

CAROLINA BRANDÃO COELHO

**Dinâmica da deposição dos esporos de
Samambaias e Licófitas do Parque Estadual das
Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP**

Tese apresentada ao Instituto de Botânica da
Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos
requisitos exigidos para a obtenção do título de
DOUTOR em BIODIVERSIDADE VEGETAL
E MEIO AMBIENTE, na Área de
Concentração de Plantas Vasculares em
Análises Ambientais.

SÃO PAULO

2015

CAROLINA BRANDÃO COELHO

**Dinâmica da deposição dos esporos de
Samambaias e Licófitas do Parque Estadual das
Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP**

Tese apresentada ao Instituto de Botânica da
Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos
requisitos exigidos para a obtenção do título de
DOUTOR em BIODIVERSIDADE VEGETAL
E MEIO AMBIENTE, na Área de
Concentração de Plantas Vasculares em
Análises Ambientais.

ORIENTADOR: DR. LUCIANO MAURICIO ESTEVES

CO-ORIENTADORA: DRA. CYNTHIA FERNANDES PINTO DA LUZ

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECA E MEMÓRIA**

Coelho, Carolina Brandão

C627d Dinâmica da deposição dos esporos de Samambaias e Licófitas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP / Carolina Brandão Coelho – São Paulo, 2015
238 p. il.

Tese (Doutorado) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2015
Bibliografia.

1. Palinologia. 2. Dispersão. 3. Samambaias. I. Título

CDU: 581.33

Se detidamente analisarmos e observarmos as leis que regem o cosmo, se examinarmos os detalhes dos componentes da flora e da fauna e pesquisarmos a simbiose e a mútua dependência e reciprocidade de interesse que existem entre espécies, verificamos que, efetivamente, a natureza é perfeita, obra digna do maior artífice, energia vital e criadora, que respeitamos e acatamos como Deus Supremo. Adaptar-se à natureza, gozá-la, auscultando-a e pesquisando seus segredos, é tornar-se feliz. Os seus aspectos são vários, várias as suas condições e, de acordo com eles, devem ser o nosso vestuário, alimentação e vivendas; conforme estes a nossa arte decorativa
(HOEHNE,1930: 26).

Ao meu orientador, amigo e grande homem, ***Dr. Luciano Mauricio Esteves***, pela disposição, paciência; por acreditar em mim, diante de todas as dificuldades e alegrias, que juntos vivenciamos em mais quatro anos de trabalho e amizade; por depositar a sua confiança e crer na minha capacidade pessoal e intelectual, contribuindo para a realização do meu sucesso profissional e dos meus sonhos e objetivos de vida,
Dedico.



Agradecimentos especiais

Aos meus orientadores Dr. Luciano Mauricio Esteves e Dra. Cynthia Fernandes Pinto da Luz pela valiosa e dedicada orientação, pela amizade, carinho e confiança; por acreditar na minha capacidade e no meu potencial; que este vínculo possa ultrapassar as barreiras profissionais e possam sempre ser fortalecidos pelos laços de amizade.

Ao Dr. Jefferson Prado pela orientação no início do projeto pelos ensinamentos, paciência, atenção, dedicação e amizade.

Ao Dr. Pedro Bond Schwartzburd pela ajuda na identificação dos materiais, pela atenção e amizade.

Às profas. Dras. Márcia Aguiar de Barros e Ortrud Monika Barth pela colaboração, ensinamentos e contribuições a cerca de palinologia; pela amizade e disposição.

A Dra. Maria Amélia Vitorino Cruz-Barros pelos ensinamentos, apoio e contribuições no trabalho; pelo carinho e amizade.

A Msc. Ângela Maria da Silva Pando Correa pelos ensinamentos e contribuições com suas experiências sobre palinologia; e por todo carinho e amizade.

Ao Dr. Armando Reis Tavares do Núcleo de Pesquisa em Ornamentais do Instituto de Botânica / São Paulo, pelas conversas e conselhos sobre o trabalho que muito contribui para complementação das análises e interpretações dos dados; pelos ensinamentos, paciência, atenção e amizade construída.

A Dr. Ingrid Hórak-Terra pela ajuda nas coletas das amostras de solo e processamento do material em laboratório.

Aos amigos do Núcleo de Pesquisa em Palinologia Valéria Leobina, Msc. Marcos V. Dantas Queiroz e Laura Benitez por todo convívio e momentos felizes. Em especial a amiga (e irmã) Cynthia Lebrão, pelo carinho, paciência; pelas risadas, pelos momentos vividos, pela força e companhia de laboratório; e pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho, com seus palpites e conhecimentos.

À Kauê Fonseca, técnico do Núcleo de Pesquisa em Palinologia pelo auxílio nos trabalhos de campo e de laboratório, e acima de tudo pela amizade, paciência, carinho; pelas boas conversas, risadas e convivência.

À Mayra Tresso e Gabriela Cristina Sakugawa, estagiária e amiga, que muito contribuiu para a elaboração desta tese, auxiliando no laboratório, na confecção de lâminas, demonstrando extrema dedicação e vontade.

Ao Msc. Admilson Clayton Barbosa por dispor do seu tempo para a correção do trabalho; pelos conselhos e contribuições; pela amizade, força e carinho de sempre.

Ao Msc. Allan Carlos Pscheidt pela ajuda na discussão dos dados, pelos palpites e contribuições; e principalmente pela valiosa amizade construída durante esta fase, pelo carinho e dedicação; pelos puxões de orelha merecidos, as altas risadas e conversas, e acima de tudo por sempre estar ao meu lado como um leal e verdadeiro amigo.

À Dra. Luciana Benatti pela grande amizade, carinho e paciência; por estar sempre ao meu lado, auxiliando, orientando e compartilhando junto a mim de todos os momentos.

A Profa. Dra. Arlete Sttuchi, pelo apoio, incentivo, compreensão, carinho e amizade.

Ao Msc. Climbiê Hall pelo incentivo, pelas risadas, carinho e amizade.

Ao Dr. Jadson José Souza de Oliveira pela disponibilidade e contribuição para o trabalho, na tradução para língua inglesa; pela amizade construída; pelo carinho.

À minha mãe, Cláudia Batista Pereira, pelo exemplo como mãe, amiga e mulher; por todo amor, dedicação, paciência e auxílio; pelos esforços na minha criação e educação; por acreditar em mim como menina e mulher; e por estar comigo de mãos dadas diante de todos os obstáculos da vida e do mundo. Você é a minha maior guerreira e conquista. Obrigada por tudo, sempre!

À minha avó, Shirley Batista Pereira pelo imensurável amor, paciência e carinho, sempre acreditando no meu futuro e na beleza que nos tange.

Aos meus tios, Karina Batista Pereira, Luciana Batista Pereira e Márcio Santos, por todo amor transmitido, pelo exemplo de companheirismo, dedicação e fé; pela relação fraternal que nos une além deste plano; pelo carinho e paciência durante esta fase; por sempre mostrar o verdadeiro valor de se ter uma família, especialmente como a nossa.

Ao meu pai, Augusto Cesar Brandão Coelho pelos ensinamentos, lições e experiências vividas, que contribuiu não somente para minha formação intelectual, mas também para construção do meu caráter. Apesar da nossa pouca vivência próxima, os nossos laços nunca permanecerão adormecidos.

Aos meus familiares, tios e tias avós, primos e primas, sempre preocupados e dispostos a fazer o impossível para que tudo permanecesse na mais perfeita ordem e harmonia.

Ao meu tio Márcio Batista Pereira (*in memorian*) e avó Ayrton Batista Pereira (*in memorian*), verdadeiros pais e gloriosos mestres, que mesmo estando em outra dimensão, sei que, estarão zelando por mim e me guiando eternamente.

As minhas amigas e grandes profissionais, Elizandra Jeske (Eli), Josefa Jacob (Jo) e Rosemeire Celentano (Rose) pela paciência, carinho, e atenção; por “cuidarem” de mim em muitos momentos, mesmo a distância; por sempre me incentivarem; por acreditarem no meu potencial como profissional e mulher; pelo otimismo; e acima de tudo pela valiosa amizade construída.

Aos amigos Msc. André L. Gaglioti e Dr. Leonardo R. S. Guimarães pela ajuda no trabalho de campo, pela amizade e carinho, pela alegria e incentivo.

Aos meus queridos amigos Msc. Augusto Francener Nogueira, Dra. Camila Malone, Msc. Gisele Marquardt e Msc. Watson Gama pela amizade, carinho, pelas boas conversas, convivência e dedicação.

Ao colega de trabalho Msc. Otávio Marques pela ajuda no processamento das imagens e pela amizade construída.

A todos que indiretamente contribuíram para elaboração deste trabalho.

Agradecimentos

Ao Instituto de Botânica de São Paulo e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente por possibilitar, permitir e contribuir na elaboração deste estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Pesquisa por ter concedido o apoio financeiro.

Ao Núcleo de Pesquisa em Palinologia do Instituto de Botânica e sua Chefia, onde desenvolvi todo o trabalho do doutorado, contando com o apoio dos laboratórios, equipamentos, funcionários e estagiários.

Aos funcionários do Núcleo de Biblioteca do Instituto de Botânica, sempre dispostos e gentis.

Aos funcionários da Pós-Graduação, especialmente a Márcia Regina Angelo e Shirley Dassi pela dedicação e atenção em todos os momentos.

Aos funcionários do Núcleo de Segurança e Vigilância do Instituto de Botânica por sempre estarem dispostos em auxiliar nos trabalhos de campo; pelo cuidado, atenção e preocupação durante os expedientes de trabalho fora do horário convencional; pela paciência e compreensão.

As Dras. Maria Ângela Machado de Carvalho e Marília Gaspar Mais do Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Bioquímica do Instituto de Botânica, pela colaboração quanto ao uso dos equipamentos de laboratório, pela preocupação e disposição.

Aos funcionários Msc. Marcela Boro e Alan Borges do Núcleo de Pesquisa em Micologia pela hospitalidade e auxílio nos preparos dos experimentos.

Aos Drs. Rogério Mamoru Suzuki e Fábio de Barros do Núcleo de Pesquisa do Orquidário do Estado do Instituto de Botânica pelas conversas, pela atenção e ensinamentos.

Ao Dr. Eduardo Pereira Cabral Gomes do Núcleo de Ecologia do Instituto de Botânica / São Paulo pelas considerações a respeito dos dados matemáticos.

As Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU) pela oportunidade de aprendizado concedida, proporcionando a aplicação da academia no ensino superior; pela compreensão e incentivo.

Aos amigos e irmãos da Yoheshua Ben Pandira nº11, pelo grande laço de fraternidade que nos une como verdadeiros irmãos; pela valiosa família que me proporcionou o equilíbrio emocional e racional para o andamento deste trabalho.

Enfim, a todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	4
3. Revisão de literatura.....	5
4. Área de Estudo.....	15
5. Samambaias e licófitas presentes nas áreas amostradas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	22
5.1. Material e Métodos.....	22
5.2. Resultados.....	29
6. Precipitação de esporos no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP. Brasil.....	65
6.1. Material e Métodos.....	65
6.1.1. Confecção dos coletores de precipitação.....	65
6.1.2. Processamento químico do material.....	69
6.1.3. Identificação e contagem do material.....	69
6.1.4. Análises palinológicas quantitativas.....	69
6.1.4.1. Cálculos de porcentagem.....	69
6.1.4.2. Cálculos de concentração.....	70
6.1.4.3. Cálculos do fluxo de precipitação dos esporos.....	70
6.1.4.4. Análise de Correspondência Canônica (CCA).....	70
6.1.5. Diagramas palinológicos.....	71
6.2. Resultados.....	74
7. Análise temporal da deposição de esporos de samambaias e licófitas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP. Brasil.....	101
7.1. Material e Métodos.....	101
7.1.1. Coleta dos perfis de solo.....	101
7.1.2. Processamento químico e montagem das lâminas.....	103
7.1.3. Análises palinológicas qualitativas.....	105
7.1.3.1. Identificação e fotomicrografias do material.....	105
7.1.4. Análises palinológicas quantitativas	105
7.1.4.1. Contagem dos palinomorfos.....	105
7.1.4.2. Cálculos de porcentagem.....	106
7.1.4.3. Cálculos de concentração.....	106

7.1.5. Diagramas palinológicos.....	106
7.1.6. Análise geocronológica das amostras.....	108
7.2. Resultados.....	110
8. Germinação de esporos de samambaias e licófitas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP. Brasil.....	144
8.1. Material e Métodos.....	144
8.1.1. Coleta dos sedimentos.....	144
8.1.2. Análise físico-química dos solos.....	147
8.2. Resultados.....	148
9. Discussão.....	150
10. Considerações finais e recomendações.....	179
11. Referências bibliográficas.....	182
Anexos.....	203

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	16
Figura 2. Localização geográfica e perímetro do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) no Estado de São Paulo, indicando os pontos escolhidos para os estudos da dinâmica da deposição dos esporos de Samambaias e Licófitas.....	18
Figura 3. Aspectos paisagísticos do Ponto 4 na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) evidenciando a deposição de restos de matéria orgânica na área.....	21
Figura 4. Estaca de madeira utilizada para marcação dos quatro pontos de estudo no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	21
Figura 5. Levantamento das espécies dentro do raio de 5 metros. Destaque para a estaca de madeira utilizada para marcação dos pontos no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	22
Figura 6. Identificação e plaqueamento das espécies encontradas dentro de um raio de cinco metros nas áreas dos pontos de 1 a 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	23
Figura 7. Espécies plaqueadas nos pontos estudados do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)	23
Figura 8. A-D. Espécies com folhas inteiras e soros arredondados coletados para a contagem dos soros, esporângios e esporos. A-B. <i>Campyloneurum</i> C. Presl. A. Folhas. B. Detalhe dos soros arredondados. C-D. <i>Microgramma squamulosa</i> (Kaulf.) de la Sota. C. Folhas. D. Detalhe dos soros arredondados.....	25
Figura 9. A-F. Pinas férteis coletadas para contagem dos esporos. A-B. <i>Ctenitis distans</i> (Brack.) Ching Pinas. A. Lâmina foliar. B. Detalhe da pina com soros. C-D. <i>Serpocaulon catharinae</i> (Langsd. & Fisch) A.R. Sm. C. Detalhe da lâmina foliar. D. Detalhe das pinas com soros. E. Pinas férteis de	

Pleopeltis hirsutissima (Raddi) de la Sota e F. Pinas férteis de *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P.St. John..... 26

Figura 10. A-F. Pinas férteis coletadas para contagem dos soros, esporângios e esporos. A-B. *Blechnum brasiliense* Desv. A. Lâmina foliar. B. Detalhe dos soros lineares posicionados na nervura central. C-D. *Pteris splendens* Kaulf. C. Detalhe da lâmina foliar. D. Detalhe dos soros linear posicionado na margem da pina. E-F. *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin. E. Detalhe das pinas. F. Detalhe das pinas férteis, soros arredondados..... 28

Figura 11. Número de espécimes registrados nos pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP..... 30

Figura 12. Espécies representantes do Ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. *Pteris splendens* Kaulf. B. *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P. St. John..... 31

Figura 13. A-F. Espécies mais representantes registradas para o Ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A-B. *Campyloneurum* C. Presl. C-D. *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin. E-F. *Polybotria cylindrica* Kaulf..... 32

Figura 14. A-D. Espécies representantes no Ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A-B. *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin. C-D. *Pleopeltis hirsutissima* (Raddi) de la Sota..... 33

Figura 15. A-F. Espécies mais representantes registradas para o Ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. *Anemia phyllitidis* (L.) Sw. B. *Blechnum brasiliense* Desv. C. *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch). D. *Deparia petersenii* (Kunze) M. Kato. E. *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota..... 34

Figura 16. Quantidade absoluta de espécimes (esporófitos) e número de lâminas foliares totais e férteis registradas para o Ponto 1 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)..... 35

Figura 17. Quantidade absoluta de espécimes (esporófitos) e número de lâminas foliares totais e férteis registradas para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	36
Figura 18. Quantidade absoluta de espécimes (esporófitos) e número de lâminas foliares totais e férteis registradas para o Ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).	36
Figura 19. Quantidade absoluta de espécimes (esporófitos) e número de lâminas foliares totais e férteis registradas para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	37
Figura 20. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Alsophila setosa</i> Kaulf.	38
Figura 21. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Anemia phyllitidis</i> (L.) Sw.....	39
Figura 22. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Elaphoglossum</i> Schott ex J. Sm.....	40
Figura 23. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Lastreopsis amplissima</i> (C. Presl) Tindale.....	41
Figura 24. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Macrothelypteris</i> (H. Itô) Ching.....	42
Figura 25. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Microgramma squamulosa</i> (Kaulf.) de la Sota.....	43
Figura 26. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Blechnum brasiliense</i> Desv.....	44
Figura 27. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Campyloneurum</i> C. Presl registrada para o Ponto 2.....	46

Figura 28. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Campyloneurum</i> C. Presl registrada para o Ponto 4.....	47
Figura 29. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Ctenitis distans</i> (Brack.) Ching.....	48
Figura 30. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Deparia petersenii</i> (Kunze) M. Kato.....	49
Figura 31. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch) Domin registrada para o Ponto 2.....	50
Figura 32. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch) Domin registrada para o Ponto 3.....	51
Figura 33. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch) Domin registrada para o Ponto 4.....	52
Figura 34. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Pleopeltis hirsutissima</i> (Raddi) de la Sota registrada para o Ponto 3.....	54
Figura 35. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Pleopeltis hirsutissima</i> (Raddi) de la Sota registrada para o Ponto 4.....	55
Figura 36. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Pteris splendens</i> Kaulf.....	56
Figura 37. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Polybotria cylindrica</i> Kaulf.....	57
Figura 38. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Serpocaulon catharinae</i> (Langsd. & Fisch) A.R. Sm.....	58

Figura 39. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Thelypteris dentata</i> (Forssk.) E.P.St. John registrada para o Ponto 1.....	60
Figura 40. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de <i>Thelypteris dentata</i> (Forssk.) E.P.St. John registrada para o Ponto 4.....	61
Figura 41. Produção estimada de esporos para o ponto 1.....	63
Figura 42. Produção estimada de esporos para o ponto 2.....	63
Figura 43. Produção estimada de esporos para o ponto 3.....	64
Figura 44. Produção de esporos estimados para o ponto 4.....	64
Figura 45. A-B. Esquema do coletor utilizado para os estudos de precipitação de esporos no PEFI. A. Coletor descrito por Bush (1992) e Gosling <i>et al.</i> (2003). B. Modificações realizadas no coletor para o presente estudo. (Fonte: Bush, 1992; Gosling <i>et al.</i> (2003), adaptado).....	66
Figura 46. A-K. Montagem dos coletores <i>Old Field</i> com modificações. A. Material utilizado. B. Confecção da garrafa coletora. C. Furos de drenagem. D. Garrafas coletoras. E. Funil e malha granulométrica. F. Instalação do funil na garrafa coletora. G. Garrafa coletora e funil. H. Paisagem da lã de vidro. I. Lã de vidro e funil coletor. J. Coletor. K. Tela de mosquiteiro e funil.....	68
Figura 47. A-G. Metodologia empregada para a as análises qualitativas da precipitação de esporos do PEFI. A. Pastilhas de <i>Lycopodium</i> . B. Lã de vidro e pastilhas de <i>Lycopodium</i> . C-D. Fracionamento da lã de vidro em ácido fluorídrico (HF) para centrifugação. E-F. Ácido fluorídrico e ácido sulfúrico. G. Mistura de acetólise e material de precipitação.....	73
Figura 48. Frequências totais (%) dos esporos e grãos de pólen observados nos pontos de estudo do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	76
Figura 49. Frequência da precipitação de esporos indicando a porcentagem dos esporos de samambaias e licófitas e pólen amostrado nos quatro pontos de estudo do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	77

Figura 50. Tipos de esporos de samambaias e licófitas presentes nas análises de precipitação de esporos dos quatros pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (EPFI). A. Tipo *Alsophila*. B. Tipo *Anemia*. C. Tipo *Blechnum*. D. Tipo *Botrychium*. E. Tipo *Campyloneurum*. F. Tipo *Ctenitis*. G. Tipo *Cyathea*. H. Tipo *Deparia*. I. Tipo *Microgramma*. J. Barra de escalas = 10 μm 78

Figura 51. Tipos de esporos de samambaias e licófitas presentes nas análises de precipitação de esporos dos quatros pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (EPFI). A. Tipo *Pleopeltis*. B. Tipo *Polybotria*. C. Tipo Polypodiaceae. D. Tipo *Pteris*. E. Tipo *Pteris splendens*. F. Tipo *Serpocaulon*. G. Tipo *Tectaria*. H. Tipo *Thelypteris*. Barra de escalas = 10 μm 79

Figura 52. A-C. Tipos de grãos e pólen presentes na análise de precipitação de esporos. A. Euphorbiaceae Juss. B. Myrtaceae Juss. C. Pinaceae Spreng. ex Rudolphi..... 80

Figura 53. Tipos de esporos encontrados mensalmente nos quatro pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)..... 81

Figura 54. Ordenação pela análise de correspondência canônica da precipitação de esporos na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, a partir de 17 tipos de esporos identificados nas amostras e quatro variáveis ambientais. Abreviações: T = Temperatura; Pre = Precipitação; Um = Umidade; Vmax = velocidade máxima do vento. Os códigos dos tipos de esporos e dos meses encontram-se nas tabelas 6, 7, 8..... 82

Figura 55. Diagrama palinológico de porcentagem por tipos de esporos de samambaias e licófitas presente na precipitação de esporos do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)..... 86

Figura 56. Diagrama palinológico de concentração dos esporos de samambaias e licófitas presente na precipitação de esporos do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)..... 87

Figura 57. A-B. Fluxo de precipitação de esporos no ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Quantidade de esporos totais que precipitam no ponto 1. B. Relação entre a precipitação de esporos no ponto 1 considerando os tipos identificados..... 88

Figura 58. Diagrama palinológico de porcentagem por tipo de esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	90
Figura 59. Diagrama palinológico de concentração dos esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	91
Figura 60. A-B. Fluxo de precipitação de esporos no ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Quantidade de esporos totais que precipitam no ponto 1. B. Relação entre a precipitação de esporos no ponto 2 considerando os tipos identificados.....	92
Figura 61. Diagrama palinológico de porcentagem por tipo de esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	94
Figura 62. Diagrama palinológico de concentração dos esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	95
Figura 63. A-B. Fluxo de precipitação de esporos no ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Quantidade de esporos totais que precipitam no ponto 1. B. Relação entre a precipitação de esporos no ponto 3 considerando os tipos identificados.....	96
Figura 64. Diagrama palinológico de porcentagem por tipo de esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	98
Figura 65. Diagrama palinológico de concentração dos esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	99
Figura 66. A-B. Fluxo de precipitação de esporos no ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Quantidade de esporos totais que precipitam no ponto 1. B. Relação entre a precipitação de esporos no ponto 4 considerando os tipos identificados.....	100

Figura 67. A-G. Coleta do perfil de solo na área de estudo. A-B. Canaletas utilizadas para coleta de sedimentos. C. Coleta do perfil de solo. D. Coleta dos perfis contíguos para análise de sedimento e de germinação. E. Perfil de solo coletado. F. Perfil de solo coletado. G. Perfis coletados: análise temporal dos esporos e germinação, respectivamente..... 101

Figura 68. A-E. Preparação do perfil de solo dos pontos amostrados para a análise palinológica. A. Abertura da canaleta. B. Delimitação no perfil dos níveis estratigráficos. C. Nível estratigráfico sendo retirado para tratamento físico-químico. D. Perfil de solo após a retirada das amostras estratigráficas. E. Detalhe do perfil de solo após a retirada das amostras estratigráficas. As lacunas foram preenchidas com isopor mantendo o perfil intacto e não ocorrendo a mistura de materiais..... 102

Figura 69. A-M. Etapas metodológicas para o tratamento físico-químico segundo Ybert *et al.* (1992) e procedimentos para análise do material de sedimento coletado. A. Pastilhas de *Lycopodium* sendo introduzidas nas amostras. B-E. Tamisação das amostras em peneira de malha de 250 µm. F. Ácido fluorídrico (HF) a 40% para dissolução de silicatos. G. Ácido clorídrico (HCl) a 10%. H. Preparação para o método de acetólise. I. Tamisação das amostras em ultrassom. J. Preparação para montagem das lâminas. K. Lâminas confeccionadas. L. Análise sob microscopia óptica. M. Análise sob fotomicroscopia..... 104

Figura 70. Coleta do solo dos quatro pontos de estudo do PEFI para análise geocronológica..... 108

Figura 71. A-R. Processamento das amostras de solo para análise geocronológica através do método de Espectrometria de Massas com Acelaradores – EMA (*Accelerator Mass Spectrometry Method* – AMS). A-D. Amostras do ponto 1. A-B. Base; C-D. Topo. E-H. Amostras do ponto 2. E-F. Base; G-H. Topo; I-L. Amostras do ponto 3. I-J. Base; K-L. Topo. M-R. Amostras do ponto 4. M-N. Base; O-P. Nível intermediário (15-16 cm); Q-R. Topo..... 109

Figura 72. Diagrama dos palinomorfos encontrados nos pontos de estudo amostrados para o a área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Soma esporo-polinica..... 112

Figura 73. A-P. Tipos de esporos de samambaias e licófitas registradas nos quatro perfis de solos analisados para a área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Tipo *Adiantum*. B. Tipo *Alsophila*. C. Tipo *Anemia*. D. Tipo *Blechnum*. E. Tipo *Botrychium*. F. Tipo *Campyloneurum*. G. Tipo *Ctenitis*. H. Tipo *Cyathea*. I. Tipo *Deparia*. J. Tipo *Dicksonia*. K. *Elaphoglossum*. L. Tipo *Lastreopsis*. M. Tipo *Lindsaea*. N. Tipo *Lygodium*. O. Tipo *Megalastrum*. P. Tipo *Microgramma*. Barra de escalas = 10 μ m..... 113

Figura 74. A-K. Tipos de esporos de samambaias e licófitas registradas nos quatro perfis de solos analisados para a área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. P. Tipo *Pleopeltis*. B. Tipo *Polybotrya*. C. Tipo *Pteridium*. D. Tipo *Pteris*. E. Tipo *Salpichlaena*. F. Tipo *Selaginella*. G. Tipo *Serpocaulon*. H. Tipo *Tectaria*. I. Tipo *Thelypteris*. J. Tipo *Trichomanes*. K. Tipo *Vittaria*. Barra de qscalas = 10 μ m..... 114

Figura 75. Diagrama de porcentagem dos esporos presentes no perfil do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados..... 120

Figura 76. Contagem absoluta de palinomorfos por nível estratigráfico do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados..... 121

Figura 77. Diagrama de concentração dos esporos presentes no perfil do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados..... 122

Figura 78. Diagrama de porcentagem dos esporos presentes no perfil do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados..... 126

Figura 79. Contagem absoluta de palinomorfos por nível estratigráfico do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados..... 127

Figura 80. Diagrama de concentração dos esporos presentes no perfil de solo do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados..... 128

Figura 81. Diagrama de porcentagem dos esporos presentes no perfil do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados..... 133

Figura 82. Contagem absoluta de palinomorfos por nível estratigráfico do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.....	134
Figura 83. Diagrama de concentração dos esporos presentes no perfil de solo do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.....	135
Figura 84. Diagrama de porcentagem dos esporos presentes no perfil do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.....	139
Figura 85. Contagem absoluta de palinomorfos por nível estratigráfico do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.....	140
Figura 86. Diagrama de concentração dos esporos presentes no perfil de solo do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.....	141
Figura 87. A-K. Preparação laboratorial das amostras de solo coletados nos quatro pontos de estudo no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) para estudos de germinação dos esporos. A-B. Gelatina utilizada para umidificar as placas. C. Areia utilizada para deposição do solo amostrado. D. Perfil de solo coletado. E. Câmara de fluxo laminar. F. Abertura do perfil para amostragem dos níveis estratigráficos. G-I. Montagem das placas de Petri. J. Câmara de Germinação. K. Placas de Petri seladas com as amostras de solo.....	145
Figura 88. A-E. Ensaio de germinação. A. Fronde fértil de <i>Campyloneurum</i> . B-C. Esporos de <i>Anemia</i> retirados para montagem do experimento. D-E. Placas de Petri montadas com o material de referência para germinação/gametófitos.....	146
Figura 89. Coleta de amostras de solo do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) para análise físico-química.....	147
Figura 90. Litologia do perfil, evidências encontradas no solo e concentração total por hábitos dos tipos de esporos identificados nas análises de deposição temporal dos esporos do Ponto 1 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	164

Figura 91. Litologia do perfil, evidências encontradas no solo e concentração total por hábitos dos tipos de esporos identificados nas análises de deposição temporal dos esporos do Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	166
Figura 92. Litologia do perfil, evidências encontradas no solo e concentração total por hábitos dos tipos de esporos identificados nas análises de deposição temporal dos esporos do Ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	169
Figura 93. Litologia do perfil, evidências encontradas no solo e concentração total por hábitos dos tipos de esporos identificados nas análises de deposição temporal dos esporos do Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	170

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Espécies encontradas dentro dos pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), considerando raio de 5 m.....	29
Tabela 2. Estimativa da produção de esporos das espécies por lâmina foliar.....	89
Tabela 3. Quantidade de lã de vidro utilizada mensalmente nos coletores dos quatro pontos de estudo para a análise de precipitação de esporos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	67
Tabela 4. Médias das variáveis ambientais mensais utilizadas na análise de correspondência canônica (CCA).....	71
Tabela 5. Concentração total e precipitação anual de esporos para cada um dos pontos de estudo do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	80
Tabela 6. Coeficiente canônico e coeficiente de correlação “intra-set” das variáveis ambientais com eixo os 1 e 2 da análise de correspondência canônica (CCA).....	83
Tabela 7. Coeficiente canônico dos tipos de esporos com os eixos 1 e 2 da análise de correspondência canônica (CCA) e seus respectivos códigos.....	83

Tabela 8. Coeficiente canônico dos meses com os eixos 1 e 2 da análise de correspondência canônica (CCA) e seus respectivos códigos.....	84
Tabela 9. Hábito e preferências ambientais dos tipos de esporos de samambaias e licófitas identificados nas análises de deposição temporal nos quatro pontos de estudo no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	115
Tabela 10. Resultados das análises geocronológicas (datas de radiocarbono) de sedimentos das amostras do topo e base dos quatro perfis e do nível intermediário (15-16 cm) do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	118
Tabela 11. Parâmetros analisados nas análises físico-química dos solos dos pontos de estudo 1, 2, 3 e 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).....	149

RESUMO

Estudos sobre a dinâmica da deposição dos esporos de Samambaias e Licófitas são escassos, porém de extrema importância. O objetivo do presente trabalho foi analisar os processos envolvidos na dinâmica de deposição dos esporos no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) a partir de estudos sobre dispersão, germinação, deposição e ontogenia do gametófito. Foram selecionados quatro pontos de estudo no PEFI, considerando a riqueza e diversidade de espécies do grupo. Em cada ponto foi determinado o número de espécies e espécimes, a partir da instalação de coletores gravimétricos de partículas do tipo *Old Field*, adaptados e instalados a 30 cm de altura do solo para estudos da precipitação de esporos na área. Foram feitas também coletas de dois perfis contíguos de solo de 25 cm de profundidade, destinados para análise de deposição temporal e estudos de germinação de esporos. Nos quatro pontos foram registradas 16 espécies, totalizando 584 espécimes. A produção estimada de esporos para cada ponto de estudo variou em consequência do número de esporófitos e frondes férteis. Os períodos de esporulação das espécies foram registrados nos meses de alta pluviosidade, com destaque para dezembro. A análise de precipitação dos esporos não demonstrou padrão regular de dispersão. Os tipos encontrados correspondem às espécies existentes na área do PEFI, mas não necessariamente ao ponto amostrado, demonstrando dispersão de esporos longe da fonte de origem. As maiores concentrações e frequências dos esporos foram registradas nos meses de março a junho. O fluxo de precipitação de esporos foi mais alto nos meses de março e maio e a análise canônica não estabeleceu nenhuma ordenação que descrevessem um gradiente sazonal entre as unidades amostrais. Apesar das evidências de processos oxidativos, os esporos estiveram presentes em todos os níveis estratigráficos na análise de deposição temporal. Os tipos identificados correspondem ao componente regional da comunidade vegetal do PEFI e indicam que, a área passou por períodos de oscilação entre ambientes úmidos e secos. As idades geocronológicas dos pontos 1, 2 e 3 demonstram que esses solos correspondem ao período atual e confirmam as prováveis condições ecológicas discutidas, entretanto o ponto 4, a análise indicou período de formação no limite Pleistoceno-Holoceno. Os aspectos ecológicos analisados possibilitam a formação de um banco de esporos, porém a contribuição dos esporos viáveis depositados não confirma de fato o grau de regeneração da área existente, tendo em vista que na análise não foi evidenciado taxas de germinação ou formação de protalos. Possivelmente os esporos são depositados no solo e carregados para as camadas mais profundas, onde não encontram situações adequadas para a germinação, perdendo assim, a viabilidade e conseqüentemente não formando bancos de esporos capazes de regenerar e colonizar as áreas.

Palavras-chave: esporos, Samambaias, PEFI, dispersão, Palinologia.

ABSTRACT

Studies on the dynamics of spore deposition of Ferns and lycophytes spores are scarce, but very important. With the aim of analyzing the dynamics of spore deposition in the area and understanding the possible factors that interfere in the ecological processes and in the colonization of species in PEFI, four spots of study were selected considering richness and diversity of species of ferns and lycophytes groups. In each spot, the number of species and specimens were surveyed with the use of gravimetric collectors of particles of *Old Field* type, adapted and installed at 30 cm height from the ground to register the spore precipitation. In these spots, two contiguous profiles of soil of 25 cm deep were sampled for the analysis of temporal deposition and spore germination studies. In the four spots, 16 species were recorded which totalized 584 specimens. The estimated spore production of each sampled spot varied in consequence of the number of sporophytes and fertile fronds recorded. It was observed that the sporulation periods of the species were registered within the season of high rainfall, with highlights to the December. The analysis of spore precipitation did not show a regular dispersal pattern. The types correspond to the species existent in PEFI area, but not necessarily to the sampled spot, meaning that it may interfere on the occurrence of spore dispersal far from the source of origin. The major concentrations and frequency of spores were recorded in March and June. The spore precipitation flow was higher in March and May and there was no correlation in data ordination that could describe a seasonal gradient among sampled units. Despite the evidences of oxidative processes, the spores were also present in all stratigraphic layers for the sampled spot in the analysis of temporal deposition. The determined types correspond to the regional component of the vegetal community of PEFI and indicate that the area experienced oscillation periods between humid and dry environments. Geochronological ages of the spots 1, 2, and 3 showed that these soils correspond to the current period and confirm the probable ecological conditions discussed. Different information was recovered from the spot 4, which evidences indicate that the period of formation (or traces) refers to the Pleistocene-Holocene. The ecological aspect analyzed, theoretically, enables the formation of a spore stock on soil. Meanwhile, the contribution of the deposited viable spores does not allow to confirm the degree of regeneration of the existent area indeed, having in mind that the analysis of spore germination in soil did not allow to verify neither the germination rates nor the formation of prothallium. Probably, the spores are deposited at the soil surface and they are carried to the deepest layers, without the proper conditions to germinate and, therefore, lose their viability and consequently no spore stocks are formed, being able to restore and colonize areas.

Key-words: spores, Ferns, PEFI, dispersion, Palinology.

1. INTRODUÇÃO

Os conhecimentos disponíveis sobre Samambaias e Licófitas, são geralmente baseados em caracteres do esporófito adulto e maduro. Isso se dá em consequência do fato dos esporófitos representarem a fase duradoura do ciclo de vida dessas plantas, o que as torna mais facilmente observadas na natureza. São poucos os autores que incluem em seus trabalhos discussões sobre a importância dos caracteres morfológicos dos esporos e gametófitos, bem como, os aspectos ecológicos dessas estruturas em relação à dinâmica do meio onde estão inseridos.

A grande maioria dos trabalhos que tratam sobre esporos e gametófitos ocupam-se em demonstrar a existência de um banco de esporos, relatando a quantidade de esporos viáveis encontrados nas amostras. Entre esses, temos os trabalhos de Hamilton (1988), Dyer & Lindsay (1992), Lindsay (1995), Esteves & Dyer (2003) na região da Escócia; During *et al.* (1987) na Espanha, During & Ter Horst (1983) em áreas da Holanda, Inglaterra (Clymo & Duckett 1986), México (Ramírez-Trejo *et al.* 2004) e Suíça (Milberg 1991). Alguns poucos estudos abordam com profundidade as relações entre a composição de espécies representadas no solo e na atmosfera, à estrutura do solo, e a população de samambaias e licófitas existentes (Rydgren & Hestmark 1997, Esteves & Dyer 2003, Lindsay 1995, Simabukuro *et al.* 1998a, b, 1999). No Brasil, os estudos mais completos realizados até hoje foram em áreas de cerrados paulistas (Simabukuro *et al.* 1998a, b, 1999) e em área de mata em Minas Gerais (Ranal 2003, 2004), porém pouco se conhece a respeito da dinâmica da deposição temporal e formação de banco de esporos em áreas de Mata Atlântica.

O esporo, produzido em grandes quantidades pelo esporófito, é responsável tanto pela colonização de novos ambientes como pela movimentação dos genes entre e dentro das diferentes populações de samambaias e licófitas (Dyer & Lindsay 1992, Simabukuro *et al.* 1998a, b, c, 1999, 2000, Esteves & Dyer 2003). Em geral a distância de dispersão do esporo é pequena, apenas poucos metros de distância da planta que o produziu. A quantidade de esporos que são dispersos além do um raio de 10 metros é pequena em porcentagem, mas é significativa em termos numéricos. A pequena porcentagem dos esporos liberados de um esporófito grande corresponde a milhões de esporos por ano.

Os objetivos e as estratégias da dispersão de grãos de pólen e esporos são completamente diferentes. A dispersão de esporos é um fenômeno que depende da direção que prevalece o vento, sendo a gravidade e umidade diretamente relacionada com a deposição desses no solo (Gregory 1945). A alta produção de esporos, como demonstrada por Page (1979b), é uma estratégia única e eficaz que garante o sucesso da dispersão permitindo a expansão do grupo nos mais variados habitats (Farrar *et al.* 2009). Os grãos de pólen adotaram diferentes mecanismos associados a

estratégias evolutivas em decorrência a pressão adaptativa do meio, aperfeiçoando assim as chances de fecundar o óvulo.

Em condições apropriadas de luz, temperatura, umidade e pH, o esporo germina, iniciando a fase gametofítica, prosseguindo com o ciclo de vida, originando o esporófito. Essa alternância de gerações marcadas por morfologias distintas aumenta as chances da variabilidade genética entre as populações, pois os esporos permitem que os genes sejam propagados muito além da fonte de origem, contribuindo para a fecundação entre gametas de diferentes gametófitos.

A germinação dos esporos é um processo que acontece em um breve período de duração estando bastante vulnerável às condições ambientais. Ao serem depositados nos solos, os esporos podem permanecer dormentes por determinado período de tempo, entretanto quando carregados para as camadas mais profundas tendem a perder a capacidade de germinação em consequência do envelhecimento das células e da alta suscetibilidade ao meio. Dyer & Lindsay (1992), Lindsay (1995) e Guimarães & Felipe (1999) demonstram que os esporos sobrevivem nos solos até a próxima temporada de produção, com a perda da viabilidade conforme o aumento da profundidade.

Nos solos, os esporos viáveis encontrados irão constituir os bancos de esporos, com função semelhante aos de bancos de sementes em angiospermas. Os bancos podem reduzir o risco de extinção, permitindo a regeneração de populações devastadas por inundações, incêndios, secas, deslizamentos ou processos de sucessão. Atualmente está bem estabelecido que a maioria dos solos contenha banco de esporos de samambaias e licófitas, um reservatório enterrado de esporos (Esteves & Dyer 2003).

Em climas temperados foi frequentemente mostrada a existência de bancos de esporos (Dyer 1994, Dyer & Lindsay 1992, Dyer & Lindsay 1996, Esteves & Dyer 2002). Nas regiões tropicais esses estudos são bem mais raros. Os estudos mais completos realizados até hoje foram em áreas de cerrado (Simabukuro *et al.* 1998 a, b, c, 1999, 2000). Há apenas um trabalho brasileiro realizado em área de mata, na Reserva Ecológica de Panga, em Minas Gerais (Ranal 2003).

O conjunto de esporos depositados e preservados ao longo do tempo no solo reflete a vegetação que existiu no passado e pode ainda contribuir para interpretações paleoambientais, indicando possíveis mudanças ambientais e climáticas que ocorreram em determinado local. Esses estudos de análise de deposição temporal representam um ramo da palinologia do Quaternário que está sendo cada vez mais explorado e aperfeiçoado, e que tem contribuído de maneira significativa nas interpretações dos diversos eventos geológicos que aconteceram ao longo da história da formação do Planeta.

Através da análise do componente “esporos de samambaias e licófitas” presente em um perfil litológico e do levantamento dos aspectos ecológicos das espécies presentes nesse é possível

indicar as oscilações entre períodos de umidade e estiagem que ocorreram ao longo da história, e inferir informações a respeito das mudanças da arquitetura e estratos de floresta, por exemplo.

Para essas análises o número total de esporos pode ser quantificado e identificado com a utilização de técnicas palinológicas tradicionais para tratamento de sedimentos, porém essas técnicas destroem o conteúdo dos esporos e preservando a parede celular, e portanto, não servem para quantificar os esporos viáveis. A solução normalmente utilizada é a coleta de duas amostras paralelas no mesmo ponto a ser analisado: uma amostra para a análise palinológica e outra para a análise da viabilidade, através da germinação dos esporos contidos no solo.

Os processos de dispersão, germinação, deposição e ontogenia do gametófito e esporófitos são estudos importantes que auxiliam em trabalhos de levantamentos florísticos, ecologia e de fisiologia vegetal, que muitas vezes são incompletos ou acabam por serem interrompidos por falta de identificação do material. Não há informações sobre a capacidade de dispersão dos esporos, pelo ar, dentro de uma região ou entre regiões. Trabalhos que tratam de forma completa e integrada esses processos são essenciais para o estabelecimento sobre a relação ecológica entre as espécies e fornecem subsídios sobre o conhecimento da dinâmica da vegetação.

O estabelecimento entre as relações fisiológicas e ecológicas das espécies de samambaias e licófitas permitem: (i) contribuir com novas metodologias para regeneração de populações locais e/ou extintas, pois genótipos aparentemente perdidos podem ser recuperados; (ii) a colonização e adensamento de esporófitos em áreas distantes dos seus parentais, aumentando a diversidade e acrescentando uma nova variável à movimentação de gentes de uma espécie; (iii) o estabelecimento de métodos para restauração ecológica natural de determinada área, tendo em vista que os esporos podem atuar como um recurso *in situ* nos processos de sucessão; e (iv) a formação de banco de esporos contribui diretamente para a manutenção do *pool* gênico das populações aumentando as possibilidades de cruzamento intergametofítico posteriormente.

A morfologia dos esporos e de gametófitos tem sido bastante utilizada para interpretações taxonômicas, contribuindo para o posicionamento filogenético de diversas espécies e gêneros. Estudos referentes à análise de deposição dos esporos com viés ecológico conforme aqui abordados são desconhecidos em literatura. A partir da constatação da existência desta lacuna, a presente tese se propõe analisar a dinâmica da deposição dos esporos explorando aspectos sobre a produção, precipitação e deposição temporal destes em área de Mata Atlântica, situada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

2. OBJETIVOS

Analisar a dinâmica de deposição dos esporos de Samambaias e Licófitas em quatro pontos em área de Mata Atlântica dentro do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), identificando os possíveis fatores que interferem na dispersão e na colonização das espécies.

2.1. Objetivos específicos

- Avaliar a dispersão e a deposição dos esporos de Samambaias e Licófitas, e o processo de colonização de áreas pré-estabelecidas.
- Fornecer dados que complementem as informações sobre a dinâmica das espécies presentes nas áreas de estudo.
- Conhecer e avaliar a composição de espécies representadas no solo e na atmosfera, buscando estabelecer relação com a população de Samambaias e Licófitas atualmente existentes na área do PEFI.
- Identificar as taxas de germinação em relação a quantidade de esporos existentes no solo viáveis ou não.
- Analisar a formação e o papel do banco de esporos de Samambaias e Licófitas em solos de floresta de planalto, no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP.

3. REVISÃO DE LITERATURA

As samambaias e licófitas encontram-se distribuídas nos mais diversos habitats terrestres, epífitas, rupestre e aquáticas (Raghavan 1991). Pertencem a duas linhagens evolutivas distintas: Lycophyta (licófitas) e Monilophyta (samambaias), representando uma dicotomia basal dentro das plantas vasculares (Smith *et al.* 2008). O termo Pteridophyta, designando uma divisão das plantas vasculares, vem sendo cada vez menos usado devido aos estudos filogenéticos moleculares que apontam para a evolução distinta dos grupos que a compõem (Pryer *et al.* 1995, 2004).

De acordo com Moran (2008) a riqueza mundial das samambaias e lícofitas estão estimadas em 13.600 espécies, número bastante próximo àquele estimado por Roos (1996), que propôs um número entre 12.000 e 15.000 espécies. No Brasil existem aproximadamente 1.200-1.300 espécies, dentre essas, 124 licófitas e 1053 samambaias, que engloba 40% do endemismo do grupo (Tryon & Tryon 1982, Prado & Sylvestre 2010).

Para o Estado de São Paulo foram registradas ca. de 500-600 espécies, aproximadamente 50% do total estimado para o Brasil. Foram listados para o Estado 45 espécies de licófitas, distribuídas nas famílias Selaginellaceae, Huperziaceae e Lycopodiaceae; e 522 espécies de samambaias compreendendo Pteridaceae, Dryopteridaceae, Polypodiaceae, Thelypteridaceae, Aspleniaceae e Hymenophyllaceae (Prado & Hirai 2011).

O grupo representa uma parcela importante na composição florística de diversas floras mundiais, estando presentes com maior frequência no sub-bosque (Page 1979a, Soeder 1985). Page (1979a) descreveu que em regiões de florestas tropicais as espécies de samambaias e licófitas ocorrem em maior número onde o dossel é mais baixo e menos denso, pois há uniformidade da luz no sub-bosque em relação ao estrato arbóreo, enquanto que em zonas temperadas, ocorre maior variação de temperatura e do fotoperíodo na estação de primavera, acarretando rebrota anual para esse período.

Devido às adaptações morfológicas que apresentam as samambaias e licófitas tem capacidade de sobreviver a altas salinidades, estações de seca, ataque de fogo, como por exemplo, em regiões de cerrado, dentre outras adiversidades. São considerados ideais para o estudo do controle da diferenciação de tecidos vasculares, desenvolvimento de folhas e organização de célula apical, controle da expressão sexual e germinação. Possuem interesse econômico, sendo usadas como corantes, aromatizantes, fibras e na alimentação (Dyer 1983, Raghavan 1985, 1989).

No ciclo de vida há alternância de gerações, com uma fase esporofítica, dominante e produtora de esporos; e outra gametofítica, efêmera e produtora de gametas. Ambas se estabelecem num micro-habitat específico e estável, em consequência da germinação dos esporos ocorrerem em

condições ambientais favoráveis para que se possa formar os gametas no protalo, e posterior formação do esporófito maduro, dando continuidade ao ciclo (Holtum 1967).

Os esporos são estruturas unicelulares reprodutivas produzidas pelos esporângios, na fase esporofítica das espécies, e que germinam para formar um gametófito, dependendo da água para que isto ocorra. Apresentam forma definida: monolete e trilete. Esporos monoletes apresentam simetria bilateral, são elipsoidais a globosos, e possuem lesão linear; esporos triletes são radialmente simétricos, triangulares, tetraédricos a esferoidais, e a lesão é trirradiada (Erdtman 1969, Tryon & Lugardon 1990). Em relação ao tamanho variam de 15 a 50 µm (diâmetro equatorial), com exceções para alguns gêneros e espécies, como observados por Erdtman & Sorsa (1971).

A esporoderme ou parede do esporo possui glicoproteínas associadas que sugere um sistema de depósito de oligossacarídeos, utilizado para promover a germinação dos esporos (Tryon & Lugardon 1990). Esta pode ser estratificada em três camadas: endosporo, exosporo e perisporo. O endosporo corresponde à camada interna da parede do esporo, situada entre o exosporo e o plasmelema, formada por pectocelulose, e derivada da célula gametofítica. O exosporo é a camada central ou mediana da esporoderme de esporopolenina, situado entre o endosporo e o perisporo. O perisporo é a camada externa também composta de esporopolenina. Em geral é muito ornamentada, e provém da desintegração do *tapetum* e sua deposição sobre o exosporo durante a formação dos esporos é devido a pequenos pontos ou por toda superfície. Alguns esporos, especificamente de filicíneas heterosporadas e *Equisetum* L. podem apresentar uma “capa” externa, também formada de esporopolenina, que se encontra por fora do exosporo, substituindo muitas vezes o perisporo, denominada de episporo ou ainda podem possuir um pseudoendosporo, uma camada da mesma composição química situada entre o endosporo e o exosporo, também encontrado amplamente em filicíneas (Lellinger 2002).

Durante o tratamento químico de acetólise (Erdtman 1960) para observação da morfologia dos esporos, o endosporo é removido, devido à sua composição química e por estar em contato direto com o conteúdo citoplasmático da célula. A camada intermediária – exosporo – e a camada mais externa – perisporo – podem ser constituídas por esculturas ou padrões de ornamentação que permitem analisar e identificar as espécies através do esporo, já que tais superfícies apresentam esporopolenina, substância com grande estabilidade química, permanecendo muitas vezes fossilizada, mantendo-se durante muito tempo (Faegri & Iversen 1989). Tais padrões apresentam elementos de diferentes formas geométricas formando detalhes esculturais característicos e variados entre as espécies. Pettitt (1979) afirmou que quanto maior o esporo, maior a densidade das unidades de ornamentação do perisporo. Erdtman (1971) demonstrou que espécies de samambaias poliplóides apresentavam um perisporo mais espesso do que espécies sem poliploidia. Harris (1955)

revisando características do perisporo em diversas espécies verificou que muitas vezes essa camada era algumas vezes inconspícua, evidente como fina ou parcialmente fragmentada.

De acordo com Sylvestre (1995), os esporos de samambaias têm sido estudados desde o século passado, especialmente como um caráter adicional para estudos de taxonomia, já que estas estruturas são ferramentas taxonômicas importantes para distinguir gêneros e espécies, apresentando características peculiares, tais como forma, tamanho, comprimento da lesão e padrões de ornamentação da esporoderme.

Os estudos sobre os processos de germinação foram os primeiros a apresentarem informações a respeito dos esporos de samambaias e licófitas, descrevendo-os como um pó amarelado localizado na parte abaxial da lâmina foliar e responsáveis pela reprodução do grupo (Valerius Cordus 1561). Em meados de 1700, Robert Morison, na sua obra livro *Historia Plantarum III*, escreveu que este pó amarelado produzido na face abaxial da lâmina foliar era responsável pelo desenvolvimento de novos indivíduos. Somente em 1836 as primeiras ilustrações foram publicadas por Presl, sendo ilustradas inúmeras espécies, com a distinção dos caracteres morfológicos como, estrutura, forma e tipo de ornamentação. Posteriormente, Weaver (1895) no seu estudo sobre os esporos de diferentes gêneros e espécies Americanas, apresentou ilustrações, pequenas descrições e medidas baseadas no esporo maior, menor e mediano de cada espécie tratada, dando margem no século seguinte, sobre a importância dos caracteres morfológicos dos esporos para aplicação taxonômica.

Entre os principais autores que realizaram estudos sobre a morfologia dos esporos de samambaias associados a estudos taxonômicos, temos Bower (1928), Mcvaugh (1935), Christensen (1938), Ching (1940), Copeland (1947), Holttum (1947, 1949), Erdtman (1952), Crane (1953, 1955a, 1955b, 1956), Alston (1956), Erdtman (1957, 1969), Brown (1960), Tardieu-Blot (1963a,b, 1964, 1965, 1966, 1967), Nayar & Devi (1964, 1966, 1967, 1968), Sorsa (1964), Nayar & Kaur (1965), Tschudy & Tschudy (1965), Bir (1966), Oliver (1968), Lloyd (1969, 1981), Erdtman & Sorsa (1971), Lugardon (1974), Morbelli (1974, 1976), Wagner (1974), Lugardon (1976), Devi (1979), Mickel & Arthortúa (1980), Puttock & Quinn (1980), Tigersold (1981), Tryon & Tryon (1982), Wagner (1985), Moruchio (1987), Hensen (1990) e Tryon & Lugardon (1990).

Esporos são produzidos em quantidades imensas, algo estimado entre 750.000 e 750.000.000 por fronde, dependendo da espécie (Page 1979b). Em geral a produção de esporos ocorre o ano inteiro na maioria das populações. Variáveis ambientais como períodos quentes e secos são grandes fatores que influenciam diretamente no processo de esporogênese (Dyer 1990). O esporófito maduro inicia o processo de produção de esporos logo após um período de desenvolvimento, podendo variar de um (1) a cinco (5) anos para plantas de porte médio, e de cinco (5) a dez (10) para espécies terrestres de porte grande e algumas epífitas dos trópicos (Page 1979b,

Dyer & Lindsay 1996, Esteves & Dyer 2003). Conway (1957) demonstrou que em *Pteridium* Gled. ex Scop. apenas uma única fronde pode produzir ao redor de 300.000.000 de esporos. Dyer (1979) estudando a germinação e cultura de gametófitos em *Dryopteris pseudo-mas* mostrou que uma planta libera até um (1) bilhão de esporos em 24 horas.

Através do processo mecânico de deiscência, os esporângios ejetam os esporos, e grande parte destes são depositados por gravidade ao redor da planta-mãe, e somente uma pequena porcentagem pode permanecer suspensa, e é dispersa a distâncias maiores pelas correntes de ar. A flutuação dessas massas de esporos é referida como precipitação de esporos ou chuva de esporos, e esta pode ser depositada em diferentes locais e épocas.

Ingold (1939), Conant (1978), Page (1979b) e Glaves (1991) demonstraram que 90% dos esporos são depositados no raio de dois metros da fonte, e raramente depositados em quantidades significativas a mais de sete metros. Gregory & Hisrt (1957) reportaram a presença de esporos de *Pteridium* próximo a sua fonte de origem e em até vários quilômetros de distância dos coletores instalados para análise de esporos na atmosfera na Inglaterra. Peck (1974) estudando a dispersão de pólen em Oakdale (Reino Unido) relatou a presença de grandes quantidades de esporos de *Pteridium* na atmosfera durante o ano todo de seu estudo.

Em termos numéricos, a pequena porcentagem de esporos dispersos a distâncias maiores não é algo desprezível, pois a liberação de esporos a partir de um esporófito grande corresponde a milhões de esporos por ano. Segundo Gregory (1945) fatores físicos como gravidade, correntes aéreas, temperatura, chuva e forças eletrostáticas e fotoforéticas desempenham um papel importante na dispersão dos esporos. Em condições de turbulência do ar seco a maioria dos esporos permaneceriam suspensos indefinidamente, no entanto, a deposição poderá ocorrer quando a nuvem de esporos encontra a umidade ou chuva. A direção que prevalece o vento e a ação da gravidade, e eventualmente a água são os principais fatores que atuam na dispersão e deposição dos esporos. Farrar (1985) cita ainda a dispersão de esporos por adesão animais, como salamandras, lesmas, aranhas e insetos.

Os esporos dispersos, principalmente pela ação do vento, são responsáveis pela colonização de novos sítios e pelo fluxo de genes entre diferentes populações (Dyer & Lindsay 1992, Simabukuro *et al.* 1998a, b, c; 1999, 2000, Esteves & Dyer 2003), contribuindo para a diversidade genética das espécies, pois perto da fonte de dispersão a reprodução sexuada ocorrerá entre gametófitos originários de uma mesma planta-mãe, o equivalente à auto-fecundação em uma espermatófita.

Groot *et al.* (2011, 2012) demonstraram que a dispersão dos esporos de samambaias e licófitas a longas distâncias permite o estabelecimento de populações isoladas, e que a diferenciação genética dessas populações depende da quantidade e diversidade dos esporos e do tempo

transcorrido desde a colonização. No entanto, a frequência de esporos carregados por longas distâncias a partir da fonte inicial (planta-mãe) ainda são desconhecidas, uma vez que são difíceis de mensurar, e, além disso, há controvérsia sobre as consequências das taxas de dispersão para a diversidade e estrutura genética dentro e entre populações periféricas (Cain *et al.* 2000, Ecker *et al.* 2008).

Kramer (1977), Peck *et al.* (1990), Sundberg (2005) e Shepherd *et al.* (2009) relataram que a colonização desse grupo de plantas em diferentes ambientes e longe da fonte de origem não é necessariamente um evento raro, apesar da baixa taxa de dispersão dos esporos a distâncias maiores. Ingold (1939), Conant (1978), Page (1979b) e Glaves (1991) demonstraram que 90% dos esporos são depositados no raio de dois metros da fonte, e raramente são depositados em quantidades significativas a mais de sete metros. De acordo com Wolf *et al.* (2001) e Groot *et al.* (2011, 2012) as interações entre diferentes processos resultam na formação de padrões históricos na população, de tal forma que é difícil discriminar as funções relativas à vicariância e à dispersão. O padrão de distribuição de samambaias e licófitas ocorrem, provavelmente, em função da dispersão, com menor predominância da vicariância. Isso ocorre principalmente em consequências da grande produção de esporos.

Embora os esporos apresentem esporoderme bastante diversificada, com vários elementos esculturais (ornamentação) e diferenças quanto ao tamanho entre esporos de diferentes espécies do grupo, não existem estudos consistentes sobre o papel da morfologia na dispersão. O fato desta ser realizada predominantemente por correntes aéreas e gravidade, sem variações significativas no processo, mostra que possivelmente não exista relação entre dispersão e ornamentação, porém o tamanho pode ser uma característica relevante para o processo.

A principal adaptação para o sucesso da dispersão dos esporos é certamente a imensa quantidade em que eles são produzidos. De acordo com Salgado-Labouriau (2007), a dispersão de esporos, assim como as de pólen, é influenciada pela sua produção, aspectos fisionômicos que irão atuar nas condições climáticas e na formação dos ecossistemas onde os indivíduos estão inseridos, e a proporção relativa que cada elemento da vegetação pode liberar.

O hábito das plantas é provavelmente outro fator relevante para a dispersão, principalmente a longas distâncias. Espécies epífiticas e arborescentes que compõem o estrato arbóreo da vegetação, formando um mosaico com muitas outras espécies de angiospermas, podem sofrer maior influência das correntes áreas atmosféricas durante a dispersão, pois estas cortam o dossel arbóreo mais facilmente que o estrato herbáceo (Page 1979a, b). Provavelmente espécies herbáceas são mais influenciadas pela gravidade no processo de dispersão, e assim grande parte dos esporos liberados por estes indivíduos serão, conseqüentemente, depositados ao redor da planta-mãe. Entretanto, como já descrito anteriormente, há variações na produção de esporos em relação ao porte do

esporófito (Page 1979b) o que compensa a influência do vento e gravidade na atuação da dispersão e deposição dos esporos considerando o hábito das espécies.

Os esporos de samambaias e licófitas são liberados por um tempo limitado na maioria dos habitats, geralmente no final do verão e estendendo-se até o inverno. Após a liberação, os esporos não necessariamente resultarão na produção de novos esporófitos, pois o estabelecimento e desenvolvimento dos gametófitos são as fases mais vulneráveis às condições ambientais, estando susceptíveis a desidratação, competição, predação e doenças (Tryon 1972). O tempo de viabilidade do esporo, a velocidade de germinação e a taxa de crescimento dos gametófitos serão fatores primários de competição (Lloyd & Klekovsky 1970, Dyer & Lindsay 1992, 1996). Além disso, os gametófitos maduros poderão falhar na tarefa de produção e desenvolvimento dos zigotos, já que em condições de pH e luz inapropriadas, poderão formar gametófitos atrofiados e ameristemáticos (von Aderkas & Cutter 1983). A fase gametofítica das samambaias é muitas vezes longa e complexa e somente a produção de grande quantidade de esporos dispersos massivamente garante a continuidade do ciclo de vida das samambaias e licófitas.

O processo de germinação dos esporos é iniciado a partir da deposição deste no substrato e sucessivas divisões mitóticas que irão formar o gametófito haploide, que é caracterizado pela divisão assimétrica da célula, com posterior protusão do rizóide que irá fixar e absorver nutrientes (Ranal 1983). O gametófito completo é autotrófico ou heterotrófico, e morfologicamente compreende três células que diferem em função, estrutura e crescimento potencial: células basais do protonema, célula rizoidal primária e célula protonemal (Gantt & Arnott 1965, Miller & Greany 1974, Dyer & Cran 1976). De acordo com Miller (1968) e Hill (1971) a germinação depende totalmente de condições adequadas de umidade, luz, temperatura e pH, e a velocidade da formação do gametófito (protalo) apresenta uma relação inversa com o suprimento de água.

Estudos realizados por Simabukuro *et al.* (1993) em áreas de mata ciliar demonstraram que esporos de *Asplenium serra* Langsd. & Fisch., *Blechnum brasiliense* Desv., *B. glandulosum* Kaulf. ex Link, *Campyloneurum phyllitidis* Presl., *Cyathea delgadii* Sternb., *Pecluma ptilota* Kunze var. *robusta* (Fée) Lellinger, *Serpocaulon triseriale* (Sw.) A.R. Sm. apenas germinam na presença de luz. Algumas exceções, em que os esporos germinaram totalmente em condições de total escuridão, foram demonstradas por Esteves & Felipe (1985) em espécies de *Serpocaulon*, Miller (1968) para *Ceratopteris thalictroides* Hook, *Onoclea sensibilis* L., *Pteridium aquilinum* L. (Kuhn), e Wittier (1973) para *Botruchium dissectum* Spreng.

A luz controla vários aspectos importantes na germinação, porém antes do esporo estabelecer a fotossensibilidade, um período de hidratação da célula, ou seja, exposição do esporo à água, em conjunto com condições aeróbicas e temperaturas adequadas é necessário (Towill & Ikuma 1975; Chen & Ikuma 1979). Esta fase da germinação, chamada de pré-indução, ocorre no

escuro, e é essencial, pois induz a divisão celular e a síntese de proteínas responsáveis pelo estabelecimento e manutenção da sensibilidade à luz (Towill & Ikuma 1975). Após a pré-indução, que varia de espécie para espécie (Miller 1968, Marcondes-Ferreira & Felipe 1984), ocorrer a fase de indução, um evento fotoquímico, em que a luz torna o esporo sensível à luz ou fotoblásticos positivos, desencadeando o processo de germinação (Towill & Ikuma 1975, Howland & Edwards 1979).

Miller (1968), Sugai (1971), Towill & Ikuma (1975), Howland & Edwards (1979), Marcondes-Ferreira & Felipe (1984), Raghavan (1989), Esteves & Felipe (1985, 1990), Simabukuro *et al.* (1993, 1998a) e Lindsay *et al.* (1995) estudaram o fotoblastismo em esporos de samambaias e verificaram que a maioria absoluta necessita de luz para germinar, sendo os comprimentos de onda na região do vermelho (600 a 680 nm) do espectro visível, a faixa ideal, enquanto que, a região azul (440 a 485 nm), a faixa inibitória ou ineficaz. Borodin (1867), Schulz (1902), Burgerstein (1908), Klebs (1916, 1917), Hartt (1925) e Teodoresco (1929) observaram em experimentos de laboratório que a germinação ocorre mais rapidamente quando os esporos são submetidos às faixas de comprimento de onda amarelo-vermelho do que sob luz azul, porém o processo também irá depender da qualidade e a intensidade luminosa, e do período em que os esporos ficam expostos à luz. Randi & Felipe (1988a) verificaram que esporos de *Cyathea delgadii* Sternb. quando submetidos à fase de pré-embebição de 24 horas, germinam em luz vermelha rapidamente, e que o comprimento de onda azul tem a capacidade de induzir o processo.

A indução por luz vermelha pode ser revertida pelo vermelho-extremo estabelecendo a fotorreversibilidade vermelho/vermelho-extremo, regulada provavelmente pelo fitocromo, um receptor fotossensível. Esse sistema fitocromo foi demonstrado nos trabalhos de Raghavan (1971, 1973), Marcondes-Ferreira & Felipe (1984), Randi (1987), Randi & Felipe (1988b) para as espécies de *Asplenium nidus* L., *Cheilanthes farinosa* (Forssk.) Kaulf., *Cyathea delgadii* Sternb., *Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw., *Pteris vittata* L. e *Thelypteris kunthii* (Desv.) C.V. Morton.

Logo após a indução, os esporos darão início a protusão do rizóide ou da célula protonemal para o estabelecimento do gametófito. Esta fase corresponde ao período pós-indução e é totalmente dependente do sucesso da pré-indução e indução, não requer luz, porém necessita de oxigênio e temperaturas adequadas (Towill & Ikuma 1975, Chen & Ikuma 1979, Howland & Edwards 1979).

A temperatura ideal para germinação varia entre as espécies de samambaias e licófitas, entretanto a grande maioria dos esporos germina entre 15 e 30°C (Miller 1968), Mohr (1956) e Hevly (1963) demonstraram que *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Notholaena* R.Br., *Pellea* Hook. e *Cheilanthes* Sw. germinam melhor em temperaturas variando entre 20 e 35°C. Conway (1949) demonstrou que esporos de *Pteridium aquilinum* chegam a germinar em temperaturas baixíssimas,

entre 1 e 2°C; enquanto que Kawasaki (1945) mostrou a germinação de esporos de *Cyathea boninsimensis* (Christ ex Diels) Copel. em 5°C.

Em relação ao pH ideal para a germinação, os valores estão bastante correlacionados com o habitat em que as espécies se encontram. Em geral, a germinação dos esporos ocorre em ambientes ácidos a neutros, com índices médios entre cinco a sete e meio (Conway 1949, Mohr 1956, Hevly 1963, Guervin & Laroche 1967). Page (1979a) relata que o índice de potencial hidrogeniônico não é um fator de extrema relevância para o desenvolvimento e o estabelecimento da geração gametofítica, porém, é significativo na geração esporofítica. Conway (1974) demonstrou que somente em condições extremamente ácidas de pH, entre 3 ou menos a germinação pode ser inibida.

Os estímulos ambientais, essenciais para o processo de germinação, devem ocorrer antes que os esporos depositados no substrato sejam enterrados no solo. Caso contrário, eles poderão permanecer dormentes e viáveis até o momento em que as condições ambientais do meio retornem e os exponham novamente à luz. O valor adaptativo dos bancos de esporos do solo fornece a explicação mais provável para a ocorrência generalizada de um mecanismo fisiológico que evita a germinação no escuro, o que os torna dormentes quando soterrados e potencialmente aptos para germinar quando trazidos à luz (Lindsay *et al.* 1995).

Bancos de esporos representam o conjunto de esporos viáveis armazenados no solo. (Dyer 1994, Dyer & Lindsay 1992, 1996, Esteves & Dyer 2003, Lindsay 1995, Lindsay & Dyer 1990). Apresentam funções semelhantes àqueles observadas em banco de sementes de espermatófitas, pois assim como as sementes, os esporos depositados constituem papel importante na dinâmica do ecossistema, sendo uma fonte de reserva de variabilidade genética e influenciando as mudanças genotípicas das comunidades vegetais (Harper 1977, Roberts 1981, McGrow 1987).

De acordo com Fenner (1995) os bancos podem ser considerados o registro ou a “memória” das comunidades existentes, mantendo combinações genéticas que foram selecionadas durante um longo período de tempo. Wee (1974), During & ter Horst (1983), During *et al.* (1987), Komarova (1987), Leck & Simpson (1987), Hamilton (1988) e Schneller (1988) descrevem que os bancos de esporos podem promover a recomposição da vegetação local, estimulando o processo de recuperação e regeneração natural de áreas devastadas. Dyer (1994), Dyer & Lindsay (1996) e Lindsay & Dyer (1990) relataram que os bancos de esporos podem reduzir o risco de extinção das espécies, permitindo a regeneração de populações vegetais, tendo em vista que genótipos aparentemente perdidos podem ser recuperados a partir desse conjunto de materiais depositados no solo. Além disso, a regeneração dos bancos funciona como tampão, tanto contra as consequências da baixa produção de esporos em anos com condições climáticas adversas, como, contra as

mudanças drásticas na composição genética durante as flutuações no tamanho da população (Dyer 1994, Dyer & Lindsay 1996).

De acordo com Hill (1971), os esporos tendem a germinar rapidamente assim que liberados, o que, muitas vezes impossibilita a formação de um banco de esporos. Em condições inadequadas para germinação, os esporos serão depositados e podem ser carregadas para o interior do solo por diversos fatores, como a sedimentação superficial, a percolação da água e a atividade animal no interior do substrato (Vinten 1981, Dyer 1990).

As movimentações na superfície do solo podem contribuir para o rápido soterramento dos esporos enquanto que a água de percolação transporta os esporos e as partículas para as camadas inferiores, depositando-os em níveis mais profundos (Vinten 1981, Dyer 1990). A presença de rachaduras, canais deixados por animais ou raízes apodrecidas em solos ressecados, acelera a movimentação dos esporos para as camadas mais profundas, contribuindo para distribuição vertical desses no interior do substrato. Em locais onde a chuva é frequente, os esporos penetrarão o solo na sequência em que foram depositados, mas não necessariamente permanecerão nessa sequência durante o movimento de penetração (Vinten 1981, Dyer 1990).

A taxa de movimento é susceptível de variar entre diferentes tipos de solo, de acordo com a estrutura e o conteúdo orgânico, assim como por diferenças na forma, volume e ornamentação dos esporos, e à propensão para se ligar às partículas do solo (Vinten 1981, Dyer 1990, Esteves & Dyer 2003). Além disso, a geomorfologia, os constituintes minerais e a existência e/ou quantidade de matéria orgânica no solo podem afetar o movimento dos esporos para interior, contribuindo para o soterramento às camadas mais profundas. Como consequência, a estratificação pode ocorrer, mas a profundidade pode não ser proporcional ao tempo de deposição (Simabukuro *et al.* 1998b).

Há indícios de que os animais, como vermes, minhocas e insetos, etc., provavelmente contribuem no processo de penetração dos esporos no solo, movendo-os quando escavam ou pela ingestão e posterior deposição em outros locais (Schneller 1988, Hamilton 1988). Dessa forma, os esporos podem não apenas se mover para baixo através do solo, mas também lateralmente, e até mesmo para cima. Um exemplo é a ação de alimentação das minhocas, que podem ingerir os esporos aderidos à matéria orgânica e depositá-los posteriormente junto ao húmus, promovendo também a dispersão, o deslocamento e a consequente formação do banco de esporos no solo (Ranal 1999, van Tooren & During 1988).

Esporos viáveis, ou seja, aqueles que são capazes de germinarem dando sequência ao ciclo de vida do grupo, são geralmente encontrados em maior número nos primeiros metros dos solos. Dimpleby (1961) relatou que até 50 cm de profundidade, é possível ainda encontrar esporos aptos para germinar, porém em número reduzido, quando comparado com os níveis mais superficiais. Esteves & Dyer (2003) demonstram que esporos viáveis de profundidades superiores a um metro

apresentam longo período de viabilidade, enquanto que aqueles encontrados nas camadas mais profundas tendem a perder a capacidade de germinação.

Em geral, a taxa de germinação sobre a superfície tende a diminuir à medida que a profundidade aumenta, já que existe a relação entre o número de esporos considerados viáveis e a profundidade do solo onde estes estão depositados (Halmiton 1988, Dyer 1990, Lindsay & Dyer 1992). Dyer & Lindsay (1992) e Esteves & Dyer (2003) apontaram que o declínio da taxa de germinação *versus* profundidade é apenas o reflexo da lentidão do movimento vertical dos esporos no solo. Nota-se que há uma lacuna de conhecimento na comprovação concreta em relação ao tempo em que os esporos permanecem viáveis quando enterrados. Para a maioria das espécies que têm sido estudadas, os esporos sobrevivem pelo menos até a próxima temporada de produção de esporos (Dyer & Lindsay 1992, Lindsay 1995, Guimarães & Felipe 1999), como forma de garantir a perpetuação da espécie.

A distribuição vertical de esporos no solo pode ser influenciada pelas possíveis ligações estabelecidas entre matéria orgânica, partículas minerais e sedimentos (Dimbleby 1961, Vinten 1981). Dessa forma, somente a minoria é capaz de mover-se abaixo das camadas superficiais do solo de forma rápida, tendo em vista a dificuldade de penetração encontrada. Além disso, pode existir o movimento irrestrito de esporos no solo, de modo que cada grupo de esporos frescos, depositados sobre a superfície ano após ano durante cada temporada de esporulação se movem para baixo, em sucessão, com progressiva redução da viabilidade à medida que envelhecem (Esteves & Dyer 2003).

A dinâmica da deposição temporal dos esporos está diretamente relacionada aos mecanismos de produção, aos processos de dispersão, a formação de banco de esporos e ao movimento vertical para o interior do solo. A quantidade de esporos produzidos numa temporada por um esporófito é relativamente proporcional a sua taxa de dispersão, isso porque, essa quantidade é inversa ao número de esporos viáveis depositados no solo. Em consequência das paredes celulares dos esporos serem resistentes à deterioração, o número de esporos em todo o perfil sempre será maior que o número de esporos viáveis (Esteves & Dyer 2003). Solos ácidos e as condições não oxidativas, são fatores que permitem aos esporos permanecerem intactos por centenas ou mesmo milhares de anos, mantendo assim, todas as características morfológicas que permitem a sua identificação, porém sem conteúdo celular e, portanto, não viáveis.

4. ÁREA DE ESTUDO

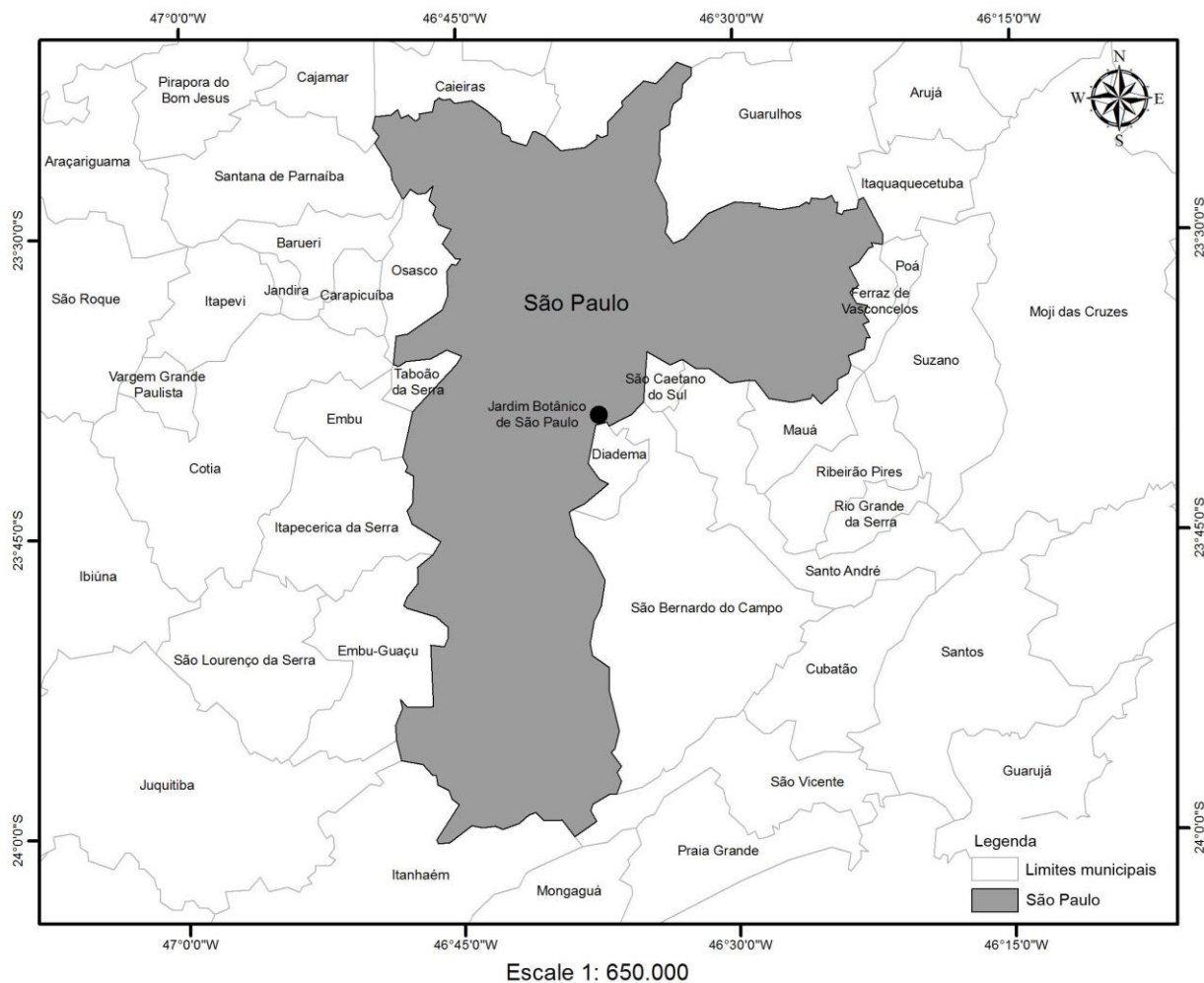
O Parque Estadual das Fontes Ipiranga (PEFI) localiza-se entre os paralelos 23°38'08"S e 23°40'18"S e os meridianos 46°36'48"W e 46°38'00"W, na região sudeste do município de São Paulo, Brasil, e faz divisa com os municípios de Diadema e São Bernardo do Campo (figura 1) (Reis 1998). É uma unidade de conservação inserida em zona urbana com área total de 526,38 ha e cotas altimétricas que variam entre 770 e 825 m. Apresenta perfil paisagístico variado em consequência da ocupação antrópica, sendo formado por áreas de mata natural associada a áreas degradadas em processo de regeneração (Barros *et al.* 2002, Fernandes *et al.* 2002).

O clima da região enquadra-se na categoria Cwb segundo a classificação de Köppen (1948), isto é, do tipo mesotérmico em que predomina o regime de chuvas no verão e inverno seco (Santos & Funari 2002). A temperatura média anual é de 19 °C, variando entre 15,7 °C no mês mais frio (julho) e 22,4 °C no mês mais quente (fevereiro) (Struffaldi-De-Vuono 1985, Santos & Furnari 2002). A precipitação anual média é de 1.368 mm, com diminuição da pluviosidade entre os meses de abril e agosto (Santos & Funari 2002). Os ventos são de baixa intensidade ($< 2,5 \text{ m.s}^{-1}$) com velocidade máxima de $5,3 \pm 0,8 \text{ m.s}^{-1}$ (Conti & Furlan 2003).

