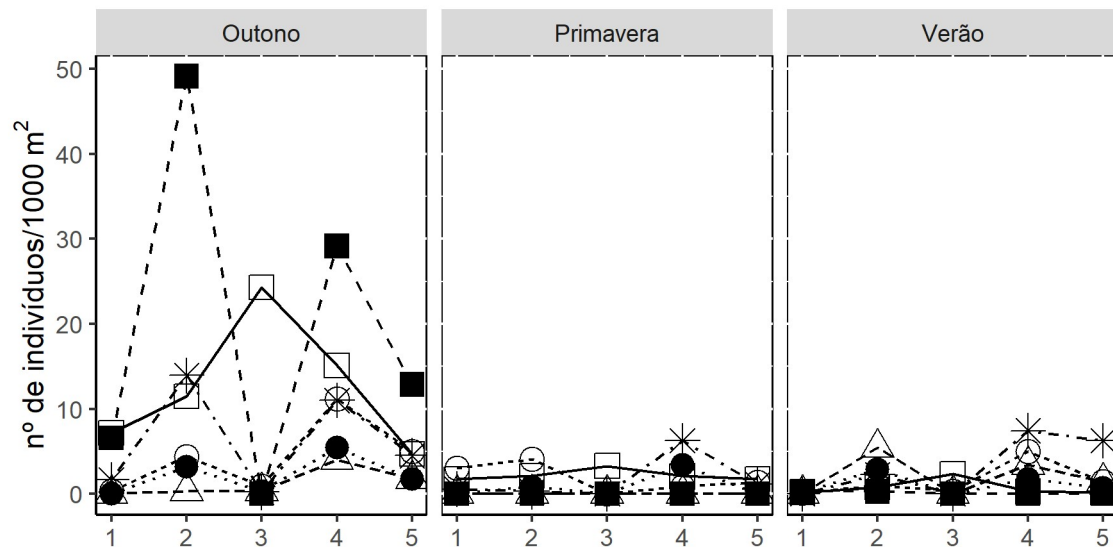
	1	2	3	4	5
<i>Carcinus maenas</i>	0,29	3,14		3,43	3,57
<i>Panopeus herbstii</i>		0,29			0,71
<i>Crangon crangon</i>	4,57	64,29	1,57	113,71	173,43
<i>Palaemon longirostris</i>	0,29	1,29		6,86	3,71
<i>Palaemon serratus</i>		0,86		0,29	3,00
<i>Sepia officinalis</i>					0,14
<i>Sepiola atlantica</i>				0,14	

Os valores de *Crangon crangon* inventariados durante as épocas da Primavera e Verão foram em média superiores aos registados nos últimos anos mas bastante inferiores aos registados na primeira década de 2000 (Figura 5.3).



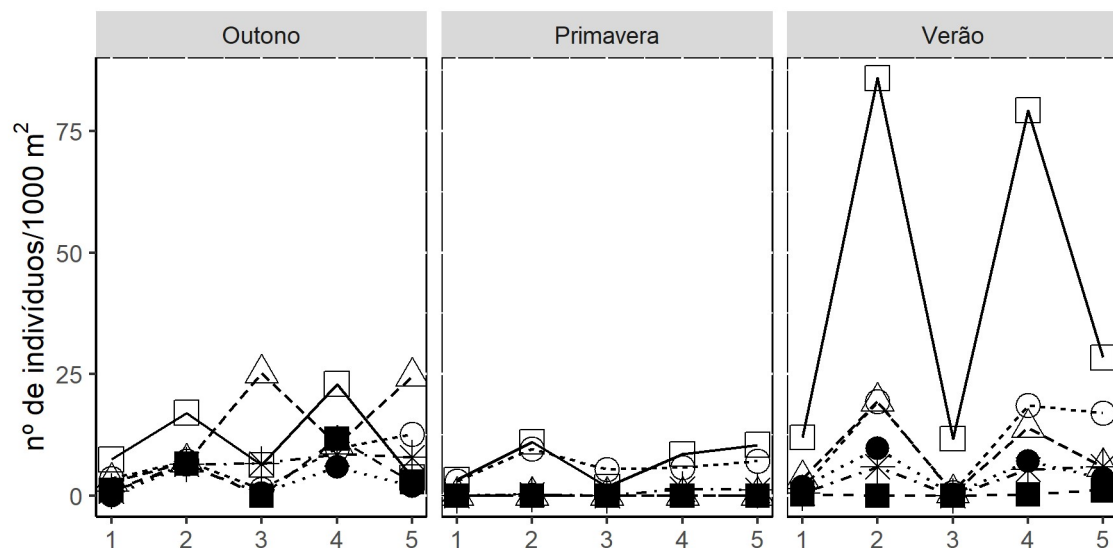
**Figura 5.3.** Densidade de *Crangon crangon* nas várias áreas de amostragem e por época observada no período 2003-2012 (quadrado), em 2013-2017 (círculo), 2018 (triângulo), 2019 (quadrado preto), 2020 (círculo preto) e 2021 (asterisco).

