



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

MARIA GABRIELA KISS CORNIA

EFEITO DAS ESPÉCIES DE ÁRVORES DO DOSSEL NA  
DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE REGENERANTES

CAMPINAS

2020

**MARIA GABRIELA KISS CORNIA**

**EFEITO DAS ESPÉCIES DE ÁRVORES DO DOSSEL NA DINÂMICA  
DE POPULAÇÕES DE REGENERANTES**

*Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biologia da Universidade Estadual de  
Campinas como parte dos requisitos  
exigidos para a obtenção do Título de  
Mestra em Biologia Vegetal.*

*Orientador: RICARDO RIBEIRO RODRIGUES*

ESTE ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO  
DEFENDIDA PELA ALUNA MARIA GABRIELA  
KISS CORNIA E ORIENTADA PELO RICARDO  
RIBEIRO RODRIGUES.

**CAMPINAS**

**2020**

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Biologia  
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

C815e Cornia, Maria Gabriela Kiss, 1992-  
Efeito das espécies de árvores do dossel na dinâmica de populações de regenerantes / Maria Gabriela Kiss Cornia. – Campinas, SP : [s.n.], 2020.

Orientador: Ricardo Ribeiro Rodrigues.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Florestas. 2. Plantas de sub-bosque. 3. Dossel florestal. 4. Biodiversidade. I. Rodrigues, Ricardo Ribeiro. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Effect of canopy tree species on the dynamics of tree seedlings populations

**Palavras-chave em inglês:**

Forests

Understory plants

Forest canopies

Biodiversity

**Área de concentração:** Biologia Vegetal

**Titulação:** Mestra em Biologia Vegetal

**Banca examinadora:**

Ricardo Ribeiro Rodrigues [Orientador]

Juliano Van Melis

Ingo Isernhagen

**Data de defesa:** 31-03-2020

**Programa de Pós-Graduação:** Biologia Vegetal

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-2392-5009>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8897052973885294>

Campinas, 31 de março de 2020.

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Rodrigues

Prof. Dr. Juliano Van Melis

Prof. Dr. Ingo Isernhagen

*Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram a Ata de Defesa, que se encontra no processo de vida acadêmica do aluno.*

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa de Biologia Vegetal do Instituto de Biologia.

*Aos que insistem em regenerar e resistem sob dossel desfavorável. Dedico.*

## **Agradecimentos**

*A você, leitor, pelo interesse em refletir sobre algum tema das ciências naturais.*

*À minha família pela grande oportunidade de viver e liberdade para aprender!!*

*A todos os professores, educadores, pensadores que me inspiraram e inspiram.*

*A todos os profissionais que por seu trabalho tornam possível o aprender.*

*À TV Cultura pelo compromisso com a educação sem a qual teria percorrido outra trajetória.*

*Aos amigos por serem mais que amigos*

*A todos do LERF, minha segunda casa, a qual apresenta uma força gravitacional de atrair pessoas incrivelmente maravilhosas!!*

*A todos que me ajudaram em campo, contem sempre comigo! Agradeço especialmente ao Francisco (o Chico), técnico do LERF, por salvar esse projeto várias vezes com seu esforço de campo, conselhos e ideias práticas! Outro agradecimento especial a todos que trabalham e se dedicam a Mata de Santa Genebra, minha terceira casa.*

*Aos amados amigos da república Sambão do Preto Velho por serem minha família em Barão Geraldo!! Lembranças aos amigos do Caião e ao Oscar Alves Costa.*

*À sociedade brasileira que promove e defende a educação pública e pesquisa no país.*

*A todos que se preocupam com a conservação dos ecossistemas naturais.*

*Aos pós-graduandos brasileiros pela coragem e doação dedicados à ciência.*

*Às universidades por abrir olhos e mentes, dedico agradecimento especial à USP e UNICAMP. Sem as universidades nada seria possível!*

*Às instituições de fomento à pesquisa: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) que financiou o projeto ao qual essa dissertação fez parte (nº 13/50718-5) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de auxílio financeiro (Processo 132852/2018-7). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil, (CAPES) - Código de Financiamento 001.*

*Aos membros das bancas de qualificação, pré-banca e defesa.*

*Aos meus orientadores Ricardo e Sergius pela oportunidade, confiança, conselhos e pelos exemplos de compromisso com o Brasil e a restauração ecológica. Vocês ensinam muito além de ciências, vocês ampliam nossas raízes com as florestas.*

## Resumo

Em comunidades florestais, as árvores do dossel modificam as condições ambientais e a disponibilidade de recursos abaixo de suas copas, que podem afetar a presença, abundância e desenvolvimento das espécies de plantas no sub-bosque (efeito filtro). Os possíveis processos envolvidos nesse efeito e suas consequências na estrutura e diversidade da comunidade regenerante em florestas ainda precisam ser investigados. Embora o efeito filtro possivelmente envolva muitos processos, a deposição de serapilheira tem sido apontada como um importante processo desse efeito. Os objetivos são investigar como as árvores do dossel afetam a dinâmica de populações regenerantes sob suas copas e verificar se a queda de serapilheira se relaciona a esse efeito. Em uma floresta tropical em Campinas, SP, Brasil, selecionei 25 indivíduos de cinco espécies arbóreas de dossel (cinco indivíduos de cada espécie), *Aspidosperma polyneuron* Müll.Arg, *Astronium graveolens* Jacq, *Croton piptocalyx* Müll.Arg, *Diatenopteryx sorbifolia* Radlk. e *Pachystroma longifolium* (Nees) I.M.John. Abaixo da copa de cada indivíduo, introduzi quatro parcelas que em conjunto continham 24 mudas de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms, quatro de *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna, 16 de *Hymenaea courbaril* L. e 16 de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) JFMacbr. Após um ano, contei o número de mudas mortas e medi a variação em altura dos sobreviventes. Ao lado de cada parcela, instalei coletores de serapilheira, cujo conteúdo coletei ao longo do mesmo ano. Esperava que a variação de altura e número de mortas, após um ano, para cada espécie de muda fosse diferente sob cada espécie de dossel, o que caracterizaria o efeito filtro. Além disso, esperava que a variação de altura e o número de mortas fosse relacionado a massa de queda de serapilheira abaixo da respectiva espécie de dossel. Avaliei o efeito filtro sobre as mudas e um possível papel da serapilheira nesse efeito pela construção de modelos lineares mistos e generalizados da mortalidade e crescimento de cada espécie de muda plantada sob copas de diferentes espécies de dossel. A mortalidade das mudas de *C. speciosa* apresentou efeito das espécies de dossel em interação com a massa de queda de serapilheira abaixo dessas espécies. *H. courbaril* apresentou diferenças de crescimento e mortalidade sob as diferentes espécies de dossel, e a massa de serapilheira apresentou relação com o crescimento. *G. integrifolia* teve diferença de mortalidade associada a massa de serapilheira somente, independentemente da espécie de dossel. Já o crescimento de *P. gonoacantha* apresentou influência das espécies de dossel. Esses resultados mostram que a maneira como a dinâmica das populações regenerantes responde ao efeito filtro das espécies do dossel varia em algum grau entre regenerantes das diferentes espécies. Possivelmente, o tipo de resposta ao efeito filtro depende das diferentes características que se relacionam às diferentes estratégias de crescimento e sobrevivência das populações regenerantes. Concluímos que o dossel das florestas, pela atuação do efeito filtro, pode ser um fator chave para determinar a dinâmica da regeneração e assim, determinar, em certo grau, a estrutura e composição do dossel futuro das florestas.

**Palavras-chaves:** Filtro ecológico; Floresta; Plantas de sub-bosque; Espécies de dossel; Espécies engenheiras; Dinâmica de comunidade; Biodiversidade.

## Abstract

In forest communities, canopy trees modify environmental conditions and the availability of resources below their crowns, which can affect the presence, abundance and development of plant species in the understory (filter effect). The possible processes involved in this effect and its consequences on the structure and diversity of the forest regenerating community have yet to be investigated. Although the filter effect possibly involves many processes, litter deposition has been identified as an important process of this effect. The objectives are to investigate how canopy trees affect the dynamics of regenerating populations under their crowns and to see if the fall of litter is related to this effect. In a tropical forest in Campinas, SP, Brazil, I selected 25 individuals from five canopy tree species (five individuals of each species), *Aspidosperma polyneuron* Müll.Arg, *Astronium graveolens* Jacq, *Croton piptocalyx* Müll.Arg, *Diatenopteryx sorbifolia* Radlk. and *Pachystroma longifolium* (Nees) I.M.John. Below the canopy of each individual, I introduced four plots that together contained 24 seedlings of *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms, four from *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna, 16 from *Hymenaea courbaril* L. and 16 from *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) JFMacbr. After 12 months, I counted the number of seedlings killed and measured the variation in height of the survivors. Next to each plot, I installed litter collectors, whose content I collected over the 12 months. I expected that the variation in height and number of dead, after 12 months, for each species of seedling would be different under each species of canopy, which would characterize the filter effect. In addition, I expected the height variation and the number of dead to be related to the litter fall mass below the respective canopy species. I evaluated the filter effect on the seedlings and a possible role of litter in this effect by building mixed and generalized linear models of mortality and growth of each species of seedling planted under canopy of different species of canopy. The mortality of *C. speciosa* seedlings had an effect of the canopy species in interaction with the litter fall mass below these species. *H. courbaril* showed differences in growth and mortality under the different canopy species, and the litter mass was related to growth. *G. integrifolia* had a difference in mortality associated with litter mass only, regardless of the canopy species. The growth of *P. gonoacantha* was influenced by the canopy species. These results show that the way in which the dynamics of regenerating populations responds to the filter effect of canopy species varies to some degree among regenerants of different species. Possibly, the type of response to the filter effect depends on the different characteristics that are related to the different growth and survival strategies of regenerating populations. We conclude that the canopy of forests, by means of the filter effect, can be a key factor to determine the dynamics of regeneration and thus determine, to some degree, the structure and composition of the future canopy of forests.

**Keywords:** Ecological filter; Forest; Understory plants; Canopy species; Engineering species; Community dynamics; Biodiversity.

## Sumário

<b>Introdução</b>	<b>10</b>
<b>Material e métodos</b>	<b>13</b>
Área de estudo	13
Coleta e análise dos dados	19
Análise dos dados	28
<b>Resultados</b>	<b>31</b>
<b>Modelos</b>	<b>31</b>
<b>Comunidade total de mudas</b>	<b>32</b>
Crescimento	32
Mortalidade	33
Serapilheira	36
<b>População de regenerantes</b>	<b>42</b>
C. speciosa	42
G. integrifolia	49
H. courbaril	56
P. gonoacantha	61
<b>Comunidades</b>	<b>67</b>
<b>Discussão</b>	<b>78</b>
<b>Modelos</b>	<b>78</b>
<b>Crescimento e mortalidade</b>	<b>79</b>
<b>Serapilheira</b>	<b>80</b>
<b>Clima</b>	<b>82</b>
<b>Sob cada espécie de dossel</b>	<b>83</b>
<b>Populações de regenerantes</b>	<b>85</b>
C. speciosa	85
G. integrifolia	86
H. courbaril	87
P. gonoacantha	87
<b>Comunidades</b>	<b>88</b>
<b>Conclusão</b>	<b>91</b>
<b>Referências</b>	<b>92</b>
<b>Anexos</b>	<b>108</b>
<b>Anexo 1: Declaração sobre Bioética e Biossegurança</b>	<b>108</b>
<b>Anexo 2: Declaração sobre direitos autorais</b>	<b>109</b>

## Introdução

Um conceito importante para estudar processos e prever padrões de comunidades são as “regras de montagem” (*Assembly Rules*), introduzida por Diamond (1975). Nos anos 1980, o surgimento desse conceito ocasionou uma mudança nos estudos de comunidades, de um foco meramente descritivo para preditivo (KEDDY, 1992). As regras de montagem são características do ecossistema que explicam quais espécies, suas características funcionais e abundâncias que podem ocorrer em determinado ambiente (LICHTI e MURPHY, 2010; OSPINA et al, 2017). Apesar de certo papel de processos estocásticos na estruturação de comunidades (HUBBELL, 2001), estudos têm mostrado que mecanismos estocásticos por si só não explicam o padrão de diversidade encontrado em florestas tropicais, sendo preciso considerar o papel de características ambientais, a heterogeneidade espacial e existência de nichos (CHAVE, 2004; POTTS et al, 2004; CORNWELL, SCHWILK, e ACKERLY, 2006; ADLER, HILLERISLAMBERS e LEVINE, 2007; DUFLOT et al, 2014).

Essas “regras” ambientais podem ser moduladas ou não pelas interações bióticas (ex: competição) e podem ser exercidas ao longo de toda a história de vida dos organismos, seja variando de natureza ou intensidade nas diferentes escalas de tempo e espaço (DRAKE, 1990; WEIHER e KEDDY, 1995; WEIHER, CLARKE e KEDDY, 1998; LORTIE, 2004; MICHALET, 2006; WEIHER et al, 2011; AUDINO et al, 2017).

Considerando as interações bióticas e efeitos abióticos, de maneira geral, todos os organismos atuam no ambiente, em maior ou menor grau, como “engenheiros ecossistêmicos”, alterando direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos e as condições ambientais ao longo do tempo na escala local, podendo assim influenciar a presença, ausência, abundância e ou a permanência de outros organismos nas comunidades (JONES, LAWTON e SHACHAK, 1994 e 1997). O papel das espécies como engenheiras pode afetar assim a estrutura de comunidades ao longo do tempo (MESQUITA et al, 2001; MEJÍA-DOMÍNGUEZ et al, 2011; GARBIN et al, 2013; COGGAN, HAYWARD e GIBB, 2018; PISTÓN et al, 2018). A presença de diferentes espécies engenheiras poderia ampliar a heterogeneidade ambiental, aumentar a diversidade de nichos e promover diversidade nos ecossistemas (BECKAGE e CLARK, 2003; GUTIÉRREZ e JONES, 2006; ERWIN, 2008; ROMERO et al, 2015).

Nos ecossistemas florestais, as árvores do dossel e emergentes, pelo seu grande porte e sua longa permanência temporal, podem exercer um papel significativo na construção de condições e recursos em micro-habitats sob suas copas. O efeito específico de cada espécie de árvore do dossel e emergentes sob suas copas, embora não se restrinja apenas à projeção vertical da copa, tende a ser mais pronunciado, e condicionar o regime de luz, a composição e espessura da serapilheira, as características superficiais e a umidade do solo, a presença ou ausência de substâncias alelopáticas e a composição da microbiota do solo (JONES, LAWTON e SHACHAK, 1997; MONTGOMERY e CHAZDON, 2001; CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002; OLIVEIRA et al, 2005; CLARK et al, 2004; GARBIN, ZANDAVALLI e DILLENBURG, 2006; GANDOLFI, JOLY e RODRIGUES, 2007; PARK e CAMERON, 2008; MITCHELL et al, 2010; THIJS et al, 2014).

Distintas espécies de dossel e emergentes podem criar diferentes condições ambientais sob suas copas, e afetar diferencialmente a sobrevivência e crescimento de plântulas e juvenis de espécies arbóreas com diferentes graus de adaptação e tolerância à condição abaixo de cada uma delas (GANDOLFI, 2000; GUEVARA et al, 2004; VIVAR e CHAZDON, 2005; PIOTTO, 2007; BARBIER, GOSSELIN e BALANDIER, 2008; GARCÍA-ORTH e MARTÍNEZ-RAMOS, 2011; MEJÍA-DOMÍNGUEZ et al, 2011; SOUZA, GANDOLFI e RODRIGUES 2014 e 2015; AGRA et al, 2015; LEY-LÓPEZ et al, 2016; RAWLIK et al, 2018; LI e LIBER, 2018; JAKOBSSON et al, 2019). Assim, as espécies de estratos superiores determinariam, ainda que parcialmente, a composição e a estrutura (quantidade e tamanho dos indivíduos por espécie) da comunidade regenerante nesses locais (p.ex., PETERS et al, 2004; VIEIRA e GANDOLFI, 2006; MEJÍA-DOMÍNGUEZ et al, 2011; SOUZA, GANDOLFI e RODRIGUES, 2014, ALCANTARA et al, 2018; JUÁREZ-GARCÍA et al, 2019; LAMEIRA et al, 2019). Dada a multiplicidade de efeitos seletivos que os indivíduos de dossel e emergentes poderiam exercer nos estratos inferiores, esses indivíduos atuariam como “filtros de biodiversidade” parcialmente determinando quais espécies irão se estabelecer ou sobreviver abaixo de suas copas podendo assim vir a compor o sub-bosque atual e futuro, e talvez até parte do dossel futuro (GANDOLFI, JOLY e RODRIGUES, 2007).

Apesar de alguns trabalhos terem encontrado evidências desse provável efeito filtro das espécies de estratos superiores sobre a comunidade abaixo de suas copas, em diferentes fisionomias e locais do globo, alguns trabalhos, no entanto, não

encontraram evidências da ocorrência desse efeito (BOURLEGAT, 2009; MANSUR, 2017; DUARTE e GANDOLFI, 2017). Dada a complexidade de processos e fatores que atuam no efeito filtro, talvez o papel relativo do processo investigado para se detectar o efeito não é significativo em todas as comunidades (DRAKE, 1990).

A hipótese do “filtro de biodiversidade”, embora já estudada em algumas áreas de Floresta Estacional Semidecidual (VIEIRA e GANDOLFI, 2006; SOUZA, GANDOLFI e RODRIGUES, 2014 e 2015; MANSUR, 2017), ainda requer mais estudos experimentais sobre como cada espécie de dossel e emergentes poderia exercer um efeito seletivo na composição, estrutura e dinâmica da comunidade de regenerantes sob suas copas. É preciso ainda investigar como o efeito varia entre as espécies envolvidas, o papel de alguns dos possíveis mecanismos através dos quais esse efeito seletivo poderia ser exercido. Além de entender qual a extensão, implicações e consequências do efeito sobre a estrutura e a diversidade da comunidade regenerante em florestas.