Segundo Reis (1998) o relevo do PEFI faz parte das colinas dos rebordos do espigão central da cidade de São Paulo, sendo caracterizado por formas onduladas, com topos convexos e topografias pouco movimentadas, em consequência da altitude que apresenta. Este aspecto geomorfológico compreende a classe de relevo denominada como Mares de Morros, característico da Zona do Planalto Paulistano.

Os terrenos geológicos do PEFI correspondem à Bacia Sedimentar de São Paulo, de origem flúvio-lacustre e provavelmente da época do Plioceno, período Neogeno (Terciário) (Struffaldi-De-Vuono 1985). São encontradas formações geológicas de sedimentos aluviais e coluviais (depósitos quaternários); sedimentos aluviais com conglomerados polimíticos, brechas, diamictitos e lamitos (lentes arenosas), que correspondem aos depósitos terciários da Formação Resende (Riccomini, 1989); e rochas cristalinas pré-cambrianas associadas a afloramentos, compostas principalmente de gnaisses, quartzo, biotita e muscovita-biotita gnaiss (Struffaldi-De-Vuono 1985, Reis 1998; Fernandes *et al.* 2002).

O solo da região é classificado, em sua maior parte, como latossolo vermelho-amarelo na fase rasa, proveniente de transformações de filitos, xistos e rochas granito-gnaissicas (Struffaldi-De-Vuono 1985, Comissão de Solo 1960, Reis 1998, Fernandes *et al.* 2002), e são indicados como argilosos, barrento e limo-areno-barrento, com algumas porções apresentando frações de cascalho (Struffaldi-De-Vuono 1985).



Fonte: Google Earth (Image©2014CNES / Astrium, Digital Globe)

Figura 1. Localização geográfica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Na área do PEFI ainda são encontradas 10 sub-bacias hidrográficas que comportam 24 nascentes (Pereira *et al.* 2002). Estas formam a cabeceira do Riacho Ipiranga, que abastecem nove lagos artificiais na área, além de contribuir com o volume de água existente na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, tendo em vista que o Riacho do Ipiranga deságua no Rio Tamanduateí que, por sua vez, é afluente do Rio Tietê (Fernandes *et al.* 2002).

A vegetação do PEFI abriga uma flora particular com expressões fisionômicas típicas de Mata Atlântica, que inclui formações de floresta ombrófila densa, com algumas espécies de floresta estacional semidecídua e de cerrado, refletindo uma condição pretérita de continuidade entre a floresta da costa e as do noroeste do estado de São Paulo (Nastri *et al.* 1992, Barros *et al.* 2002). Em consequência do histórico de ocupação e desapropriação da área, o fragmento florestal existente corresponde à vegetação secundária em processo de regeneração, com cinco padrões florestais secundários, em diversos estágios de sucessão, e poucas espécies climáticas (Pivello & Peccinini 2002).

As fanerógamas constituem o elemento mais conspícuo do Parque, abrangendo árvores de 20-30 m de altura, que moldam a fisionomia local (Barros *et al.* 2002). As samambaias e licófitas, embora presentes em pequena densidade populacional são encontradas com maior frequência no sub-bosque e representam grande e importante parcela na composição florística da área (Prado 1998).

O PEFI configura-se como uma das maiores áreas verdes metropolitanas da América Latina dotada de elementos representativos de valores históricos e ambientais, resistente à urbanização e ao mesmo tempo atrelado à rede metropolitana. Embora seja um dos poucos fragmentos existentes da Floresta de Planalto, seus aspectos físicos e biológicos representam significativo valor ambiental e ecológico, tendo em vista o seu papel repositório da biodiversidade. Segundo Struffaldi-De-Vuono (1985), a área provavelmente pode ser considerada como migratória entre espécies de Floresta Atlântica e do Brasil Central. Além disso, os fatores hidrogeológicos existentes proporcionam que o Parque seja um fator moderador do microclima local e do lençol freático na região (Barbosa 1993).

Considerando todos esses aspectos ambientais do PEFI e sua importância para a biodiversidade da região, foram selecionados quatro pontos dentro do perímetro do Parque para o desenvolvimento do estudo sobre a dinâmica da deposição dos esporos de samambaias e licófitas presentes na área (figura 2).

Os pontos foram estabelecidos considerando a riqueza e diversidade de espécies do grupo dentro da área, tendo como base o levantamento dos Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (Milanez *et al.* 1990) e auxílio dos taxonomistas especialistas Dr. Jefferson Prado e Dr. Pedro Bond Schwartsburd.

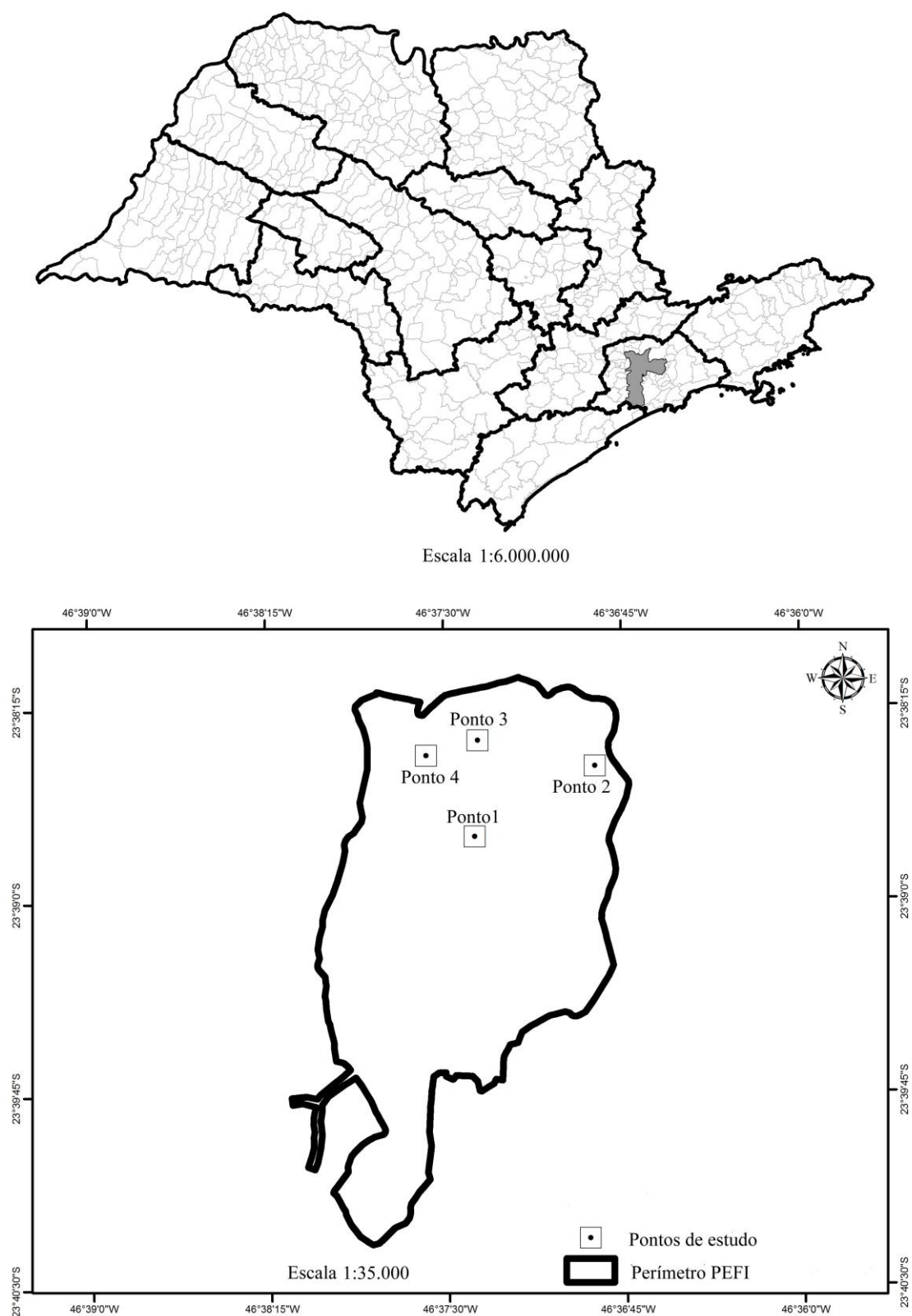


Figura 2. Perímetro do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e pontos escolhidos para os estudos da dinâmica da deposição dos esporos de Samambaias e Licófitas. Ponto 1 = 23°38'17''W, 46°37'23''S; Ponto 2 = 23°38'30''W, 46°36'51''S; Ponto 3 = 23°38'24''W, 46°37'16''S; Ponto 4 = 23°38'17''W, 46°37'23''S.

O ponto 1 está localizado próximo ao lago das Garças, a 23°38'17'' W e 46°37'23''S (figura 2). A vegetação presente corresponde à mata secundária aberta, com baixa diversidade de indivíduos de samambaias e licófitas, e grande número de fanerógamas características de estágios pioneiros e secundários iniciais de sucessão. A camada superficial do solo é recoberta por grande quantidade de serrapilheira; o dossel é aberto e contínuo, com árvores apresentando em média 20 m de altura e fustes abertos, predominando indivíduos da família Euphorbiaceae (*Alchornea*) e Myrtaceae. O estrato herbáceo não é contínuo, e predominam indivíduos de Rubiaceae e Myrtaceae. Entre as samambaias presentes predomina a espécie *Pteris splendens* Kaulf., e alguns poucos indivíduos isolados de *Blechnum brasiliense* Desv., *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin e *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P.St. John.

O ponto 2 encontra-se ao lado da trilha paralela à Avenida Cursino, a 23°38'30"W e 46°36'51"S (figura 2). A vegetação presente é formada por estrato arbóreo com indivíduos medindo entre 25 a 30 metros de altura, apresentando fustes mais fechados e copas frondosas. Predominam indivíduos de Euphorbiaceae Juss., Myrtaceae Juss., Sapindaceae Juss., Leguminosae e algumas poucas populações significativas de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin e *Alsophila setosa* Kaulf., samambaias arborescentes. O estrato herbáceo não é contínuo, e verifica-se a presença de populações de Maranthaceae, margeando praticamente toda a extensão da trilha. Entre as samambaias presentes neste estrato temos marcante presença de *Polybotrya*, samambaia hemiepífita, além de *Anemia phyllitidis* (L.) Sw., *Blechnum brasiliense* Desv., *Ctenitis distans* (Brack.) Ching, *Macrothelypteris* (H. Itô) Ching, *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P.St. John. Neste ponto, também podem ser observadas grandes quantidades de epífitas, dentre estas se destacam algumas poucas bromélias e grande quantidade de samambaias da família Polypodiaceae J. Presl & C. Presl (*Campyloneurum* C. Presl, *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota, *Serpocaulon catharinae* (Langsd. & Fisch) A.R. Sm., *Pecluma* M.G. Price e *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd.). A camada superficial do solo é recoberta por serrapilheira. Os componentes dos dosséis caracterizam a vegetação presente nesse trecho como mata secundária adensada, apresentando maior diversidade entre os outros pontos, porém menor riqueza.

O ponto 3 está situado nas áreas abertas para visitação do Jardim Botânico de São Paulo, no interior do fragmento de vegetação que compõe as margens da trilha de “terra batida”, a 23°38'24"W e 46°37'16"S. Área totalmente antropizada, composta por vegetação pioneira, com predomínio de bromélias terrestres e populações de bambu, e algumas clareiras. O dossel arbóreo existente é aberto e não contínuo; o estrato herbáceo é composto por bambu. Entre as samambaias presentes nesse trecho, podemos encontrar poucos indivíduos isolados de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin, *Blechnum brasiliense* Desv. e outras epífitas da família Polypodiaceae J. Presl & C. Presl.

O ponto 4 situa-se no arboreto do Instituto de Botânica, na margem oposta ao lago presente na Alameda Von Martius, a 23°38'17''W e 46°37'23''S (figura 2). A área recebeu grande quantidade de sedimentos oriundos da remoção do solo para construção dos dois lagos ali existente (com. pessoal Dr. Eduardo P. C. Gomes) o que provavelmente afetou os aspectos geomorfológicos atuais e a instalação da vegetação ao longo dos processos sucessionais. Além disso, o espaço recebe restos de matéria orgânica provenientes de podas (figura 3), fator este que acaba contribuindo para enriquecimento de nutrientes no solo. Em termos de vegetação, o trecho é constituído por dossel arbóreo rico em palmeiras-real e pinheiros, e alguns indivíduos de caráter ornamental. Representantes de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) também podem ser encontrados neste estrato, porém menores que 10 m de altura. O estrato herbáceo é formado por populações imensas de *Blechnum brasiliense* Desv., indivíduos jovens de Myrtaceae e também de *C. atrovirens*. Epífitas como bromélias e Polypodiaceae J. Presl & C. Presl. estão presentes nas bainhas e estipes de palmeiras. Este ponto apresenta a maior riqueza em relação aos demais, porém a menor diversidade de espécies.

Os quatro pontos foram demarcados com estacas de madeira (figura 4), e georreferenciados, sendo as coordenadas geográficas registradas através do aparelho GPS Garmin, modelo GPSmap 60CSx. Em cada ponto foi determinado o número de espécies e indivíduos de samambaias e licófitas presentes nos sítios, considerando o raio de cinco metros a partir da estaca de madeira. Coletores gravimétricos de partículas do tipo *Old Field* modificado (Bush 1992; Gosling *et al.* 2003) foram instalados a 30 cm de altura do solo para os estudos de precipitação de esporos durante período de 12 meses. Amostras de solo da camada superficial (até 1 cm) e a 25 cm de profundidade foram retiradas para análise de datação por espectrometria de massas com aceleradores (EMA ou AMS). No ponto 4 foi também realizada a datação do solo entre os níveis 15-16 cm de profundidade (camada intermediária) para complementação dos resultados obtidos. Todas as amostras foram enviadas para o laboratório Beta Analytic para análise. Perfis de solo de até 25 cm foram coletados nos locais para análise de deposição temporal e estudos de germinação de esporos.

A descrição detalhada dos materiais e métodos das análises realizadas para o desenvolvimento do presente estudo e os resultados obtidos será demonstrada nos próximos itens.



Figura 3. Aspectos paisagísticos do Ponto 4 na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) evidenciando a deposição de restos de matéria orgânica na área.



Figura 4. Estaca de madeira utilizada para marcação dos quatro pontos de estudo no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

5. SAMAMBAIAS E LICÓFITAS PRESENTES NAS ÁREAS AMOSTRADAS DO PARQUE ESTADUAL DAS FONTES DO IPIRANGA (PEFI).

5.1. MATERIAL E MÉTODOS

Para cada um dos quatro pontos estudados foi feito o levantamento da flora de samambaias e licófitas como base para material de referência para as análises de precipitação e de deposição temporal de esporos.

As espécies presentes foram identificadas considerando um raio de cinco metros a partir da estaca de madeira utilizada para marcação do ponto (figura 5), numa faixa entre dois a sete metros, diretamente no solo (Dyer & Lindsay 1992, Esteves & Dyer 2003, Jones *et al.* 2007, 2008).



Figura 5. Levantamento das espécies dentro de um raio de 5 metros ao redor da estaca de madeira utilizada para marcação dos pontos no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Os espécimes presentes nos pontos estabelecidos foram identificados e plaqueados (figuras 6 e 7) para acompanhamento do desenvolvimento do esporófito. Durante 12 meses, considerando agosto/2013 a julho/2014 foram realizadas excursões mensais para observação e registro do número de báculos e o número de lâminas vegetativas e férteis para cada indivíduo. Aspectos como o hábito e propagação vegetativa também foram verificados. Esses dados foram acompanhados em conjunto com as análises de precipitação para verificar o *input* de esporos na área.



Figura 6. Identificação e plaqueamento das espécies encontradas dentro de um raio de cinco metros nas áreas dos pontos de 1 a 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).



Figura 7. Espécies plaqueadas nos pontos estudados do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Foram registradas as quantidades de folhas inteiras ou de pinas e pínulas das espécies mais representativas nas áreas estudadas. Através da morfologia da fronde e do posicionamento e forma dos esporângios foram estabelecidos critérios diferentes para a análise quantitativa da média de produção de esporos por espécie e da estimativa do número total de esporos de um táxon por área de estudo.

Os critérios utilizados para cálculo do número de esporos por espécies foram:

- Espécies com folhas inteiras e soros arredondados (*Campyloneurum* C. Presl, *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota (figura 8 A-D)

Foi contada a quantidade de folhas férteis e inférteis por fronde, mensalmente. Em até cinco folhas foram contados os números de soros, e em até 10 soros foram então contados a quantidade de esporângios. A média de esporângios obtida foi então multiplicada por 64 esporos, número de esporos por esporângio nestas espécies.

$$F \times S \times \text{Esp} \times \text{es} = \text{número total de esporos/indivíduo}$$

F = número de folhas férteis

S = número de soros

Esp = número de esporângios

es = esporos por esporângio

- Plantas pinadas a pectinadas e soros arredondados (*Ctenitis distans* (Brack.) Ching, *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd, *Serpocaulon catharinae* (Langsd. & Fisch) A.R. Sm., *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P.St. John) (figura 9 A-F)

Foi contada mensalmente a quantidade de lâminas foliares por fronde e o número de pinas férteis e inférteis por lâmina. Em até cinco pinas foi então contado o número de soros, e em até 10 soros foi contado o número de esporângios. A média de esporângios obtida foi então multiplicada por 64 esporos, número de esporos por esporângio nestas espécies.

$$pS \times P \times S \times \text{Esp} \times \text{es} = \text{número total de esporos/indivíduo}$$

P = número de pinas férteis.

pS = número de projeções sectadas das pinas

S = média do número de soros

Esp = média do número de esporângios.

es = esporos por esporângio



Figura 8. A-D. Espécies com folhas inteiras e soros arredondados coletados para a contagem dos soros, esporângios e esporos. A-B. *Campyloneurum* C. Presl. A. Folhas. B. Detalhe dos soros arredondados. C-D. *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota. C. Folhas. D. Detalhe dos soros arredondados.

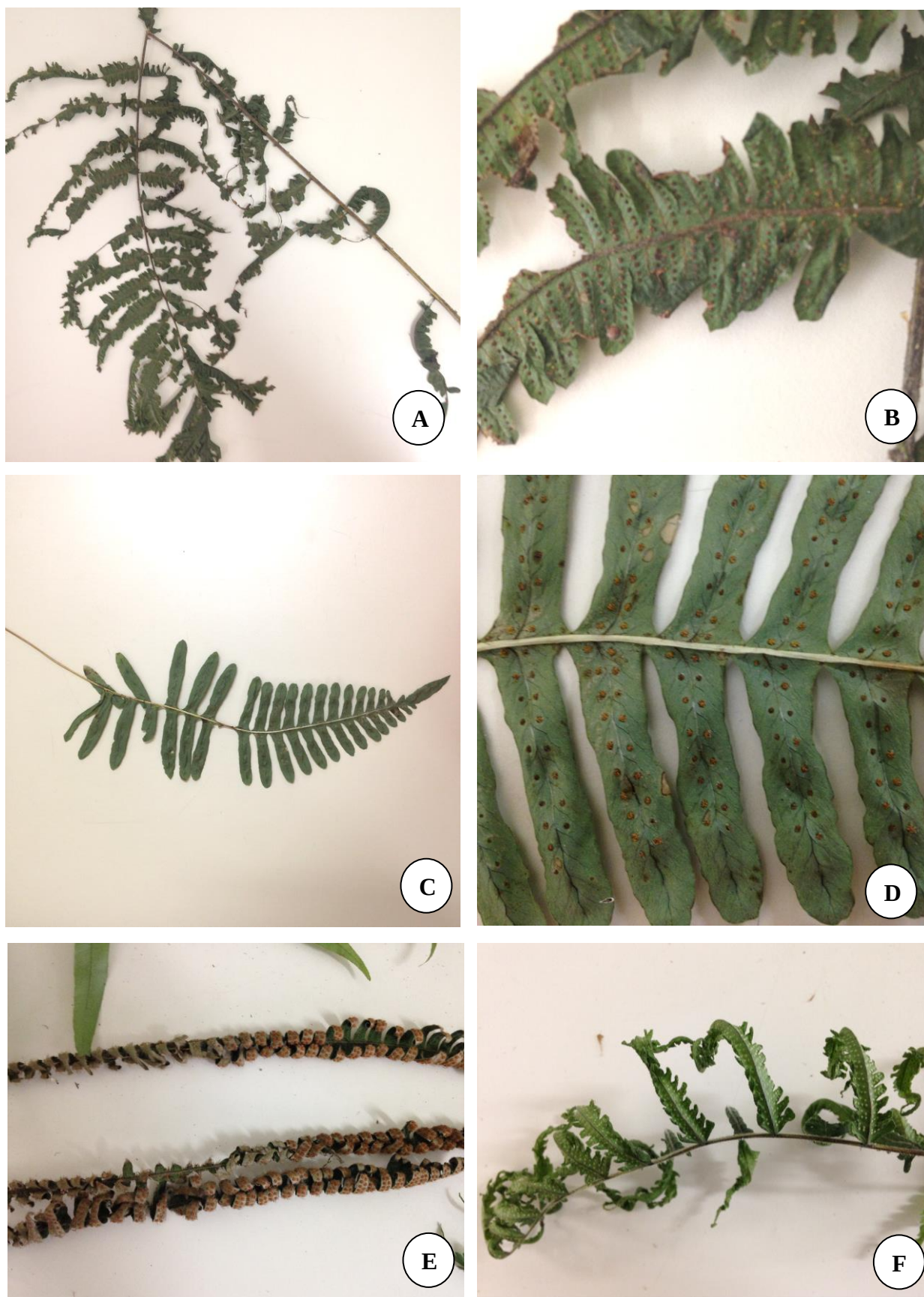


Figura 9. A-F. Pinas férteis coletadas para contagem dos esporos. A-B. *Ctenitis distans* (Brack.) Ching Pinas. A. Lâmina foliar. B. Detalhe da pina com soros. C-D. *Serpocaulon catharinae* (Langsd. & Fisch) A.R. Sm. C. Detalhe da lâmina foliar. D. Detalhe das pinas com soros. E. Pinas férteis de *Pleopeltis hirsutissima* (Raddi) de la Sota e F. Pinas férteis de *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P.St. John.

- Plantas pinadas e soros lineares (na margem ou posicionado na nervura central) (*Pteris splendens* Kaulf. e *Blechnum brasiliense* Desv.) (figura 10 A-D)

Foi contada mensalmente a quantidade de lâminas foliares por fronde e o número de pinas férteis e inférteis por lâmina. Considerando cinco pinas, foi mensurado o perímetro do soro linear. Em seguida foi contada a quantidade de esporângios contidos em 1 cm em 10 pinas diferentes escolhidas conforme os aspectos de preservação dos esporângios. Após esta contagem o resultado obtido foi multiplicado pelo perímetro da pina para obtenção da quantidade total dos esporângios por pina. O número total de esporângios foi então multiplicado por 64 esporos, número de esporos por esporângios nas espécies.

$$LF \times PER \times Esp \times P \times es = \text{número de esporos/indivíduo}$$

LF = número de lâminas foliares

P = número de pinas férteis.

PER = perímetro da pina

es = esporos por esporângio

- Plantas bi a tripinadas com soros arredondados (*Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin) (figura 10 E-F)

Foi contada mensalmente a quantidade de lâminas foliares por fronde, o número de pinas e pínulas férteis e inférteis. A média da quantidade de soros foi então obtida em até 10 pínulas de cinco pinas, e os cálculos estimados da quantidade de esporângios foram efetuados em até quatro soros escolhidos conforme os aspectos de preservação dos esporângios observados. O número total de esporângios foi então multiplicado por 64 esporos, número de esporos por esporângios nestas espécies.

$$LF \times Pin \times P \times S \times Esp \times es = \text{número total de esporos/indivíduo}$$

LF = número de lâminas foliares férteis

P = número de pinas.

Pin = número de pínulas

S = número de soros

Esp = número de esporângios

es = esporos/ esporângio



Figura 10. A-F. Pinas férteis coletadas para contagem dos soros, esporângios e esporos. A-B. *Blechnum brasiliense* Desv. A. Lâmina foliar. B. Detalhe dos soros lineares posicionados na nervura central. C-D. *Pteris splendens* Kaulf. C. Detalhe da lâmina foliar. D. Detalhe dos soros linear posicionado na margem da pina. E-F. *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin. E. Detalhe das pinas. F. Detalhe das pinas férteis, soros arredondados.

5.2. RESULTADOS

O total de 16 espécies, compreendendo 584 espécimes nos mais diversos estados de desenvolvimento foi levantado nos quatro pontos estudados (tabela 1).

Tabela 1. Espécies encontradas dentro dos pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), considerando raio de 5 m.

Espécies	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
<i>Alsophila setosa</i> Kaulf.		X		
<i>Anemia phyllitidis</i> (L.) Sw.				X
<i>Blechnum brasiliense</i> Desv.				X
<i>Campyloneurum</i> C. Presl		X		X
<i>Ctenitis distans</i> (Brack.) Ching				X
<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch) Domin		X	X	X
<i>Deparia petersenii</i> (Kunze) M. Kato				X
<i>Elaphoglossum</i> Schott ex J. Sm.		X		
<i>Lastreopsis amplissima</i> (C. Presl) Tindale		X		
<i>Macrothelypteris</i> (H. Itô) Ching		X		
<i>Microgramma squamulosa</i> (Kaulf.) de la Sota				X
<i>Pleopeltis hirsutissima</i> (Raddi) de la Sota			X	X
<i>Polybotria cylindrica</i> Kaulf.		X		
<i>Pteris splendens</i> Kaulf.	X			
<i>Serpocaulon catharinae</i> (Langsd. & Fisch) A.R. Sm.				X
<i>Thelypteris dentata</i> (Forssk.) E.P.St. John	X			X

Em relação à quantidade de espécimes por ponto analisado (figuras 11 a 15), o ponto quatro (4) apresentou maior riqueza de espécies dentre os demais, com alto número de indivíduos de *Blechnum brasiliense* Desv. (figura 15B). A maior diversidade foi observada no ponto 2, com predomínio de indivíduos de *Polybotria cylindrica* Kaulf. e *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin. Os pontos 1 e 3 são pouco representativos em relação ao número de indivíduos, riqueza e diversidade. No ponto 1 apenas as espécies *Pteris splendens* Kaulf. (figura 12A) e *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P. St. John (figura 12B) estão presentes. No ponto 3 somente *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin (figuras 14A, B) e *Pleopeltis hirsutissima* (Raddi) de la Sota (figuras 14C, D) foram registradas.

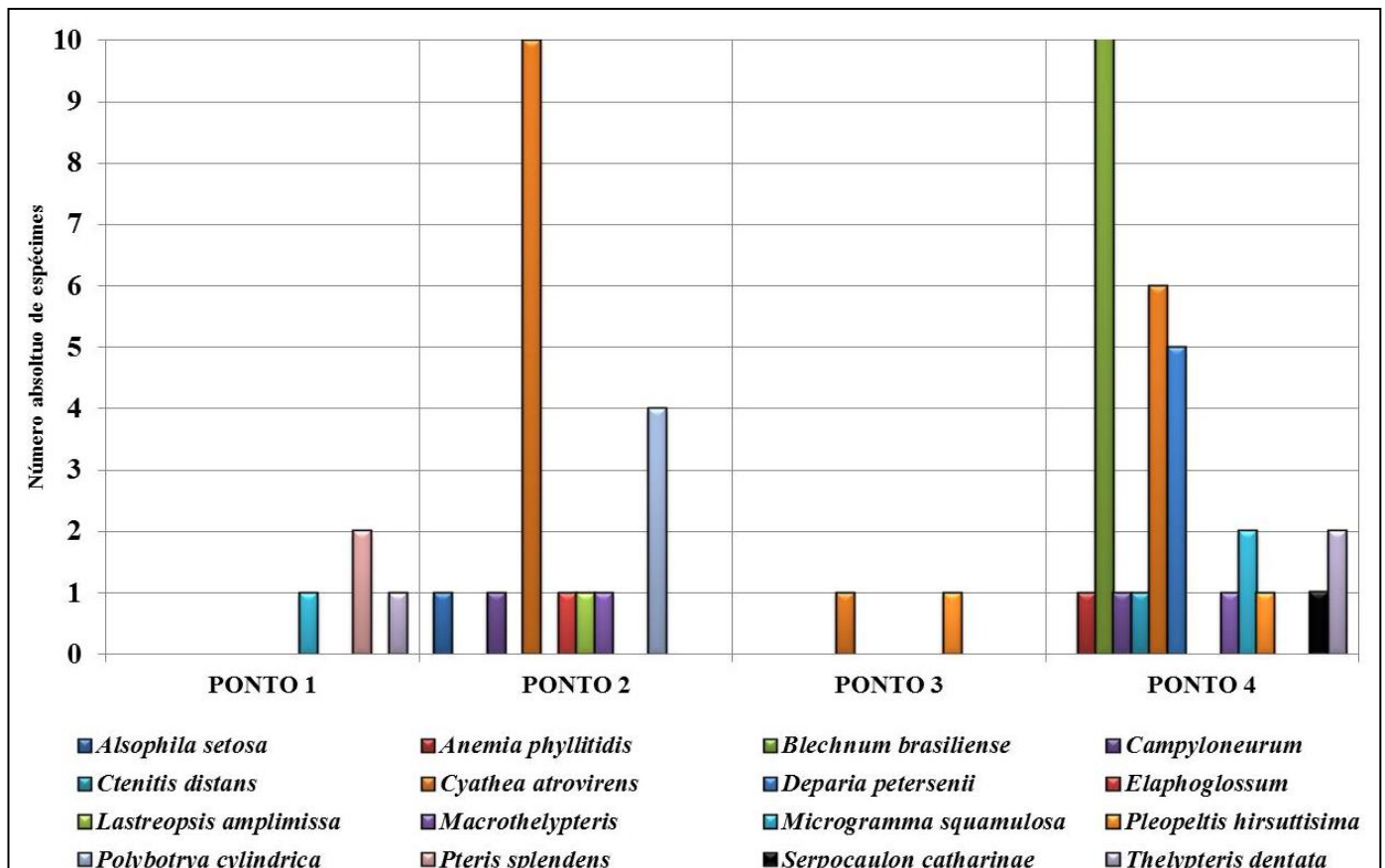


Figura 11. Número absoluto de espécimes registrados nos pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP.

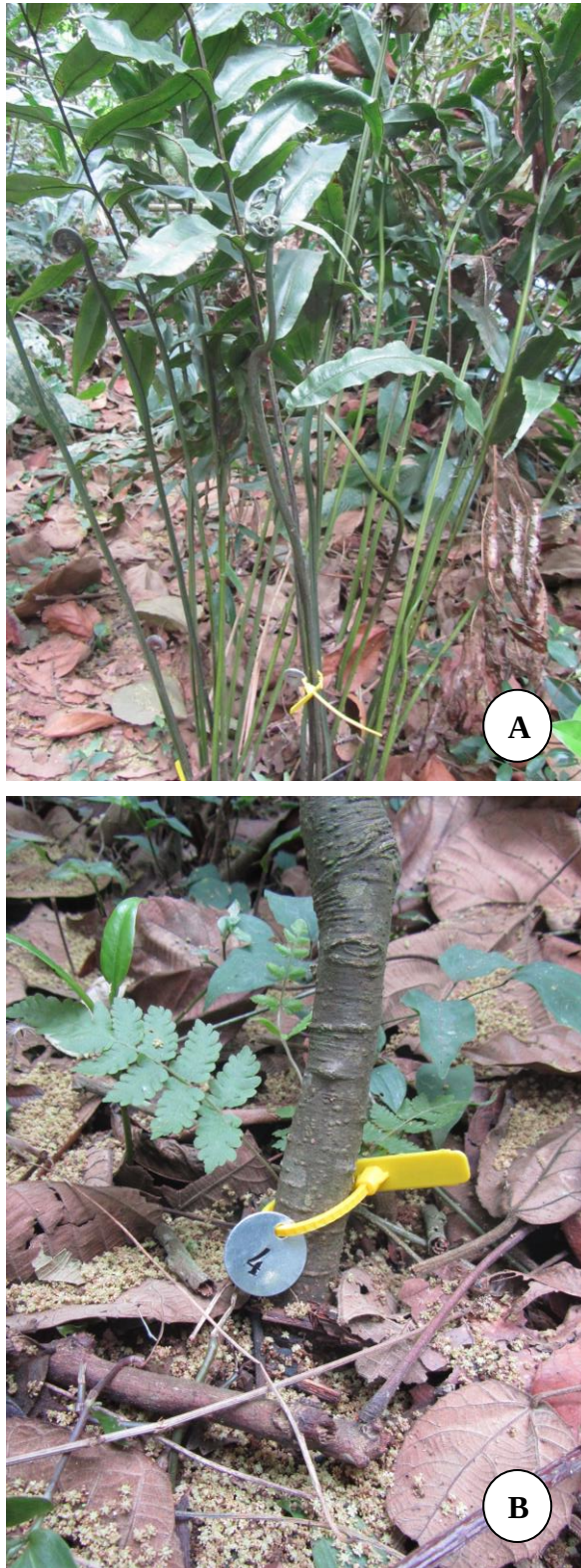


Figura 12. Espécies presentes no Ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. *Pteris splendens* Kaulf. B. *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P. St. John.

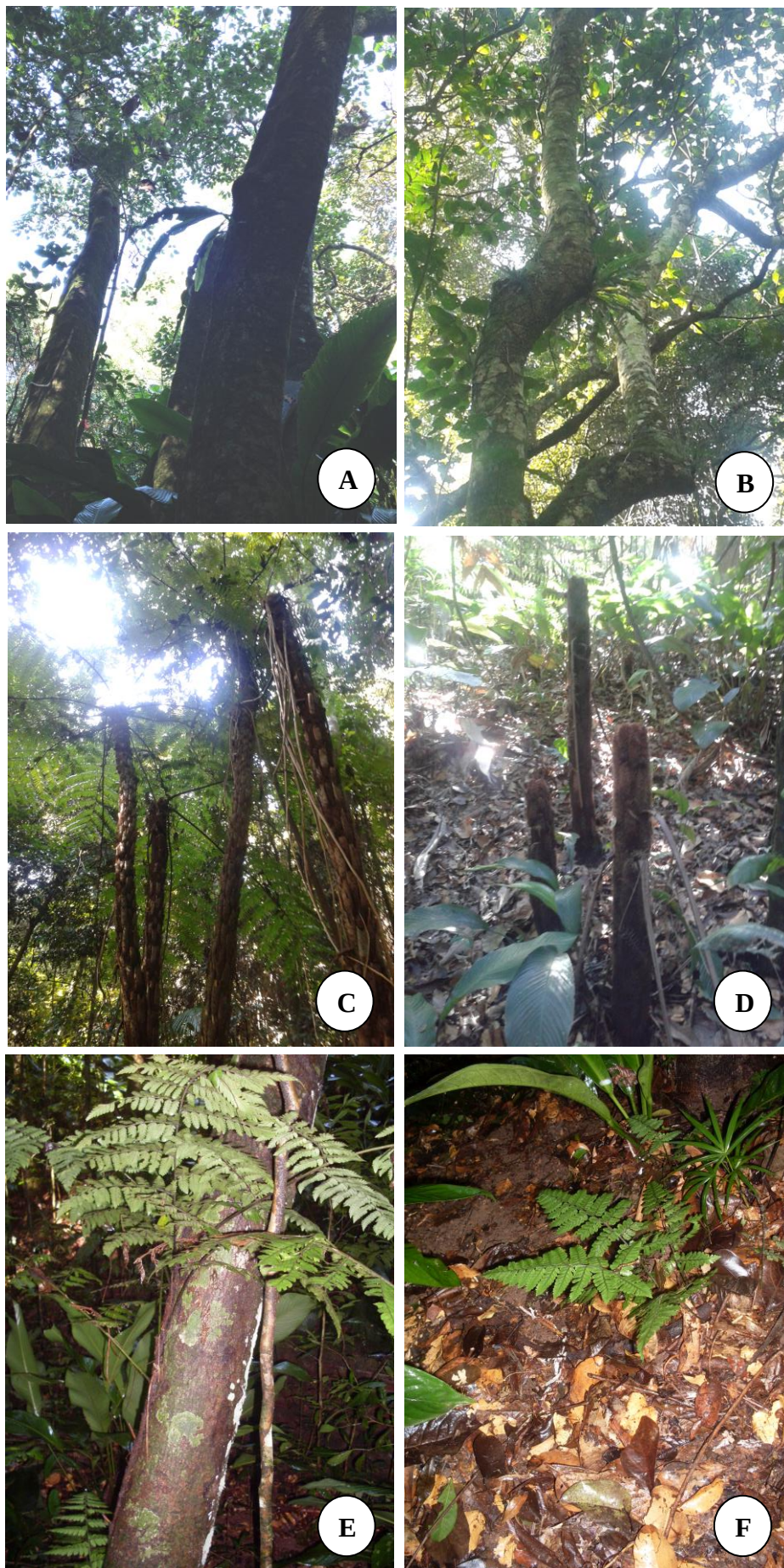


Figura 13. A-F. Espécies mais representadas no Ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A-B. *Campyloneurum* C. Presl. C-D. *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin. E-F. *Polybotria cylindrica* Kaulf.

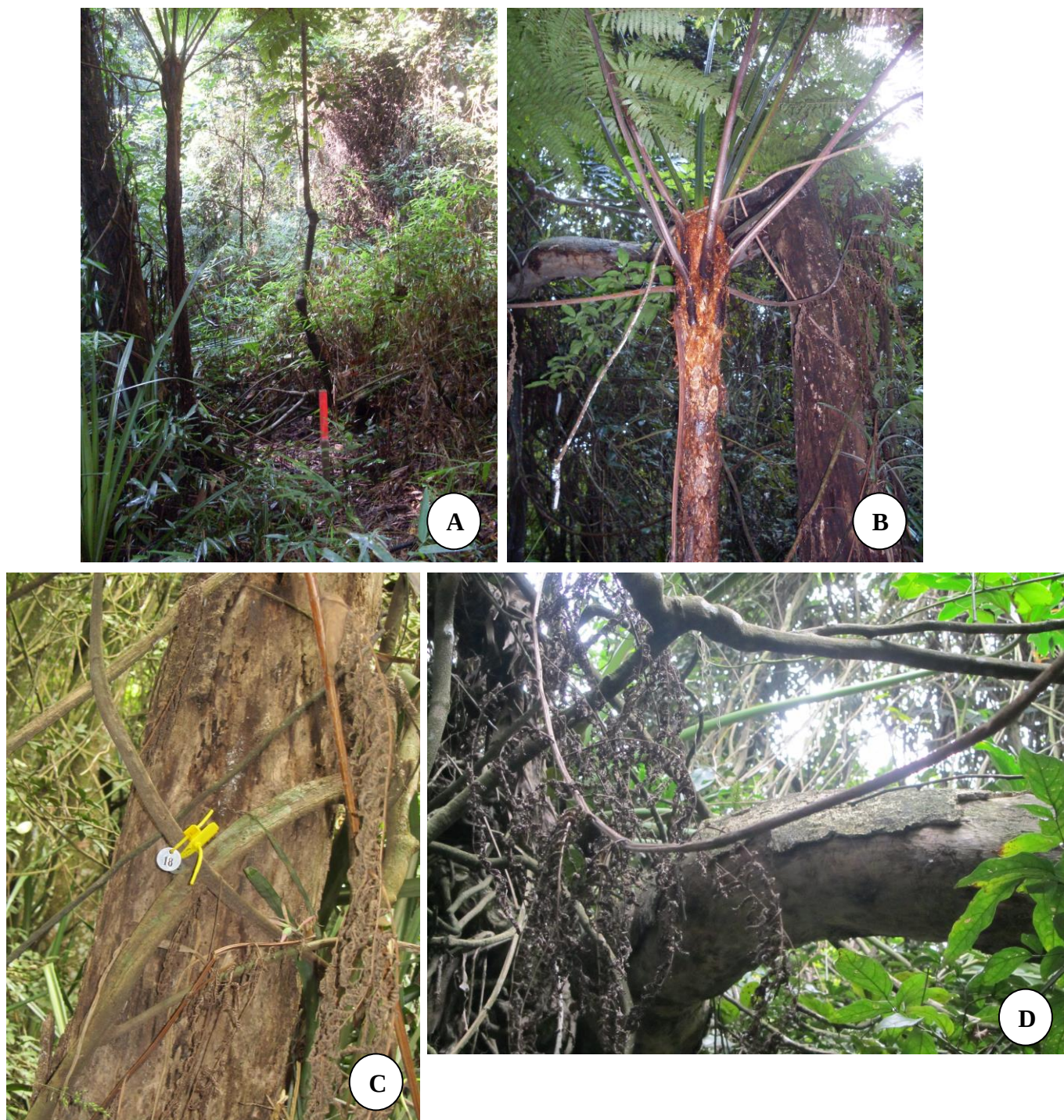


Figura 14. A-D. Espécies presentes no Ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A-B. *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin. C-D. *Pleopeltis hirsutissima* (Raddi) de la Sota.



Figura 15. A-F. Espécies mais representadas no Ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. *Anemia phyllitidis* (L.) Sw. B. *Blechnum brasiliense* Desv. C. *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch). D. *Deparia petersenii* (Kunze) M. Kato. E. *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota.

Durante os trabalhos de campo foram observados esporófitos de folhas inteiras e/ou pinas em estado fértil para os espécimes *in situ* em praticamente todos os meses amostrados (figuras 16-19). Alguns indivíduos, tais como as espécies *Alsophila setosa* Kaulf., *Anemia phyllitidis* (L.) Sw., *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm., *Macrothelypteris* (H. Itô) Ching, *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) e *Lastreopsis amplissima* (C. Presl) Tindale não puderam ter acompanhamento contínuo do desenvolvimento do esporófito, pois alguns se apresentaram no estágio de plântulas no início do presente trabalho, não sendo mais observados no local até o final do estudo, e outros não sobreviveram até o mês subsequente.

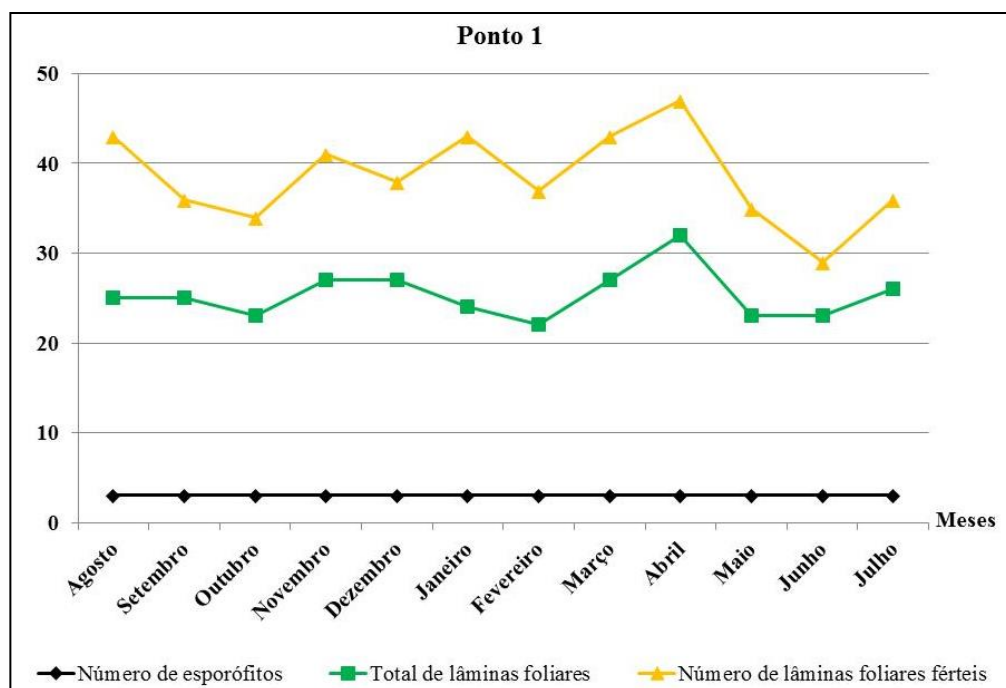


Figura 16. Quantidade absoluta de espécimes (esporófitos) e número de lâminas foliares totais e férteis registradas para o Ponto 1 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

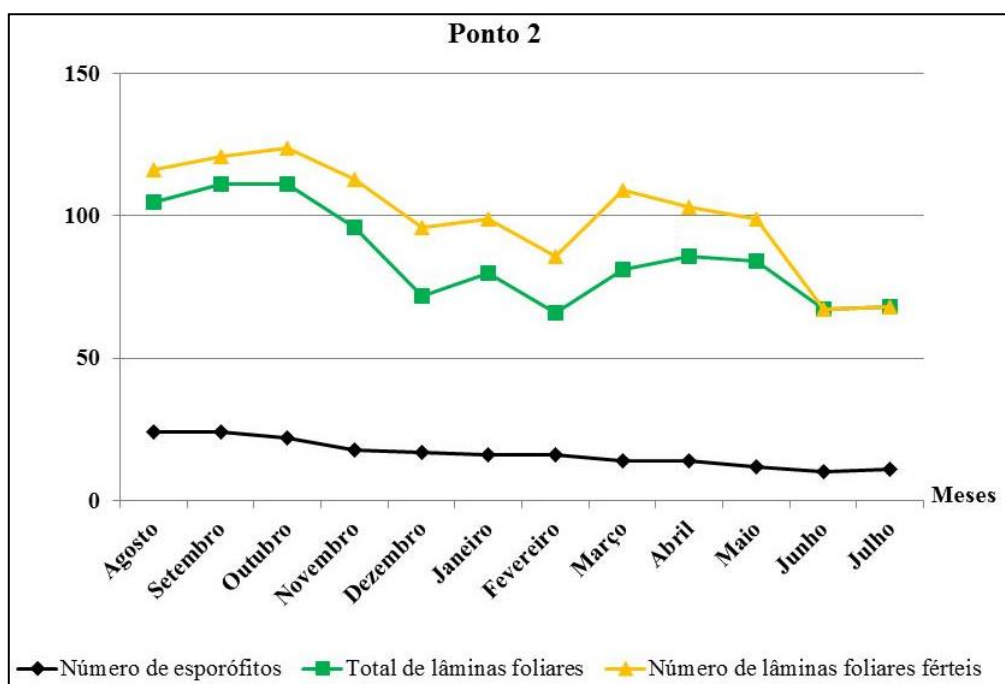


Figura 17. Quantidade absoluta de espécimes (esporófitos) e número de lâminas foliares totais e férteis registradas para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

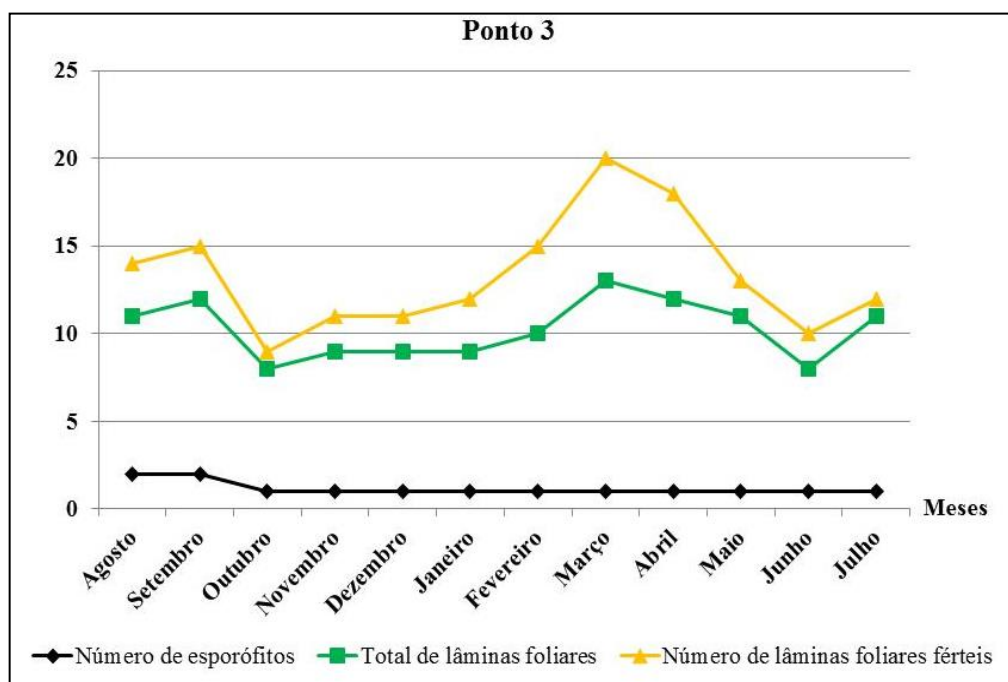


Figura 18. Quantidade absoluta de espécimes (esporófitos) e número de lâminas foliares totais e férteis registradas para o Ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

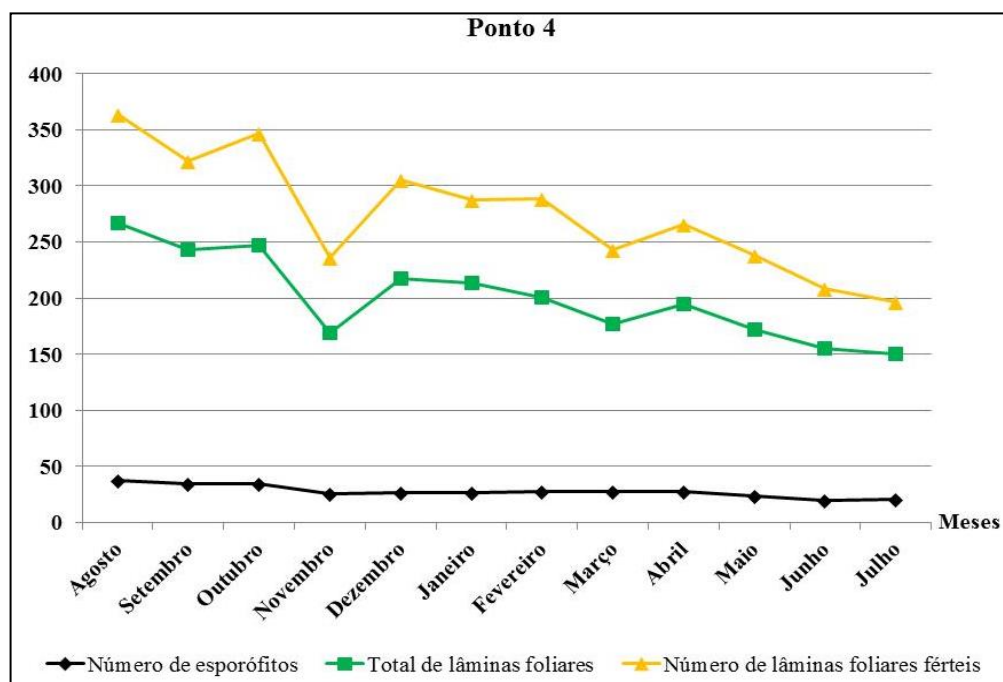


Figura 19. Quantidade absoluta de espécimes (esporófitos) e número de lâminas foliares totais e férteis registradas para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Nos pontos 2 e 4 foram registradas as espécies *Alsophila setosa* Kaulf. e *Anemia phyllitidis* (L.) Sw., respectivamente. Ambas são representadas por um único indivíduo que sobreviveu até os três primeiros meses de estudo e não apresentaram pinas férteis no período (figuras 20 e 21). *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm., *Lastreopsis amplissima* (C. Presl) Tindale e *Macrothelypteris* (H. Itô) Ching foram registrados no ponto 2, somente nos três primeiros meses de estudo e também não foram observadas frondes férteis no período (figuras 22, 23 e 24). No ponto 4 foram registrados dois espécimes de *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota, que estiveram presentes na área nos dois primeiros meses, não sendo poseriormente registrados. Apesar disso, os indivíduos tiveram o total de 16 folhas, porém não foram observadas folhas férteis (figura 25).

Blechnum brasiliense Desv., espécie terrestre herbácea que formam densas populações na área do ponto 4. As frondes férteis foram observadas durante os 12 meses de estudo, e totalizaram 651 pinas, dentre os 11 esporófitos registrados (figura 26). Esse processo de colonização maciça na área deve estar associado principalmente à disponibilidade de matéria orgânica depositado no local, assim como provável reprodução assexuada através da propagação vegetativa.

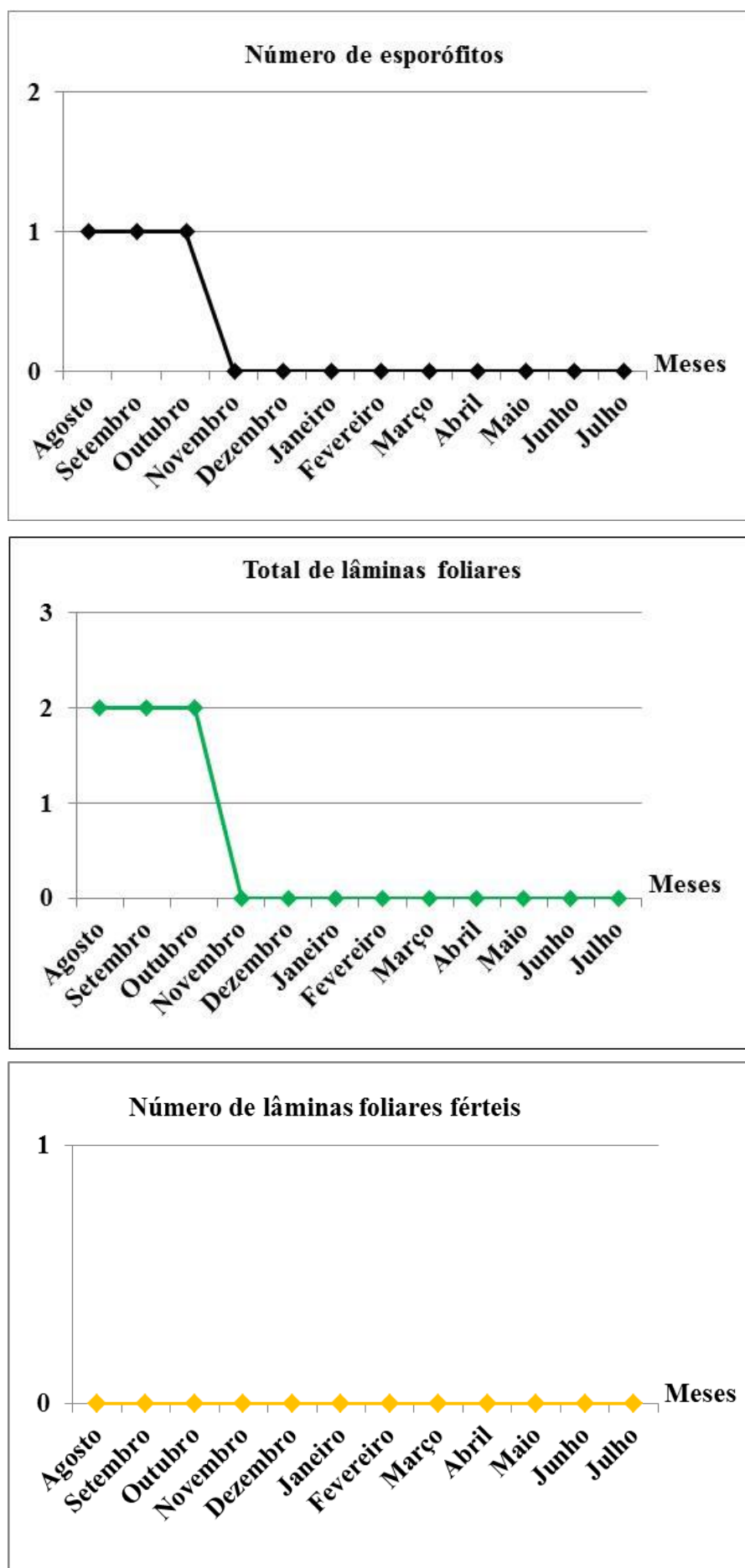


Figura 20. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Alsophila setosa* Kaulf. registrada para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

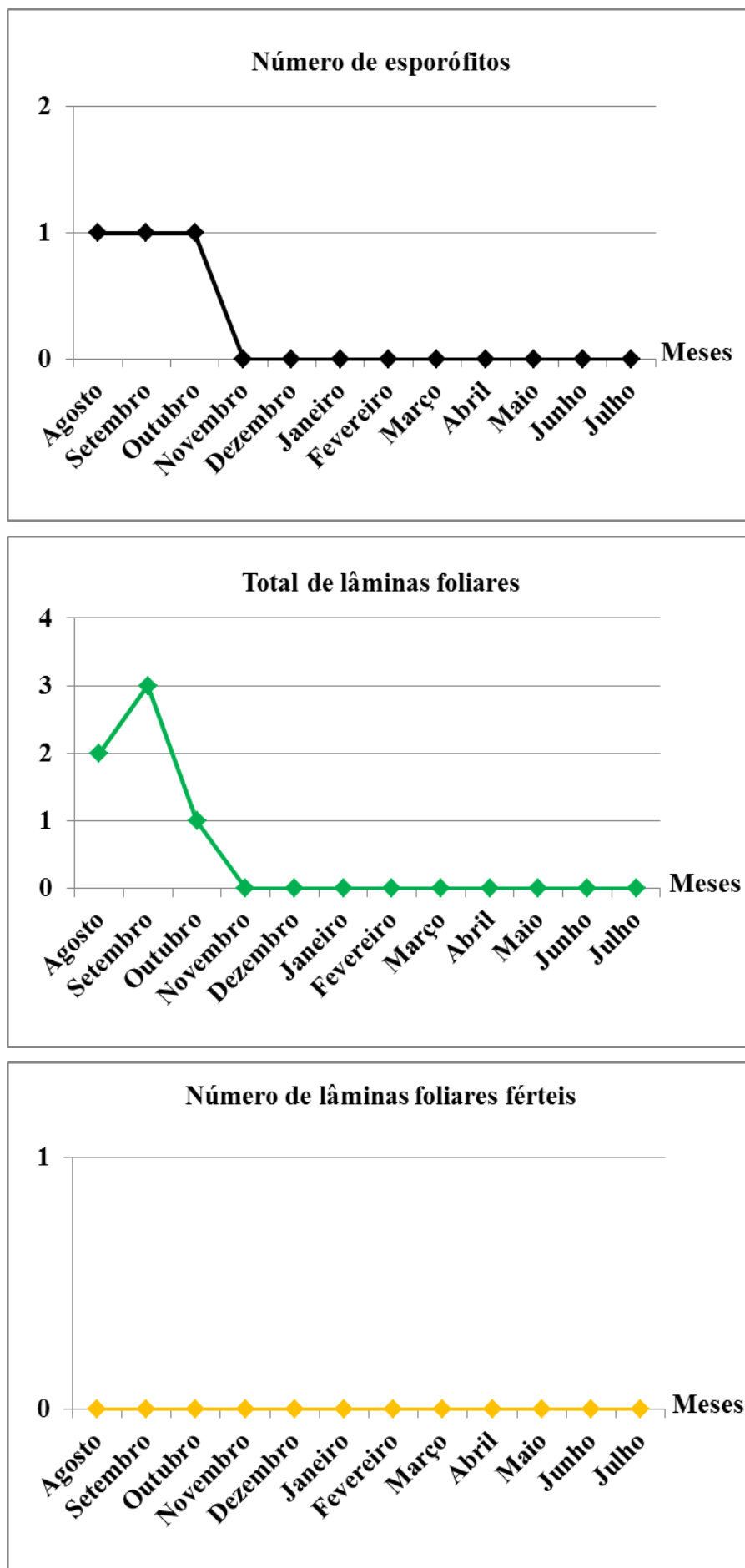


Figura 21. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Anemia phyllitidis* (L.) Sw. registrada para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

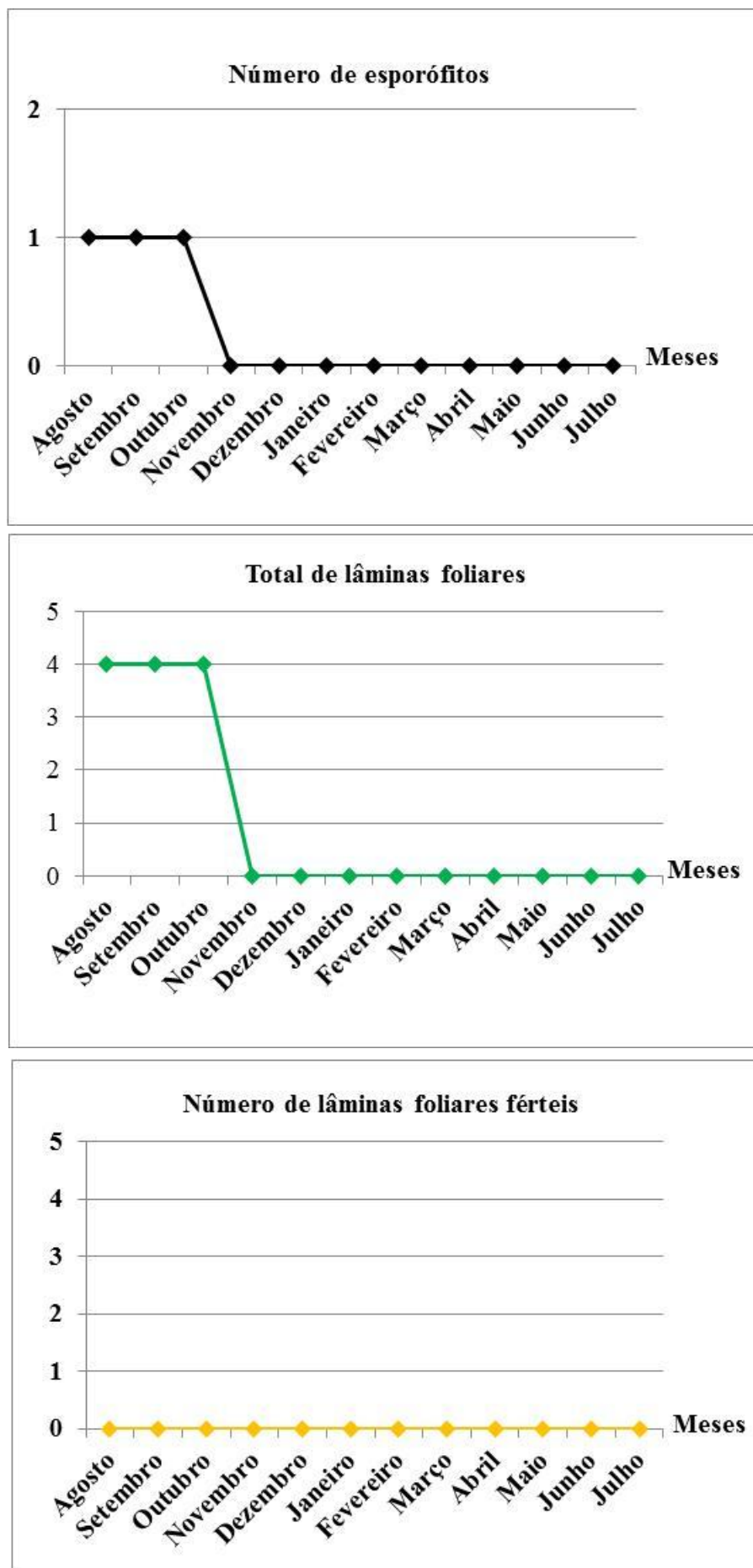


Figura 22. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm. registrada para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

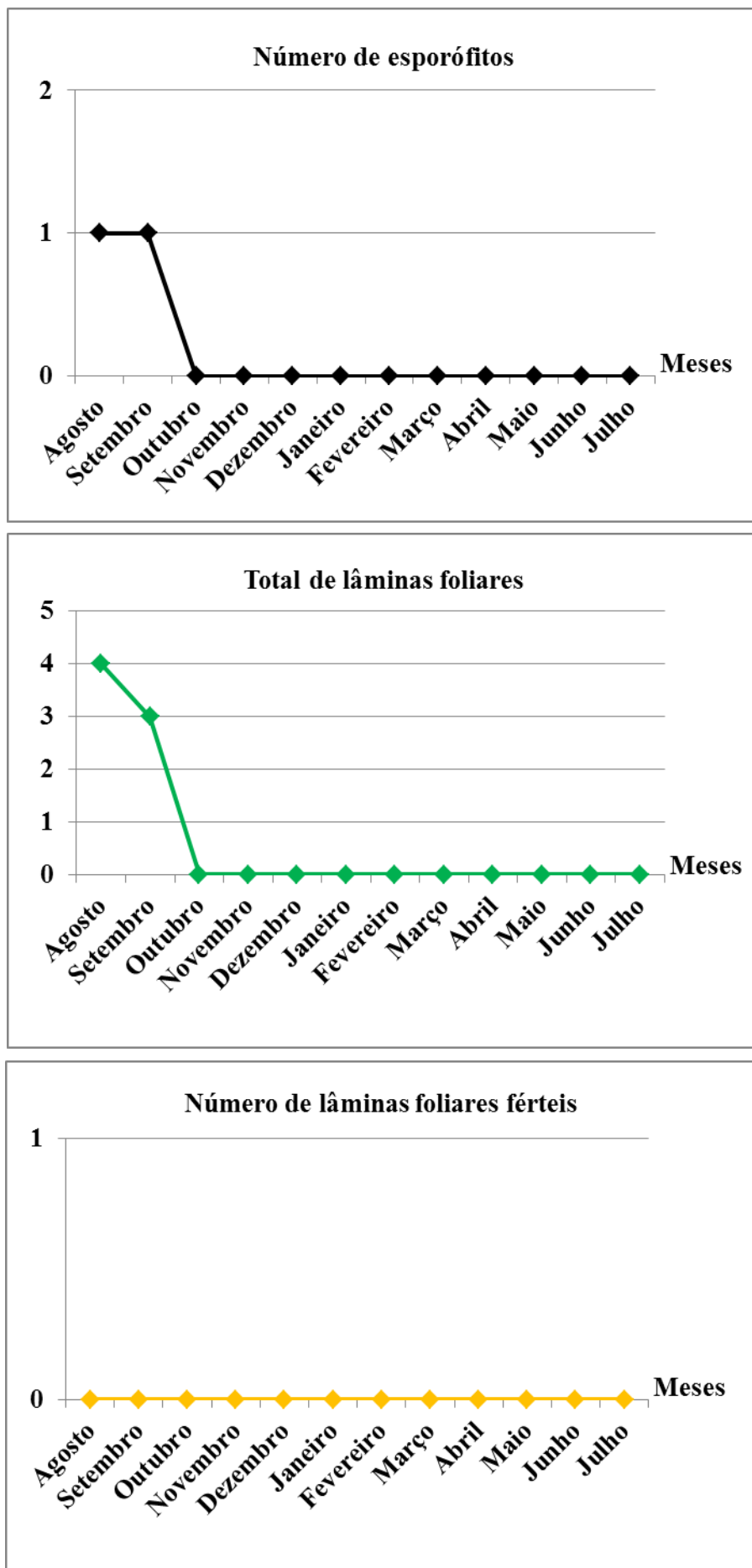


Figura 23. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Lastreopsis amplissima* (C. Presl) Tindale registrada para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

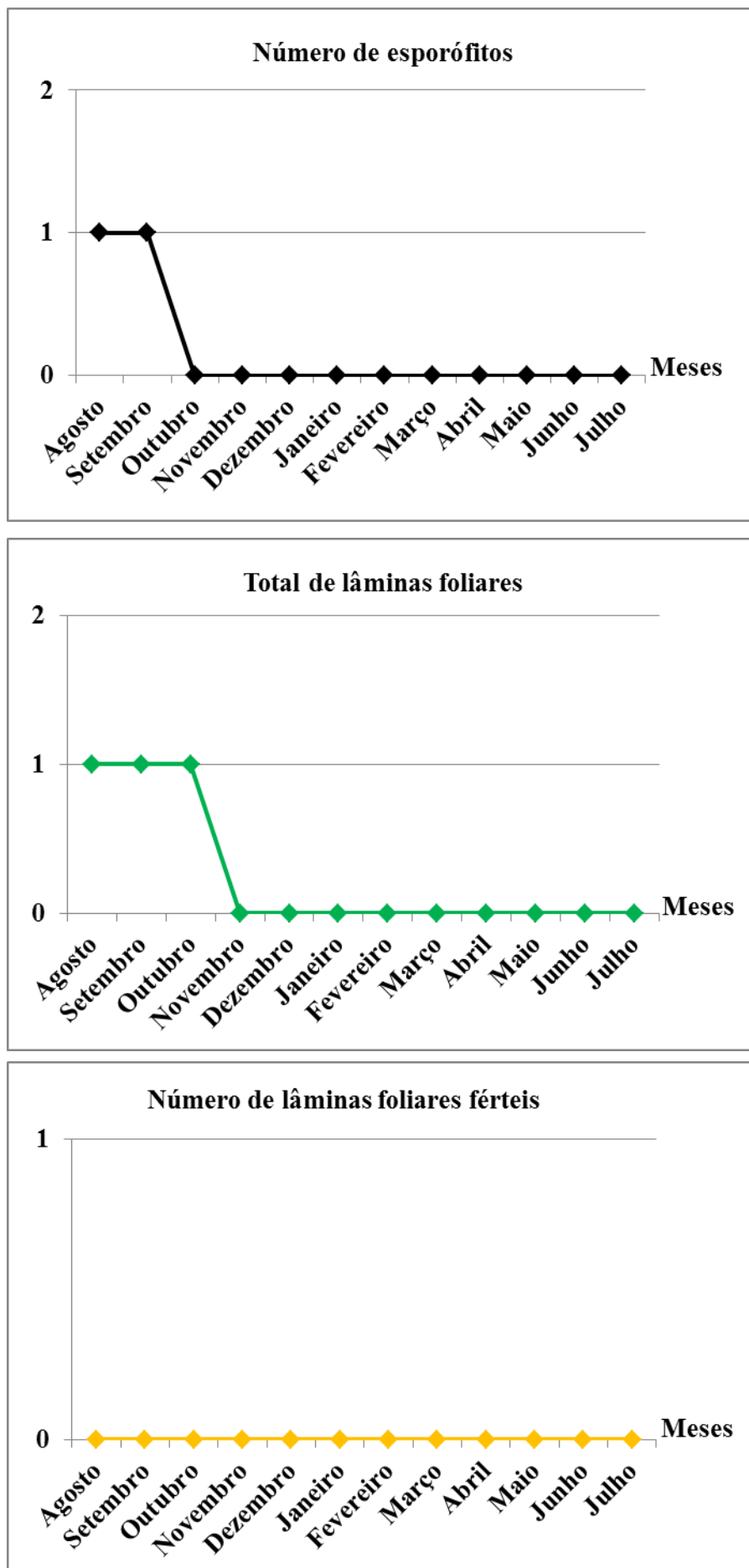


Figura 24. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Macrothelypteris* (H. Itô) Ching registrada para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

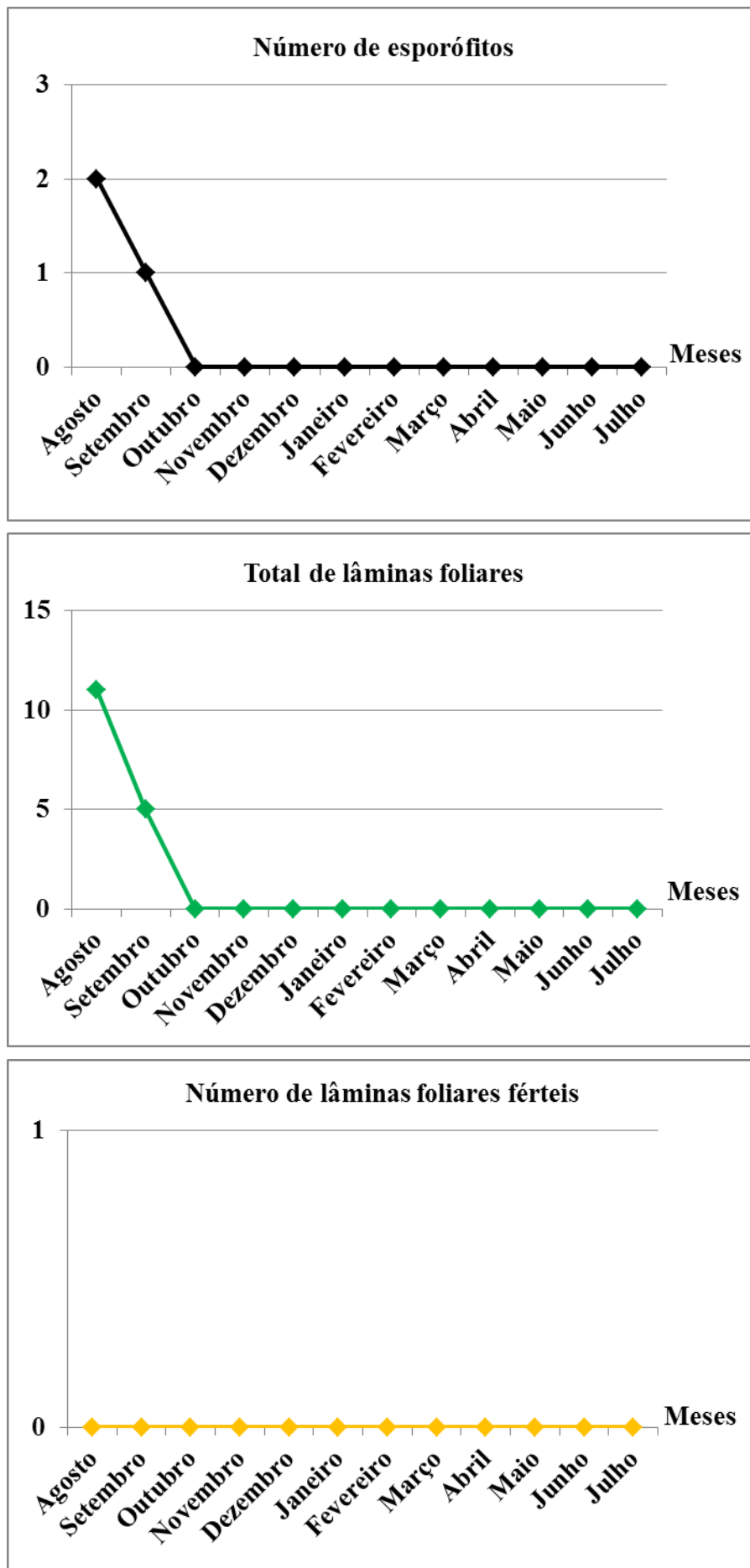


Figura 25. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota, registrada para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

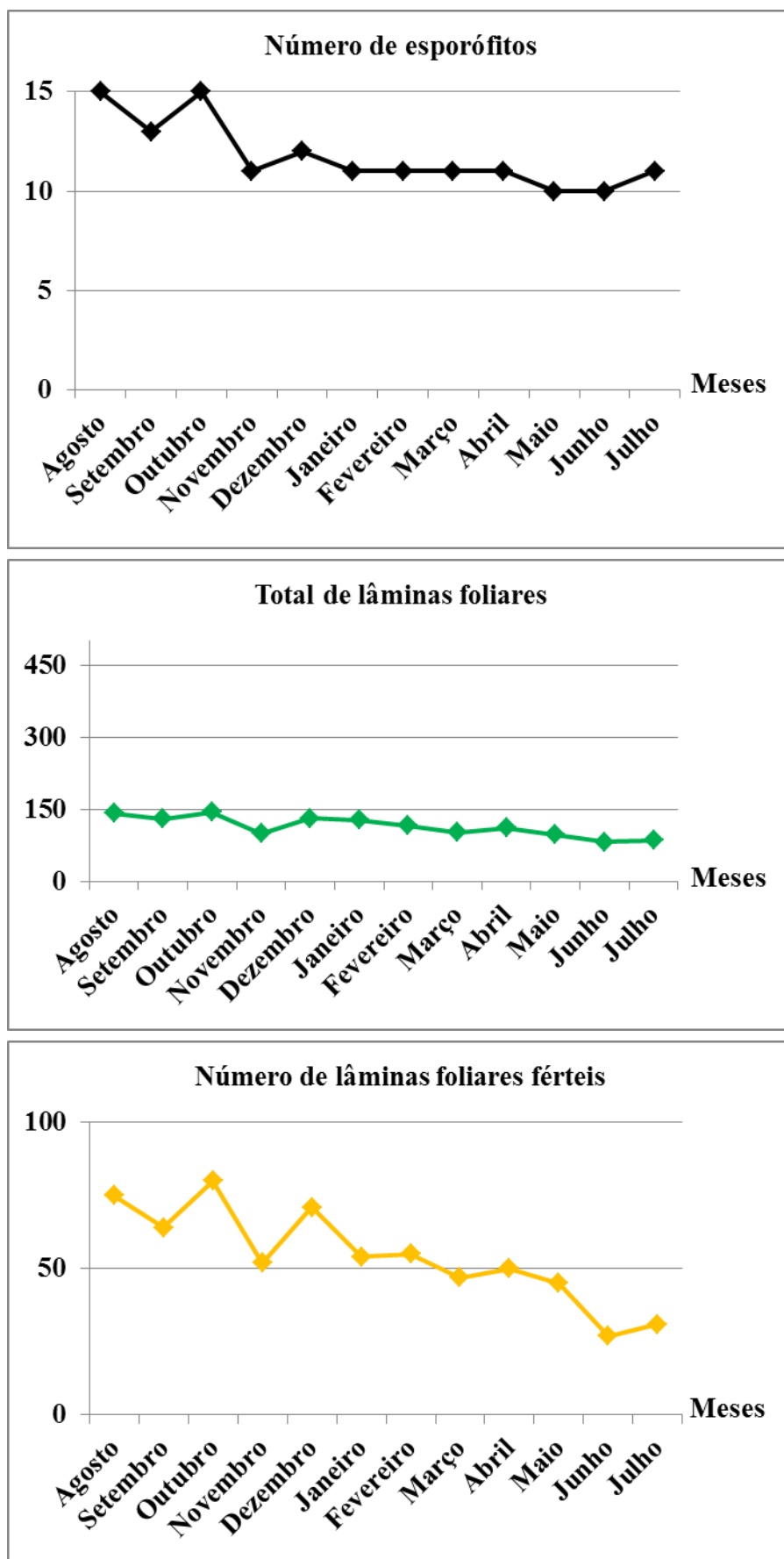


Figura 26. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Blechnum brasiliense* Desv. registrada para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Espécimes de *Campyloneurum* C. Presl foram registrados para os pontos 2 e 4. No ponto 2, apenas um único representante esteve presente dentro do raio estabelecido para o levantamento local. Este apresentou de seis folhas férteis, nos períodos de dezembro a março (figura 27). No ponto 4 foi registrado um único representante em praticamente todos os meses amostrados, com exceção entre os período de março a maio onde foi observado mais um outro espécime. Nos meses de janeiro e fevereiro nenhum indivíduo de *Campyloneurum* foi registrado para o ponto. Em relação às folhas férteis, estas foram totalizaram duas, observadas somente nos períodos de novembro a dezembro (figura 28).