A densidade inventariada para *Palaemon longirostris* foi, em média, superior à registada nos últimos anos, salientando-se o Verão com os valores médios mais elevados de todos os anos de amostragem (Figura 5.4).



**Figura 5.4.** Densidade de *Palaemon longirostris* nas várias áreas de amostragem e por época observada no período 2003-2012 (quadrado), em 2013-2017 (círculo), 2018 (triângulo), 2019 (quadrado preto), 2020 (círculo preto) e 2021 (asterisco).

A densidade observada para *Carcinus maenas* foi, em média, inferior aos anos anteriores (Figura 5.5).



**Figura 5.5.** Densidade de *Carcinus maenas* nas várias áreas de amostragem e por época observada no período 2003-2012 (quadrado), em 2013-2017 (círculo), 2018 (triângulo), 2019 (quadrado preto), 2020 (círculo preto) e 2021 (asterisco).

### 5.2.3. Ictiofauna

A lista dos taxa identificados na sequência das amostragens realizadas nas várias áreas prospectadas em 2021 está descrita na tabela 5.4. Nesta tabela são referidos o nome científico e o nome comum das várias espécies, bem como a sua fenologia. Foi utilizada a nomenclatura vulgar proposta por Sanches (1989).

**Tabela 5.4.** Taxa capturados no estuário do Tejo durante a amostragem de 2021 e sua fenologia (R – residente; NP – *nursery* preferencial; N – *nursery*).

<i>Taxa</i>	Fenologia
PHYLUM CHORDATA	
SUB-PHYLUM VERTEBRATA	
CLASSE OSTEICHTHYES	
ORDEM ANGUILIFORMES	
Família Congridae	
<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758 ) (Safio)	N
ORDEM CLUPEIFORMES	
Família Engraulidae	
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758) (Biqueirão)	R
Família Clupeidae	
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) (Sardinha)	N
ORDEM PERCIFORMES	
Família Moronidae	
<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758) (Robalo-legítimo)	NP
Família Triglidae	
<i>Chelidonichthys lucerna</i> Linnaeus, 1758 (Cabra-cabaço)	N
Família Sciaenidae	
<i>Argyrosomus regius</i> (Asso, 1801) (Corvina)	NP
Família Gobiidae	
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770) (Caboz-da-areia)	R
<i>Pomatoschistus microps</i> (Kroyer, 1838) (Caboz-comum)	R
ORDEM PLEURONECTIFORMES	
Família Soleidae	

*Solea solea* (Linnaeus, 1758) (Linguado-legítimo) NP

*Solea senegalensis* Kaup, 1858 (Linguado-do-Senegal) NP

#### ORDEM BATRACHOIDIFORMES

Família Batrachoididae

*Halobatrachus didactylus* (Schneider, 1801) (Xarroco) R

No decurso das campanhas de amostragem realizadas no período de 2021 foram capturadas apenas 11 espécies de peixe, todas elas residentes ou que utilizam o estuário como *nursery* (Tabela 5.5).