Vários trabalhos têm demonstrado o papel de espécies como engenheiras em ambientes sob manejo e em processo de restauração (GUEVARA et al, 1992; TOH, GILLESPIE e LAMB, 1999; CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002; GUEVARA, LABORDE e SÁNCHEZ-RÍOS, 2004; SIDDIQUE et al, 2008; GARCÍA-ORTH e MARTÍNEZ-RAMOS, 2011; THIJIS et al, 2014; COTTEE-JONES et al, 2016; DERROIRE, COE e HEALEY, 2016). Responder as principais perguntas em ecologia e o alcance de objetivos da restauração ecológica no Brasil e no mundo, como garantir a conservação da biodiversidade, resiliência dos ecossistemas, provisão de serviços ecossistêmicos, além de amenizar grande parte das causas e consequências das mudanças climáticas, demandam conservar remanescentes, recuperação em larga escala dos fragmentos degradados cada vez menores e isolados na paisagem (AERTS e HONNAY, 2011; RODRIGUES et al, 2011; SUTHERLAND et al, 2013; ISERNHAGEN, MORAES e ENGEL, 2017; CDB, 2018; BONN CHALLENGE, 2018; TAUBERT et al, 2018; BRASIL, 2017; WINTLE et al, 2019). Assim, entender o papel da introdução de espécies sobre os fatores abióticos e bióticos, bem como elas determinam a estrutura e dinâmica de comunidades sob recuperação podem contribuir para alcançar os objetivos da restauração (BYERS et al, 2006; HASTINGS et al, 2007; HULVEY e AIGNER, 2014; LI e LIBER, 2018).

Dentro dessa perspectiva, um dos possíveis e relevantes mecanismos pelos quais esse efeito filtro atuaria seria através da deposição de serapilheira das

espécies de estratos superiores. A deposição de serapilheira varia sob diferentes espécies arbóreas em composição, quantidade e qualidade, nas escalas temporal e espacial e pode afetar a sobrevivência e crescimento de regenerantes de diferentes espécies (CLARK e CLARK, 1991; FACELLI e PICKETT (a), 1991; JONES, LAWTON e SHACHAK, 1997; GUARIGUATA, 1998; SANTOS e VÁLIO, 2002; BECERRA et al, 2004; SEIWA, 2007; YOUNG et al, 2014; GILLMAN, 2016). A depender das características da serapilheira e das espécies de plântulas e jovens da comunidade, a deposição de serapilheira pode promover o crescimento e sobrevivência dos regenerantes, por manutenção de umidade e controle de temperatura do solo onde estão enraizadas as plantas, ou causar danos físicos aos tecidos vegetais e mortalidade dos regenerantes (SUDING e GOLDBERG, 1999; DIAS, CORNELISSEN e BERG, 2017). A deposição de serapilheira pode, assim, ser investigada como um dos mecanismos do efeito filtro, que resulta na seleção e caracterização da comunidade regenerante.

A fim de aumentar a capacidade preditiva e controle dos padrões e processos envolvidos nas comunidades florestais, a compreensão dos mecanismos pelos quais esses padrões e processos ocorrem é essencial. As interações entre os organismos compõem esses mecanismos e, assim, pretendo nesse trabalho compreender parte dessas interações que ocorrem nas comunidades florestais. Cada espécie do dossel ao condicionar, pelo efeito filtro, um ambiente específico sob suas copas poderia, assim, determinar uma estrutura, composição e dinâmica específica da comunidade regenerante. Um dos mecanismos de alteração do ambiente físico apontados como importantes que afetam a regeneração é a serapilheira. Desse modo, irei investigar aqui a interação entre espécies de estratos superiores e regenerantes com a seguinte pergunta: como a dinâmica de populações de regenerantes se relaciona ao ambiente específico criado pelas copas de diferentes espécies de dossel? A hipótese é que a dinâmica das populações de regenerantes varia a depender das espécies de dossel e da deposição de serapilheira sob as quais estão submetidas. Então, espero encontrar um efeito das espécies do dossel e da deposição da serapilheira sobre a dinâmica das populações de regenerantes sob suas copas.

## **Material e métodos**

### ***Área de estudo***

Com o intuito de responder como o efeito filtro atua sobre a regeneração, realizei um experimento ao longo do ano de 2018, na Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Mata de Santa Genebra. Há muitos estudos sobre as espécies e a comunidade presente na ARIE, como estudos de fenologia e fitossociologia, características físicas, interações ecológicas e manejo (p.ex., MORELLATO, 1991; NAVE, 1999; GANDOLFI, 2000; SOUZA e VÁLIO, 2001; GARCIA, 2007; GUARATINI et al, 2008; FARAH et al., 2014; WEBER, 2014; FERREIRA et al., 2016; FERREIRA et al., 2018; WAGNER et al, 2018) o que permitiu a escolha dos indivíduos para o experimento deste estudo e uma base de dados para discutir os possíveis mecanismos que atuariam no efeito filtro. A ARIE se localiza no distrito de Barão Geraldo, região norte do município de Campinas (22°49'45" S; 47°06'36 O), interior do estado de São Paulo, Brasil.

O clima da região é sazonal caracterizado por duas estações, uma mais fria e seca que se estende de abril a setembro, e outra mais quente e chuvosa de outubro a março. Na estação seca, as temperaturas assumem médias mensais de 17,3°C a 20,3°C e a precipitação é abaixo de 70 mm. Já na estação chuvosa, as médias das temperaturas mensais ficam entre 21,3°C e 23,3°C, e a precipitação é acima de 120 mm (CEPAGRI, 2019). Há a ocorrência de ventos fortes na transição entre as estações secas e chuvosas, principalmente de setembro a outubro (LEITÃO-FILHO e MORELLATO, 1995). O clima da região é do tipo Cwa de Koeppen (1948) (figuras 1 e 2).

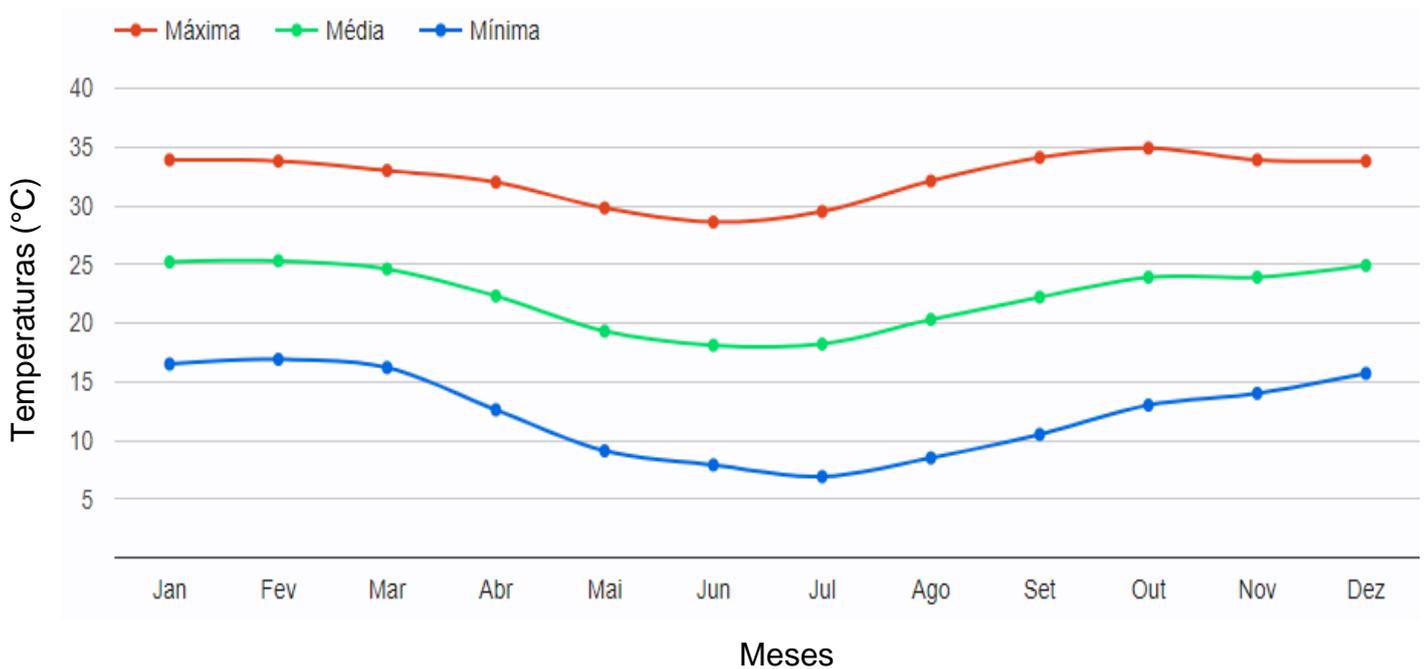


Figura 1: médias mensais de janeiro (Jan) a dezembro (Dez) das temperaturas máxima, média e mínima, em graus Celsius (°C), registrados na Estação Meteorológica do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da UNICAMP, Campinas, São Paulo, Brasil. Essa Estação é a mais próxima ao local de estudo. Os dados se referem ao período de 1990 a 2018 (CEPAGRI, 2019).

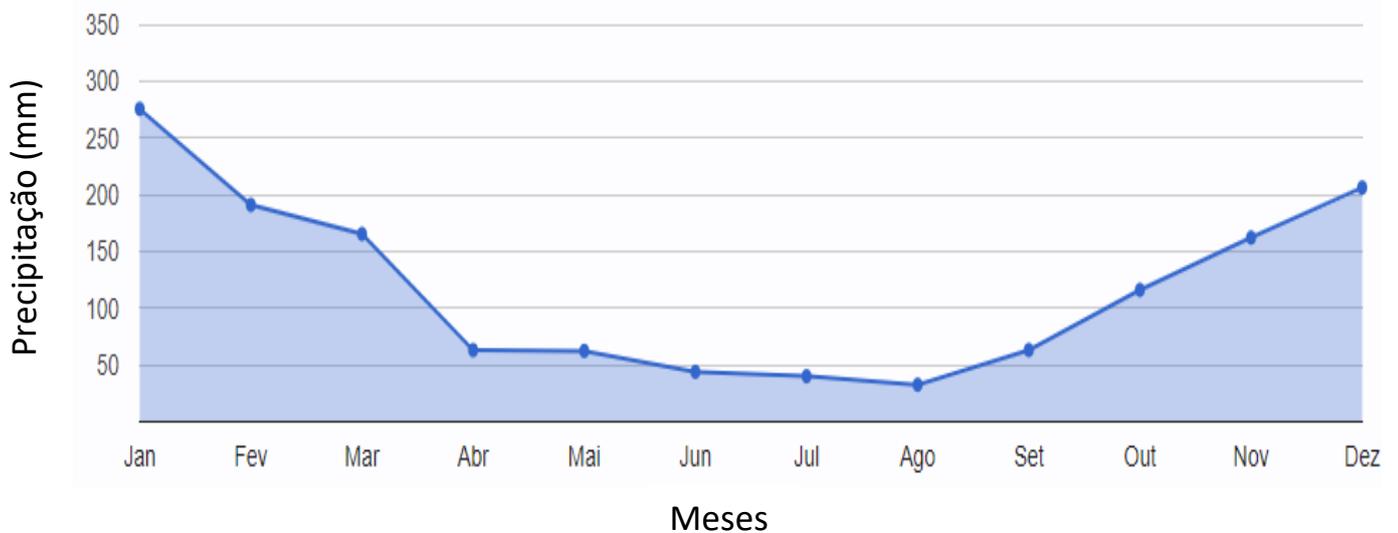


Figura 2: médias mensais de janeiro (Jan) a dezembro (Dez) da precipitação (em milímetros), dos dados registrados na Estação Meteorológica do Centro de

Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da UNICAMP, Campinas, São Paulo, Brasil. Essa estação é a mais próxima ao local de estudo. Os dados se referem ao período de 1990 a 2018 (CEPAGRI, 2019).

O balanço hídrico calculado com os dados históricos de temperatura e precipitação de Campinas do período de 1961 a 1990 (SENTELHAS et al, 2019) revelam que ocorre deficiência de água disponível para as plantas no solo durante a época seca, não havendo excedente de água de abril a setembro, sendo o mês de agosto o mês com maior deficiência de água (figura 3).

No entanto, o ano de 2018 em Campinas, local e ano em que ocorreu o experimento em campo deste estudo, quando comparado ao histórico de precipitação, se revelou com padrão diferenciado de precipitação (figura 4). Os primeiros seis meses do ano tiveram precipitação mensal acumulada abaixo das médias históricas mensais de 1990 a 2018. O mês de fevereiro, por exemplo, foi o mês que teve a maior redução de chuvas em relação à média histórica registrada para aquele mês. A precipitação no mês de fevereiro em 2018 foi de 88,9 mm enquanto a média histórica registrada é de 191,1 mm, o que representa uma redução da precipitação de 102,2 mm em 2018, chovendo menos da metade do que seria esperado (CEPAGRI, 2019). Por outro lado, os seis meses do segundo semestre do ano apresentaram excedente de chuvas em relação às médias históricas, exceto setembro e dezembro (figura 4).

A precipitação reduzida no primeiro semestre de 2018 acarretou em balanço hídrico negativo em todos os meses do primeiro semestre, exceto janeiro (figura 5). Apesar das chuvas serem maiores do que as médias históricas a partir de agosto, a deficiência hídrica só foi repostada em novembro. O que significa que a deficiência hídrica durou nove meses, de fevereiro a outubro em 2018 (figura 5). Calculei o balanço hídrico para 2018 com o uso da planilha de Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), a qual utiliza os métodos de Thornthwaite e Mather (1955) e Thornthwaite (1948), considerando capacidade de água disponível de 100 mm.

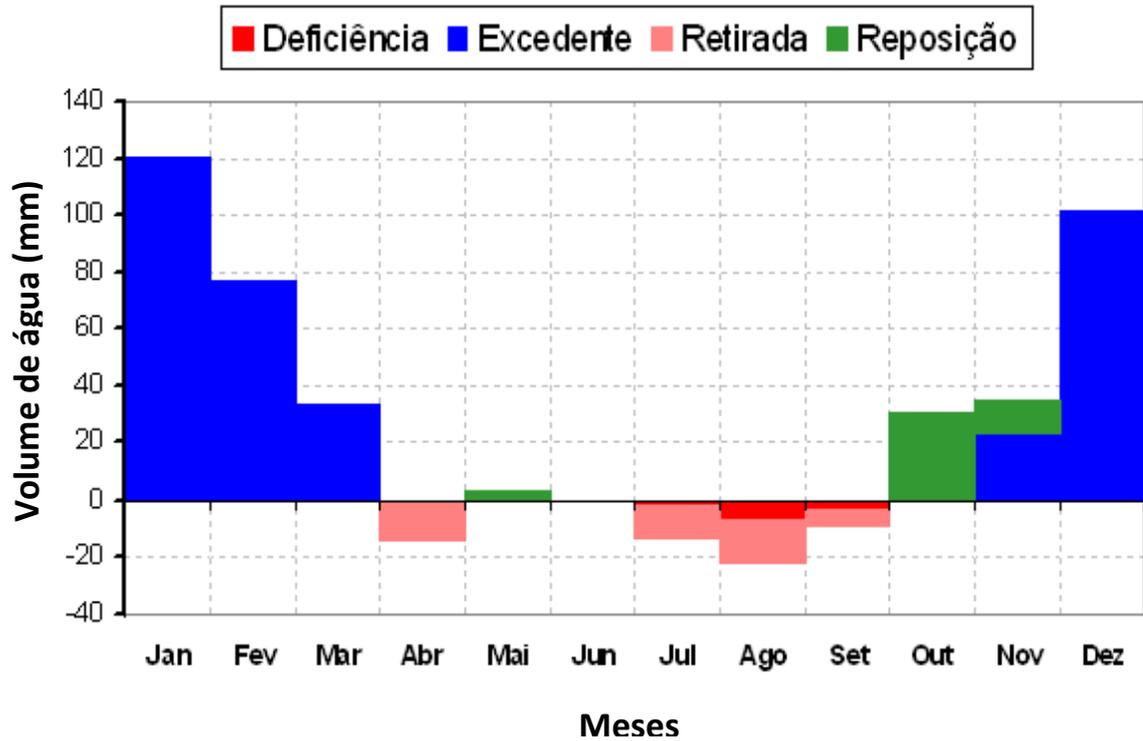


Figura 3: balanço hídrico mensal de janeiro (Jan) a dezembro (Dez), considerando capacidade de água disponível de 100 mm, calculado com dados histórico de médias mensais de temperatura e precipitação do período de 1961-1990 de Campinas, São Paulo, Brasil (SENTELHAS et al, 2019). Os dados revelam uma ocorrência frequente de deficiência hídrica durante a época seca na região do local de estudo.