As espécies herbáceas *Ctenitis distans* (Brack.) Ching e *Deparia petersenii* (Kunze) M. Kato foram encontradas no ponto 4. A primeira espécie é representada por um indivíduo, que foi registrado na área somente entre os meses de agosto a outubro. As pinas férteis para a espécie foram observadas no mesmo período, e totalizam duas dentre as oito (figura 29). Após os três primeiros meses não foram mais encontrados representante no local. *D. petersenii* apresentou cerca de oito indivíduos na área, variando o estabelecimento de novos espécimes durante os meses de estudo, sendo no mês de junho e julho, registrados dois espécimes. A variação do número de esporófitos esta relacionada ao estado de plântula que muitos espécimes ainda se encontravam no início do estudo. As frondes férteis foram observadas e registradas nos meses de outubro a fevereiro, totalizando 19 (figura 30).

Cyathea atrovirens (Langsd. & Fisch) Domin foi registrada para os pontos 2, 3 e 4. Nos pontos 2 e 4, os espécimes formam pequenas populações, entre sete a 10 indivíduos por área, variando de dois e cinco metros de altura. Foram observados indivíduos mortos nos meses amostrados, entretanto ao longo do período, alguns destes foram se restabelecendo no local. Em relação ao número de frondes férteis foi possível registrar no período, o total de 341 pinas, sendo 150 para o ponto 2 e 181 para o ponto 4, com períodos de esporulação ocorrendo entre os meses de agosto a abril, com diminuição em junho e julho (figuras 31 e 32). No ponto 3, *C. atrovirens* é o único representante que permaneceu *in situ* até o final do estudo. A espécie de sete metros de altura apresentou-se fértil durante os 12 meses amostrados, totalizando 37 pinas, das 103 que se desenvolveram no período (figura 33).

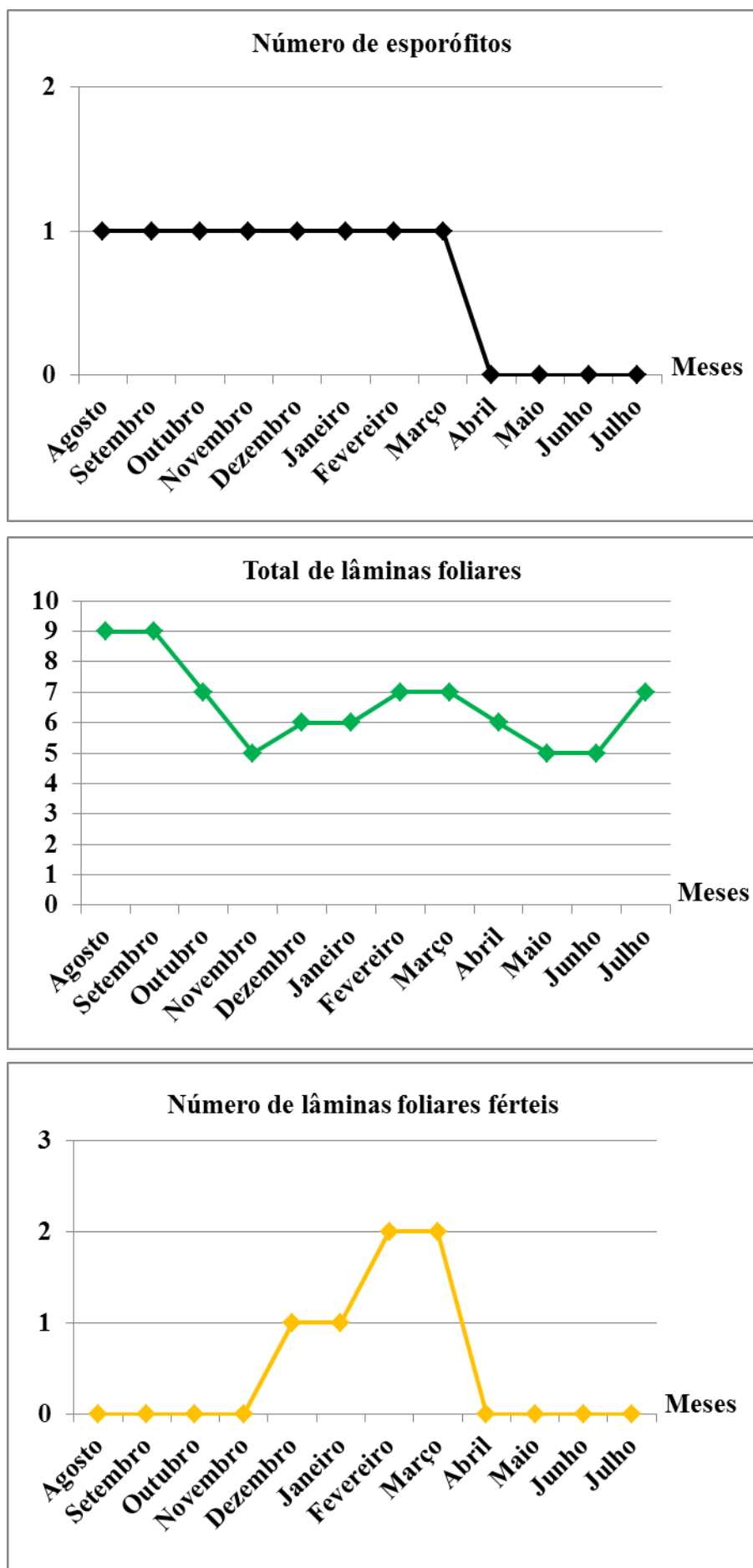


Figura 27. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Campyloneurum* C. Presl registrada para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

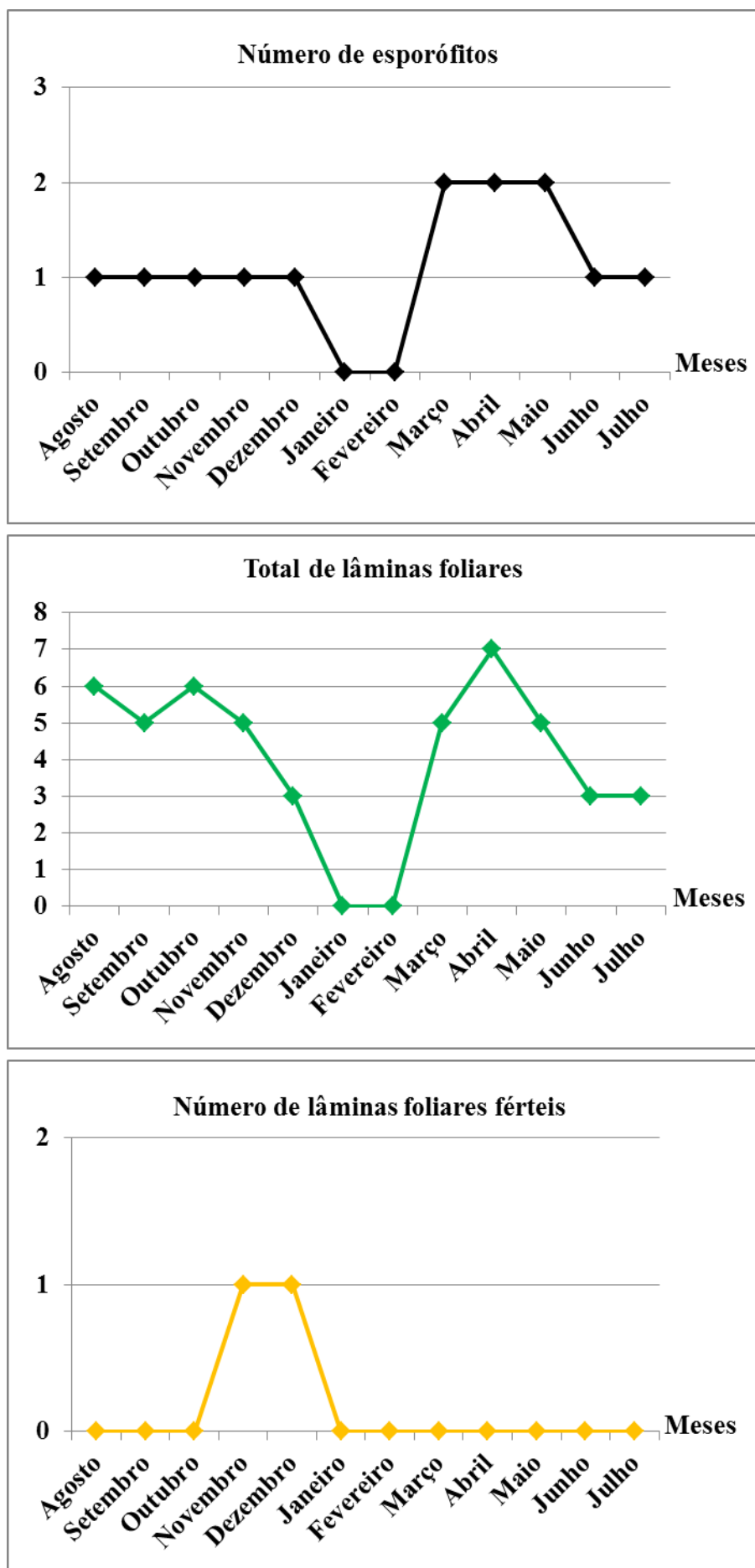


Figura 28. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Campyloneurum* C. Presl registrada para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

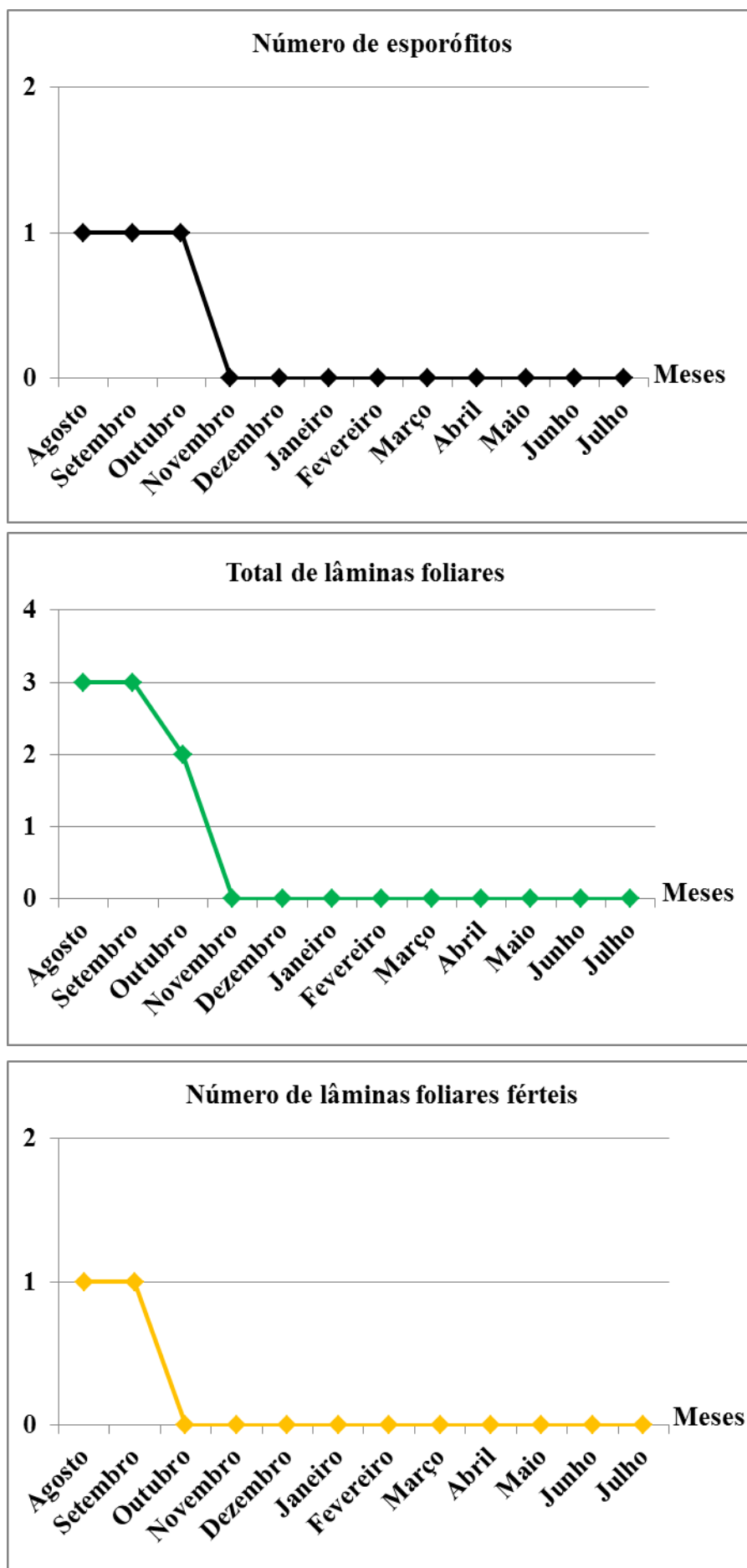


Figura 29. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Ctenitis distans* (Brack.) Ching. registrada para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

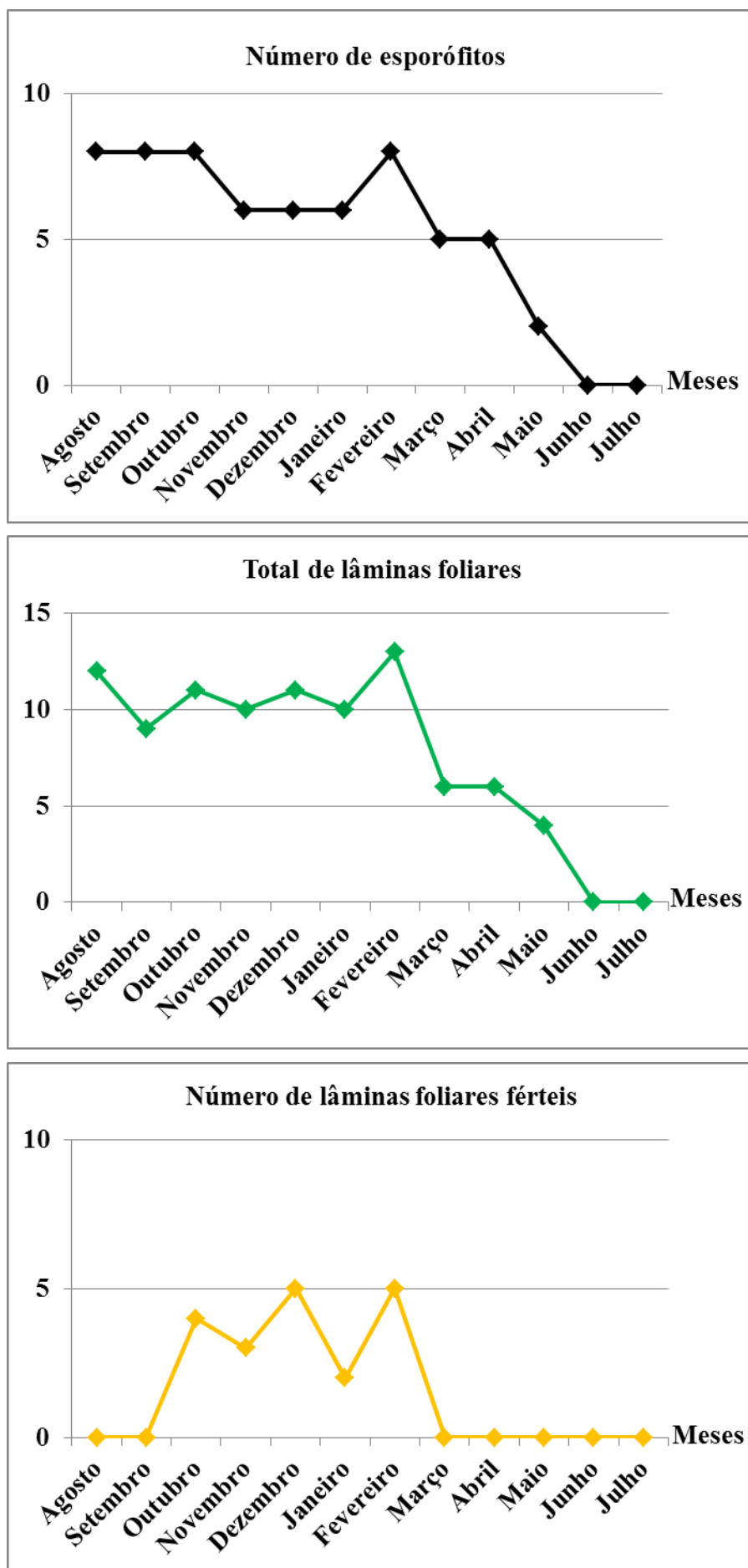


Figura 30. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Deparia petersenii* (Kunze) M. Kato registrada para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

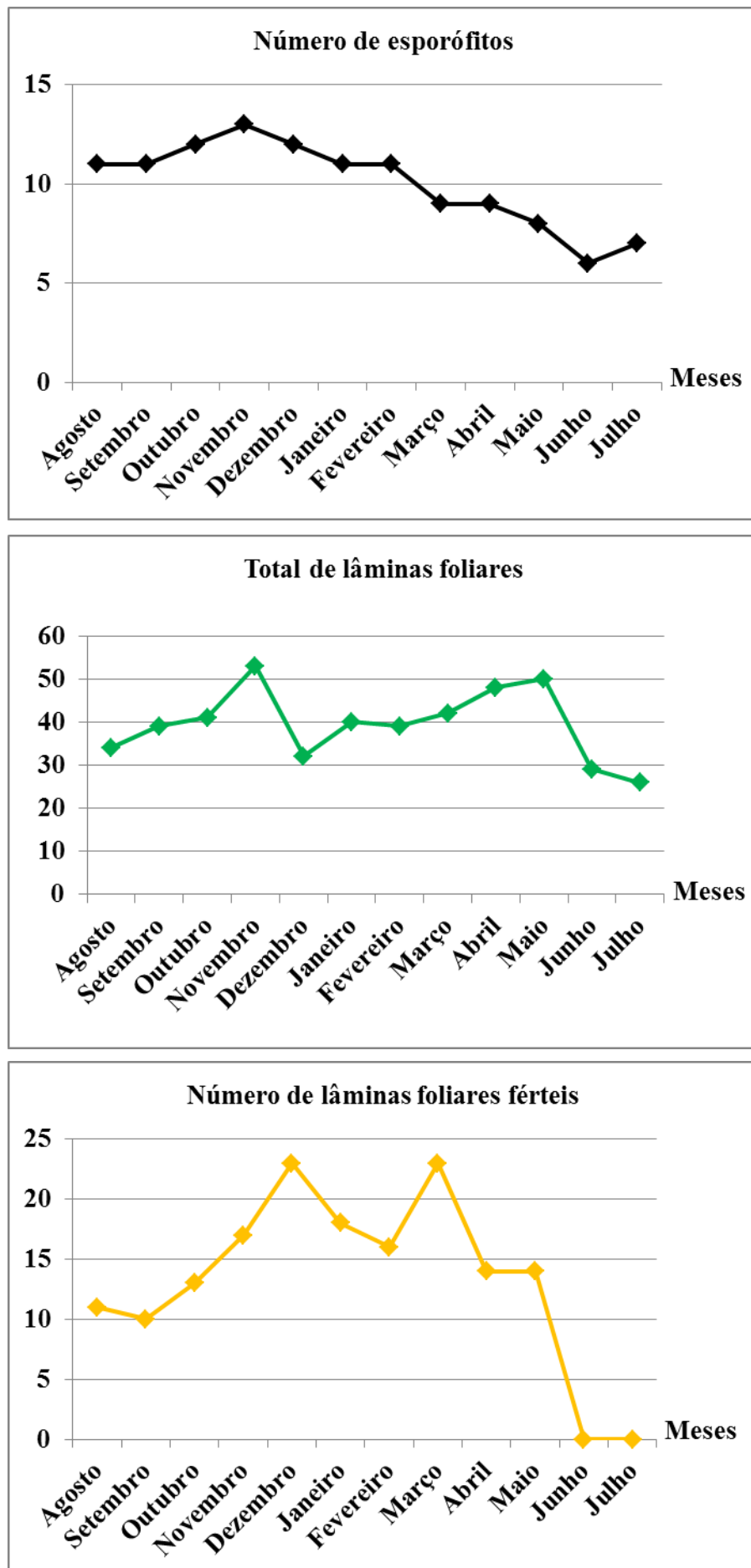


Figura 31. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin registrada para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

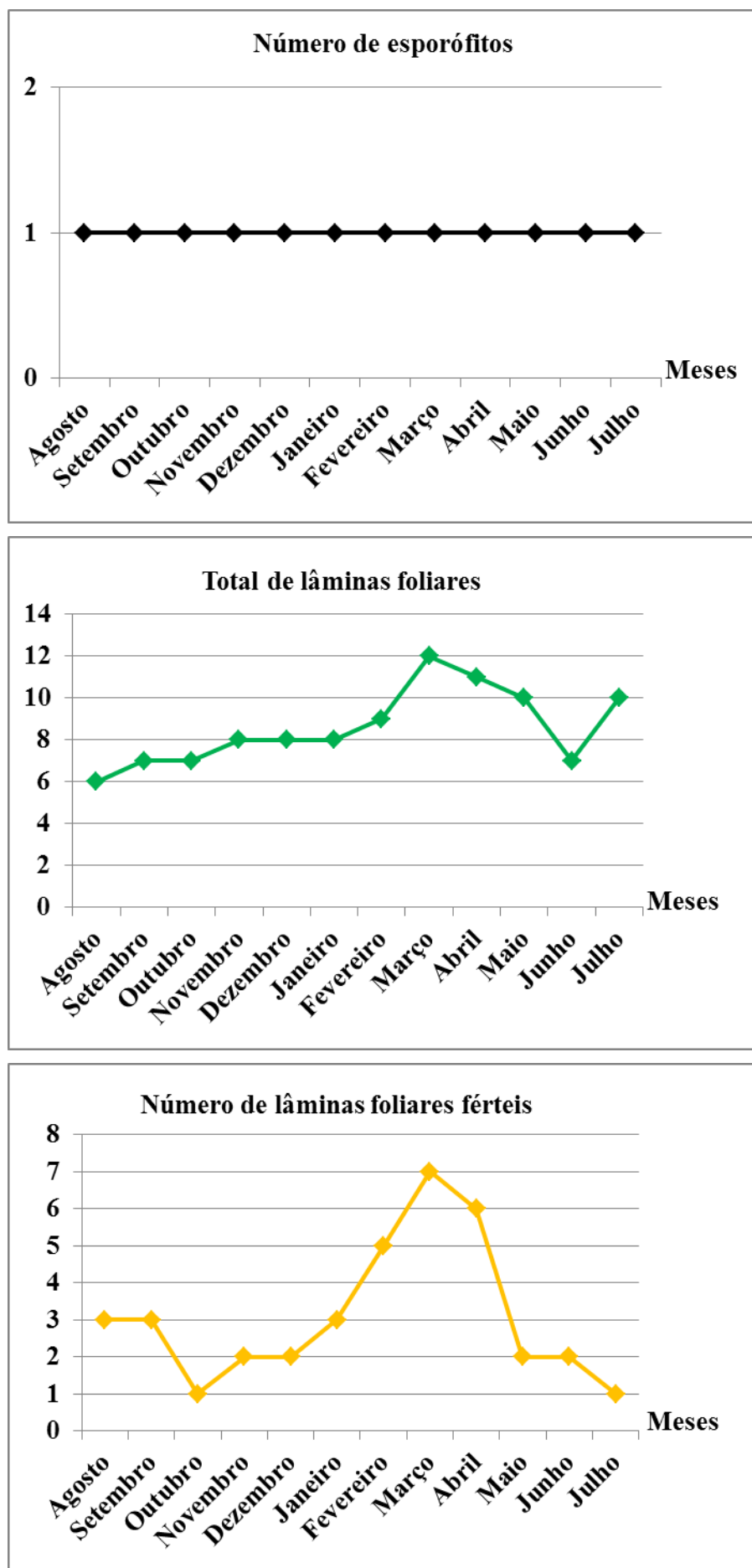


Figura 32. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin registrada para o Ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

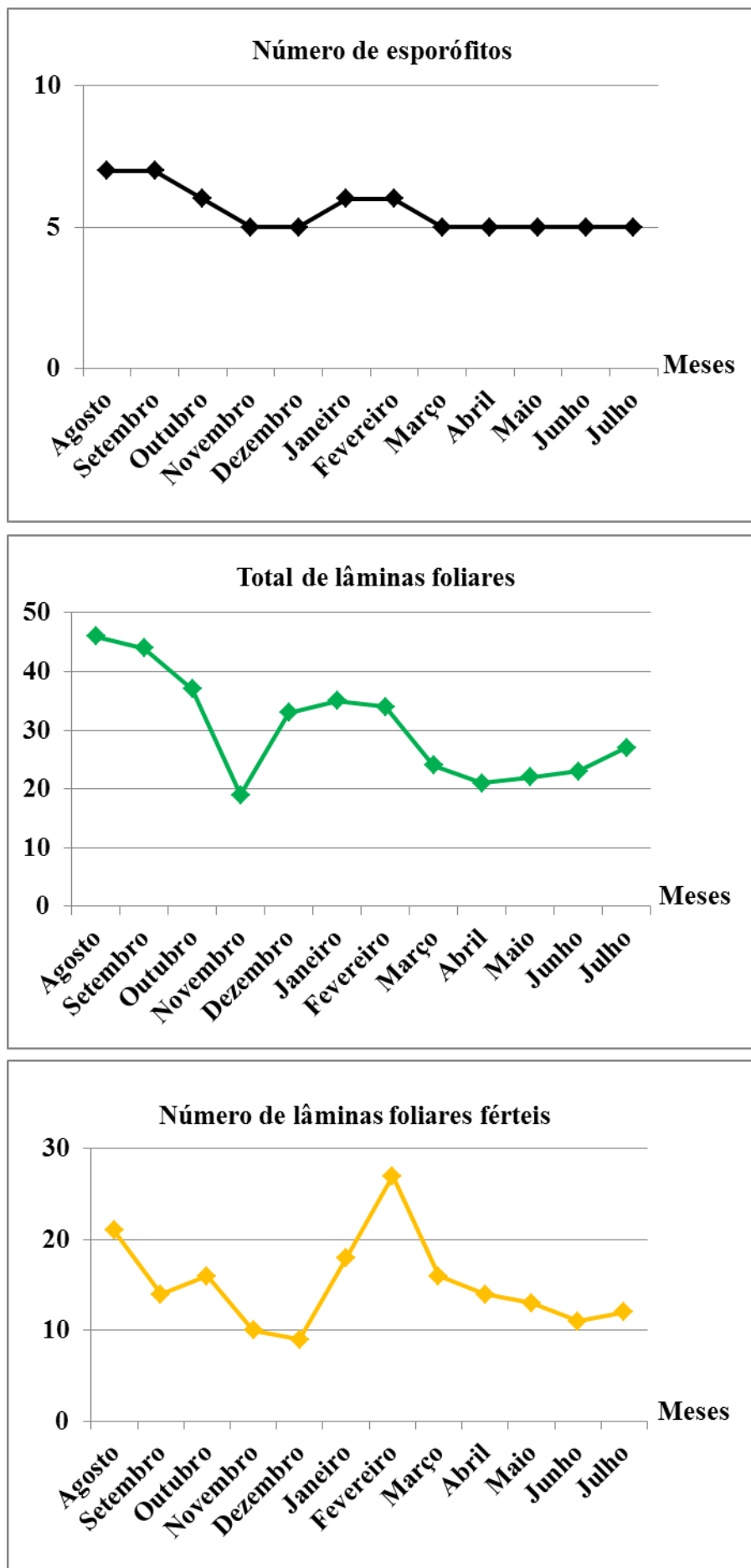


Figura 33. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin registrada para o Ponto 4 registrada para o Ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Nos pontos 3 e 4 foram identificados e registrados os aspectos vegetativos e reprodutivos das frondes de *Pleopeltis hirsutissima* (Raddi) de la Sota, representado por um único indivíduo em cada ponto. Em consequência da dinâmica da vegetação, dos impactos naturais, e do grau de antropização da área do ponto 3 a espécie foi registrada nos dois primeiros meses de estudo. Após este período, foi diagnosticada a queda de muitas árvores no local, o que acarretou provavelmente na morte do espécime registrado. Durante o período não foram observadas pinas férteis, embora tenha sido registrado o total de seis pinas (figura 34). No ponto 4, a espécie *P. hirsutissima* foi registrado no ano inteiro, com o total de 27 pinas férteis entre os meses de novembro e julho (figura 35).

Os dois representantes de *Pteris splendens* Kaulf., registrados no ponto 1 apresentaram-se férteis em todos os meses, com o total de 152 lâminas foliares (figura 36). *Polybotria cylindrica* Kaulf., espécie hemiepífita, foi registrada somente no ponto 2, formando uma pequena população. Dentre os oito indivíduos registrados somente quatro apresentaram folhas férteis e tiveram seus aspectos ecológicos registrados, pois o restante apresentava-se como plântulas. Foram registradas durante os 12 meses 270 lâminas foliares, porém somente nove encontraram-se férteis durante o período observado (figura 37).

Serpocaulon catharinae (Langsd. & Fisch) A.R., espécie epífita registrada no ponto 4, somente foi observada no final dos trabalhos de campo, durante os meses de março a julho. Foi registrado dois indivíduos para a área, com o desaparecimento de um deles nos meses de junho e julho. Não foram observadas pinas férteis no período de estudo (figura 38). Devido às espécies estarem sempre associadas a troncos de árvores, apresentavam-se mais suscetíveis aos impactos naturais, tais como queda de árvores que aconteceram frequentemente durante o período de amostragem.

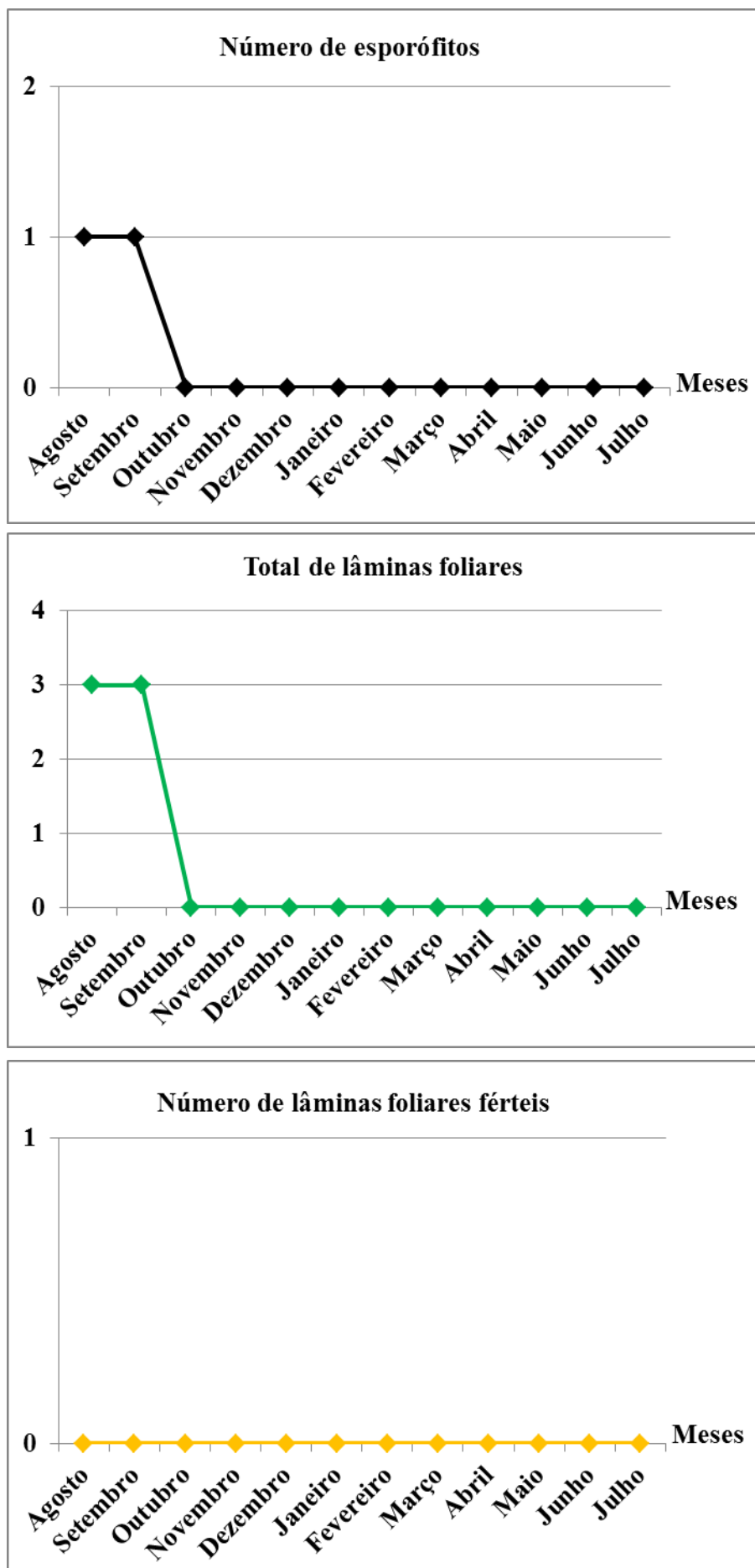


Figura 34. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Pleopeltis hirsutissima* (Raddi) de la Sota registrada para o Ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

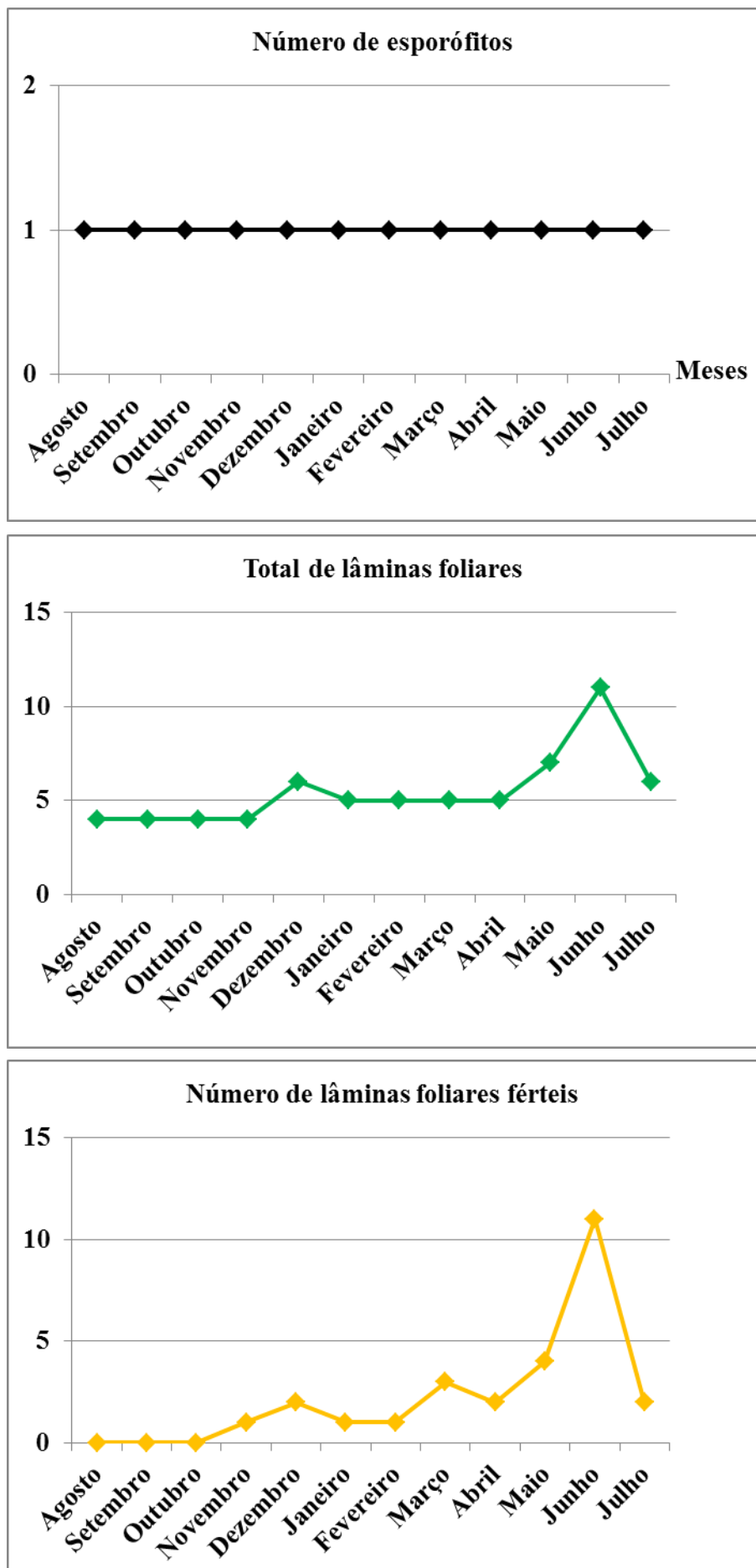


Figura 35. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Pleopeltis hirsutissima* (Raddi) de la Sota registrada para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

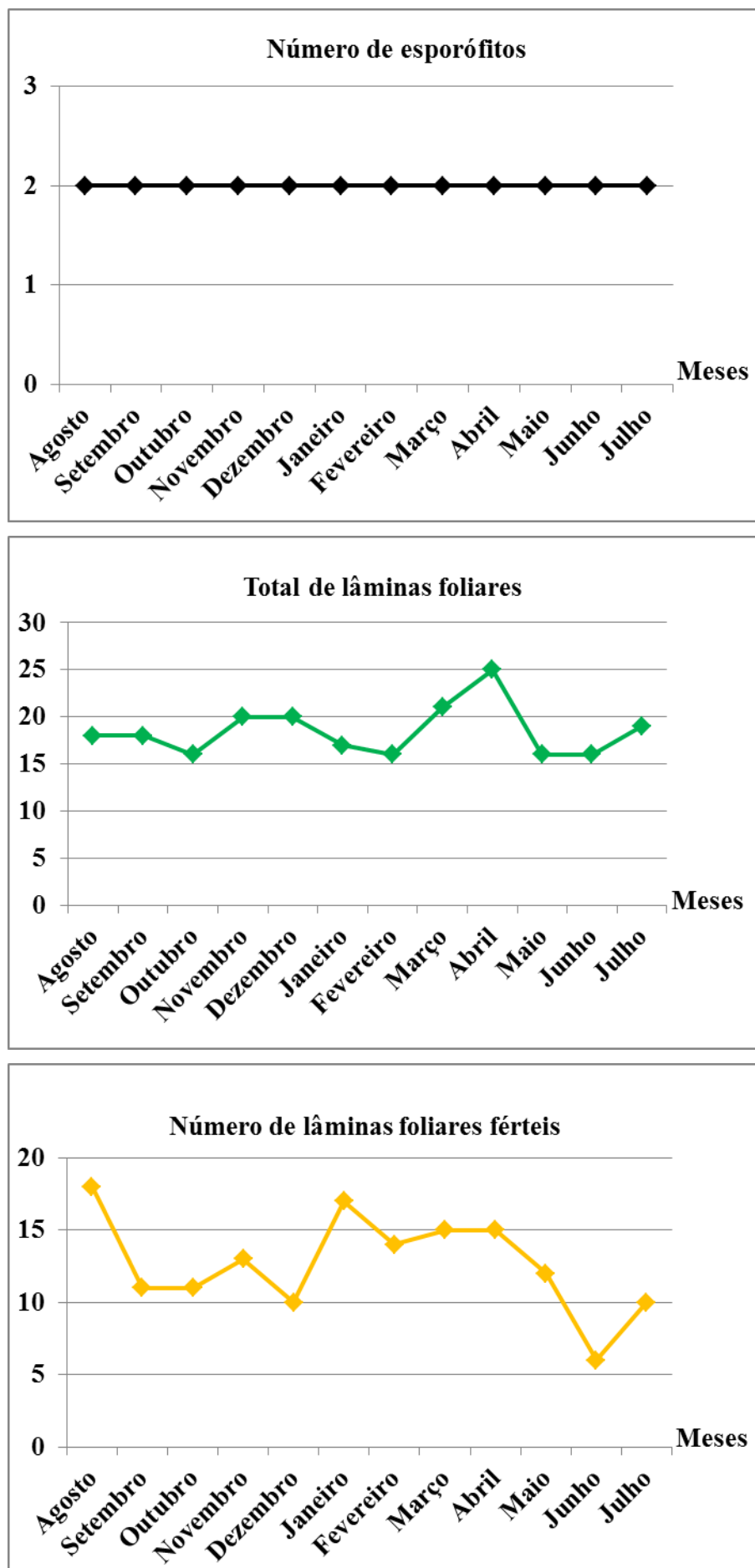


Figura 36. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Pteris splendens* Kaulf. registrada para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

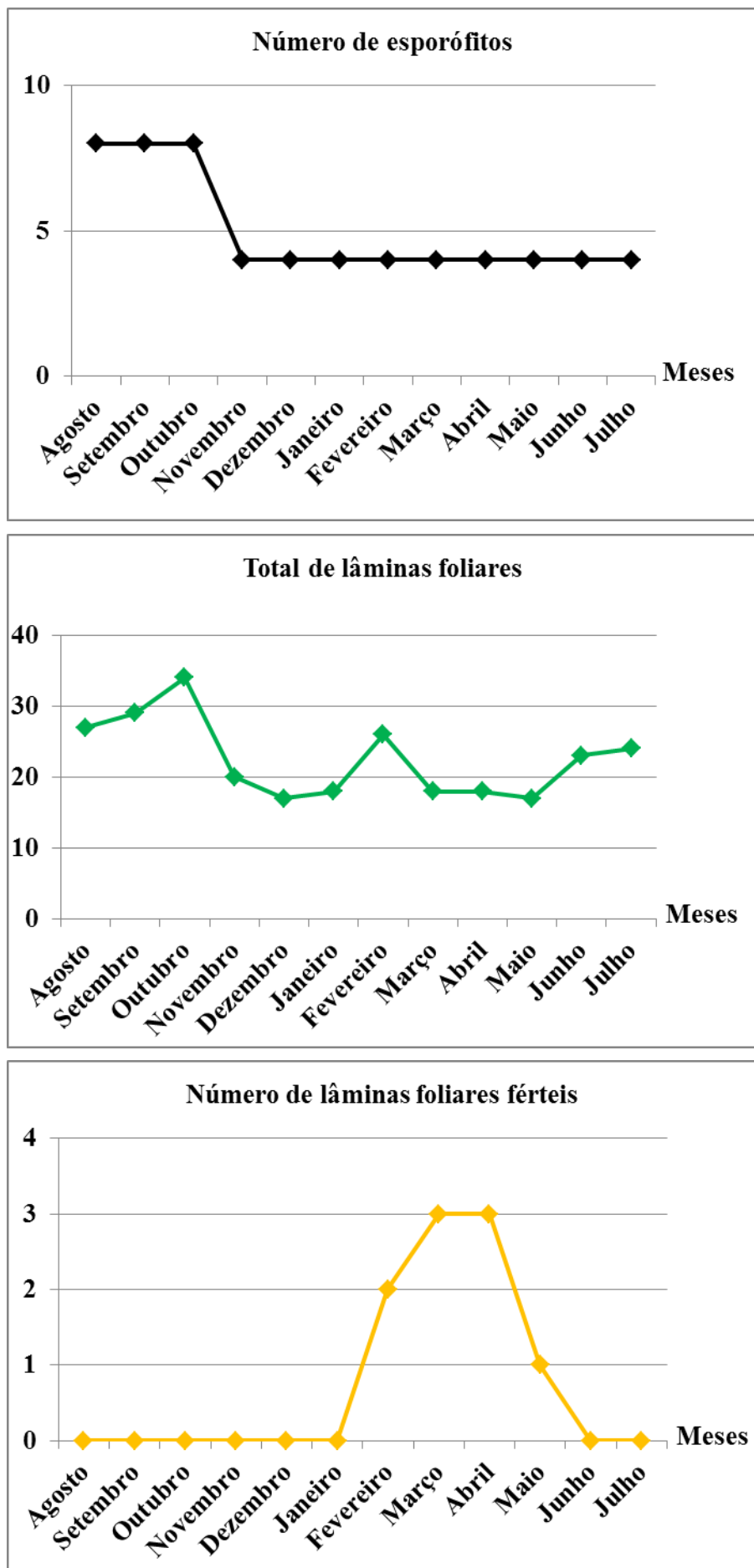


Figura 37. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Polybotria cylindrica* Kaulf. registrada para o Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

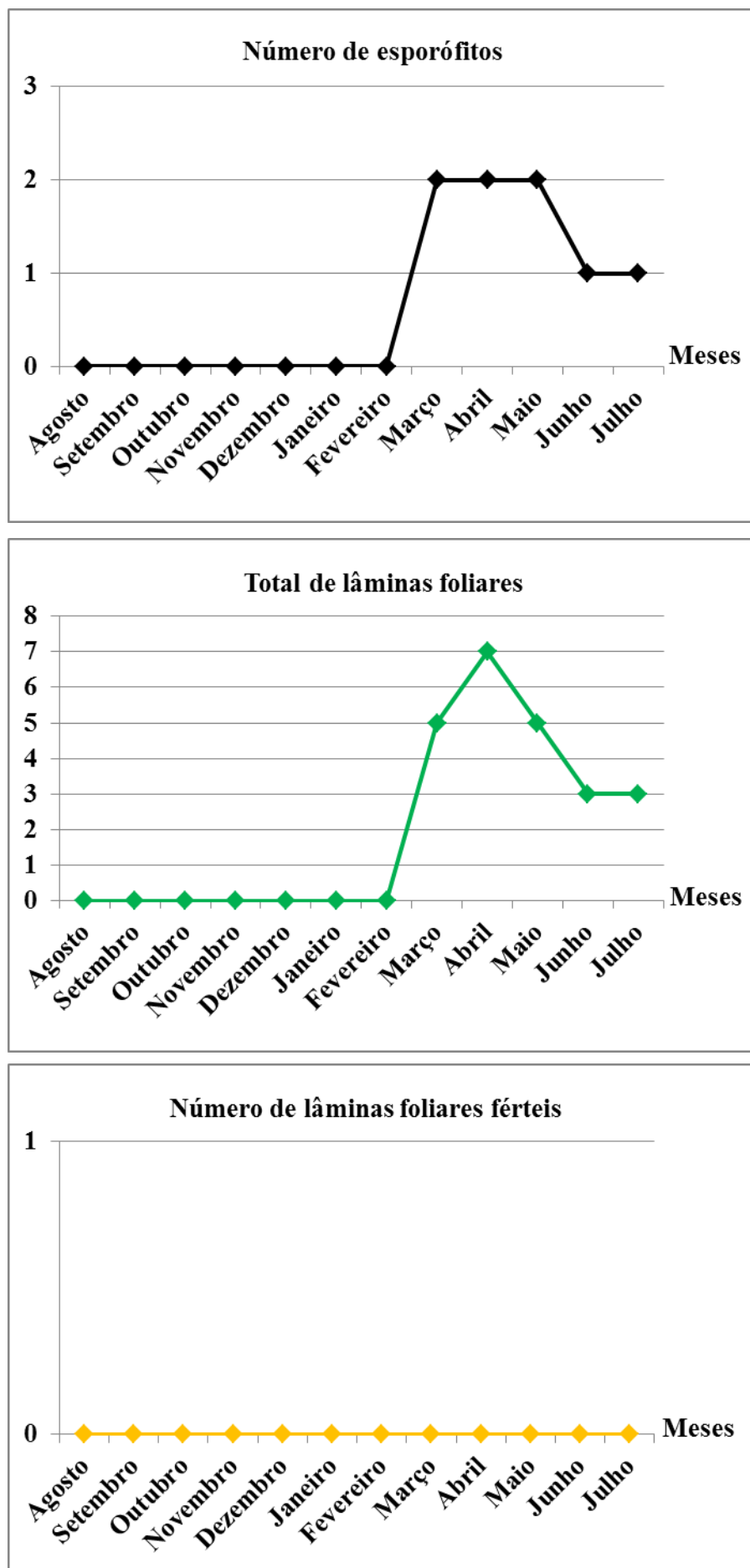


Figura 38. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Serpocaulon catharinae* (Langsd. & Fisch) A.R. Sm. registrada para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Os três indivíduos de *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P.St. John foram registrados para o ponto 1 e 4. No ponto 1, o representante existente encontrava-se no estado de plântula no início de estudo, e somente desenvolveu pinas férteis nos meses de novembro a março, totalizando seis (figura 39). Os outros representantes da espécie, registrado para o ponto 4, apresentaram frondes férteis nos meses de abril, maio, junho e julho, totalizando 16 pinas (figura 40). Embora todos os três indivíduos estejam localizados sob as mesmas condições climáticas da região, nota-se que existiu uma diferença nos períodos de esporulação para a espécie.

O número potencial de esporos foi calculado para as espécies mais representativas nas áreas, considerando as frequências e concentrações dos tipos encontrados nas análises de precipitação e sedimentos realizadas no presente estudo. O resultado foi obtido considerando o número médio de pinas ou folhas férteis e o número de esporos igual a 64, valor correspondente ao número de esporos produzidos para samambaias leptosporangiadas (Tryon & Lugardon 1990, Tryon & Tryon 1982). Entre as 16 espécies, somente *Blechnum brasiliense*, *Campyloneurum*, *Ctenitis distans*, *Cyathea atrovirens*, *Microgramma squamulosa*, *Pleopeltis hirsutissima*, *Pteris splendens*, *Serpocaulon catharinae* e *Thelypteris dentata* tiveram as estimativas de esporos por lâmina foliar calculadas (tabela 2).

Tabela 2. Estimativa da produção de esporos das espécies por lâmina foliar.

Espécie	Esporos por lâmina foliar
<i>Blechnum brasiliense</i>	35.312,64
<i>Campyloneurum</i>	1.265,79
<i>Ctenitis distans</i>	1.379,84
<i>Cyathea atrovirens</i>	12.254,40
<i>Microgramma squamulosa</i>	362,94
<i>Pleopeltis hirsutissima</i>	3.381,50
<i>Pteris splendens</i>	13.798,40
<i>Serpocaulon catharinae</i>	40.960,00
<i>Thelypteris dentata</i>	206,33

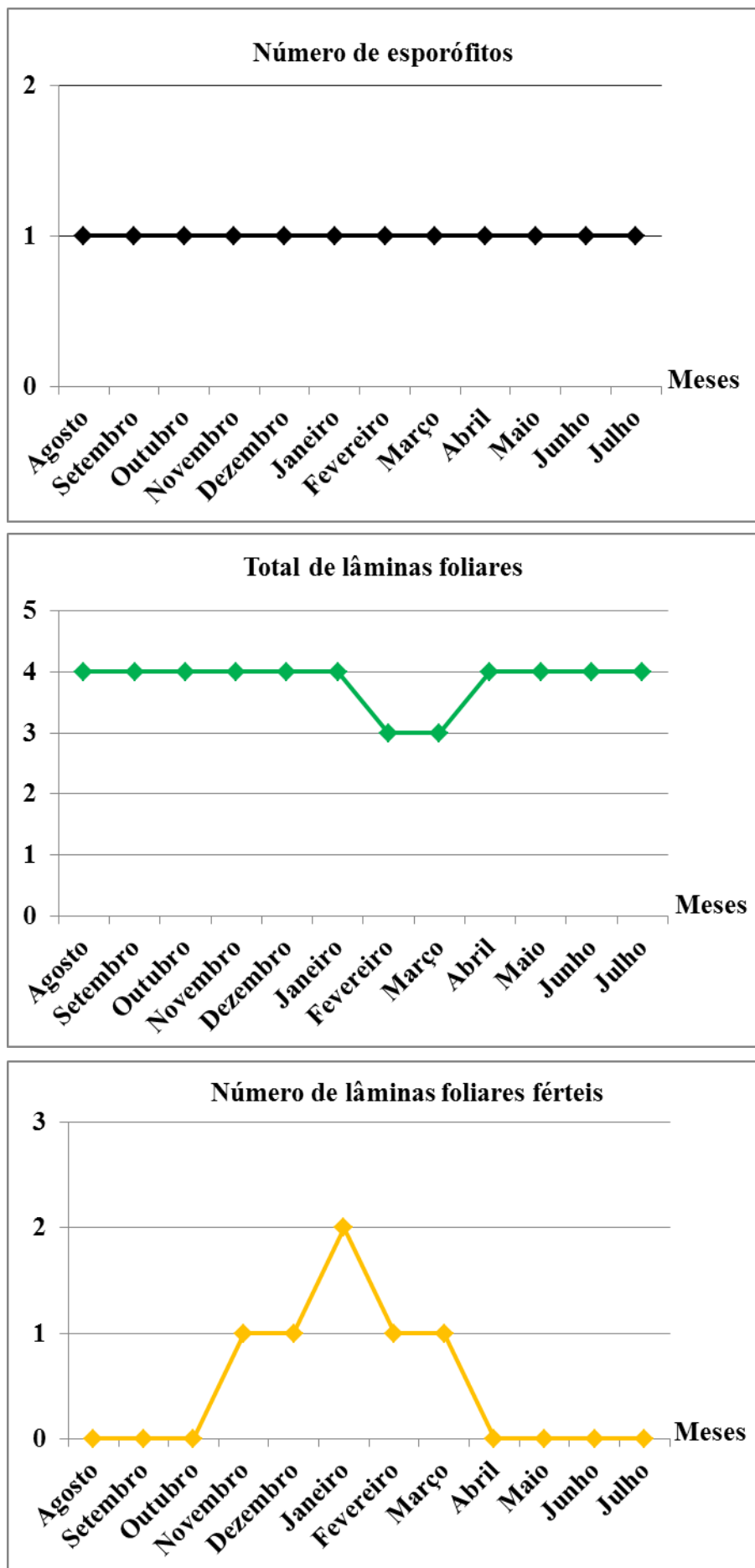


Figura 39. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P.St. John registrada para o Ponto 1 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

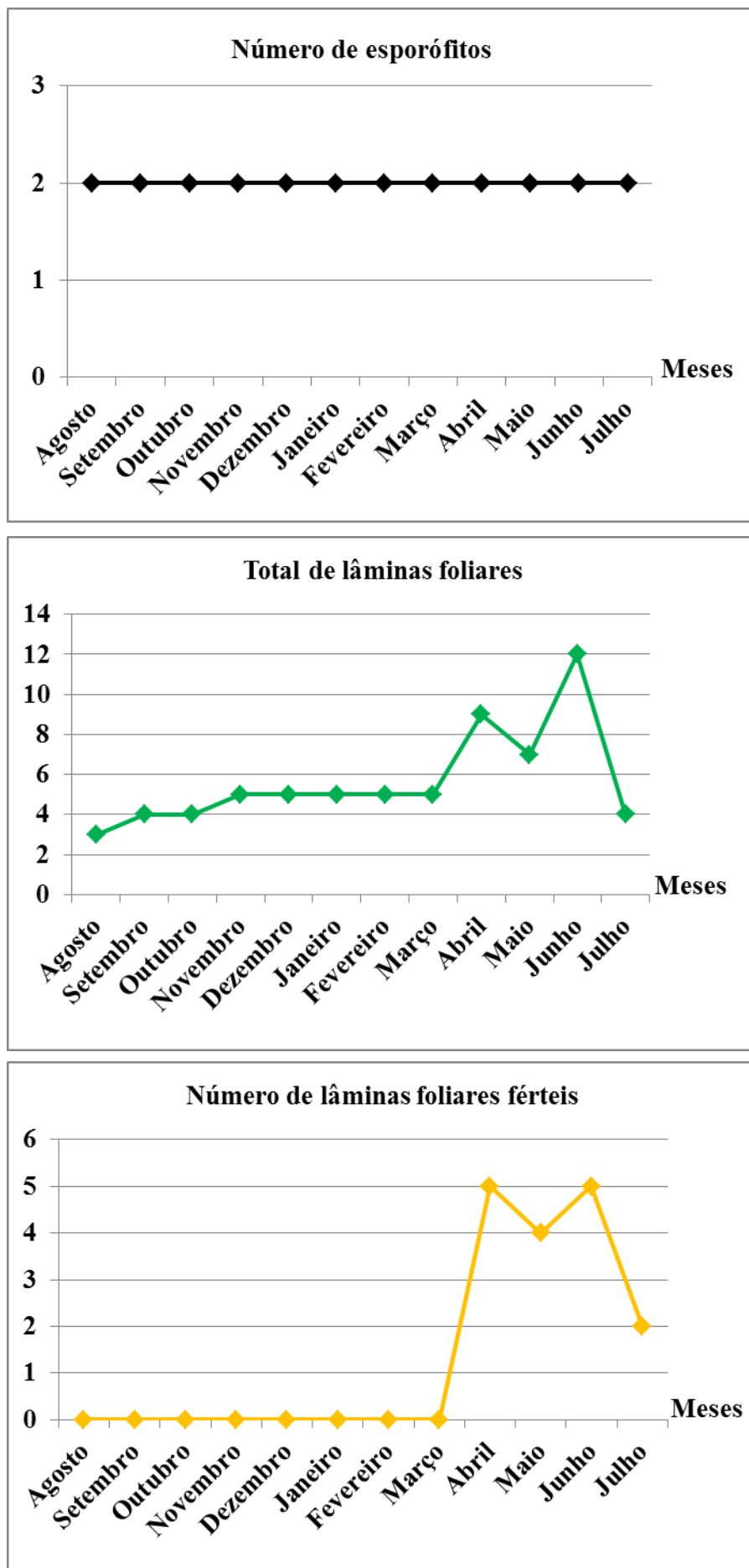


Figura 40. Quantidade absoluta de espécimes, número de lâminas foliares totais e férteis de *Thelypteris dentata* (Forssk.) E.P.St. John registrada para o Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)

Em relação à produção estimada de esporos das espécies coletadas e a análise mensal do desenvolvimento dos esporófitos considerando cada ponto de estudo, em todos os meses amostrados (12 meses), verificou-se a presença de lâminas férteis (figuras 25-29, 31-36, 38-40) e consequentemente a produção de esporos (figuras 41-44). No ponto 1 somente as espécies *Pleopeltis hisrsutissima* e *Pteris splendens* foram analisadas quantitativamente em relação à produção de esporos. Os picos de produção e esporulação foram registrados em agosto e janeiro, com predomínio de *P. splendens* (figura 36).

No ponto 2 embora a espécie *Polybotrya cylindrica* esteja presente na área, não foram encontrados frondes férteis para coleta após os estudos de campo. Dentre as oito espécies identificadas e registradas (tabela 1), apenas *Campyloneurum* e *Cyathea atrovirens* foram coletadas. Os picos de produção de esporos foram observados em janeiro, abril e setembro, respectivamente, com predomínio de *C. atrovirens* (figuras 31-33).

As duas espécies presentes no ponto 3, *Cyathea atrovirens* e *Pleopeltis hirsutissima* (tabela 1), foram coletadas para a análise estimada dos esporos. O pico de produção de esporos foi registrado em março, com predomínio de *C. atrovirens* (figura 43). No ponto 4 oito das 10 espécies registradas (tabela 1) foram analisadas quanto à estimativa de produção de esporos: *Blechnum brasiliense*, *Campyloneurum*, *Ctenitis distans*, *Cyathea atrovirens*, *Microgramma squamulosa*, *Serpocaulon catharinae* e *Thelypteris dentata*. Os maiores picos de produção foram observados em outubro e dezembro, com predomínio de *B. brasiliense* (figura 44).

A estimativa da produção de esporos das espécies em relação aos pontos de estudo contribui para a verificação do *input* de esporos na área, complementando os estudos da dinâmica de dispersão e deposição dos esporos, e subsidiando indiretamente a interpretação das análises de precipitação e deposição temporal destes no Parque.

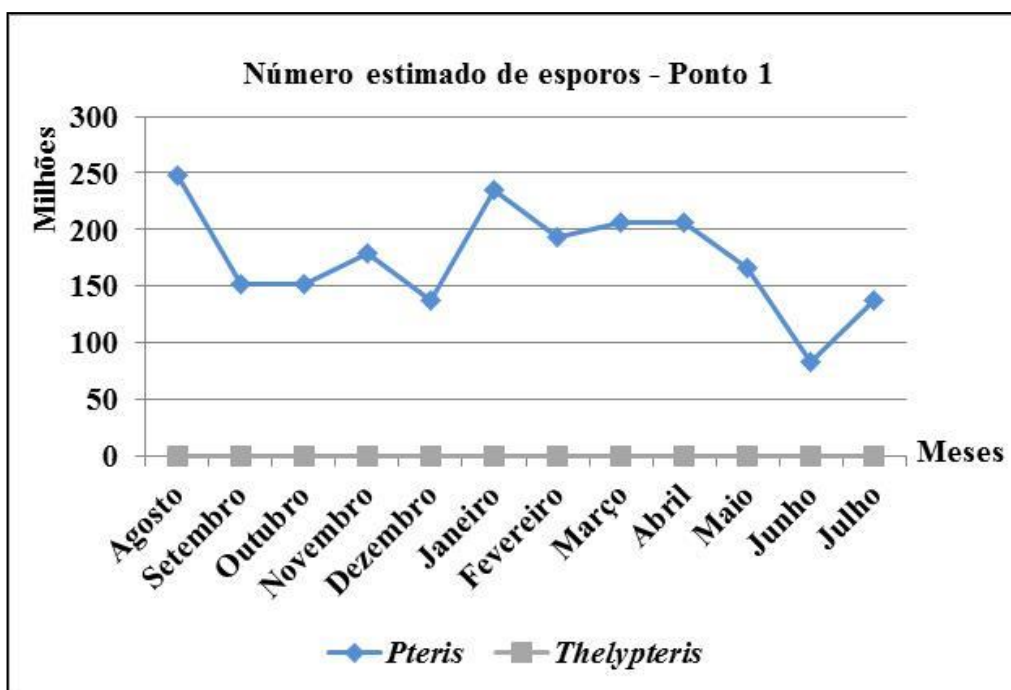


Figura 41. Produção estimada de esporos para o ponto 1.

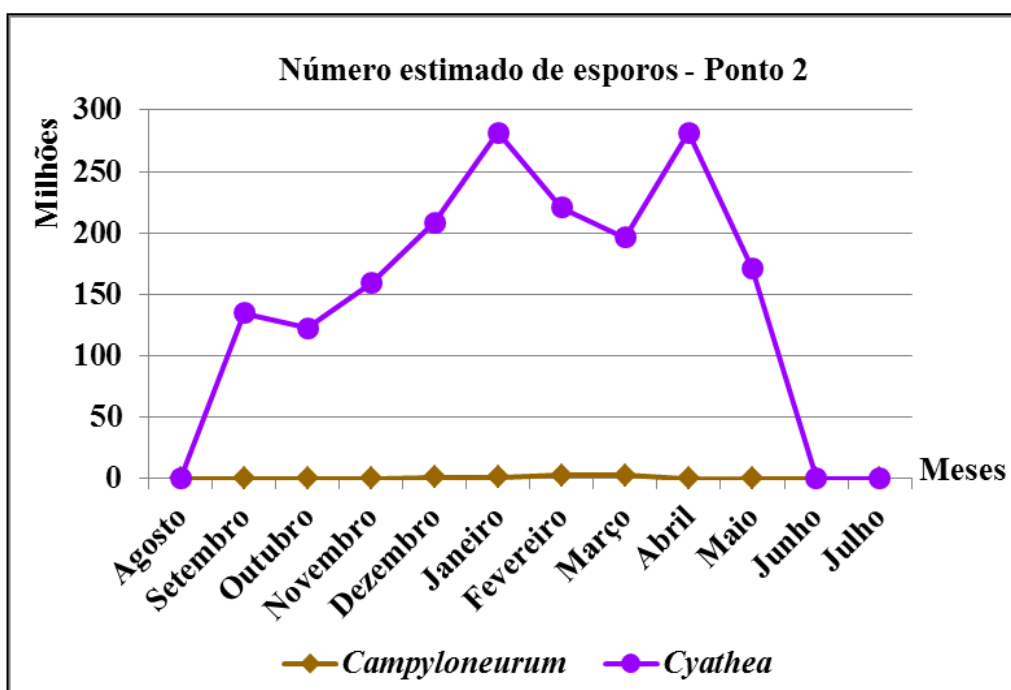


Figura 42. Produção estimada de esporos para o ponto 2.

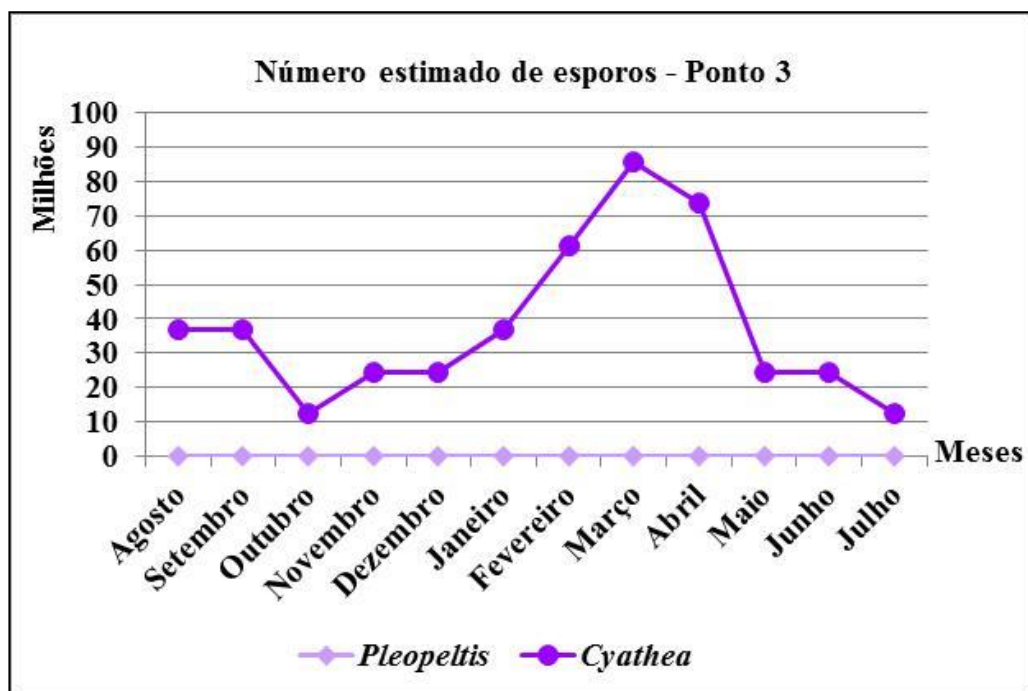


Figura 43. Produção estimada de esporos para o ponto 3.

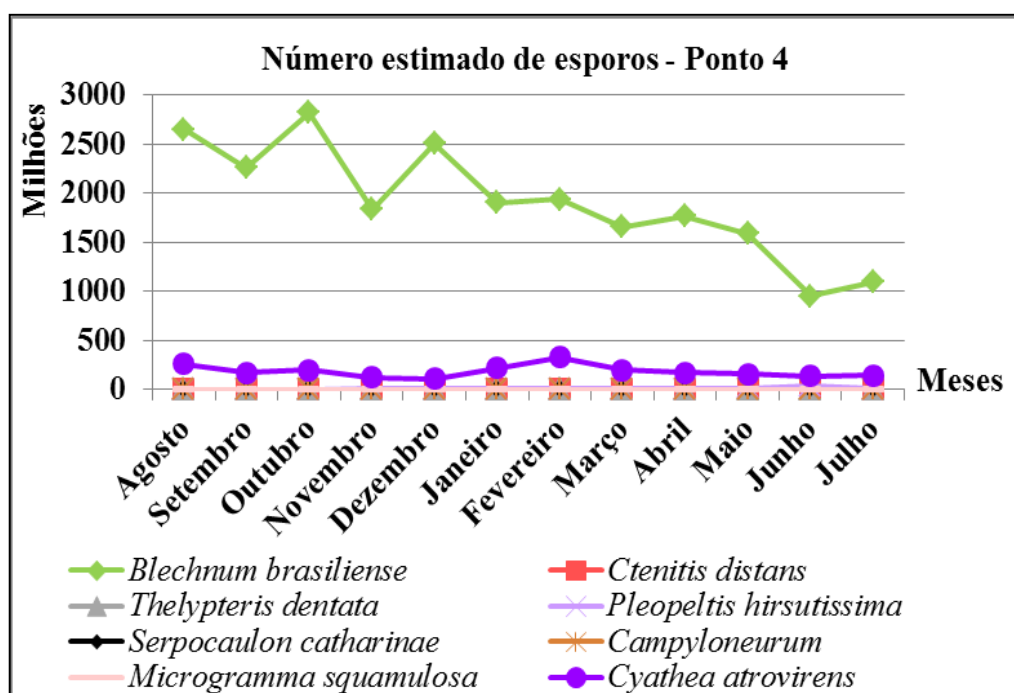


Figura 44. Produção de esporos estimados para o ponto 4.

6. PRECIPITAÇÃO DE ESPOROS NO PARQUE ESTADUAL DAS FONTES DO IPIRANGA (PEFI), SÃO PAULO, SP. BRASIL

6.1. MATERIAL E MÉTODOS

A análise da precipitação anual dos esporos na área foi realizada a partir de coletores gravimétricos de partículas, do tipo *Old Field* (Bush, 1992; Gosling *et al.*, 2003) (figura 45A) com modificações (figura 45B). Os coletores são responsáveis pela captação do esporo atmosférico, que esta caindo constantemente, como chuva, sobre a superfície da terra (vegetação atual).

6.1.1. CONFECÇÃO DOS COLETORES DE PRECIPITAÇÃO

Para confecção dos coletores foram utilizadas garrafas coletoras de 600 ml (material plástico - PET), funil de 12 cm de diâmetro, malha granulométrica de 250 μm , lã de vidro em quantidade conhecida (tabela 3) e tela de mosquiteiro (figuras 45B, 46). Não foram utilizados o filtro de microfibras de vidro (Whatman GF/D - poros de 2,7 μm) e tecido rayon para captura das partículas e filtragem da água do funil para a garrafa, conforme proposto por Bush (1992) e Gosling *et al.* (2003), pois não se mostraram eficientes, restando grande volume de água no interior do funil e acima do filtro tendo em vista aos intensos períodos de chuva que ocorreram na época do experimento. Foram colocados aproximadamente em cada coletor 1,50 gramas de lã de vidro.

Os quatro coletores foram instalados a 30 cm de altura do solo nos pontos estabelecidos e trocados mensalmente, no período de Julho/2011 – Junho/2012, totalizando um (1) ano de coleta.

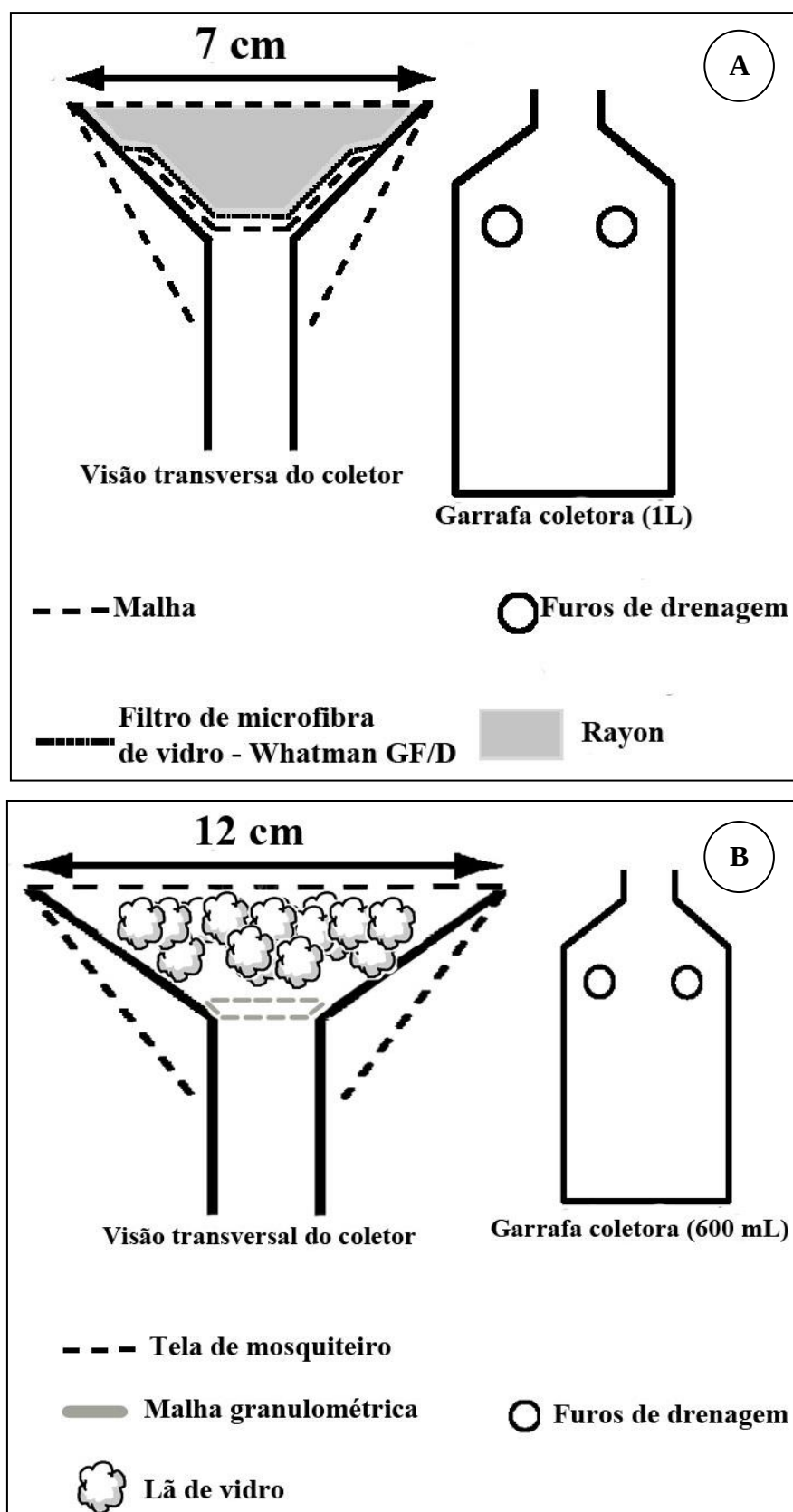


Figura 45. A-B. Esquema do coletor utilizado para os estudos de precipitação de esporos no PEFI. A. Coletor descrito por Bush (1992) e Gosling *et al.* (2003). B. Modificações realizadas no coletor para o presente estudo.

Tabela 3. Quantidade de lã de vidro utilizada mensalmente nos coletores dos quatro pontos de estudo para a análise de precipitação de esporos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

MESES	QUANTIDADE DE LÃ DE VIDRO (gramas)			
	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4
JULHO	3,29	3,26	3,27	3,25
AGOSTO	3,45	3,43	3,53	3,45
SETEMBRO	3,21	3,21	3,27	3,27
OUTUBRO	3,24	3,46	3,56	3,33
NOVEMBRO	3,19	3,17	3,29	3,48
DEZEMBRO	1,95	1,85	1,86	1,86
JANEIRO	1,64	1,64	1,50	1,67
FEVEREIRO	1,91	1,91	1,92	1,78
MARÇO	1,79	1,79	1,43	1,95
ABRIL	1,98	1,95	1,66	1,96
MAIO	2,01	1,54	1,54	1,98
JUNHO	1,69	1,89	1,79	1,89



Figura 46. A-K. Montagem dos coletores *Old Field* com modificações. A. Material utilizado. B. Confeção da garrafa coletora. C. Furos de drenagem. D. Garrafas coletoras. E. Funil e malha granulométrica. F. Instalação do funil na garrafa coletora. G. Garrafa coletora e funil. H. Pesagem da lã de vidro. I. Lã de vidro e funil coletor. J. Coletor. K. Tela de mosquiteiro e funil.

6.1.2. PROCESSAMENTO QUÍMICO DO MATERIAL

A metodologia incluiu a introdução de pastilhas de *Lycopodium* (esporo marcador) e a adição de ácido fluorídrico (HF) ao material, permanecendo durante 24 hs. Após o período, as amostras foram centrifugadas, descartando-se o HF e adicionando-se 0,55% de ácido sulfúrico para destruição dos cristais de hexafluoreto de silício. O material foi concentrado através de sucessivas centrifugações (10 min a 482g), eliminando-se o sobrenadante (figura 47). O precipitado foi mantido em ácido acético glacial por período mínimo de 24 h seguido de acetólise (Erdtman, 1960). Foram montadas 10 lâminas com gelatina glicerizada, lutadas com parafina.

O material não utilizado foi estocado em 2 ml de glicerina pura.

6.1.3. IDENTIFICAÇÃO E CONTAGEM DO MATERIAL

A identificação e contagem dos esporos foram feitas por todo o campo da lâmina com o auxílio de microscópio óptico Olympus BX 50 com objetivas de 40X e 100X (lente de imersão). Foi contado no mínimo 300 palinófitos, no mínimo três lâminas, até atingir a curva de saturação de tipos esporos-polinófitos. O procedimento requer longo tempo, pois cada novo tipo deve ser identificado ou classificado de acordo com a morfologia. A identificação dos esporos de samambaias e licófitas foram feitas com base em conhecimento prévio, bibliografias (Coelho 2011, Coelho & Esteves 2008 a, b, c, Coelho 2012, Esteves & Coelho 2007, Lebrão *et al.* 2014, Tryon & Lugardon 1990, Tryon & Tryon 1982) e material de referência através da comparação de lâminas da Palinoteca do Núcleo de Pesquisa em Palinologia do Instituto de Botânica (SP). Os tipos de esporos encontrados foram agrupados por hábito da planta: herbáceas, arborescentes, epífitas e hemiepífitas.

Foi contado também um número mínimo de 100 esporos de *Lycopodium clavatum*, introduzidos nas amostras no início do processamento químico (Stockmar 1971) para efeitos dos cálculos de concentração.