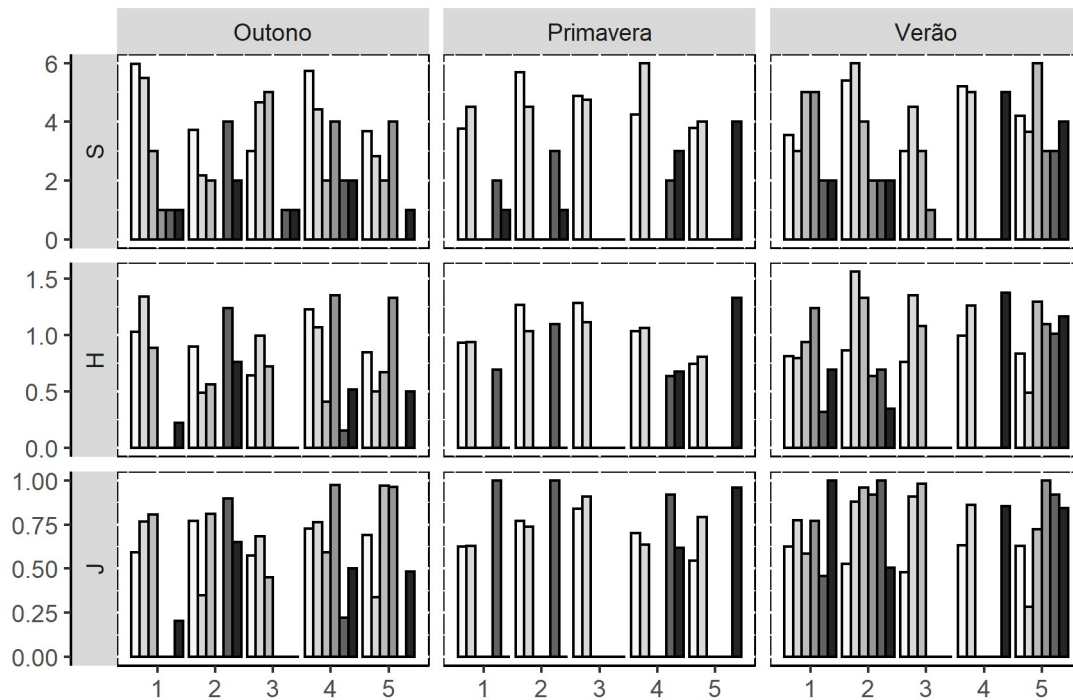
**Tabela 5.5** Representatividade dos vários grupos fenológicos nas colheitas efectuadas em 2021.

Grupo fenológico	N.º de espécies identificadas	Percentagem n.º de espécies	Percentagem n.º de indivíduos
Residentes	4	36,4	55,8
Migradoras anádromas	0	0	0
Migradoras catádromas	0	0	0
Espécies que utilizam o estuário como <i>nursery</i> preferencial	4	36,4	33,7
Espécies que utilizam o estuário como <i>nursery</i>	3	27,2	10,5
Ocasionais marinhas	0	0	0
Ocasionais dulçaquícolas	0	0	0
<b>Total</b>	<b>11</b>		

O número de espécies inventariadas durante o ano de 2021 foi baixo, com um máximo de 5 espécies recolhidas no mesmo arrasto (Figura 5.6). Em média, os valores de riqueza específica calculados foram inferiores aos observados nas campanhas anteriores. Ao longo da amostragem de 2021, houve diversas áreas onde não foram inventariadas quaisquer espécies de peixe ou apenas se capturou uma. Os valores de médios de diversidade foram por isso muito menores que os estimados nos anos anteriores, com excepção da época de Verão (Figura 5.6).



Os valores da equitabilidade variaram entre 0 e 1 mas é de salientar que os valores próximos de 1 se devem à semelhança de densidade, que foi muito baixa, para as poucas espécies inventariadas. Este parâmetro registou também, com excepção do Verão, valores médios mais baixos que nos anos anteriores (Figura 5.6).



**Figura 5.6.** Variação média da riqueza específica (S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H) e equitabilidade (J) nas várias áreas de amostragem, por época do ano. A gradação de cores corresponde aos períodos 2003-2012 (barra mais clara), 2013-2017, 2018, 2019, 2020 e 2021 (barra mais escura).

Os valores de densidade observados na presente amostragem foram, como já foi referido, baixos. Para as espécies residentes, que são as mais abundantes em termos de densidade, registou-se no conjunto das três épocas amostradas apenas 17,9 ind.\*1000m<sup>-2</sup>. O valor de densidade das espécies residentes foi dominado pelo caboz-comum com 63% do número de indivíduos amostrados. Mais uma vez, nenhuma espécie ocorreu na área 3 (Tabela 5.6).