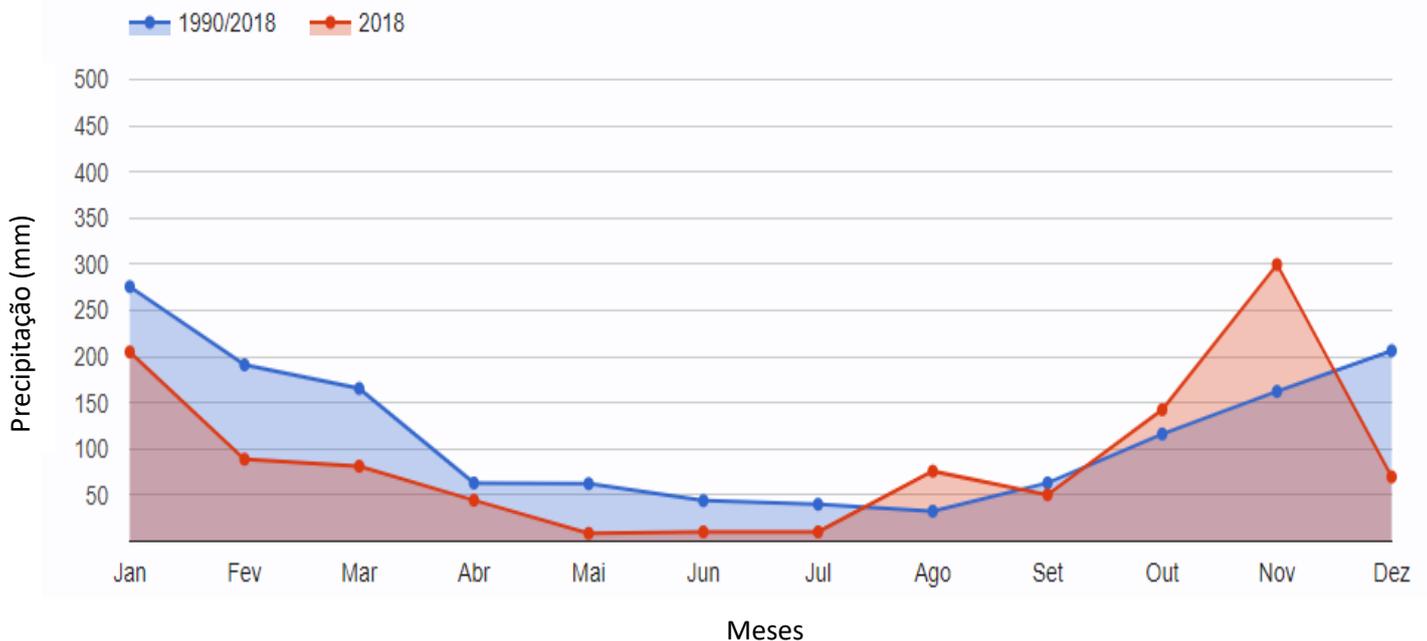


Figura 4: médias da precipitação mensal (em milímetros) acumulada de 1990 a 2018 (linha azul) e precipitação mensal acumulada de 2018 (linha vermelha), de janeiro (Jan) a dezembro (Dez). Os dados de precipitação foram registrados em Estação Meteorológica do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da UNICAMP, distante apenas 3,38 km da área de estudo em Campinas, São Paulo, Brasil.

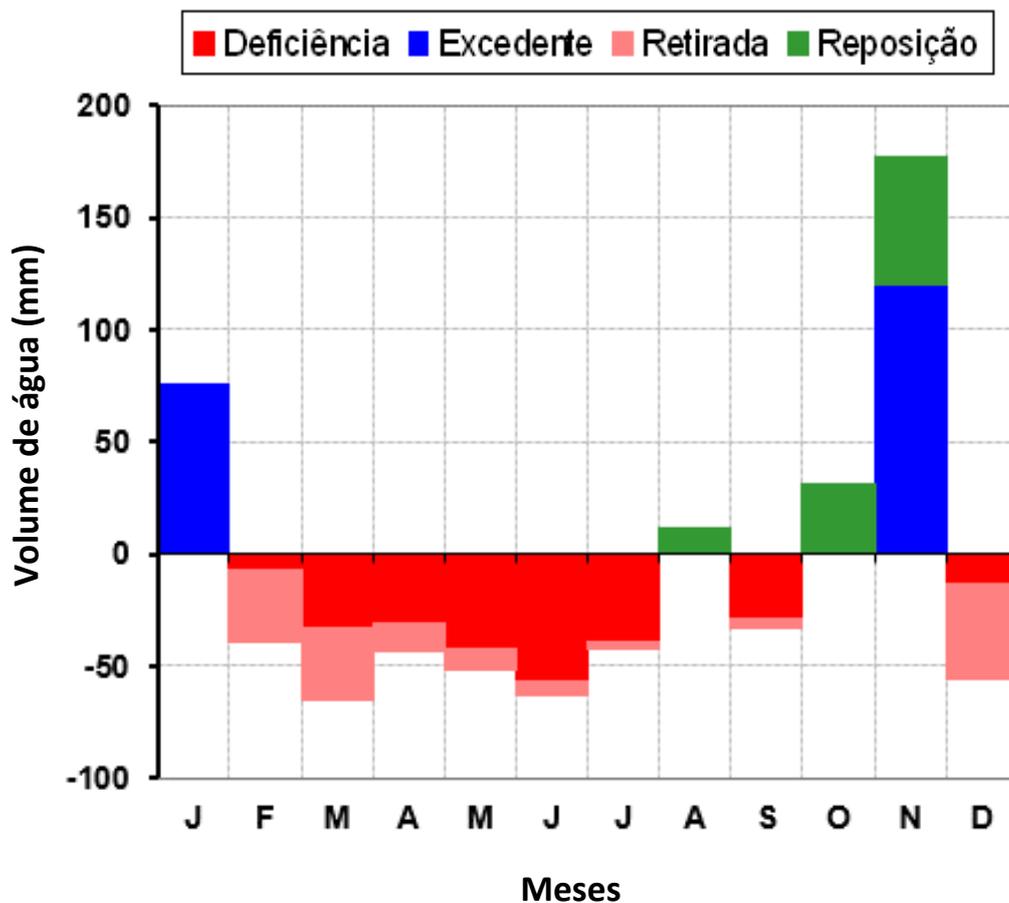


Figura 5: balanço hídrico mensal de janeiro (J) a dezembro (D) do ano de 2018 calculado com o uso da planilha de Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998) e dados climáticos de médias da temperatura e precipitação acumulada mensal registrados pela Estação Meteorológica do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da UNICAMP (CEPAGRI, 2019), distante apenas 3,38 km da área de estudo em Campinas, São Paulo, Brasil. O balanço hídrico de 2018 mostra que houve deficiência hídrica para as plantas durante 9 meses do ano.

A fenologia da comunidade vegetal da área de estudo está associada ao clima sazonal, que no caso, é caracterizado por duas estações demarcadas. Na estação mais seca, boa parte das árvores perdem as folhas; e na estação mais chuvosa, as folhas rebrotam, há floração e frutificação (MORELLATO, 1991).

O fragmento florestal que compõe a ARIE apresenta 251,8 hectares e altitude entre 580 e 610 m (LEITÃO-FILHO e MORELLATO, 1995). O relevo da região é suavemente ondulado e o solo é classificado como Latossolo Roxo Distrófico Álico (OLIVEIRA et al, 1979). Em altitudes mais elevadas predomina a formação de Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO, 1991) que corresponde a 85% da área. Enquanto que 15% da área é ocupada por floresta paludosa, em terrenos mais baixos e brejosos por influência do lençol freático (LEITÃO-FILHO e MORELLATO, 1995). Realizei o experimento na parte que ocorre Floresta Estacional Semidecidual, onde há espécies emergentes, como *Cariniana legalis* (Mart.) O. Kuntze, *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg., e espécies abundantes no dossel, como *Astronium graveolens* Jacq, *Pachystroma longifolium* (Nees) I.M.Johnst., *Diatenopteryx sorbifolia* Radlk. e *Croton piptocalyx* Müll.Arg. (GUARATINI et al, 2008; FARAH et al, 2014).

### **Coleta e análise dos dados**

Considerando que nossa hipóteses é de que as espécies de dossel ou emergentes exercem um efeito filtro na comunidade regenerante sob elas, e que queremos investigar como a deposição de serapilheira poderia exercer um papel nesse efeito, as coletas de dados deste trabalho foram realizadas ao longo de um ano, de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, a fim de captar a variação decorrente das estações que provavelmente afetam os padrões e processos investigados neste trabalho, como por exemplo, a deposição de folhas concentrada na época seca poderia se relacionar a uma maior ou menor ocorrência de mortalidade na comunidade regenerante.

A fim de testar nossa hipótese, escolhemos as seguintes espécies de dossel ou emergentes que apresentam densidade elevada na floresta em estudo (FARAH et al, 2014): *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg., *Astronium graveolens* Jacq, *Pachystroma longifolium* (Nees) I.M.Johnst., *Diatenopteryx sorbifolia* Radlk. e *Croton piptocalyx* Müll.Arg. Essas espécies reúnem características discrepantes de deciduidade (MORELLATO, 1991), presença ou não de alelopatia e disponibilização

diferencial de nutrientes no solo próximo onde se encontram (FRANÇA et al, 2002; SILVA et al, 2010; FERREIRA et al, 2016; FERREIRA et al, 2018) (tabela 1). Amostrei cinco indivíduos de cada uma das cinco espécies arbóreas de dossel ou emergentes totalizando 25 indivíduos.

Tabela 1: Características de espécies de dossel selecionadas para realização de experimento ao longo de 2018, em fragmento de floresta semidecidual, Campinas, São Paulo, Brasil. Amostrei cinco indivíduos de cada uma das cinco espécies de dossel selecionadas. ED: espécies de dossel: *A. graveolens* (Ag), *A. polyneuron* (Ap), *C. piptocalyx* (Cp), *D. sorbifolia* (Ds) e *P. longifolium* (PI); DAP: média dos diâmetros dos troncos à altura de 1,30m do solo e desvios-padrões em centímetros; Alt: médias e desvios-padrões das alturas estimadas dos indivíduos em metros; Queda foliar: persistência foliar e período de queda de folhas; Comp. folhas: valores mínimos e máximos de comprimento das folhas ou folíolos em centímetros; Cob.: ordem entre as espécies referente à cobertura das copas por tecidos fotossintéticos (folhas), sendo a maior cobertura 1 e a menor, 5. 1: DURIGAN et al, 1997; 2: MORELLATO, 1991; 3: GANDOLFI, 2000; 4: LORENZI, 2002; 5: FERREIRA et al, 2016; 6: FLORA DO BRASIL, 2020.

ED	Família botânica <sup>6</sup>	DAP (cm)	Alt. (m)	Queda foliar <sup>1,2,3 e 4</sup>	Comp. Folhas (cm) <sup>4</sup>	Cob. <sup>5</sup>
Ag	Anacardiaceae	39,49 (±6,10)	18,60 (±3,44)	Decídua <sup>1</sup> (junho a setembro) <sup>2</sup>	3 a 8	3
Ap	Apocynaceae	88,22 (±15,46)	21,00 (±2,24)	Perenifolia <sup>1</sup> (fevereiro a setembro) <sup>2</sup>	5 a 12	4
Cp	Euphorbiaceae	39,73 (±3,79)	15,60 (±1,67)	Semidecídua <sup>3</sup> (agosto a dezembro) <sup>3</sup>	25 a 30	5
Ds	Sapindaceae	55,27 (±14,33)	17,60 (±3,36)	Semidecídua <sup>4</sup> (abril a julho) <sup>2</sup>	6 a 7	1
PI	Euphorbiaceae	37,33 (±7,98)	17,80 (±2,86)	Perenifolia <sup>4</sup> (julho a dezembro) <sup>2</sup>	15 a 25	2

Determinei os 25 indivíduos amostrados por sorteio entre aqueles que foram pré-selecionados por não estarem demarcando a linha limítrofe do fragmento ou de áreas maiores do que 40m<sup>2</sup> sem cobertura de árvores do dossel. As áreas maiores do que 40m<sup>2</sup> sem cobertura do dossel serão aqui chamadas de clareiras baseado no conceito trabalhado por Gandolfi (2000) na mesma floresta aqui estudada. Ao evitar áreas limítrofes a clareiras, procurei garantir que em todos os ambientes abaixo das copas dos indivíduos amostrados não ocorreu incidência lateral de luz (GANDOLFI, 2000), que poderia ser um fator externo ao investigado a alterar as condições ambientais sob as copas, e assim, garantiu certa homogeneidade de condições ambientais entre os indivíduos amostrados. As localizações de onde amostrai os indivíduos de cada espécie no fragmento florestal estão na figura 6.

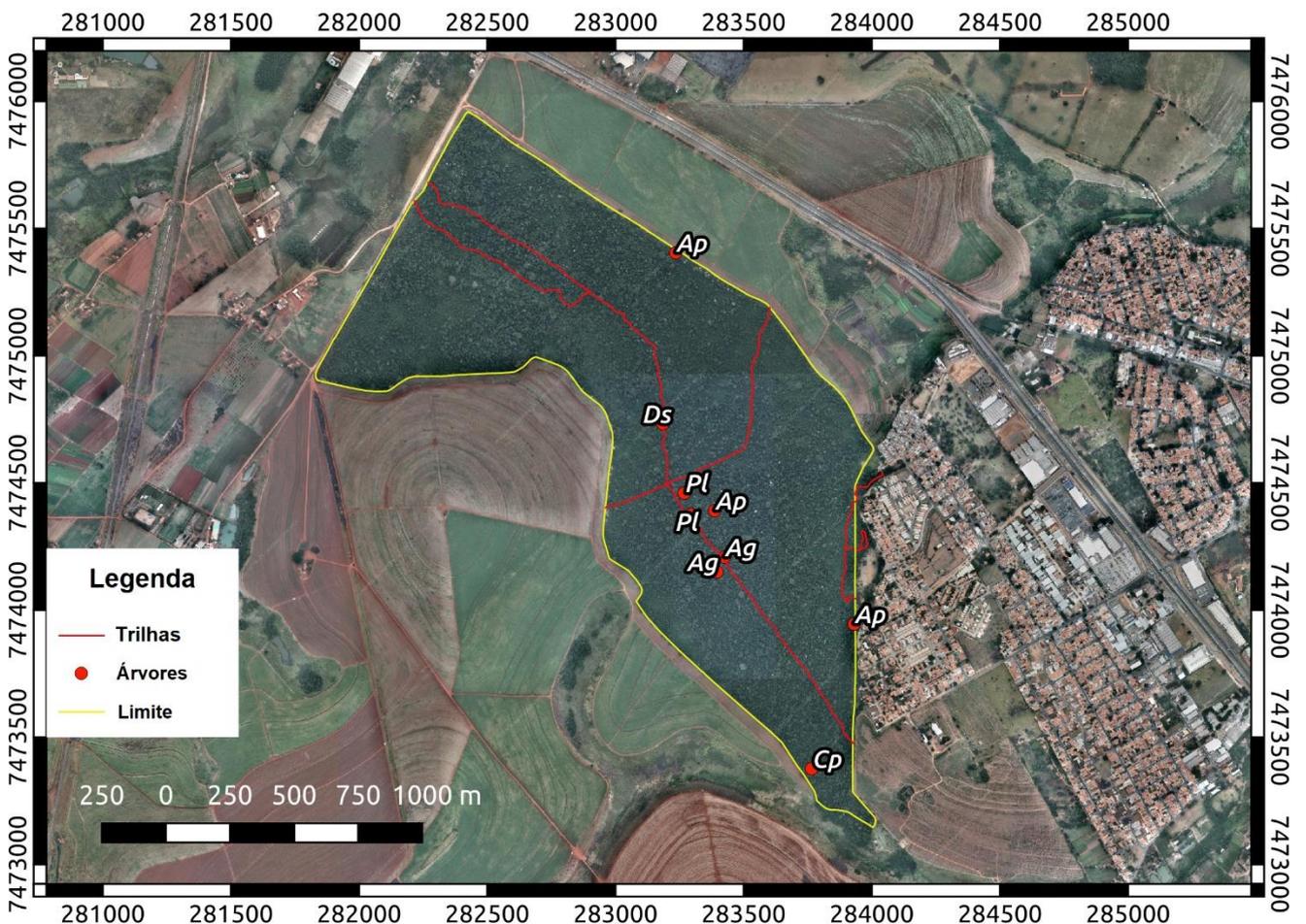


Figura 6: recorte de ortofoto de 2014 (Datum: SIRGAS 2000) na qual é possível ver a delimitação (linha amarela) do fragmento de floresta semidecidual, ARIE Santa Genebra, em Campinas, São Paulo, Brasil, onde realizei o estudo. O estudo

envolveu a realização de experimento, de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, sob as copas de 25 árvores de dossel de 5 espécies. Os pontos vermelhos no mapa e as siglas indicam os locais dos indivíduos arbóreos e as espécies, respectivamente. Cada ponto apresenta mais do que um indivíduo arbóreo, pois a escala do mapa não permite distinguir a localização exata de cada um dos 25 indivíduos. As siglas presentes no mapa se referem às espécies de dossel: *A. graveolens* (Ag), *A. polyneuron* (Ap), *C. piptocalyx* (Cp), *D. sorbifolia* (Ds) e *P. longifolium* (Pl). As trilhas utilizadas no acesso a esses indivíduos estão representadas por linhas vermelhas. O objetivo do experimento foi testar a hipótese do efeito filtro das espécies de dossel sobre a regeneração arbórea e um possível papel da serapilheira nesse filtro. Fonte: Banco de dados espaciais da Prefeitura Municipal de Campinas: <<https://informacaodidc.campinas.sp.gov.br/metadados.php>>. Acesso em: julho de 2018. Processamento de imagem e confecção do mapa por Roger Godoy.