6.1.4. ANÁLISES PALINOLÓGICAS QUANTITATIVAS

6.1.4.1. CÁLCULOS DE PORCENTAGEM – ANÁLISE RELATIVA

O cálculo da porcentagem dos esporos foi efetuado para cada ponto de estudo, mensalmente. Os esporos foram separados conforme os tipos identificados e com o hábito ou forma de vida, a partir de literaturas especializadas (Davidse *et al.* 1995, Holttum 1949, 1967, Lorscheitter *et al.*

1998, 1999, 2001, 2002, 2005, Prado 1998, 1997, 2004a, b, c, Prado & Hirai 2010, 2011, Prado & Sylvestre 2010, Prado *et al.* 2010, Tryon & Lugardon 1990, Tryon & Tryon 1982).

O cálculo da porcentagem mensal para cada ponto de estudo foi elaborado pelo programa Tilia (Grimm 1987) e Excell para Windows.

6.1.4.2. CÁLCULOS DE CONCENTRAÇÃO – ANÁLISE ABSOLUTA

O cálculo da concentração foi efetuado para cada amostra coletada mensalmente tendo como base o número de *Lycopodium clavatum* contados introduzidos no início do processamento químico do material (Stockmar 1971).

A concentração se baseou no número de esporos por grama de lã de vidro e foi elaborada pelo programa Tilia (Grimm 1987).

6.1.4.3. CÁLCULOS DO FLUXO DE PRECIPITAÇÃO DOS ESPOROS

O fluxo de precipitação de esporos por cm² foi calculado para: (i) cada tipo identificado nos pontos de estudo, a cada mês; (ii) o total de esporos por ponto, a cada mês; (iii) e a precipitação total de esporos durante 12 meses por ponto de estudo. Os dados foram obtidos pela relação entre os esporos capturados por um determinado volume de lã de vidro por coletor com área de coleta de 113,1 cm², no período de um mês. Os cálculos permitiram avaliar as variações das quantidades de esporos e/ou palinomorfos sedimentados no transcurso do tempo, auxiliando a compreensão dos processos de deposição temporal dos esporos na área.

O cálculo do fluxo de precipitação foi elaborado no programa Excell para Wondows.

6.1.4.4. ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA)

A ordenação das variáveis bióticas (fluxo dos tipos de esporos na área) em função das abióticas foi feita a partir da análise de correspondência canônica (CCA) com os dados transformados em logaritmo natural [log (x+1)]. Na construção da matriz biológica foram considerados todos os tipos de esporos registrados; os tipos não identificados em nenhum nível taxonômico e enquadrados como monoletes e triletes, foram desconsiderados na análise. Para os dados abióticos foram selecionadas a média mensal da precipitação, temperatura, umidade e velocidade máxima do vento (tabela 4). Os valores foram fornecidos pela Estação Meteorológica do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, campus da Água Funda, que se localiza cerca de 200 metros do local de estudo. A velocidade média do vento não foi considerada,

pois corresponde a um dado colinear a velocidade máxima do vento. As análises foram realizadas pelo programa PC-ORD versão 5.15 para Windows (McCune & Mefford 2006).

Tabela 4. Médias das variáveis ambientais mensais utilizadas na análise de correspondência canônica (CCA). Os valores foram fornecidos pela Estação Meteorológica do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, campus da Água Funda.

Meses	Variáveis ambientais			
	Velocidade máxima	Temperatura	Precipitação	Umidade
	do vento (V _{max}) (km/h)	(T) (°C)	(Pre) (mm)	(Um) (%)
JULHO	16	16,4	40,0	79,3
AGOSTO	21	17,2	39,1	77,3
SETEMBRO	14	17,1	77,1	76,7
OUTUBRO	17	19,3	125,5	80,0
NOVEMBRO	22	18,9	123,3	79,3
DEZEMBRO	19	21,0	181,3	78,5
JANEIRO	27	20,7	219,8	82,4
FEVEREIRO	15	23,4	207,0	78,7
MARÇO	16	21,6	165,0	79,0
ABRIL	20	20,5	79,6	83,6
MAIO	18	17,4	64,1	82,2
JUNHO	19	17,0	50,7	86,1

6.1.5. DIAGRAMAS PALINOLÓGICOS

Os dados quantitativos foram apresentados sob a forma de diagramas de porcentagem por tipos e total de esporos e pólen (soma esporo-polínica), sendo que a ordenada representa os meses de coleta analisado e a abscissa corresponde à frequência relativa de cada tipo de esporos (Colinvaux 1993), conforme cada ponto determinado.

As porcentagens para cada tipo polínico foi calculada em função da Soma Esporo-Polínica Total, que incluiu todos os esporos e pólen, excluindo-se os demais palinórfos que eventualmente poderiam cair nos coletores.

Os diagramas de concentração expressam o número de esporos e pólen por grama de lã de vidro (esporos/gr. de lã de vidro), a partir do número de tipos e de *Lycopodium clavatum* contados (Stockmar 1971). A relação é estabelecida conforme a equação de Colinvaux (1993):

$$\frac{[PF]}{[EM]} = \frac{PFc}{Emc}$$

[PF] = concentração do esporo a calcular

[EM] = concentração de esporo *Lycopodium* marcador introduzido

PFc = número totais de esporos contado

Emc = número de esporo *Lycopodium* marcador contado

Os diagramas de concentração indicam o valor absoluto de cada esporo na atmosfera, avaliando-se cada um independentemente, gerando maior precisão da informação sobre o aporte dos mesmos na precipitação.

Todos os diagramas foram elaborados pelo programa Tilia Graph 1.7.16® (Grimm 1987).



Figura 47. A-G. Metodologia empregada para a as análises qualitativas da precipitação de esporos do PEFI. A. Pastilhas de *Lycopodium*. B. Lã de vidro e pastilhas de *Lycopodium*. C-D. Fracionamento da lã de vidro em ácido fluorídrico (HF) para centrifugação. E-F. Ácido fluorídrico e ácido sulfúrico. G. Mistura de acetólise e material de precipitação.

6.2. RESULTADOS

Os esporos de samambaias e licófitas estiveram presentes nas análises de precipitação nos quatro locais estudados (figuras 48 e 49). Foram identificados o total de 17 tipos de esporos (figuras 50 e 51), com alta frequência do tipo *Cyathea* Sm. (figura 50G), seguido de *Blechnum* L. (figura 50C), além de monoletes e triletes não identificados. Grãos de pólen de Euphorbiaceae Juss. (figura 52A), Myrtaceae Juss. (figura 52B) e Pinaceae Spreng. ex Rudolphi (figura 52C) também foram observados em alta frequência para todos os pontos.

A maior porcentagem e riqueza de esporos foram observadas no ponto 2, com predomínio no mês de março e abril; e a menor no ponto 3 (figura 49, anexo A). O ponto 1 apresentou a maior diversidade de tipos (14 tipos), seguido do ponto 2 (12 tipos) e 4 (11 tipos) (anexo A). As maiores concentrações de esporos foram observadas no ponto 2 (2.472.351,0 esporos/gr. de lã de vidro) e ponto 1 (1.274.428,0 esporos/gr. de lã de vidro), enquanto que as menores, no ponto 3 (502.988,0 esporos/gr. de lã de vidro) (tabela 5, anexo A).

O fluxo anual de precipitação de esporos foi maior no ponto 2 (43.737,18 esporos/cm²), com o tipo *Cyathea* contribuindo com 38.267,74 esporos/cm². O ponto 3 apresentou o menor fluxo de precipitação, 8.857,54 esporos/cm²) (tabela 5).

A figura 53 apresenta os tipos de esporos presentes em cada mês amostrado durante o período de 12 meses, considerando cada ponto de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). O tipo Polypodiaceae (figura 51C) foi observado e registrado apenas no ponto 1, e incluiu esporos monoletes com exosporo ornamentado por verrugas que não puderam ser distinguidos em nível genérico como *Microgramma*, *Serpocaulon*, *Campyloneurum*, *Pleopeltis* pertencentes a família e presentes nas amostras deste trabalho. O tipo *Thelypteris* (figura 51H) também foi observado somente no ponto 1, enquanto que os tipos *Cyathea* (figura 50G), *Blechnum* (figura 50C) e *Deparia* (figura 50H) foram registrados para todos os pontos da área de estudo. No ponto dois (2) a presença de *Cyathea* foi marcante em Março e Abril e no ponto três (3) tal gênero predominou no espectro espora-polinico com 100% de frequência no mês de Abril (figura 48).

A análise de correspondência canônica (CCA) foi realizada com a finalidade de avaliar as principais variáveis ambientais responsáveis pela maior variabilidade mensal dos tipos registrados considerando o fluxo de precipitação ao longo do processo. Os autovalores para os eixos 1 e 2 explicaram 28,6% da variabilidade dos dados (Figura 54). O teste Monte Carlo de permutação demonstrou que a correlação entre os tipos de esporos e as condições ambientais não foram estatisticamente significativos. Não houve correlação na ordenação dos dados que descrevessem um gradiente sazonal entre as unidades amostrais. Apesar disso, os coeficientes canônicos para o eixo 1 mostraram que a velocidade máxima do vento (Vmax) foi a variável mais importante para

ordenação neste eixo, estando associado as maiores precipitações dos tipos *Alsophila*, *Campyloneurum*, *Deparia*, *Pleopeltis*, *Polybotrya* e *Thelypteris* nos meses de janeiro, junho e novembro (lado positivo do eixo) (tabelas 6, 7 e 8).

A seguir serão apresentados os resultados obtidos conforme cada ponto de estudo selecionado no presente trabalho.

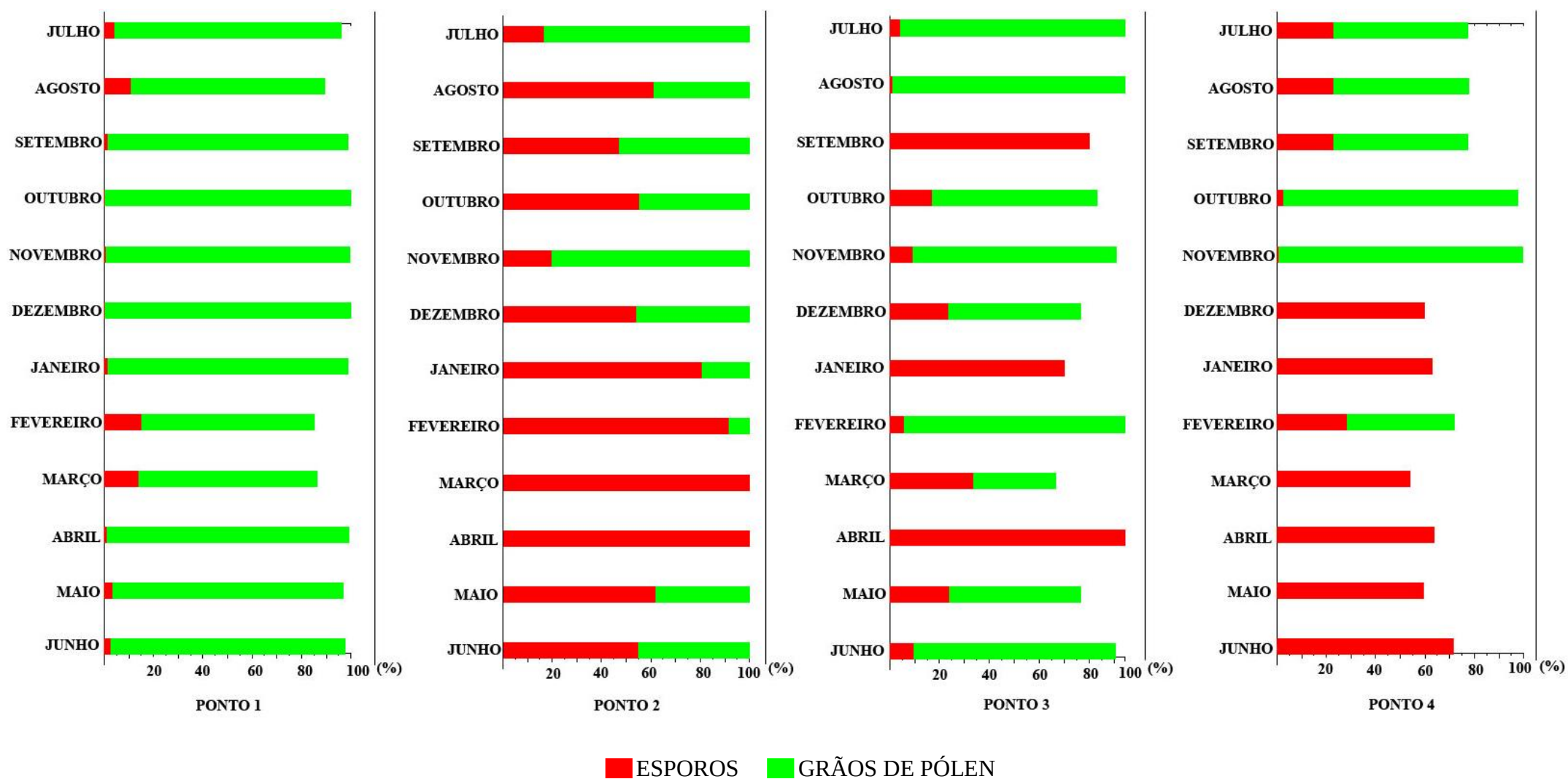


Figura 48. Frequências totais (%) dos esporos e grãos de pólen observados nos pontos de estudo do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

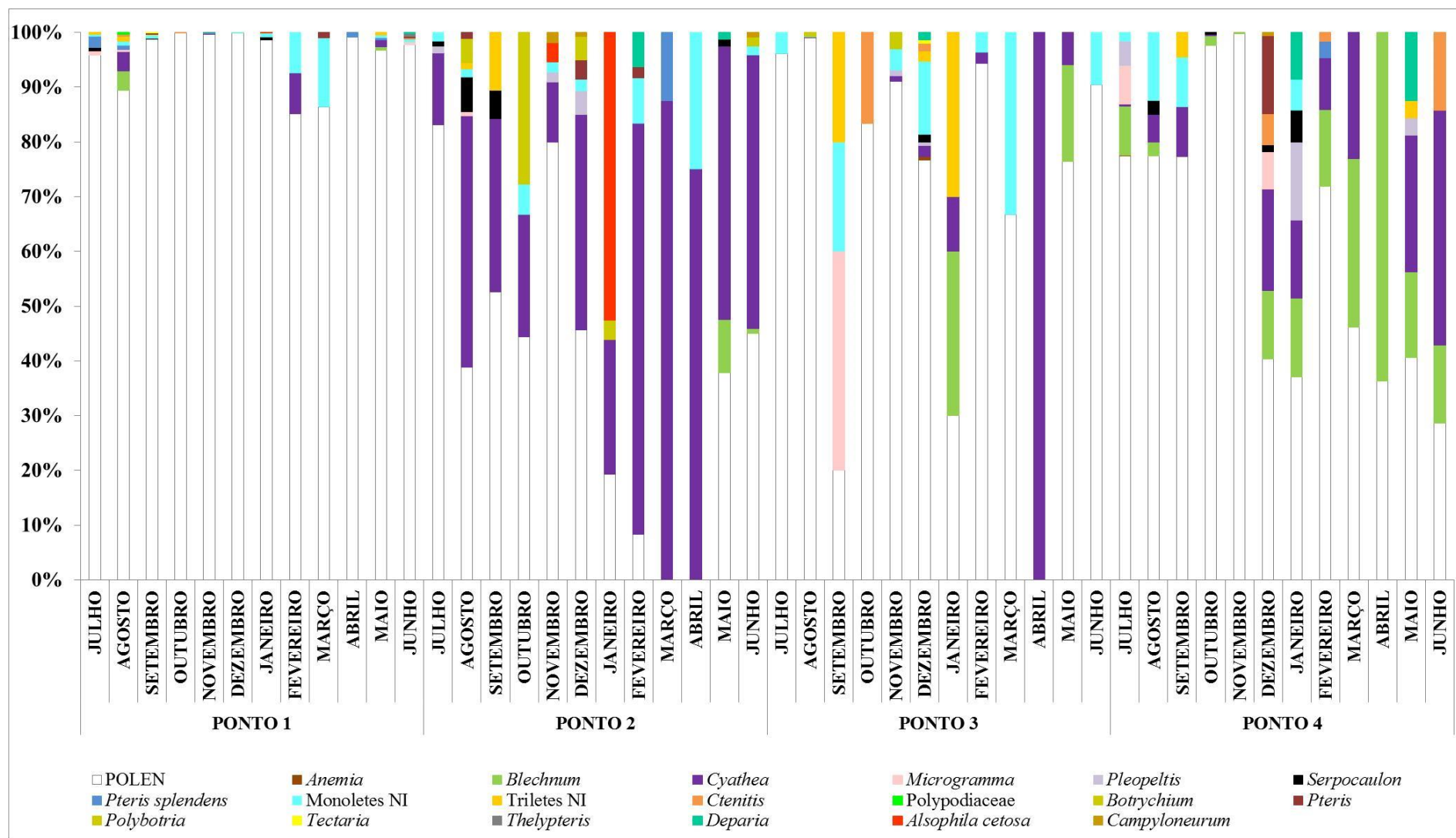


Figura 49. Frequência da precipitação de esporos indicando a porcentagem dos esporos de samambaias e licófitas e pólen amostrado nos quatro pontos de estudo do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

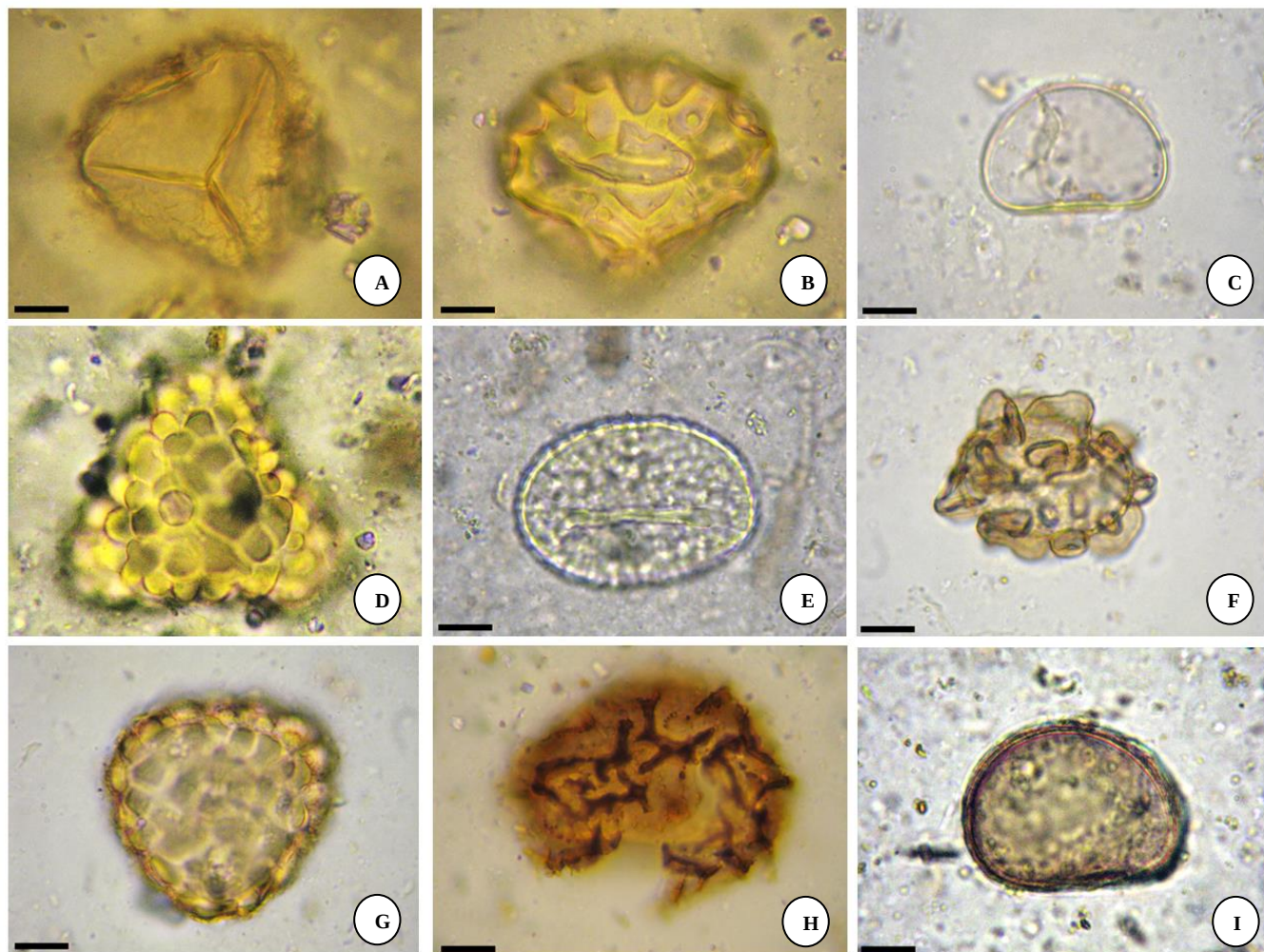


Figura 50. Tipos de esporos de samambaias e licófitas presentes nas análises de precipitação de esporos dos quatros pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (EPFI). A. Tipo *Alsophila*. B. Tipo *Anemia*. C. Tipo *Blechnum*. D. Tipo *Botrychium*. E. Tipo *Campyloneurum*. F. Tipo *Ctenitis*. G. Tipo *Cyathea*. H. Tipo *Deparia*. I. Tipo *Microgramma*. J. Barra de escalas = 10 μm .

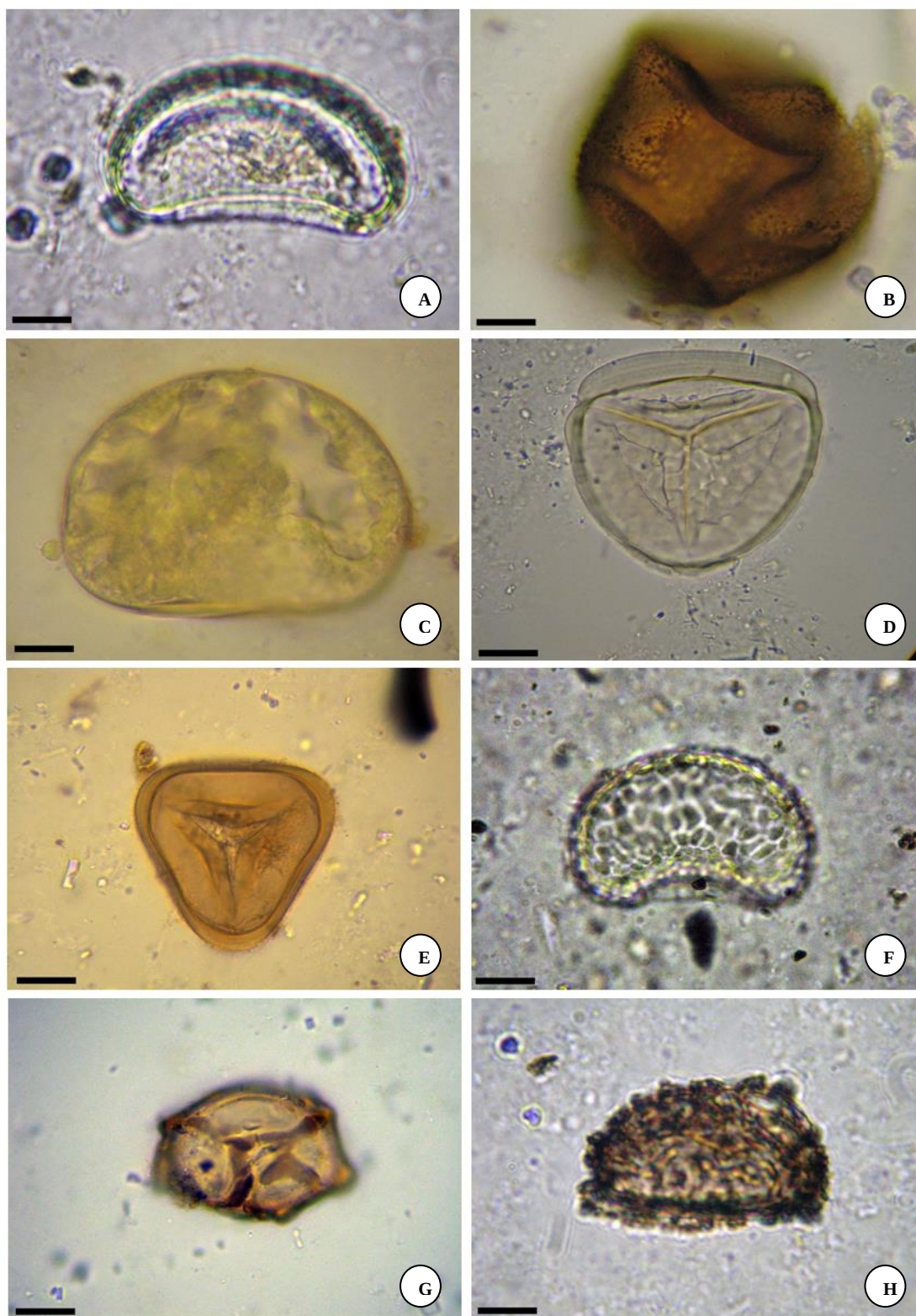


Figura 51. Tipos de esporos de samambaias e licófitas presentes nas análises de precipitação de esporos dos quatros pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (EPFI). A. Tipo *Pleopeltis*. B. Tipo *Polybotria*. C. Tipo Polypodiaceae. D. Tipo *Pteris*. E. Tipo *Pteris splendens*. F. Tipo *Serpocaulon*. G. Tipo *Tectaria*. H. Tipo *Thelypteris*. Barra de escalas = 10 µm.

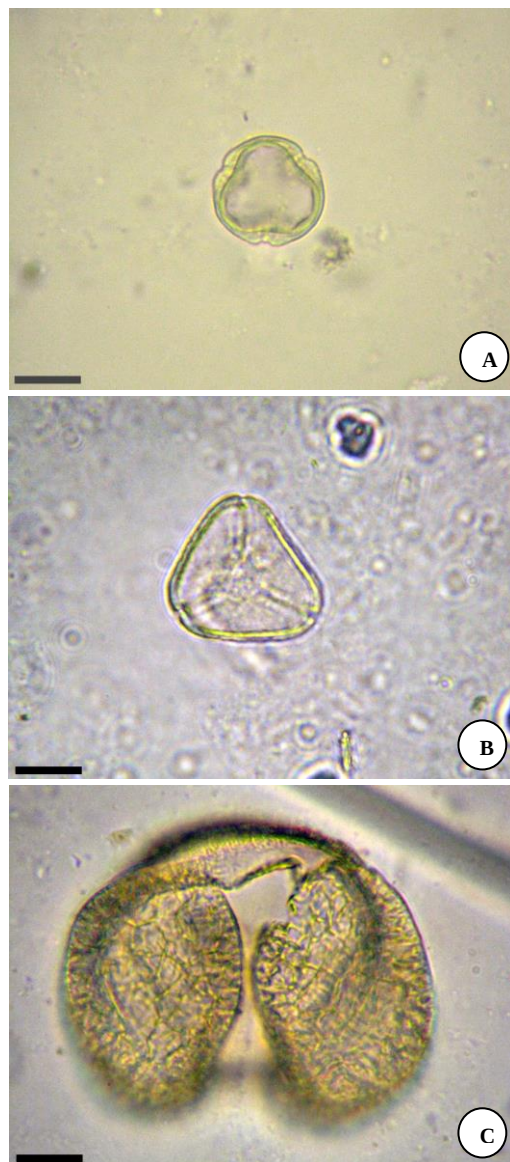


Figura 52. A-C. Tipos de grãos e pólen presentes na análise de precipitação de esporos. A. Euphorbiaceae Juss. B. Myrtaceae Juss. C. Pinaceae Spreng. ex Rudolphi. Barra de escalas = 10 μm .

Tabela 5. Concentração total e precipitação anual de esporos para cada um dos pontos de estudo do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Áreas de estudo	Concentração total de esporos (gramas/lã de vidro)	Precipitação total de esporos/cm ²
Ponto 1	1.274.428,48	21.382,50
Ponto 2	2.472.351,25	43.737,18
Ponto 3	502.979,16	8.857,54
Ponto 4	987.297,65	27.873,73

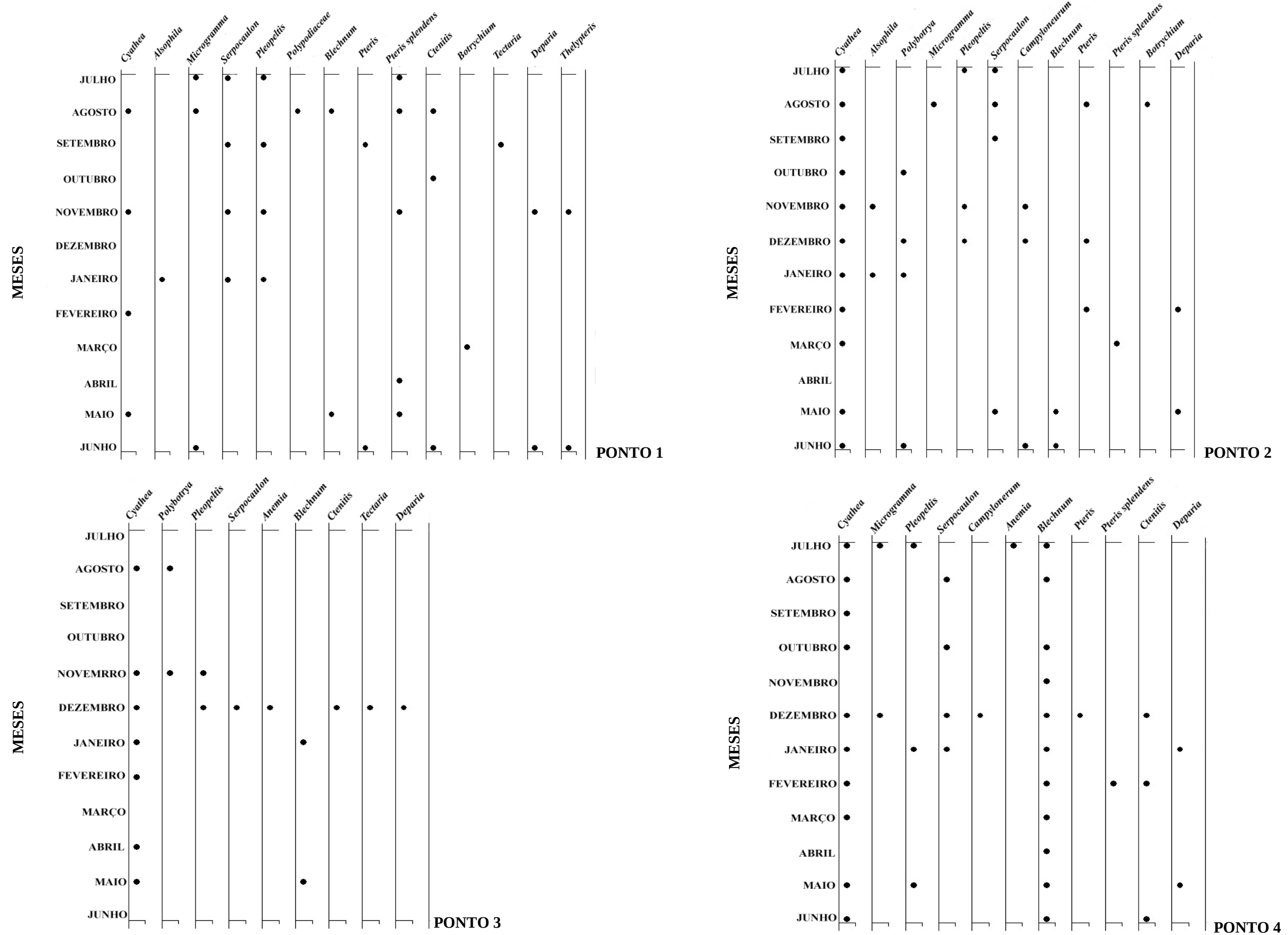


Figura 53. Tipos de esporos encontrados mensalmente nos quatro pontos de estudo na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

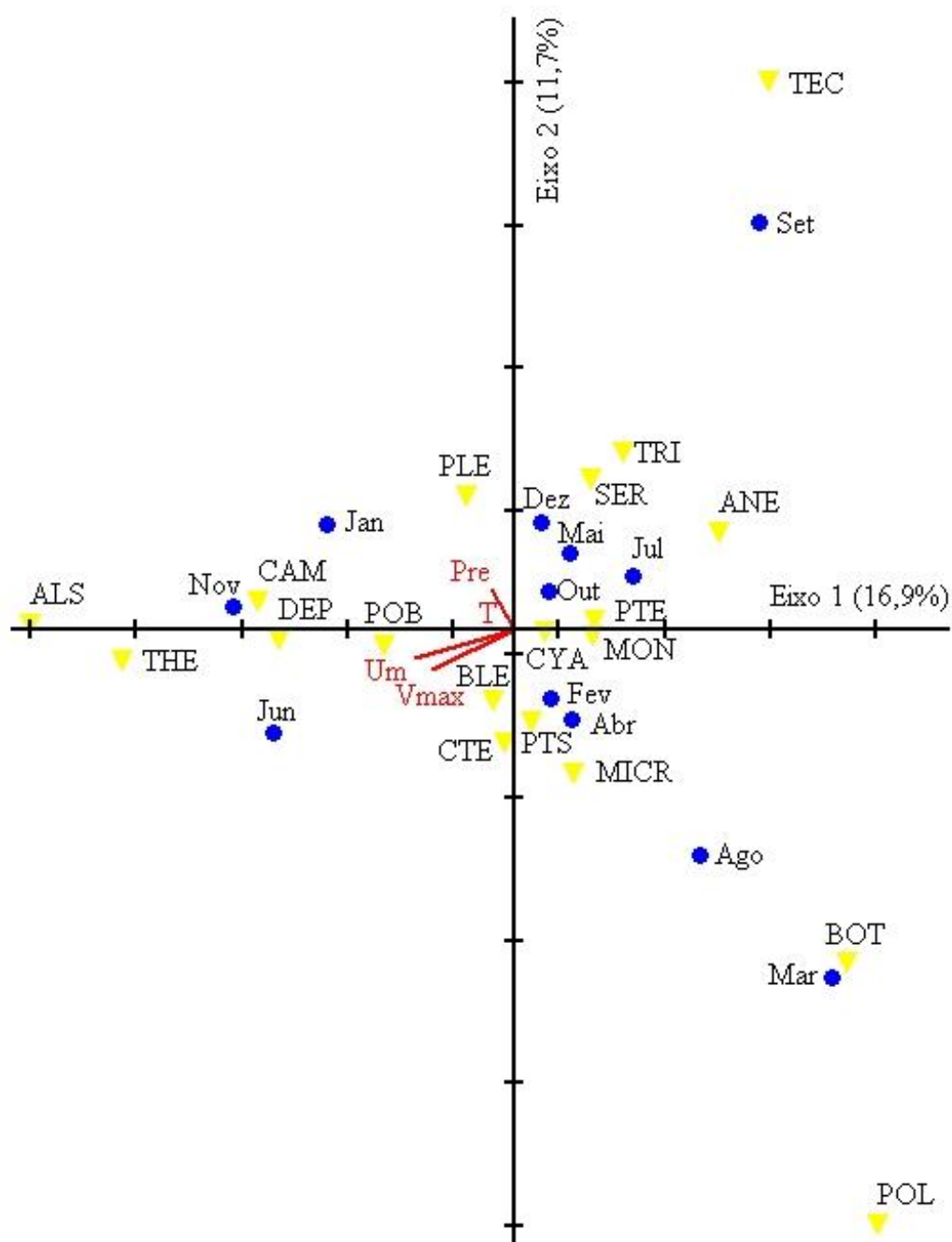


Figura 54. Ordenação pela análise de correspondência canônica da precipitação de esporos na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, a partir de 17 tipos de esporos identificados nas amostras e quatro variáveis ambientais. Abreviações: T = Temperatura; Pre = Precipitação; Um = Umidade; Vmax = velocidade máxima do vento. Os códigos dos tipos de esporos e dos meses encontram-se nas tabelas 6, 7 e 8.

Tabela 6. Coeficiente canônico e coeficiente de correlação “intra-set” das variáveis ambientais com eixo os 1 e 2 da análise de correspondência canônica (CCA).

Variáveis	Coeficiente Canônico		Coeficiente de correlação “intra-set”	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Velocidade máxima do vento (Vmax)	-0,32	-0,24	-0,63	-0,33
Temperatura (T)	0,55	-1,47	-0,008	0,02
Precipitação (Pre)	-0,70	1,58	-0,17	0,34
Umidade (Um)	-0,50	-0,14	-0,77	-0,23

Tabela 7. Coeficiente canônico dos tipos de esporos com os eixos 1 e 2 da análise de correspondência canônica (CCA) e seus respectivos códigos.

Taxons	Códigos	Eixo 1	Eixo 2
<i>Cyathea</i>	CYA	0,13	-0,009
<i>Alsophila</i>	ALS	-2,23	0,02
<i>Polybotria</i>	POB	-0,60	-0,07
<i>Microgramma</i>	MICR	0,27	-0,65
<i>Pleopeltis</i>	PLE	-0,22	0,61
<i>Serpocaulon</i>	SER	0,35	0,69
Polypodiaceae	POL	1,67	-2,74
<i>Campyloneurum</i>	CAM	-1,18	0,13
<i>Anemia</i>	ANE	0,94	0,44
<i>Blechnum</i>	BLE	-0,09	-0,32
<i>Pteris</i>	PTE	0,37	0,04
<i>Pteris splendens</i>	PTS	0,08	-0,42
<i>Ctenitis</i>	CTE	-0,04	-0,51
<i>Botrychium</i>	BOT	1,53	-1,53
<i>Tectaria</i>	TEC	1,17	2,53
<i>Deparia</i>	DEP	-1,08	-0,04
<i>Thelypteris</i>	THE	-1,80	-0,14

Tabela 8. Coeficiente canônico dos meses com os eixos 1 e 2 da análise de correspondência canônica (CCA) e seus respectivos códigos.

Meses	Códigos	Eixo 1	Eixo 2
Julho	Jul	0,55	0,24
Agosto	Ago	0,85	-1,04
Setembro	Set	1,12	1,88
Outubro	Out	0,15	0,17
Novembro	Nov	-1,29	0,10
Dezembro	Dez	0,11	0,49
Janeiro	Jan	-0,86	0,48
Fevereiro	Fev	0,16	-0,31
Março	Mar	1,46	-1,60
Abril	Abr	0,26	-0,41
Mai	Mai	0,26	0,35
Junho	Jun	-1,11	-0,47

- PONTO 1

No ponto 1 foram identificados 13 tipos de esporos (figuras 50, 53): dois da família Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl (figura 50I), *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm. (figura 51F) e outros esporos incluídos apenas como Polypodiaceae *sensu lato* (figura 51C)); um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 50C); dois de Cyatheaceae Kaulf. (*Alsophila* R. Br. e *Cyathea* Sm.) (figuras 50A e 50G); dois de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L. e *Pteris splendens* Kaulf.) (figuras 51D e 51E); um de Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.) (figura 50F); um de Tectariaceae Panigrahi (*Tectaria* Cav.) (figura 51G); um de Ophioglossaceae Mart. (*Botrychium* Sw.) (figura 50D); um de Thelypteridaceae Ching ex Pic. Serm. (*Thelypteris* Schmidl) (figura 51H). Vários outros monoletes e triletes foram encontrados, porém não foram identificados em nível de gênero por não apresentarem esporoderme preservada, onde fosse possível verificar a ornamentação presente no perisporo e/ou exosporo.

Observou-se baixa frequência de esporos em relação aos grãos de pólen, com porcentagens destes mais elevados nos meses de fevereiro e março, predominando *Blechnum*, *Cyathea* e *Pteris* (figuras 48, 55). A área não apresenta tanta riqueza de espécies de samambaias e licófitas, porém é caracterizada pela grande presença de indivíduos de *Alchornea sidifolia* Müll (figura 52A), o que acarretou altas taxas de frequência de seus grãos de pólen ocorrendo em todos os meses (figura 48).

Os meses de julho e agosto apresentaram maiores riquezas de esporos, predominando os tipos *Blechnum*, *Cyathea* e *Pteris splendens* (figura 56). As maiores concentrações de esporos foram observadas nos meses de março, com 455.435,80 esporos/gr. de lâ de vidro, seguido de maio e junho, com 436.786,1 e 333.958,6 esporos/gr. de lâ de vidro respectivamente (figura 56, anexo B).

O fluxo de precipitação total foi de 21.382,5 esporos/cm² por ano (tabela 5, figura 56). O mês com maior fluxo foi março, com 7.208,05 esporos/cm² (figura 57A). O tipo monolete apresentou o maior fluxo, com 6.653,58 esporos/cm² (figura 57B).

Em relação ao hábito dos tipos registrados na precipitação do ponto 1 verifica-se a presença de indivíduos arborescentes, epifíticos e herbáceos, com predominância do primeiro hábito, sendo caracterizado pela presença abundante do tipo *Cyathea*, planta seletiva higrófila (figuras 55 e 56).

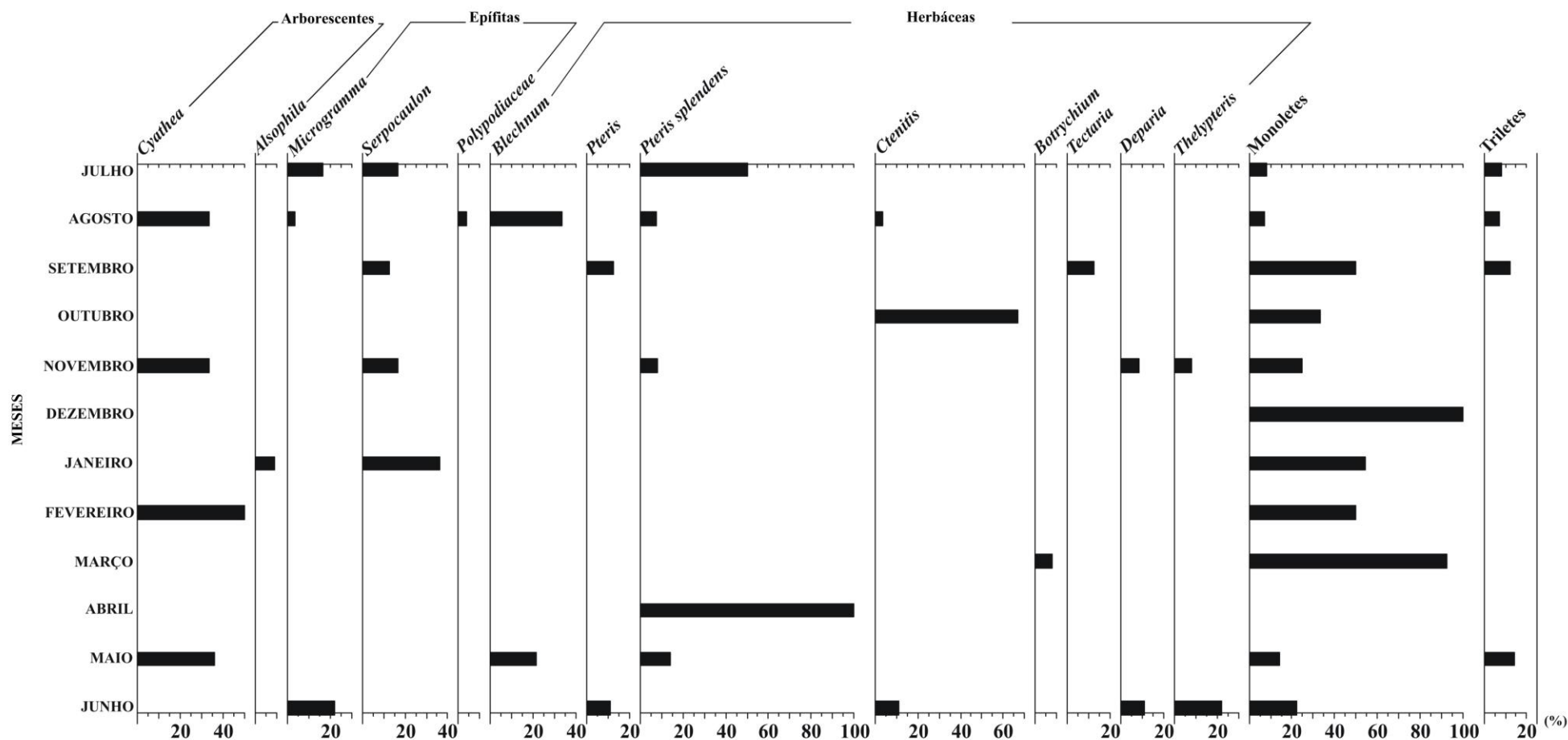


Figura 55. Diagrama palinológico de porcentagem por tipos de esporos de samambaias e licófitas presente na precipitação de esporos do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

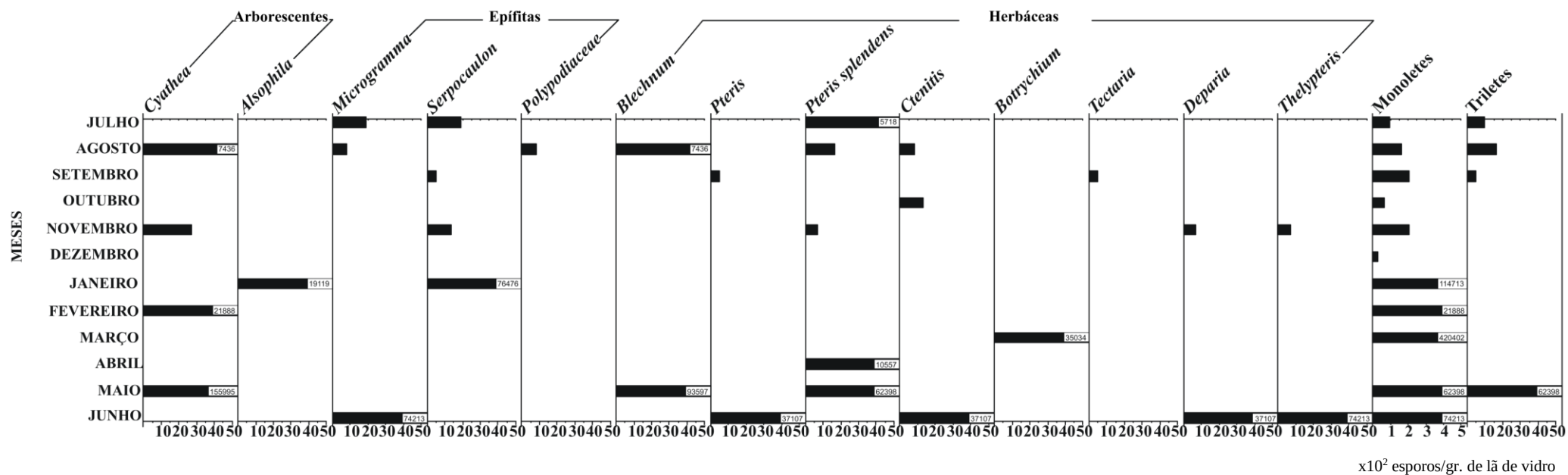


Figura 56. Diagrama palinológico de concentração dos esporos de samambaias e licófitas presente na precipitação de esporos do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

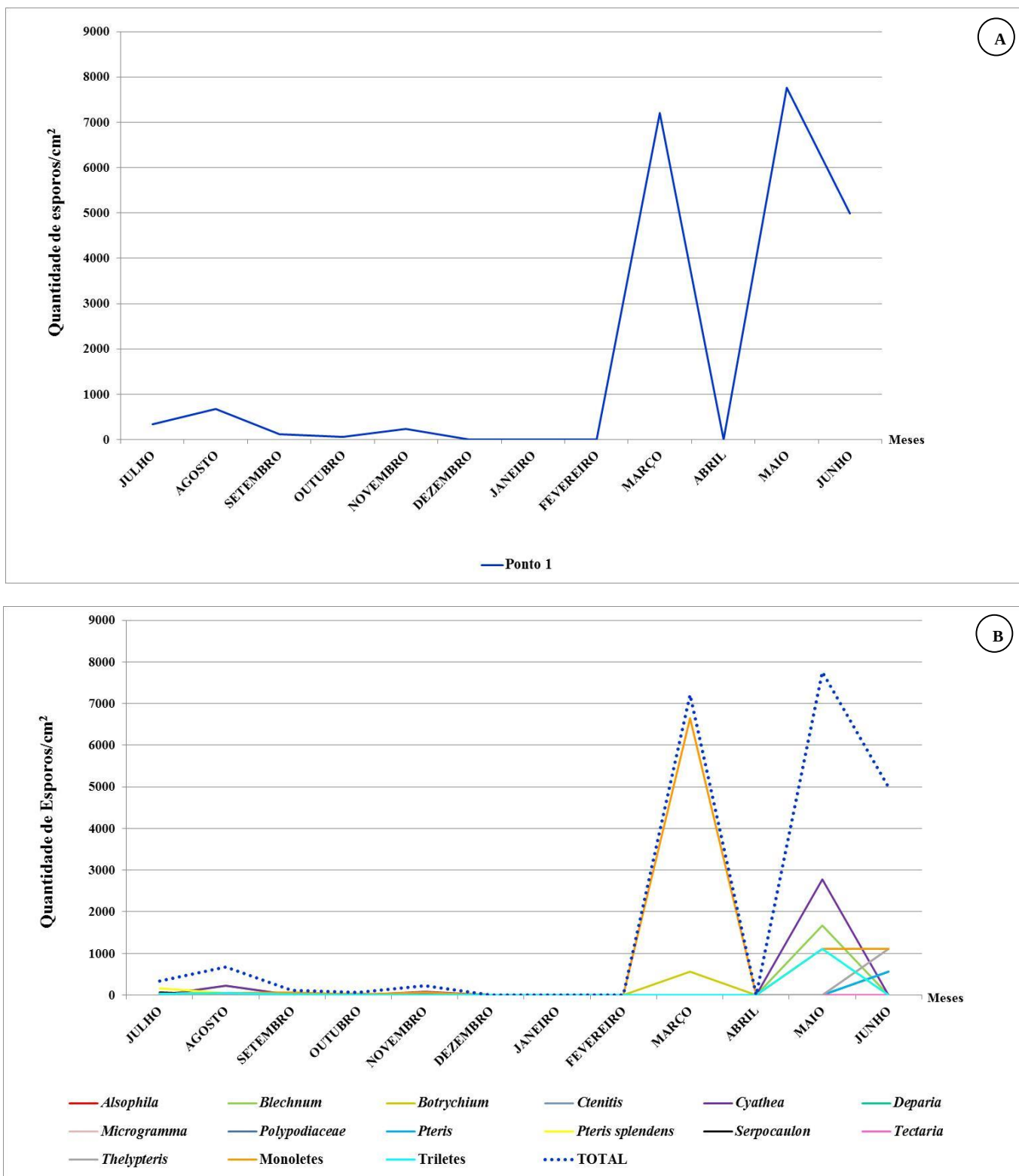


Figura 57 A-B. Fluxo de precipitação de esporos no ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Quantidade de esporos totais que precipitam no ponto 1. B. Relação entre a precipitação de esporos no ponto 1 considerando os tipos identificados.

- PONTO 2

No ponto 2 foram identificados 12 tipos de esporos (figuras 50, 53): quatro da família Polypodiaceae J. Presl (*Campyloneurum* C. Presl, *Microgramma* C. Presl, *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 50E, 50I, 51A, 51F); um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 50C); dois de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm. e *Alsophila* R. Br.) (figuras 50A e 50G); dois de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L. e *Pteris splendens* Kaulf.) (figuras 51D e 51E); um de Ophioglossaceae Mart. (*Botrychium* Sw.) (figura 50D); um de Dryopteridaceae Herter (*Polybotrya* Humb. & Bonpl. ex Willd.) (figura 51B); e um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 50H).

Os esporos estiveram presentes em todos os meses amostrados, predominando 100% nos meses de março e abril (figuras 48). Dentre estes se destacam os esporos de *Cyathea* Sm. e outros não identificados a nível de gênero, sendo enquadrados como tipo Monoletes (forma do esporo) (Figura 58). O mês de agosto, seguido de junho e dezembro, apresentaram as maiores riquezas. As maiores concentrações foram observadas no mês de junho, com 2.189.873,0 esporos/gr. de lã de vidro (figura 59, anexo C).

O fluxo de precipitação total foi de 43.737,18 esporos/cm² por ano (tabela 5, figura 60). O mês com maior fluxo foi junho, com 37.149,17 esporos/cm² (figura 60A). O tipo *Cyathea* apresentou o maior fluxo, com 38.267,74 esporos/cm² (figura 60B).

Em relação ao hábito das espécies presentes e os esporos encontrados no coletor do ponto 2, novamente observou-se nos 12 meses, o predomínio de esporos do tipo *Cyathea*, espécie arborescentes seletiva e higrófila. No mês de outubro ocorreu alta frequência de esporos de *Polybotria*, espécie hemiepífita, comum em áreas de floresta úmida primária e matas nebulosas/matias de neblina.

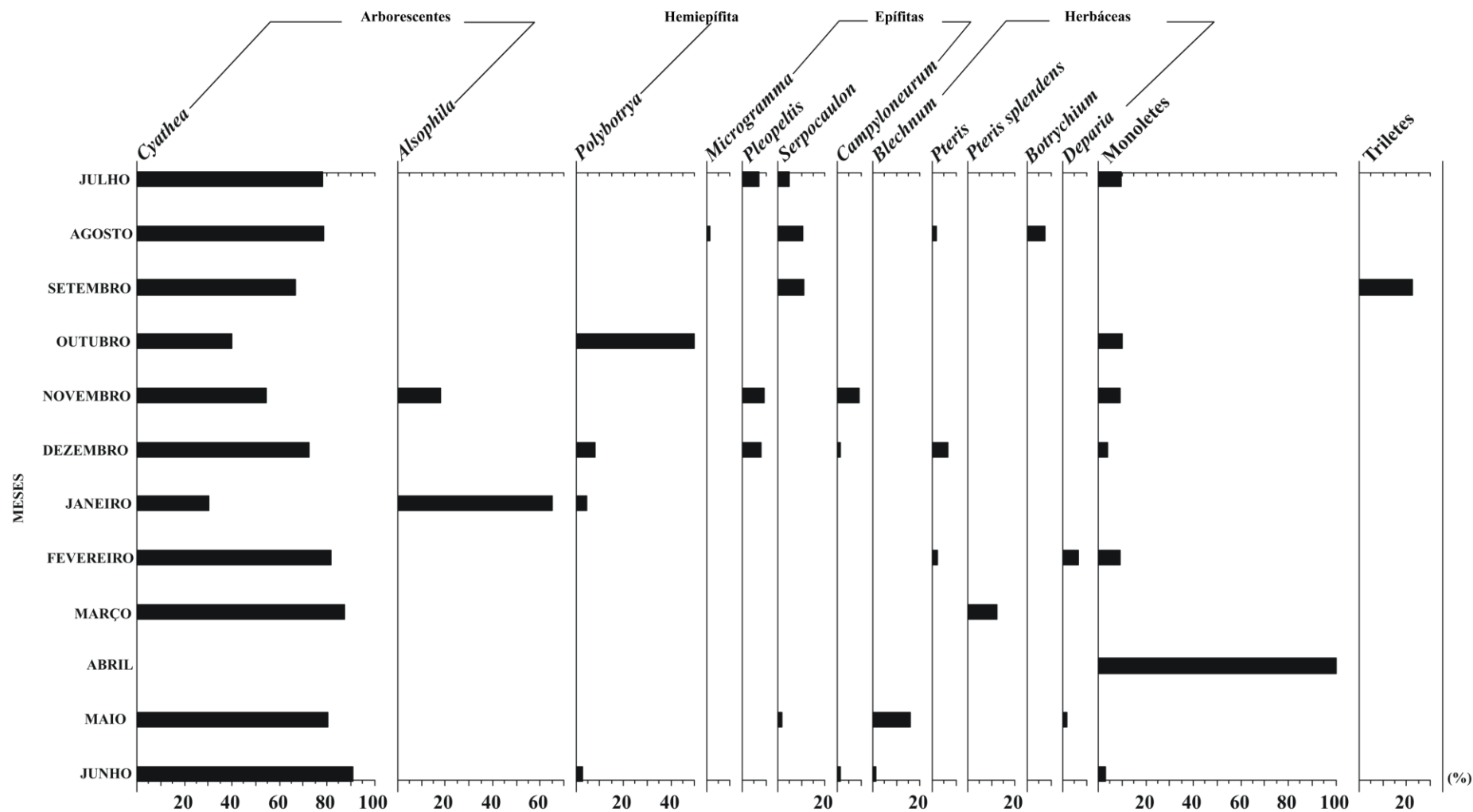


Figura 58. Diagrama palinológico de porcentagem por tipo de esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

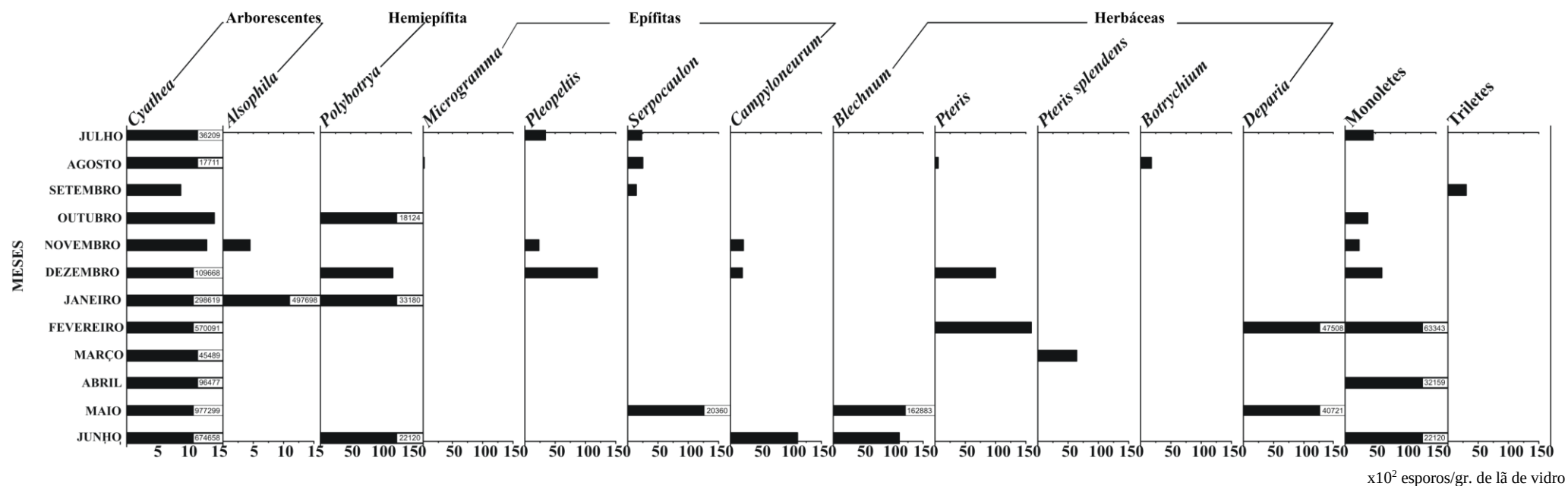


Figura 59. Diagrama palinológico de concentração dos esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

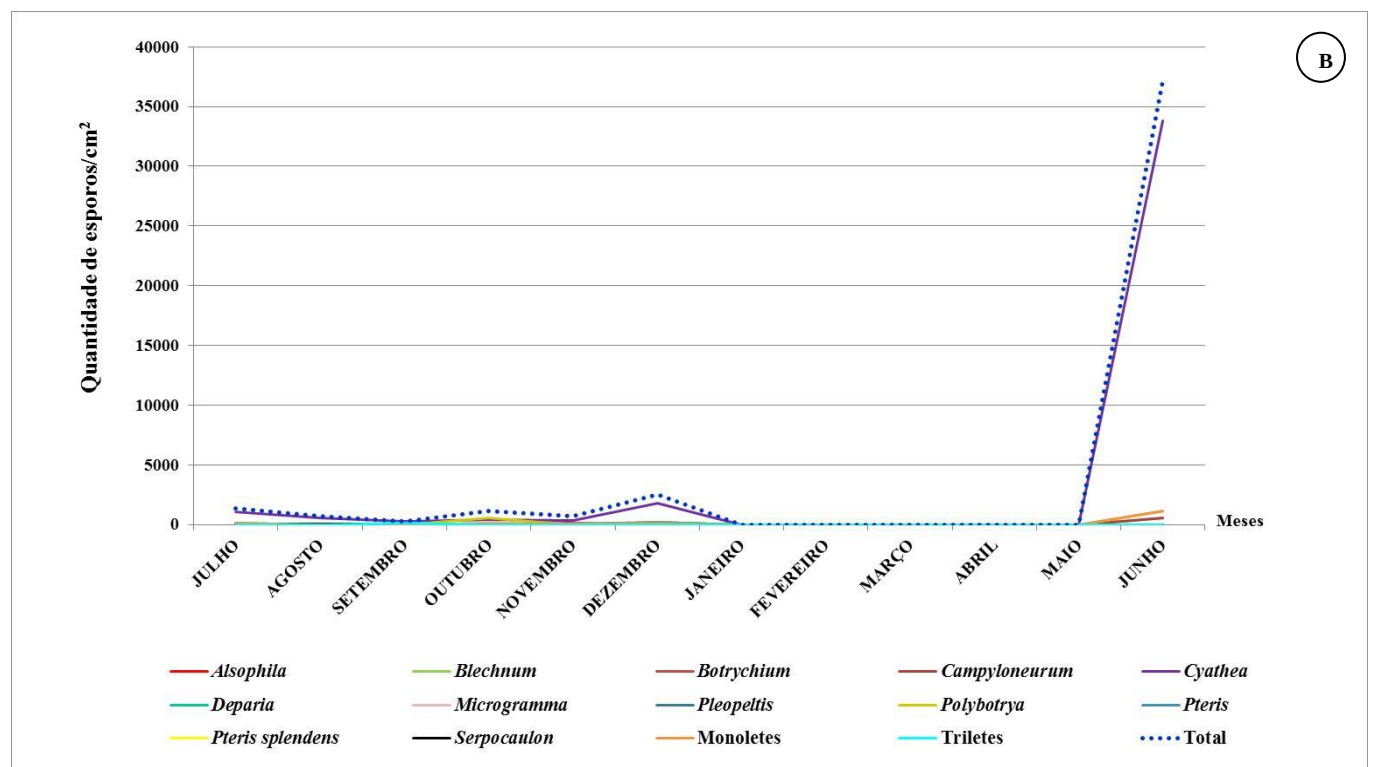
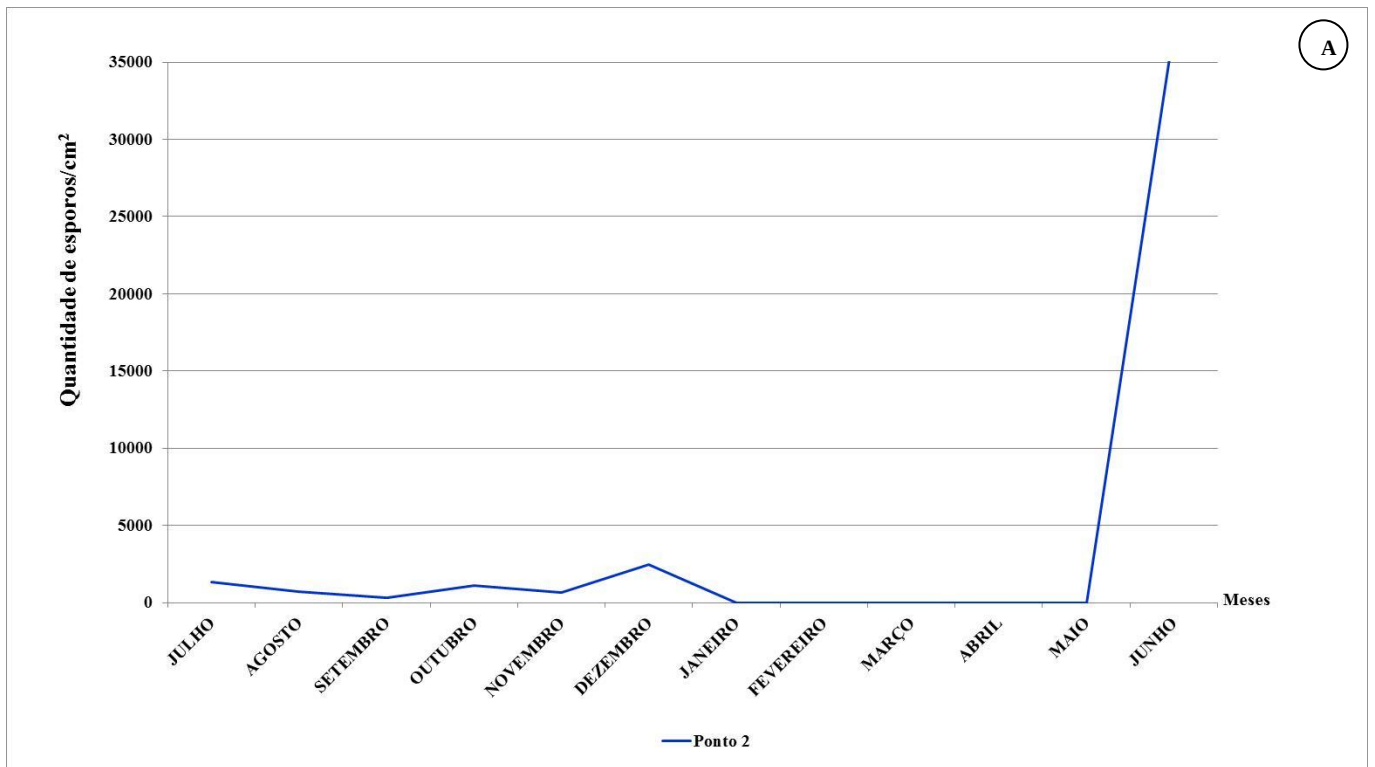


Figura 60 A-B. Fluxo de precipitação de esporos no ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Quantidade de esporos totais que precipitam no ponto 1. B. Relação entre a precipitação de esporos no ponto 2 considerando os tipos identificados.

- PONTO 3

No ponto 3 foram identificados nove tipos de esporos (figuras 50, 53): dois da família Polypodiaceae J. Presl (*Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 51A e 51F); um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 50C); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 50G); dois de Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr. e *Polybotrya* Humb. & Bonpl. ex Willd.) (figuras 50F e 51B); um de Tectariaceae Panigrahi (*Tectaria* Cav.) (figura 51G); um de Schizaeaceae (*Anemia* Sw.) (figura 50A); e um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 50H).

Em todas as amostras analisadas foram identificados grande porcentagem de esporos tipo monoletes e triletes, que não puderam ser enquadrados em nenhum nível taxonômico, devido aos seus estados de preservação e ausência de elementos esculturais na parede. O mês de abril apresentou 100% de frequência de esporos de *Cyathea* (figura 61). As maiores riquezas de esporos foram observadas nos meses de dezembro e novembro. A maior concentração de esporos foi observada no mês de fevereiro, com 457.260,4 esporos/gr. de lã de vidro (figura 62, anexo D).

Os tipos *Anemia*, *Blechnum*, *Ctenitis*, *Deparia*, *Polybotrya*, *Serpocaulon* e *Tectaria* estão presentes somente nas amostras de precipitação analisadas, não sendo encontrados *in situ* para a área durante os 12 meses de amostragem.

O fluxo de precipitação total foi de 8.857,54 esporos/cm² por ano (tabela 5, figura 63). O mês com maior fluxo foi fevereiro, com 7.762,51 esporos/cm² (figura 63A). O tipo monoletes apresentou o maior fluxo, com 5.515,42 esporos/cm², seguido de *Cyathea*, 2.828, 74 esporos/cm² (figura 63B).

Relacionando os tipos de esporos encontrados e o hábito das espécies identificadas por tipos, temos a predominância de espécies arborescentes e hemiepífitas, *Cyathea* e *Polybotria*, respectivamente nas amostras, também registrada *in situ* para o ponto.

No ponto três foram registradas alta frequência de grãos de pólen do tipo *Pinus*, com destaque para o mês de agosto (figuras 48 e 52C, anexo A).

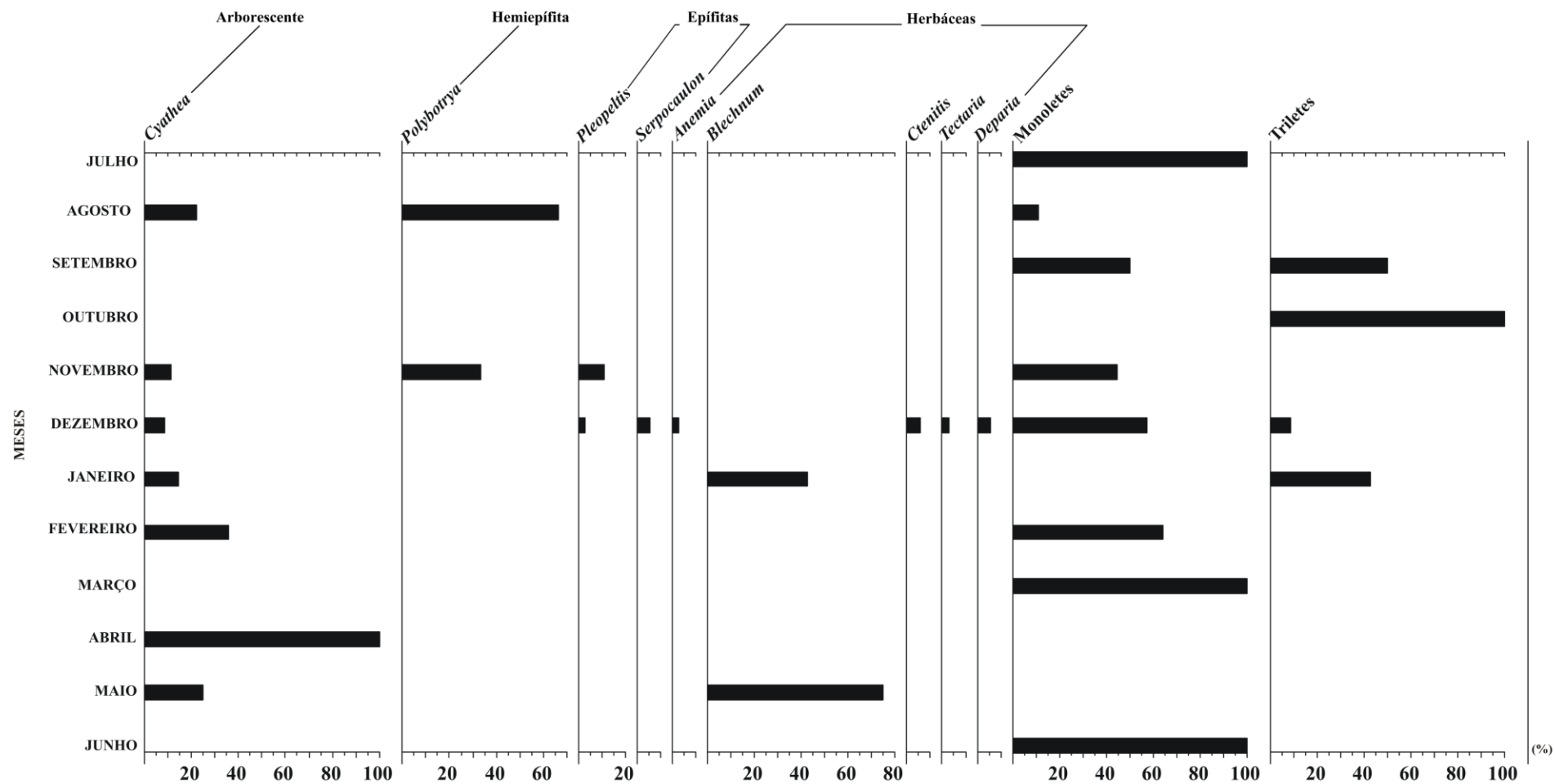


Figura 61. Diagrama palinológico de porcentagem por tipo de esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

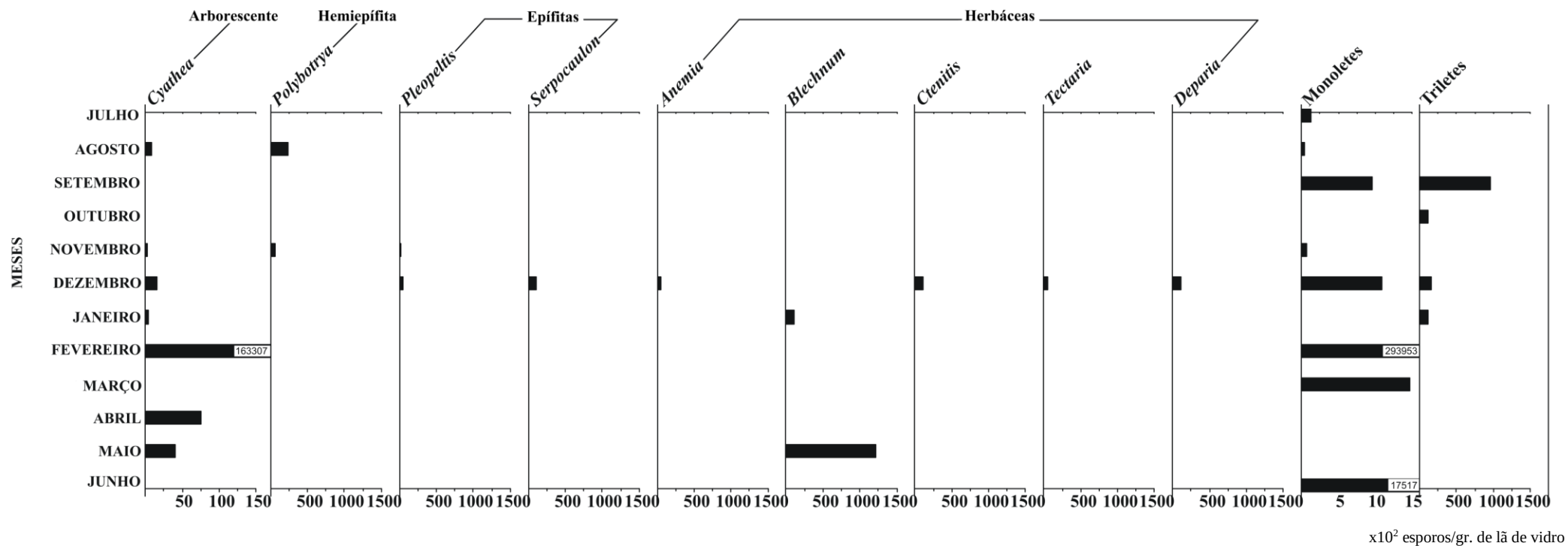


Figura 62. Diagrama palinológico de concentração dos esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

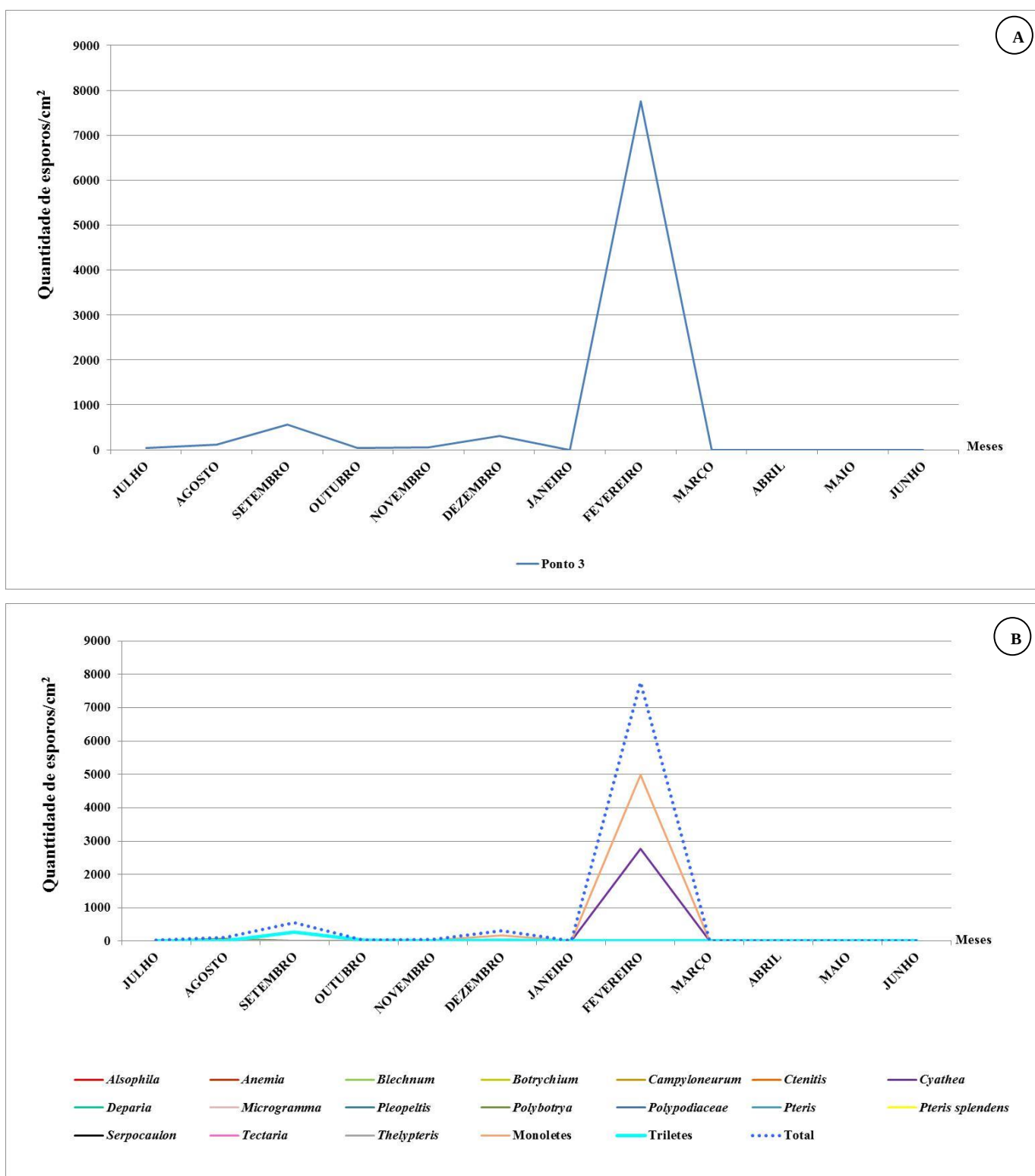


Figura 63 A-B. Fluxo de precipitação de esporos no ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Quantidade de esporos totais que precipitam no ponto 1. B. Relação entre a precipitação de esporos no ponto 3 considerando os tipos identificados.