**Tabela 5.6** Densidades médias (ind.\*1000m<sup>-2</sup>) das várias espécies residentes nas várias áreas na amostragem de 2021.

<b>Espécies</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<i>E. encrasicholus</i>	0,14	0	0	0	0
<i>P. minutus</i>	0	0	0	0	2,00
<i>P. microps</i>	0,71	0,14	0	2,43	1,00
<i>H. didactylus</i>	0	0	0	0,14	0,29

As espécies que utilizam o estuário como área de viveiro representaram cerca de 44% da densidade total amostrada. Ocorreram sete espécies, mas três delas foram inventariadas apenas uma vez. O linguado-legítimo representa mais de metade da densidade do grupo (Tabela 5.7).

**Tabela 5.7.** Densidades médias (ind.\*1000m<sup>-2</sup>) das várias espécies que utilizam o estuário como *nursery* (ou *nursery* preferencial) nas várias áreas na amostragem de 2021.

<b>Espécies</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<i>C. conger</i>	0	0,14	0	0	0,14
<i>S. pilchardus</i>	0	0	0	0,86	0
<i>D. labrax</i>	0	0	0	0,29	0,14
<i>C. lucerna</i>	0	0	0	0	0,14
<i>A. regius</i>	0,14	0	0	0	0
<i>S. solea</i>	0	1,14	0	0,14	1,71
<i>S. senegalensis</i>	0	0	0	0,57	0

#### 5.2.4 Contaminantes

A tabela 5.8 apresenta os teores de metais (Cd e Pb), expressos em µg g<sup>-1</sup> peso seco, no camarão-mouro e caboz-da-areia capturados no período de Verão de 2021, nas estações de amostragem 1 e 2.

**Tabela 5.8.** Teores de metais (Cd e Pb,  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) no músculo do camarão-mouro *Crangon crangon* e do caboz-da-areia *Pomatoschistus minutus* capturados no período de Verão de 2021 nas estações de amostragem 1 e 2.

	<i>Crangon crangon</i>		<i>Pomatoschistus minutus</i>	
	Estação 1	Estação 2	Estação 1	Estação 2
Cd	0,018	0,017	-	0,023
Pb	0,108	0,066	-	0,075

Comparando estes teores com os obtidos em anos anteriores para o mesmo período (Verão), observamos que os teores médios determinados em 2021 são dos mais baixos encontrados em toda a série de dados disponível para o Pb e Cd em *Crangon crangon* e em *Pomatoschistus minutus* (Tabelas 5.9 e 5.10).

**Tabela 5.9.** Comparação dos valores médios e desvio-padrão dos teores de metais (Cd e Pb,  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) no músculo do camarão-mouro *Crangon crangon* capturado entre 1999 e 2021.

	Pb		Cd	
	Média	desvio padrão	Média	desvio padrão
1999	2,52	0,00	0,07	0,00
2000	4,10	0,14	0,07	0,06
2001	4,50	0,00	0,07	0,00
2002	2,79	0,75	0,17	0,09
2003	1,10	0,00	0,08	0,00
2004	3,25	1,35	0,15	0,08
2005	5,44	0,95	0,14	0,02
2006	2,35	1,35	0,09	0,02
2007	4,00	1,54	0,10	0,02
2008	3,51	2,21	0,12	0,01
2009	5,97	0,00	0,14	0,00
2010	2,42	1,09	0,07	0,03
2011	3,71	0,00	0,11	0,00
2012	4,72	1,57	0,18	0,07
2014	50,57	11,00	4,20	4,10
2015	0,20	0,03	0,04	0,01
2016	5,87	0,64	0,4	0,31
2017	1,06	0,27	0,07	0,03
2018	0,00	0	0,00	0
2019	0,14	0,05	0,04	0,01
2020	9,14	0,13	1,05	0,13
2021	0,07	0,04	0,02	0,00

**Tabela 5.10.** Comparação dos valores médios e desvio-padrão dos teores de metais (Cd e Pb,  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) no músculo do caboz-da-areia *Pomatoschistus minutus* capturado entre 1999 e 2021.