Em condições naturais a chuva de sementes varia no espaço dentro da floresta e assim, as sementes das espécies depositadas sob a copa de cada espécie de dossel e entre espécies de dossel tende a variar (NATHAN e MULLER-LANDAU, 2000; SEIDLER e PLOTKIN, 2006). Comunidades distintas de plântulas sob diferentes árvores do dossel poderiam eventualmente se formar não devido a um efeito filtro, mas sim devido apenas a uma variação na chuva de sementes sob espécies do dossel. De maneira a contornar essa dificuldade de análise sobre um possível efeito filtro do dossel, optou-se por se fazer um estudo experimental. Nele, introduziu-se uma comunidade regenerante inicial de idêntica composição e estrutura sob todas as árvores de dossel avaliadas, de tal forma que se distintas comunidades se formassem ao final do experimento isso não resultaria de uma distinta composição inicial, mas sim de um efeito seletivo produzido por distintas espécies do dossel sobre a comunidade inicial plantada. Assim, plantei 25 conjuntos iguais de mudas jovens de espécies arbóreas, a fim de garantir que a mesma comunidade em composição, em quantidade de cada espécie e em idade dos indivíduos estivesse sob o efeito das diferentes espécies de dossel no início do experimento. As mudas jovens que introduzimos sob as árvores de dossel simularam, portanto, os regenerantes que naturalmente se estabeleceriam a partir de propágulos locais.

A fim de evitar que fatores diferentes dos aqui investigados influenciasses os resultados, como a competição das mudas introduzidas com outros indivíduos vegetais presentes no sub-bosque florestal, antes do plantio e ao longo do ano de 2018, retirei todos os indivíduos vegetais de sub-bosque que não fossem as mudas e que estivessem recobrando ou enraizados nas parcelas, desse modo, eliminou-se a possibilidade de indivíduos muito próximos, e que pudessem competir com as mudas, influenciar o crescimento e mortalidade das mudas.

As espécies das mudas introduzidas são: *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna, *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms, *Hymenaea courbaril* L. e *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F.Macbr. Escolhemos essas espécies por serem típicas da Floresta Estacional Semidecidual do interior paulista e por germinarem na época em que foram introduzidas, assim, se reduzem as chances de morte por condições climáticas as quais as espécies não estão adaptadas. Essas espécies possuem diferentes características entre si, inclusive quando jovens, tais como: diferentes tamanhos, tipos de folhas e diferentes graus de tolerância ao sombreamento (MORELLATO, 1991; MARTINS, 2012; FRIGIERI et al, 2016) (tabela 2).

Tabela 2: Características de quatro espécies de indivíduos jovens introduzidas em floresta para realização de um experimento ao longo de 2018, em fragmento de floresta semidecidual, Campinas, São Paulo, Brasil. O experimento consistiu na introdução de 1.500 mudas de quatro espécies sob as copas de cinco espécies de dossel selecionadas. ER: espécies das mudas: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc) e *P. gonoacantha* (Pg); Alt. inicial: médias e desvios-padrões das alturas das mudas no campo no início do experimento em centímetros; Área folha: área da folha ou folíolo em cm<sup>2</sup>; Queda foliar: persistência foliar; N. sementes por Kg: número de sementes por Kg; Tol. sombra: grau de tolerância à sombra das espécies de mudas no início do desenvolvimento. 1: SOUZA JUNIOR e BRANCALION, 2016; 2: DURIGAN et al, 1997; 3: TOMAZELLO FILHO et al, 2004; 4: MORI et al, 2012; 5: CARVALHO, 2003; 6: SOUZA E VÁLIO, 2001; 7: FLORA DO BRASIL, 2020.

ER	Família botânica <sup>7</sup>	Alt. inicial (cm)	Área folha (cm <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>	Queda foliar <sup>2 e 3</sup>	N. sementes por Kg <sup>1 e 4</sup>	Tol. sombra <sup>2, 5 e 6</sup>
Cs	Malvaceae	20,00 (±4,21)	64,64	Decídua <sup>2</sup>	5700/Kg <sup>4</sup>	Baixa <sup>5 e 6</sup>

<b>Gi</b>	Phytolaccaceae	11,50 ( $\pm 2,58$ )	31,56	Perenifólia <sup>2</sup>	15.300/Kg <sup>1</sup>	Baixa <sup>2</sup>
<b>Hc</b>	Fabaceae	33,00 ( $\pm 6,51$ )	52,63	Semidecídua <sup>3</sup>	300/Kg <sup>4</sup>	Alta <sup>2</sup>
<b>Pg</b>	Fabaceae	10,50 ( $\pm 3,69$ )	33,63	Semidecídua <sup>3</sup>	21.430/Kg <sup>1</sup>	Baixa <sup>5 e 6</sup>

Para a aquisição das mudas introduzidas como regenerantes, comprei sementes de viveiros próximos à área de estudo e produzi as mudas em casa de vegetação, onde foi possível colocar as sementes das quatro espécies de mudas para se desenvolver sob mesma condição de nutrição, sombreamento e irrigação, até alcançarem altura mínima de 9 cm acima do nível do solo. Após as mudas terem crescido, elas foram plantadas em campo abaixo da copa de cada indivíduo de dossel selecionado das cinco espécies. Subdividimos cada copa de árvore de dossel em quatro quadrantes conforme a direção dos pontos cardeais cartográficos (NE, SE, NO e SO) e em cada quadrante, instalei uma parcela de 90 cm de largura e 150 cm de comprimento, a meio metro de distância do tronco da árvore de dossel, aproximadamente. Cada parcela continha 15 mudas, com no mínimo 30 cm de espaçamento entre elas para evitar competição, perfazendo seis indivíduos de *G. integrifolia*, quatro de *P. gonoacantha*, quatro de *H. courbaril* e uma de *C. speciosa*, conforme representado na figura 7a e b. A localização relativa de cada muda das diferentes espécies dentro da parcela foi sorteada. Dessa forma, sob a copa de cada indivíduo de dossel, teve quatro repetições da comunidade regenerante de 15 indivíduos, ou total de 60 indivíduos.

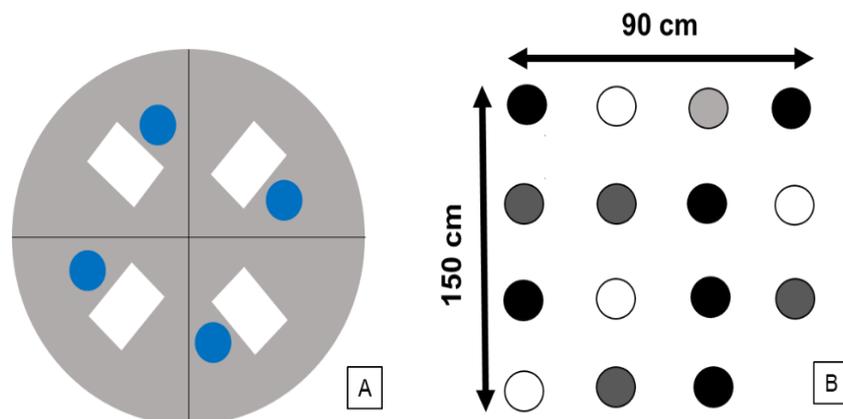


Figura 7: esquemas do experimento implantado em janeiro de 2018, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil, para verificar a hipótese de efeito filtro realizado por espécies de dossel ou emergentes sobre mudas arbóreas introduzidas sob suas copas, representando regenerantes. a) Disposição das parcelas (quadrados brancos) contendo as mudas e coletores de serapilheira (círculos azuis) abaixo da copa de uma árvore de dossel vista de cima (círculo maior cinza) e dividida em quadrantes. b) Dimensões das parcelas e espaçamento de no mínimo 30 cm entre as mudas em campo; as cores diferentes de círculos indicam espécies diferentes de mudas introduzidas.

Não apenas acompanhei as comunidades introduzidas para saber se ao final de um ano elas divergiram, mas também avaliei se a deposição de serapilheira de cada espécie do dossel poderia ser um dos possíveis mecanismos do efeito filtro. A fim de avaliar esse possível papel da deposição de serapilheira no efeito filtro, coletei a serapilheira depositada sob cada copa de árvore do dossel e a relatei com o crescimento ou a mortalidade das mudas introduzidas. Todavia, a serapilheira depositada sob uma copa é uma mistura da serapilheira da própria espécie e das espécies vizinhas ou próximas. Quanto mais próximo ao tronco da espécie do dossel estudada, maior é a predominância de deposição de serapilheira dessa própria espécie (FERRARI e SUGITA, 1996; GANDOLFI, 2007). Assim, para melhor captar o efeito de cada espécie do dossel, instalei coletores de serapilheira a cerca de 1,25 m do tronco ao lado de cada parcela de mudas (figura 7a). Cada coletor de serapilheira apresentou área de captação de 0,12 m<sup>2</sup>, como foram quatro coletores por indivíduo de dossel, a área de captação por indivíduo de dossel foi 0,48 m<sup>2</sup>. Já com relação às espécies de dossel, foram 20 coletores por espécie que somou 2,4 m<sup>2</sup> de captação de serapilheira. A coleta permitiu inferir a quantidade de serapilheira depositada ao longo de um ano em cada parcela.

Coletei a serapilheira mensalmente, pois em tal frequência se evita perdas devido à decomposição. Após coletada, sequei a serapilheira em estufa a 60 °C, para permitir a separação da mesma em quatro componentes: folhas da espécie de dossel sob a qual o coletor se localiza, folhas de outras espécies, estruturas lenhosas (galhos, ramos e cascas), e demais estruturas (flores, frutos, sementes, resíduos, indiferenciados, etc.). Após a separação, obtive a massa em gramas de cada componente e a massa total de serapilheira, que é a somatória dos

componentes. Essa separação permitiu concentrar as análises nos componentes da serapilheira, que provavelmente, mais afetam o crescimento e a mortalidade das mudas jovens. Estudos apontam que as folhas são o maior componente em massa da serapilheira, configurando mais do que 60% do total. Já as estruturas lenhosas são o componente de maior densidade (massa por volume) (PAGANO, 1989; KÖNIG et al., 2002; SANTOS e VÁLIO, 2002; PIMENTA et al., 2011). A depender da massa desses componentes na serapilheira depositada, essa poderia afetar o crescimento das mudas durante sua deposição pela quebra física dos tecidos vegetais, e afetar a mortalidade das mudas pelo recobrimento dos tecidos fotossintéticos. A separação das folhas entre as que pertenceram à espécie de dossel estudada acima do mesmo coletor e as que foram de outras espécies do entorno teve o objetivo de isolar o possível efeito de deposição de serapilheira advinda da espécie de dossel de interesse em detrimento de outras espécies do entorno.

A fim de descrever melhor o componente das folhas da espécie de dossel e assim conseguir entender qual característica desse componente poderia configurar o efeito sobre os regenerantes, measurei comprimento, largura, área e massa do componente da serapilheira constituído de tecido fotossintético, que são as folhas ou folíolos, entre as espécies de dossel. Coletei folhas de 5 indivíduos adultos de cada espécie de dossel, próximos aos indivíduos amostrados no local de estudo, e measurei a massa de 476 folhas das espécies de dossel no total. As massas das folhas foram obtidas antes e após a secagem em estufa a 60 °C. Measurei comprimento e largura de 30 folhas de cada espécie de dossel. Ao considerar cada folha com o formato de uma elipse, calculei a área de todas as folhas com os dados de comprimento e largura.

Simultaneamente à introdução dos coletores de serapilheira, plantei também as mudas no campo durante a estação chuvosa, em 15, 16 e 17 de janeiro de 2018, e acompanhei as mesmas a cada três meses (ao fim de cada estação) até completar um ano. Antes da introdução das mudas, e sempre que necessário, retirei os regenerantes que não fossem do experimento das parcelas a fim de se evitar competição com esses indivíduos. Utilizei dois descritores para acompanhar o comportamento das mudas ao longo de um ano: crescimento e mortalidade. A cada três meses, medimos as alturas totais (desde o chão até o ápice da folha mais alta) das mudas vivas e contei as mudas mortas. As medições e contagens iniciaram um

mês após o plantio, segunda metade de fevereiro, para esperar a muda se adaptar às condições de campo. A medição de fevereiro foi considerada a altura inicial das mudas, chamada de tempo zero. As medições subsequentes foram no final de março (tempo 1) referente ao verão, final de junho (tempo 2) referente ao outono, início de outubro (tempo 3) referente ao inverno e início de janeiro (tempo 4) referente à primavera. Considerei para as análises os dados de crescimento e mortalidade a partir de março (tempo 1). Embora haja exata sobreposição entre as medidas e as estações do ano, para facilitar a compreensão, os períodos de tempo de 1 a 4 serão referidos na dissertação como verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

O crescimento, que aqui é entendido como variação de altura dos indivíduos seja reduzindo (por ocorrência de quebra de ramos ou folhas pela deposição da serapilheira, dessecação, inclinação do ramo por recobrimento da serapilheira, etc.) ou aumentando (por crescimento de ramos ou surgimento de novas folhas), foi calculado pela variação entre a altura da muda no momento da medição e a medição anterior; ou seja, a diferença das alturas entre os quatro tempos sequencialmente (tempo 1 – tempo 0; tempo 2 – tempo 1; tempo 3 – tempo 2 e tempo 4 – tempo 3). O crescimento referente ao ano como um todo foi obtido pela soma das diferenças entre os tempos, como um saldo anual do crescimento. Dessa forma, foi possível acompanhar a variação de crescimento ao longo do ano, ao ter a variação em altura de cada intervalo, e ao mesmo tempo, ter o quanto aumentou ou diminuiu a altura em um ano, sem considerar as variações entre os intervalos. O saldo anual positivo representa que houve um aumento de altura, o qual está relacionado a expansão, desenvolvimento e/ou crescimento dos tecidos, o que pode indicar que as mudas tiveram acesso a recursos e conseguiram transformar energia em biomassa.

A mortalidade se refere, neste trabalho, ao número de mudas que morreram nas parcelas a cada três meses (em cada um dos quatro tempos). A mortalidade referente ao ano como um todo foi obtida pela somatória do número de mudas que morreram em cada tempo. A mortalidade pode estar relacionada a eventos curtos e drásticos como deposição e recobrimento de galhos, deposição de grande quantidade de folhas, herbivoria drástica, o pisoteio pela fauna, geadas, ou eventos graduais no tempo, como falta de recursos (água e nutrientes), alelopatia e patógenos (GANDOLFI, 1991 e 2000; SUDING e GOLDBERG, 1999; DIAS,

CORNELISSEN e BERG, 2017). A coleta de dados a cada estação permite relacionar os dados de mortalidade a esses eventos drásticos e curtos. Já o saldo anual de mortos permite avaliar o grau de tolerância da muda às condições locais ao longo de todo o ano. Portanto, a mortalidade juntamente com a variação em altura das mudas, apresentada no parágrafo anterior, são bons indicadores do quanto as condições locais favorecem ou não a existência das populações.

As espécies de dossel apresentam distintos atributos biológicos e ecológicos, tais como distintas coberturas de copa e permeabilidade à luz, diferentes padrões e épocas de deposição da serapilheira, etc. (tabela 1). Diante disso, é provável que cada espécie dos indivíduos jovens responda diferentemente às condições ambientais criadas pelas espécies de dossel. Desse modo, ao plantar indivíduos jovens de algumas espécies sob as copas de diferentes espécies de dossel, busquei avaliar se as condições proporcionadas pelas diferentes espécies de dossel favorecem ou desfavorecem diferentemente os indivíduos jovens de cada espécie, por meio de medidas de crescimento e mortalidade. Assim, espera-se que a mortalidade e o crescimento de cada espécie de jovens variem entre as espécies de dossel ao longo de um ano, e que essas variações da mortalidade e crescimento das espécies de jovens estejam relacionadas à massa de serapilheira produzida por cada espécie de dossel.

Esse possível efeito específico de cada espécie de dossel sobre as espécies de jovens consideradas em conjunto conduziria, após um ano, a comunidades de plantas jovens distintas sob cada espécie de dossel. Assim, apesar de terem sido as mesmas comunidades introduzidas no início do experimento abaixo de cada copa de indivíduo de dossel, espera-se que as comunidades, ao final do experimento, difiram em composição e número de indivíduos por espécie.

### ***Análise dos dados***

A fim de avaliar se o crescimento de cada espécie de jovens diferiu sob as diferentes espécies de dossel, e se a deposição de todos ou algum componente de serapilheira abaixo das espécies de dossel contribuiu ou não para gerar diferentes crescimentos, o que poderia indicar algum papel da serapilheira no possível efeito filtro das espécies de dossel sobre a comunidade de plantas jovens abaixo dessas, construí modelos lineares mistos ajustados por máxima verossimilhança, resultando em um melhor modelo para cada espécie de jovens.

Construí os modelos da variação em altura em centímetros dos indivíduos de cada espécie jovem em média por parcela, como variável resposta, em relação às espécies de dossel e a massa total de serapilheira (somatória de todos os componentes da serapilheira) por parcela ou indivíduo de dossel como variáveis preditoras. A parcela e os indivíduos de dossel foram considerados variáveis aleatórias e as espécies de dossel e massa de serapilheira, variáveis fixas. Construí também modelos utilizando o componente das folhas do indivíduo de dossel ao invés da massa total da serapilheira como variável preditora, a fim de investigar se há um efeito desse componente da serapilheira que se sabe ser específico da espécie de dossel.

Realizei a seleção de quais modelos apresentaram as variáveis aleatória (a parcela ou o indivíduo de dossel) e preditoras que se ajustaram melhor aos dados. A seleção dos modelos foi conduzida introduzindo inicialmente todas as variáveis, e comparando-se modelos com e sem cada variável, até se chegar num modelo significativo mais simples que foi o modelo selecionado. O modelo que seria previsto pela hipótese foi o que contivesse o efeito das espécies de dossel em interação com a massa de algum ou todos os componentes da serapilheira sobre o crescimento de cada espécie de jovem, o que demonstraria que as espécies de dossel exercem um efeito e que a deposição de serapilheira de cada espécie de dossel é parte desse efeito específico.