- PONTO 4

No ponto 4 foram identificados 11 tipos de esporos (figuras 50, 53): quatro da família Polypodiaceae J. Presl (*Campyloneurum* C. Presl, *Microgramma* C. Presl, *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. E *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 50E, 50I, 51A,, 51F); um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 50C); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 50G); dois de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L. e *Pteris splendens* Kaulf.) (figuras 51 D-E); um de Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.) (figura 50F); um de Schizaeaceae (*Anemia* Sw.) (figura 50A) e um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 50H). Uma pequena porcentagem de esporos não foi identificada em nenhum nível taxonômico devido ao estado de conservação da esporoderme que não apresentava elementos esculturais, sendo enquadrados como monoletes ou triletes.

As maiores frequências observadas neste ponto foram dos esporos de *Blechnum* e *Cyathea* nos meses de março, abril, maio e junho (figura 64). Nos meses de janeiro, julho, agosto e dezembro foram observadas a maior riqueza de esporos. Em relação à concentração de esporos foi observada a maior valor no mês de julho, com 3.806.015,0 esporos/gr. de lã de vidro (figura 65, anexo E).

O fluxo de precipitação total foi de 27.873,73 esporos/cm² por ano (tabela 5, figura 66). O mês com maior fluxo foi julho, com 24.673,70 esporos/cm² (figura 66A). O tipo *Blechnum* apresentou o maior fluxo, com 10.833,18 esporos/cm², seguido de *Microgramma*, com 7.720,71 esporos/cm² (figura 66B).

Uma característica marcante deste ponto é a presença de vários indivíduos do gênero *Blechnum* tanto na área como também nas análises de precipitação (figuras 49, 50C).

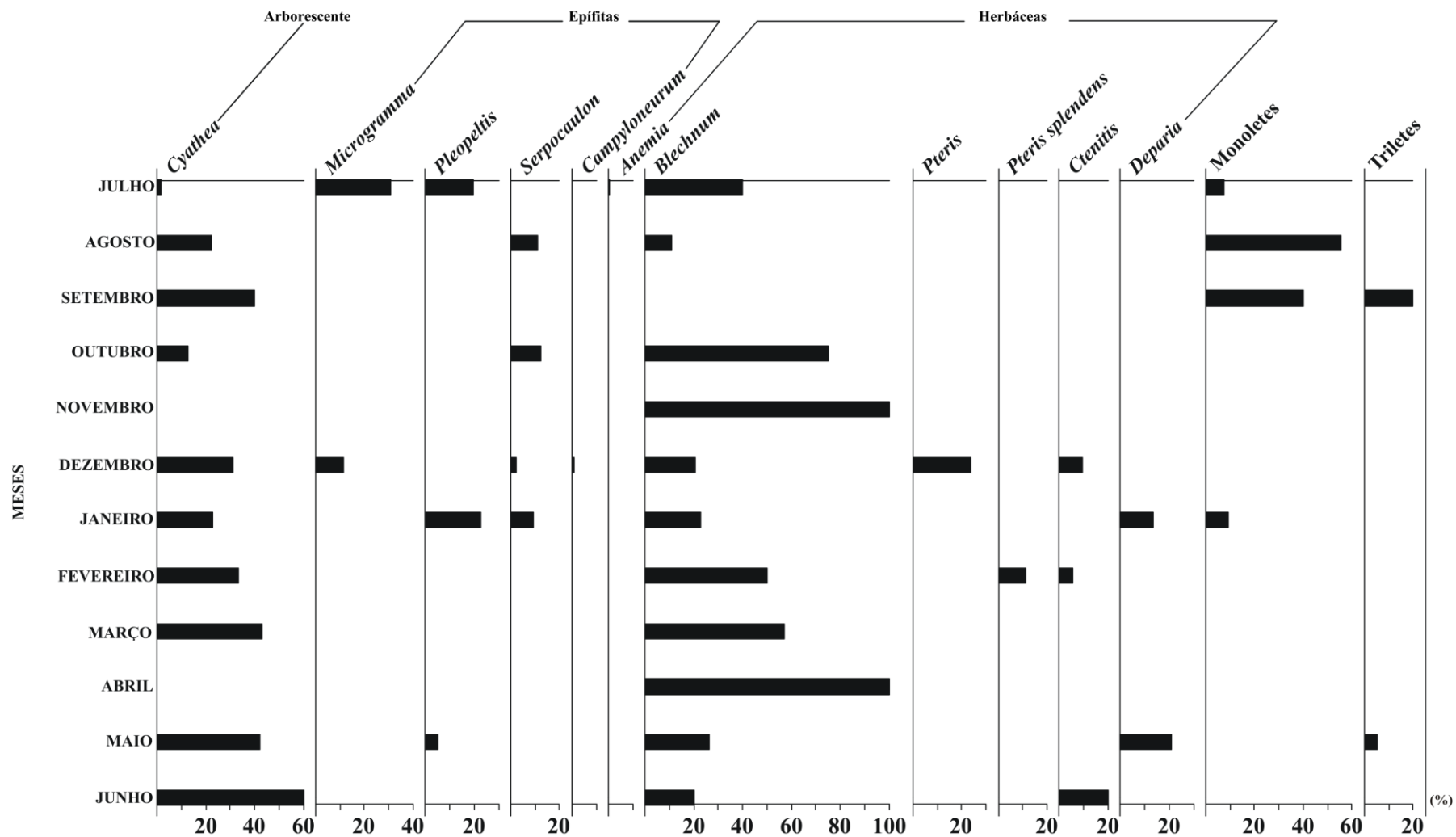


Figura 64. Diagrama palinológico de porcentagem por tipo de esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

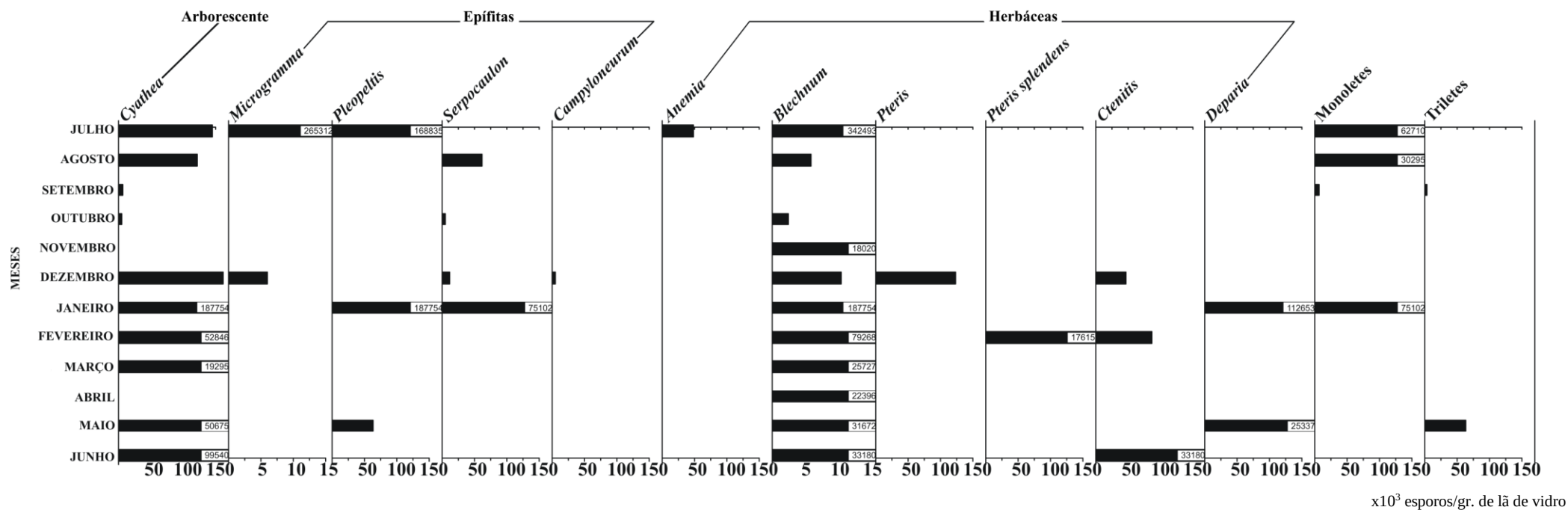


Figura 65. Diagrama palinológico de concentração dos esporos de samambaias e licófitas presentes na precipitação de esporos do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

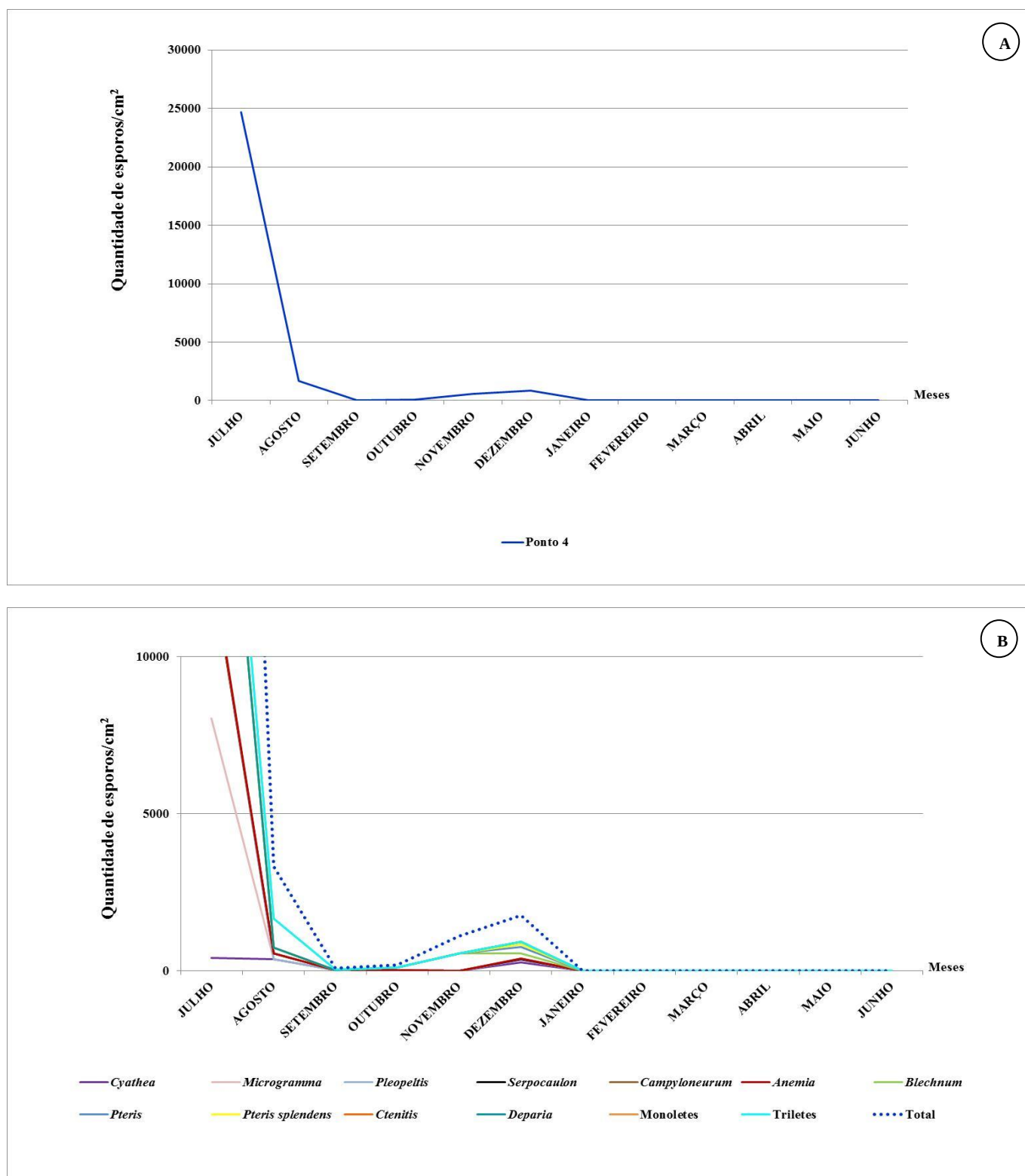


Figura 66 A-B. Fluxo de precipitação de esporos no ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Quantidade de esporos totais que precipitam no ponto 1. B. Relação entre a precipitação de esporos no ponto 4 considerando os tipos identificados.

7. ANÁLISE TEMPORAL DA DEPOSIÇÃO DE ESPOROS DE SAMAMBAIAS E LICÓFITAS DO PARQUE ESTADUAL DAS FONTES DO IPIRANGA (PEFI), SÃO PAULO, BRASIL.

7.1. MATERIAL E MÉTODOS

7.1.1. COLETA DOS PERFIS DE SOLOS

A coleta de sedimentos foi realizada nos pontos selecionados da área de estudo. Em cada ponto foram coletados, com canaletas metálicas de cinco cm de diâmetro, 25 cm de comprimento e 8 cm³ de profundidade, dois perfis contíguos, sendo um destinado à análise palinológica e outro aos estudos da germinação dos esporos (figura 67). Os materiais foram selados com saco plástico e mantidos em geladeira até o momento da análise.



Figura 67. A-G. Coleta do perfil de solo na área de estudo. A-B. Canaletas utilizadas para coleta de sedimentos. C. Coleta do perfil de solo. D. Coleta dos perfis contíguos para análise de sedimento e de germinação. E. Perfil de solo coletado. F. Perfil de solo coletado. G. Perfis coletados: análise temporal dos esporos e germinação, respectivamente.

Os quatro perfis destinados à análise palinológica foram abertos no Núcleo de Pesquisa em Palinologia do Instituto de Botânica e inicialmente foi descrito o perfil de organossolo observado. A descrição preliminar destes foi feita segundo Santos *et al.* (2005) e IBGE (2005), sendo observadas e registradas a consistência e cor do material, presença de raízes e fragmentos vegetais, e deposições de areia. Em seguida, foram retirados oito cm³ em cada um dos seis níveis estratigráficos selecionados com base em sua descrição. As camadas estratigráficas corresponderam a 0-1(topo), 5-6, 10-11, 15-16, 20-21 e 24-25 (base) cm de profundidade (figura 68).



Figura 68. A-E. Preparação do perfil de solo dos pontos amostrados para a análise palinológica. A. Abertura da canaleta. B. Delimitação no perfil dos níveis estratigráficos. C. Nível estratigráfico sendo retirado para tratamento físico-químico. D. Perfil de solo após a retirada das amostras estratigráficas. E. Detalhe do perfil de solo após a retirada das amostras estratigráficas. As lacunas foram preenchidas com isopor mantendo o perfil intacto e não ocorrendo a mistura de materiais.

7.1.2. PROCESSAMENTO QUÍMICO E MONTAGEM DAS LÂMINAS

O tratamento das amostras de sedimentos e a contagem dos esporos foram feitos com base na metodologia de Ybert *et al.* (1992) com modificações, utilizando-se o banho ultrassônico para desagregação e limpeza do sedimento (figura 69).

As amostras estratigráficas foram depositadas em béquer contendo água destilada e cinco pastilhas de esporo marcador *Lycopodium* exóticas para quantificação dos esporos (Stockmar 1971, Ybert *et al.* 1992) (figura 69A). Após a dissolução completa, foi realizada a tamisação das amostras em peneira de malha de 250 µm para retirada de restos vegetais, areia e outros materiais (figura 69B-E), até a limpeza completa do sedimento. Foi então adicionado ácido fluorídrico (HF) a 40% para dissolução de silicatos (figura 69F) e após 24 horas de repouso, realizada centrifugação para descarte do sobrenadante e adição de ácido clorídrico (HCl) a 10% (figura 69G). Para eliminação dos fluossilicatos formados na reação anterior, as amostras passaram por processo de fervura por até cinco minutos em manta aquecedora e banho-maria, seguida de centrifugação e descarte (figura 69G). Posteriormente foi realizado o tratamento de acetólise segundo Erdtman (1960) e Melhem *et al.* (2003), que consiste na hidrólise ácida dos esporos através da mistura de anidrido acético e ácido sulfúrico na proporção de 9:1 (figura 69H). Os sedimentos retidos e as amostras foram transferidas para tubos de acrílico montados com filtro de nylon com malha de 5 µm para tamisação em ultrassom durante 3 minutos (figura 69I), seguido de adição de água glicerinada (1:1), centrifugação e descarte do sobrenadante. Os tubos foram alocados com a boca para baixo para escoamento total do líquido e posteriormente foram montadas lâminas de microscopia com gelatina glicerinada e vedadas com parafina (figura 69J).

Para cada nível estratigráfico foram montadas dez lâminas (figura 69K).

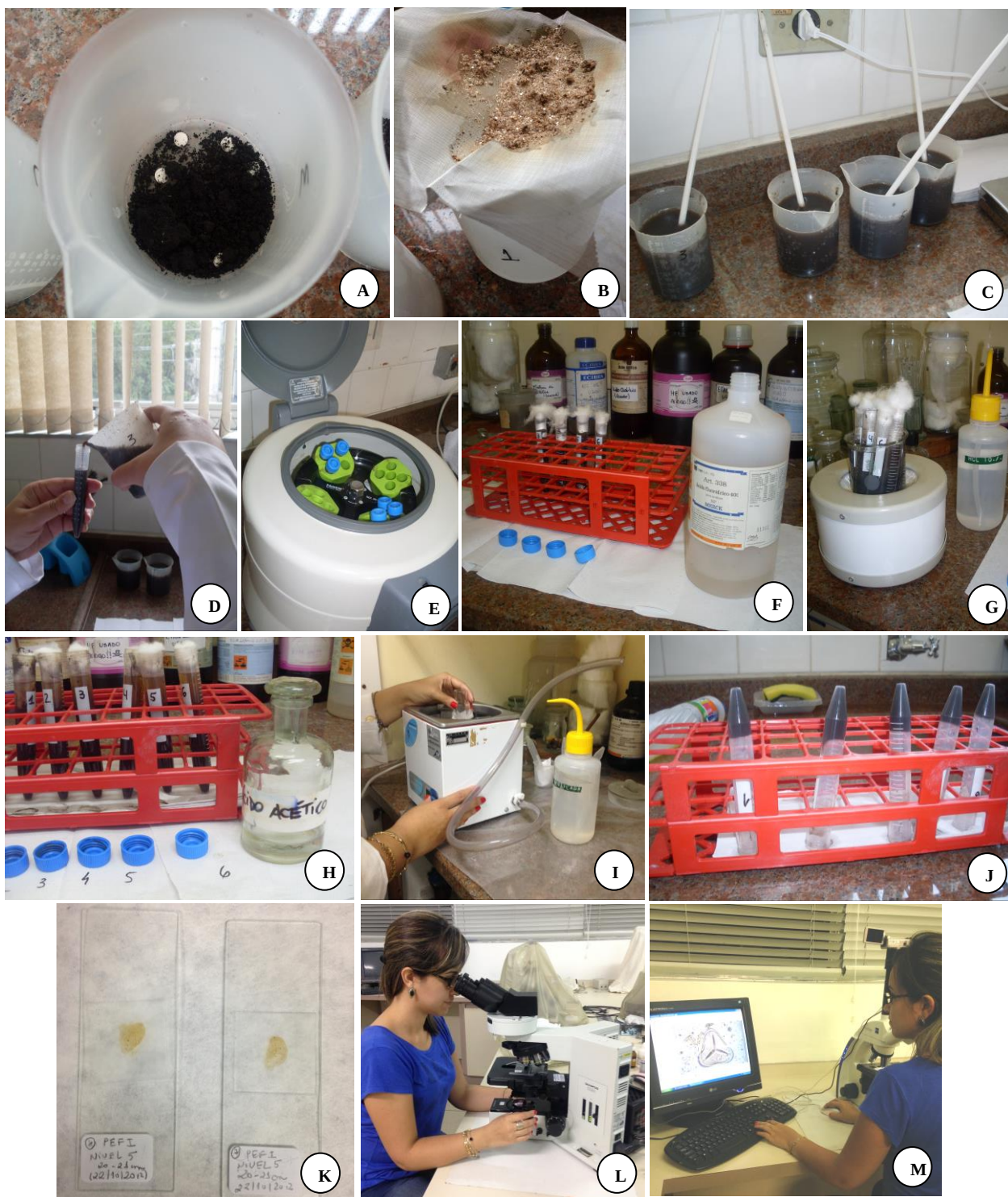


Figura 69. A-M. Etapas metodológicas para o tratamento físico-químico segundo Ybert *et al.* (1992) e procedimentos para análise do material de sedimento coletado. A. Pastilhas de *Lycopodium* sendo introduzidas nas amostras. B-E. Tamisação das amostras em peneira de malha de 250 μm . F. Ácido fluorídrico (HF) a 40% para dissolução de silicatos. G. Ácido clorídrico (HCl) a 10%. H. Preparação para o método de acetólise. I. Tamisação das amostras em ultrassom. J. Preparação para montagem das lâminas. K. Lâminas confeccionadas. L. Análise sob microscopia óptica. M. Análise sob fotomicroscopia.

7.1.3. ANÁLISES PALINOLÓGICAS QUALITATIVAS

7.1.3.1. IDENTIFICAÇÃO E FOTOMICROGRAFIAS DO MATERIAL

As identificações dos esporos foram realizadas em microscópio óptico Olympus BX 50 com objetivas de 20X, 40X e 100X (lente de imersão), sendo a última utilizada para a visualização dos detalhes da estrutura dos palinomorfos (figura 69L). A captura das imagens foi feita no programa Axion Vision para Windows (figura 69M).

Na determinação dos esporos procurou-se alcançar a categoria taxonômica mais inferior possível, em nível de gênero e espécie. No caso dos esporos não identificados, foram enquadrados na forma que apresentavam (monolet e trilete). Os palinomorfos pertencentes a uma mesma categoria taxonômica e apresentando tipos morfológicamente distintos não determinados foram agrupados pela família.

A denominação “Tipo” foi empregada sempre que não houve possibilidade de assegurar a determinação, conforme o usual em Palinologia de sedimentos (Berglund 1986). Em relação aos tipos esporos-polínicos é importante entender que em geral representam agrupamentos artificiais baseados nos caracteres morfológicos dos esporos ou grãos de pólen dentro de uma família ou entre famílias. O tipo esporo-polínico é designado pelo nome de um dos gêneros que nele se inclui, ou no caso de só haver uma espécie deste tipo, o nome desta. Espécies afins, variedades e subespécies dentro de uma espécie têm tipo polínico igual (Salgado-Labouriau 1973). Dessa maneira esse termo não está relacionado ao Código Internacional de Nomenclatura Botânica e sim estabelece uma proximidade do material fóssil encontrado a um determinado grupo taxonômico (Lorscheitter 1989).

7.1.4. ANÁLISES PALINOLÓGICAS QUANTITATIVAS

7.1.4.1. CONTAGEM DOS PALINOMORFOS

A contagem do material foi realizada simultaneamente à determinação de cada material. Para tanto se utilizou microscópio óptico 40X e 60X, contando-se em transecções verticais na lâmina. Em cada amostra foi contado o número mínimo de 300 esporos, observando-se o total de três lâminas de microscopia, para efeitos da soma do cálculo da soma de esporo-polínica. A soma esporo-polínica designa quais tipos de palinomorfos das amostras constarão no conjunto, cujo resultado será 100%. Mas nem sempre foi possível alcançar esse objetivo em decorrência das

características do solo que prejudicaram a preservação dos esporos em certas amostras, influenciando na sua representatividade.

Foi também contado um número mínimo de 100 esporos de *Lycopodium clavatum*, introduzidos nas amostras no início do processamento químico (Stockmar 1971), para efeitos dos cálculos de concentração.

7.1.4.2. CÁLCULOS DE PORCENTAGEM – ANÁLISE RELATIVA

O cálculo da porcentagem foi efetuado para cada perfil litológico amostrado; os esporos foram separados conforme os tipos identificados e de acordo com hábito destes, a partir do levantamento dos aspectos ecológicos (tabela 9) obtidos em literatura especializada (Davidse *et al.* 1995, Holttum 1949, 1967, Lorscheitter *et al.* 1998, 1999, 2001, 2002, 2005, Prado 1998, 1997, 2004a,b, c, Prado & Hirai 2010, 2011, Prado & Sylvestre 2010, Prado *et al.* 2010, Tryon & Lugardon 1990, Tryon & Tryon 1982).

O cálculo da porcentagem para cada perfil litológico foi elaborado pelo programa Tilia (Grimm 1987).

7.1.4.3. CÁLCULOS DE CONCENTRAÇÃO – ANÁLISE ABSOLUTA

O cálculo da concentração foi efetuado para cada perfil litológico amostrado tendo como base o número de *Lycopodium clavatum* contados introduzidos no início do processamento químico do material.

A concentração baseou-se no número de esporos por cm³ de sedimento fresco e foi elaborada pelo programa Tilia (Grimm 1987).

7.1.5. DIAGRAMAS PALINOLÓGICOS

Os resultados das análises estão representados sob a forma de diagramas de concentração e porcentagem, sendo utilizados para este fim, os softwares Tilia e Tilia Graph 1.7.16® (programas computacionais gráficos desenvolvidos para auxiliar a interpretação dos dados palinológicos) (Grimm 1987). Os diagramas são apresentados como o total de grãos de pólen e esporos, comparando-se os valores entre estes palinómorfs, assim como por cada tipo encontrado, vinculando-se os dados por hábito da planta (herbáceas, arborescentes, epífitas e hemiepífitas). Os diagramas apresentam a coluna litológica à esquerda, junto com os resultados existentes de datação

por radiocarbono, seguidos das curvas de cada tipo de palinomorfo considerado importante para a interpretação.

Nos diagramas de porcentagem, a ordenada representa a profundidade do nível analisado e a abscissa corresponde à frequência relativa de cada tipo polínico (Colinvaux 1993). As porcentagens para cada tipo polínico foram calculadas em função da Soma Esporo-Polínica Total, que incluiu todos os esporos e pólen, excluindo-se algas e briófitas, quando ocorriam no sedimento contados. Os diagramas de porcentagens fornecem informações sobre a frequência relativa dos hábitos das plantas ocorrentes nas áreas estabelecidas, permitindo uma visão geral das mudanças da vegetação, ressaltando as mudanças de um tipo de vegetação com relação a outro em um determinado intervalo de tempo. A desvantagem da utilização da frequência relativa é o efeito da super-representação e sub-representação dos palinomorfos, não permitindo avaliar cada tipo de palinomorfo independentemente.

Em contrapartida, os diagramas de concentração expressam o número de esporos e pólen por centímetro cúbico (cm³) de sedimento ou gramas. Para a construção do diagrama, foram contados os palinomorfos e o esporo marcador (*Lycopodium*) (Stockmar 1971), sendo então, estabelecida a concentração de cada palinomorfo a partir da seguinte equação (Colinvaux 1993):

$$[PF] = \frac{PFc}{EM} \times Emc$$

$$[EM] = \frac{EMc}{PFc} \times PF$$

[PF] = concentração do palinomorfo a calcular

[EM] = concentração de esporo *Lycopodium* marcador introduzido

PFc = número do palinomorfo contado

Emc = número de esporo *Lycopodium* marcador contado

Os diagramas de concentração indicam o valor absoluto de cada palinomorfo no solo, avaliando-se cada um independentemente, gerando maior precisão da informação sobre o aporte dos mesmos no solo.

Para analisar os vários processos que influenciam na relação entre vegetação e assembléia palinológica do solo, incluindo, dispersão, deposição e preservação dos esporos foi adotado o Método Análogo, ou seja, a comparação entre os espectros palinológicos do sedimento coletado com aqueles de comunidades vegetacionais atuais (Jackson 1994).

7.1.6. ANÁLISE GEOCRONOLÓGICA DAS AMOSTRAS

Amostras de solo dos níveis correspondentes ao topo (0-1 cm) e base (24-25 cm) do perfil dos quatros pontos de estudo foram coletadas para análise geocronológica (datação) através do método de Espectrometria de Massas com Aceleradores – EMA (*Accelerator Mass Spectrometry Method* – AMS).

Aproximadamente 100 gramas de solo cada nível (topo e base) foram coletados com pá de alumínio e armazenados em papel alumínio, sendo mantidos em geladeira até a análise (figura 70). No ponto 4 foi coletado ainda amostras do nível 15-16 cm (intermediário) a fim de auxiliar na interpretação das idades obtidas do topo e base, que indicavam a possível inversão das camadas do solo na área.

A análise foi realizada pela empresa *Beta Analytical* (Miami, EUA), onde os resultados foram corrigidos para o fracionamento isotópico natural (-25‰) e apresentados em idade convencional não calibrada e calibrada pelo método não-marinho (Stuiver *et al.* 2005) e, anos antes do presente (AP). A figura 71 mostra o material utilizado para análise após tratamento prévio pela empresa.

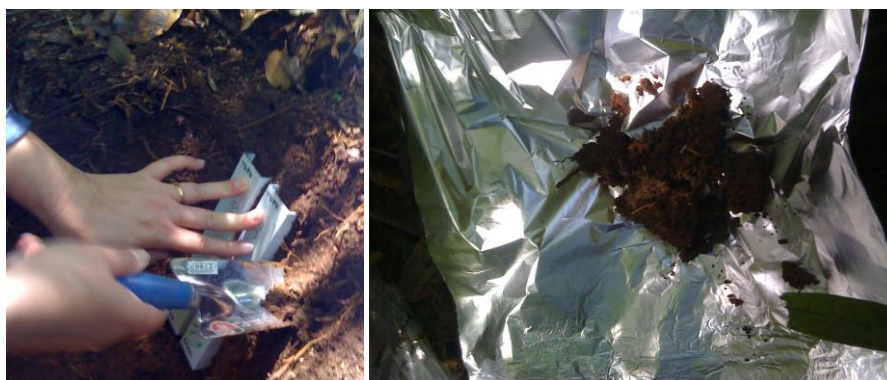


Figura 70. Coleta do solo dos quatro pontos de estudo do PEFI para análise geocronológica.

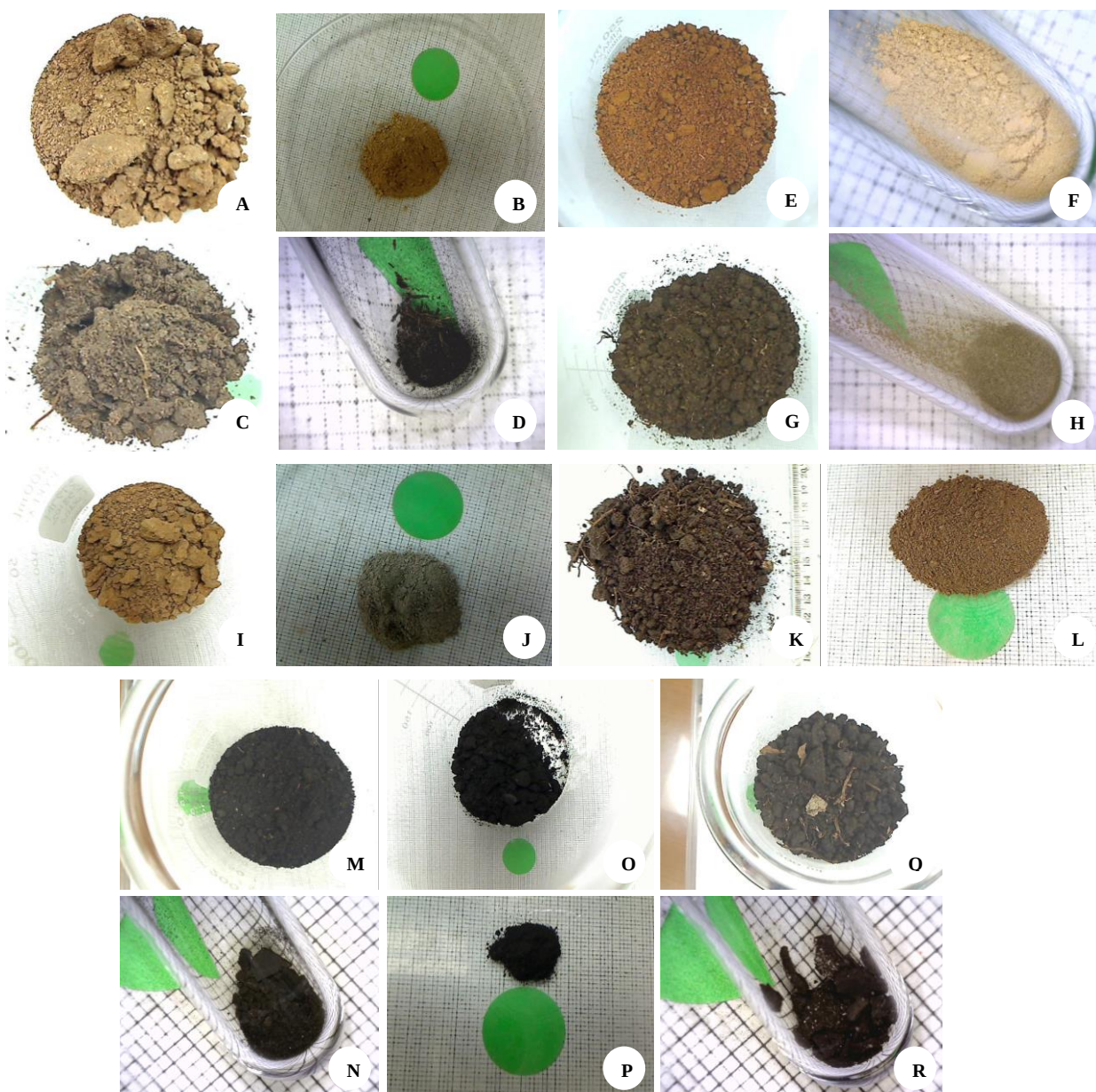


Figura 71. A-R. Processamento das amostras de solo para análise geocronológica através do método de Espectrometria de Massas com Acelaradores – EMA (*Accelerator Mass Spectrometry Method* – AMS). A-D. Amostras do ponto 1. A-B. Base; C-D. Topo. E-H. Amostras do ponto 2. E-F. Base; G-H. Topo; I-L. Amostras do ponto 3. I-J. Base; K-L. Topo. M-R. Amostras do ponto 4. M-N. Base; O-P. Nível intermediário (15-16 cm); Q-R. Topo. Fonte: Beta Analytic.

7.2. RESULTADOS

Os perfis de solo coletados para análise da deposição temporal dos esporos dos pontos 1 a 3 se enquadram na classificação de latossolo vermelho a amarelo, apresentando pouca quantidade de matéria orgânica fragmentada. De acordo com IBGE (2005) estes tipos de solos são homogêneos ao longo do perfil, bastante intemperizados e possuem baixa fertilidade natural, embora sejam profundos e de boa drenagem. Os primeiros horizontes destes três perfis são ricos em argila e areia, representando extensões de argissolos típicos de colorações acinzentadas a avermelhadas. Já no ponto 4 o perfil de solo é característico da classe dos organossolos, pois apresenta coloração escura, com altos índices de matéria orgânica (elevados teores de carbono orgânico) semelhante a solos de turfeiras.

A presença de latossolos indica a existência de processos oxidativos na área, o que acarreta em baixas condições de preservação de palinomorfos, visto que a esporopolenina, substância química constituinte da esporoderme dos esporos e parede do pólen que confere resistência, é degradada na presença de oxigênio. Entretanto, solos típicos de organossolos são excelentes para a conservação dos palinomorfos já que não apresentam processos de oxidação evidente.

Os esporos de samambaias e licófitas e grãos de pólen estiveram presentes em todos os perfis de solo coletados (figura 72, anexo J). Foram identificados 27 tipos de esporos no total, com os tipos *Blechnum*, *Cyathea*, *Microgramma* e *Serpocaulon* presente nos quatro perfis, porém com frequências variadas em relação aos níveis amostrados. Os tipos identificados como *Lastreopsis*, *Megalastrum* e *Pteridium* foram somente registrados para o ponto 1; os tipos *Adiantum*, *Polybotrya*, *Trichomanes* e *Vittaria* estão presentes somente nas amostras do ponto 2; o tipo *Tectaria* esteve presente nos níveis estratigráficos do perfil do ponto 3; e os tipos *Anemia*, *Dicksonia* e *Lindsaea* foram registrados no ponto 4 (figuras 73-74)

Os tipos de esporos identificados foram agrupados em assembleias de acordo com o hábito das espécies (tabela 9) considerando os trabalhos de Davidse *et al.* (1995), Holtum (1949, 1967), Lorscheitter *et al.* (1998, 1999, 2001, 2002, 2005), Prado (1998, 1997, 2004a, b, c), Prado & Hirai (2010, 2011), Prado & Sylvestre (2010), Prado *et al.* (2010), Tryon & Lugardon (1990), Tryon & Tryon (1982). Foram registrados os seguintes hábitos ecológicos: Arborescentes, Hemiepifitos, Epifitos e Herbáceos. Os esporos que não foram identificados em nenhum nível taxômico foram enquadrados como Esporos Não Identificados (Esporos NI) e variaram entre a forma trilete e monolete. Os grãos de pólen não foram considerados na interpretação dos diagramas, com exceção de *Podocarpus* registrado nos quatro pontos de estudo e em todos os níveis estratigráficos analisados. No ponto 4 grãos de pólen do tipo *Drymis* também foram registrados, com maior frequência e concentração na base do perfil (24-25 cm).

Os resultados das análises geocronológicas (datação) das amostras do topo e base dos quatro perfis e do nível intermediário (15-16 cm) do ponto 4, realizadas pelo método de Espectrometria de Massas com Aceleradores – EMA (*Accelerator Mass Spectrometry Method* – AMS) são mostrados na tabela 10.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos conforme cada ponto de estudo, considerando os níveis estratigráficos correspondentes a: 0-1(topo), 5-6, 10-11, 15-16, 20-21e 24-25 (base) cm de profundidade.

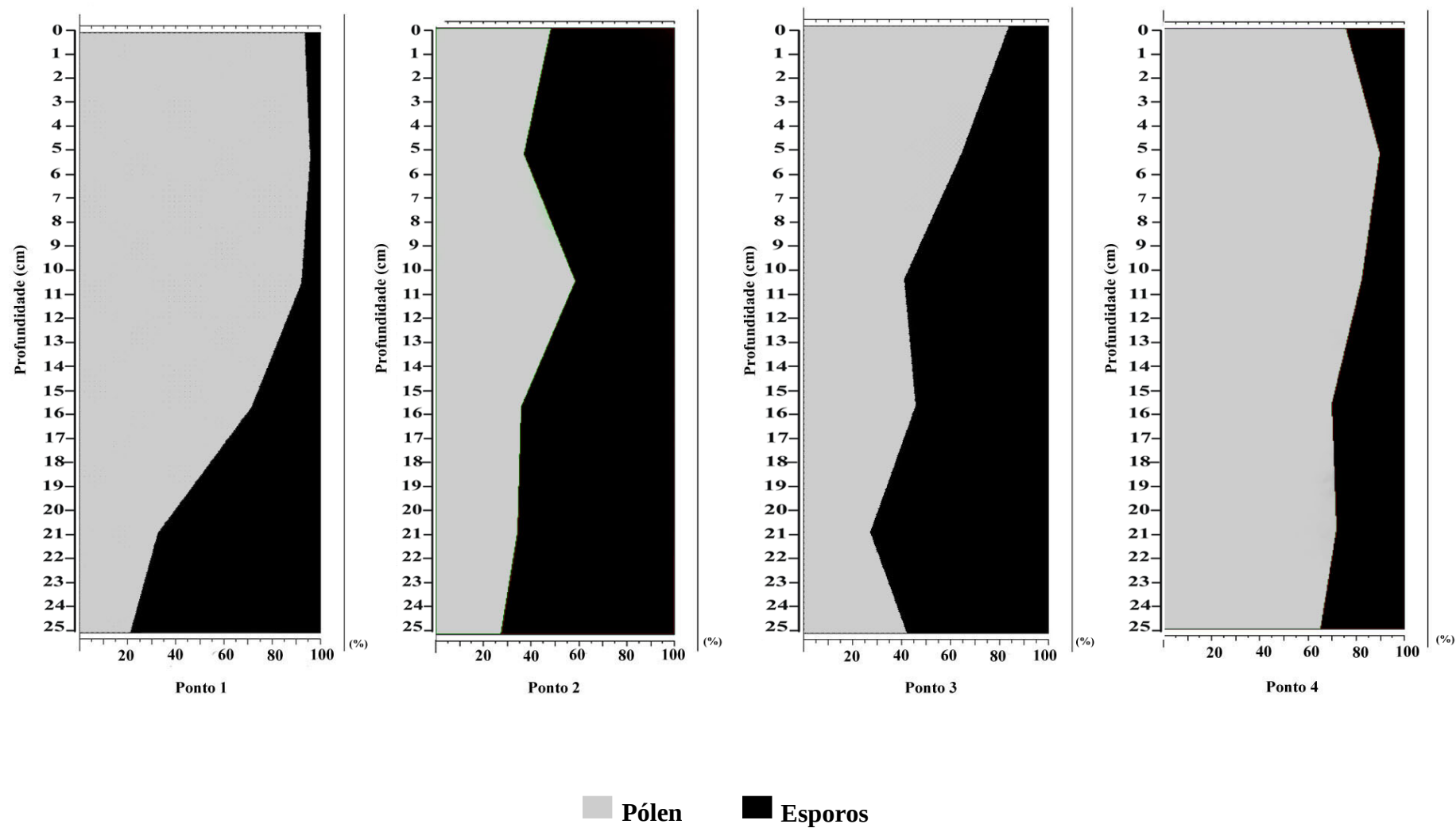


Figura 72. Diagrama dos palinomorfos encontrados nos pontos de estudo amostrados para o a área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Soma esporo-polinica.

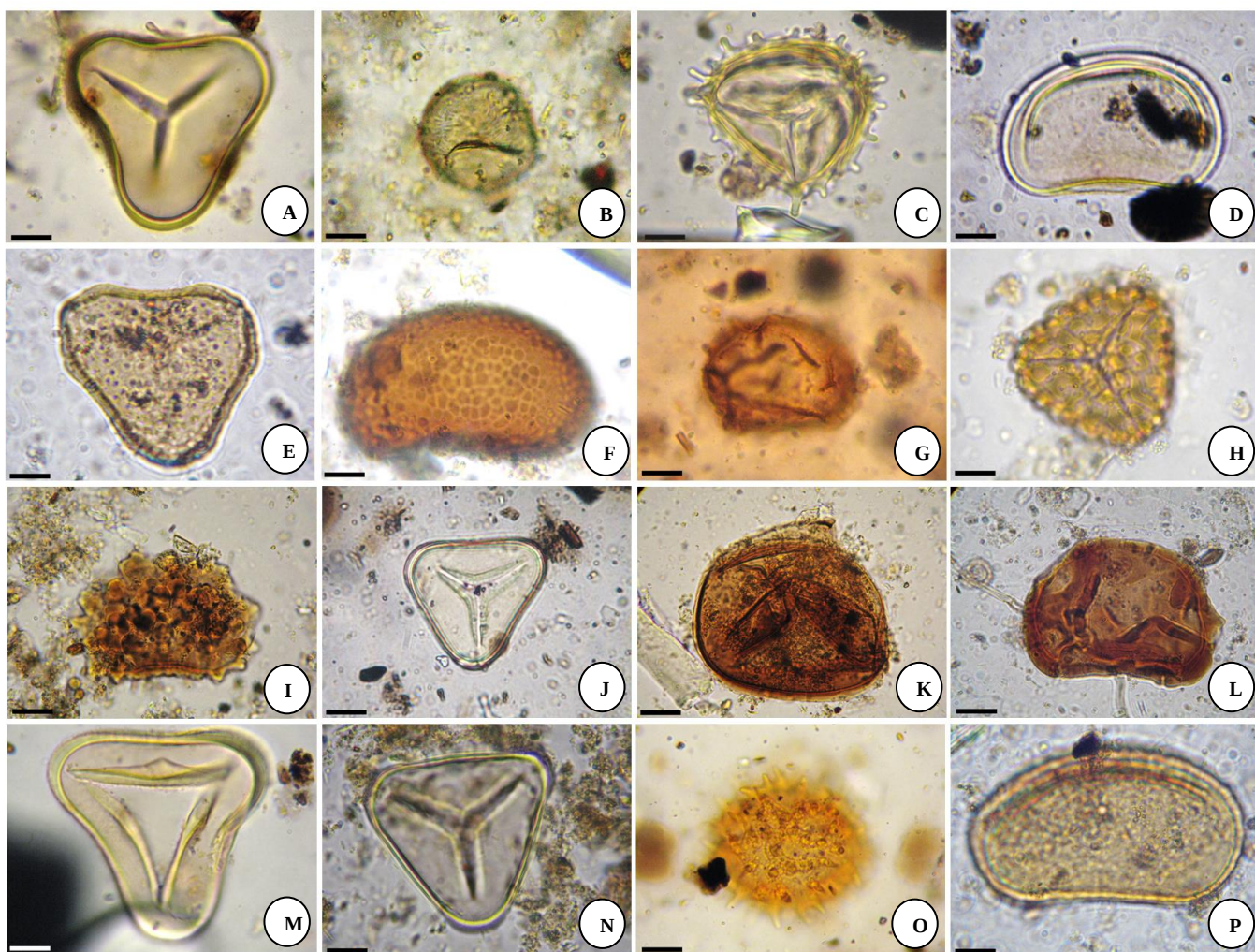


Figura 73 A-P. Tipos de esporos de samambaias e licófitas registradas nos quatro perfis de solos analisados para a área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. Tipo *Adiantum*. B. Tipo *Alsophila*. C. Tipo *Anemia*. D. Tipo *Blechnum*. E. Tipo *Botrychium*. F. Tipo *Campyloneurum*. G. Tipo *Ctenitis*. H. Tipo *Cyathea*. I. Tipo *Deparia*. J. Tipo *Dicksonia*. K. *Elaphoglossum*. L. Tipo *Lastreopsis*. M. Tipo *Lindsaea*. N. Tipo *Lygodium*. O. Tipo *Megalastrum*. P. Tipo *Microgramma*. Barra de escalas = 10 μm .

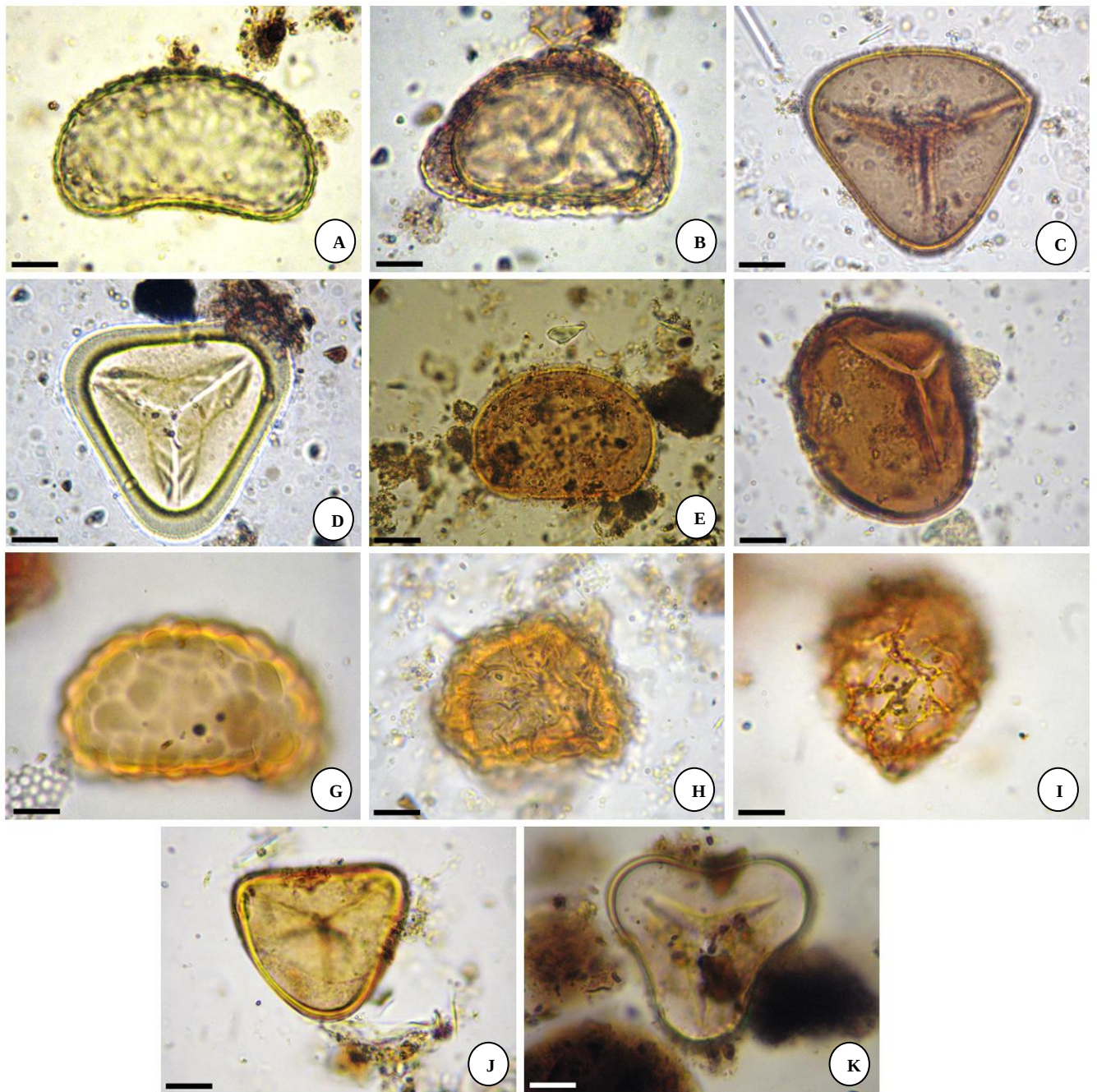


Figura 74 A-K. Tipos de esporos de samambaias e licófitas registradas nos quatro perfis de solos analisados para a área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A. P. Tipo *Pleopeltis*. B. Tipo *Polybotrya*. C. Tipo *Pteridium*. D. Tipo *Pteris*. E. Tipo *Salpichlaena*. F. Tipo *Selaginella*. G. Tipo *Serpocaulon*. H. Tipo *Tectaria*. I. Tipo *Thelypteris*. J. Tipo *Trichomanes*. K. Tipo *Vittaria*. Barra de escalas = 10 μm .

Tabela 9. Hábito e preferências ambientais dos tipos de esporos de samambaias e licófitas identificados nas análises de deposição temporal nos quatro pontos de estudo no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPO DE ESPORO/GÊNERO	HÁBITO	ASPECTOS ECOLÓGICOS RELEVANTES
<i>Adiantum</i> (Pteridaceae)	Herbáceo	Ocorre no sub-bosque de florestas densas, em áreas associadas a presença de corpos hídricos, e em geral sobre solos ricos em nutrientes.
<i>Alsophila</i> (Cyatheaceae)	Arborescente	Florestas úmidas ou nebulares, no interior da mata, em locais úmidos.
<i>Anemia</i> (Anemiaceae)	Herbáceo	Ocorre em barrancos próximos as áreas com vegetação bastante alterada.
<i>Ctenitis</i> (Dryopteridaceae)	Herbáceo	Distribuídas nos trópicos; ocorrendo em regiões de baixa a média altitude; típica de sub-bosque de florestas densas, em locais úmidos, sobre solos ricos.
<i>Cyathea</i> (Cyatheaceae)	Arborescente	Típica de florestas tropicais de montanha, florestas úmidas ou nebulares, ocorrendo em locais com solo naturalmente encharcados.
<i>Deparia</i> (Athyriaceae)	Herbáceo	No Brasil corre como subespontânea.
<i>Dicksonia</i> (Dicksoniaceae)	Arborescente	Ocorre em matas úmidas de floresta montana e nebulares na América tropical, ao pé de encostas ou ao longo de córregos.
<i>Elaphoglossum</i> (Dryopteridaceae)	Epífitico	Ampla distribuição, porém bastante susceptíveis à poluição atmosférica. Típica de ambientes úmidos e matas nebulares.
<i>Lastreopsis</i> (Dryopteridaceae)	Herbáceo	Pantropical, encontrada em florestas tropicais e temperadas.
<i>Lindsaea</i> (Dennstaedtiaceae)	Herbáceo	Endêmica da mata atlântica, ocorrendo no interior, margem da mata, em locais sombreados e protegidos, e mais raramente em barrancos.

Continuação Tabela 9. Hábito e preferências ambientais dos tipos de esporos de samambaias e licófitas identificados nas análises de deposição temporal nos quatro pontos de estudo no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPO DE ESPORO/GÊNERO	HÁBITO	ASPECTOS ECOLÓGICOS RELEVANTES
<i>Lygodium</i> (Lygodiaceae)	Hemiepífito	Tipico de florestas abertas, ocorrendo ao longo das bordas das matas, em áreas de alta intensidade solar.
<i>Megalastrum</i> (Dryopteridaceae)	Herbáceo	Espécie bastante comum da costa do Brasil, ocorrendo em toda extensão da Mata Atlântica.
<i>Microgramma</i> (Polypodiaceae)	Epífito	Ocorre em locais sombreados e abertos, desde florestas de baixas altitudes até florestas nebulares.
<i>Pleopeltis</i> (Polypodiaceae)	Epífito	Tipica de matas nebulares de montanha e em florestas semidecíduas.
<i>Polybotrya</i> (Dryopteridaceae)	Hemiepífito	Planta bastante comum, encontrada em margens de trilha; endêmica da faixa leste do Brasil.
<i>Pteridium</i> (Dennstaedtiaceae)	Herbáceo	Heliófitas, mesófitas. Espécie invasora e dominante em vegetações alteradas, crescendo facilmente em locais abertos e onde a mata original foi cortada. Forma densas populações.
<i>Pteris</i> (Pteridaceae)	Herbáceo	Tipica de ambientes tropicais, ocorrendo em florestas úmidas, na borda de clareiras e capoeiras, em florestas nebulares ou de galerias, ocasionalmente sobre rochedos.

Continuação Tabela 9. Hábito e preferências ambientais dos tipos de esporos de samambaias e licófitas identificados nas análises de deposição temporal nos quatro pontos de estudo no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPO DE ESPORO/GÊNERO	HÁBITO	ASPECTOS ECOLÓGICOS RELEVANTES
<i>Salpichlaena</i> (Blechnaceae)	Herbáceo	Ocorre no sub-bosque de florestas densas, nas margens de cursos d'água, em áreas abertas, como clareiras, barrancos, onde há muita entrada de luz.
<i>Selaginella</i> (Selaginellaceae)	Herbáceo, Terrícola	Ocorre em ambientes úmidos das florestas tropicais e de matas secundárias, em processo de reneração.
<i>Serpocaulon</i> (Polypodiaceae)	Epífito	Heliófitas até ciófitas, higrófitas. Ocorre em matas úmidas.
<i>Tectaria</i> (Tectariaceae)	Herbáceo	Tipica de florestas úmidas a montanas, mas é comum ocorrer em locais perturbados e bordas de mata.
<i>Thelypteris</i> (Thelypteridaceae)	Herbáceo	Crescem em locais úmidos, em florestas de altitude e montana, matas de galeria e florestas secundárias; apresenta uma grande amplitude de habitat.
<i>Trichomanes</i> (Hymenophyllaceae)	Herbáceo, raramente Epífito.	Bastante comum em áreas de Mata Atlântica, em áreas de matas nebulares, florestas montanas, matas de galerias
<i>Vittaria</i> (Pteridaceae)	Epífito	Tipica de florestas úmidas, ocorrendo na floresta tropical, montana e no interior da mata.

Tabela 10. Resultados das análises geocronológicas (datas de radiocarbono) de sedimentos das amostras do topo e base dos quatro perfis e do nível intermediário (15-16 cm) do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

ICR = Idade Convencional Radiocarbono; IC = Idade Calibrada; PRO = Profundidade das amostras; M = Tipo de material (solo) amostrado; A.P.= antes do presente; pmC = porcentagem de carbono moderno (unidade de medida que compara o teor de carbono-14 na amostra com teor de carbono-14 da atmosfera, considerando 100%)

PONTOS	ICR	IC	PRO	M
Ponto 1	310 ± 30 A.P.	330 ± 30 A.P.	24-25 cm	Sedimento orgânico
	116.0 ± 0.4 pmC	114.7 ± 0.4 pmC	0-1 cm	Sedimento orgânico
Ponto 2	460 ± 30 A.P.	450 ± 30 A.P.	24-25 cm	Sedimento orgânico
	101.3 ± 0.3 pmC	101.8 ± 0.3 pmC	0-1 cm	Sedimento orgânico
Ponto 3	130 ± 30 A.P.	150 ± 30 A.P.	24-25 cm	Sedimento orgânico
	106.2 ± 0.3 pmC	105.5 ± 0.3 pmC	0-1 cm	Sedimento orgânico
Ponto 4	11.550 ± 50 A.P.	11.650 ± 50 A.P.	24-25 cm	Sedimento orgânico
	11.900 ± 40 A.P.	11.770 ± 40 A.P.	15-16 cm	Sedimento orgânico
	2.900 ± 30 A.P.	2.950 ± 30 A.P.	0-1 cm	Sedimento orgânico

- PONTO 1

No ponto 1 o solo é arenoso e apresenta coloração marrom escuro a avermelhada com pequena quantidade de matéria orgânica fragmentada. Nos primeiros níveis estratigráficos observou-se solo argiloso rico em areia com poucas raízes, enquanto que no nível do topo, o solo não apresentou restos vegetais.

Foram identificados 13 tipos de esporos com maior riqueza na base do perfil (figuras 73 e 74). A maior frequência de esporos foi de monoletes e não identificados em nível de família ou gênero, devido ao estado de preservação da esporoderme que impossibilitou o reconhecimento dos palinomorfs (figura 75). Destacaram-se em todos os níveis estratigráficos os esporos dos tipos *Blechnum* (figura 73D) e *Serpocaulon* (figura 74E).

A relação entre grãos de pólen *versus* esporos (soma esporo-polinica) encontrados em todos os níveis estratigráficos demonstra que os grãos de pólen predominam sobre os esporos, ocorrendo maior frequência de esporos na base do perfil (figuras 72, 76; anexos J, F).

Na base do perfil, nível 24-25 cm, a concentração de esporos atingiu 8.129,0 esporos/cm³ (figura 76, anexos J, K) e foram identificados seis tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Dryopteridaceae (*Megalastrum* Holtum) (figura 73N); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73P, 74G); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C). No nível predomina o tipo *Serpocaulon* com 3.677,0 esporos/cm³, seguido de *Blechnum*, com 2.806,0 esporos/cm³ (anexo K). O tipo *Megalastrum* só aparece neste nível, com concentração de 387 esporos/cm³ (anexo K). Os grãos de pólen predominam em relação aos esporos, apresentando concentração de 2.903,0 grãos de pólen/cm³ (anexo J). As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é constituída principalmente por epífitas e herbáceas, com pouca representatividade de arborescentes.

No nível 20-21 cm a concentração foi de 7.171,0 esporos/cm³ (figura 71, anexos J, K) e foram identificados oito tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Dryopteridaceae (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.); um de Polypodiaceae J. Presl (*Serpocaulon* A.R. Sm.) (figura 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Adiantum* L. e *Pteris* L.) (figuras 73A e 74C); um de Tectariaceae Panigrahi (*Tectaria* Cav.) (figura 74F); um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 73I).

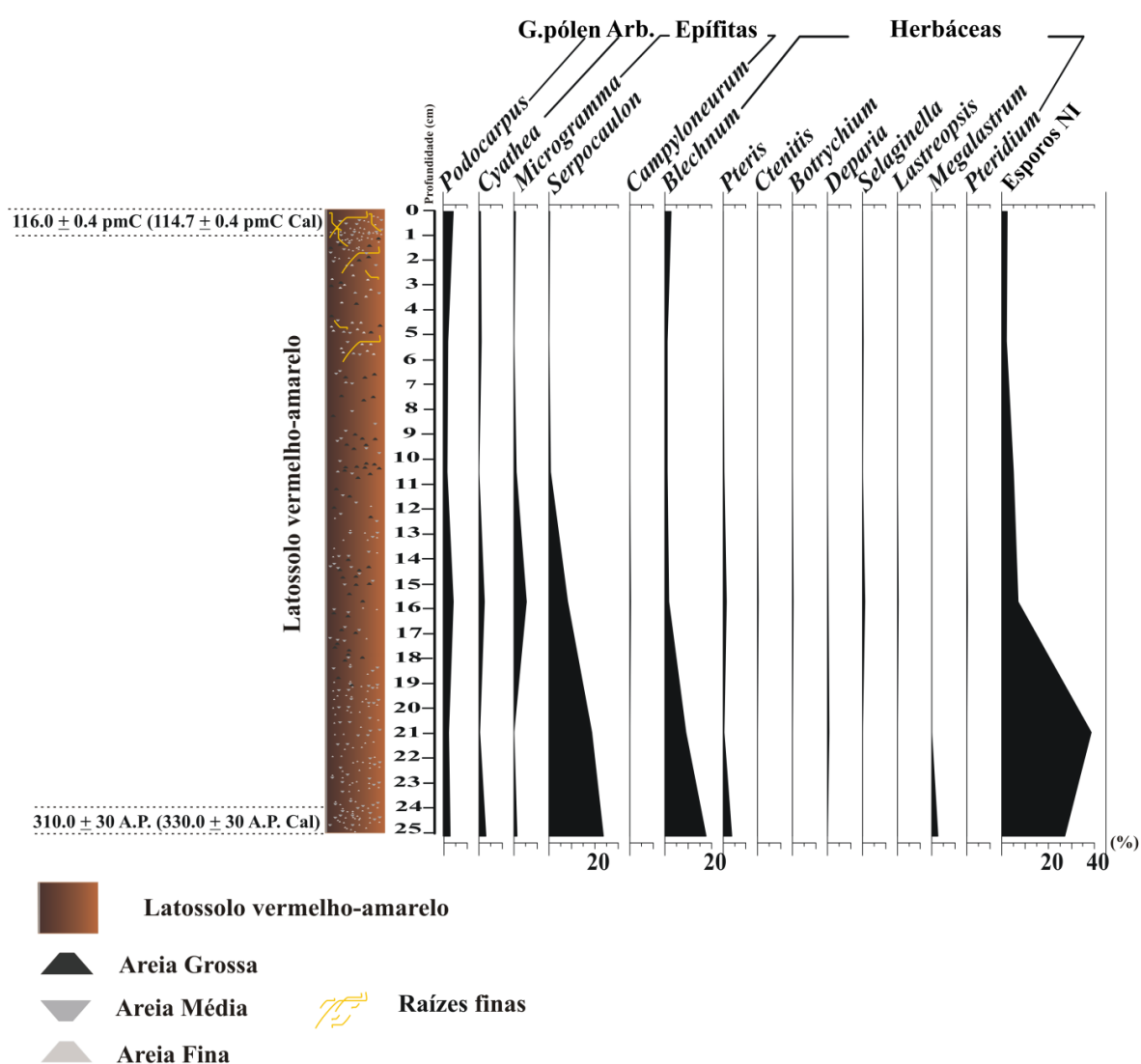


Figura 75. Diagrama de porcentagem dos esporos presentes no perfil do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). G. pólen = Grãos de pólen; Arb. = Arborescentes; Esporos NI = Esporos não identificados.

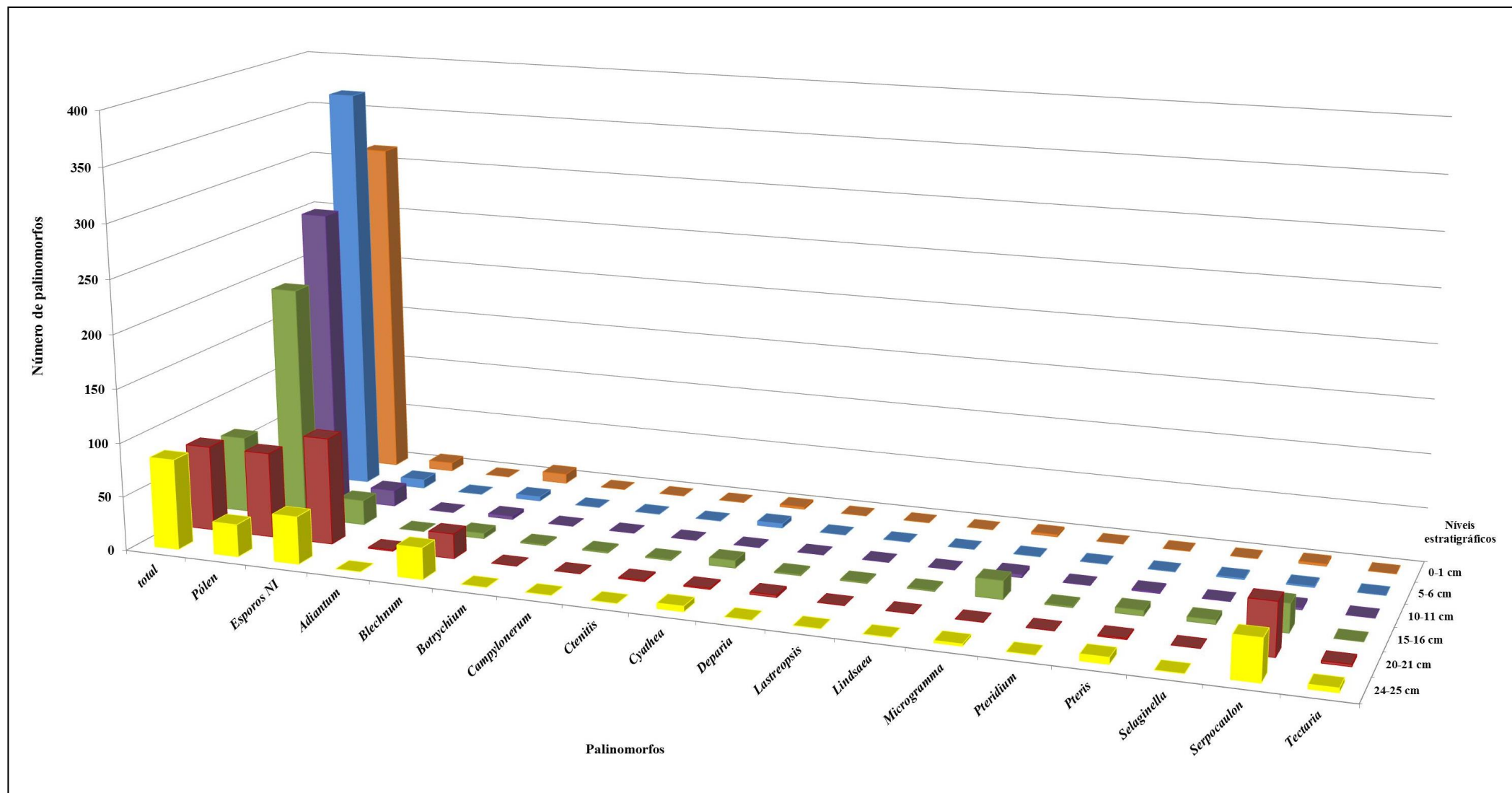


Figura 76. Contagem absoluta de palinomorfos por nível estratigráfico do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

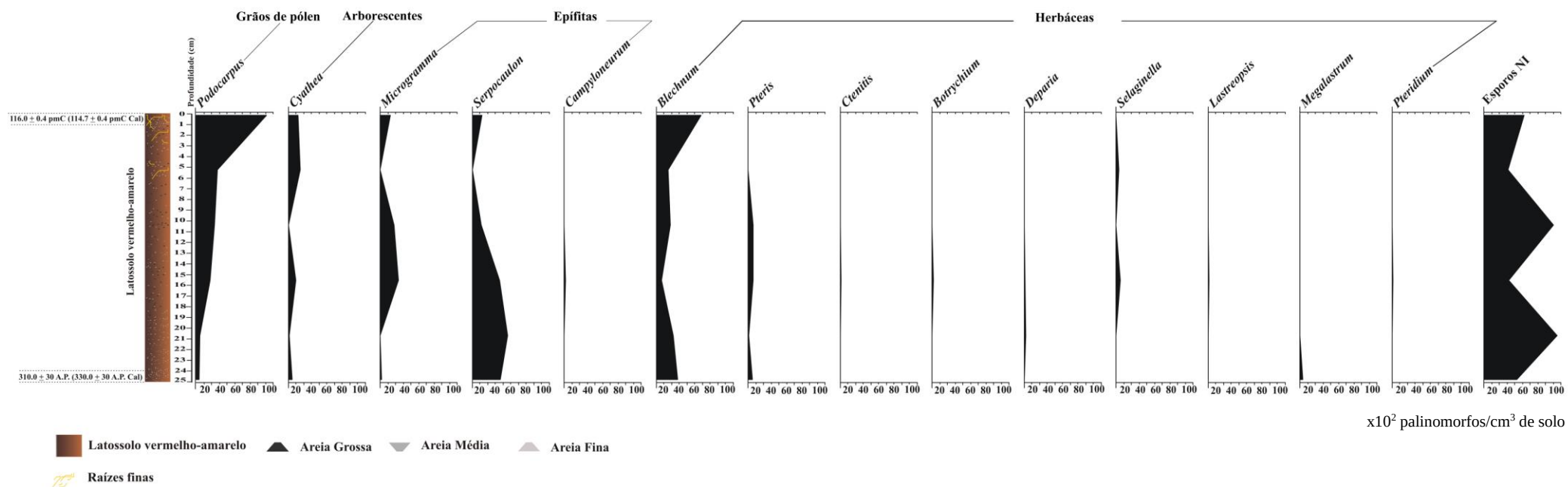


Figura 77. Diagrama de concentração dos esporos presentes no perfil do ponto 1 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

Nesse nível ocorre o aparecimento dos tipos *Adiantum*, *Ctenitis*, *Deparia* e *Pteris*, enquanto que *Microgramma* desaparece do registro. Os tipos *Blechnum* e *Serpocaulon* permanecem com as maiores frequências e concentrações, 2.199,0 e 4.589,0 esporos/cm³ (figura 77, anexos F, K), indicando que durante o período não houve grandes alterações na paisagem e na composição de espécies ou espécimes. As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação contínua ainda sendo composta por epífitas e herbáceas, conforme nível anterior, porém com o aumento da concentração de esporos não identificados e decréscimo de arborescentes (figura 77).

No nível 15-16 cm a concentração foi de 9.631,0 esporos/cm³ (figura 77, anexos J, K) e foram identificados 13 tipos de esporos: um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um de Ophioglossaceae Mart. (*Botrychium* Sw.) (figura 73E); e um de Dennstaedtiaceae Lotsy (*Pteridium* Gled. ex Scop.) (figura 73B); três de Polypodiaceae J. Presl (*Campyloneurum* C. Presl, *Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73F, 73O, 74E); dois de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Lindsaea* L. e *Pteris* L.) (figuras 73L e 74C); dois de Dryopteridaceae (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr. (figura 73G) e *Lastreopsis* Ching) (figura 73K); um de Sellaginellaceae Willk. (*Sellaginella* P. Beauv.) (figura 74D); um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 73I). No nível observa-se a maior diversidade e riqueza de tipos de esporos, com o aparecimento de *Botrychium*, espécie que não pertence a flora de samambaias e licófitas do PEFI (Prado 1998, 2004a), *Campyloneurum*, *Lastreopsis*, *Lindsaea*, *Pteridium* e *Selaginella*. Os tipos *Campyloneurum*, *Lastreopsis* e *Pteridium* só aparecem neste nível, todos apresentando a mesma concentração: 138 esporos/cm³ (figura 77, anexo K). Os percentuais e as concentrações dos tipos *Blechnum* (688 esporos/cm³) e *Serpocaulon* (3.576 esporos/cm³) decaíram no nível (figura 77, anexo K). O tipo *Microgramma*, que aparecia somente no nível 24-25 cm, novamente volta a ser registrado no perfil, apresentando a maior concentração entre todos os outros níveis, 2.338 esporos/cm³ (figura 77, anexo K). O tipo *Selaginella* com concentração de 550 esporos/cm³ (figura 77, anexo K), foi registrado apenas neste nível. O tipo *Cyathea* apresenta aumento na concentração, em relação ao nível anterior, 963 esporos/cm³ (figura 77, anexo K). As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é composta, principalmente, por arborescentes e epífitas, com diminuição de esporos não identificados (figura 77).

No nível 10-11 cm a concentração atingiu 5.427,0 esporos/cm³ (figura 77, anexos J, K) e foram identificados apenas quatro tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73O e 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C). No nível as concentrações de todos os tipos de esporos observados em relação ao nível anterior diminuem, enquanto que os percentuais de grãos de pólen aumentam. Os tipos *Microgramma* e *Blechnum*,

ambos com concentração de 1.809 esporos/cm³ (figura 76, anexo K), são os que predominam entre o registro. Os tipos *Campylonerum*, *Ctenitis*, *Botrychium*, *Deparia*, *Lastreopsis* e *Pteridium* começam a desaparecer do registro a partir desse nível. As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é composta principalmente por herbáceas. Observa-se descréscimo de espécies epífitas e arborescentes, e o aumento considerável na concentração de esporos não identificados (figura 77).

No nível 5-6 cm a concentração de esporos/cm³ atingiu seu menor valor 3.528,0 esporos/cm³ (figura 77, anexos J, K). Foram identificados três tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H) e um de Selaginellaceae Choisy (*Selaginella* P. Beauv.) (figura 74D). Os tipos *Cyathea* e *Blechnum* apresentaram a mesma concentração, 1.568 esporos/cm³ (figura 77); o tipo *Selaginella* apresentou a concentração de 392 esporos/cm³ (figura 77, anexo K). A baixa diversidade e riqueza de tipos de esporos e a presença de grãos de pólen predominando em relação à concentração e contagem absoluta de palinomorfos, demonstra que a área estava sendo colonizada por angiospermas neste nível. As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é composta principalmente por herbáceas, entretanto, verifica-se o aumento nas concentrações das assembleias de arborescentes e descréscimo significativo de epífitas de esporos não identificados (figura 77).

No topo do perfil, correspondente ao nível 0-1 cm foi registrada a maior concentração, 9.797,0 esporos/cm³ (figura 77, anexos J, K). Foram identificados quatro tipos de esporos: um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73O, 74E). Os tipos *Cyathea*, *Microgramma* e *Serpocaulon* apresentam a mesma concentração, 1.306 esporos/cm³ (figura 77, anexo K); enquanto que a de *Blechnum* foi de 5.879,0 esporos/cm³ (figura 77, anexo K). No nível a concentração dos tipos polínicos atingiu seu maior valor em relação aos demais níveis, 205.767,0 grãos de pólen/cm³ (figura 77, anexo J). O valor, associado com a característica da vegetação atual, rica em indivíduos de Myrtaceae e *Alchornea*, demonstra que esta ocorrendo maior dispersão dos grãos de pólen do que de esporos. As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é composta principalmente por herbáceas, porém há o estabelecimento novamente de epífitas, com a estabilização da concentração de arborescentes (figura 77).

- PONTO 2

No ponto 2 o solo é argiloso e de coloração marrom-avermelhada indicando algum processo oxidativo. Foram identificados 14 tipos de esporos (figuras 73 e 74), com maior frequência do tipo *Cyathea* seguido de esporos não identificados em nenhum nível taxonômico (figura 78).

A relação entre grãos de pólen *versus* esporos (soma esporo-polinica) encontrados em todos os níveis estratigráficos (0-1, 5-6, 10-11, 15-16, 20-21 e 24-25 cm de profundidade) demonstra que tanto pólen quanto esporos estão presentes em todos os níveis em porcentagens e concentrações variadas (anexo J), com exceção do nível 10-11, em que ocorre predomínio dos esporos (figuras 72 e 79).

Na base do perfil, correspondente ao nível 24-25 cm, a concentração de esporos atingiu 214.259,2 esporos/cm³ (figura 80, anexos J, L) e foram identificados oito tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Dryopteridaceae Herter (*Polybotrya* Humb. & Bonpl. ex Willd.) (figura 74A); um de Lygodiaceae M. Roem. (*Lygodium* Sw.) (figura 73M); um de Ophioglossaceae Mart. (*Botrychium* Sw.) (figura 73E); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figura 73P, 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Adiantum* L.) (figura 73A). Neste nível predomina *Cyathea* com 126.291,0 esporos/cm³, esporos não identificados com 36.580,8 esporos/cm³, *Serpocaulon* com 21.774,3 esporos/cm³, *Adiantum* com 8.709,7 esporos/cm³, *Polybotrya* com 4.354,9 esporos/cm³, *Blechnum* com 4.354,9 esporos/cm³ e *Lygodium* com 2.612,9 esporos/cm³ (figura 77, anexo L). As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é composta principalmente por herbáceas, entretanto, verifica-se o aumento das concentrações das assembleias de arborescentes e decréscimo significativo de epífitas de esporos não identificados (figura 80).

No nível 20-21 cm a concentração de esporos alcançou 58.006,8 esporos/cm³ (figura 80, anexos J, L) e foram identificados oito tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Dryopteridaceae Herter (*Polybotrya* Humb. & Bonpl. ex Willd.) (figura 74A); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73P e 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Adiantum* L.) (figura 73A); um de Lygodiaceae M. Roem. (*Lygodium* Sw.) (figura 73M); e um de Thelypteridaceae Ching ex Pic. Serm. (*Macrothelypteris* (H. Itô) Ching).