	Pb		Cd	
	Média	desvio padrão	Média	desvio padrão
1999	0,71	0,34	0,04	0,06
2000	0,51	0,08	0,01	0,00
2001	5,60	0,00	0,02	0,00
2002	1,49	0,98	0,02	0,01
2003	2,20	0,00	0,03	0,00
2006	0,93	0,00	0,02	0,00
2007	1,27	0,51	0,03	0,01
2008	0,81	0,13	0,02	0,00
2009	1,00	0,00	0,03	0,00
2010	0,38	0,04	0,02	0,01
2012	1,91	1,18	0,04	0,01
2014	57,32	21,18	1,92	3,73
2015	0,29	0,06	0,02	0,00
2016	0,24	0,27	0,03	0,02
2017	1,90	0,66	0,01	0,00
2018	0,50	0,87	0,00	0
2019	0,08	0,08	0,52	0,22
2020				
2021	0,08	0,03	0,02	0,01

### 5.3. Considerações finais

A comunidade epifaunística e ictíca caracterizou-se por um número de espécies e densidade baixo. Os valores de diversidade foram também em média os mais baixos ocorridos durante a monitorização quer para a epifauna, quer para a ictiofauna.

Os índices revelam uma comunidade pobre com variações ao longo do tempo que não apresentam um padrão definido. Estas variações ocorrem muito devido a alterações naturais de factores ambientais que afectam os padrões de distribuição das várias espécies.

Os teores de Cd e Pb determinados para o ano de 2021 estão dentro da amplitude de valores observados, desde o início do período de monitorização, no estuário do Tejo.

#### **5.4. Bibliografia**

- Costa, M. J. (1982). *Contribution à l'étude de l'écologie des poissons de l'estuaire du Tage (Portugal)*. Tese de Doutoramento, Université de Paris VII, 256p.
- Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* **13**: 131-144
- Sanches, J. G. (1989). Nomenclatura Portuguesa de organismos aquáticos. *Pub. Avulsas INIP*, nº 14, 322p.
- Shannon, C. E. & W. Wiener (1963). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana Illinois, 117p.

# **ANEXOS**



## **ANEXO 3**

---

Procedimentos utilizados na amostragem, limites de detecção, valores de referência

# 1. Flora de Epífitos

## 1. Metodologia

A metodologia utilizada para a inventariação da flora epifítica de briófitos e líquenes compreendeu para cada local de amostragem a monitorização da biodiversidade total que se desenvolve sobre o ritidoma das oliveiras (*Olea europaea* L.). Em cada estação, a área de amostragem compreendeu, na generalidade, um mínimo de 10 oliveiras nas quais foram analisadas a composição, vitalidade e área de cobertura das diferentes espécies de criptogâmicas em todas as exposições do tronco, desde os 20 cm a partir da base até 170 cm de altura. A totalidade dos dados referentes à biodiversidade como sejam a listagem de todos os *taxa* presentes, a sua vitalidade e o seu valor de sociabilidade, são igualmente registados.

Os dados recolhidos anualmente permitem a actualização anual da base de dados e a obtenção de um inventário detalhado da biodiversidade total de briófitos e líquenes, assim como, a determinação da Riqueza Florística (RF) de espécies epifíticas em cada estação de monitorização. Os valores de cobertura de cada *taxon*, são utilizados no cálculo do Índice de Pureza Atmosférica (IPA) de cada local, considerando que o somatório das coberturas de cada espécie de briófito ou líquene é uma medida eficaz e comprovada na avaliação da qualidade do ar numa dada região.

A identificação taxonómica e nomenclatura de briófitos como dos líquenes, seguiu critérios actuais para a Europa, nomeadamente: Smith (1990) e Grolle & Long (2000), para os musgos e Paton (1999), Schumacker & Váña (2000) para as hepáticas. Para os líquenes, a identificação e nomenclatura basearam-se principalmente em Clauzade & Roux (1985) e Nimis (1993).

## Bibliografia:

- Clauzade, G. & Roux C. 1985- Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustrita Determinlibro. Bulletin de la Société Botanique Centre-Ouest. 893 p.
- Grolle, R. & Long, D. 2000 - An annotated check-list of Hepaticae and Anthocerotae of Europe and Macaronesia. Journal of Bryology. 22: 103-140.
- Nimis, P. L. 1993- The lichens of Italy. An Annotated Catalog. Museo, Regionale di Scienze Naturali. Torino.
- Paton, J. A. 1999- The liverwort flora of the British Isles. Harley Books

Schumacker, R. & Váña, J. 2000- Identification keys to the liverworts and hornworts of Europe and Macaronesia. 1ª edição. Station scientifique des Hautes-Fagnes nº31.