Com relação à avaliação se a mortalidade de cada espécie de jovens diferiu entre as espécies de dossel e se a deposição de todos ou algum componente de serapilheira abaixo das espécies de dossel se relaciona com a mortalidade das espécies jovens, o que poderia indicar algum papel da serapilheira no possível efeito filtro, realizei modelos lineares mistos e generalizados ajustados por máxima verossimilhança e pela família binomial para cada espécie de jovem. Os modelos tiveram como variável resposta número de mortos por parcela, e como variáveis preditoras, espécies de dossel e massa total de serapilheira por parcela ou indivíduo de dossel. A parcela e os indivíduos de dossel foram considerados variáveis aleatórias e as espécies de dossel e massa de serapilheira, variáveis fixas. Construí também modelos utilizando o componente das folhas do indivíduo de dossel ao invés da massa total da serapilheira como variável preditora, a fim de investigar se há um efeito do componente da serapilheira que se sabe ser específico da espécie de dossel.

Realizei a seleção de quais modelos apresentaram as variáveis aleatória (a parcela ou o indivíduo de dossel) e preditoras que se ajustaram melhor aos dados. A seleção dos modelos foi conduzida introduzindo inicialmente todas as variáveis, e comparando-se modelos com e sem cada variável, até se chegar num modelo significativo mais simples que foi o modelo selecionado. Da mesma forma que no caso do crescimento, o modelo que seria esperado pela hipótese foi o que contivesse efeito das espécies de dossel em interação com a massa de algum ou todos os componentes da serapilheira.

Nos casos em que o melhor modelo ajustado indicava efeito da massa de serapilheira total (todos os componentes somados) como variável preditora do crescimento ou mortalidade, seja em interação com as espécies de dossel ou isoladamente, realizei outras seleções de modelos substituindo a massa total de serapilheira pelas massas dos seus componentes, a fim de investigar se houve algum ou alguns componentes que exerceram mais efeitos. O melhor modelo resultante das seleções de modelos foi verificado se atendia aos pressupostos dos modelos lineares: linearidade, independência, normalidade e homocedasticidade dos resíduos. Os outliers foram checados se configuravam erros de método ou não.

Uma vez que introduzimos as mesmas espécies de jovens (mesma composição) e as mesmas quantidades de indivíduos de cada espécie (mesma estrutura) em cada parcela presente abaixo das diferentes espécies de dossel no início do experimento, avaliaremos se a possível variação na mortalidade das espécies jovens após um ano acarretará de fato em comunidades de jovens com estrutura e composição diferentes entre as espécies de dossel. Para tanto, medimos o grau de similaridade entre as comunidades presentes sob as espécies de dossel utilizando a medida de distâncias de “Manhattan”, que considera composição e abundâncias das espécies, e projetei as distâncias relativas entre as comunidades das espécies de dossel em dendrograma produzido pela técnica “Unweighted arithmetic average clustering” (UPGMA) (LEGENDRE e LEGENDRE, 2012).

Realizei a construção dos modelos lineares, as comparações entre modelos, os cálculos de significância das diferenças no ambiente estatístico computacional R 3.4.4 (R CORE TEAM, 2018), com uso dos pacotes “lme4” (BATES et al., 2015) e “emmeans” (LENTH, 2018).

## Resultados

### Modelos

Todas as espécies de jovens apresentaram algum efeito das variáveis espécies de dossel, deposição de serapilheira ou da interação dessas variáveis. Entretanto, a atuação do efeito sobre mortalidade, crescimento, ou sobre ambas, variou entre as espécies de jovens. Esperava encontrar um efeito da interação das variáveis espécies de dossel e massa total da serapilheira ou dos componentes da serapilheira sobre a mortalidade e crescimento das espécies de jovens. Encontrei o efeito dessa interação apenas na mortalidade de *C. speciosa* ( $X^2=64,61$ ; G.L.=4; p-valor $<0.001$ ) entre as quatro espécies de jovens analisadas; ou seja, em 25% das espécies investigadas.

Encontrei o efeito das espécies de dossel no crescimento em *P. gonoacantha* ( $X^2=448,18$ ; G.L.=4; p-valor=0,0154) e em *H. courbaril* ( $X^2=626,04$ ; G.L.=4; p-valor $<0.001$ ). A mortalidade em *H. courbaril* também apresentou efeito das espécies de dossel ( $X^2=138,68$ ; G.L.= 4; p-valor $<0.001$ ).

Já o efeito da deposição de serapilheira ocorreu na mortalidade de *G. integrifolia* ( $X^2=159,48$ ; G.L.=1; p-valor=0,03268) e no crescimento de *H. courbaril* ( $X^2=626,04$ ; G.L.=1; p-valor=0,0298).

Portanto, a atuação do efeito filtro dependeu do tipo de variável que afeta (espécies de dossel, serapilheira ou interação entre ambas), da variável afetada (crescimento, mortalidade), e das espécies de mudas envolvidas.

Tabela 3: resultados do experimento envolvendo plantio de mudas arbóreas abaixo de diferentes espécies de dossel em janeiro de 2018, em fragmento florestal, Campinas, São Paulo, Brasil. O objetivo do experimento foi testar a hipótese do efeito filtro das espécies de dossel sobre a regeneração arbórea e um possível papel da serapilheira nesse filtro. Na primeira coluna (espécies) estão as espécies de mudas introduzidas experimentalmente abaixo de cada espécie de dossel. Interação: efeito da interação das variáveis espécies de dossel e algum ou todos os componentes da serapilheira sobre o crescimento ou mortalidade da respectiva espécie de muda; Dossel: efeito isolado da variável espécies de dossel; Serapilheira: efeito isolado de algum ou todos os componentes da variável serapilheira; ns: não significativo (p-valor $>0,05$ ); p $<0,05$  \*; p $<0,01$  \*\* e p $<0,001$  \*\*\*.

Espécies	Crescimento			Mortalidade		
	Interação	Dossel	Serapilheira	Interação	Dossel	Serapilheira
<i>C. speciosa</i>	ns	ns	ns	***	ns	ns
<i>G. integrifolia</i>	ns	ns	ns	ns	ns	*
<i>H. courbaril</i>	ns	***	*	ns	***	ns
<i>P. gonoacantha</i>	ns	*	ns	ns	ns	ns

### **Comunidade total de mudas**

#### *Crescimento*

O crescimento das mudas das quatro espécies de jovens acompanhadas por um ano ou até morrerem, apresentou média positiva de 0,44 cm, e desvio-padrão de 3,52 cm. Assim, as mudas em média aumentaram de altura. O maior valor de variação em altura foi de 18 cm e o menor foi de -22,5 cm. Em relação à altura que as mudas tinham no tempo zero (segunda metade de fevereiro), 491 mudas aumentaram suas alturas e 506 diminuíram suas alturas.

*H. courbaril* foi a espécie de muda que apresentou maior incremento de altura em média (1,08 cm e desvio padrão de 3,96 cm) e maior porcentagem de mudas que aumentaram suas alturas em relação a quantidade de mudas introduzidas (58,75%) (tabela 4). Já *P. gonoacantha* foi a espécie de jovem que apresentou a menor média de incremento de altura (-0,46 cm com desvio-padrão de 2,56 cm) e apenas 10,75% das mudas aumentaram suas alturas, em relação a quantidade que foi introduzida em campo.

Tabela 4: crescimento de mudas introduzidas experimentalmente no interior de floresta desde o plantio até o momento que morreram ou até completarem 1 ano. As mudas foram plantadas abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel no interior de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil, e acompanhadas ao longo do ano de 2018. Espécies de mudas introduzidas nas linhas: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc), *P. gonoacantha* (Pg). Número de mudas introduzidas em campo (Introd.). Número de mudas que aumentaram suas alturas (N.C). Média da variação em altura das mudas em cm e Desvio-padrão da variação em altura das mudas em cm (Média e DP). Porcentagem de mudas que aumentaram suas alturas em relação à quantidade de mudas que foram introduzidas no campo (%C.introd.).

<b>Espécies</b>	<b>Introd.</b>	<b>N.C</b>	<b>Média e DP</b>	<b>%C.introd.</b>
<b>Cs</b>	100	38	-0,27 ( $\pm 3,46$ )	38,00
<b>Gi</b>	600	175	0,26 ( $\pm 3,23$ )	29,17
<b>Hc</b>	400	235	1,08 ( $\pm 3,96$ )	58,75
<b>Pg</b>	400	43	-0,46 ( $\pm 2,56$ )	10,75

O número absoluto de mudas que cresceram ao longo do tempo apresentou reduções. A redução foi abrupta do tempo 1 (verão) para o 2 (outono), houve um aumento no tempo 3 (inverno) e depois leve redução entre o 3 e o 4 (primavera) (tabela 5). As reduções em termos de números absolutos no crescimento e não-crescimento podem se dever ao fato de ter cada vez menos sobreviventes ao longo do tempo. Porém, em termos relativos ao número de mudas sobreviventes em cada tempo, a porcentagem das mudas que cresceram ao longo tempo aumentou, exceto pelo período 2. Os tempos em que houve maior porcentagem de mudas que cresceram foram o 4 (primavera) (80,31%) e 3 (inverno) (74,43%). O período com menor porcentagem de mudas que cresceram foi o período 2-outono (15,23%) (tabela 5).

Tabela 5: número de mudas arbóreas introduzidas experimentalmente no interior de floresta, que cresceram e não cresceram nas medições que ocorreram em cada estação do ano (Tempos), ao longo do ano de 2018. As mudas foram plantadas abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel no interior de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. A porcentagem apresentada se refere aos que cresceram e não cresceram em relação ao total de mudas (cresceram + não cresceram) de cada tempo.

<b>Número de indivíduos (porcentagem do total)</b>	<b>Verão (tempo 1)</b>	<b>Outono (tempo 2)</b>	<b>Inverno (tempo 3)</b>	<b>Primavera (tempo 4)</b>
<b>Cresceram</b>	575 (57,67%)	60 (15,23%)	131 (74,43%)	102 (80,31%)
<b>Não cresceram</b>	422 (42,33%)	334 (84,77%)	45 (25,57%)	25 (19,68%)

### *Mortalidade*

As mudas que morreram no intervalo entre o plantio em janeiro e a primeira medição do tempo 0 em fevereiro foram 74 no total: 68 da espécie *P. gonoacantha*, 5 de *G. integrifolia*, e uma muda de *C. speciosa*. Os dados desse intervalo de tempo não foram considerados nos modelos e gráficos, pois as mortes podem se dever a adaptação das mudas às condições locais após o plantio e não ao efeito filtro das espécies de dossel que é o objetivo do estudo. Porém, é importante considerar que a espécie de muda *P. gonoacantha* teve 17% dos 400 indivíduos introduzidos em campo mortos nessa fase. As demais espécies de mudas tiveram mortes menores do que 1% em relação ao número de indivíduos introduzidos. A distribuição das mudas mortas entre as espécies de dossel sob as quais estavam plantadas encontra-se na tabela 6. Apesar de ter ocorrido mais mortes sob *D. sorbifolia* inicialmente, ao final de um ano, as mortes das mudas foram maiores sob *P. longifolium*.

Tabela 6: número de mudas introduzidas no interior de floresta que morreram no primeiro mês após o plantio, entre janeiro e fevereiro de 2018. As mudas foram plantadas abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel no interior de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Espécies de dossel nas colunas: *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Espécies das mudas nas linhas: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc), *P. gonoacantha* (Pg).

	PI	Cp	Ag	Ds	Ap
Cs	0	0	0	1	0
Gi	2	0	1	0	2
Hc	0	0	0	0	0
Pg	10	15	12	18	13

Após um ano, houve grande mortalidade das mudas, 1.373 morreram que correspondem a 91,53% das 1.500 mudas introduzidas no total. Entre as espécies de mudas, a que teve maior mortalidade foi *P. gonoacantha* com 96% de mudas mortas. A espécie de muda que teve menor mortalidade foi *C. speciosa* com 81% de mudas mortas (tabela 7).

Tabela 7: número de mudas introduzidas no interior de floresta que morreram após um ano, média por parcela e porcentagem do número de mudas mortas em relação ao número de mudas introduzidas. As mudas foram plantadas abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel no interior de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil, e acompanhadas ao longo do ano de 2018. Espécies das mudas nas linhas: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc), *P. gonoacantha* (Pg). Número de mudas introduzidas em campo (Introd.). Número de mudas mortas e porcentagem de mudas mortas em relação à quantidade de mudas que foram introduzidas no campo (Mortas e % em relação introd.). Média e desvio-padrão do número de mudas mortas por parcela (Média por parcela).

<b>Espécies</b>	<b>Introd.</b>	<b>Mortas e % em relação introd.</b>	<b>Média por parcela</b>
<b>Cs</b>	100	81 (81%)	0,81 ( $\pm 0,39$ )
<b>Gi</b>	600	556 (92,67%)	5,56 ( $\pm 0,95$ )
<b>Hc</b>	400	352 (88%)	3,52 ( $\pm 0,85$ )
<b>Pg</b>	400	384 (96%)	3,84 ( $\pm 0,42$ )

O número de mortos foi maior nos primeiros dois tempos 2 (outono) e 1 (verão), entretanto, as porcentagens de mortos em relação aos vivos de cada tempo mostram que as maiores mortalidades ocorreram nos tempos 2 (outono) (60,48%) e 3 (inverno) (55,33%). No tempo 4 (primavera), a mortalidade continuou elevada pois 27,84% dos sobreviventes morreram (tabela 8).

Tabela 8: números de mudas mortas nas quatro medições (Tempos) que ocorreram a cada três meses em 2018. Os Tempos do 1 ao 4 correspondem, respectivamente, ao verão, outono, inverno e primavera. As mudas arbóreas foram plantadas abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel no interior de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Número acumulado de mudas que morreram ao longo dos Tempos (M.acum.). Número de mudas que morreram em cada tempo (M. tempo). Porcentagem de mudas que morreram em cada tempo em relação às vivas do tempo anterior (%M.tempo).

<b>Tempos</b>	<b>M.acum.</b>	<b>M.tempo</b>	<b>%M.tempo</b>
<b>1</b>	503	503	33,53
<b>2</b>	1.106	603	60,48
<b>3</b>	1.324	218	55,33
<b>4</b>	1.373	49	27,84

### Serapilheira

Contabilizei 10.669,95 g de massa seca de serapilheira somando o conteúdo de todos os 100 coletores, nos quatro tempos do experimento (massa total). A massa total depositada por área de captação dos coletores correspondeu a 889,16 g/m<sup>2</sup>, considerando a área de cada coletor 0,12 m<sup>2</sup>. A deposição média em cada coletor foi de 106,7 g (tabela 9) e desvio-padrão de 28,86 g. A massa total de serapilheira depositada nos coletores não mostra muita diferença entre as espécies de dossel. As médias (tabela 9), medianas e variação da massa de serapilheira depositada por coletor ficaram próximas entre as espécies (figura 8). Em média, as diferenças na deposição de serapilheira entre as espécies de dossel são da ordem de menos de 500 g. As porcentagens de serapilheira depositada sob cada espécie de dossel em relação ao total depositado sob todas as espécies também revelam essa semelhança entre as espécies de dossel, uma vez que todas as porcentagens ficaram próximas de 20%. A espécie de dossel sob a qual acumulou maior deposição no ano de serapilheira foi *C. piptocalyx* (21,5%) e a menor *A. polyneuron* (17,5%) (tabela 9).

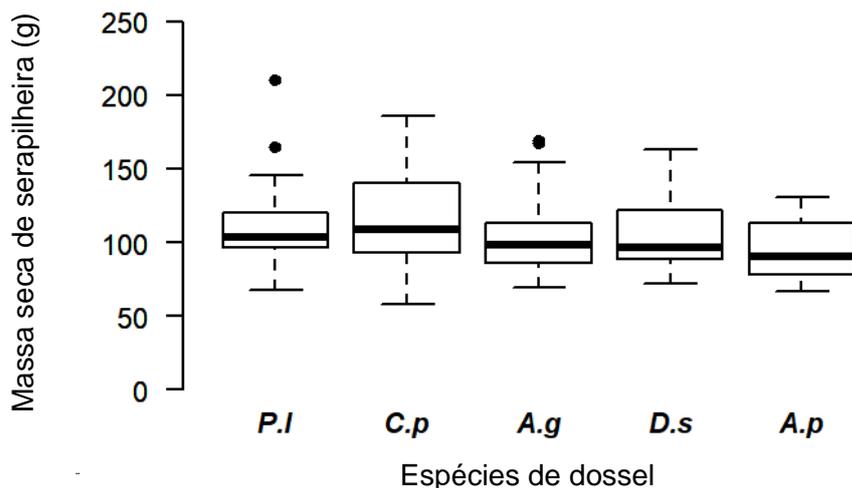


Figura 8: massa seca em gramas de serapilheira depositada em um ano (janeiro de 2018 até janeiro de 2019) sob as copas de cinco espécies de dossel na realização de experimento. O experimento foi realizado em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. As caixas representam o interquartil (as linhas

horizontais das caixas são os percentis de 25% e 75%), a linha tracejada representa os valores até 1,5 vezes o intervalo interquartil, o traço horizontal mais espesso é a mediana. Os pontos pretos representam valores extremos de massa de serapilheira coletada. Espécies de dossel: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap).