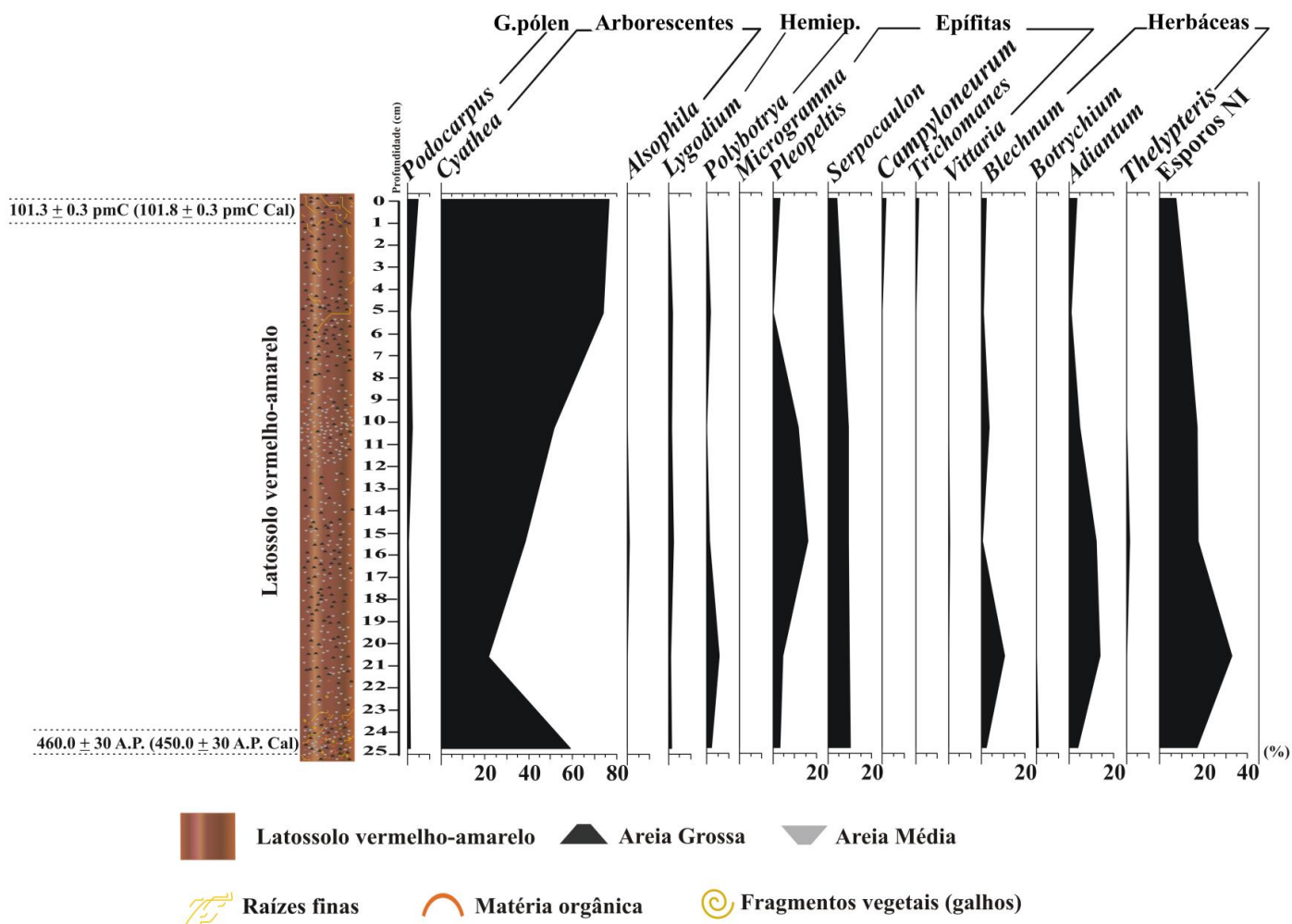


Figura 78. Diagrama de porcentagem dos esporos presentes no perfil do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). G. pólen = Grãos de pólen; Esporos NI = Esporos não identificados.

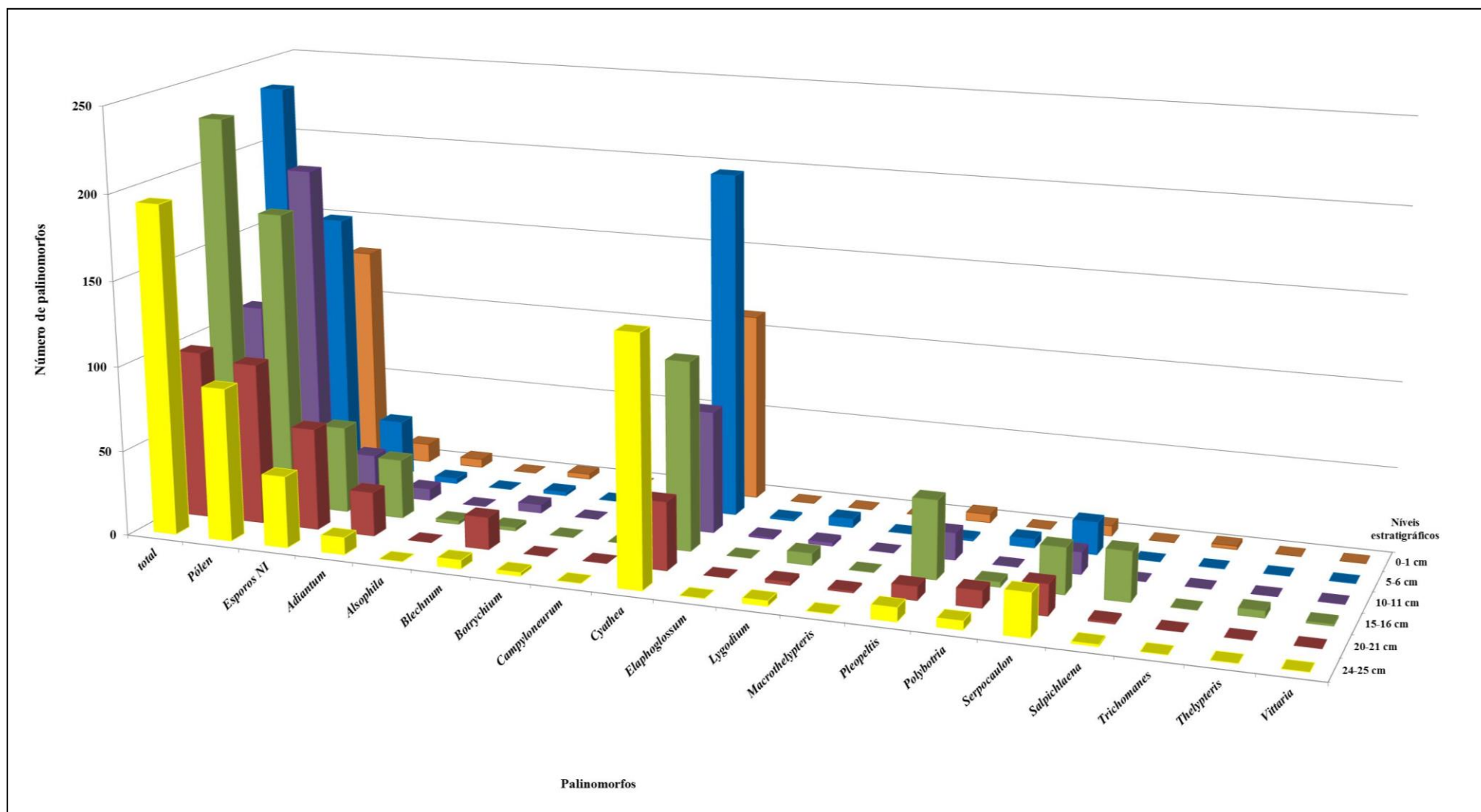


Figura 79. Contagem absoluta de palinomorfos por nível estratigráfico do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

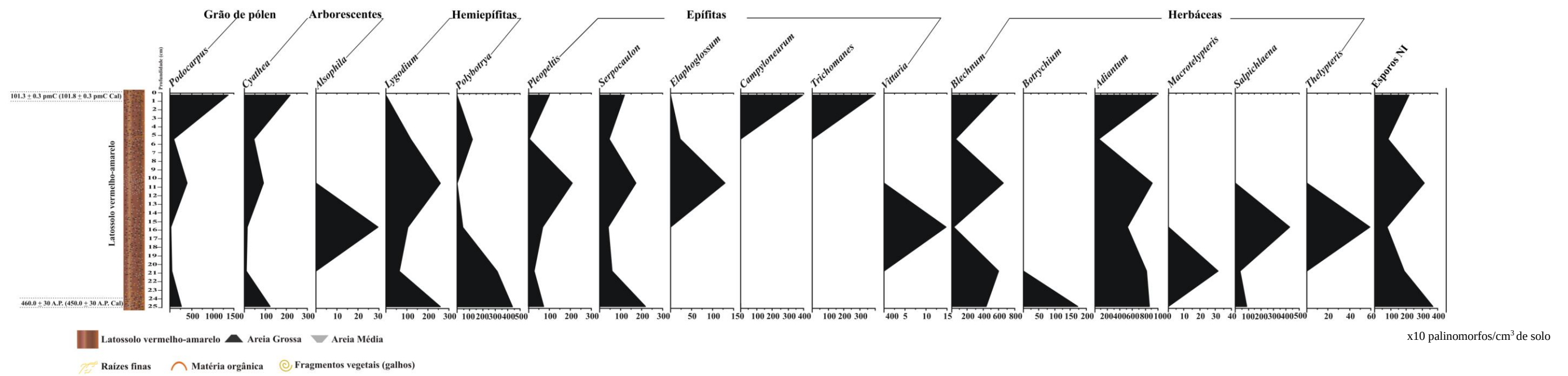


Figura 80. Diagrama de concentração dos esporos presentes no perfil de solo do ponto 2 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

Neste nível as porcentagens e concentrações de esporos não identificados (18.813,0 esporos/cm³), do tipo *Cyathea* (12.542,01 esporos/cm³), *Adiantum* (8.152,3 esporos/cm³), *Serpocaulon* (5.643,9 esporos/cm³), *Polybotria* (3.135,5 esporos/cm³) e *Lygodium* (627,1 esporos/cm³) decaíram (figura 80, anexo L). O percentual de esporos não identificados foi alto e provavelmente se deve a má preservação das esporodermes dos esporos (figura 72, anexo G). O tipo *Macrothelypteris* só ocorreu nesse nível, no entanto com baixa concentração (313,5 esporos/cm³) (figura 80, anexo L). As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação não é homogênea e não há predomínio de hábitos, porém há maior concentração de hemiepífitas (figura 80).

No nível 15-16 cm a concentração de esporos foi de 47.032,5 esporos/cm³ (figura 80, anexos J, L) e foram identificados 11 tipos de esporos: dois de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L. e *Salpichlaena* J. Sm.) (figura 73D); dois da família Cyatheaceae Kaulf. (*Alsophila* R. Br. e *Cyathea* Sm.) (figuras 73B, H); um de Dryopteridaceae Herter (*Polybotrya* Humb. & Bonpl. ex Willd.) (figura 74A); um de Lygodiaceae M. Roem. (*Lygodium* Sw.) (figura 73M); dois de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Adiantum* L. e *Vittaria* Sm.) (figura 73A, 74I); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73P, 74E); um da família Thelypteridaceae Ching. ex Pic. Serm. (*Thelypteris* Schmidel) (figura 74G). No nível as porcentagens e concentrações de esporos não identificados (7.542,9 esporos/cm³) diminuíram em consequência da melhor preservação das esporodermes dos esporos possibilitando a identificação dos tipos a nível taxonômico (figura 81, anexo L). O tipo *Cyathea* predominou em relação aos outros tipos e sua concentração (16.417,0 esporos/cm³) aumentou em relação ao nível anterior (figura 81, anexo L). Os tipos *Adiantum* (5.176,5 esporos/cm³) e *Polybotria* (443,7 esporos/cm³) apresentaram diminuição na concentração com relação ao nível anterior, enquanto que os tipos *Serpocaulon* e *Lygodium* tiveram aumento, sendo 3.993,3 esporos/cm³ e 1.035,3 esporos/cm³, respectivamente (anexo L). O tipo *Alsophila* (295,8 esporos/cm³), *Vittaria* (147,9 esporos/cm³) e *Thelypteris* (591,6 esporos/cm³) só ocorreram nesse nível (figura 80, anexo L). O tipo *Salpichlaena* que apresentava baixa concentração desde a base do perfil apresentou nesse nível aumento da sua concentração (4.289,1 esporos/cm³), enquanto o tipo *Blechnum* (295,8 esporos/cm³) que havia apresentado alta concentração no nível anterior, neste desaparece do depósito sedimentar (figura 80, anexo L). Verifica-se diminuição de todas as assembleias dos tipos identificados, com decréscimo significativo das hemiepífitas (figura 80).

No nível 10-11 cm a concentração de esporos atingiu 182.904,2 esporos/cm³ (figura 80, anexo J, L) e foram identificados seis tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figuras 73H); um de Lygodiaceae M. Roem. (*Lygodium* Sw.) (figura 73M); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Pleopeltis* Humb. &

Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73P, 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Adiantum* L.) (figura 73A). Neste nível as porcentagens e concentrações de esporos não identificados (31.355,0 esporos/cm³) aumentaram (figuras 78, 80). Os tipos *Cyathea* (94.065,0 esporos/cm³), *Pleopeltis* (20.903,3 esporos/cm³), *Serpocaulon* (16.984,0 esporos/cm³), *Adiantum* (9.145,2 esporos/cm³), *Blechnum* (6.532,3 esporos/cm³), *Lygodium* (2.612,9 esporos/cm³), apresentam maiores concentrações com relação ao nível anterior (figura 80, anexo L). O tipo *Elaphoglossum* (1.306,5 esporos/cm³) aparece no sedimento a partir desse nível estratigráfico, enquanto *Salpichlaena* desaparece do registro. Nesse nível a concentração de esporos de epífitas (*Pleopeltis* e *Serpocaulon*) foi a maior de todo o perfil (3.7887,3 esporos/cm³) (figura 80, anexo P). As assembleias dos tipos identificados demonstram aumento da concentração de arborescentes, epífitas, herbáceas e esporos não identificados, e decréscimo significativo das hemiepífitas (figura 80).

No nível 5-6 cm a concentração de esporos teve um decréscimo para 65.085,4 esporos/cm³ (figura 80, anexos J, L). Foram identificados sete tipos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figuras 73H); um de Dryopteridaceae Herter (*Polybotrya* Humb. & Bonpl. ex Willd.) (figura 74A); um de Lygodiaceae M. Roem. (*Lygodium* Sw.) (figura 73M); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73P e 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Adiantum* L.) (figura 73A). Houve predomínio dos tipos *Cyathea* (48.220,2 esporos/cm³), esporos não identificados (8.313,8 esporos/cm³) e *Serpocaulon* (4.513,2 esporos/cm³) (figuras 78, 79 e 80, anexo L). Os outros tipos apresentaram diminuições nas concentrações, com exceção de *Polybotria* que teve aumento significativo (1.187,7 esporos/cm³) (figura 79, anexo L). As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é composta principalmente por hemiepífitas, epífitas e herbáceas. Verifica-se a diminuição da concentração das assembleias de arborescentes e esporos não identificados (figura 80).

No nível 0-1 cm a concentração de esporos foi a maior de todo o perfil (284.154,7 esporos/cm³) (figura 80, anexos J, L). Foram identificados sete tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figuras 73H); um de Hymenophyllaceae Mart. (*Trichomanes* L.) (figura 74H); três de Polypodiaceae J. Presl (*Campyloneurum* C. Presl, *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73F,P, 74E); e um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Adiantum* L.) (figura 73A). O tipo *Cyathea* apresentou a sua maior concentração com 207.525,3 esporos/cm³ (figura 80). Os esporos não identificados (21.556,6 esporos/cm³), os tipos *Serpocaulon* (11.758,1 esporos/cm³), *Adiantum* (9.798,4 esporos/cm³), *Pleopeltis* (9.798,4 esporos/cm³) e *Blechnum* (5879,1 esporos/cm³) aumentaram em relação ao nível anterior (figura 80, anexo L). Os tipos *Campyloneurum* (3.919,4

esporos/cm³) e *Trichomanes* (3.919,4 esporos/cm³) só foram observados nesse nível estratigráfico (figuras 72-74; anexo L). A concentração do pólen de *Podocarpus* (13.717,8 esporos/cm³) que ocorreu em todo perfil teve seu maior valor nesse nível (figura 80, anexo J). As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é composta principalmente por arborescentes, epífitas e herbáceas. Verifica-se decréscimo da concentração de hemiepífitas em relação ao nível anterior (figura 80).

- PONTO 3

No ponto 3 o solo apresentou coloração marrom escuro nos primeiros dois níveis estratigráfico (0-1 e 5-6 cm), e a partir do terceiro nível (10-11 cm) tornou-se marrom avermelhado. Até o nível quatro (15-16 cm) foi observado à presença de raízes finas e pequenas além de restos vegetais. Foram observadas grandes quantidades de areia variando de grãos médios a finos e praticamente nenhuma incidência de matéria orgânica.

O ponto de coleta três (3) representa uma área antropizada, de baixa diversidade e riqueza de espécies tanto de angiospermas como do grupo das samambaias. Embora o solo seja latossolo vermelho com grande quantidade de areia foi possível identificar 13 tipos de esporos presentes em praticamente todos os níveis estratigráficos (figuras 73 e 74), com maior frequência de esporos não identificados em nenhum nível taxonômico (figura 81, anexos H, M).

A relação entre grãos de pólen *versus* esporos (soma esporo-polinica) encontrados em todos os níveis estratigráficos (0-1, 5-6, 10-11, 15-16, 20-21 e 24-25 cm de profundidade) demonstra que tanto pólen quanto esporos estão presentes em todos os níveis em percentagens e concentrações variadas, com predominância de esporos em relação aos grãos de pólen em dois níveis: 10-11 cm e 20-21 cm (figuras 72 e 82, anexo J).

Na base do perfil, correspondente ao nível 24-25 cm, a concentração de esporos foi de 1.834.894,6 esporos/cm³ (figura 83, anexos J, M) e foram identificados nove tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.) (figura 73G); três de Polypodiaceae J. Presl (*Campyloneurum* C. Presl, *Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73F, O, 74E); e um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C); um de Selaginellaceae Choisy (*Selaginella* P. Beauv.) (figura 73D); um de Tectariaceae Panigrahi (*Tectaria* Cav.) (figura 74F); um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 73I). No nível predomina *Serpocaulon* com 662.217,6 esporos/cm³, esporos não identificados com 386.293,6 esporos/cm³, *Blechnum* com 344.905,0 esporos/cm³ e *Deparia* com 193.146,8 esporos/cm³ (figura 83, anexo M). As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é composta principalmente por epífitas e herbáceas (figura 83).

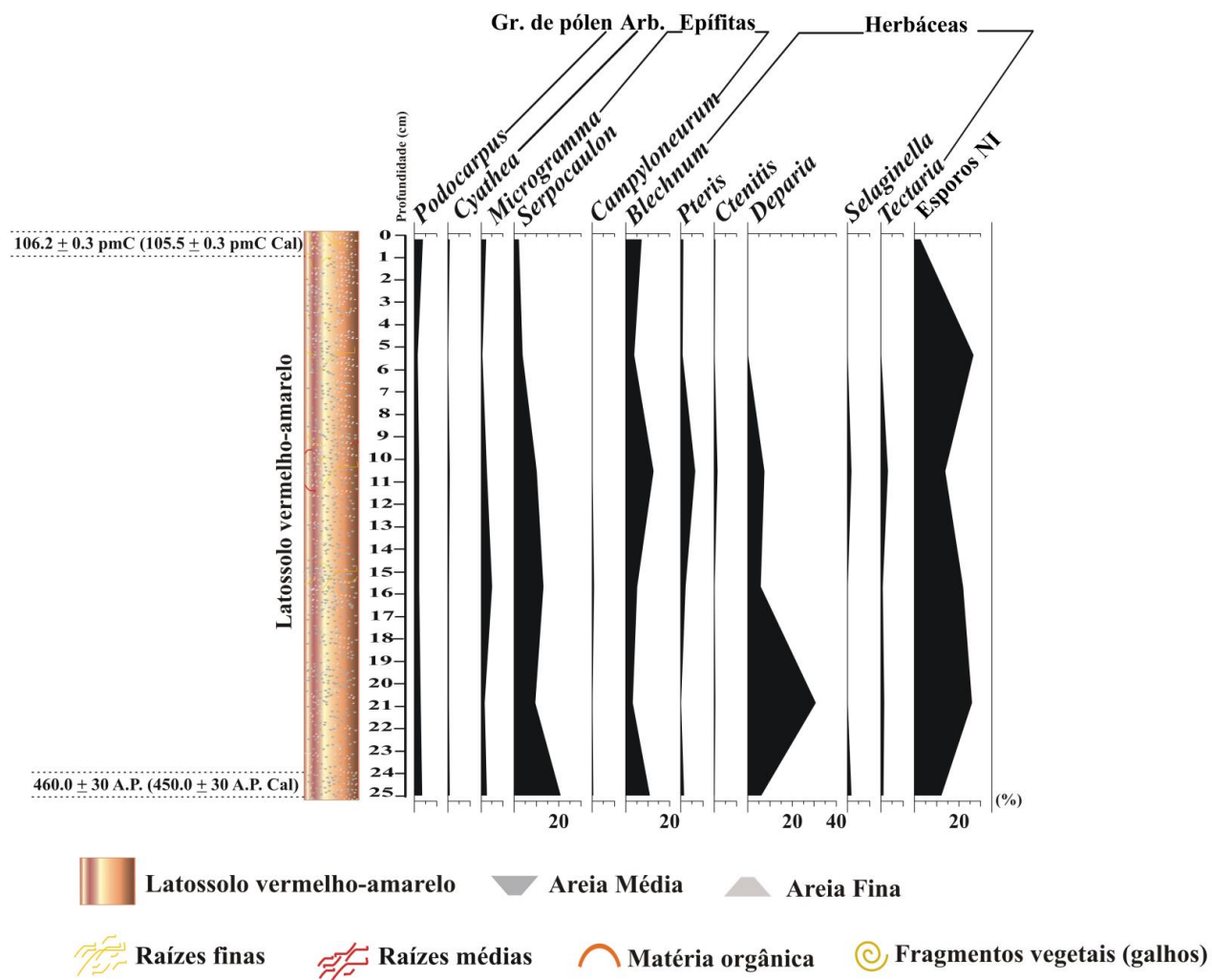


Figura 81. Diagrama de porcentagem dos esporos presentes no perfil do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). G. pólen = Grãos de pólen; Arb. = Arborescentes; Esporos NI = Esporos não identificados.

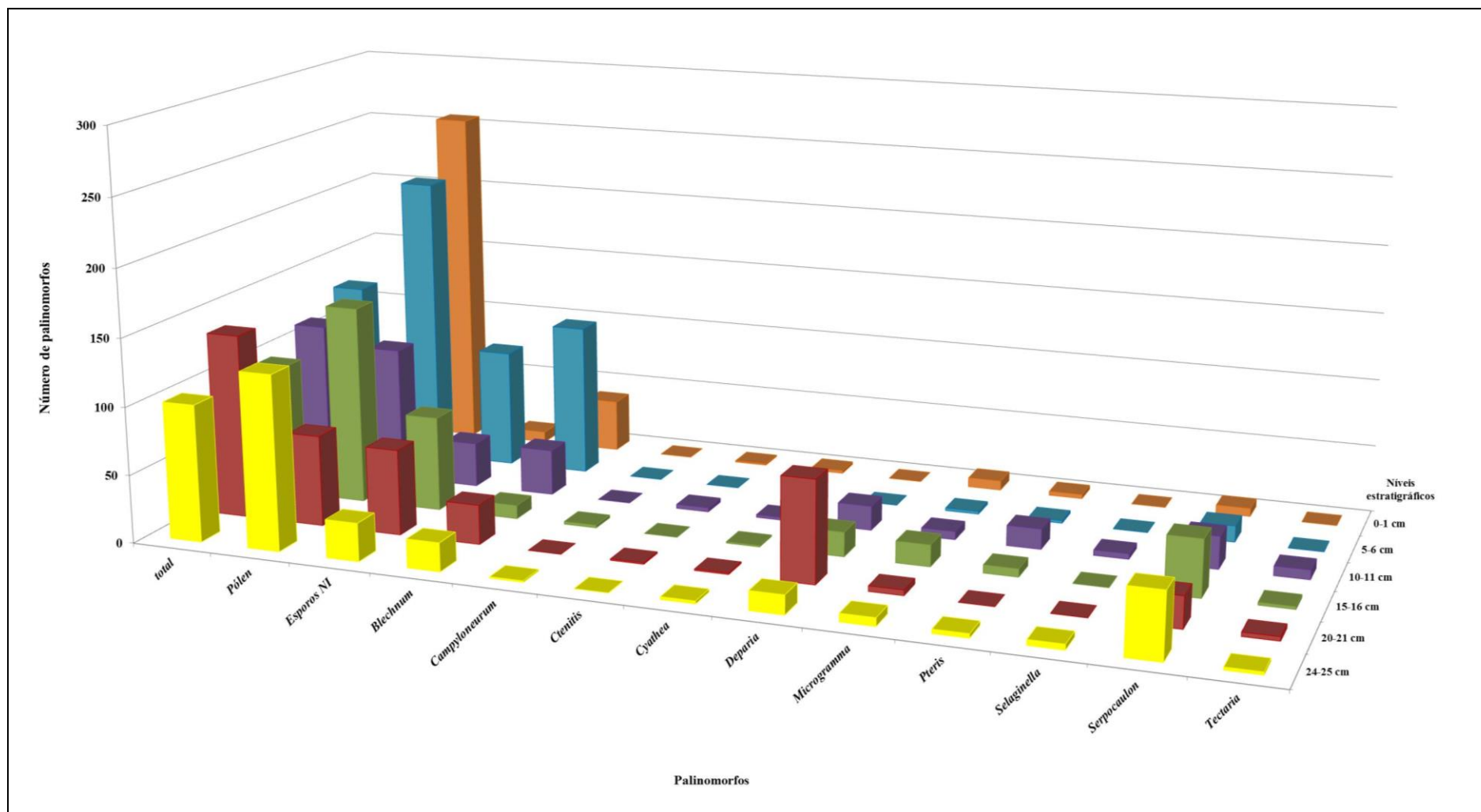


Figura 82. Contagem absoluta de palinomorfos por nível estratigráfico do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

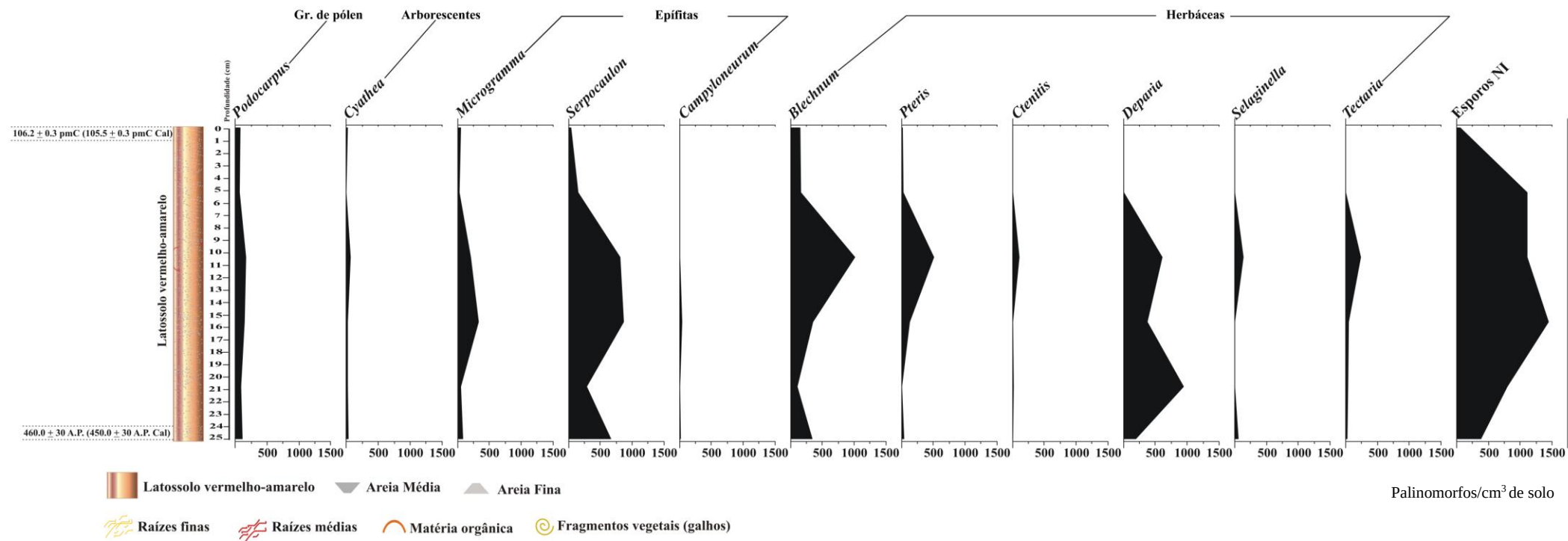


Figura 83. Diagrama de concentração dos esporos presentes no perfil de solo do ponto 3 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). G. pólen = Grãos de pólen; Esporos NI = Esporos não identificados.

No nível 20-21 cm a concentração de esporos alcançou 2.232.476,0 esporos/cm³ (figura 83, anexo M) e foram identificados sete tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.) (figura 73G); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73O, 74E); um de Tectariaceae Panigrahi (*Tectaria* Cav.) (figura 74F); um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 73I). Neste nível as porcentagens e concentrações de todos os tipos encontrados decaem em relação ao nível anterior (base), ocorrendo ainda o desaparecimento no registro de *Campyloneurum*, *Selaginella* e *Pteris* (anexos H, M). As assembleias de tipos identificados mostram que a vegetação é composta principalmente por espécies herbáceas. Verifica-se diminuição significativa nas concentrações de epífitas e esporos não identificados em relação ao nível anterior (figura 83).

No nível 15-16 cm a concentração de esporos alcançou 3.600.808,2 esporos/cm³ (figura 83, anexos J, M) e foram identificados oito tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C); três de Polypodiaceae J. Presl (*Campyloneurum* C. Presl, *Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73F, O, 74E); um de Tectariaceae Panigrahi (*Tectaria* Cav.) (figura 74F); um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 73I). As concentrações e frequências dos tipos de esporos aumentaram em relação ao nível estratigráfico anterior (20-21 cm) (figuras 81, 83; anexos H, M) e os tipos *Campyloneurum* e *Pteris* aparecem novamente a partir deste nível. O tipo *Serpocaulon* predominou sobre todos os outros tipos de esporos e sua concentração (869.160,6 esporos/cm³, anexo M) aumentou em relação ao nível anterior, assim como as *Microgramma* (331.108,8 esporos/cm³) (figura 83, anexo M). As assembleias de tipos identificados mostram que a vegetação é composta principalmente por espécies epífitas, seguidas das herbáceas, porém verifica-se diminuição nas concentrações das herbáceas em relação ao nível anterior e aumento na de esporos não identificados em relação ao nível anterior (figura 83).

No nível 10-11 cm a concentração de esporos alcançou 4.764.078,7 esporos/cm³ (figura 83, anexos J, M) e foram identificados nove tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73O, 74E); um de Selaginellaceae Choisy (*Selaginella* P. Beauv.) (figura 74D); um de Tectariaceae Panigrahi (*Tectaria* Cav.) (figura 74F); um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 74I). No nível foi encontrada a maior concentração de esporos e de grãos de pólen de todo o perfil analisado (figuras 72, anexo J). As frequências e concentrações de esporos não identificados aumentaram consideravelmente (1.107.145,1

esporos/cm³) (figuras 81, 83; anexos J, M), enquanto as dos outros tipos de esporos, com exceção de *Blechnum*, tendem a decair em relação ao nível anterior (anexo M). A concentração do pólen de *Podocarpus* (167.749,3 esporos/cm³) (figura 83) que ocorreu em todo perfil teve seu maior valor nesse nível (anexo J). Verifica-se aumento considerável na concentração da assembleia de herbáceas, enquanto que os de epífitas decrescem (figura 83).

No nível 5-6 cm a concentração de esporos alcançou 1.467.414,0 esporos/cm³ (figura 83, anexos J, M) e foram identificados quatro tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); dois de Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73O, 74E); e um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C). No nível ocorre novamente a diminuição da concentração e frequência de todos os tipos de esporos encontradas nos níveis estratigráficos anteriores, ocorrendo o desaparecimento de *Cyathea*, *Campyloneurum*, *Ctenitis*, *Deparia*, *Selaginella* e *Tectaria* (anexo M). Verifica-se que as concentrações de todas as assembleias formadas diminuem significativamente em relação ao nível anterior, com aumento da concentração de esporos não identificados (figura 83).

O nível 0-1 cm, que corresponde ao topo do perfil, apresentou a menor concentração de esporos em relação a todos os níveis estratigráficos (322,64 esporos/cm³) (figura 83, anexos J, M). Foram identificados nove tipos de esporos: um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um da família Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.) (figura 73G); três de Polypodiaceae J. Presl (*Campyloneurum* C. Presl, *Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73F, 73O, 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C); um de Selaginellaceae Choisy (*Selaginella* P. Beauv.) (figura 74D); um de Tectariaceae Panigrahi (*Tectaria* Cav.) (figura 74F); um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 73I). Neste nível o tipo *Blechnum* apresentou maior concentração (144.860,1 esporos/cm³) dentre a de todos os outros tipos identificados (figura 83). Os tipos *Deparia*, *Campyloneurum*, *Tectaria* e *Selaginella* desaparecem do registro, enquanto que os tipos *Cyathea* e *Ctenitis* voltam a aparecer no registro (figura 81 e 82). Verifica-se que as concentrações de todas as assembleias formadas diminuem significativamente em relação ao nível anterior (figura 83).

Em todos os níveis estratigráficos a concentração de pólen predomina em relação a de esporos, apresentando maior valor no nível 10-11 cm (figura 72, anexo J). Destacou-se também, em todos os níveis estratigráficos, o tipo polínico *Podocarpus* L'Hér. ex Pers., com maiores porcentagens e concentrações no nível 10-11 cm (figuras 81, 83; anexo J).

- PONTO 4

No ponto 4 o solo possui coloração escura, sem oxidação evidente, indicando altos índices de matéria orgânica semelhante a solos de turfeira e boa conservação dos palinomorfos. Foram identificados 12 tipos de esporos (figuras 73, 74), com altas frequências do tipo *Blechnum*, esporos não identificados, e de grãos de pólen do tipo *Podocarpus* (figura 84).

A relação entre grãos de pólen *versus* esporos (soma espora-polinica), encontrados em todos os níveis estratigráficos, demonstra que por todo o perfil os grãos de pólen predominam sobre os esporos (figuras 72, 85; anexo J).

Na base do perfil, correspondente ao nível 24-25 cm a concentração de esporos correspondeu a 30.893,9 esporos/cm³ (figura 86, anexos J, N). Foram identificados 12 tipos de esporos: um da família Anemiaceae (*Anemia* Sw.) (figura 73C); um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um da família Dicksoniaceae (*Dicksonia* L'Hér) (figura 73J); um de Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.) (figura 73G); dois da família Polypodiaceae J. Presl (*Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73P e 74E); dois de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Lindsaea* L. e *Pteris* L.) (figuras 73L e 74C); um de Selaginellaceae Choisy (*Selaginella* P. Beauv.) (figura 74D); um de Thelypteridaceae Ching. ex Pic. Serm. (*Thelypteris* Schmidel) (figura 74G); um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 73I). A maior concentração foi de esporos não identificados (6.686,0 esporos/cm³), seguidos de *Pteris* (6.224,9 esporos/cm³) e *Blechnum* (4.841,6 esporos/cm³) (figura 86, anexo N). A assembleia arborescente-herbácea formada pelos os tipos *Cyathea*, *Blechnum*, *Anemia*, *Pteris*, *Thelypteris* e esporos não identificados apresentam as maiores porcentagens (anexo I). Os tipos *Dicksonia* e *Lindsaea* estão presentes somente neste nível, no entanto com baixa concentração, ambos com 461,1 esporos/cm³ (figura 86). Os tipos *Podocarpus* e *Drymis* aparecem neste nível com altas frequências e concentrações (figura 84, 86; anexo J). Algas do tipo Pseudoschizeae, *Coelastrum*, *Mougeotia* e *Pediastrum*, também foram observadas neste nível 24-25 com baixo valor absoluto e frequência. As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é constituída predominantemente por herbáceas, embora seja verificadas baixas concentrações das assembleias de arborescentes e epífitas (figura 86).

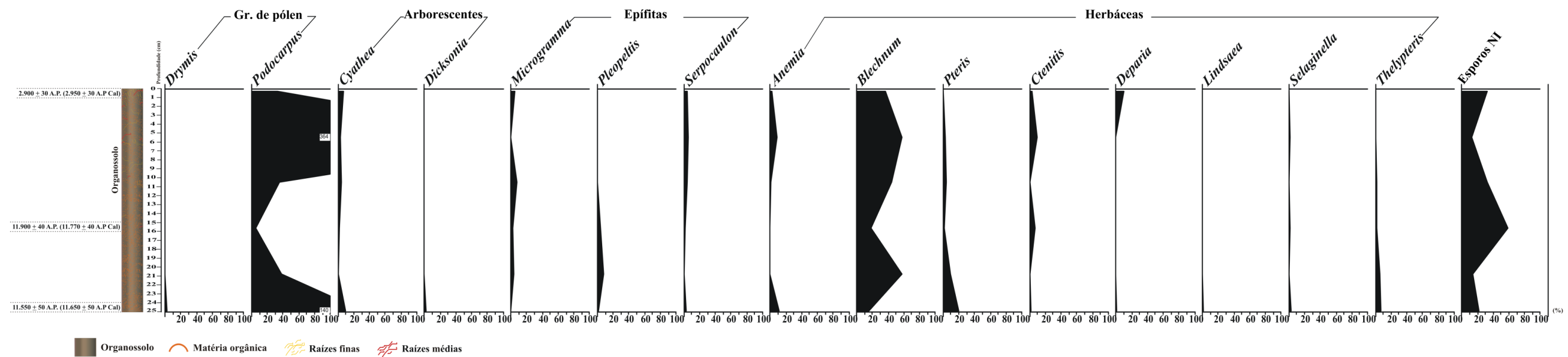


Figura 84. Diagrama de porcentagem dos esporos presentes no perfil do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). G. pólen = Grãos de pólen; Esporos NI = Esporos não identificados.

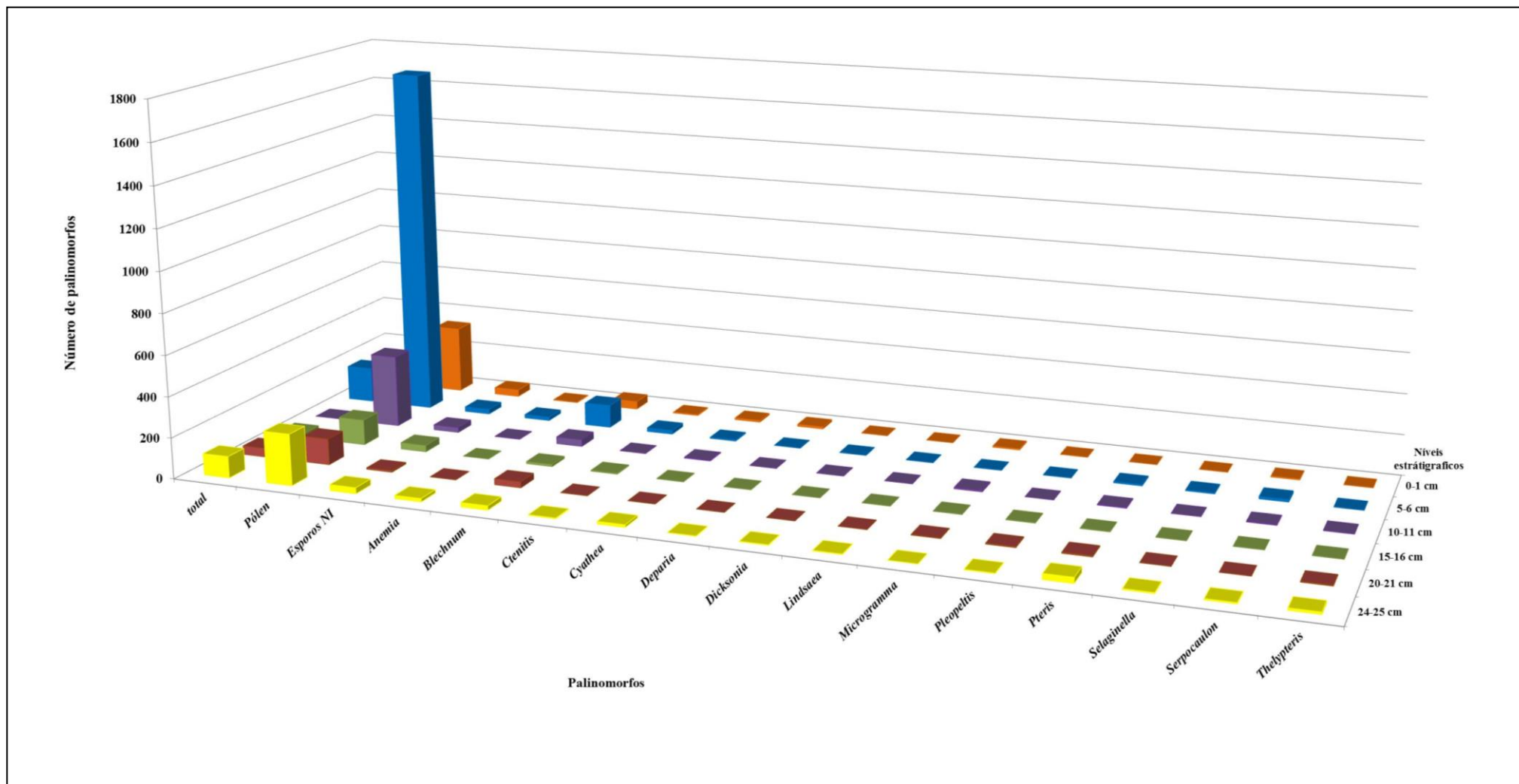


Figura 85. Contagem absoluta de palinórmofos por nível estratigráfico do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

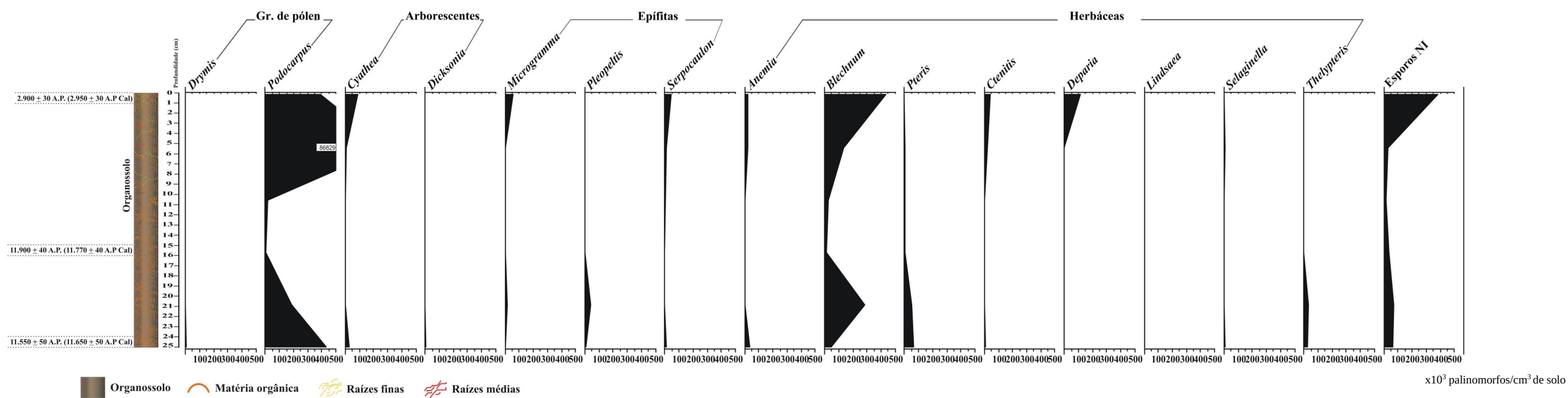


Figura 86. Diagrama de concentração dos esporos presentes no perfil de solo do ponto 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). G. pólen = Grãos de pólen; Esporos NI = Esporos não identificados.

No nível 20-21 cm a concentração foi de 48.992, 2 esporos/cm³ (figura 86, anexos J, N). Foram identificados cinco tipos de esporos: um da família Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); dois da família Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl e *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd.) (figuras 73O, P); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C); um de Thelypteridaceae Ching. ex Pic. Serm. (*Thelypteris* Schmidel) (figura 74G). No nível os tipos *Cyathea*, *Dicksonia*, *Serpocaulon*, *Anemia*, *Ctenitis*, *Deparia*, *Adiantum*, *Lindsaea* e *Selaginella* desaparecem do registro, enquanto que *Microgramma* começa a ser registrado. Ocorre o aumento considerável na concentração do tipo *Blechnum* (28.415,5 esporos/cm³) (figura 86, anexo N). As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação é constituída predominantemente por herbáceas, e alguns poucos indivíduos de epífitas. Verifica-se diminuição significativa das assembleias de arborescentes (figura 86).

No nível 15-16 cm a concentração alcançou 6.317,8 esporos/cm³ (figura 86, anexos J, N). Foram identificados nove tipos de esporos: um da família Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.) (figura 73G); três da família Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl, *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73O, P e 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C); um de Selaginellaceae Choisy (*Selaginella* P. Beauv.) (figura 74D); e um da família Thelypteridaceae Ching. ex Pic. Serm. (*Thelypteris* Schmidel) (figura 74G). A frequência e concentração de esporos para todos os tipos registrados e também para os tipos classificados como não identificados decaem em relação aos valores encontrados no nível anterior (anexo N). O mesmo acontece com a frequência e concentração do tipo *Podocarpus* (anexo J). Em contrapartida, os tipos *Cyathea*, *Ctenitis*, *Selaginella* e *Serpocaulon* reaparecem. Verifica-se a diminuição das assembleias dos tipos identificados, não sendo possível demonstrar a constituição da vegetação para este nível (figura 86).

No nível 10-11 cm a concentração alcançou 5.728,3 esporos/cm³ (figura 86, anexos J, N), representando o menor valor registrado para todo o perfil do ponto 4. Foram identificados sete tipos de esporos: um da família um de Anemiaceae (*Anemia* Sw.) (figura 73C); Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); dois da família Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73O e 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C); e um da família Thelypteridaceae Ching. ex Pic. Serm. (*Thelypteris* Schmidel) (figura 74G). No nível as frequências e concentrações permanecem seguindo as do nível anterior, com aumento dos valores apenas para o tipo *Blechnum* (anexos I, N). Verifica-se que a diminuição das assembleias dos tipos identificados se mantém conforme nível anterior, não sendo possível demonstrar a constituição da vegetação para este nível (figura 86).

No nível 5-6 cm a concentração alcançou 23.878,0 esporos/cm³ (figura 86, anexos J, N). Foram identificados sete tipos de esporos: um da família um de Anemiaceae (*Anemia* Sw.) (figura 73C); um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.) (figura 73G); um da família Polypodiaceae J. Presl (*Serpocaulon* A.R. Sm.) (figura 74E); um de Pteridaceae E.D.M. Kirchn. (*Pteris* L.) (figura 74C); e um de Selaginellaceae Choisy (*Selaginella* P. Beauv.) (figura 74D). Neste nível o tipo *Blechnum* apresentou a maior concentração (13.627,4 esporos/cm³) (figura 86). Os tipos *Cyathea*, *Ctenitis* e *Selaginella* começam a aparecer novamente a partir deste nível, enquanto que *Microgramma* e *Thelypteris* desaparecem do registro. O tipo *Podocarpus* apresenta aumento significativo nas concentrações e frequências a partir deste nível estratigráfico, com os maiores valores registrado para todo o perfil de solo analisado, 86.829,2 esporos/cm³ (figura 80), superestimando os índices de grãos de pólen (figuras 84, 86; anexo J). As assembleias dos tipos identificados mostram que a vegetação volta a ser constituída por herbáceas, conforme a base do perfil (nível 24-25 cm). Verifica-se o pequeno aumento na concentração de epífitas (figura 86).

No nível 0-1 cm a concentração alcançou seu maior valor 118.701,1 esporos/cm³ (figura 86, anexos J, N). Foram identificados sete tipos de esporos: um da família um de Anemiaceae (*Anemia* Sw.) (figura 73C); um de Blechnaceae Newman (*Blechnum* L.) (figura 73D); um de Cyatheaceae Kaulf. (*Cyathea* Sm.) (figura 73H); um de Dryopteridaceae Herter (*Ctenitis* (C. Chr.) C. Chr.) (figura 73G); dois da família Polypodiaceae J. Presl (*Microgramma* C. Presl e *Serpocaulon* A.R. Sm.) (figuras 73O e 74E); e um de Athyriaceae Alston (*Deparia* Hook & Grev.) (figura 73I). Os esporos não identificados apresentaram maior concentração (38.073,9 esporos/cm³), seguido dos tipos *Blechnum* 43.673,0 (esporos/cm³) e *Cyathea* (8.958,6 esporos/cm³) (figura 86, anexo N). O tipo *Deparia* registrado até então somente no nível 24-25 cm, novamente aparece no perfil neste nível, apresentando concentração de 11.198,2 esporos/cm³ (figura 86). As assembleias dos tipos identificados igualam-se praticamente aos encontrados na base do perfil, porém com aumento na concentração de epífitas, arborescentes e esporos não identificados (figura 86).

Os grãos de pólen predominam em relação aos esporos no nível, com destaque para *Podocarpus* com concentração de 39.193,8 grãos de pólen/cm³ (anexo J). Os tipos Arecaceae Bercht. & J. Presl., Asteraceae Bercht. & J. Presl, Myrtaceae Juss. e Euphorbiaceae Juss. (*Alchornea* (Hurus.) Hutch.) também se destacaram entre os grãos de pólen registrados para este nível.

8. GERMINAÇÃO DE ESPOROS DE SAMAMBAIAS E LICÓFITAS DO PARQUE ESTADUAL DAS FONTES DO IPIRANGA (PEFI), SÃO PAULO, SP. BRASIL.

8.1. MATERIAL E MÉTODOS

8.1.1. COLETA DOS SEDIMENTOS

A coleta de sedimentos para os estudos de germinação foi realizada nos quatro pontos de estudo. Os solos foram coletados contíguos aos perfis para análise de deposição temporal utilizando canaletas metálicas de cinco (5) cm de diâmetro, 25 cm de comprimento e oito (8) cm³ de profundidade (figuras 87D, G). O material foi transportado para o laboratório de sedimento do Núcleo de Pesquisa em Palinologia do Instituto de Botânica e foram armazenados em geladeira.

As canaletas foram abertas para elaboração e montagem do experimento no Núcleo de Pesquisa em Micologia do Instituto de Botânica em Câmara de Fluxo Laminar. Foram amostradas para germinação as camadas estratigráficas entre o topo 0-1, 5-6, 10-11, 15-16, 20-21 e a base 24-25 cm de profundidade (os mesmos níveis estratigráficos analisados nos estudos de deposição temporal dos esporos). Após pesagem, cada amostra foi distribuída em seis placas de Petri de cinco (5) cm de diâmetro autoclavadas (figura 87). Na base de cada placa, foi distribuída areia esterilizada com gelatina umedecida (1/1-v/v) e posteriormente uma camada de solo com aproximadamente cinco (5) mm de espessura (figura 87).

Os experimentos foram realizados duas vezes, com coleta dos perfis em dois momentos diferentes: uma coleta em Abril/2013 (experimento 01) e a outra em Janeiro/2014 (experimento 02). No experimento 01 para cada nível foram confeccionadas três placas de petri conforme metodologia exposta anteriormente, sendo umedecidas com água destilada durante três meses. No experimento 02 foram confeccionados seis placas de petri para cada nível estratigráfico por perfil coletado. Neste, três materiais foram denominados como controle, onde a hidratação foi feita com água destilada, e os outros três restantes foram umedecidos com nistatina (100 unidades/ml).

As placas foram seladas com parafilme de PVC e o experimento foi mantido em câmaras de germinação de dois laboratórios do Instituto de Botânica: Núcleo de pesquisa em Palinologia e Núcleo de pesquisa em Fisiologia e Bioquímica. Nas câmaras foram mantidas temperatura constante de 25°C e luz fluorescente contínua. Os materiais foram hidratados uma vez por semana seguindo as condições expostas (figura 87).



Figura 87. A-K. Preparação laboratorial das amostras de solo coletados nos quatro pontos de estudo no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) para estudos de germinação dos esporos. A-B. Gelatina utilizada para umidificar as placas. C. Areia utilizada para deposição do solo amostrado. D. Perfil de solo coletado. E. Câmara de fluxo laminar. F. Abertura do perfil para amostragem dos níveis estratigráficos. G-I. Montagem das placas de Petri. J. Câmara de Germinação. K. Placas de Petri seladas com as amostras de solo.

Frondes férteis de *Anemia*, *Blechnum*, *Campyloneurum*, *Deparia* e *Thelypteris*, ocorrentes no PEFI, especificamente nos locais de estudo, foram coletadas a fim de realizar ensaios prévios de germinação e gerar material de referência de gametófitos para comparação a partir dos perfis de solos analisados. Foram retiradas amostras de esporos, que foram inoculadas em placas de Petri com solos esterilizados, sob as mesmas condições anteriormente (figura 88).

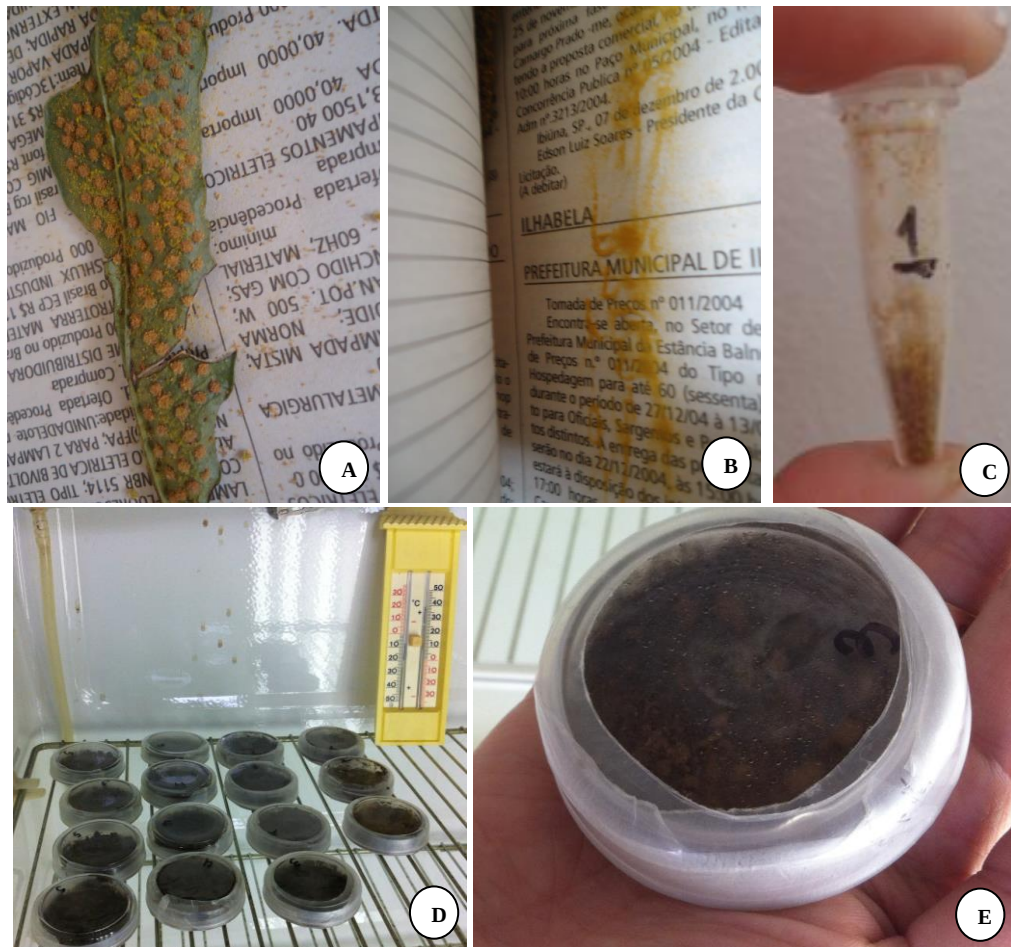


Figura 88. A-E. Ensaios de germinação. A. Fronde fértil de *Campyloneurum*. B-C. Esporos de *Anemia* retirados para montagem do experimento. D-E. Placas de Petri montadas com o material de referência para germinação/gametófitos.

8.1.2. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS SOLOS

A análise físico-química dos solos foi realizada para os quatro pontos de estudo no laboratório de Nutrição do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP).

Foi coletado o total de 18 amostras de solos com o objetivo de analisar a fertilidade e os principais componentes químicos e físicos que provavelmente influenciariam na dinâmica e estabelecimento das populações.

Os solos foram coletados com um trado de 20 cm (figura 89), considerando a declividade dos terrenos em cada área, sendo coletadas amostras da base, meia encosta e topo, em duas profundidades: 0-10 e 10-20 cm, que correspondente aos níveis de 0-14 e 15-20 cm do perfil de solo retirado para análise temporal e de germinação dos esporos.

No ponto 3 foram amostradas a meia encosta e a base, pois a área apresentava baixa declividade. No ponto 4 a região é formada por “mares de morros”, sendo mais aplainada, não apresentando topografia diferenciada que permitisse a coleta em três níveis de declividade, portanto, foi amostrado apenas o solo da base. O material foi acondicionado em sacos plásticos transparentes, identificados e encaminhados para o laboratório.

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Quantidade de resina trocadora de íons.
- Teor de Fósforo, Potássio, Cálcio e Manganês.
- Acidez ativa, considerando o pH em cloreto de cálcio (CaCl_2).
- Acidez potencial (quantidade de íons de hidrogênio associados a íons de alumínio – $\text{H}+\text{Al}$).
- Presença e quantidades de micronutrientes, como Boro, Cobre, Ferro, Magnésio, Zinco, Sódio e Silício.
- Teor de matéria orgânica e carbono orgânico.



Figura 89. Coleta de amostras de solo do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) para análise físico-química.

8.2. RESULTADOS

Os esporos contidos nas amostras de solo dos níveis estratigráficos topo, 0-1, 5-6, 10-11, 15-16, 20-21 e a base 24-25 cm de profundidade não germinaram e não produziram gametófitos durante o acompanhamento de três meses, em nenhum dos dois experimentos.

Em ambos experimentos ocorreram fungos sobre o solo com o decorrer do tempo; no experimento 02 mesmo as placas umedecidas com nistatina apresentaram crescimento deste microorganismos.

Nos ensaios prévios de germinação realizados para as espécies de *Anemia* Sw., *Blechnum* L., *Campyloneurum* C. Presl, *Deparia* Hook. & Grev. e *Thelypteris* Schmidel também não se constatou o desenvolvimento de gametófitos.

Os dados das análises físico-química encontram-se na tabela 11. Os valores de pH CaCl_2 , Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Acidez ativa (H+Al), Micronutrientes (Boro, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco, Sódio e Silício) são parâmetros da análise químicos que demonstram a fertilidade do solo. As análises de matéria orgânica (MO) indicam o teor de carbono orgânico existente, relacionado aos índices de decomposição de restos vegetais e animais presentes no solo.

Para os quatro pontos foram verificados a diminuição de todos os parâmetros analisados e um pequeno aumento da quantidade de matéria orgânica na camada 10-20 cm de profundidade. O índice de potencial hidrogeniônico (pH) variou entre 3,0 a 4,5 para todas as amostras, indicando a existência de solos ácidos nas áreas de estudo. No ponto 4 o micronutriente Ferro (Fe) apresentou os menores valores, variando entre 17 a 36 mg.dm^{-3} , enquanto que nos demais pontos de estudo, a presença de ferro foi entre 164 a 494 mg.dm^{-3} . No ponto 1 foi encontrado os valores mais altos de potássio, variando entre 95 a 710 mg.dm^{-3} , com menores valores no ponto 4. Os índices de matéria orgânica encontrados foram maiores no ponto 4, variando entre 165 a 167 g/dm^3 , enquanto que nos demais os valores permaneceram entre 37 e 84 g/dm^3 .

Tabela 11. Parâmetros analisados nas análises físico-química dos solos dos pontos de estudo 1, 2, 3 e 4 do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Os valores dos micronutrientes Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Sódio (Na) e Silício (Si) são expressos em mg.dm⁻³; os índices de Fósforo (P) foram calculados considerando mg.dm⁻³; os índices de Potássio, Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) foram calculados considerando mmolc.dm⁻³; pH = potencial hidrogeniônico; H+Al = acidez ativa; As taxas de Matéria Orgânica (MO) são expressos por g/dm³. * A declividade está associada a topografia do terreno.

PONTOS	DECLIVIDADE*	PROFUNDIDADE (cm)	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Si	M.O.
1	Base	0-10	3,6	117,0	0,9	13	1,0	166,0	0,4	2,4	378,0	3,5	2,0	5,0	12,1	44,0
		10-20	3,4	95,0	0,9	11,0	1,0	166,0	0,4	2,3	391,0	3,9	2,0	5,0	13,6	41,0
	Meia-encosta	0-10	4,1	749,0	2,1	57,0	3,0	79,0	0,4	4,1	259,0	16,4	7,7	30,0	12,2	56,0
		10-20	4,2	702,0	2,1	44,0	2,0	88,0	0,3	3,0	233,0	12,3	5,0	20,0	11,8	37,0
	Topo	0-10	4,5	537,0	2,5	76,0	4,0	79,0	0,6	4,9	355,0	14,6	9,6	23,0	13,1	67,0
		10-20	4,2	710,0	2,0	52,0	3,0	57,4	0,6	3,4	164,0	11,3	5,3	14,0	11,9	58,0
2	Base	0-10	3,2	21,0	3,4	9,0	3,0	281,0	0,8	3,1	367,0	5,5	14,9	8,0	14,3	88,0
		10-20	3,3	8,0	2,7	5,0	3,0	253,0	0,7	2,6	335,0	3,5	9,9	8,0	14,9	74,0
	Meia-encosta	0-10	3,1	8,0	1,3	4,0	2,0	313,0	0,8	2,0	373,0	0,8	1,7	4,0	14,7	76,0
		10-20	3,3	6,0	1,1	3,0	1,0	253,0	0,7	2,4	311,0	1,4	1,6	4,0	13,9	56,0
	Topo	0-10	3,1	8,0	1,8	5,0	2,0	313,0	0,9	1,9	368,0	0,8	2,8	4,0	14,3	69,0
		10-20	3,3	6,0	1,2	3,0	1,0	253,0	0,8	1,8	301,0	0,6	2,2	4,0	13,7	60,0
3	Base	0-10	3,1	8,0	1,2	8,0	2,0	281,0	0,7	0,5	494,0	1,3	0,7	6,0	12,9	71,0
		10-20	3,2	6,0	1,2	5,0	2,0	228,0	0,7	1,0	470,0	0,8	1,2	6,0	14,3	45,0
	Meia-encosta/topo	0-10	3,1	11,0	2,0	15,0	3,0	281,0	1,2	1,3	412,0	4,4	3,8	6,0	14,3	84,0
		10-20	3,2	8,0	1,9	7,0	2,0	253,0	1,1	1,5	281,0	1,5	2,6	13,0	13,7	69,0
4	Base	0-10	3,7	7,0	1,0	4,0	1,0	253,0	0,2	1,0	36,0	0,3	2,1	6,0	15,7	165,0
		10-20	3,9	4,0	0,7	2,0	1,0	228,0	0,1	0,4	17,0	0,1	1,6	4,0	15,0	167,0

Fonte: Departamento de Ciência do Solo – ESALq/USP.

Desde sua origem, a região onde o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) está inserido, passou pelo processo contínuo de perturbação e ocupação devido à sua localização privilegiada entre o porto de Santos e a cidade de São Paulo, e também entre os dinâmicos centros dos municípios que compõe a região do ABC Paulista. Isso favoreceu a concentração dos habitantes e consequentemente a expansão de glebas e de sítios e fazendas na época, descaracterizando a formação da vegetação original. O processo de crescimento da metrópole moldou a estrutura e composição da paisagem dessa área em conformidade com o progresso, e à medida que a cidade crescia, o fragmento de mata existente, no PEFI, foi se isolando no meio desse aglomerado urbano, tornando-se assim um patrimônio histórico, cultural e ambiental para a região metropolitana de São Paulo (Matheus 2008). Os recursos naturais existentes, os mananciais, a vegetação exuberante e a localização geográfica estratégica foram grandes atrativos para sociedade, que despertou também o interesse do poder público paulista que institui o PEFI como uma área a ser preservada.

O PEFI existe como área física desde 1893, e tinha duas funções importantes segundo Matheus (2008):

- a. Preservação dos mananciais de água utilizados para o abastecimento da região sudeste da capital do Estado de São Paulo;
- b. Registro da trajetória histórica da área, relacionada como um marco na independência do Brasil.

Em 1920 a região já contava com um complexo industrial bem estabelecido, e a partir de 1925 iniciou-se a urbanização do Ipiranga com a instalação do bonde elétrico que ligava as regiões do ABC, Santos e São Paulo, e a formação da malha urbana que transformou a periferia dos municípios com tipologias urbanas próprias.

Nas décadas seguintes a dinamização da indústria intensificou-se, levando à consolidação de um Polo Industrial na região do Ipiranga, que acarretou no aumento do tráfego de pessoas e automóveis circulando na região. Consequentemente ocorreu de maneira negativa deterioração da qualidade ambiental na região devido à poluição e a impermeabilização das várzeas. Loteamentos foram implantados promovendo ainda maior adensamento populacional e uma acelerada urbanização da região, que passou a ser configurada como uma “zona de passagem” ou “área de transição”, constituindo uma espécie de “Portal” ao conglomerado urbano (Matheus 2008).

A trajetória e as transformações do PEFI estão relacionadas aos interesses políticos e econômicos de cada momento histórico. Até a década de 30, era conhecido como Parque do Estado, representava uma área de “utilidade pública”, com função primordial de garantir a eficiência dos

serviços de abastecimento público para as cidades (Rocha & Cavaleiro 2000a, b). Após esse período, os órgãos e instituições que se instalaram gradativamente no local passaram a ter outros interesses, e assim o Parque acompanhou outros movimentos, como a consolidação do Jardim Botânico voltado para história e a valorização da ciência.

Em 1969 a área foi reconhecida por meio da Lei Estadual n. 10.353 como “Parque da Água Funda”, entretanto a regulamentação e a delimitação do Parque, bem como a regularização das instituições existentes nele, não foram oficializadas. O nome “Parque Estadual das Fontes do Ipiranga” foi oficializado no mesmo ano, pelo Decreto Estadual n. 52.281, referido comumente conhecido como decreto fundador. Nele foram estabelecidos à delimitação geográfica do Parque, as permissões e restrições quanto ao uso da área, a criação da Reserva Biológica, dentre outros pontos importantes legais importantes para a conservação da biodiversidade local.

Desde o final da década de 20 já funcionava no PEFI um Horto Botânico, destinado ao cultivo de orquídeas e outras plantas significativas da flora paulista. Em 1928, a área foi considerada Logradouro Público, o que incentivou a elaboração de projetos para transformar a área num parque público, inspirado no fato histórico da área abrigar as nascentes do riacho Ipiranga.

A vegetação do PEFI passou por intensas perturbações desde a sua criação oficial. Trechos florestais foram derrubados, o que resultou no aumento de clareiras e na descontinuidade do dossel (Peccinini & Pivello 2002). A poluição atmosférica causada pela instalação de indústria siderúrgica situada adjacente ao PEFI, atualmente desativada, foi apontada como principal fator de perturbação no passado (Struffaldi-De-Vuono 1985). Entre os anos 1953 a 1994, metade das áreas do Parque foram modificadas, com redução média de 15 ha, em consequência da expansão urbana. Extensas áreas florestadas foram substituídas ou fragmentadas dando espaço a áreas antropizadas que cresciam inversamente proporcionais a sua conservação.

Atualmente a vegetação existente corresponde a uma mata secundária composta por uma flora diversificada em processo de regeneração, com predomínio de uma floresta de dossel homogênea densa e intercalada com floresta degradada (Peccinini & Pivello 2002). As fanerógamas representam o elemento mais conspícuo da paisagem, moldando a fisionomia. Já as samambaias e licófitas, embora presentes em menor densidade populacional compõem uma importante parcela no estrato herbáceo da composição florística da área (Prado 1998).

Hoehne *et al.* (1941) incluíram uma listagem artificial de 73 táxons de samambaias e licófitas para a área. Prado (1998) relatou que na área devam ocorrer em torno de 150 espécies de samambaias e licófitas, que ocorrem como plantas terrestres, epífitas, hemiepífitas, rupícolas e aquáticas, representando cerca de 25% das 500 a 600 espécies que ocorrem em todo o Estado de São Paulo.

Page (1979a) cita que a Floresta Tropical corresponde ao ambiente em que existem maior diversidade e riqueza do grupo de samambaias e licófitas que conhecemos hoje, desempenhando papel central na evolução dos principais grupos taxonômicos. Tryon & Tryon (1982) apontaram que 70% das espécies do grupo ocorrem em ambientes tropicais, em consequência da alta umidade e disponibilidade de nutrientes encontrados nesses ambientes.

Além da importância como componente dos processos de sucessão ecológica, permitindo o estabelecimento de diversos grupos vegetais e animais, o grupo das samambaias e licófitas contribuem efetivamente para a manutenção da umidade florestal (Brade 1940). De acordo com Sota (1971) diversas espécies têm potencial para os estudos de monitoramento ambiental, sendo capazes de colonizarem áreas perturbadas, tendo facilidade de sobreviver a variações ambientais, como solos salinos, ácidos e a baixa pluviosidade. Tu & Ma (2005) em seus estudos sobre o efeito da concentração de arsênico e a distribuição de nutrientes em frondes de *Pteris vittata* L. demonstraram a habilidade da espécie para acumular, degradar e remover compostos químicos tóxicos, inferindo na importância do grupo para processos de restauração de solos alterados ou erodidos.

O conhecimento da flora local, em especial as samambaias e licófitas contribuíram diretamente para a compreensão da dinâmica e das relações entre as populações atuais ali instaladas, permitindo observar os períodos de esporulação, por exemplo, assim como também acompanhar o desenvolvimento dos indivíduos.

Foram registradas 16 espécies dentro do raio de cinco metros para os quatro pontos de estudo, com *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin. aparecendo nos pontos 2, 3 e 4. De acordo com Hoehne *et al.* (1941) e Hirai & Prado (2014) a espécie é a mais comumente encontrada, ocorrendo em locais naturalmente encharcados, com a presença de alguns cultivares nas áreas de visitação do Jardim Botânico, introduzidos para fins paisagísticos. Foi registrado um alto número de indivíduos de *Blechnum brasiliense*, espécie comum em áreas de barrancos e margens de trilhas, crescendo em solos encharcados e em locais parcialmente sombreados (Prado 2004a).

De acordo com Moran (1995c) e Tryon & Tryon (1982) as espécies de Cyatheaceae são típicas de áreas de florestas tropicais úmidas e frias, sendo mais seletivas e higrófilas. O gênero *Blechnum* não possui seletividade a umidade e a luz tão rigorosa (Tryon & Tryon 1982, Prado 2004a), e de acordo com Moran (1995a) as espécies tendem a formar híbridos frequentemente, podendo facilmente se reproduzir por estolões, sendo assim, mais difícil de inferir se o esporo abortado é fruto de um indivíduo híbrido ou não. A ocorrência abundante dessas duas espécies nos registros do presente trabalho corrobora com o estado atual de sucessão em que a área se encontra.

As espécies *Alsophila setosa* Kaulf., *Anemia phyllitidis* (L.) Sw., *Blechnum brasiliense* Desv., *Ctenitis distans* (Brack.) Ching., *Deparia petersenii* (Kunze) M. Kato, *Elaphoglossum lingua*

(C. Presl) Brack, *Lastreopsis amplissima* (C. Presl) Tindale, *Macrothelypteris* (H. Itô) Ching, *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota, *Polybotrya cylindrica* Kaulf., *Pteris splendens* Kaulf. e *Serpocaulon catharinae* (Langsd. & Fisch.) A.R. Sm. somente foram registradas em um dos quatro pontos de estudo, embora todas bem comuns na área.

A diferença de riqueza e diversidade encontrada entre as áreas pode ser um fator importante para estabelecer as correlações ambientais bióticas como a competição entre espécies, e abióticas, conforme descreve Page (1979b) onde o autor coloca que, o habitat para cada espécie é definido, em geral, a partir das variações das condições físicas do meio, tais como declividade do terreno, profundidade do solo, pH, tipo de rocha, drenagem, aeração do solo, grau de sombreamento, permeabilidade, frequência de precipitação, umidade, temperatura, incidência de luz solar, entre outras condições físico-químicas do solo.

A variação de espécies observadas nos pontos de estudo, mesmo considerando áreas contíguas, indica que tais plantas estão de alguma forma colonizando os diferentes espaços do Parque, garantindo a variabilidade genética das populações e contribuindo para a regeneração natural da área.

A produção estimada de esporos obtida para cada ponto de estudo variou em consequência do número de esporófitos e frondes férteis registrados, porém verificou-se que os picos máximos estavam sempre antecedendo a formação de lâminas férteis. Isto reflete a dinâmica de esporulação encontrada para maioria das samambaias e licófitas, onde temos sazonalidade marcante das espécies para garantir a propagação da espécie até a próxima temporada.

Os períodos de esporulação alternaram entre o final da primavera, início do verão e inverno, mas sempre com picos mais elevados sendo registrados para o mês de dezembro, período de alta pluviosidade. Estes dados são corroborados por Ranal (1995a), que demonstrou períodos de esporulação coincidindo com os de alta pluviosidade em oito populações de samambaias em Floresta Mesófila Semidecídua. Estudos realizados por Dyer (1994), Dyer & Lindsay (1992, 1996) e Esteves & Dyer (2003) em regiões temperadas também demonstraram os períodos de esporulação de algumas espécies, sendo estes registrados entre o final do verão e estendendo-se até o inverno.

As espécies *Blechnum brasiliense* Desv. e *Cyathea atrovirens* apresentaram lâminas férteis durante o ano todo, não apresentando um padrão sazonal de esporulação definido. Franz & Schmitt (2005) demonstraram que a senescência foliar de lâminas estéreis e férteis para *B. brasiliense* foi em média entre março e abril, com início em outubro. Miranda (2008) em estudos realizados para Floresta Atlântica verificou a produção de lâminas férteis na estação seca, entre os meses de setembro a maio.

Schmitt & Windisch (2012) e Uriarte (2012) apontam padrão de senescência foliar para *C. atrovirens* em dois períodos diferentes: setembro e novembro, respectivamente. De acordo com

Lehn & Leuchtenberger (2008) *C. atrovirens* apresenta capacidade de regeneração e rebrotamento após passagem rápida de fogo, produzindo frondes tanto estéreis como férteis logo após períodos de queimadas.

A espécie *Pleopeltis hisrsutissima* (Raddi) de la Sota, registrada para os pontos 3 e 4 do Parque foi a única que apresentou grande número de lâminas férteis se expandindo somente no mês de junho. De acordo com Ranal (1993) a espécie apresenta padrão sazonal de crescimento e dormência do tipo poiquilohídrico, conforme a classificação proposta por Kornás (1977). O padrão é caracterizado por apresentar o desenvolvimento da fronde totalmente dependente das condições atmosféricas e de forma irregular, com crescimento mais ativo no período chuvoso, tornando-se dormentes na seca, com as folhas enroladas.

Ressalta-se que no intervalo de tempo do estudo (agosto/2013 – junho/2014) foram registrados para o Estado de São Paulo longos períodos de secas e como consequência baixa pluviosidade. Dessa forma, considerando as condições climáticas atuais da área e o padrão tipo poiquilohídrico para *P. hirsutissima*, provavelmente ocorreu um período de esporulação atípico para a espécie.

A distribuição e o estabelecimento das populações de samambaias e licófitas em determinada área está ligada à capacidade de sobrevivência durante o processo de dispersão dos esporos (Holtum 1967).

As samambaias e licófitas estão mal representadas em estudos de precipitação e pouco se sabe sobre o comportamento e as aplicações em outras áreas afins, devido principalmente à escassez da presença de esporos do grupo na atmosfera em comparação com os níveis de táxons de grãos de pólen e esporos de fungos. Grande parte das análises de dispersão (chuva de esporos ou chuva esporo-polínica) são baseadas somente no componente grãos de pólen na atmosfera, e o maior interesse está em grandes centros urbanos para detecção dos principais agentes alergógenos (Cruz *et al.* 2010, Favali *et al.* 2003).

A análise de precipitação dos esporos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) foi focada principalmente no componente “esporos de samambaias e licófitas”. O estudo proporcionou o conhecimento dos eventuais fatores que influenciam na dinâmica da dispersão das espécies existentes em áreas de Mata Atlântica, demonstrando, além de dados quantitativos dos tipos encontrados, aspectos que podem contribuir diretamente com a fenologia das espécies e com a dinâmica de processos naturais de restauração.

Os pontos de estudos estabelecidos para as análises não demonstraram um padrão regular de dispersão de esporos, porém apresentaram as peculiaridades existentes entre eles. Os tipos encontrados correspondem às espécies existentes nos locais, mas não necessariamente ao ponto

amostrado, o que pode provavelmente indicar a ocorrência de dispersão de esporos longe da fonte de origem, ou seja, a longas distâncias.

A maior riqueza de tipos de esporos foi encontrada no ponto 1, apesar da baixa riqueza e diversidade de espécies *in situ* identificadas para o ponto. Nos pontos 2 e 4 a riqueza de esporos foi de 12 e 11 tipos, respectivamente, destacando também nestes pontos tipos de esporos de espécies não encontradas *in situ*. No ponto 3 foram registradas a menor riqueza de tipos em relação aos demais pontos, com altas porcentagens dos tipos monoletes e *Cyathea*, correspondendo ao estado atual da vegetação. Entretanto, além do tipo *Cyathea* foram registrados nos coletores mais oito tipos de esporos, sendo seis destes pertencentes a espécies que não foram registradas *in situ* para o ponto durante os meses de estudo. Isto demonstra que provavelmente os esporos estão sendo suspensos e dispersos a distâncias maiores pelas correntes de ar. Este fato pode indicar que está ocorrendo uma dinâmica entre as diversas populações de samambaias e licófitas dentro da mata existente no PEFI o que pode auxiliar na colonização de novos ambientes pelas espécies, já que a área do parque está em processo de regeneração a mais de 100 anos (Godoy & Trufem 2007).

Para todos os pontos foram registrados nas análises de precipitação os tipos *Blechnum*, *Cyathea*, *Deparia* e *Pleopeltis*, plantas comuns nas áreas do PEFI. O tipo *Deparia* pertence à família um de Athyriaceae Alston, e é representada no PEFI pela espécie *Deparia petersenii* (Kunze) M. Kato, introduzida no Brasil, mas ocorrendo como subespontânea em diversas localidades (Prado & Hirai 2010).

Destaca-se também nos estudos de precipitação o tipo *Botrychium*, registrados nos coletores para as áreas 1 e 2. O gênero pertence à família Ophioglossaceae Mart. e não está presente no levantamento da flora de criptógamos de Prado (1998, 2004a). *Botrychium* não é bem representado nas regiões da América Tropical, com somente quatro espécies registradas (Tryon & Tryon 1982). É típica de ambientes abertos, áreas de pastagens e margens de trilhas, mas pode ser encontrada em florestas mais homogêneas e não tão densas, sendo bastante comum a formação de grandes populações em áreas degradadas permanecendo no local em vários estágios sucessionais (Tryon & Tryon 1982, Moran 1995b).