Smith, A. J. E. 1990- The liverworts of Britain and Ireland. Cambridge: Cambridge University Press.

## 2. Tratamento estatístico:

Não foram efectuados testes estatísticos

## 3. Limites de detecção e valores de referência

Não aplicável

## 2. Plâncton

### 1. Metodologia

#### a) Localização das estações de amostragem

<b>Estação</b>	<b>Longitude [graus este]</b>	<b>Latitude [graus norte]</b>
La1	-9,02	38,88
La2	-9,08	38,83
La3	-9,05	38,82
La4	-9,04	38,78

#### b) Amostragem

A amostragem é efectuada à superfície da água, com um balde, tendo o cuidado de evitar a película superficial da coluna de água.

#### c) Parâmetros físicos

- temperatura da água, salinidade e pH foram medidas através da sonda multiparamétrica YSI EXO 2 calibrada para temperatura, salinidade e pH, para todas as saídas e todas as estações, exceto nas estações La1 e La2 nas saídas realizadas com o Instituto Hidrográfico (Fevereiro, Abril e Dezembro 2021).
- nas campanhas realizadas com o Instituto Hidrográfico nos pontos La1 e La2, a temperatura da água foi medida com a sonda YSI do Instituto Hidrográfico, a salinidade foi medida com um refractómetro Atago S/Mill-E, numa escala graduada com a precisão de 1‰ e o pH foi utilizado um medidor de pH HANNA HI 5521 em laboratório, numa escala com faixa de pH 0.00 a 14.00 pH com a precisão de 0.01 pH.

#### d) Parâmetros químicos

- Para a determinação da matéria particulada em suspensão (SPM), foram recolhidas amostras de água em triplicado, filtrado 500 mL através de filtros de

fibra de vidro GF/C de 47 mm de diâmetro e 1,2 µm de abertura de poro (Whatman), previamente pesados, sendo subsequentemente secos a 60°C durante 24 a 48 horas e posteriormente pesados novamente

- A determinação da amónia dissolvida na coluna de água foi efectuada através de métodos colorimétricos manuais de acordo com Koroleff (1969/1970). Recolhendo amostras de água em triplicado, filtrados através de filtros de fibra de vidro GF/C 47mm de diâmetro e 1,2 µm de abertura de poro (Whatman), e posteriormente analisados num comprimento de onda de 630 nm através de um espectrofotómetro Shimadzu UV-1603.
- A determinação dos nutrientes foi efectuada através de um aparelho Sampler Skalar - San++ segundo os métodos Boltz *et al.* (1948) para os Orto-fosfatos, Kroon (1993) para os Nitritos e nitratos e Babulak *et al.* (1973) para os silicatos.

#### e) Fitoplâncton

- A concentração do pigmento fotossintético clorofila *a* foi determinada através do método espectrofotométrico descrito por Lorenzen (1967). Foi filtrada 1 L de água de amostra, em triplicado, utilizando filtros de fibra de vidro GF/F 47 mm de diâmetro e 0,7 µm de abertura de poro (Whatman), sendo a absorvância lida um espectrofotómetro Shimadzu UV-1603, nos comprimentos de onda 750 e 664 nm.
- A determinação da composição taxonómica do fitoplâncton, foi efectuada através de um HPLC Shimadzu Prominence-i LC 2030C 3D com um detector de fluorescência RF-20A/20Axs, sendo a separação cromatografia efectuada utilizando uma coluna C18 para cromatografia de fase inversa, seguindo a metodologia de Kraay *et al.* (1992) adaptada por Brotas e Plante-Cuny (1996). Para cada amostra foi filtrada de 0,25 L a 0,5 L de água de amostra, utilizando filtros de fibra de vidro GF/F 25 mm de diâmetro e 0,7 µm de abertura de poro (Whatman).