Tabela 9: parâmetros descritivos da massa seca em gramas de serapilheira depositada em um ano sob espécies de dossel na realização de experimento. O experimento consistiu na instalação de 100 coletores de serapilheira sob as copas de 25 árvores de cinco espécies de dossel, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Espécies de dossel: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap), descritores referentes a todas as espécies (Total). Massa seca total em gramas de serapilheira coletada sob cada espécie de dossel ao longo de um ano (Massa total). Média e desvio-padrão da massa de serapilheira em gramas por coletor em um ano (Média por coletor). Porcentagem da massa de serapilheira depositada sob cada espécie de dossel em relação ao total depositado sob todas as espécies (% por espécie).

<b>Espécies de dossel</b>	<b>Massa total</b>	<b>Média por coletor</b>	<b>% por espécie</b>
<b>Pl</b>	2.265,01	113,25 ( $\pm 30,92$ )	21,23
<b>Cp</b>	2.294,42	114,72 ( $\pm 35,30$ )	21,50
<b>Ag</b>	2.110,74	105,54 ( $\pm 28,21$ )	19,78
<b>Ds</b>	2.132,45	106,62 ( $\pm 25,24$ )	19,99
<b>Ap</b>	1.867,34	93,37 ( $\pm 20,10$ )	17,50
<b>Total</b>	10.669,95	106,70 ( $\pm 28,86$ )	100,00

A diferença entre as espécies de dossel na deposição de serapilheira ocorreu nos dados da serapilheira depositada dividida nos quatro componentes (figura 9). *P. longifolium* (P.l) apresentou a maior proporção na massa de folhas da própria espécie de dossel. Enquanto, *C. piptocalyx* (C.p) teve a maior proporção de deposição dos componentes lenhoso e outros, como sementes e frutos. *A. graveolens* (A.g) apresentou a maior proporção do componente responsável pela geração de maior massa da serapilheira que é folhas de espécies diferentes da espécie de dossel (figura 9 e tabela 10).

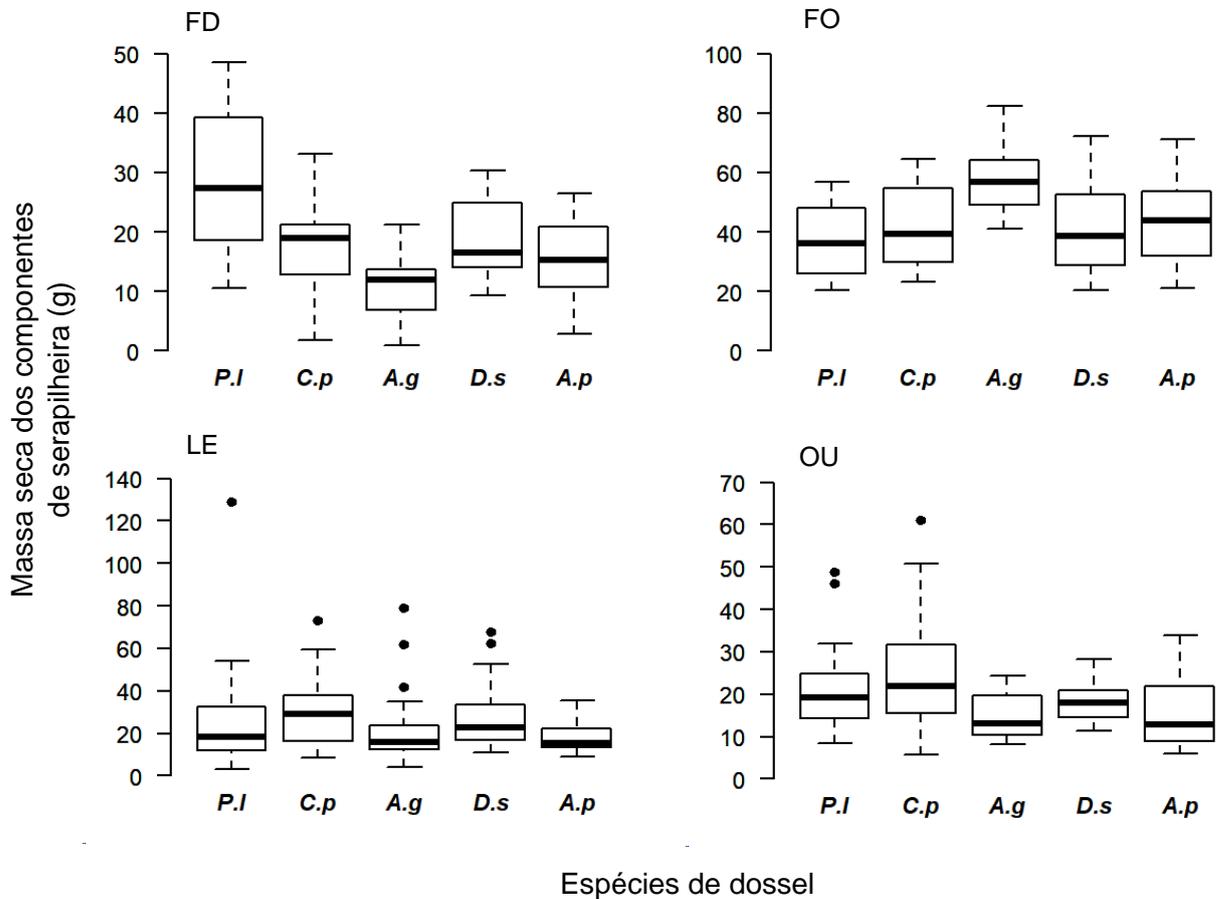


Figura 9: parâmetros descritivos da massa seca em gramas de quatro componentes de serapilheira depositada em um ano sob espécies de dossel na realização de experimento. O experimento consistiu na instalação de 100 coletores de serapilheira sob as copas de 25 árvores de cinco espécies de dossel, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. As caixas representam o interquartil (as linhas horizontais das caixas são os percentis de 25% e 75%), a linha tracejada representa os valores até 1,5 vezes o intervalo interquartil, o traço horizontal mais espesso é a mediana. Os pontos pretos representam valores extremos de massa do componente de serapilheira coletada. Os componentes da serapilheira: folhas da espécie de dossel sob a qual os coletores se localizam (FD); folhas de espécies diferentes da espécie sob a qual os coletores se localizam (FO); tecidos vegetais lenhosos (LE); outros tecidos vegetais, como reprodutivos (OU). Espécies de dossel: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap).

Tabela 10: parâmetros descritivos da massa seca em gramas de quatro componentes de serapilheira depositada em um ano sob espécies de dossel na realização de experimento. O experimento consistiu na instalação de 100 coletores de serapilheira sob as copas de 25 árvores de cinco espécies de dossel, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Os componentes da serapilheira: folhas da espécie de dossel sob a qual os coletores se localizam (FD); folhas de espécies diferentes da espécie sob a qual os coletores se localizam (FO); tecidos vegetais lenhosos (LE); outros tecidos vegetais, como reprodutivos (OU). Espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap), descritores da massa do respectivo componente de serapilheira que corresponde aos coletores de todas as espécies (Total). Massa seca total em gramas do componente de serapilheira coletada sob cada espécie de dossel ao longo de um ano (Massa total). Média e desvio-padrão da massa do componente de serapilheira em gramas por coletor em um ano (Média por coletor). Porcentagem da massa do componente de serapilheira depositada sob cada espécie de dossel em relação ao total depositado sob todas as espécies (%ED).

FD				FO			
ED	Massa total	Média por coletor	% ED	ED	Massa total	Média por coletor	% ED
PI	572,81	28,64 ( $\pm 11,31$ )	31,47	PI	733,61	36,68 ( $\pm 12,46$ )	16,55
Cp	359,51	17,97 ( $\pm 7,29$ )	19,75	Cp	829,88	41,49 ( $\pm 13,74$ )	18,72
Ag	212,82	10,64 ( $\pm 5,20$ )	11,69	Ag	1150,75	57,54 ( $\pm 11,60$ )	25,96
Ds	368,23	18,41 ( $\pm 6,61$ )	20,23	Ds	828,21	41,41 ( $\pm 14,33$ )	18,68
Ap	306,53	15,33 ( $\pm 6,81$ )	16,84	Ap	890,15	44,51 ( $\pm 14,15$ )	20,08
<b>Total</b>	<b>1819,91</b>	<b>18,20 (<math>\pm 9,62</math>)</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>4432,60</b>	<b>44,33 (<math>\pm 14,84</math>)</b>	<b>100,00</b>
LE				OU			
ED	Massa total	Média por coletor	% ED	ED	Massa total	Média por coletor	% ED
PI	530,30	26,51 ( $\pm 27,35$ )	21,09	PI	428,31	21,42 ( $\pm 10,81$ )	22,51
Cp	609,00	30,45 ( $\pm 18,17$ )	24,22	Cp	496,02	24,80 ( $\pm 14,25$ )	26,07
Ag	451,57	22,58 ( $\pm 18,89$ )	17,96	Ag	295,61	14,78 ( $\pm 5,43$ )	15,54
Ds	570,53	28,53 ( $\pm 16,13$ )	22,69	Ds	365,48	18,27 ( $\pm 4,29$ )	19,21
Ap	353,40	17,67 ( $\pm 7,05$ )	14,05	Ap	317,25	15,86 ( $\pm 8,44$ )	16,67
<b>Total</b>	<b>2514,80</b>	<b>25,15 (<math>\pm 18,86</math>)</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>1902,68</b>	<b>19,03 (<math>\pm 9,90</math>)</b>	<b>100,00</b>

As folhas de *C. piptocalyx* e *P. longifolium* apresentaram as maiores massas, úmida e seca, e as maiores áreas médias de folhas. *D. sorbifolia* foi a

espécie que apresentou as menores massas e área média das unidades de tecido fotossintético que, no caso, são folíolos (tabela 11).

Tabela 11: parâmetros descritivos das folhas ou folíolos das espécies de dossel amostradas. O experimento foi realizado em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Número de folhas ou folíolos coletados para medidas de massa (Número de folhas). Massa total das folhas ou folíolos antes da secagem em gramas (Massa total úmida). Massa por folha ou folíolo antes da secagem em gramas (Massa úmida por folha). Massa por folha ou folíolo depois da secagem em gramas (Massa seca por folha). Média e desvio-padrão do comprimento das folhas ou folíolos em centímetros (Média do comprimento foliar). Média e desvio-padrão da largura das folhas ou folíolos em centímetros (Média da largura foliar). Média e desvio-padrão da área das folhas ou folíolos em centímetros quadrados (Média da área foliar).

ED	Número de folhas	Massa total úmida (g)	Massa úmida por folha (g)	Massa seca por folha (g)	Média do comprimento foliar (cm)	Média da largura foliar (cm)	Média da área foliar (cm <sup>2</sup> )
Ap	100	13,30	0,13	0,06	7,40 (±1,22)	2,55 (±0,46)	15,05 ±4,57
Ag	91	29,80	0,33	0,14	7,95 (±1,71)	2,83 (±0,42)	17,99 ±5,60
Ds	217	7,30	0,03	0,01	3,70 (±0,92)	1,47 (±0,24)	4,36 ±1,66
Cp	37	157,50	4,26	1,11	9,92 (±3,80)	19,12 (±6,79)	167,07±115,6
Pl	31	73,30	2,36	0,88	27,08 (±5,72)	4,41 (±0,83)	96,37 ±36,80

Ao longo de um ano, o tempo em que teve maior deposição de serapilheira, somando todos os componentes e a deposição sob as copas de todas as espécies de dossel, é o tempo 3 (inverno) com 38,08% em relação ao total anual depositado. O tempo em que houve menor deposição da somatória dos componentes foi o tempo 1 (14,23%) que se refere ao verão (tabela 12). Considerando esses dados da deposição de serapilheira ao longo do tempo e separados entre as espécies de dossel, todas as espécies possuem maior deposição no tempo 3 (inverno), exceto por *C. piptocalyx* sob a qual a deposição foi maior no tempo 4 (primavera). A deposição sob *P. longifolium* entre os tempos 3 (inverno) e 4 (primavera) foi similar, porém em 3 (inverno) foi superior. O tempo 1 (verão) foi o de menor deposição para todas as espécies de dossel, com exceção

para *C. piptocalyx* novamente, sob a qual a deposição foi menor no tempo 2 (outono) (figura 10).

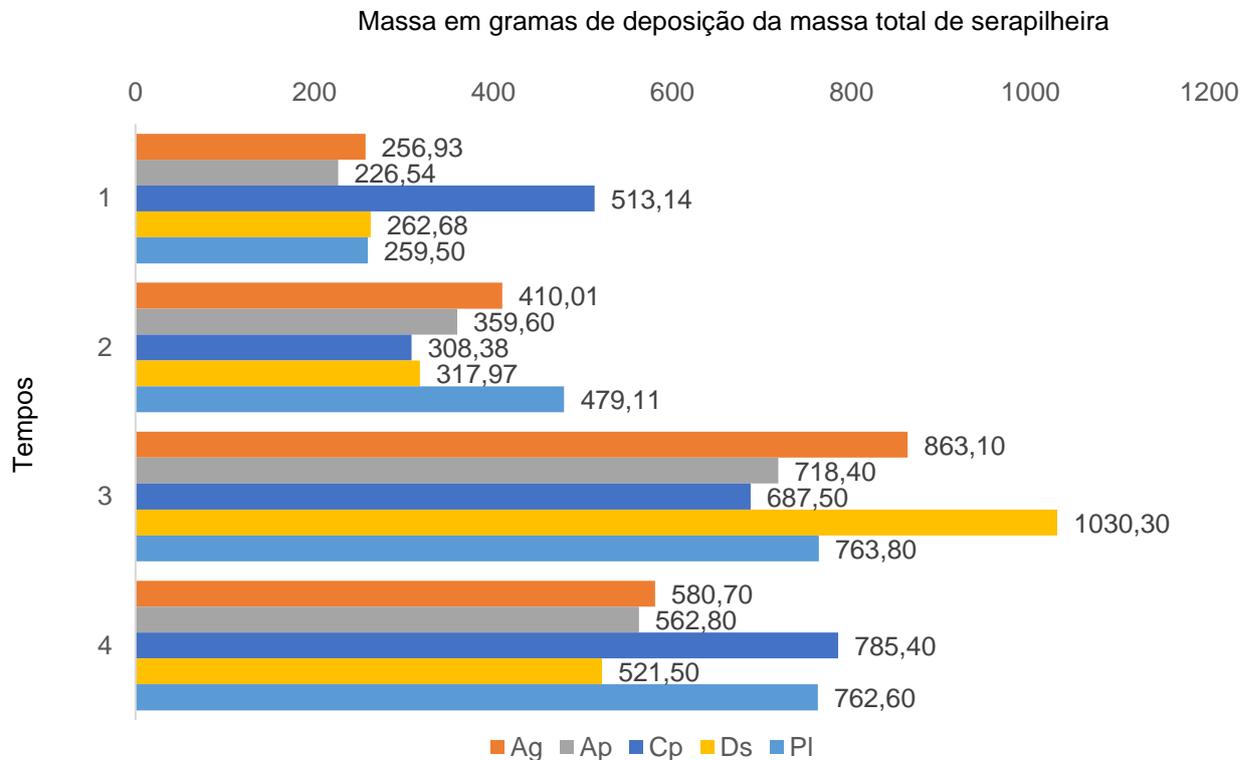


Figura 10: massa seca de serapilheira em gramas que depositou sob as copas de cinco espécies de dossel em cada uma das estações do ano em 2018 (tempos 1, 2, 3 e 4) na realização de um experimento. As cinco espécies de dossel: *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). O experimento consistiu na instalação de coletores de serapilheira sob as copas de 25 árvores de cinco espécies de dossel, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

Em relação a deposição dos componentes de serapilheira em cada tempo, as folhas de espécies diferentes do indivíduo do dossel (FO) foi o componente que alcançou as maiores massas de deposição em todos os tempos. Nos tempos 1 e 4, que correspondem a períodos de maior precipitação, a massa de deposição do componente lenhoso (LE) foi mais que o dobro do componente das folhas das espécies do indivíduo de dossel (FD). Enquanto que no outono e inverno (2 e 3) quando ocorreram maiores deposições de folhas das espécies decíduas, a massa de folhas da espécie do dossel depositada foi similar ou maior do que a do componente lenhoso (tabela 13).

Tabela 13: massa seca absoluta (g) e relativa de quatro componentes de serapilheira depositada em um ano (Total) e em cada estação do ano (T de 1 a 4) na realização de um experimento. O experimento consistiu na instalação de 100 coletores de serapilheira sob as copas de 25 árvores de cinco espécies de dossel, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Recolhi o conteúdo de serapilheira dos coletores de janeiro de 2018 até janeiro de 2019. Os componentes da serapilheira: folhas da espécie de dossel sob a qual os coletores se localizam (FD); folhas de espécies diferentes da espécie sob a qual os coletores se localizam (FO); tecidos vegetais lenhosos (LE); outros tecidos vegetais, como reprodutivos (OU). Descritores da massa do respectivo componente de serapilheira que corresponde aos coletores de todas as espécies (Total). MT: Massa seca total em gramas da somatória de todos os componentes de serapilheira coletada em cada tempo e ao longo de um ano (Total). %ta: porcentagem de MT de cada tempo em relação ao Total. %pt: porcentagem do depositado de cada componente em relação ao total MT em cada período.