De acordo com Cruz *et al.* (2010) a dispersão dos esporos de samambaias e licófitas tem relação com a distribuição e abundância das diferentes espécies. Regiões tropicais e subtropicais da Ásia, América e África apresentam maior diversidade e riqueza de espécies, e, portanto, maior abundância de esporos liberados, resultando em distribuição sazonal dos esporos em todos os meses do ano. Em contrapartida, zonas temperadas, apresentam distribuição sazonal bem definida, com liberação dos esporos no final do verão e começo do outono, quando as frondes já se encontram maduras. Raynor *et al.* (1976) relataram que o padrão de dispersão dos esporos de samambaias e licófitas é mais irregular quanto comparados com os de grãos de pólen. Isto se deve a diferença

entre a quantidade de produção dos esporos em relação aos grãos de pólen e também a remoção mais rápida desses nos locais de deposição em consequência ao fluxo de vento.

No Brasil, estudos realizados por Oliveira-Lima *et al.* (1945, 1946), Oliveira & Guimarães (1958), Salgado-Labouriau & Rizzo (1969), Barth (1975) e Melhem & Makino (1978) demonstraram a presença de esporos de samambaias e licófitas durante análise de chuva esporo-polinica, porém o destaque principal destes trabalhos foram para a estação polínica caracterizada principalmente por gramíneas. Kairies & Dapper (1988) relataram a presença de alguns esporos de samambaias numa coleta realizada em Berlim.

A interpretação dos diagramas de frequência relativa (porcentagem) e concentração (frequência absoluta) permitiram a visão geral da dinâmica de dispersão dos tipos de esporos de samambaias e licófitas presentes nos locais de estudos. Destaca-se o ponto 1 com baixa porcentagem de esporos e altos valores de grãos pólen, embora este seja caracterizado apenas por dois ou três tipos polínicos (baixa diversidade de grãos de pólen/espécies), corroborando com o estado atual da vegetação na área.

As maiores concentrações e frequências foram registradas nas estações verão e inverno, com maiores picos nos meses de março a junho (outono). O fluxo de precipitação de esporos foi mais alto nos meses de março e maio. Chen & Huang (1980) e Noetinger *et al.* (1994) demonstram maiores valores de esporos na atmosfera nas regiões de Taiwan (Taipei Basin) e Buenos Aires (Argentina) respectivamente, nos meses de maio a julho. Simabukuro *et al.* (1998 a, b, c) estudaram a precipitação ou chuva de esporos em duas áreas de cerrado situadas em Itirapina e Moji Guaçu, município de São Paulo, Brasil. Embora os estudos enfatizem muito mais os métodos de coleta, os autores observaram que os esporos estão mais presentes na estação chuvosa, entre Novembro a Março, especialmente nos meses de verão, dezembro a fevereiro.

Durante os meses de inverno duas grandes massas de ar, a Polar Atlântica (MPA) e a Tropical Atlântica (MTA), influenciam diretamente a dispersão dos grãos de pólen e esporos de fungos e samambaias (Matheus 2008). Essas massas se posicionam em São Paulo entre o continente e o oceano, intensificando a presença das inversões térmicas de baixa altitude, reduzindo a velocidade do vento horizontal de superfície e aumentando a porcentagem de calmaria sobre toda a região. Isso ocorre particularmente sobre a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), por se situar em altitude média de 720 m (Matheus 2008). Esse conjunto de fatores, ligados a composição do relevo, reúne condições meteorológicas não muito favoráveis à dispersão. No verão, primavera e outono a MPA adquire características tropicais em contato com o continente, alterando sua origem polar, permitindo a rápida formação de camadas de nuvens, aumentando a velocidade do vento e de tempestades. Esse conjunto de fatores caracteriza a condição favorável à dispersão de partículas biológicas e poluentes.

Os picos de precipitação encontrados nos pontos 1 e 3 coincidem com os meses de maior precipitação de chuva e maior temperatura para a região onde as áreas estão inseridas, ocorrendo uma provável estabilidade no padrão sazonal de precipitação dos esporos na área. Entretanto a análise de correspondência canônica não demonstrou associações significativas entre as condições climáticas e os meses de maiores fluxos de precipitação de esporos registrados no presente estudo.

Hanumantha et al. (1991) também demonstraram em seus estudos na Índia que as maiores concentrações de esporos e grãos de pólen na atmosfera está relacionada aos meses de maior umidade. Entretanto Silva (1989) apontou que não existe uma correlação entre umidade e precipitação de esporos, sendo este fenômeno mais influenciado pelas condições de temperatura da região em estudo. De acordo com Simabukuro et al. (1999) quando se compara a quantidade absoluta de esporos de samambaias e licófitas em estações secas e chuvosas em áreas de cerrado, cerrado, mata ciliar e área perturbada em São Paulo, Brasil, observa-se que os mesmos são semelhantes, e somente na área perturbada a porcentagem de esporos foi maior na estação chuvosa do que na seca. Todos estes trabalhos mencionados carecem de uma análise estatística mais elaborada que estabeleça uma correlação clara (ou a ausência dela) entre fatores ambientais e o processo de dispersão dos esporos.

A relação entre a formação de lâminas foliares férteis e a precipitação de esporos demonstra que pode existir uma sequência cronológica entre os eventos de desenvolvimento da fronde, produção de esporos e precipitação, já que os esporófitos férteis foram encontrados em maior número no mês de dezembro, a maior produção estimada das principais espécies ocorreu entre os meses de dezembro a abril e o fluxo de precipitação teve o maior valor em março e maio. Somente para o ponto 3 foram observados picos de produção de esporos em agosto, não sendo possível inferir a possibilidade de eventos subsequentes. O fenômeno descontínuo pode estar relacionado aos fatores: (i) condições ambientais do ponto de estudo, caracterizado por se uma área totalmente antropizada de baixa riqueza e diversidade de espécies; (ii) ressuspensão dos esporos sedimentados nas folhas e/ou matéria orgânica não decomposta, como demonstrado por Chen & Chien (1986) e Devi et al. (1985).

Entre os tipos/táxons que se destacam em todas as amostras de precipitação de esporos foi possível verificar alta frequência e concentração do tipo *Cyathea* em praticamente todos os meses estudados para os quatro pontos de estudo, entretanto a análise de correspondência canônica demonstrou que o alto fluxo de precipitação deste não está associado a nenhuma das variáveis ambientais amostradas. Provavelmente a alta dispersão ao longo dos 12 meses dos esporos pode estar correlacionada a outros fatores, produção e dispersão contínua de esporos, bem como a arquitetura do dossel. Simabukuro et al. (1998a) também demonstraram maiores frequências e concentrações do tipo *Cyathea* para todos os meses, apontando que a representatividade dos esporos

deve ser atribuída à produção contínua de grande número de frondes férteis por planta. Para a espécie *C. delgadii* Sterb. foi estimada a produção de esporos ao redor de 270 milhões por fronde, valor semelhante quando comparado com outras espécies arbóreas e frondes com tamanho semelhante (Simabukuro *et al.* 1998a)

A predominância do tipo *Cyathea* na análise de precipitação de esporos também foi observada para os resultados de deposição temporal e riqueza de espécies *in situ* apresentados no presente trabalho. De acordo com Pickrill & Fenner (1992) samambaias arbóreas tendem a produzir esporos em larga escala, mas a dispersão ocorre a distâncias relativamente pequenas. Hansen & Wright Jr. (1987) também encontraram similaridade entre a chuva polínica e o solo superficial analisado para a região de Dakota do Norte, nos Estados Unidos da América.

Além disso, o hábito das espécies correspondentes aos tipos encontrados na análise de precipitação corrobora o estado ecológico observado em cada ponto de estudo. No ponto 1 verifica-se a presença de indivíduos arborescentes, epifíticos e herbáceos, com predominância do primeiro, sendo caracterizado pela presença do tipo de esporo *Cyathea*, típico de matas fechadas e úmidas (Barros *et al.* 1988, Graçano *et al.* 1998, Ranal 1995, Romagnolo & Souza 2000, Sampaio *et al.* 2000, Simabukuro *et al.* 1998a, b, c). No ponto 2 além do predomínio de espécies arborescentes do tipo *Cyathea*, no mês de outubro ocorreu alta frequência de esporos de *Polybotria*, espécie hemiepífita, comum em áreas de floresta úmida primária e matas nebulosas/matias de neblina. Para o ponto 3 temos maior predominância de esporos de espécies arborescentes e hemiepífitas, *Cyathea* e *Polybotria*, respectivamente nas amostras. O tipo *Polybotria* não foi registrado *in situ* para área em si, o que pode indicar chances positivas do local de estudo passar por estágio de regeneração, caso os gametófitos se desenvolvam, visto que tais plantas são comuns em áreas de floresta primária úmida. No ponto 4 a característica marcante é a presença de várias populações de *Blechnum* que também se mostraram abundantes nas análises de precipitação, corroborando com o aspecto da vegetação local.

Page (1979a, b) cita que o hábito das plantas é fator significativo para a dispersão, principalmente a longas distâncias, afirmando que espécies epifitas e arborescentes podem sofrer maior influência das correntes áreas atmosféricas durante a dispersão, pois estas cortam o dossel arbóreo muito mais facilmente do que o estrato herbáceo. Entretanto variações na produção de esporos em relação ao porte do esporófito (Page, 1979b) compensam a influência do vento e gravidade na atuação da dispersão e deposição dos esporos considerando o hábito das espécies.

Embora o objetivo deste trabalho tenha sido a análise de precipitação de esporos de samambaias e licófitas, durante a contagem do material foi observada presença frequente de grãos de pólen em todos os pontos de estudos. No ponto 1, observou-se que nos meses de outubro, novembro e dezembro a frequência de grãos de pólen foi de 100%, enquanto que no ponto 4 isso

ocorreu apenas no mês de Novembro. Além de *Pinus*, destacou-se neste ponto a família Euphorbiaceae Juss. representada pelo gênero *Alchornea* (Hurus.) Hutch. *Alchornea* é característica de mata secundária, esta representada na área, e produz grande quantidade de grãos de pólen, o que é característico de espécies anemófilas.

No ponto 2 existe maior riqueza de tipos polínicos (cinco tipos polínicos), com destaque para os grãos de pólen de Myrtaceae com percentual de 3% do total, corroborando com as espécies de fanerógamas observadas em campo. No ponto três (3) devido a grande predominância de *Pinus*, houve baixa frequência e riqueza de outros tipos polínicos. No ponto 4, além de *Pinus*, Myrtaceae e *Alchornea*, o tipo polínico Melastomaceae se destacou em relação aos outros pontos.

O gênero *Pinus* é constituído de espécies anemófilas, com grãos de pólen produzidos em grande quantidade e adaptados para ampla dispersão através do ar devido a presença de sacos aéreos. Isso provoca uma super amostragem desses grãos já que várias árvores desse gênero foram plantadas pelo governo de São Paulo nos arredores do parque como obra de paisagismo. Em Dakota, EUA, Hansen & Wright Jr. (1987) evidenciaram a capacidade de pólen de *Pinus* percorrerem grandes distâncias e colonizarem diversas áreas.

Não existe nenhuma relação entre a morfologia do esporo e o processo dispersão, apesar da variabilidade encontrada na esporoderme. Simabukuro (1995) relatou que a expansão do perisporo, como observado em *Thelypteris*, pode favorecer a dispersão pelo vento, semelhante a sementes aladas. De acordo com Cain *et al.* (2000) e Ecker *et al.* (2008) há controvérsia sobre as consequências das taxas de dispersão para a diversidade e a estrutura genética dentro e entre populações periféricas, pois é difícil mensurar a frequência de esporos carregados por longas distâncias a partir da fonte inicial (planta-mãe). Page (1979b) relata que as condições climáticas das florestas tropicais úmidas influenciam na diversidade de samambaias e licófitas, tendo em vista o favorecimento da deposição dos esporos presentes no ar seco por chuvas frequentes e leves. Simabukuro (1995) pressupõe que chuvas fortes diminuem os esporos no banco de solos.

Allesio & Rowley (1966), Hanumantha et al. (1991), Soomro et al. (1991), Bonnefile et al. (1993) demonstraram que as condições de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, direção e velocidade do vento, radiação solar e geologia local são os principais fatores que influenciam na dispersão tanto de esporos como, principalmente de grãos de pólen. De acordo com Raynor et al. (1976) a velocidade média ideal para penetração dos grãos de pólen na atmosfera de uma floresta é de $2,3 \text{ m.s}^{-1}$, sendo importante fator para o refluxo dos esporos que ficaram depositados nas folhas. Os resultados obtidos através da análise canônica demonstraram que o vento pode atuar como um elemento para o influxo de esporos, porém não é o principal fator que influencia nos processos de dispersão dos esporos na área. No caso do relevo, a formação existente corresponde a mares de morro, com baixas declividades e topografias pouco movimentadas, o que não parece ser um fator de grande importância para a precipitação de esporos na área.

A quantidade e qualidade de esporos de samambaias e licófitas encontrados na atmosfera, dos mais diversos ambientes são diferentes ano a ano. Fatores meteorológicos e aspectos fenológicos das plantas são os principais processos que influenciam na dispersão (Chen & Chien 1986). A principal adaptação para o sucesso da dispersão dos esporos é certamente a imensa quantidade em que eles são produzidos, que é diretamente influenciada pelas variações climáticas. No presente estudo foram constatadas flutuações mensais na produção de esporos das espécies nos quatro pontos amostrados, assim como entre os espécimes da mesma espécie registrados para áreas diferentes. Entretanto, se considerarmos o fluxo de precipitação para cada área, é possível verificar que existe correlação entre os períodos de produção e o fluxo de precipitação.

Os esporos de samambaias e licófitas são dispersos principalmente pelo vento. A deposição em um substrato irá ocorrer através dos fatores como umidade e gravidade. Gregory (1945) relata que condições de ar seco induzem a suspensão de grande parte das partículas atmosféricas, enquanto que a umidade ou chuva influenciam diretamente na deposição.

De acordo com Page (1979b) o potencial de retenção dos esporos é o primeiro fator que se deve considerar no processo de deposição destes nos solos. Este é favorecido pela umidade ou a ligação de cargas elétricas. No solo, os esporos de samambaias e licófitas podem permanecer dormentes até que novos estímulos ambientais possam induzir os processos de germinação. Caso contrário, os esporos podem: (i) ser carregados pela ação da água (lixiviação); (ii) carregados pelo ar (ressuspensos para a atmosfera); (iii) predados; (iv) preservados, permanecendo depositados (formando banco de esporos) e (v) depositados em camadas mais profundas do solo (percolação ou distribuição vertical) (Page 1979b, Howe & Chancellor 1983).

O vento e a água são fatores que acabam refletindo novamente no processo de suspensão dos esporos, e assim influenciando na dispersão a longas distâncias. A predação é um fenômeno raro, sendo escassos os trabalhos que dissertam sobre o assunto. Simabukuro (1995) relatou casos

de predação de esporos por formigas e cupins dentro dos coletores de chuva polínica. Conway (1953) apontou que esporos de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. são predados por insetos conhecidos como Collembola.

Os bancos de esporos e a distribuição vertical desses em solos são dois eventos correlacionados e que tem recebido pouca atenção nos estudos dentro da área de palinologia. Isto se deve à dificuldade de preservação destes materiais em detrimento as diversas condições que os diferentes tipos de solo podem apresentar. De acordo com Andersen (1986) solos aeróbios proporcionam melhor oxigenação, o que acarreta na destruição do palinomorfo ali presente. O percolamento da água e animais invertebrados detritívoros viventes no interior do substrato, tanto como pela movimentação do solo em processo de sedimentação, favorecem as condições aeróbicas, levando a mistura vertical do perfil. Dessa forma o solo corresponde a uma área da palinologia bastante complexa.

O solo é uma composição entre o material de processos de intemperismo sobre a rocha, com isso, ele proporciona a fixação e deposição de substratos orgânicos de diferentes origens, formando uma camada mais fértil que serve de base para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres (Curi 1993). A formação de banco de esporos condiz à situação semelhante a banco de sementes, porém representando o conjunto de esporos armazenados capazes de germinar quando as condições ambientais são favoráveis, e assim constituir um novo indivíduo (Dyer 1994, Dyer & Lindsay 1992, 1996, Esteves & Dyer 2003, Lindsay 1995, Lindsay & Dyer 1990). A distribuição vertical está relacionada ao percolamento do esporo para camadas mais profundas do solo, podendo permanecer viável ou não.

Esporos de samambaias e licófitas são bastante resistentes ao ataque químico e microbiológico devido à presença da esporopolenina em sua parede mais externa. Em geral solos oxidados não oferecem boas condições para a preservação de esporos de samambaias, licófitas e grãos de pólen. A esporopolenina, uma das substâncias mais resistentes a fatores diversos, encontradas em tecidos vegetais, inclusive a ácidos e bases fortes, não resiste à oxidação (Traverse 1988). Dessa forma quando são depositados e distribuídos ao longo do perfil pedológico ao longo do tempo, a tendência é que estes se fossilizem, passando, portanto, a ser considerado um registro evolutivo importante para os eventos cronológicos sobre comunidades que vive ou viveu no local (Salgado-Labouriau, 2007).

Para análise da deposição temporal dos esporos no sedimento nos quatro pontos amostrados para o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), a representatividade de tipos foi diretamente influenciada pelos distintos aspectos ocorrentes no depósito sedimentar que prejudicaram a preservação dos grãos de pólen e esporos em certas amostras. Os cálculos das frequências e concentrações permitiram verificar os efeitos relativos da super-representação e sub-representação

das plantas constituintes da flora local e regional, indicando também possíveis representações de esporos constituintes do componente a longas distâncias. Tais informações foram essenciais para o estabelecimento da correlação entre a precipitação atual aqui analisada e a deposição dos esporos no sedimento ao longo do perfil.

Os perfis de solos coletados corresponderam a profundidade de 25 cm e o objetivo desta análise foi verificar a presença de palinomorfos ao longo da coluna litológica subsidiando as interpretações da dinâmica de deposição. A presença de esporos em conjunto com outros palinomorfos em grandes profundidades pode ser um fator importante para traçar eventos e registros de vegetações mais antigas e/ou pode indicar a dinâmica da paisagem existente. Sun (1989), Shang & Wang (1991), Williams & Hebda (1991), Barui & Chanda (1992) registraram a esporos de samambaias e licófitas em diversos sedimentos do passado, tais como em solos do Jurássico na China, solos do Mesozóico em terrenos vulcânicos, solos do Holoceno no Canadá e solos do Quaternário na Índia.

Os esporos de samambaias e licófitas tiveram presentes em todos os níveis estratigráficos amostrados para os quatro pontos de estudo, apesar da existência de latossolos vermelho-amarelado indicar a existência de processos oxidativos. Todos os tipos identificados correspondem ao componente regional da comunidade vegetal encontrada no PEFL. De acordo com Salgado-Labouriau (2007) o conjunto palinológico do componente regional permite conhecer os eventos históricos do ponto de vista de vegetação e clima, sendo de extrema importância para a interpretação paleoecológica.

Para todos os pontos amostrados observa-se que os valores de concentração de esporos apresentam variações conforme a profundidade em cada perfil de solo analisado, com tendência a diminuição em relação ao topo (0-1 cm). Simabukuro (1999) e Simabukuro *et al.* (1998a, b, c) também demonstraram que o número de esporos de samambaias e licófitas decresceram com o aumento da profundidade. Esteves & Dyer (2003) verificando a distribuição vertical de esporos no solo verificaram que ao longo de um perfil de 80 cm, a maior quantidade de esporos esta nos níveis próximos a superfície.

Com a finalidade de compreender as condições ambientais locais, os tipos identificados em cada nível estratigráfico; para cada ponto de estudo, foram discutidos conforme aos agrupamentos pelo tipo de hábito da planta, e permitiram inferir sobre os aspectos ecológicos da área, principalmente em relação à umidade local e densidade da vegetação. A grande maioria dos estudos de sedimento enquadram os esporos de samambaias e licófitas de forma mais generalista, embora representem um grupo importante nos estudos de sucessão ecológica, correspondendo à fase pioneira. Lloyd (1974) destaca a importância do grupo para os processos de restauração natural de áreas impactadas demonstrando a eficiência reprodutiva nestes ambientes.

No ponto 1 verifica-se agrupamentos de espécies herbáceo-epífítico e herbáceo-arborescentes ao longo do perfil, oscilando entre a mata de dossel arbóreo fechado e estrato herbáceo diverso e mata secundária de dossel semi-aberta e úmida (figura 89). A base (24-25 cm) e o nível subsequente (20-21 cm) são caracterizados pela presença de epífitas bem como a ocorrência de herbáceas do tipo *Blechnum*, *Pteris* e *Megalastrum* sugerindo uma diversidade entre os hábitos herbáceo-epífítico (figura 90).

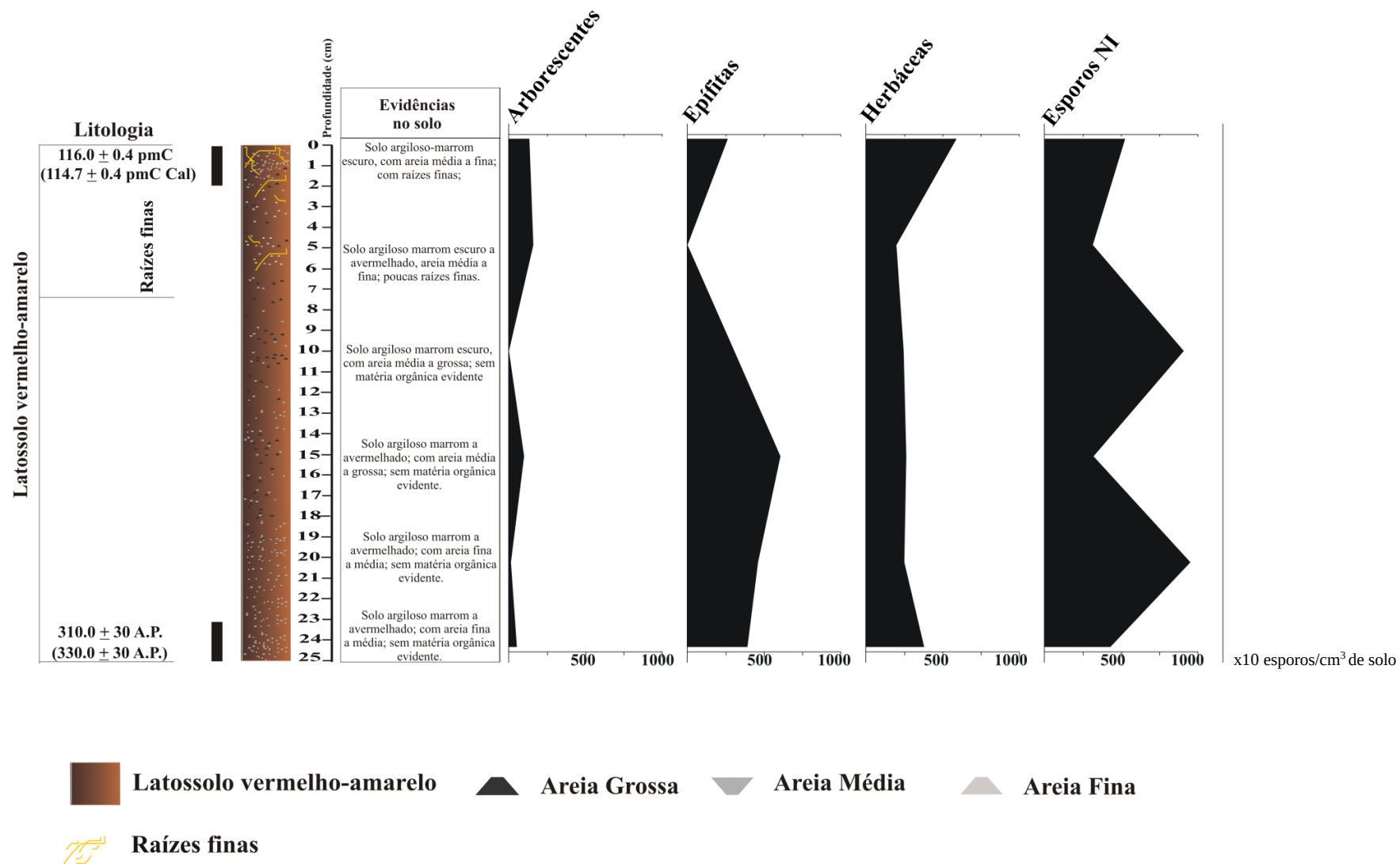


Figura 90. Litologia do perfil, evidências encontradas no solo e concentração total por hábitos dos tipos de esporos identificados nas análises de deposição temporal dos esporos do Ponto 1 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

Em consequência da alta frequência e concentração de epífitas do tipo *Serpocaulon* provavelmente o ambiente era formado por uma mata bem estabelecida, com sombreamento e umidade adequados para o estabelecimento das populações. O aspecto climático ainda pode ser corroborado pela presença do tipo *Megalastrum*, espécie comum da costa do Brasil, ocorrendo em toda extensão da Mata Atlântica (Moran *et al.* 2009). Posteriormente (nível 15-16 cm) a diversidade de epífitas aumenta, com o aparecimento de *Microgramma*, ocorre diminuição de *Blechnum* e o estabelecimento de outras herbáceas como *Botrychium*, *Campyloneurum*, *Lastreopsis*, *Linsaea*, *Pteris*, *Pterium* e *Selaginella*, sugerindo grande umidade no ambiente e provavelmente o surgimento de estrato arbóreo mais fechado e condições de sombreamento ideais para a presença de samambaias e licófitas (figura 90). O tipo *Botrychium* também foi registrado nas análises de precipitação; entretanto, a espécie não pertence a flora de samambaias e licófitas do PEFI (Prado 1998, 2004a).

O nível 10-11 cm é caracterizado pela diminuição da vegetação herbácea-epifítica encontrada no nível anterior, com a ascensão e estabilização da concentração de *Blechnum* novamente, sugerindo a abertura do dossel e o início da degradação do ambiente (figura 90). Estes eventos podem ser fatores que desencadearam maior incidência solar na área, acarretando no aparecimento de outros indivíduos, e conseqüentemente o surgimento de outros tipos no sedimento no nível subsequente (5-6 cm) (figura 90), que é caracterizado pelo aumento da deposição de esporos do tipo *Cyathea* e *Podocarpus*. O topo do perfil do ponto 1 reflete a condição atual da vegetação encontrada na área, sendo caracterizado pela presença dos tipos *Cyathea*, *Microgramma*, *Serpocaulon*, *Blechnum* e grãos de pólen de *Podocarpus*. Os tipos são característicos de vegetação secundária de dossel semi-aberto, condições ambientais encontradas para o PEFI.

O ponto 2 é caracterizado pela alta frequência, e maior diversidade e concentração de tipos de esporos, com grande quantidade de tipos característicos de vegetação herbácea (figura 91). Dentre estes destacaram os tipos *Adiantum* e *Blechnum* que predominaram ao longo do perfil, apresentando reduções da concentração nos níveis 5-6 e 15-16 cm. A presença de *Adiantum* e *Blechnum* em conjunto com tipos epifíticos e arborescentes (*Alsophila* e *Cyathea*) registrados para o perfil sugere que a área passou por períodos de oscilações entre condições úmidas e secas, causada provavelmente por degradação do dossel arbóreo, pois de acordo com Tryon & Tryon (1982) e Prado (2004a, b), *Blechnum* é um gênero generalista que não possui seletividade a umidade e a luz, enquanto *Adiantum* é típico de ambientes sombreados e úmidos, crescendo no interior da mata em locais protegidos. Além disso, *Cyathea* e *Alsophila* são característicos de ambientes sombreados e úmidos (Prado 2004a, b, Hirai & Prado 2010).

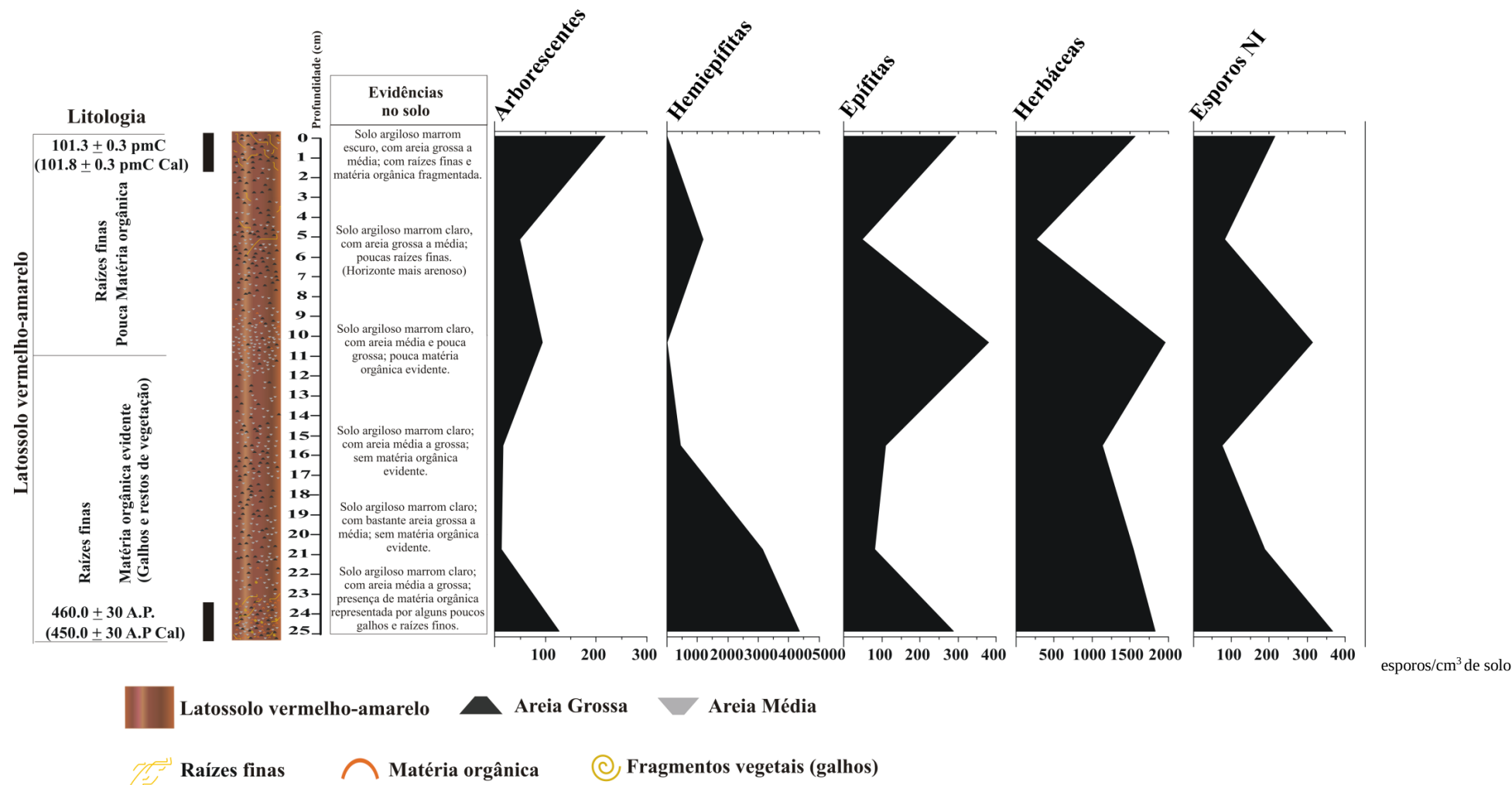


Figura 91. Litologia do perfil, evidências encontradas no solo e concentração total por hábitos dos tipos de esporos identificados nas análises de deposição temporal dos esporos do Ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

Na base (24-25 cm) do perfil observa-se grande quantidade de esporos, principalmente de herbáceas, entre elas *Blechnum*, *Botrychium* (que atualmente não ocorre na área) e *Adiantum*, além da assembleia hemiepifítica constituída por *Lygodium* e *Polybotrya*. Em menor quantidade as espécies epífitas de *Pleopeltis* e *Serpocaulon* em conjunto com o tipo arborescente representando por *Cyathea* (figura 91). A presença destes tipos sugere a possibilidade da existência de mata constituída por dossel semi-fechado durante o período, com maior estabilidade entre umidade e condições secas. Em contrapartida, o nível subjacente (20-21 cm) o ambiente apresentou redução da concentração de tipos epifíticos e arborescentes (figura 91), com aumento significativo do tipo *Blechnum*, indicando provavelmente a degradação do dossel arbóreo, com abertura da mata e entrada de luminosidade.

O nível 15-16 cm pode ser caracterizado por vegetação típica de ambientes úmidos, matas de galeria e principalmente áreas alagadas. Os tipos predominantes constituem o estrato arbóreo com predomínio de *Alsophila* e estrato herbáceo dominado por *Salpichlaena* e *Thelypteris*. A presença dos tipos corrobora com a presença de ambiente de clima mais úmido (figura 91), talvez com a presença de corpos hídricos (Tryon & Tryon 1982). A diminuição do tipo *Blechnum* e a assembleia de esporos do tipo arborescente *Alsophila* juntamente com as epífitas *Pleopeltis*, *Serpocaulon* e *Vittaria*, podem indicar que houve regeneração da mata. Embora as plantas sejam comuns em florestas úmidas também, são características de matas secundárias, estando presente em locais em processo de regeneração, visto que as epífitas necessitam de forófito para se estabelecerem (Tryon & Tryon 1982). Essa condição é corroborada quando se analisa o nível 10-11 cm do perfil. Nesse é possível observar o aumento da concentração de epífitas e consequentemente de arborescentes (figura 91), com a formação de estrato herbáceo constituído por *Blechnum*, *Adiantum* e *Elaphoglossum*; indicando que provavelmente a mata já estava bem estabelecida no período.

No nível 5-6 cm a concentração de esporos teve decréscimo e esta relacionado ao tipo de solo arenoso, formado por areia grossa e grãos de aproximadamente 1 mm, o que acarretou na diminuição das concentrações. Não foi possível estabelecer a relação entre os tipos identificados e o provável estado da vegetação no período, no entanto o aumento da concentração de hemiepífitas, representada por *Polybotria* junto com a assembleia arborescente do tipo *Cyathea* pode sugerir que a mata persistia no local (figura 91).

No topo do perfil (0-1 cm) a assembleia de esporos encontrada corrobora com a vegetação atual da área, caracterizada por mata secundária de dossel contínuo aberto formado por grandes quantidades de indivíduos epifíticos (figura 91). Ocorre alta concentração do tipo herbáceo *Adiantum*, não registrado para área no levantamento da flora local. Apesar disso, a presença do tipo

indica alta taxa de entrada de matéria orgânica na área, tendo em vista que as espécies do gênero ocorrem em solos de ambientes abertos ricos em nutrientes (Prado 2004b).

Segundo o diagrama de concentração e frequência do ponto 3 (figuras 81, 82) a área no momento da sua ocupação foi degradada, devido a pouca diversidade de palinomorfos encontrado na base (24-25 cm), semelhante ao topo (0-1 cm). Observa-se o aumento da riqueza dos tipos apenas entre os níveis estratigráficos 21 a 6 cm de profundidade, refletindo a diminuição no fator de degradação causada pelo equilíbrio da dinâmica da vegetação, provavelmente pela criação e oficialização do PEFI no ano de 1969. Nos níveis foi registrada a presença de herbáceas, entre elas *Blechnum* e *Deparia* e epífitas com *Serpocaulon* (figura 92).

No ponto 4, o nível estratigráfico base (24-25 cm) do perfil, pode ser caracterizado, por condições climáticas mais úmidas, com vegetação associada a mata mais fechada. Isto é corroborado pela alta concentração registrada e predomínio das assembleias arborescentes e herbáceas (figura 93) *Cyathea*, *Dicksonia*, *Lindsaea* e *Thelypteris*, somado as altas concentrações de *Podocarpus*, e presença de pólen de *Drymis* J.R.Forst. ex G.Forst., todos indicadores de condições baixa temperatura (maior umidade). Os gêneros *Dicksonia* e *Thelypteris* presentes no nível são típicos de ambientes úmidos e sombreados, de matas montanas e florestas nebulares da América Tropical (Tryon & Tryon 1982, Prado 2004a, c); *Dicksonia* tem capacidade de sobreviver em condições de temperaturas baixas e rigorosas (Scherer & Lorscheitter 2008); *Thelypteris* pode ser encontrada em matas de galeria e principalmente áreas alagadas. Algumas algas, tais como *Pseudoschizae*, *Mougeotia* e *Coelastrum*, indicadores de corpos de água, também foram observadas no nível, sugerindo condições mais úmidas, com a probabilidade da formação de ambiente lacustre. Estas características suportam ainda mais a existência de estado climático úmido no nível.

O nível subsequente (20-21 cm) é notória abertura moderada da vegetação, em consequência do aumento considerável do tipo *Blechnum* e redução dos outros tipos registrados para o nível da base. A presença maciça de *Blechnum* indica condições ambientais de baixa umidade local, já que o gênero é menos seletivo e suporta maiores intensidades de radiação solar. Esta condição climática pode ainda ser justificada devido a grande concentração de esporos não identificados (Esporos NI) em nenhum nível taxonômico encontrado nos níveis acima (15-16 cm e 10-11 cm), indicando que no período ocorreu alta degradação do ambiente interferindo na preservação dos palinomorfos (figura 93).

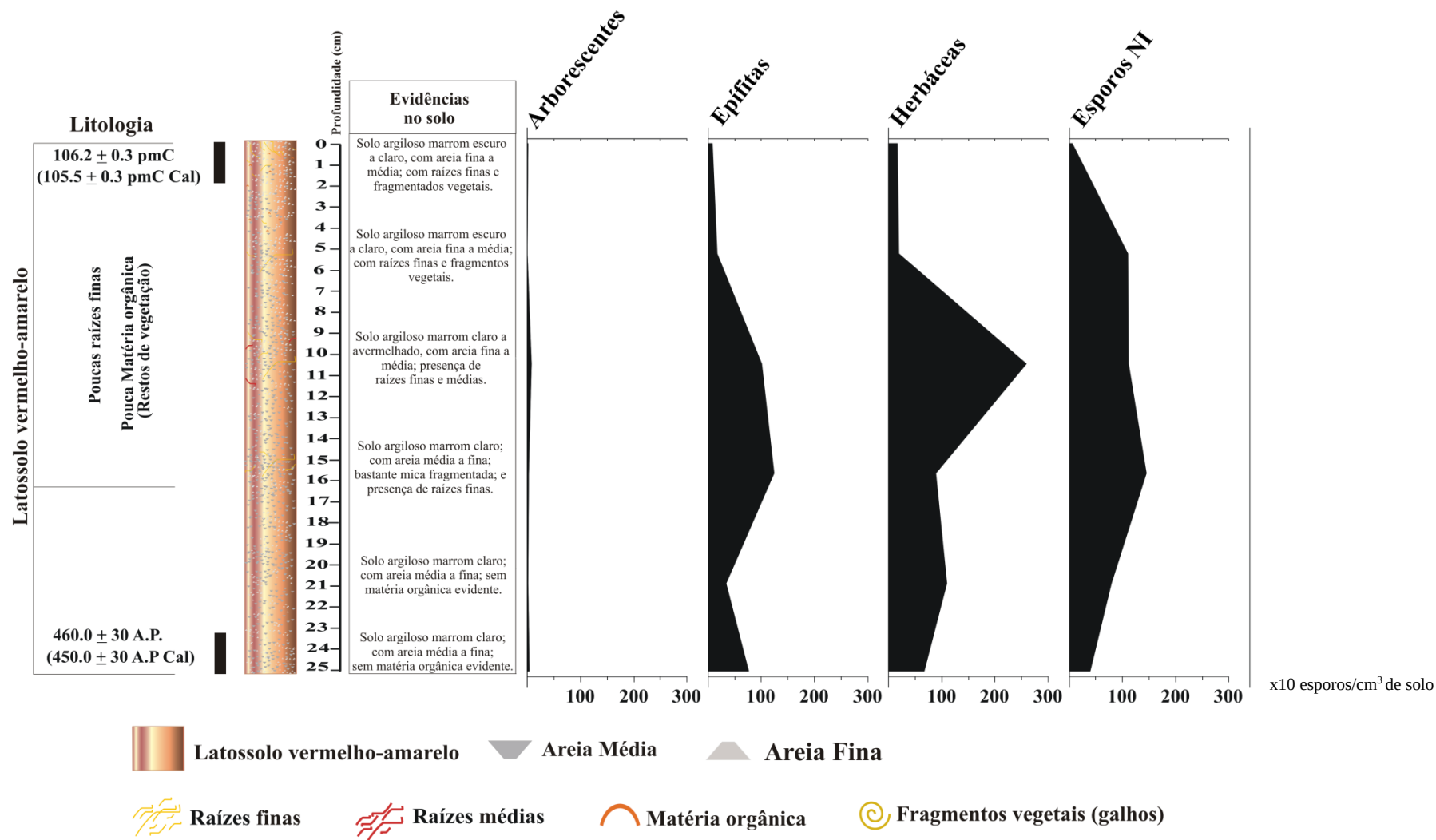


Figura 92. Litologia do perfil, evidências encontradas no solo e concentração total por hábitos dos tipos de esporos identificados nas análises de deposição temporal dos esporos do Ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

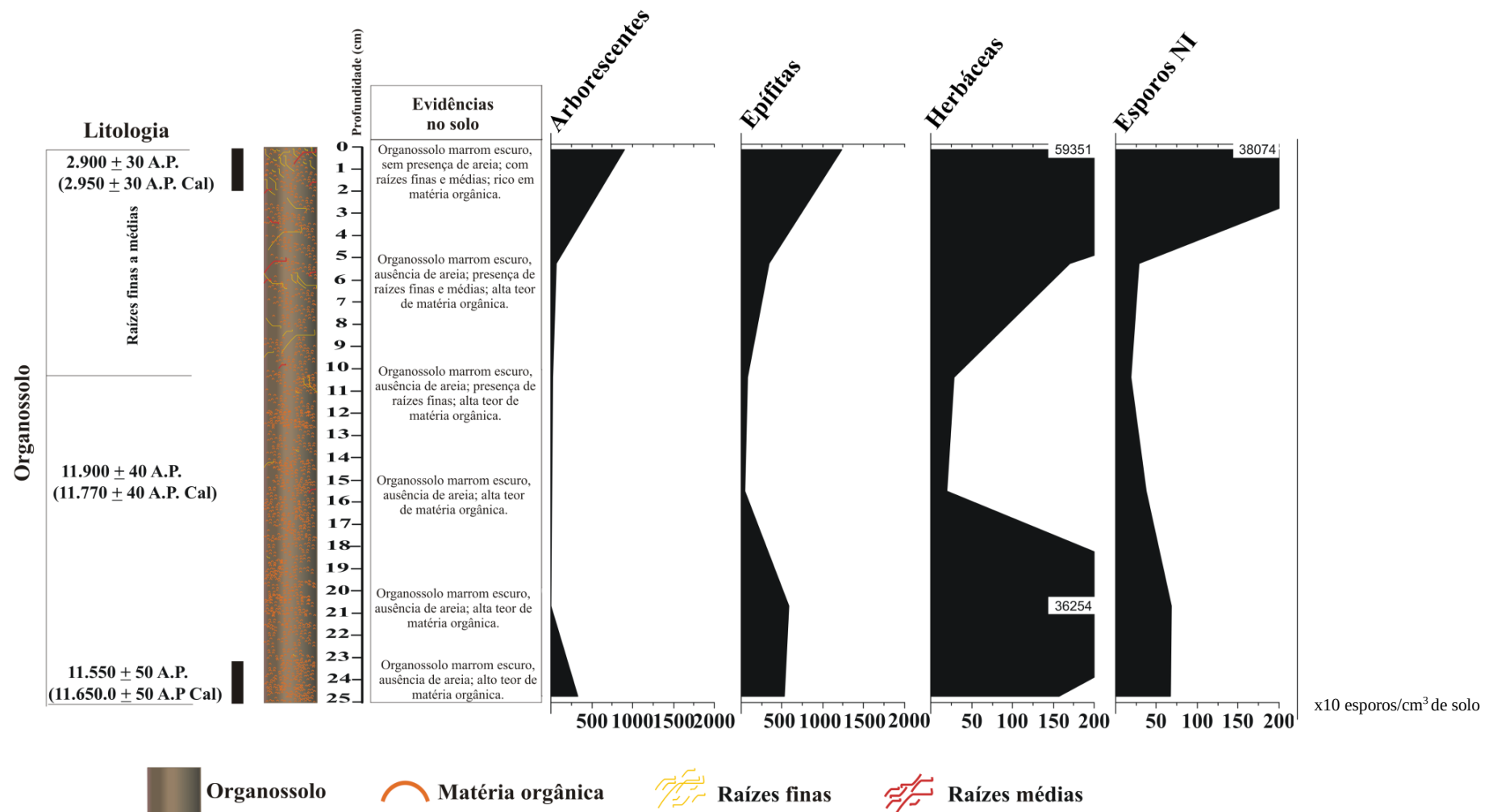


Figura 93. Litologia do perfil, evidências encontradas no solo e concentração total por hábitos dos tipos de esporos identificados nas análises de deposição temporal dos esporos do Ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados.

Apesar da diminuição dos palinomorfos observada nos níveis, em 5 a 6 cm de profundidade provavelmente as condições climáticas propensas para ambiente úmido parecem retornar, sendo refletidos pela presença da assembleia de samambaias herbáceas associadas às epífitas (figura 93). O aumento significativo de *Blechnum*, *Serpocaulon* e *Podocarpus* a partir deste nível sustenta a hipótese de estado climático úmido, caracterizando a moderada abertura do dossel, em consequência da presença de plantas pouco seletivas (*Blechnum*) e plantas típicas de mata mais fechada (*Serpocaulon* e *Podocarpus*) (Tryon & Tryon 1982, Prado 2004a, Prado *et al.* 2010).

Knobel (1995) analisando os aspectos da regeneração natural da Reserva Biológica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga definiu quatro quadrantes termopluviométricos para a área: quente/seco; quente/úmido; frio/seco; frio/úmido, com condições de ocorrência de anos climaticamente anormais e de geadas. Estes aspectos climáticos tem relação direta com a dinâmica da vegetação, tendo em vista que períodos mais úmidos refletem solos saturados e com a ação do vento, favorecem a queda de árvores e formação de clareiras (Whitmore 1975). Consequentemente nesse período existiria um maior recrutamento de plântulas, acelerando a ocupação das clareiras. Por outro lado, anos secos dificultam a germinação de sementes e o recrutamento. Para os palinomorfos, as condições climáticas representam um fator bastante importante para sua preservação. A diminuição da umidade ambiental provoca rolamento e exposição ao ar dos grãos de pólen e esporos, resultando em danos mecânicos na parede dos palinomorfos, enquanto a presença de períodos úmidos favorece a preservação destes, refletindo no aumento geral da sua riqueza no sedimento (Hórák 2009).

A integração entre estes dados e os resultados obtidos pela análise geocronológica (Datação por Espectrometria de Massas com Aceleradores) demonstram que as idades do topo (0-1 cm) e base (24-25 cm) dos pontos 1, 2 e 3, conforme tabela 5, correspondem ao período atual analisado, indicando em conjunto com as assembleias de esporos, que provavelmente a área do PEFI está passando por um processo de regeneração da mata local desde sua criação legal (figuras 90-92, tabela 5), tendo em vista que as primeiras desapropriações remontam ao ano de 1895 (Matheus 2008). De acordo Godoy & Trufem (2007) a região do PEFI possui um histórico de alterações, anterior à desapropriação da área pelo Governo do Estado de São Paulo, que era ocupada por sitiantes e fazendeiros, que cultivavam pequenas roças e plantações mais extensas de café. A localização privilegiada no caminho do mar favoreceu a concentração de sitiantes e pessoas, acarretando em alterações da morfologia da paisagem da área a partir dessa época, que remonta a década de 20 do século XIX. Foi neste período ainda que sobressai na história o período da Proclamação da Independência às margens do Ribeirão Ipiranga, a inauguração do Museu e Monumento do Ipiranga, representando os marcos legais para o povoamento da região e consequentemente início da degradação da paisagem (Struffaldi-De-Vuono 1985, Matheus 2008).

Isto reflete na assembleia de tipos encontrados nas análises de deposição, que caracterizam vegetação típica de ambientes abertos, com abundância de *Blechnum* sempre nos níveis intermediários, correspondendo provavelmente ao mesmo período (150 anos A.P. – ano de 1865).

Entre 1950 e 1972 a área do PEFI passou por intensa pressão urbana, com a implantação de vários loteamentos que promoveram o adensamento populacional e acelerada urbanização da região. Foi estabelecida uma grande ligação viária que interligava a região a vários municípios, tais como a criação da Via Anchieta, Estrada das Lágrimas, Avenidas Almirante Delamare e Ricardo Jafet (Matheus 2008). Os processos de expansão acarretaram numa maior degradação ambiental, com intervenções antrópicas como retirada do solo, o que culminou na criação da unidade de conservação que conhecemos hoje (Godoy & Trufem 2007), caracterizada por mata secundária em processo de regeneração.

Entretanto, para o ponto 4, a datação do topo (0-1 cm), nível intermediário (15-16 cm) e base (24-25 cm) conforme tabela 5, não corresponderam ao período atual embora as maiores frequências e concentrações de tipos sejam de *Blechnum* e *Cyathea*, espécies presentes *in situ* formando grandes populações (figuras 84, 86, 93). O resultado pode ser comparado ao encontrado por Ledru (1993) na turfeira de Salitre (MG), onde o topo foi datado em cerca de 3.000 anos A.P. sendo este resultante de processo natural, já que o local não apresentava influência antrópica. Por outro lado no trabalho realizado por Ferraz-Vicentini (1993) foi encontrado numa vereda em Cromínia (GO) um solo superficial que corresponde a cerca de 3.500 anos A.P., decorrendo de distúrbios humanos no local de coleta. O mesmo ocorre em Jaguariúna (SP), onde Scheel-Ybert *et al.* (2003) amostrando dois pontos verificou que houveram inversões cronológicas nas amostras, sendo atribuídas a bioturbação e a natureza coluvial do depósito (sendo este um fator natural). No município de Anhembi também foi visto que a datação no topo diferiu da atual sendo que a amostragem de 0-10 cm datou de 2.360 ± 60 (Scheel-Ybert *et al.* 2003).

Na área que corresponde atualmente o PEFI, os conhecimentos sobre a região remontam a 1510 com o registro da presença de índios Guainazes que habitavam principalmente a margem direita do Ribeirão Guapituva. A existência de terras mais acidentadas e pouco férteis, cortadas pela bacia do Tamanduateí na qual se encontra o Riacho Ipiranga, não eram atrativos na época, conservando, portanto a vegetação existente. A pressão antrópica na área foi iniciada por volta de 1850, logo após período da Declaração da Independência do Brasil, sendo marcado por forte adensamento populacional em toda capital Paulista. A partir da década de 40 do século XX, a região sofreu forte pressão antrópica com a abertura das estradas de rodagem para Santos (via Anchieta e a Rodovia dos Imigrantes).

Suguio (1999), ao fazer a comparação entre os dados paleoclimáticos, baseados em palinologia, da região Central (Goiás e Distrito Federal) e Sudeste (Minas Gerais) do Brasil nos

últimos 30.000, conclui que no período de 13.000 a 10.000 anos A.P. o aumento progressivo da frequência de grãos de pólen de plantas arbóreas indica a retomada do desenvolvimento da floresta pluvial. No entanto, os níveis lacustres eram divergentes, pois em alguns lagos houve ressecamento (GO e DF) enquanto que em outros os níveis de água aumentaram (MG). O autor menciona ainda que o fim do Pleistoceno na Serra do Estreito (BA) apresentou expressivo aumento de umidade e temperaturas mais baixas que hoje, permitindo a expansão da floresta tropical úmida com elementos característicos de ambientes frios no período de 10.990 a 10.540 anos A.P. O resultado assemelha-se ao visto para o PEFI, já que na base do perfil deste local, identificado como sendo o limite Pleistoceno-Holoceno (11.550 ± 50 anos A.P. / 13.505 ± 115 anos Cal A.P.) foi visto um aumento da riqueza nos esporos (figura 93).

Segundo Tryon & Tryon (1982) a espécie *Dicksonia sellowiana* Hook., única da família Dicksoniaceae encontrada atualmente no PEFI (Prado 2004a, c), apresenta-se frequentemente em ambientes sombreados, em matas úmidas de montanha, florestas nebulares na América tropical e ao pé de encostas ou matas de galeria. Scherer & Lorscheitter (2008) apontam que esta espécie, de porte arborescente, é típica da composição florística da mata com Araucária, capaz de sobreviver às condições rigorosas do inverno. Podendo estar correlacionada com a presença na base do perfil de grãos de pólen indicadores de baixa temperatura (*Drymis* J.R.Forst. et G.Forst. e *Podocarpus* L'Hér. ex Pers.), bem como indicadores de corpos de água (*Pediastrum*). As condições climáticas corresponderam ao período de transição Pleistoceno (mais frio a muito mais frio) para o Holoceno (condições mais quentes). Além disso, *Lindsaea* Dryand ex Sm. de porte herbáceo, encontrada apenas no nível mais profundo do perfil, pode ser mais a evidência da existência de mata densa, fria e fechada há aproximadamente 13000 anos atrás, pois é o gênero é tropical, e as espécies vivem, preferencialmente, em florestas úmidas embora também possa ser eventualmente encontradas em áreas de campo, pântanos e áreas rochosas abertas (Tryon & Tryon 1982).

Levando em consideração as concentrações (figuras 77, 80, 83, 86), frequências (figuras 75, 78, 81, 84) as assembleias formadas em cada nível e para cada ponto de estudo, e as análises geocronológicas obtidas, de modo geral, os estudos de deposição temporal indicam que a área passou por períodos de oscilação entre ambientes úmidos e secos, caracterizado pelos seguintes fatores:

- a. Alta quantidade e diversidade de tipos encontrados ao longo do perfil;
- b. Alta quantidade de esporos não identificados em nível genérico (Esporos NI – indicadores de ambiente degradado, em consequência a má preservação da esporoderme);
- c. Abundância e diversidade de herbáceas (caracterizado pela presença de diversos tipos);
- d. Pela formação de dossel com predomínio de espécies epífitas;

- e. Distribuição mais ou menos uniforme ao longo do perfil e concentração homogênea em toda área de deposição, principalmente dos tipos *Blechnum*, *Cyathea*, *Microgramma* e *Serpocaulon*;
- f. Altas concentrações, nos pontos de estudo e em todos os níveis estratigráficos, de grãos de pólen de *Podocarpus*, indicadores de ambientes de baixa temperatura.

De acordo com Gandolfi (1991), oscilações ambientais entre períodos úmidos e secos podem ser consideradas como importante elemento do regime de perturbação local. Isto pode ser justificado pela intensa ocupação da área, que sujeitou a floresta original existente a pressões urbanas, causando o isolamento de outras fontes de propágulos, efeitos de borda, redução dos polinizadores e dispersores, poluição atmosférica (Knobel 1995, Struffaldi-De-Vuono 1985, Struffaldi-De-Vuono *et al.* 1984, 1988). Luz (2013) relata que a instabilidade das condições ambientais em determinada área não permite estabelecer a correlação direta entre as taxas de dispersão, produção e deposição nos sedimentos de esporos e grãos de pólen, sendo necessário conhecer a abundância local e regional das plantas existentes nas áreas de deposição.

Considerando a concentração de tipos identificados (figuras 77, 80, 83, 86), o fluxo de precipitação (figuras 57, 60, 63, 66) e produção de esporos das espécies (figuras 42 a 45) para a área do PEFI é possível estabelecer relações significativas que evidenciam a regeneração natural da área. A produção de esporos foi demonstrada durante o ano inteiro, com fluxo total de precipitação de 102.000,00 esporos/cm². Nos quatro perfis coletados foram encontradas altas concentrações de esporos no sedimento, que permitiram indicar a situação atual em se encontra a área e os prováveis eventos climáticos em relação aos períodos de estiagem e umidade ao longo da transformação da paisagem em detrimento a degradação ambiental da área.

As espécies de samambaias e licófitas presente na área do PEFI apresentam aspectos ecológicos importantes que teoricamente possibilitam a formação de banco de esporos, entretanto a contribuição dos esporos viáveis depositados não permite confirmar de fato o grau de regeneração da área existente, tendo em vista que na análise de germinação dos esporos em solo não foi evidenciada taxas de germinação e nem a formação de protalos. Possivelmente, os esporos são depositados no solo e carregados para as camadas mais profundas, porém não encontram situações adequadas para a germinação.

Os esporos quando dispersos não resultarão na produção de novos esporófitos, permanecendo secos ou por muito tempo no escuro, até perderem a viabilidade. O tempo de viabilidade, a velocidade de germinação e a taxa de crescimento são fatores primários de competição (Dyer & Lindsay 1992, Lloyd & Klekovsky 1970). Dessa forma, o número total de

esporos observados em todo o perfil é sempre maior que o número de esporos viáveis em consequência da esporoderme.

De acordo com Dimbleby (1961) não é correto relacionar profundidade com o tempo de deposição, pois os esporos estão sujeitos à movimentação. Leck (1980), Leck & Simpson (1987) e Dyer & Lindsay (1992) demonstraram que ocorre redução da viabilidade de esporos conforme o aumento da profundidade. Randi & Felipe (1988a,b) observaram germinação de esporos de *Cyathea delgadii* coletados na área do PEFI, entretanto este resultado não foi observado no presente estudo. Page (1979b) cita que espécies de samambaias arborescentes, como as da família Cyatheaceae, perdem a viabilidade dos esporos em poucas semanas quando submetidas a oscilações significativas de temperatura. Esporos clorofilados, como os de Osmundaceae, Gleichniaceae, Grammitidaceae e Hymenophyllaceae apresentam as mesmas características.

A germinação de esporos é um processo fisiológico que depende das condições ambientais favoráveis para que ocorra (Page 1979b). A criação de micro-habitats para proporcionar sombra, umidade, estabilidade do substrato e proteção contra a concorrência, permite o estabelecimento de gametófitos e posteriormente, esporófitos jovens, dando continuidade ao ciclo reprodutivo (Page 1979a, b). Sob determinadas condições, os esporos podem ser depositados no solo e, por mecanismos diversos, serem levados para o interior permanecendo por determinado período em estado dormente e somente irão germinar quando levados à superfície.

Cada grupo de esporos frescos depositados sobre a superfície ano após ano durante cada temporada de esporulação se movem para baixo. Esporos viáveis são encontrados na maioria das vezes na parte superficial do solo e sobrevivem pelo menos até a próxima temporada de produção (Dyer & Lindsay 1992, Guimarães & Felipe 1999, Lindsay 1995). Apenas uma minoria se move rapidamente em decorrência da penetração limitada no solo e em virtude da facilidade dos esporos em se ligar às partículas presentes.

As características minerais do solo influenciam muito mais no estabelecimento de gametófitos e esporófitos do que nos processos de germinação, já que os esporos contêm nutrientes suficientes estocados sob a forma de lipídeos, proteínas e açúcares capazes de suprir todo o processo de germinação (Miller 1968). Em consequência da alta plasticidade genotípica do gametófito o estabelecimento da espécie no ambiente é muito mais vantajoso, constituindo somente um problema para identificação do material pelo coletor (Stokey 1951).

Estudos demonstrando a relação entre os nutrientes essenciais, seus valores no solo e sua eficiência para os processos de germinação de esporos são escassos. Os principais trabalhos apontam água, luz, temperatura e pH como as principais condições que induzem a germinação, e não relatam quais características físico-química do solo seriam importantes para o processo (Borodin 1867, Burgerstein 1908, Conway 1949, Esteves & Felipe 1985, 1990, Guervin &

Laroche 1967, Hartt 1925, Hevly 1963, Howland & Edwards 1979, Lindsay *et al.* 1995, Klebs 1916, 1917, Marcondes-Ferreira & Felipe 1984, Miller 1968, Mohr 1956, Page 1979a, Raghavan 1989, Simabukuro *et al.* 1993, 1998^a, Schulz 1902, Sugai 1971, Teodoresco 1929, Towill & Ikuma 1975).

Os vários tipos de substâncias de reserva dos esporos foi evidenciada por diversos autores, como Towill & Ikuma (1975), DeMaggio & Stetler (1980, 1985), Gemmrich (1977, 1979a, b, c), Seilheimer (1978), Felipe *et al.* (1989), Robinson *et al.* (1973), Randi (1987), Randi & Felipe (1988a, b, e), Whittier (1990), Gullvag (1968), Raghavan (1970), Huckaby & Miller (1984). Todos indicaram que a germinação é um processo totalmente dependente do estoque de metabólitos produzidos pelos esporos e não sofre influência da composição físico-química do substrato. Em *Onoclea sensibilis* L. foi demonstrado que a redução de lipídios está diretamente relacionada à protrusão do rizóide, evidenciado pela utilização dos carboidratos a partir da conversão dos triglicerídeos na formação das células do protalo (Towill & Ikuma 1975, DeMaggio & Stetler 1980, 1985).

Schwabe (1951) e Conway & Stephens (1957) destacaram que elementos como nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre e metais são aspectos nutricionais que influenciam no desenvolvimento de gametófitos de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, provocando alterações no tamanho e na forma em detrimento da deficiência e/ou enriquecimento do meio. Lindsay & Dyer (1990) sugerem que a deficiência mineral é o fator limitante no estabelecimento de gametófitos de samambaias e licófitas. De acordo com estes autores gametófitos de amostras de solos mais profundas tendem a apresentar déficit de nutrientes o que acarreta no desenvolvimento mais lento do protalo em comparação aos esporos que se encontram na superfície. Isto é explicado provavelmente pelo baixo déficit de nutrientes em camadas mais profundas de solos. A disponibilidade de nutrientes do solo afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento subsequente das plantas induzindo a uma série de anomalias em consequência da alteração genotípica (Miller 1968).

Os dados das análises físico-químicas dos solos demonstrado na tabela 10 indicam a existência de um solo pobre em nutrientes e fortemente ácido, rico em fosforo e com níveis de alumínio consideráveis para um ambiente tóxico, sendo que a fertilidade dependente da biomassa florestal estabelecida, corroborando com os dados obtidos na mesma área de estudo por Struffaldi-De-Vuono (1985). Neste estudo a autora demonstrou que os solos apresentam alto grau de matéria orgânica, ocorrendo o decréscimo de todos os parâmetros conforme o aumento da profundidade (0-80 cm), indicando que existem condições minerais que permitam o estabelecimento de vegetação, entretanto, a presença de um pH ácido e altos teores de Al^{+3} provocam a deficiência em nutrientes, acarretando no lento desenvolvimento da vegetação presente.

Em solos ácidos e em condições não oxidativas, os esporos podem permanecer com as paredes intactas por centenas ou mesmo milhares de anos, mantendo todas as características morfológicas que permitem sua identificação, porém sem conteúdo celular, e, portanto, não viáveis. O índice de potencial hidrogeniônico (pH) encontrando na área variou entre 3,0 a 4,5 indicando portanto, a existência de solos ácidos não conferindo, portanto, condições favoráveis para a manutenção da viabilidade dos esporos por muito tempo. Struffaldi-De-Vuono (1985) demonstra que o estado químico do solo é muito semelhante aos solos de cerrado descrito por Lopes (1983).

Page (1979) relata que o pH não é um fator importante para a germinação dos esporos, pois estes ocorrem em uma larga faixa. A acidez influencia muito mais no estabelecimento do esporófito do que na germinação do esporo, e somente em condições de pH extremamente ácidos, como 3,0, ocorre considerável influência na germinação.

A matéria orgânica desempenha importante papel no mecanismo de agregação das partículas do solo, influenciando em diversas outras propriedades, como estrutura, permeabilidade, retenção de água, penetração de raízes, drenagem e densidade aparente (Khiehl 1979). Existe a relação proporcional entre diminuição da acidez do solo e os teores de matéria orgânica em latossolos vermelho-amarelo (Comissão de Solos 1960). Raij (1969), Wutke (1972a, b) e Lopes (1983) demonstraram que o teor da matéria orgânica é dependente da capacidade de troca de cátions, que corresponde à soma de cátions de enxofre (S), alumínio (Al^{+3}) e hidrogênio (H^{+}). No presente estudo verificou-se que não uma relação entre o pH e o teor de matéria orgânica, tendo em vista que não foi evidenciando alterações significativas dos valores de pH. Supondo que existe correlação entre os teores de matéria orgânica e a profundidade, pois a 20 cm o solos analisados demonstram maiores valores de teor de carbono orgânico em relação à superfície. Há necessidade de análise mais acurada em profundidades maiores para poder estabelecer tais relações.

Outro fator que influencia no processo de germinação é a presença de substâncias fenólicas provenientes das plantas em nos solos. Sossountzov (1961), Howland & Edwards (1979), Esteves (1989) mostram os efeitos de cumarina na germinação de esporos em algumas espécies, inibindo o processo. Em populações da espécie *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, altamente rica em substâncias fenólicas, foi verificada que não há estabelecimento de protalos de outras espécies próximos aos esporófitos maduros desta, aparecendo somente com a retirada de *P. aquilinum* (Schwabe 1951; Conway 1957). Edwards & Miller (1972b) demonstraram também o efeito da telipterina em *Thelypteris normalis* (C. Chr.) Moxley presente nas raízes do esporófito adulto, relatando o potencial de inibição deste na formação dos gametófitos. Davidonis & Ruddat (1973) relataram que altas concentrações da substância interferem diretamente a divisão celular acarretando na inibição de gametófitos em *Pteris longifolia* L.

Implicações da morfologia dos esporos na germinação também foram evidenciadas, entretanto pouco se sabe sobre a correlação direta entre estes dois aspectos. Estudos realizados por Mitsui (1986) relatam que embora o perisporo tenha função de conferir proteção ao esporo, representa mais uma barreira para a célula rizoidal. Simabukuro (1991) e Esteves (1989) tentaram estabelecer a relação entre as características morfológicas e os processos de germinação concluindo que não existem correlações evidentes entre forma dos esporos, esporoderme e germinação. Tais características são úteis para indicar o grau de amadurecimento do esporo, a taxa de movimento destes para camadas mais profundas e a viabilidade em relação ao tempo de deposição.

Durante as excursões de campo foram registradas a inexistência de plântulas das espécies *in situ*, mesmo com a maioria dos indivíduos esporulando o ano inteiro. Esse estado não corrobora com os dados de esporulação obtidos no presente trabalho, tendo em vista que para algumas espécies, foram registrados períodos de formação de frondes férteis ao longo do ano. É possível inferir, portanto, que apesar das espécies estarem esporulando continuamente e produzindo quantidades imensas de esporos, estes provavelmente estão sendo depositados e levados para camadas mais profundas, permanecendo no sedimento e perdendo a viabilidade, e conseqüentemente não formando bancos de esporos capazes de regenerar e colonizar as áreas.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A partir da avaliação dos quatro pontos estudados, observou-se que aspectos como, a litologia de cada ponto e a variação planialtimétrica, podem influenciar na estratificação dos solos. As variáveis podem trazer, informações sobre deposição, conservação e composição das evidências dos palinomorfos. Considerando que a gênese do solo, associados aos mais diferentes fatores edáficos que a compõe, pode determinar a formação florestal que se apresenta atualmente no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Como testemunho natural, o PEFI apresenta uma área de grande importância ambiental e social, destacando-se o seu papel como repositório de biodiversidade, laboratório natural para pesquisas básicas e aplicadas, fator moderador do microclima local, fator ambiental em diversos níveis e área de lazer essencial para desenvolvimento de programas de educação ambiental e área de lazer para a comunidade do entorno.

Embora as samambaias e as licófitas sejam importantes na composição florística do PEFI, raros são os trabalhos dos quais são objeto de estudo. O enfoque dos estudos existente, de modo geral, é sempre para a morfologia do esporófito maduro com pouca ênfase para os aspectos morfológicos dos esporos e gametófitos, assim como os aspectos ecológicos das estruturas em relação à dinâmica do meio onde estão inseridas.

Estudos sobre a morfologia dos esporos das espécies presentes na área já foram iniciados e corresponde um importante referencial para a identificação desses em análises de precipitação e deposição de esporos nos solos, não somente para a área do PEFI, como para outras, dados esses que agregados poderão dar novos subsídios a algumas respostas apresentadas aqui.

O conhecimento sobre a produção estimada de esporos, a precipitação e deposição temporal nos solos para a área do PEFI são inéditos e permitiram demonstrar o número de espécies e a maneira como estão representadas na atmosfera e nos solos, incluindo as taxa de produção, dispersão e germinação, e os mecanismos de deposição temporal, contribuindo para o estabelecimento dos principais eventos que interferem na dinâmica da vegetação e para compreensão da possível formação de um banco de esporos no Parque. Existe a necessidade de estudos básicos sobre os fenômenos para cada espécie, assim como relaciona-los a processos de ontogenia do gametófito e esporófitos, importantes para dados de levantamentos florísticos, ecologia e fisiologia que muitas vezes são incompletos ou acabam por serem interrompidos por falta de identificação do material.

A sazonalidade do desenvolvimento do esporófito, embora aqui tratados sucintamente, demonstram alguns aspectos importantes que podem auxiliar nos estudos sobre a fenologia das espécies, tendo em vista a escassez destes para as florestas tropicais, em especial da Mata Atlântica.

Fatores climáticos, como temperatura, precipitação e fotoperíodo devem ser incluídos em novos estudos para melhor inferir sobre os principais eventos vegetativos e reprodutivos causados por fatores intrínsecos e extrínsecos e assim, determinar de maneira exata a fenologia das espécies dando subsídios para outras áreas afins.

A precipitação de esporos demonstra a dinâmica peculiar e interessante da dispersão dos esporos das espécies estabelecidas, visto que esporos de espécies não comum na área aparecem na análise. Isto, ainda indica, que os esporos podem se dispersar a longa distância e colonizar novos ambientes, auxiliando nos processos de regeneração. O estudo ainda proporcionou o conhecimento dos eventuais fatores que influenciam na dinâmica da dispersão das espécies existentes em áreas de Mata Atlântica, demonstrando, além de dados quantitativos dos tipos encontrados, aspectos que podem contribuir diretamente com a fenologia das espécies e a dinâmica de processos naturais de restauração. A análise estatística revelou que o vento pode influenciar minimamente no processo de dispersão dos esporos na área, porém não houve associação significativa entre a dispersão e as demais variáveis ambientais.

A partir da avaliação dos quatro pontos estudados, observou-se que alguns aspectos como, a litologia de cada ponto e a variação planialtimétrica, podem influenciar na estratificação dos solos. As variáveis podem trazer, informações sobre deposição, conservação e composição das evidências dos palinomorfos. Considerando que a gênese do solo, associados aos diferentes fatores edáficos que a compõe, pode determinar a formação florestal que se apresenta atualmente no PEFI.

A análise temporal dos esporos mostra a distribuição dos esporos através do perfil, evidenciando a riqueza existente no sedimento. As características ambientais dos quatro pontos demonstraram que existe relação entre os tipos encontrados ao longo do perfil e as condições ecológicas na área, apontando que a mata existente passou por períodos de estiagem e alta umidade ao longo do tempo. Os níveis mais próximos à superfície, em geral, corresponderam à situação ambiental atual da área. Apesar dos resultados indicaram as prováveis condições ambientais das áreas de estudo, se faz necessária análise conjunta de todos os palinomorfos, incluindo os grãos de pólen, fungos e algas, afim de melhor subsidiar as interpretações dos estados ecológicos, inferir nas condições climáticas, e obter com maior precisão dados sobre a gênese do PEFI.

Embora os resultados obtidos confirmem que a área de estudo é propícia para a formação de banco de esporos, isso não foi evidenciado nos experimentos de germinação *ex situ* realizados. Os espécimes de samambaias e licófitas presentes no PEFI, provavelmente apresentam alta dispersão dos esporos, já que a esporulação de alguns indivíduos verificados em campo ocorria em praticamente todo o ano. Apesar disso, diversas espécies do grupo têm capacidade de reprodução assexuada, o que influencia indiretamente no estabelecimento de novas populações com maior variabilidade genética.

Os processos de germinação de esporos, a partir da formação de banco de esporos, podem ainda estar sendo influenciado pelas condições físico-químicas do solo dos locais estudados, tendo em vista que eles são latossolos vermelhos a amarelados, o que indica alta degradação da matéria e baixa fertilidade.

O estudo sobre a dinâmica da deposição dos esporos integrando as informações apresentadas ainda é uma área pouco explorada e pode contribuir significativamente para os diversos processos de restauração natural de áreas degradadas. Aspectos climáticos devem ser relacionados para que se possa avaliar o conjunto de transformações ocorridas e averiguar a influência destes na dinâmica da vegetação ao longo do tempo, a fim de propor mecanismos de restauração ecológica mais eficientes e em conformidade com as condições ambientais que a área apresenta.

Como recomendação é importante que os estudos relacionados ao desta Tese sejam fomentados, e que futuramente sejam desenvolvidos com equipes multidisciplinares para avaliar a influência e datação dos solos em profundidades maiores do que a realizada neste trabalho, sendo indispensável, o conhecimento da litologia da região, a geologia e geomorfologia que podem indicar questões que influenciam direta e indiretamente os resultados e a interpretação dos dados. Ainda pode se integrar a eles estudos sobre sítios arqueológicos das regiões, que poderão dar indícios sobre hábitos de dispersão proporcionado por comunidades ancestrais a ocupação da cidade como conhecemos hoje.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allessio, M.L. & Rowley, J.R.** 1966. Atmospheric pollen in Amhearst, Massachusetts. *Botanical Gazette* 127: 35-40
- Alston, A.H.G.** 1956. The subdivision of the Polypodiaceae. *Taxon* 5: 23-25.
- Andersen, S.T.** 1986. Palaeocological studies of terrestrial soils. *In*: B.E. Berlung (ed.). *Handbook of Holocene Palaeocology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons, New York, pp. 231-246.
- Barbosa, L.M.** 1993. Plano de Ação para o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – PEFI. Relatório interno. Secretaria do Meio Ambiente: São Paulo, pp. 1-26.
- Barros, de F.; Mamede, M.C.H.; Fiuza de Melo, M.M.; Lopes, E.A.; Jung-Mendaçolli, S.L.; Kirizawa, M.; Muniz, C.F.S.; Makino-Watanabe, H.; Chiea, S.A.C.; Melhem, T.S.** 2002. A flora fanerogâmica do PEFI: composição, afinidades e conservação. *In*: D.C. Bicudo; M.C. Forti & C.E.de M. Bicudo. *Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – Unidade de Conservação que resiste à urbanização de São Paulo*. Governo do Estado de São Paulo, São Paul, Cap. 6, ps. 93-110.
- Barth, O.M.** 1975. Principais tipos de esporos de pteridófitas encontrados em sedimentos do ar do Rio de Janeiro. *Leandra* 6: 55-59
- Barros, I.C.L.; Lira, O. & Silva, A.J.R.** 1988. Distribuição geográfica das pteridófitas ocorrentes no estado de Pernambuco, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 2: 47-84.
- Berglund, B.E.** 1986. *Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology*. John Wiley: New York.
- Bir, S.S.** 1966. Correlation between spore-size and polyploidy-level in the Himalayan Asplenoid and Athyrioid ferns. *Journal of Palynology* 2: 41-48.
- Bonnefille, R.; Buchet, G.; Friis, I. Kelbessa, E. & Mohammed, M.U.** 1993. Modern pollen rain on altitudinal range of forests and woodland in south west Ethiopia. *Opera Botanica* 121: 71-84.
- Borodin, J.** 1867. Ober die Wirkung des Lichtes auf einige h6here Kryptogamen. *Bulletin Scientifique / Académie Impériale des Sciences de Saint Petersburg* 12: 432-448.
- Bower, F.O.** 1928. *The ferns (The leptosporangiate ferns)*. University Press, Cambridge.
- Brade, A.C.** 1940. Contribuição para o estudo da Flora Pteridofítica da Serra do Baturité, Estado do Cear. *Rodriguésia*. Rio de Janeiro. 4: 289-314.
- Brown, C.A.** 1960. What is the role of spores in Fern taxonomy?. *American Fern Journal* 50: 6-14.
- Burgerstein, A.** 1908. Einfluss des Lichtes verschiedener Brechbarkeit auf die Bildung von Farn-Prothallien. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 26a: 449-4-51.
- Bush, M.B.** 1992. A simple yet efficient pollen trap for use in vegetation studies. *Journal of Vegetation Science* 3: 275-276.

- Cain, M.L.; Milligan, B.G. & Strand, A.E.** 2000. Long-distance seed dispersal in plant populations. *American Journal of Botany* 87: 1217–1227.
- Chen, C.Y. & Ikuma, H.** 1979. Photocontrol of the germination of *Onoclea* spores. V analysis of germination processes by means of temperature. *Plant Physiology* 63: 704-708.
- Chen, S. & Chien, M.** 1986. Two-year investigation of the airborne pollen at Nankang, Tapei (Taiwan). *Taiwania* 31: 33-40.
- Chen, S.H. & Huang, T.C.** 1980. Aeropalynological Study of Taipei Basin, Taiwan. *Grana Palynologica* 19: 147–155.
- Ching, R.C.** 1940. On natural classification of the family Polypodiaceae. *Sunyatsenia. Canton* 5: 201-306.
- Christensen, C.** 1938. Filicineae. *In: Verdoorn, F.. Manual of Pteridology.* Nighoff, Hague, Martinius, pp. 522-50.
- Clymo, R.S. & Duckett, J.G.** 1986. Regeneration of *Sphagnum* New. *Phytology* 102: 589–614.
- Coelho, C.B.** 2011. Análise palinológica dos esporos de *Serpocaulon* A.R. Sm. (Polypodiaceae J. Presl) ocorrentes no Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Coelho, C.B. & Esteves, L.M.** 2008a. Morfologia de esporos de pteridófitas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). Família: 17-Pteridaceae. *Hoehnea* 35: 91-98.
- Coelho, C.B. & Esteves, L.M.** 2008b. Morfologia de esporos de pteridófitas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). Família: 2-Blechnaceae. *Hoehnea* 35: 387-393.
- Coelho, C.B. & Esteves, L.M.** 2008c. Morfologia de esporos de pteridófitas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). Famílias: 6-Dicksoniaceae, 12-Lophosoriaceae, 14-Ophioglossaceae. *Hoehnea* 35: 419-423.
- Colinvaux, P.A. 1993. *Ecology 2.* John Wiley & Sons, New York.
- Comissão de Solo.** 1960. Levantamento do reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. *Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas*, 12: 1-634.
- Conant, D.S.** 1978. A radioisotope technique to measure spore dispersal of the tree fern *Cyathea arborea* Sm. *Pollen & Spore* 20: 583-593.
- Conti, J.B. & Furlan, S.A.** 2003. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. *In: J.L. Ross (ed.). Geografia do Brasil.* Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp. 67-207.
- Conway, E.** 1949. The autecology of bracken [*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn]: the germination of the spore, and the development of the prothallus and the young sporophyte. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh B* 63: 325-342.
- Conway, E.** 1953. Spore and sporeling survival in bracken [*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.]. *Journal of Ecology* 41: 273-284.
- Conway, E.** 1957. Spore prouction in bracken. *Journal of Ecology* 45: 273-284.