## f) Referências

- Babulak, S.W., Gildenberg, L. 1973. "Automated determination of silicate and carbonates in detergents", J. of the American oil chemists' society, Vol.50, 296-299pp.
- Bendschneider, K. & N. Robison, 1952. A new spectrophotometric determination of nitrite in seawater. Journal of Marine Research 11: 87-96.
- Boltz, D.F., Mello, M.G., 1948 "Spectrophotometric determination of phosphate as molybdiphosphoric acid", Analytical chemistry, Vol. 20, No 8, 749-7581 pp.
- Brotas, V., Pante-Cuny, M.R., 1996. Identification et quantification des pigments chlorophylliens et caroténoïdes des sédiments marins: un protocole d'analyse par HPLC. Oceanografia Acta 19, 623-634.
- Grashoff, K., 1976. Methods of Seawater Analysis. Verlag Chemie, New York, 520pp.
- Koroleff, F., 1969/1970. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. International Council for the Exploration of the Sea (ICES) comm. Meet Pap. 1969/C: 9, Interlab. Report3, pp 19-22
- Kraay, G.W., Zapata, M., Veldhuis, M.J.W., 1992. Separation of Chlorophylls  $c_1$ ,  $c_2$  and  $c_3$  of marine phytoplankton by reversed-phase-C18-high-performance liquid chromatography. Journal of Phycology 28, 708-712
- Kroon, H., 1993 "Determination of nitrogen in water; comparison of a continuous flow method with on-line UV digestion with the original Kjeldahl method", Analytica Chimica Acta, 276, 287-293pp.
- Lorenzen, C.J., 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. Limnology and Oceanography 12, 343-346.

## 2. Tratamento estatístico:

Não foram efectuados testes estatísticos.

## 3. Limites de detecção e valores de referência

Não aplicável

### **3. Vegetação de Sapal**

#### 1. Metodologia

##### a) campo

- A cobertura foi estimada através da projecção da área ocupada por essa espécie na área total de um transecto, com um metro de lado, perpendicular à linha de costa, com início na margem seca. Os resultados apresentados representam a cobertura relativa de cada espécie no transecto. Em cada quadrado ao longo do transecto, registou-se ainda a altura máxima dos indivíduos presentes.

##### b) laboratório

- As amostras de material vegetal (aproximadamente 100mg) foram digeridas com 2 mL de uma mistura ácida de HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub> (7:1 v/v) a 110 °C, durante 3 horas. As concentrações de metais no produto da digestão foram determinadas por espectroscopia por fluorescência de raios X com reflexão total (TXRF PICOFOX S2, Bruker). Todos os elementos foram quantificados por comparação com o standard interno (Gálio) A escolha do aparelho foi efectuada de acordo com os níveis de metais detectados e o limite de detecção de cada aparelho. De forma a testar a eficácia do método e de proceder à respectiva validação do protocolo, foram utilizados padrões de referência internacionais (CRM 145, CRM 146 e BCR 62). Para todos os metais analisados os valores foram consistentes e encontravam-se dentro dos valores certificados ( $p < 0,05$ ).

#### 2. Tratamento estatístico:

Não aplicável neste relatório.

#### 3. Limites de detecção e valores de referência

Limites de Detecção (ppm) para espectroscopia por fluorescência de raios X com reflexão total (TXRF)



Elemento	Limite de Detecção
Zn	0,47
Cu	0,52
Co	0,48
Cd	0,7
Pb	0,5
Cr	0,34
Ni	0,54

## **4. Macroinvertebrados e ictiofauna**

### 1. Metodologia

Os Macroinvertebrados e Ictiofauna foram capturados utilizando-se para o efeito uma embarcação de pesca profissional e um arrasto de vara com as seguintes características: 6 m de largura por 50 cm de altura e malha de 20 mm. A área amostrada foi estimada a partir das coordenadas geográficas referentes aos pontos de partida e chegada de cada arrasto (duração média de 15 minutos), as quais foram obtidas através da utilização de um GPS (precisão de 25 m).

### 2. Tratamento estatístico:

Não aplicável neste relatório

### 3. Limites de detecção e valores de referência

Limites de Detecção (ppm) para espectroscopia por fluorescência de raios X com reflexão total (TXRF).

Elemento	Limite de Detecção
Cd	0,7
Pb	0,5