T	MT	%ta	FD	%pt	FO	%pt	LE	%pt	OU	%pt
1	1518,79	14,23	176,74	11,64	519,72	34,22	488,37	32,15	333,98	21,99
2	1875,07	17,57	320,98	17,12	1010,78	53,91	325,13	17,34	218,19	11,64
3	4063,10	38,08	884,90	21,78	1894,20	46,62	720,30	17,73	563,70	13,87
4	3213,00	30,11	437,30	13,61	1007,90	31,37	981,00	30,53	786,80	24,49
<b>Total</b>	<b>10.669,96</b>	<b>100,00</b>	<b>1.819,92</b>	<b>17,06</b>	<b>4.432,60</b>	<b>41,54</b>	<b>2.514,8</b>	<b>23,57</b>	<b>1.902,67</b>	<b>17,83</b>

### **População de regenerantes**

#### *C. speciosa*

Com relação ao crescimento, nenhuma das variáveis preditoras propostas nos modelos, espécies de dossel, massa total de serapilheira, e a interação entre elas, se ajustaram aos dados de variação de altura de *C. speciosa* após um ano (tabela 3). Por outro lado, o número de mortos é predito pela espécie de dossel em interação com massa total de serapilheira sob cada espécie de dossel ( $X^2=64,61$ ; G.L.=4;  $P<0,001$ ). Os indivíduos introduzidos abaixo de *A. graveolens* e *A. polyneuron*, que apresentaram as menores mortalidades, também apresentaram as menores massas totais de deposição de serapilheira (figura 8 e tabela 9).

Ao investigar o efeito de cada componente da serapilheira sobre a mortalidade, o componente folhas do indivíduo de dossel (FD) apresentou efeito na

mortalidade ( $X^2=61,29$ ; G.L.= 1;  $P<0,001$ ). Houve maior mortalidade nas parcelas em que se depositou maiores massas de serapilheira e de seus componentes, incluindo o componente das folhas do indivíduo de dossel (figuras 10 e 11).

O crescimento das mudas foi maior sob *P. longifolium*, onde a mortalidade também foi maior. Os menores números de mudas que cresceram se deram sob espécies de dossel em que também houve as menores ocorrências de mortalidade (tabela 14 e figura 11).

Tabela 14: descritores do crescimento e mortalidade de mudas de *C. speciosa* (Cs) introduzidas experimentalmente e acompanhadas ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019) abaixo de 25 indivíduos de cinco espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Introduzi quatro parcelas contendo uma muda de Cs sob cada indivíduo de dossel, perfazendo 20 mudas sob cada espécie de dossel e 100 mudas introduzidas no total. Crescimento: variação de altura (cm) das mudas em um ano sob cada espécie de dossel; Mín: crescimento mínimo (cm); m: média (cm); DP: desvio-padrão (cm); Máx: crescimento máximo (cm); NC: número de mudas que aumentaram suas alturas após um ano; %Cintr: porcentagem de NC em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Ctotal: porcentagem de NC sob cada espécie em relação ao número de mudas de NC sob todas as espécies. Mortalidade: número de mudas mortas em um ano sob cada espécie de dossel; NM: número total de mortas sob cada espécie de dossel; mMparc: média de mortas por parcela; DP: desvio-padrão; %Mintr: porcentagem de NM em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Mtotal: porcentagem de NM sob cada espécie em relação ao total de NM sob todas as espécies (T).

Cs	Crescimento (cm/ano)							Mortalidade				
	Mín	M	DP	Máx	NC	%Cintr	%Ctotal	NM	mMparc	DP	% Mintr	% Mtotal
<b>ED</b>												
<b>PI</b>	-6,60	0,36	3,27	5,30	10	50	26,32	18	0,90	0,31	90,00	22,22
<b>Cp</b>	-3,00	-0,21	2,16	3,30	6	30	15,79	16	0,80	0,41	80,00	19,75
<b>Ag</b>	-3,80	0,18	4,20	12,70	7	35	18,42	14	0,70	0,47	70,00	17,28
<b>Ds</b>	-7,00	-0,08	3,37	8,10	7	35	18,42	18	0,90	0,31	90,00	22,22
<b>Ap</b>	-10,20	-1,56	3,93	4,00	8	40	21,05	15	0,75	0,44	75,00	18,52
<b>T</b>	-10,2	-0,27	3,46	12,70	38	38	100	81	0,81	0,39	81,00	100,00

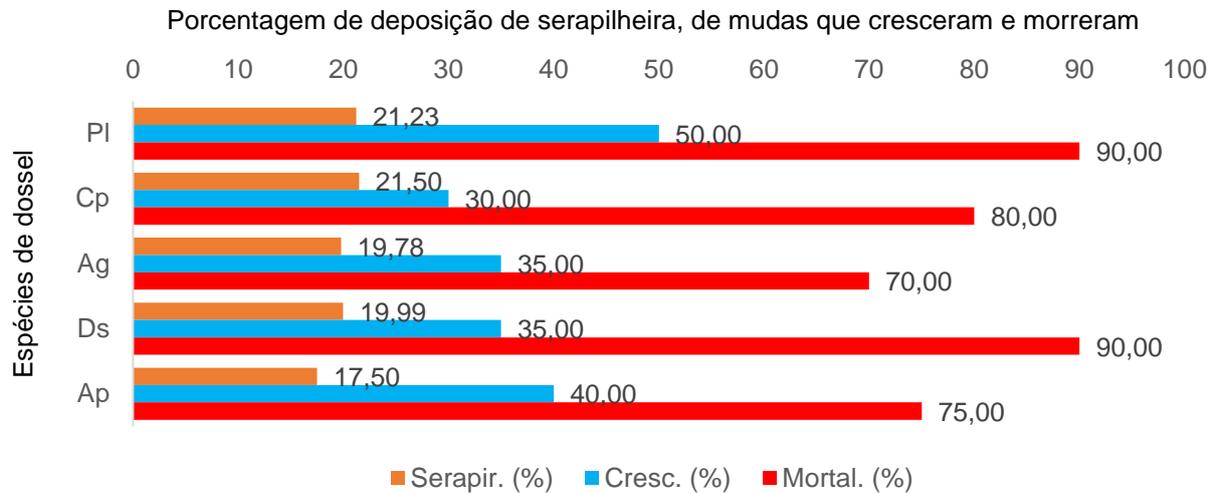


Figura 11: porcentagens do número de mudas de *C. speciosa* que cresceram (Cresc. %) e que morreram (Mortal. %), após um ano, sob as copas de cinco espécies de dossel, em relação ao mesmo número de mudas introduzidas sob todas as espécies. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca total de serapilheira que se depositou sob as copas de cada espécie em relação ao que foi depositado sob todas as espécies. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. O objetivo do experimento foi verificar se as mudas apresentam crescimento e mortalidade diferencial a depender da espécie de dossel e da quantidade de serapilheira produzida por essas espécies de dossel. Espécies de dossel: *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap).

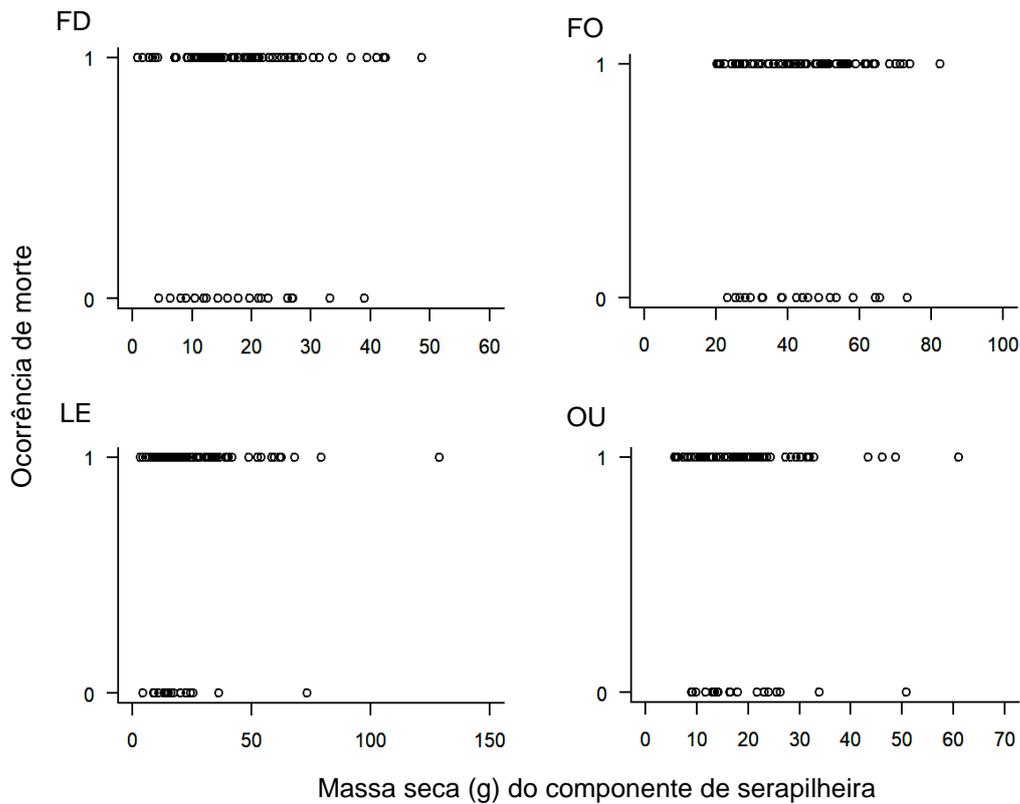


Figura 12: ocorrência de morte de mudas de *C. speciosa* (1 indica que houve mortalidade e 0, que não houve) em relação à massa seca em gramas da deposição da serapilheira total e de quatro componentes da serapilheira depositada na realização de experimento. O experimento consistiu no plantio de 100 mudas e instalação de 100 coletores de serapilheira sob as copas de 25 árvores pertencentes a cinco espécies de dossel, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Contabilizei a mortalidade e recolhi o conteúdo de serapilheira dos coletores de janeiro de 2018 até janeiro de 2019. Os componentes da serapilheira: folhas da espécie de dossel sob a qual os coletores se localizam (FD); folhas de espécies diferentes da espécie sob a qual os coletores se localizam (FO); tecidos vegetais lenhosos (LE); outros tecidos vegetais, como reprodutivos (OU).

Em relação à mortalidade e ao crescimento do total de mudas de *C. speciosa* ao longo do tempo, diferentemente do que ocorreu entre as espécies de dossel (figura 11), o crescimento e mortalidade apresentaram valores relativos opostos no mesmo tempo: quando a mortalidade foi maior, a proporção de mudas que aumentaram suas alturas foi o menor, o que ocorreu no tempo 2 (outono); e

quando mais mudas aumentaram suas alturas no tempo 3 (inverno), houve a menor mortalidade (figura 13).

Houve variabilidade das porcentagens de mudas que cresceram e morreram em cada tempo entre as espécies de dossel. Porém em geral, o tempo 2 (outono) foi o período em que se concentrou os menores valores de crescimento, e os maiores valores de mortalidade, representando o tempo mais crítico à sobrevivência das mudas. Os tempos 4 (primavera) e 3 (inverno) foram períodos de maior crescimento e menor mortalidade, respectivamente (figura 13).

Os números de mortas sob Ag, Ap e Cp foram mais distribuídos ao longo do ano, enquanto que sob Pl a mortalidade foi drástica e mais concentrada no tempo 2 (outono). As mudas sob a espécie *P. longifolium* tiveram 88,24% de mortas em relação às sobreviventes no tempo 2 (outono) (tabela 15 e figura 14).

Tabela 15: descritores do crescimento e mortalidade de mudas de *C. speciosa* (Cs) introduzidas experimentalmente e acompanhadas nas quatro estações do ano (T): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera) ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019) abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Td: valores referentes a todas as espécies. Realizei o experimento em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil, onde introduzi quatro parcelas contendo uma muda de Cs sob 25 indivíduos de dossel de cinco espécies, perfazendo 20 mudas sob cada espécie de dossel e 100 mudas introduzidas no total. Realizei medições do crescimento e mortalidade a cada três meses, totalizando quatro medições (T) ao longo do ano. NCT: número de mudas que aumentaram suas alturas sob cada ED em cada T; %Cintr: porcentagem de NCT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %CporT: porcentagem de NCT sob cada ED e T em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T; Macum: número de mortas acumuladas até cada T sob cada ED; NMT: número de mudas mortas sob cada ED em cada T; %Mintr: porcentagem de NMT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %MporT: porcentagem de NMT sob cada ED em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T.

T	ED	NCT	%Cintr	%CporT	Macum	NMT	%Mintr	%MporT
1	Ag	10	50,00	62,50	4	4	20,00	20,00
1	Ap	12	60,00	70,59	3	3	15,00	15,00

1	Cp	9	45,00	60,00	5	5	25,00	25,00
1	Ds	12	60,00	70,59	3	3	15,00	15,00
1	PI	10	50,00	58,82	3	3	15,00	15,00
1	Td	53	53,00	64,63	18	18	18,00	18,00
2	Ag	0	0,00	0,00	11	7	35,00	43,75
2	Ap	1	5,00	10,00	10	7	35,00	41,18
2	Cp	0	0,00	0,00	13	8	40,00	53,33
2	Ds	1	5,00	14,29	13	10	50,00	58,82
2	PI	0	0,00	0,00	18	15	75,00	88,24
2	Td	2	2,00	5,71	65	47	47,00	57,32
3	Ag	7	35,00	87,50	12	1	5,00	11,11
3	Ap	7	35,00	70,00	10	0	0,00	0,00
3	Cp	5	25,00	83,33	14	1	5,00	14,29
3	Ds	5	25,00	83,33	14	1	5,00	14,29
3	PI	2	10,00	100,00	18	0	0,00	0,00
3	Td	26	26,00	81,25	68	3	3,00	8,57
4	Ag	4	20,00	66,67	14	2	10,00	25,00
4	Ap	1	5,00	20,00	15	5	25,00	50,00
4	Cp	4	20,00	100,00	16	2	10,00	33,33
4	Ds	2	10,00	100,00	18	4	20,00	66,67
4	PI	2	10,00	100,00	18	0	0,00	0,00
4	Td	13	13,00	68,42	81	13	13,00	40,63

Porcentagem de deposição de serapilheira, de mudas que cresceram e morreram

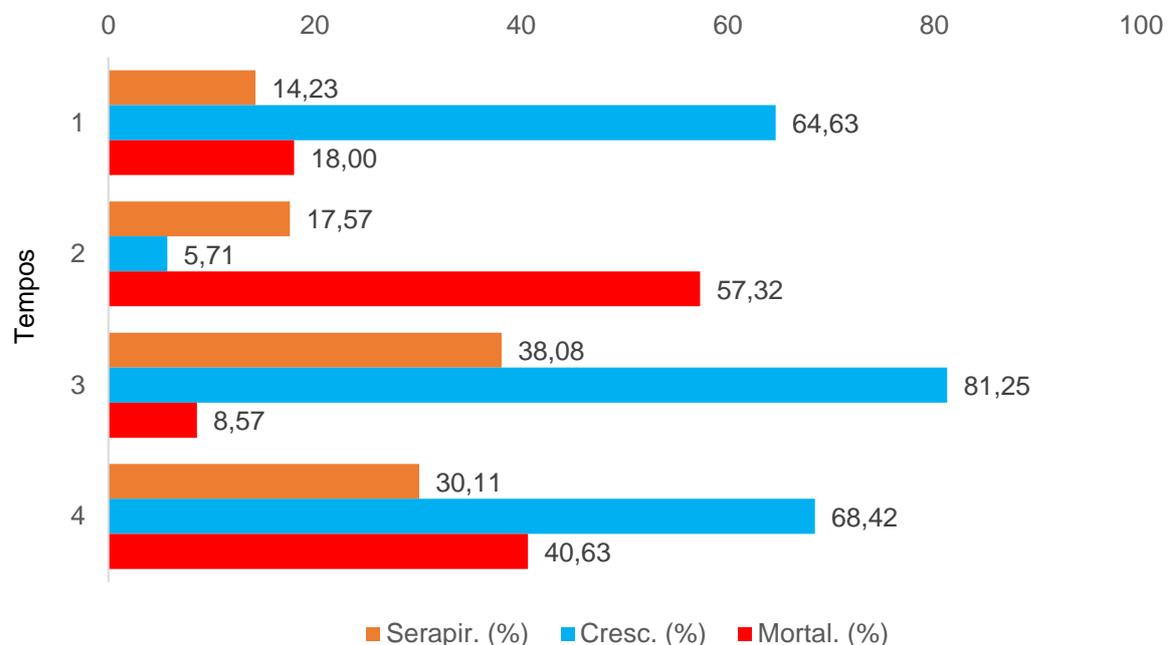
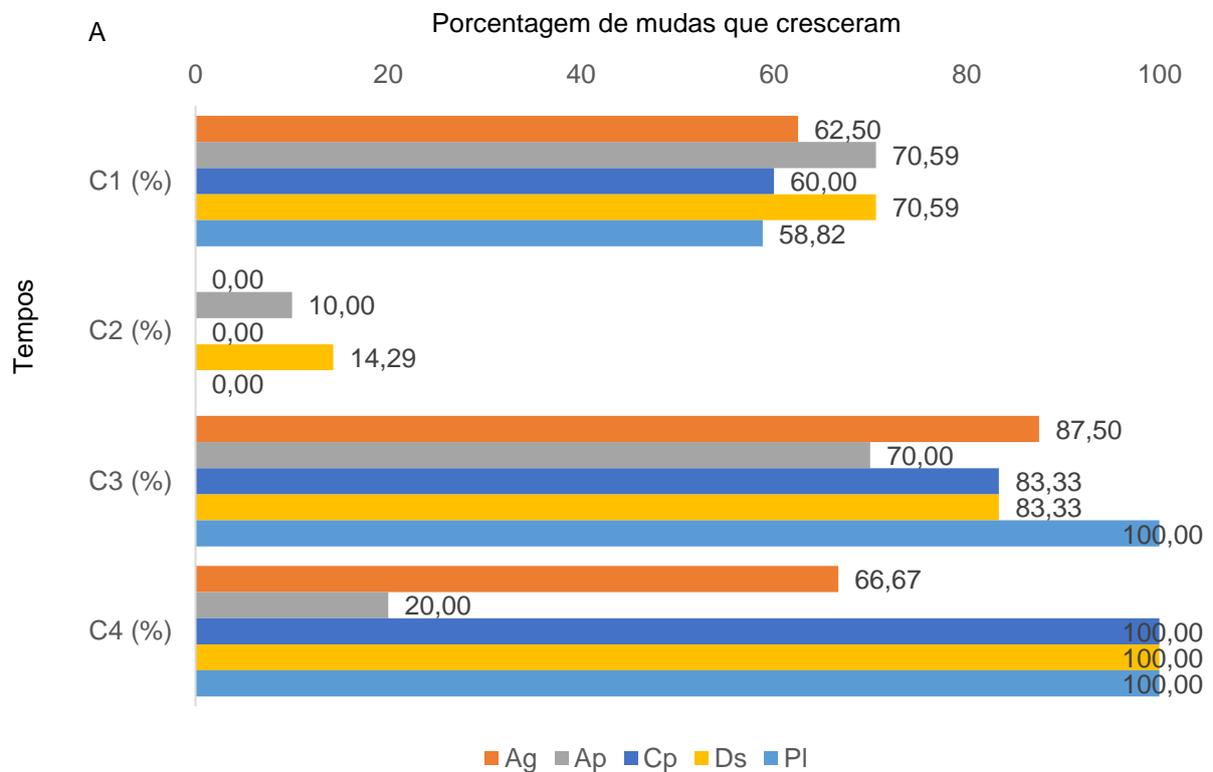


Figura 13: porcentagens do número de mudas de *C. speciosa* que cresceram (Cresc. %) e que morreram (Mortal. %), nas quatro estações do ano (Tempos): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera), em relação ao número de mudas sobreviventes até o respectivo tempo. Introduzi as mudas em janeiro de 2018 sob as

copas de indivíduos de dossel de cinco espécies. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca de serapilheira que se depositou em cada período em relação ao que foi depositado no ano todo. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira pendurou de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.