- Conway, E.** 1957. Spore production in bracken. *Journal of Ecology* 45: 273-284.
- Conway, E. & Stephens, R.** 1957. Sporeling establishment in *Pteridium aquilinum*: effects of mineral nutrients. *Journal of Ecology* 45: 389-399.
- Copeland, E.B.** 1947. *Genera filicum*. Chronica Botanica Company, Waltham.
- Crane, F.W.** 1953. Spores studies in *Dryopteris* I. *American Fern Journal* 43: 159-169.
- Crane, F.W.** 1955a. Spores studies in *Dryopteris* II. *Dryopteris celsa* and *D. separabilis*. *American Fern Journal* 45: 14-16.
- Crane, F.W.** 1955a. Spores studies in *Dryopteris* II. *Dryopteris celsa* and *D. separabilis*. *American Fern Journal* 45: 14-16.
- Crane, F.W.** 1955b. Comparative study of diploid and tetraploid spore of *Dryopteris dilatata* from Britain and Europe. *Watsonia* 3: 168-169.
- Crane, F.W.** 1956. Spore studies in *Dryopteris* III. *American Fern Journal* 46: 127-130.
- Cruz de la, D.R.; Sánchez-Reyes, E.; Sánchez-Sánchez, J.** 2010. Aerobiology of Pteridophyta Spores: Preliminary Results and Applications. In: A. Kumar; H. Fernández; M.A.R. Bahillo (eds.). *Working with ferns: issues and applications*. Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London, pp. 271-281.
- Curi, N.; Larach, J.O. I.; Kämpf, A.N.; Moniz, A. C.; Fontes, L.E.F.** 1993. Vocabulário de ciência do solo. SBCS: Campinas.
- Davidse, G.; Sousa, M.; Knapp, S.** 1995. *Flora Mesoamericana. Psilotaceae a Salviniaceae*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología, México.
- DeMaggio, A.E. & Stetler, D.A.** 1980. Storage products in spores of *Onoclea sensibilis* L. *American Journal of Botany* 67: 452-455.
- DeMaggio, A.E. & Stetler, D.A.** 1985. Mobilization of storage reserves during fern spore germination. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 86B: 195-202.
- Devi, S.** 1979. Spore types, morphological evolution and phylogeny in the Pteridaceae. *Grana* 18: 41-46.
- Devi, S.; Singh, Y. & Singh, J.** 1985. Incidence of fern spores in the ambient air of Lucknow. *Indian Fern Journal* 2: 32-38.
- Dimbleby, G.W.** 1961. Transported material in the soil profile. *Journal Soil Science*. 12: 12-22.
- Dyer, A.F.** 1979. The culture of fern gametophytes for experimental investigation. In: A.F. Dyer (ed.). *The experimental biology of ferns*. cap. 8, pp. 253-305.
- Dyer, A.F.** 1983. Fern gametophytes in culture. A simple system for studying plant development and reproduction. *Journal of Biological Education* 17: 23-39.
- Dyer, A.F.** 1994. Natural soil spore banks - can they be used to retrieve lost ferns?. *Biodiversity and Conservation* 3: 160-175.

- Dyer, A.F.** 1990. Does bracken spread by spores? *In*: J.A. Thomson and R.T. Smith (eds.). Bracken biology and management. Australian Institute of Agricultural Science, Sydney. pp. 35-42.
- Dyer, A.F.** 1994. Natural soil spore banks – can they be used to retrieve lost ferns?. *Biodiversity and Conservation* 3: 160-1175.
- Dyer, A.F. & Cran, D.G.** 1976. The formation and ultrastructure of rhizoids on protonemata of *Dryopteris borrieri*. *Annals of Botany* 40: 757-766
- Dyer, A.F. & Lindsay, S.** 1992. Soil spore banks of temperate ferns. *American Fern Journal* 82: 89-122.
- Dyer, A.F. & Lindsay, S.** 1996. Soil spore banks - a new resource for conservation. *In*: J.M. Camus; M. Gibby; R.J. Johns (eds.). *Pteridology in Perspective*. Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 153-160.
- During, H.J. & ter Horst, B.** 1983. The diaspora bank of bryophytes and ferns in chalk grassland. *Lindbergia* 9: 57-64.
- During, H.J.; Brugues, M.; Cros, R.M. & Lloret, F.** 1987. The diaspora bank of bryophytes and ferns in the soil in some contrasting habitats around Barcelona, Spain. *Lindbergia* 12: 137-149.
- Eckert, C.G; Samis K.E & Loughheed, S.C.** 2008. Genetic variation across species geographical ranges: the central–marginal hypothesis and beyond. *Molecular Ecology* 17: 1170–1188.
- Erdtman, G.** 1952. Pollen morphology and plant taxonomy – Angiosperms. *The Chronica Botanica*. Waltham, pp.1-530.
- Erdtman, G.** 1957. Pollen and spore morphology, plant taxonomy. *Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta – Illustrations: An introduction to palynology II*. The Chronica Botanica Company, Stockholm, pp. 1-151.
- Erdtman, G.** 1960. The acetolysis method, a revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54: 561-564.
- Erdtman, G.** 1969. *Handbook of palynology. An introduction to the study of pollen grains and spores*. Copenhagen, Munksgaard, Denmark.
- Erdtman, G.** 1971. *Handbook of palynology (morphology-taxonomy+ecology). An introduction to the study of pollen grains and spore*. Munksgaard, Copenhagen, Denmark.
- Erdtman, G. & Sorsa, P.** 1971. *Pollen and spore. Morphology/plant taxonomy. Pteridophytas*. Almqvist & Wiksell, Stockholm.
- Esteves, L.M.** 1989. *Morfologia e germinação de esporos de pteridófitas dos cerrados do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Esteves, L.M. & Dyer, A.F.** 2003. The vertical distributions of live and dead fern spores in the soil of a semi-natural woodland in Southeast Scotland and their implications for spore movement in

- the formation of soil spore banks. *In*: S. Chandra & M. Srivastava. (Orgs.). Pteridology in the New Millennium. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, cap.20, pp. 261-282.
- Esteves, L.M. & Felipe, G.M.** 1985. Fotossensibilidade de esporos de pteridófitas dos cerrados. *Revista Brasileira de Botânica*. 8: 219-222.
- Esteves, L.M. & Felipe, G.M.** 1990. Cumarina em folíolo de *Polypodium latipes* Langsd. & Fisch. dos cerrados do estado de São Paulo. *Hoehnea* 17: 13-17.
- Fægri, K. & Iversen, J.** 1989 Textbook of pollen analysis. *In*: K. Fægri; P.E. Kaland; K.K. Wiley (eds.). 4 ed. J. Wiley and Sons, New York.
- Farrar, D.R.** 1985. Independent fern gametophytes in wild. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 86B: 361-369.
- Farrar, D.R.; Dassler, C.; Watkins Jr., J.E; Skelton, C.** 2008. Gametophyte ecology. *In*: T.A. Ranker & C.H. Haufler (eds.). *Biology and Evolution of ferns and lycophytes*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 223-256.
- Favali, M.A.; Gallo, F.; Maggi, O.; Mandrioli, P.; Pacini, E.; Pasquariello, G.; Piervittori, R.; Pietrini, A.M.; Ranalli, G.; Ricci, S.; Roccardi, A.; Sorlini, C.** 2003. Analysis of the biological aerosol. *In*: P. Mandrioli; G. Caneva; C. Sabbioni. *Cultural Heritage and Aerobiology*, Dordrecht: Kluwer, pp. 145–172.
- Felipe, G.M.; Esteves, L.M.; Randi, A.M.** 1989. Lipídios, proteínas e açúcares em esporos de *Cyathea delgadii* Sternb., *Polypodium latipes* Langsd. & Fisch. e *Thelypteris corcovadensis* (Raddi) Copel. *Insula* 19: 3-12.
- Fenner, M.** 1995. Ecology of seed banks. *In*: J. Kigel & G. Galili (eds.). *Seed development and germination*. Marcel Dekker, New York, pp. 507-528.
- Fernandes, A.J.; Reis, L.A.M. dos; Carvalho, A.** 2002. Caracterização do meio físico. *In*: D.C. Bicudo; M.C. Forti & C.E. de M. Bicudo. *Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – Unidade de Conservação que resiste à urbanização de São Paulo*. Governo do Estado de São Paulo, pp. 17-61, São Paulo.
- Ferraz-Vicentini, K.R.** 1993. Análise palinológica de uma vereda em Cromínia, GO. Brasília. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Franz, I. & Schmitt, J.L.** 2005. *Blechnum brasiliense* Desv. (Pteridophyta, Blechnaceae): estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporófitica. *Pesquisas Botânicas* 56: 173-184.
- Gomes, E.P.C.** 1992. Fitossociologia do componente arbóreo de um trecho de mata em São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Gandolfi, S.** 1991. Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta residual na área do Aeroporto Internacional de São Paulo, Município de Guarulhos, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- Gantt, E. & Arnott, J.J.** 1965. Spore germination and development of the young gametophyte of the ostrich fern [*Matteuccia struthiopteris*]. *American Journal of Botany* 52: 82-94.
- Gemmrich, A.R.** 1977. Mobilization of reserve lipids in germinating spores of the fern *Anemia phyllitidis* L. *Plant Science Letters* 9: 301-307.
- Gemmrich, A.R.** 1979a. Developmental changes in microbody enzyme activities in germinating spores of the fern *Pteris vittata*. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie* 97: 153-160.
- Gemmrich, A.R.** 1979b. Isocitrate-lyase in germinating spores of the fern *Anemia phyllitidis*. *Phytochemistry* 18: 1143-1146.
- Gemmrich, A.R.** 1979c. Lipid synthesis in imbibed spores of the fern *Anemia phyllitidis* (L.) Sw. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie* 91: 371-324.
- Glaves, P.M.** 1991. The establishment of the Broad Buckler fern (*Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray) from spores in woodlands. Tese de Doutorado. Derbyshire College of Higher Education, UK.
- Graçano, D.; Prado, J. & Azevedo, A.A.** 1998. Levantamento preliminar de pteridophytas do Parque estadual do Rio Doce (MG). *Acta Botanica Brasilica* 12: 165-181.
- Gregory, P.H.** 1945. The dispersion of air-borne spores. *Transactions British Mycological Society*. 29: 26-72.
- Gregory, P.H. & Hirst, J.M.** 1957. The summer air spora at Rothampstead in 1952. *Journal of General of Microbiology*. 17: 135-152.
- Godoy, M.G.G. & Trufem, S.F.B.** 2007. Lugares de memória: o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga e o Museu Paulista. *Pesquisa em Debate*, edição 7, v.4, n.2.
- Gosling, W.D.; Mayle, F.E.; Killeen, T.J.; Siles, M.; Sanchez, L. Boreham, S.** 2003. A simple and effective methodology for sampling modern pollen rain in tropical environments. *The Holocene* 13: 613-618.
- Grimm, E.C.** 1987. Coniss: a 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computer & Geosciences* 2: 13-35.
- Groot, de, G.A.; During, H.J.; Ansell, S.W.; Schneider, H.; Bremer, P.; Wubs, E.R.J.; Maas, J.W.; Korpelainen, H.; Erkens, R.H.J.** 2011. Diverse spore rains and limited local exchange shaped fern genetic diversity in a recently created habitat colonized by long-distance dispersal. In: G.A. de Groot (ed.). The fate of a colonizer: successful but lonely? The establishment of inter- and intraspecific diversity in ferns by means of long-distance dispersal. WODAN-project of the Ecology & Biodiversity Group, Institute of Environmental Biology, Utrecht University, Utrecht 6: 83-102.
- Groot, de, G.A.; During, H.J.; Ansell, S.W.; Schneider, H.; Bremer, P.; Wubs, E.R.J.; Maas, J.W.; Korpelainen, H.; Erkens, R.H.J.** 2012. Diverse spore rains and limited local exchange

- shaped fern genetic diversity in a recently created habitat colonized by long-distance dispersal. *Annals of Botany* 109: 965-978.
- Guervin, C. & Laroche, J.** 1967. Cultures d'*Equisetum arvense* L. et de *Gymnogramme sulphurea* Desv.: importance du facteur pH. *Comptes Rendus de l'Académie Sciences* 264: 330-333.
- Gullvag, B.M.** 1968. On the fine structure of the spores of *Equisetum fluviatile* var. *verticillatum* studied in the quiescent, germinated and non-viable state. *Grana Palynologica* 8: 24-45.
- Hamilton, R.G.** 1988. The significance of spore banks in natural populations of *Athyrium pycnocarpus* and *A. thelypteroides*. *American Fern Journal* 78: 96-104.
- Hanumantha, B.T.; Kannan, N.; Daivasikamani, S.; Govindarajan, T.S.** 1991. Air-spora of a coffee plantation in Chikamagalur region of Karnataka. *Journal of Coffee Research* 21: 20-31.
- Hansen, B.C.S. & Wright Jr., H.E.** 1987. The modern pollen rain of North Dakota, USA. *Pollen Spores* 29: 167-184.
- Harper, J.L.** 1977. Population biology of plants. New York, Academic Press.
- Harris, W.F.** 1955. A manual of spores of New Zealand pteridophytes. *Bulletin of the New Zealand Department of Scientific and Industrial Research* 116: 1-186.
- Hartt, C.E.** 1925. Conditions for germination of spores of *Onoclea sensibilis*. *Botanical Gazette* 79: 427-440.
- Hensen, R.V.** 1990. Revision of the *Polypodium loricum* Complex (Polypodiaceae). *Nova Hedwigia* 50: 279-336.
- Hevly, R.H.** 1963. Adaptations of echeilanthoid ferns to desert environments. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 2: 164-175.
- Hill, R.H.** 1971. Comparative habitat requirements of spore germination and prothallial growth of three ferns in south eastern Michigan. *American Fern Journal* 61: 171-182.
- Hirai, R.Y. & Prado, J.** 2014. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Brasil. Pteridophyta: 3. Cyatheaceae. *Hoehnea* 4: 173-180.
- Hoehne, F.C., Kuhlmann, M. & Handro, O.** 1941. O Jardim Botânico de São Paulo. Empresa Gráfica da Revista dos Tribunais Ltda. São Paulo.
- Holtum, R.E.** 1967. The ecology of tropical pteridophytes. In: Fr. Verdoon (ed.). *Manual of pteridology*. Asher Company, Amsterdam, pp. 420-450.
- Holtum, R.E.** 1947. A revised classification of Leptosporangiate Ferns. *Journal Linnean Society* 53: 123-158.
- Holtum, R.E.** 1949. The classification of ferns. *Biological Reviews* 24: 267-296.
- Holtum, R.E.** 1967. The ecology of tropical pteridophytes. In: Fr. Verdoon (ed.). *Manual of pteridology*. Asher Company, Amsterdam, pp. 420-450.

- Horak, I.** 2009. Relações pedológicas, isotópicas e palinológicas na reconstrução paleoambiental da turfeira da Área de Proteção Especial (APE) Pau-de-Fruta, Serra do Espinhaço Meridional – MG. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Howe, C.D. & Chancellor, R.J.** 1983. Factors affecting the viable seed content of soils beneath lowland pastures. *Journal of Applied Ecology* 20: 915-922.
- Huckaby, G.P. & Miller, J.H.** 1984. Spore germination and rhizoid differentiation in *Onoclea sensibilis*. A two dimensional electrophoretic analysis of the extant soluble proteins. *Plant Physiology* 74: 656-662.
- Howland, G.P. & Edwards, M.E.** 1979. Photomorphogenesis in fern gametophytes. *In*: A.F. Dyer (ed.). *The experimental Biology of Ferns*. Academic Press, London, pp. 393-434.
- Ingold, C.T.** 1939. "Spore Discharge in Land Plants". Oxford University Press, Oxford.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).** 2005. Manuais Técnicos em Geociências. 2ª Edição. Rio de Janeiro, Editora do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Jackson, S.T.** 1994. Pollen and spores in quaternary lake sediments as sensors of vegetation composition: theoretical models and empirical evidence. *In*: A. Traverse (ed.). *Sedimentation of organic particles*. Cambridge University Press., Cambridge, pp. 253-286.
- Jones, M.M.; Tuomisto, H.; Olivas, P.C.** 2008. Differences in the degree of environmental control on large and small tropical plants: just a sampling effect. *Journal of Ecology* 96: 367–377.
- Jones, M.M.; Olivas, P.R.; Tuomisto, H.; Clark, D.** 2007. Environmental and neighbourhood effects on tree fern distributions in a neotropical lowland rain forest. *Journal of Vegetation Science* 18: 13-24.
- Kairies, M. & Dapper, H.** 1988. Walls in Berlin (West) [West Germany] as localities for ferns and flowering plants. *Verhandlungen des Berliner Botanischen Vereins* 6: 3-12.
- Kawasaki, T.** 1954. Studies on the sexual generation of ferns (1). *Journal of Japanese Botany* 29: 201-204.
- Khiel, E.J.** 1979. Manual de Edafologia: Relações Solo-Planta. São Paulo. Editora Agronômica Ceres. São Paulo.
- Klebs, G.** 1916. Zur Entwicklungs-Physiologie der Farnprothallien. *Sitzungsber. Heidelberg. Akad. Wiss.* 7B: 1-82; 8B: 1-138; 8B: 1-104.
- Klebs, G.** 1917. Zur Entwicklungs-Physiologie der Farnprothallien. *Sitzungsber. Heidelberger Akademie der Wissenschaften*. 7B: 1-82; 8B: 1-138; 8B: 1-104.
- Knobel, M.G.** 1995. Aspectos da regeneração natural dos componentes arbóreo-arbustivo, de trecho da floresta da Reserva Biológica Instituto de Botânica São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Komarova, T.A.** 1987. The spore regeneration of ferns in fresh burns of the South Sikhote-Alin. *Botanicheskii Zhurnal-Moskva* 72: 215-220.
- Kornas, J.** 1977. Life-forms and seasonal patterns in the pteridophytes in Zambia. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 46: 669-690.
- Kramer, K.U.** 1977. Synaptosporry: a hypothesis. *Gardens' Bulletin. Straits Settlements* 30: 79-83.
- Leck, M.A. & Simpson, R.L.** 1987. Spore bank of a Delaware River freshwater tidal wetland. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 114: 1-7.
- Ledru, M.P.** 1993. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. *Quaternary Research* 39: 90-98.
- Lebrão, C.; Coelho, C.B.; Esteves, L.M.** 2014. Morfologia de esporos de pteridófitas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). *FAMÍLIA: 21- Tectariaceae. Hoehnea* 41: 103-108.
- Leck, M.A.** 1980. Germination in Barrow, Alaska, tundra soil cores. *Arctic and Alpine Research* 12: 343-349.
- Leck, M.A. & Simpson, R.L.** 1987. Spore bank of a Delaware River freshwater tidal wetland. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 114: 1-7.
- Lehn, C.R. & Leuchtenberger, C.** 2008. Resistência ao fogo em uma população de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin. (Cyatheaceae) no Estado do Rio Grande do Sul. *Biotemas* 21: 15-21.
- Lellinger, D.B.** 2002. A morden multilingual glossary for taxonomic pteridology. *The American Fern Society* 3: 1-264.
- Leonhardt, A.; Lorscheitter, M.L.** 2007. Palinomorfos do perfil sedimentary de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 47-59.
- Lindsay, S.** 1995. Soil spore banks and conservation. *In: A.F. Dyer & S. Lindsay (eds.). The ecology and conservation of Scotland's rare ferns. Pteridologist, vol. 2, pp. 278-298, Scotland.*
- Lindsay, S. & Dyer, A.F.** 1990. Fern spore banks: implications for gametophyte establishment. *In: J. Rita (ed.). Taxonomia, Biogeografia y Conservación de Pteridofitos. Societat d'Historia Natural de les Illes Balears (IME), Palma de Mallorca, pp. 243-253.*
- Lindsay, S., Sheffield, E. & Dyer, A.F.** 1995. Dark germination as a factor limiting the formation of soil spore banks by bracken. *In: Smith, R.T. & Taylor, J.A. (eds.) Bracken: an Environmental Issue, International Bracken Group, Aberystwyth, Wales, pp. 47-51.*
- Lloyd, R.M.** 1969. Occurrence of a winged perispore in a New World species of *Polypodium*. *Brittonia* 21: 80-82.

- Lloyd, R.M.** 1974. Mating systems and genetic load in pioneer and non-pioneer Hawaiian pteridophyta. *Botanical Journal of the Linnean Society* 69: 23-35.
- Lloyd, R.M.** 1981. The perisperm of *Polypodium* and related genera (Polypodiaceae). *Canadian Journal of Botany* 59: 175-189.
- Lloyd, R.M. & Klekovsky, E.J.** 1970. Spore germination and viability in Pteridophyta: evolutionary significance of chlorophyllous spores. *Biotropica* 2: 129-137.
- Lopes, A.S.** 1983. Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo. Instituto da Potassa & Fósforo, Piracicaba.
- Lopes, A.S.** 1975. A survey of fertility status of soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Dissertação de Mestrado, North Carolina State University, Raleigh.
- Lorscheitter, M.L.** 1988. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, cone Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. Descrições taxonômicas. Parte I, pp. 61-117.
- Lorscheitter, M.L.** 1989. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, cone Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. Descrições taxonômicas. Parte II, pp. 89-127.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Windisch, P.G.; Mosbrugger, V.** 1998. Pteridophyte of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Parte I. *Palaeontographica* 246: 1-113.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Windisch, P.G.; Mosbrugger, V.** 1999. Pteridophyte of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Parte II. *Palaeontographica* 251: 71-235.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Windisch, P.G.; Mosbrugger, V.** 2001. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Parte III. *Palaeontographica* 260: 1-165.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Windisch, P.G.; Mosbrugger, V.** 2002. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Parte IV. *Palaeontographica* 263: 1-159.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Windisch, P.G.; Mosbrugger, V.** 2005. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Parte V. *Palaeontographica* 270: 1-180.
- Lugardon, B.** 1974. La structure fine de l'exospore et la périspore des Filicinales isosporées II. *Filicales Commentaires. Pollen et Spore, Paris* 16: 161-226.
- Lugardon, B.** 1976. Sur la structure fine de l'exospore dans les divers groupes de Ptéridophytes actuelles (microspores et isospores). In: Fergunson, I. & Muller, J. The evolutionary significance of the exine. *Linnean Symposium, London*, pp. 231-250.
- Luz, da C.F.P.** 2013. Deposição subaquática diferencial de pólen e esporos. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ* 36: 120-126.
- Marcondes-Ferreira, W. & Felipe, G.M.** 1984. Effects of light and temperature on the germination of spores of *Cyathea delgadii*. *Revista Brasileira de Botânica* 7: 53-56.
- Matheus, D.R.** (coord.) 2008. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – diagnóstico: estudo e sócio-econômico, ecológico e legislativo para caracterização, zoneamento e implantação do

Plano de Manejo do PEFI e do seu programa de eco-desenvolvimento. Relatório Técnico Científico. Instituto de Botânica, São Paulo.

- McGrow, J.B.** 1987. Seed bank properties of na Appalachian *Sphagnum* bog and the modelo f the depth distribution of viable seeds. *Canadian Journal of Botany* 65: 2028-2035.
- Mcvaugh, R.** 1935. Studies on the spores of some northeastern ferns. *American Fern Journal* 25: 73-85.
- Mellhem, T.S & Makino, H.** 1978. Precipitação polínica na cidade de São Paulo (Brasil). *Hoehnea* 7: 1-10.
- Melhem, T.S., Giulietti, M., Forero, E., Barroso, G.M., Silvestre, M.S.F., Jung, S.L., Makino, H., Fiuza De Melo, M.M.R., Chiea, S.C., Wanderley, M.G.L., Kirizawa, M. & Muniz, C.** 1981. Planejamento para a elaboração da "Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil)". *Hoehnea* 9: 63-74.
- Mickel, J.T. & Arthortúa, L.** 1980. Subdivision of the genus *Elaphoglossum*. *American Fern Journal* 70: 47-68.
- Milanez, A.I.; Bicudo, C.E.M.; Vital, D.M. & Grandi, R.A.P.** 1990. Criptógamas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP: planejamento. *Hoehnea* 17: 43-49.
- Milberg, P.** 1991. Fern spores in a grassland soil. *Canadian Journal of Botany* 69: 831–834.
- Miller, J.H.** 1968. Fern gametophytes as experimental material. *Botanical Review* 34: 361-440.
- Miller, J.H. & Greany, R.H.** 1974. Determination of rhizoid orientation by light and darkness in germinating spores of *Onoclea sensibilis*. *American Journal of Botany* 61: 296-302.
- Miranda, A.M.** 2008. Diversity, biogeography and floristics. *In*: T.A. Ranker & C.H. Haufler (eds.). *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. Cambrigde University Press, New York, pp. 367-394.
- Mitsui, K.** 1986. The development of the perispore in the fern family Thelypteridaceae. *In*: S. Blackmore & J.K. Fergunson (eds.). *Pollen and spores: form and function*. Academy Press, London, Number 12, pp. 401-403.
- Mohr, H.** 1956. Die Beeinflussung der Keimung yon Farnsporen durch Licht und andere Faktoren. *Planta* 46: 534-551.
- Moran, R.C.** 1995a. Blechnaceae. *In*: G. Davidse, M. Sousa & S. Knapp (eds.). *Flora Mesoamericana: Psilotaceae a Salviniaceae*, Universidad Nacional Atuónoma de México, Instituto de Biología, Ciudad de México, v.1. pp. 325-332.
- Moran, R.C.** 1995b. Ophioglossaceae. *In*: G. Davidse, M. Sousa & S. Knapp (eds.). *Flora Mesoamericana: Psilotaceae a Salviniaceae*, Universidad Nacional Atuónoma de México, Instituto de Biología, Ciudad de México, v.1. pp. 44-48.

- Moran, R.C.** 1995c. Cyatheaceae. In: G. Davidse, M. Sousa & S. Knapp (eds.). Flora Mesoamericana: Psilotaceae a Salviniaceae, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Ciudad de México, v.1. pp. 88-104.
- Moran, R.C.** 2008. Diversity, Biogeography and floristics. In: T.A. Ranker & Haufler, C.H. (ed.) Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 417-461.
- Moran, R.C., Prado, J. & Labiak, P.H.** 2009. *Megalastrum* (Dryopteridaceae) in Brazil, Paraguay, and Uruguay. American Fern Journal 99: 1-44.
- Morbelli, M.A.** 1974. Analisis palinológico en híbridos interespecíficos de género *Blechnum* L., subgénero *Blechnum* (Blechnaceae – Pteridophyta). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 15: 446-266.
- Morbelli, M.A.** 1976. Estudio palinológico de las especies austrosudamericanas del género *Blechnum* L., subgénero *Blechnum* (Blechnaceae – Pteridophyta). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 17: 155-175.
- Morison, R.** 1700. Historia Plantarum III Plantarum historiae universalis Oxoniensis.
- Moruchio, G.B.** 1987. On the autofluorescence of some vascular plants pollen and spores. Pollen et spores 29: 329-338.
- Nastri, V.D.F.; Catharino, E.L.M.; Rossi, L.; Barbosa, L.M.; Pirré, E.; Bedinelli, C.; Asperti, L.M.; Dorta, R.O. & Costa, M.P.** 1992. Estudos fitossociológicos em uma área do Instituto de Botânica de São Paulo utilizados em programas de educação ambiental. Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas. Revista do Instituto Florestal 4: 219-225.
- Nayar, B.K. & Devi, S.** 1964. Spore morphology of Indian ferns III. Polypodiaceae. Grana Palynologica 5: 342-395.
- Nayar, B.K. & Devi, S.** 1966. Spore morphology of the Pteridaceae. I. The Pteroid ferns. Grana Palynologica 6: 476-502.
- Nayar, B.K. & Devi, S.** 1967. Spore morphology of the Pteridaceae. II. The gymnogammoid ferns. Grana Palynologica 7: 568-593.
- Nayar, B.K. & Devi, S.** 1968. Spore morphology of the Pteridaceae. III. The dicksonioid, dennstaedtioid and lindsayioid ferns. Grana Palynologica 8: 185-203.
- Nayar, B.K. & Kaur, S.** 1965. Spore morphology of the Lomariopsidaceae. Journal of Palynology 1: 10-26.
- Noetinger, M.; Romero, E.J.; Majas, F.D.** 1994. Airborne pollen and spores monitoring in Buenos Aires city: a preliminary report. Part II. Herbs, weeds (NAP) and spores. General discussion. Aerobiologia 10: 129–139.

- Oliveira-Lima, A. & Guimarães, O.** 1958. Contagens de pólen na atmosfera da cidade de São Paulo. *Hospital* 54: 153-162.
- Oliveira-Lima, A.; Costa, P.D. Da & Galeno, R.; Santos, P.P. dos.** 1945. Contagem de pólen aéreo na cidade de Florianópolis (Santa Catarina), durante 10 meses consecutivos. *Hospital* 28: 197-199.
- Oliveira-Lima, A.; Costa, P.D. Da & Galeno, R.** 1946. Contagem de pólen aéreos na cidade de Porto Alegre (Rio Grande do Sul). *Hospital* 30: 513-515.
- Oliver, J.C.** 1968. A study of spore characteristics of the ferns of Indiana. *American Fern Journal* 58: 5-12.
- Page, C.N.** 1979a. The diversity of ferns. An ecological perspective *In: A.F. Dyer (ed.). The Experimental Biology of Ferns*, Academic Press, London, cap. 2, pp. 10-57.
- Page, C.N.** 1979b. Experimental Aspects of Fern Ecology. *In: A.F. Dyer (ed.). The Experimental Biology of Ferns*, Academic Press, London, cap. 15, pp. 552-581.
- Peccinini, A.A. & Pivello, V.R.** 2002. Histórico do uso das terras e condição da vegetação no PEFI. *In: D.C. Bicudo; M.C. Forti & C.E. de M. Bicudo (eds.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – Unidade de Conservação que resiste à urbanização de São Paulo*. Governo do Estado de São Paulo, cap. 14, pp. 251-258.
- Peck, J.H.** 1974. Pollen transport and deposition in Oakdale, North Yorkshire. U.K. Tese de Doutorado. University of Cambridge, Cambridge.
- Peck, J.H.; Peck, C.J.; Farrar, D.R.** 1990. Influences of life history attributes on formation of local and distant fern populations. *American Fern Journal* 80: 126-142.
- Pereira, S.Y.; Reis, dos L.A.M.; Carvalho, A.** 2002. Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos. *In: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – Unidade de Conservação que resiste à urbanização de São Paulo*. Governo do Estado de São Paulo, cap. 4, pp. 63-74
- Pettitt, J.M.** 1979. Ultrastructure and cytochemistry of spore wall morphogenesis. *In: A.F. Dyer (ed.). The experimental biology of ferns*. Academic Press, London, pp.213-252.
- Pickrill, R.A. & Fenner, J.M.** 1992. Late quaternary evolution of a fjord environment in preservation inlet. New Zealand. *Quaternary Research* 38: 331-346.
- Prado, J.** 1997. Estudo da diversidade de espécies de Pteridófitas no Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.bdt.org.br/bdt/biotasp>>. Acessado em: 12 de junho de 2010.
- Prado, J.** 1998. Pteridófitas do Estado de São Paulo. *In: C.E.M. Bicudo & G.J. Shepherd (eds.), Biodiversidade do Estado de São Paulo*. 2. Fungos Macroscópicos & Plantas. FAPESP, São Paulo. pp. 47-61.
- Prado, J.** 2004a. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Pteridophyta: chave para as famílias*; 2. Blechnaceae. *Hoehnea* 31: 1-10.

- Prado, J.** 2004b. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Pteridophyta: 17. Pteridaceae. Hoehnea 31: 39-49.
- Prado, J.** 2004c. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Pteridophyta: 6. Dicksoniaceae. Hoehnea 31: 239-242.
- Prado, J. & Hirai, R.Y.** 2010. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Pteridophyta: 4. Davalliaceae, 19. Schizaeaceae, 23. Vittariaceae e 24. Woodsiaceae. Hoehnea 37: 791-800.
- Prado, J. & Hirai, R.Y.** 2011. Checklist das licófitas e samambaias do Estado de São Paulo, Brasil. Biota Neotropica 11: 161-190.
- Prado, J. & Sylvestre, L.S.** 2010. As samambaias e licófitas do Brasil. In: R.C. Forzza, J.F.A. Baumgratz, C.E.M. Bicudo, D. Canhos, A.A. Carvalho Junior, A. Costa, D.P. Costa, M. Hopkins, P.M. Leitman, L.G. Lohmann, E.N. Lughadha, L.C. Maia, G. Martinelli, M. Menezes, M.P. Morim, M. Nadruz, A.L. Peixoto, J.R. Pirani, J. Prado, L.P. Queiroz, S. De Souza, V.C. Souza, J.R. Stehmann, L.S. Sylvestre, B.M.T. Walter & D.C. Zappi (orgs.). Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. v. 1, pp. 69-74.
- Prado, J.; Hirai, R.Y.; Schwartzburd, P.B.** 2010. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Pteridophyta: 9. Grammitidaceae e 16. Polypodiaceae. Hoehnea 37: 445-460.
- Presl, C.B.** 1836. Tentamen Pteridographie seu Genera Filicacearum praesertim juxta venarum decursum et distributionem exposita. Prague. Haase.
- Pryer, K.M.; Schuettpelz, E.; Wolf, P.G.; Schneider, H.; Smith, A.R. & Cranfill, R.** 2004. Phylogeny and evolution of the ferns (Monilophytes) with a focus on the early Leptosporangiate divergences. American Journal of Botany 91:1582-1598.
- Pryer, K.M., Smith, A.R. & Skog, J.E.** 1995. Phylogenetic relationships of extant ferns based on evidence from morphology and rbcL sequences. American Fern Journal 85: 205-282.
- Puttock, C.F. & Quinn, C.J.** 1980. Perispore morphology and taxonomy of the Australian Aspleniaceae. Australian Journal Botany 28: 305-322.
- Raghavan, V.** 1970. Germination of bracken fern spore. Regulation of protein and RNA synthesis during initiation and grown of rihizoid. Experimental Cell Research 63: 341-352.
- Raghavan, V.** 1971. Phytochrome controlo of germination of the spores of *Asplenium nidus*. Plant Physiology 48: 100-102.
- Raghavan, V.** 1973. Blue light interference in the phytochrome controlled germination of the spores of *Cheilanthes farinosa*. Plant Physiology 51: 306-311.
- Raghavan, V.** 1985. Cytology of germination of spores of homosporous ferns. In: A.F. Dyer & C.N. Page (eds.). The experimental biology of ferns. Academic Press, London, pp. 5-11.

- Raghavan, V.** 1989. Developmental biology of fern gametophytes. Cambridge University Press, New York.
- Raij, B. Van.** 1969. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. *Bragantia* 28: 85-112.
- Ramírez-Trejo M.; Pérez-García, B. & Orozco-Segovia, A.** 2004. Analysis of fern spore banks from the soil of three vegetation types in the central region of Mexico. *American Journal of Botany* 91: 682-688.
- Ranal, M.A.** 1983. Efeito da temperatura e da intensidade luminosa no desenvolvimento de gametófitos de pteridófitas. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.
- Ranal, M.A.** 1993. Desenvolvimento de *Polypodium hirsutissimum* Raddi (Pteridophyta, Polypodiaceae) em condições naturais. *Acta Botanica Brasilica* 7: 3-15.
- Ranal, M.A.** 1995. Estabelecimento de pteridófitas em Mata Mesófila Semidecídua do Estado de São Paulo. 3. Fenologia e sobrevivência dos indivíduos. *Revista Brasileira de Biologia* 55: 777-787.
- Ranal, M.A.** 1999. Estado da arte e perspectivas da pteridologia no Brasil: ecologia e fisiologia. In: Anais do 50º Congresso Brasileiro de Botânica. Blumenau, Santa Catarina, pp. 57-69l.
- Ranal, M.A.** 2003. Soil spore bank of ferns in a gallery forest of the Ecological Station of Panga, Uberlândia, MG, Brazil. *American Fern Journal* 93: 97-115.
- Ranal, M. A.** 2004. Bark spore bank of ferns in a gallery forest of the Ecological Station of Panga, Uberlândia-MG, Brazil. *American Fern Journal* 94: 57-69.
- Randi, A.M.** 1987. Aspectos fotomorfogênicos, bioquímicos e citoquímicos durante a germinação de esporos de *Cyathea delgadii* Sternb. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Randi, A.M. & Felipe, G.M.** 1988a. Lipid content during germination of spores of the fern *Cyathea delgadii*. *Revista Brasileira de Botânica* 11: 37-39
- Randi, A.M. & Felipe, G.M.** 1988b. Germinação de esporos de *Cyathea delgadii* sob luz azul e aplicações longas de vermelho. *Revista Brasileira de Biologia* 48: 979-984.
- Raynor, G.S.; Ogden, E.C.; Hayes, J.V.** 1976. Dispersion of fern spores into and within a forest. *Rhodora* 78: 473-487.
- Reis, L.A.M.** 1998. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: utilização e degradação. São Paulo. Monografia de graduação. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Riccomini, C.** 1989. O Rift continental do Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Roberts, H.A.** 1981. Seed bank in soils. *Advances in Applied Biology* 6: 1-55.
- Robinson, P.M.; Smith, D.L.; Safford, R.; Nichols, W.** 1973. Lipid metabolismo in the fern *Polypodium vulgare*. *Phytochemistry* 12: 1277-1281.
- Rocha, Y.T.; Cavaleiro, F.** 2000a. O primeiro Jardim Botânico de São Paulo, Brasil (1799-1838). *Actas do Congresso Luso-brasileiro "Portugal-Brasil: Memórias e Imaginários"* 2: 349-362.
- Rocha, Y.T. & Cavaleiro, F.** 2000b. Unidades de paisagem do Jardim Botânico de São Paulo. *Revista GEOUSP* 7: 91-116.
- Romagnolo, M.B. & Souza, M.C.** 2000. Análise florística e estrutural de florestas ripárias do alto do rio Paraná, Taquaruçu, MS. *Acta Botanica Brasilica* 14: 163-174.
- Roos, M.** 1996. Mapping the world's pteridophyte diversity – systematics and flora. In: Camus, J.M., Gibby, M. & Johns, R.J. (eds.). *Pteridology in perspective*. Royal Botanical Garden, Kew, pp. 29-42
- Roubik, D.W.; Moreno, P.J.E.** 1991. Pollen and spores of Barro Colorado Island Missouri Botanical Garden.
- Rydgren, K. & Hestmark, G.** 1997. The soil propagule bank in a boreal old-growth spruce forest: changes with depth and relationship to aboveground vegetation. *Canadian Journal of Botany* 75: 121-128.
- Salgado-Labouriau, M. L.** 1973. Contribuição à palinologia dos cerrados. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- Salgado-Labouriau, M.L.** 2007. Critérios e técnicas para o Quaternário. Editora Edgard-Blücher. São Paulo.
- Salgado-Labouriau, M.L. & Rizzo, J.A.** 1969. Nota preliminary sobre a coleta de pólen atmosférico no Município de Aparecida (Goiás) Goiânia. Imprensa da Universidade Federal de Goiás. Goiânia.
- Santos, dos P.M. & Furnari, F.L.** 2002. Clima local. In: D.C. Bicudo; M.C. Forti & C.E. de M. Bicudo. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – Unidade de Conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo, cap. 2, pp. 29-48.
- Santos, R.D.; Lemos, R.C.; Santos H.G.; KER, J.C.; Anjos, L.H.C.** 2005. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 5ª ed. Viçosa.
- Sampaio, A.B.; Walter, B.M.T.; Felfili, J.M.** 2000. Diversidade e distribuição de espécies arbóreas em duas matas de galeria na micro-bacia do Riacho Fundo, Distrito Federal. *Acta Botanica Brasilica* 14: 197-214.
- Scherer, C. & Lorscheitter, M.L.** 2008. Palinomorfos de fungos e criptógamos em sedimentos quaternários de duas matas com Araucária, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 22: 131-144.

- Scheel-Ybert, R.; Eggers, S.; Petronilho, C.C.; Boyadjian, C.H.; Wesolowski, V.; De Blasis, P.A.D.; Gaspar, M.D.** 2003 Sistema de subsistência e modo de vida dos construtores de sambaquis: uma abordagem multidisciplinar. *Revista de Arqueologia SAB* 16: 109-137.
- Schmitt, J.L.; Windisch, P.G.** 2012. Caudex growth and phenology of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) in secondary forest, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72: 397-405.
- Schneller, J.J.** 1988. Spore bank dark germination and gender determination in *Athyrium* and *Dryopteris*. Results and implications for population biology of pteridophyta. *Botanica Helvetica* 98: 77-86.
- Schulz, N.** 1902. Über die Einwirkung des Lichtes auf die Keimungsfähigkeit der Sporen der Moose, Farne und Schachtelhalme. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* 11: 81-97.
- Schwabe, W.W.** 1951. Physiological studies in plant nutrition. In: XVI. The mineral nutrition of bracken. Part I. Prothallial culture and the effects of phosphorus and potassium supply on leaf production in the sporophyte. *Annals of Botany* 15: 417-447.
- Seilheimer, A.V.** 1978. Chlorophyll and lipid changes on germination in the non-green spores of *Thelypteris dentata*. *American Fern Journal* 68: 67-70.
- Shepherd, L.D, De Lange, P.J.; Perrie, L.R.** 2009. Multiple colonizations of a remote oceanic archipelago by one species: how common is long-distance dispersal? *Journal of Biogeography* 36: 1972-1977.
- Silva, Q.G.P.** 1989. Análise polínica do ar no Observatório da Serra do Pilar (Instituto Geofísico da Universidade do Porto) durante os anos de 1969 e 1970. *Boletim da Sociedade Broteriana* 52: 263-288.
- Simabukuro, E.A.** 1995. Pteridófitas da Estação Experimental e Reserva Biológica de Moji Guaçu (SP): morfologia de esporos, chuva polínica, banco de solo e viabilidade de *Cyathea delgadii* Sternb. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Simabukuro, E.A; Esteves, L.M.; Felipe, G.M.** 1993. Fotoblastismo de pteridófitas de mata ciliar. *Insúla* 22: 177-186
- Simabukuro, E.A.; Begovacz, A.; Esteves, L.M.; Felipe, G.M.** 1999 . Fern spore bank at Pedregulho (Itirapina, São Paulo, Brazil). *Revista Brasileira de Biologia* 59: 131-139.
- Simabukuro, E.A.; Esteves, L.M.; Felipe, G.M.** 2000. Fern spore rain collected at two different heights at Moju Guaçu (São Paulo, Brazil). *Fern Gazette* 16: 147-166.
- Simabukuro, E.A.; Dyer, A.F.; Felipe, G.M.** 1998a. The effect of sterilization and storage conditions on the viability of the spores of *Cyathea delgadii* Sternb. *American Fern Journal* 88: 72-80.

- Simabukuro, E.A.; Esteves, L.M.; Felipe, G.M.** 1998b. Analysis of a fern spore bank in Southeast Brazil. *Hoehnea* 25: 45-57.
- Simabukuro, E.A.; Esteves, L.M.; Felipe, G.M.** 1998c. Fern spore morphology and spore rain of a preserved cerrado region in southeast Brazil (Reserva Biológica e Estação experimental de Moji Guaçu, São Paulo). *American Fern Journal* 88: 114-137.
- Smith, A.R.; Pryer, K.M.; Schuettpelz, E.; Korall, P.; Schneider, H.; Wolf, P.G.** 2008. A classification for extant ferns. In: T.A. Ranker & C.H. Haufler (eds). *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. University Press, Cambridge, pp. 417-467.
- Soeder, R.W.** 1985. Fern constituents: including occurrence, chemotaxonomy and physiological activity. *Botanical Review* 51: 442-536
- Soomro, S.; Sahito, M.A.; Nizamani, Z.A.; Khan, K.M.** 1991. Seasonal aeropalynology at University of Sindh, Jamshoro (Pakistan), campus. *Sarhad Journal of Agriculture* 7: 343-350.
- Sorsa, P.** 1964. Studies on the spore morphology of Fennoscandian fern species. *Annales Botanici Fennici*, Helsinki 1: 179-201.
- Sossountzov, I.** 1961. La Germination *in vitro* des spores de *Gymnogramme calomelanos* (Filicinée) in présence de coumarine. *Comptes Rendus des Séances et Mémoires de la Société de Biologie* 155: 1006-1010.
- Sota, E.R. de La.** 1971. El epifitíssimo y las pteridófitas em Costa Rica (América Central). *Nova Hedwigia* 21: 401-465.
- Sundberg S.** 2005. Larger capsules enhance short-range spore dispersal in *Sphagnum*, but what happens further away? *Oikos* 108: 115-124.
- Sugai, M.** 1971. Photomorphogenesis in *Pteris vittata*. IV Action spectra for inhibition of phytochrome-dependent spore germination. *Plant Cell Physiology* 12: 103-109.
- Stockey, A.G.** 1951. The contribution by the gametophytes to classification of the homousporous ferns. *Phytomorphology* 1: 39-58.
- Stockmar, J.** 1971. Tablets spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13: 615-621.
- Struffaldi-De-Vuono, Y.** 1985. Fitossociologia do estrato arbore da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica de São Paulo, SP. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Struffaldi-De-Vuono, Y.; Lopes, M.I.; Domingos, M.** 1984. Poluição atmosférica e elementos tóxicos na Reserva Biológica do Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 7: 149-156.
- Struffaldi-De-Vuono, Y.; Lopes, M.I.; Domingos, M.** 1988. Alterações provocadas pela poluição atmosférica na fertilidade do solo da Reserva Biológica do IBT. São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 11: 95-100.

- Stuiver, M.; Reimer, P.J.; Reimer, R.W.** 2005. CALIB 5.0. Disponível em <<http://calib.qub.ac.uk/calib/>>. Acesso em 18 fev. 2013.
- Suguio, K.** 1999. Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro?). 1.ed. São Paulo, SP.
- Sylvestre, L. da S.** 1995. Palinologia das Polypodiaceae *sensu lato* do Planalto de Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro 33: 9-73.
- Tardieu-Blot, M.L.** 1963a. Sur les spores de Lindsaeaceae et de Dennstaedtiaceae de Madagascar et des Mascareignes, étude de la palynologie appliquée a la systématique. Pollen et Spores 5: 69-86.
- Tardieu-Blot, M.L.** 1963b. Sur les spores de Malgaches. Pollen et Spores 5: 337-353.
- Tardieu-Blot, M.L.** 1964. Sur les spores de Davalliaceae et Vittariaceae Malgaches. Pollen et Spores, Paris 6: 537-544.
- Tardieu-Blot, M.L.** 1965. Sur les spores d' Adiantaceae, Aspleniaceae, Thelypteridaceae et Athyriaceae de Madagascar (1). Pollen et Spores 7: 319-338.
- Tardieu-Blot, M.L.** 1966. Sur les spores de Fougères Malgaches: Filicales (fin), Marattiales, Ophioglossales (1). Pollen et Spores 8: 75-122.
- Tardieu-Blot, M.L.** 1967. Quelques généralités sur les spores de Fougères. Adansonia 7: 149-160.
- Teodoresco, E.C.** 1929. Observations sur la croissance des plantes aux lumières de diverses longueurs d'onde. Annales des Sciences Naturelles; Botanique 11: 201-335.
- Tigersold, E.** 1981. The *Asplenium trichomanes* complex in East Central Sweden. Nordic Journal of Botany 1: 12-16.
- Towill, L.R. & Ikuma, H.** 1975. Photocontrol of the germination of *Onclea* spores. I. Action spectrum. Plant Physiology 51: 973-978.
- Traverse, A.** 1988. Paleopalynology. Allen and Unwin, Winchester.
- Tryon, R.M.** 1972. Endemic areas and geographic speciation in tropical American ferns. Biotropica 4: 121-131.
- Tryon, A.F. & Lugardon, B.** 1990. Spores of the Pteridophyta. Surface, wall structure, and diversity based on electron microscope studies. Springer-Verlag, New York.
- Tryon, R.M. & Tryon, A.F.** 1982. Ferns and allied plants with special reference to tropical America. Springer-Verlag, Berlin.
- Tschudy, R.H. & Tschudy, B.D.** 1965. Modern fern spores of Rancho Grande, Venezuela. Acta Botánica Venezuelica 1: 9-71.
- Tu, C. & MA, L.Q.** 2005. Effects of arsenic on concentration and distribution of nutrients in the fronds of the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. Environmental Pollution 135: 330-340.

- Uriartt, G.L.** 2012. Fenologia de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin. (Cyatheaceae) em três habitats com diferentes estágios de sucessão, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Feevale, Novo Hamburgo.
- Valerius-Cordus 1561.** In hoc volumine continentvr Valerii Cordi Simesusij Annotationes in Pedacij Dioscoridis Anazarbei De medica materia libros V. [microform]: longe aliaè quàm an[?]té hac sunt euulgatæ: eivsdem Val. Cordi Historiae stirpivm lib. IIII. posthumi, nunc primùm in lucem editi, adiectis etiam stirpium iconibus: & breuissimis annotatiunculis : Sylva, qua rerum fossilium in Germania plurimarum, metallorum, lapidum & stirpium aliquot rariorum notitiam breuissimè persequitur, nunquam hactenus uisa: De artificiosis extractionibus liber: Compositiones medicinales aliquot, non vulgares: his accedvnt Stocc-Hornii et Nessi in Bernativm Helvetiorvm ditone montium & nascentium in eis stirpium, descriptio Benedicti Aretij: item Conradi Gesneri De hortis Germaniae liber recens, unà cum descriptione tulipæ turcarum, chamæcerasi montani, chamæespili, chamæneris, & conizoidis. Conr. Gesneri collecta, & præfationibus illustrata. Argentorati: Excudebat Iosias Rihelius.
- van Tooren, B.F. & During, H.J.** 1988. Viable plant diaspores in the guts of earthworms. *Acta Botanica Neerlandica* 37: 181-185.
- Vinten, A.** 1981. The application and limitations of deep bed filtration theory in the study of dilute colloidal suspension movement through soils. Tese de Doutorado. Universidade de Oxford, Oxford.
- Von Aderkas, P. & Cutter, E.G.** 1983. Gametophyte plasticity and its bearing on sex expression in *Todea barbara* (L.) Moore. *Botanical Gazette* 144: 525-532.
- Wagner F.S.** 1985. Bilateral spores in new world Grammitid ferns. *American Fern Journal* 75: 6-11.
- Wagner, W.H.JR.** 1974. Structure of spores in relation to Fern phylogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 61: 332-353.
- Weaver, C.B.** 1895. A comparative study of the spores of North American ferns. *Proceedings of the Iowa Academy of Science* 3: 159-161.
- Wee, Y.C.** 1974. Viable seeds and spores of weed species in peat soil under pineapple cultivation. *Weed Research* 14: 193-196.
- Wittier, D.P.** 1973. The effect of light and other factors on spore germination *Botrychium dissectum*. *Canadian Journal Botany* 51: 1791-1794.
- Whitmore, T.C.** 1975. Tropical Rainforest of the Far East. London, Oxford University.
- Whittier, D.P.** 1990. Factors affecting the viability of *Psilotum* spores. *American Fern Journal* 80: 90-96.

- Wolf, P.G.; Schneider, H. & Ranker, T.A.** 2001. Geographic distributions of homosporous ferns: does dispersal obscure evidence of vicariance? *Journal of Biogeography* 28: 263-270.
- Wutke, A.C.P.** 1972a. Acidez. *In*: A.C. Moniz (coord.). *Elementos de Pedologia*, EDUSP. São Paulo, pp. 149-167.
- Wutke, A.C.P.** 1972b. Adsorção e troca iônica. *In*: A.C. Moniz (coord.). *Elementos de Pedologia*. São Paulo, EDUSP, pp. 125-147.
- Ybert, J.P.; Salgado-Labouriau, M.L.; Barth, O.M.; Lorscheitter, M.L.; Barros, M.A.; Scheel, R. & Vicentini, K.F.** 1992. Sugestões para padronização da metodologia empregada em estudos palinológicos do Quaternário. *Boletim do Instituto Geológico* 13: 47-49.

ANEXOS

**DADOS QUANTITATIVOS DAS PORCENTAGENS E CONCENTRAÇÕES DAS ANÁLISES DE
PRECIPITAÇÃO E DE DEPOSIÇÃO TEMPORAL DOS ESPOROS DE SAMAMBAIAS E LICÓFITAS DO PEFI.**

Anexo A. Concentração total dos tipos de esporos encontrados nas análises de precipitação dos quatro pontos de estudo no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
	<u>ESPOROS DE SAMAMBAIAS E LICÓFITAS</u>				<u>GRÃOS DE PÓLEN</u>			
JULHO	11.436,50	46.393,18	1.243,18	858.644,60	267.804,10	228.571,30	30.724,53	2.947.370,00
AGOSTO	22.307,90	20.425,31	3.475,73	554.530,43	189.204,00	14.997,60	33.0194,90	187.827,00
SETEMBRO	4.112,81	13.524,80	19.177,37	1.653,22	332.623,00	15.027,50	9.588,65	5.620,95
OUTUBRO	1.957,24	36.248,50	1.100,94	2.995,97	19.709,42	28.998,90	5.504,74	137.814,80
NOVEMBRO	8.134,47	24.178,41	1.681,83	18.020,12	22.369,80	96.713,60	17.192,09	6.883.684,00
DEZEMBRO	282,09	141.571,00	19.032,69	51.375,32	209.880,00	127.613,00	62.535,99	34.785,37
JANEIRO	11,00	46,00	7,00	22,00	796,00	11,00	3,00	13,00
FEVEREIRO	4,00	40,00	457.260,40	18,00	23,00	4,00	7.577.459,00	46,00
MARÇO	455.436,00	7,00	2,00	7,00	2.907.782,00	-	4,00	6,00
ABRIL	2,00	2,00	1,00	7,00	218,00	-	-	4,00
MAIO	436.786,00	42,00	4,00	19,00	12.760.390	41,00	13,00	13,00
JUNHO	333.959,00	2.189.873,00	2,00	5,00	14.137.580	2.023.974,00	19,00	2,00

Anexo B. Concentração dos tipos de esporos encontrados nas análises de precipitação do ponto 1 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = esporos não identificados

TIPOS DE ESPOROS (esporos/gr. de lâ de vidro)						
MESES	Cyatheaceae		Polypodiaceae		Polypodiaceae	Blechnaceae
	Cyathea	Alsophila	Microgramma	Serpocaulon		Blechnum
JULHO	-	-	1.906,08	1.906,08	-	-
AGOSTO	7.435,97	-	826,19	-	826,21	7.435,97
SETEMBRO	-	-	-	514,10	-	-
OUTUBRO	-	-	-	-	-	-
NOVEMBRO	2.711,49	-	-	1.355,75	-	-
DEZEMBRO	-	-	-	-	-	-
JANEIRO	-	1,00	-	4,00	-	-
FEVEREIRO	2,00	-	-	-	-	-
MARÇO	-	-	-	-	-	-
ABRIL	-	-	-	-	-	-
MAIO	155.995,00	-	-	-	-	93.597,02
JUNHO	-	-	74.213,00	-	-	-

Continuação do Anexo B.

TIPOS DE ESPOROS (esporos/gr. de lâ de vidro)									
MESES	Pteridaceae		Dryopteridaceae	Ophioglossaceae	Tectariaceae	Athyriaceae	Thelypteridaceae	Esporos NI	
	Pteris	Pteris splendens	Ctenitis	Botrychium	Tectaria	Depria	Thelypteris	Monoletes	Triletes
JULHO	-	5.718,24	-	-	-	-	-	953,04	953,04
AGOSTO	-	1.652,44	826,21	-	-	-	-	1.652,44	1.652,44
SETEMBRO	514,10	-	-	-	514,10	-	-	2.056,40	514,10
OUTUBRO	-	-	1.304,83	-	-	-	-	652.414,00	-
NOVEMBRO	-	677,87	-	-	-	677,87	677,87	2.033,62	-
DEZEMBRO	-	-	-	-	-	-	-	282.096,00	-
JANEIRO	-	-	-	-	-	-	-	6,00	-
FEVEREIRO	-	-	-	-	-	-	-	2,00	-
MARÇO	-	-	-	35.033,50	-	-	-	420.402,00	-
ABRIL	-	2	-	-	-	-	-	-	-
MAIO	-	62.398,01	-	-	-	-	-	62.398,01	62.398,01
JUNHO	37.106,50	-	37.106,50	-	-	-	-	7.4213,00	-

Anexo C. Concentração dos tipos de esporos encontrados nas análises de precipitação do ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = esporos não identificados

TIPOS DE ESPOROS (esporos/gr. de lâ de vidro)							
	Cyatheaceae	Dryopterida ceae		Polypodiaceae			
MESES	Cyathea	Alsophila	Polybotrya	Microgramma	Pleopeltis	Serpocaulon	Campyloneurum
JULHO	36.209,31	-	-	-	3.394,62	2.263,08	-
AGOSTO	17.711,50	-	-	285.669	-	2.428,18	-
SETEMBRO	9.016,53	-	-	-	-	1.502,76	-
OUTUBRO	14.499,40	-	18.124,30	-	-	-	-
NOVEMBRO	13.188,20	4.396,07	-	-	2.198,04	-	2.198,04
DEZEMBRO	109.668,00	-	11.963,80	-	11.963,80	-	1.993,96
JANEIRO	14,00	30,00	2,00	-	-	-	-
FEVEREIRO	36,00	-	-	-	-	-	-
MARÇO	7,00	-	-	-	-	-	-
ABRIL	-	-	-	-	-	-	-
MAIO	41,00	-	-	-	-	1	-
JUNHO	2.023.974	-	66.359,79	-	-	-	33.179,89

Comtinueação Anexo C.

TIPOS DE ESPOROS (esporos/gr. de lâ de vidro)							
	Blechnaceae	Pteridaceae		Ophioglossaceae	Athyriaceae	Esporos NI	
MESES	Blechnum	Pteris	Pteris splendens	Botrychium	Deparia	Monoletes	Triletes
JULHO	-	-	-	-	-	4.526,16	-
AGOSTO	-	428,50	-	1.714,01	-	-	-
SETEMBRO	-	-	-	-	-	-	3.005,51
OUTUBRO	-	-	-	-	-	3.624,86	-
NOVEMBRO	-	-	-	-	-	2.198,04	-
DEZEMBRO	-	9.969,79	-	-	-	5.981,88	-
JANEIRO	-	-	-	-	-	-	-
FEVEREIRO	-	1,00	-	-	3,00	4,00	-
MARÇO	-	-	1,00	-	-	-	-
ABRIL	-	-	-	-	-	2,00	-
MAIO	8,00	-	-	-	-	-	-
JUNHO	33.179,89	-	-	-	1,00	66.359,79	-

Anexo D. Concentração dos tipos de esporos encontrados nas análises de precipitação do ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPOS DE ESPOROS (esporos/gr. de lâ de vidro)											
MESES	<u>Cyatheaceae</u>	<u>Dryopteridaceae</u>		<u>Polypodiaceae</u>		<u>Anemiaceae</u>	<u>Blechnaceae</u>	<u>Tectariaceae</u>	<u>Athyriaceae</u>	<u>Esporos NI</u>	
	<i>Cyathea</i>	<i>Ctenitis</i>	<i>Polybotrya</i>	<i>Pleopeltis</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Anemia</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Tectaria</i>	<i>Deparia</i>	Monoletes	Triletes
JULHO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.243,19	-
AGOSTO	772,38	-	2.317,16	-	-	-	-	-	-	386,19	-
SETEMBRO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.588,69	9.588,69
OUTUBRO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.100,95
NOVEMBRO	186,87	-	560,61	543,79	1.087,58	-	-	-	-	747,48	-
DEZEMBRO	1.631,37	1.087,58	-	-	-	543,79	-	543,79	1.087,58	10.875,80	1.631,37
JANEIRO	1,00	-	-	-	-	-	3,00	-	-	-	3,00
FEVEREIRO	1.631,37	-	-	-	-	-	-	-	-	293.953,00	-
MARÇO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	-
ABRIL	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAIO	1,00	-	-	-	-	-	3,00	-	-	-	-
JUNHO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	-

Anexo E. Concentração dos tipos de esporos encontrados nas análises de precipitação do ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPOS DE ESPOROS (esporos/gr. de lâ de vidro)													
MESES	<u>Cyatheaceae</u>	<u>Polypodiaceae</u>				<u>Anemiaceae</u>	<u>Blechnaceae</u>	<u>Pteridaceae</u>		<u>Dryopteridaceae</u>	<u>Athiriaceae</u>	<u>Esporos NI</u>	
	<i>Cyathea</i>	<i>Microgramma</i>	<i>Pleopeltis</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Campyloneurum</i>	<i>Anemia</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Pteris</i>	<i>Pteris splendens</i>	<i>Ctenitis</i>	<i>Deparia</i>	Monoletes	Triletes
JULHO	14.471,54	265.311,50	168.834,6	-	-	4.823,84	342.493,10	-	-	-	-	62.710,00	330,64
AGOSTO	12.117,87	-	-	6.058,94	-	-	6.058,94	-	-	-	-	30.294,69	-
SETEMBRO	661,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	661,28	-
OUTUBRO	427,99	-	-	427,99	-	-	2.567,97	-	-	-	-	-	-
NOVEMBRO	-	-	-	-	-	-	18.020,12	-	-	-	-	-	-
DEZEMBRO	16.054,79	5.886,76	-	1.070,32	535,16	-	10.703,20	12.308,70	-	4.816,44	-	-	-
JANEIRO	5,00	-	5,00	2,00	-	-	5,00	-	-	-	3,00	2,00	-
FEVEREIRO	6,00	-	-	-	-	-	9,00	-	2	1,00	-	-	-
MARÇO	3,00	-	-	-	-	-	4,00	-	-	-	-	-	-
ABRIL	-	-	-	-	-	-	7,00	-	-	-	-	-	-
MAIO	8,00	-	1,00	-	-	-	5,00	-	-	-	4,00	-	1,00
JUNHO	3,00	-	-	-	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	-

Anexo F. Porcentagem dos tipos de esporos encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 1 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm ³)														
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Cyatheaceae</u>		<u>Polypodiaceae</u>		<u>Blechnaceae</u>	<u>Pteridaceae</u>	<u>Dryopteridaceae</u>			<u>Selaginellaceae</u>	<u>Ophioglossaceae</u>	<u>Athyriaceae</u>	<u>Dennstaedtiaceae</u>
		<i>Cyathea</i>	<i>Microgramma</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Campylonenurum</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Pteris</i>	<i>Ctenitis</i>	<i>Lastreopsis</i>	<i>Megalastrum</i>	<i>Selaginella</i>	<i>Botrychium</i>	<i>Deparia</i>	<i>Pteridium</i>
1	0-1	2,00	2,00	2,00	-	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5-6	4,00	-	-	-	4,00	-	-	-	-	1,00	-	-	-
3	10-11	-	3,00	2,00	-	3,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-
4	15-16	7,00	17,00	36,00	1,00	5,00	5,00	1,00	1,00	-	4,00	1,00	1,00	1,00
5	20-21	1,00	-	48,00	-	23,00	1,00	-	-	-	-	-	2,00	-
6	24-15	5,00	2,00	38,00	-	29,00	6,00	-	-	4,00	-	-	-	-

Anexo G. Porcentagem dos tipos de esporos encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm ³)									
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Cyatheaceae</u>		<u>Dryopteriaceae</u>		<u>Polypodiaceae</u>		<u>Thelypteridaceae</u>	
		<i>Cyathea</i>	<i>Alsophila</i>	<i>Polybotrya</i>	<i>Campyloneurum</i>	<i>Pleopeltis</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Thelypteris</i>	<i>Macrothelypteris</i>
1	0-1	76,60	-	-	1,40	3,40	4,1	-	-
2	5-6	74,10	-	1,80	-	0,40	6,9	-	-
3	10-11	51,40	-	-	-	11,40	9,3	-	-
4	15-16	38,40	0,70	1,00	-	15,90	9,3	1,40	-
5	20-21	21,90	-	5,50	-	4,40	9,8	-	-
6	24-15	592,00	-	2,00	-	3,30	10,2	-	0,70

Continuação da tabela Anexo G

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm ³)										
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Hymenophyllaceae</u>	<u>Blechnaceae</u>		<u>Pteridaceae</u>		<u>Dryopteridaceae</u>		<u>Lygodiaceae</u>	<u>Ophioglossaceae</u>
		<i>Trichomanes</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Salpichlaena</i>	<i>Adiantum</i>	<i>Vittaria</i>	<i>Polybotrya</i>	<i>Elaphoglossum</i>	<i>Lygodium</i>	<i>Botrychium</i>
1	0-1	1,40	2,10	-	3,40	-	-	-	-	-
2	5-6	-	0,70	-	1,10	-	1,80	0,40	1,80	-
3	10-11	-	3,60	-	5,00	-	-	0,70	1,40	-
4	15-16	-	0,70	1,00	12,10	0,30	1,00	-	2,40	-
5	20-21	-	10,40	0,80	14,20	-	5,50	-	1,10	-
6	24-15	-	2,00	1,30	4,10	-	2,00	-	1,20	0,80

Anexo H. Porcentagem dos tipos de esporos encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm ³)											
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Cyatheaceae</u>		<u>Polypodiaceae</u>		<u>Blechnaceae</u>	<u>Pteridaceae</u>	<u>Tectariaceae</u>	<u>Tectariaceae</u>	<u>Selaginellaceae</u>	<u>Athyriaceae</u>
		<i>Cyathea</i>	<i>Microgramma</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Campylonenurum</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Pteris</i>	<i>Tectaria</i>	<i>Ctenitis</i>	<i>Selaginella</i>	<i>Deparia</i>
1	0-1	2,00	7,00	6,00	-	22,00	3,00	-	1,00	-	-
2	5-6	-	2,00	12,00	-	13,00	2,00	-	-	-	-
3	10-11	2,00	6,00	24,00	-	30,00	15,00	7,00	3,00	4,00	18,00
4	15-16	1,00	16,00	42,00	2,00	17,00	6,00	2,00	-	-	18,00
5	20-21	1,00	4,00	23,00	-	8,00	-	3,00	1,00	-	75,00
6	24-15	2,00	6,00	48,00	1,00	25,00	3,00	2,00	-	4,00	14,00

Anexo I. Porcentagem dos tipos de esporos encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm³)														
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Cyatheaceae</u>	<u>Dicksoniaceae</u>	<u>Polypodiaceae</u>			<u>Blechnaceae</u>	<u>Pteridaceae</u>		<u>Dryopteridaceae</u>	<u>Selaginellaceae</u>	<u>Athyriaceae</u>	<u>Thelypteridaceae</u>	<u>Anemiaceae</u>
		<i>Cyathea</i>	<i>Dicksonia</i>	<i>Microgramma</i>	<i>Pleopeltis</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Lindsaea</i>	<i>Pteris</i>	<i>Ctenitis</i>	<i>Selaginella</i>	<i>Deparia</i>	<i>Thelypteris</i>	<i>Anemia</i>
1	0-1	7,50	-	4,70	-	3,80	36,80	-	-	3,80	-	9,40	-	1,90
2	5-6	2.50	-	-	-	5,60	57,10	-	3,00	9,10	2,00	-	-	8,60
3	10-11	3,90	-	7,90	-	3,90	44,70	-	3,90	-	-	-	1,30	1,30
4	15-16	1,90	-	1,90	3,70	1,90	18,50	-	1,90	7,40	1,90	-	1,90	-
5	20-21	-	-	4,00	8,00	-	58,00	-	10,00	-	-	-	6,00	-
6	24-15	9,00	1,50	-	1,50	3,70	15,70	1,50	20,00	2,20	3,00	0,70	7,50	11,90

Anexo J. Concentração total dos palinomorfos identificados por ponto de estudo encontrados nas análises de deposição temporal no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)

NÍVEIS	Prof. (cm)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
		ESPOROS DE SAMAMBAIAS E LICÓFITAS				<i>Podocarpus</i>				GRÃOS DE PÓLEN			
1	0-1	9.797,00	284.164,70	322.643,00	118.701,10	9.145,00	13.717,80	72.430,10	39.193,80	205.767,00	254.759,40	1.613.214,80	372.900,50
2	5-6	3.528,00	65.085,40	1.467.414,00	23.878,00	2.744,00	712,60	62.710,00	86.829,20	148.152,00	37.531,00	2.646.362,00	207.666,60
3	10-11	5.427,00	182.904,20	4.764.078,70	5.728,30	2.412,00	3.919,40	167.749,30	2.035,10	165.820,00	254.759,40	3.187.235,80	26.908,00
4	15-16	9.631,00	47.032,50	3.600.808,20	6.317,80	1.788,00	147,90	144.860,10	351,00	29.842,00	26.030,60	2.897.202,00	14.624,50
5	20-21	7.171,00	58.006,80	2.232.476,00	48.992,20	478,00	313,50	87.794,00	18.617,00	7.552,00	29.787,20	752.520,00	125.420,00
6	24-15	8.129,00	214.259,20	1.834.894,60	30.893,90	387,00	2.612,90	110.369,60	43.343,70	2.903,00	78.387,50	1.241.658,00	57.868,40

Anexo K. Concentração dos tipos de esporos encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 1 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Prof. = profundidade (cm)

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm ³)														
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Cyatheaceae</u>		<u>Polypodiaceae</u>		<u>Blechnaceae</u>	<u>Pteridaceae</u>		<u>Dryopteridaceae</u>		<u>Selaginellaceae</u>	<u>Ophioglossaceae</u>	<u>Athyriaceae</u>	<u>Dennstaedtiaceae</u>
		<i>Cyathea</i>	<i>Microgramma</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Campylonenurum</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Pteris</i>	<i>Ctenitis</i>	<i>Lastreopsis</i>	<i>Megalastrum</i>	<i>Selaginella</i>	<i>Botrychium</i>	<i>Deparia</i>	<i>Pteridium</i>
1	0-1	1.306,00	1.306,00	1.306,00	-	5.879,00	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5-6	1.568,00	-	-	-	1.568,00	-	-	-	-	392,00	-	-	-
3	10-11	-	1.809,00	1.206,00	-	1.809,00	603,00	-	-	-	-	-	-	-
4	15-16	963,00	2.338,00	3.576,00	138,00	688,00	688,00	138,00	138,00	-	550,00	138,00	138,00	138,00
5	20-21	96,00	-	4.589,00	-	96,00	96,00	-	-	-	-	-	-	-
6	24-15	484,00	194,00	3.677,00	-	581,00	581,00	-	-	387,00	-	-	-	-

Anexo L. Concentração dos tipos de esporos encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm ³)									
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Cyatheaceae</u>		<u>Dryopteriaceae</u>		<u>Polypodiaceae</u>		<u>Thelypteridaceae</u>	
		<i>Cyathea</i>	<i>Alsophila</i>	<i>Polybotrya</i>	<i>Campyloneurum</i>	<i>Pleopeltis</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Thelypteris</i>	<i>Macrothelypteris</i>
1	0-1	217.525,30	-	-	4.513,20	9.798,40	11.758,10	-	-
2	5-6	48.220,20	-	1.187,70	-	237,50	4.513,20	-	-
3	10-11	94.065,00	-	-	-	20.903,30	16.984,00	-	-
4	15-16	16.417,00	295,80	443,70	-	6.803,40	3.993,30	591,60	-
5	20-21	12.542,01	-	3.135,50	-	2.508,40	5.643,90	-	313,50
6	24-15	126.291,00	-	4.354,90	-	6.967,80	21.774,30	-	-

Continuação da tabela Anexo L.

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm³)										
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Hymenophyllaceae</u>	<u>Blechnaceae</u>	<u>Pteridaceae</u>			<u>Dryopteridaceae</u>		<u>Lygodiaceae</u>	<u>Ophioglossaceae</u>
		<i>Trichomanes</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Salpichlaena</i>	<i>Adiantum</i>	<i>Vittaria</i>	<i>Polybotrya</i>	<i>Elaphoglossum</i>	<i>Lygodium</i>	<i>Botrychium</i>
1	0-1	3.919,40	5.879,10	-	9.798,40	-	-	-	-	-
2	5-6	-	475,10	-	712,60	-	-	237,50	1.187,70	-
3	10-11	-	6.532,30	-	9.145,20	-	-	1.306,50	2.612,90	-
4	15-16	-	295,80	4.289,10	5.176,50	147,9	443,70	-	1.035,30	-
5	20-21	-	5.957,40	313,50	8.152,30	-	3.135,50	-	627,10	-
6	24-15	-	4.354,90	871,00	8.709,70	-	4.354,90	-	2.612,90	1.741,90

Anexo M. Concentração dos tipos de esporos encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm ³)											
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Cyatheaceae</u>		<u>Polypodiaceae</u>		<u>Blechnaceae</u>	<u>Pteridaceae</u>	<u>Tectariaceae</u>	<u>Tectariaceae</u>	<u>Selaginellaceae</u>	<u>Athyriaceae</u>
		<i>Cyathea</i>	<i>Microgramma</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Campylonenurum</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Pteris</i>	<i>Tectaria</i>	<i>Ctenitis</i>	<i>Selaginella</i>	<i>Deparia</i>
1	0-1	13.169,10	46.091,80	39.507,30	-	144.860,10	19.753,60	-	6.584,60	-	-
2	5-6	-	25.084,00	150,50	-	163.046,00	25.084,00	-	-	-	-
3	10-11	66.099,70	201.299,10	805.196,40	-	1.006.495,50	201.299,10	234.848,90	100.649,60	134.199,40	603.897,30
4	15-16	20.694,00	331.108,80	869.160,60	41.388,60	351.803,10	331.108,80	41.388,60	-	-	372.497,40
5	20-21	12.542,00	50.168,00	288,46	3.762,60	100,33	50.168,00	-	-	-	940, 65
6	24-15	27.592,00	82.777,20	662.217,60	27.592,40	344,90	82.777,20	13.796,20	12.542,00	55.184,80	193.146,80

Anexo N. Concentração dos tipos de esporos encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

TIPOS DE ESPOROS (esporos/cm³)														
NÍVEIS	Prof. (cm)	<u>Cyatheaceae</u>	<u>Dicksoniaceae</u>	<u>Polypodiaceae</u>			<u>Blechnaceae</u>	<u>Pteridaceae</u>		<u>Dryopteridaceae</u>	<u>Selaginellaceae</u>	<u>Athyriaceae</u>	<u>Thelypteridaceae</u>	<u>Anemiaceae</u>
		<i>Cyathea</i>	<i>Dicksonia</i>	<i>Microgramma</i>	<i>Pleopeltis</i>	<i>Serpocaulon</i>	<i>Blechnum</i>	<i>Lindsaea</i>	<i>Pteris</i>	<i>Ctenitis</i>	<i>Selaginella</i>	<i>Deparia</i>	<i>Thelypteris</i>	<i>Anemia</i>
1	0-1	8.958,60	-	5.599,10	-	4.479,30	43.673,00	-	-	4479.3,00	-	11.198,20	-	2.239,60
2	5-6	603,00	-	-	-	1.326,60	13.627,40	-	723,60	2170.7,00	482,40	-	-	2.050,10
3	10-11	226,10	-	452,20	-	226,10	2.562,70	-	226,10	-	-	-	75.4,00	75,40
4	15-16	117,00	-	117,20	234,00	117,00	1.170,00	-	117	468	117	-	117,00	-
5	20-21	-	-	1.959,70	3.919,40	-	28.415,50	-	4.899,20	-	-	-	2.939.50	-
6	24-15	2.766,60	461,10	-	461,10	1.152,80	4.841,69	461,10	6.224,90	691,70	922,20	230,60	2.305,50	3.688,80

Anexo O. Concentração dos palinomorfos por hábito encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 1 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Esporos NI = Esporos não identificados

NÍVEIS	Prof. (cm)	ARBORESCENTES	EPÍFITAS	HERBÁCEAS	ESPOROS NI
1	0-1	1.306,00	2.163,00	5.879,00	5.226,00
2	5-6	1.568,00	-	1.960,00	3.136,00
3	10-11	-	3.015,00	2.412,00	9.045,00
4	15-16	963,00	6.051,00	2.613,00	3.163,00
5	20-21	96,00	4.589,00	2.485,00	9.464,00
6	24-15	484,00	3.871,00	3.774,00	4.258,00

Anexo P. Concentração dos esporos por hábito encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 2 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

NÍVEIS	Prof. (cm)	ARBORESCENTES	HEMIEPÍFITAS	EPÍFITAS	HERBÁCEAS	ESPOROS NI
1	0-1	217.525,30	-	29.395,30	15.677,50	21.556,60
2	5-6	48.220,20	1.187,70	4.750,80	2.612,90	8.313,80
3	10-11	94.065,00	-	37.887,30	19.596,90	31.355,00
4	15-16	16.712,80	443,70	10.944,70	11.388,40	7.542,90
5	20-21	12.542,00	3.135,50	8.152,30	15.363,90	18.813,00
6	24-15	126.291,00	4.354,90	28.742,10	18.290,40	36.580,80

Anexo Q. Concentração dos esporos por hábito encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 3 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

NÍVEIS	Prof. (cm)	ARBORESCENTES	EPÍFITAS	HERBÁCEAS	ESPOROS NI
1	0-1	13.169,10	85.599,20	171.198,30	52.676,40
2	5-6	-	175.588,00	188.130,00	1.103.696,00
3	10-11	67.099,70	1.006.495,50	2.583.388,50	1.107.145,10
4	15-16	20.694,30	1.241.658,00	889.854,90	1.448.601,00
5	20-21	12.542,00	338.634,00	1.091.154,00	790.146,00
6	24-15	27.592,40	785.791,00	662.217,60	386.293,60

Anexo R. Concentração dos esporos por hábito encontrados nas análises de deposição temporal do ponto 4 no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

NÍVEIS	Prof. (cm)	ARBORESCENTES	EPÍFITAS	HERBÁCEAS	ESPOROS NI
1	0-1	8.958,60	12.318,00	59.350,50	38.073,90
2	5-6	603,00	3.376,70	17.004,10	2.894,30
3	10-11	226,10	753,70	2.864,20	1.884,30
4	15-16	117,00	468,00	1.988,90	3.743,90
5	20-21	-	5.879,10	362.54,20	6.858,90
6	24-15	3.227.70,00	5.302,70	15.677,55	6.686,00