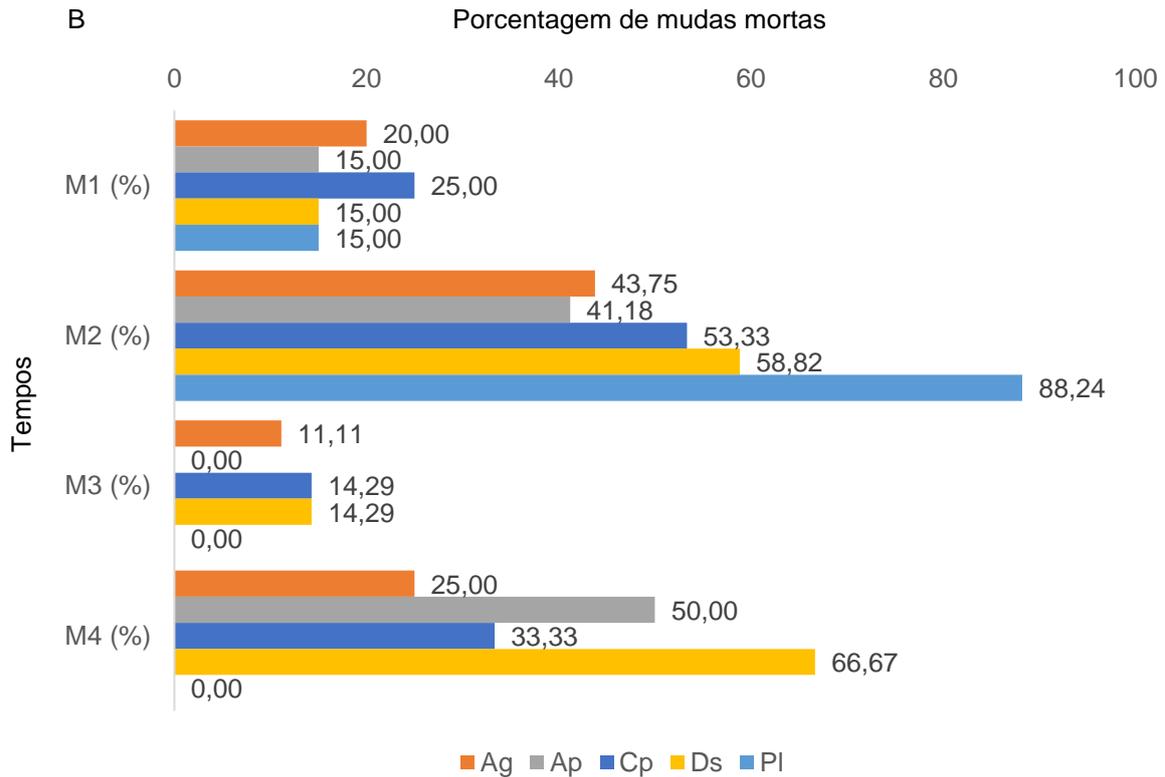


Figura 14: porcentagens do número de mudas de *C. speciosa* que cresceram (A) e que morreram (B) nas quatro estações do ano (Tempos): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera), em relação ao número de mudas sobreviventes até o respectivo tempo, sob as copas de indivíduos de dossel. Introduzi as mudas em janeiro de 2018 sob as copas de indivíduos de dossel de cinco espécies: *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). As medições de crescimento e mortalidade perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

### *G. integrifolia*

O crescimento e mortalidade de *G. integrifolia* não foram afetados pela interação entre as variáveis espécies de dossel e a massa de serapilheira como se esperava (tabela 3). Entretanto, encontrei um efeito da massa total de serapilheira na mortalidade ( $X^2=159,48$ ; G.L.=1;  $P=0,03268$ ). Ao investigar quais componentes da serapilheira que afetaram a mortalidade, encontrei que todos os componentes exerceram efeito, além do efeito da interação dos componentes “folhas da espécie do indivíduo de dossel (FD)” e “folhas de espécies diferentes do indivíduo de dossel” (FO) ( $X^2=150,93$ ; GL=1;  $P=0,01434$ ). Houve aumento no número de mortes em

relação ao aumento da massa total de serapilheira depositada (figura 16). A porcentagem de mudas mortas foi menor sob *A. polyneuron*, abaixo da qual também houve a menor deposição em massa de serapilheira, em relação às demais espécies de dossel (figura 15).

A maior mortalidade e menor crescimento das mudas em termos absolutos e relativos ocorreram sob *P. longifolium*. Já o maior crescimento das mudas ocorreu sob *C. piptocalyx* (tabela 16 e figura 14).

Tabela 16: descritores do crescimento e mortalidade de mudas de *G. integrifolia* (Gi) introduzidas experimentalmente e acompanhadas ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019) abaixo de 25 indivíduos de cinco espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Introduzi quatro parcelas contendo seis mudas de Gi sob cada indivíduo de dossel, perfazendo 120 mudas sob cada espécie de dossel e 600 mudas introduzidas no total. Crescimento: variação de altura (cm) das mudas em um ano sob cada espécie de dossel; Mín: crescimento mínimo (cm); m: média (cm); DP: desvio-padrão (cm); Máx: crescimento máximo (cm); NC: número de mudas que aumentaram suas alturas após um ano; %Cintr: porcentagem de NC em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Ctotal: porcentagem de NC sob cada espécie em relação ao número de mudas de NC sob todas as espécies. Mortalidade: número de mudas mortas em um ano sob cada espécie de dossel; NM: número total de mortas sob cada espécie de dossel; mMparc: média de mortas por parcela; DP: desvio-padrão; %Mintr: porcentagem de NM em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Mtotal: porcentagem de NM sob cada espécie em relação ao total de NM sob todas as espécies (T).

Gi	Crescimento (cm/ano)							Mortalidade				
	Mín	M	DP	Máx	NC	%Cintr	%Ctotal	NM	mMparc	DP	% Mintr	% Mtotal
<b>PI</b>	-4,00	-0,31	1,46	3,00	22	18,33	12,57	119	5,95	0,22	99,17	21,40
<b>Cp</b>	-6,50	-0,05	2,22	6,20	47	39,17	26,86	108	5,40	0,88	90,00	19,42
<b>Ag</b>	-5,30	-0,06	2,68	10,50	29	24,17	16,57	113	5,65	0,59	94,17	20,32
<b>Ds</b>	-10,50	0,25	3,41	15,50	39	32,50	22,29	114	5,70	0,98	95,00	20,50
<b>Ap</b>	-6,50	1,24	4,74	18,00	38	31,67	21,71	102	5,10	1,45	85,00	18,35
<b>T</b>	-10,50	0,26	3,23	18,00	175	29,17	100,00	556	5,56	0,95	92,67	100,00

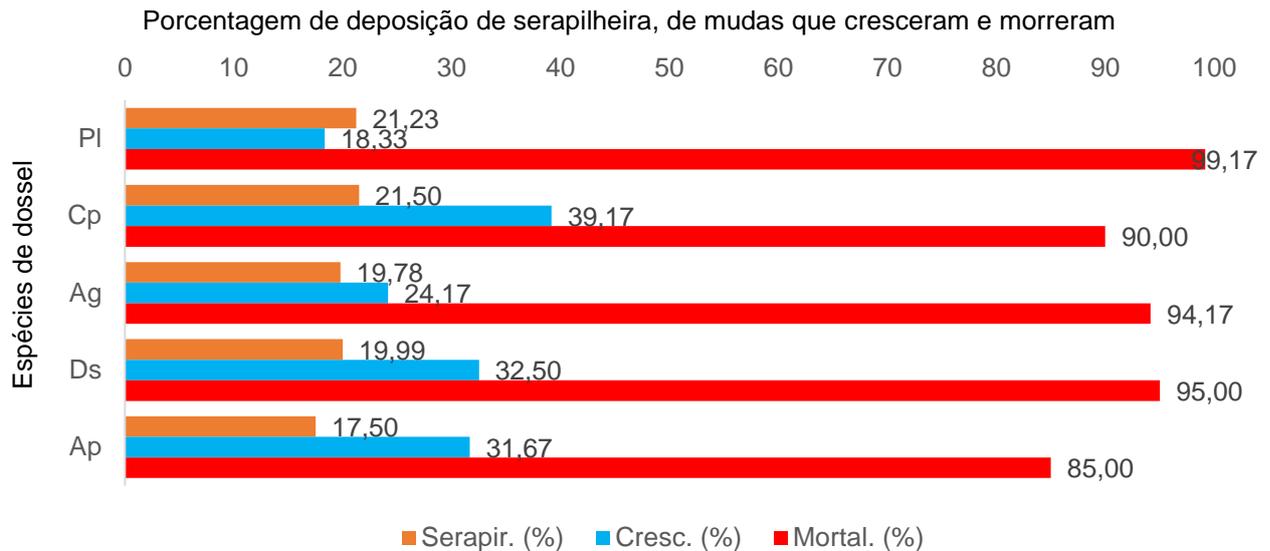


Figura 15: porcentagens do número de mudas de *G. integrifolia* que cresceram (Cresc. %) e que morreram (Mortal. %), após um ano, sob as copas de cinco espécies de dossel, em relação ao mesmo número de mudas introduzidas sob todas as espécies. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca total de serapilheira que se depositou sob as copas de cada espécie em relação ao que foi depositado sob todas as espécies. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Espécies de dossel: *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap).

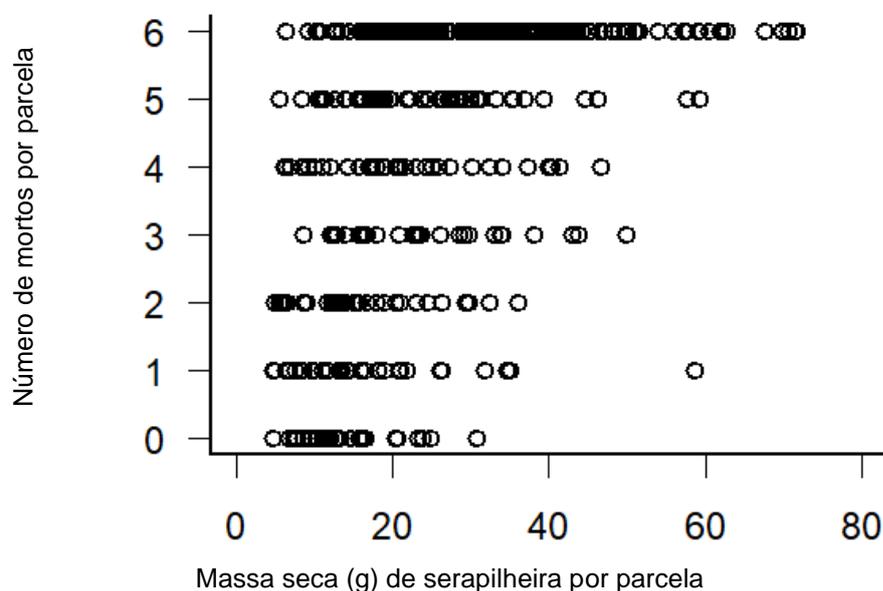


Figura 16: ocorrência de morte das mudas de *G. integrifolia* que foram introduzidas sob as copas de 25 indivíduos de dossel pertencentes a cinco espécies. As mudas foram introduzidas em 4 parcelas sob cada indivíduo de dossel. Introduzimos seis mudas por parcela. Ao lado das parcelas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As medições de mortalidade e coleta de serapilheira perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. A mortalidade está expressa em número de mortos por parcela. A serapilheira expressa no gráfico é massa seca em gramas do que foi depositado por coletor.

O crescimento ao longo do ano mostra que mais mudas tiveram aumento de suas alturas nos tempos 3 e 4, que correspondem ao inverno e primavera, respectivamente (tabela 17, figura 17). Esse padrão também se observou quando se apresenta os dados separadamente entre as espécies de dossel (tabela 17 e figura 18), uma vez que, a ocorrência de aumento de altura das mudas foi bem superior nos tempos 3 e 4 sob todas as espécies de dossel, exceto para *P. longifolium* sob a qual nenhuma muda cresceu no tempo 4 (primavera). O tempo 2 (outono), em que houve menor crescimento para todas as espécies, apresentou números relativos e absolutos menores do que a metade dos tempos 3 e 4 (tabela 17, figura 18).

A mortalidade já foi mais distribuída ao longo do tempo e apresentou maior variabilidade entre as espécies de dossel do que o crescimento. O tempo em que houve maior ocorrência de morte variou entre as espécies. As mudas sob *A. polyneuron* apresentaram mais mortes no tempo 2 (outono); *A. graveolens*, *C. piptocalyx* e *P. longifolium*, no tempo 3 (inverno); *D. sorbifolia*, no tempo 4 (primavera). Apesar da variabilidade, a maior parte das mortes ocorreu no tempo 3 (inverno) (tabela 17, figura 18).

Tabela 17: descritores do crescimento e mortalidade de mudas de *G. integrifolia* (Gi) introduzidas experimentalmente e acompanhadas nas quatro estações do ano (T): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera) ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019) abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A.*

*polyneuron* (Ap). Td: valores referentes a todas as espécies. Realizei o experimento em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil, onde introduzi quatro parcelas contendo seis mudas de Gi sob 25 indivíduos de dossel de cinco espécies, perfazendo 120 mudas sob cada espécie de dossel e 600 mudas introduzidas no total. Realizei medições do crescimento e mortalidade a cada três meses, totalizando quatro medições (T) ao longo do ano. NCT: número de mudas que aumentaram suas alturas sob cada ED em cada T; %Cintr: porcentagem de NCT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %CporT: porcentagem de NCT sob cada ED e T em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T; Macum: número de mortas acumuladas até cada T sob cada ED; NMT: número de mudas mortas sob cada ED em cada T; %Mintr: porcentagem de NMT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %MporT: porcentagem de NMT sob cada ED em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T.

T	ED	NCT	%Cintr	%CporT	Macum	NMT	%Mintr	%MporT
1	Ag	42	35,00	58,33	48	48	40,00	40,00
1	Ap	39	32,50	45,35	34	34	28,33	28,33
1	Cp	46	38,33	47,42	23	23	19,17	19,17
1	Ds	44	36,67	49,44	31	31	25,83	25,83
1	Pl	28	23,33	50,91	65	65	54,17	54,17
1	Td	199	33,17	49,87	201	201	33,50	33,50
2	Ag	2	1,67	5,88	86	38	31,67	52,78
2	Ap	6	5,00	16,22	83	49	40,83	56,98
2	Cp	16	13,33	24,24	54	31	25,83	31,96
2	Ds	5	4,17	12,82	81	50	41,67	56,18
2	Pl	0	0,00	0,00	111	46	38,33	83,64
2	Td	29	4,83	15,68	415	214	35,67	53,63
3	Ag	11	9,17	100,00	109	23	19,17	67,65
3	Ap	17	14,17	89,47	101	18	15,00	48,65
3	Cp	10	8,33	76,92	107	53	44,17	80,30
3	Ds	17	14,17	89,47	101	20	16,67	51,28
3	Pl	1	0,83	100,00	119	8	6,67	88,89
3	Td	56	9,33	88,89	537	122	20,33	65,95
4	Ag	6	5,00	85,71	113	4	3,33	36,36
4	Ap	18	15,00	100,00	102	1	0,83	5,26
4	Cp	10	8,33	83,33	108	1	0,83	7,69
4	Ds	6	5,00	100,00	114	13	10,83	68,42
4	Pl	0	0,00	0,00	119	0	0,00	0,00
4	Td	40	667	90,91	556	19	3,17	30,16

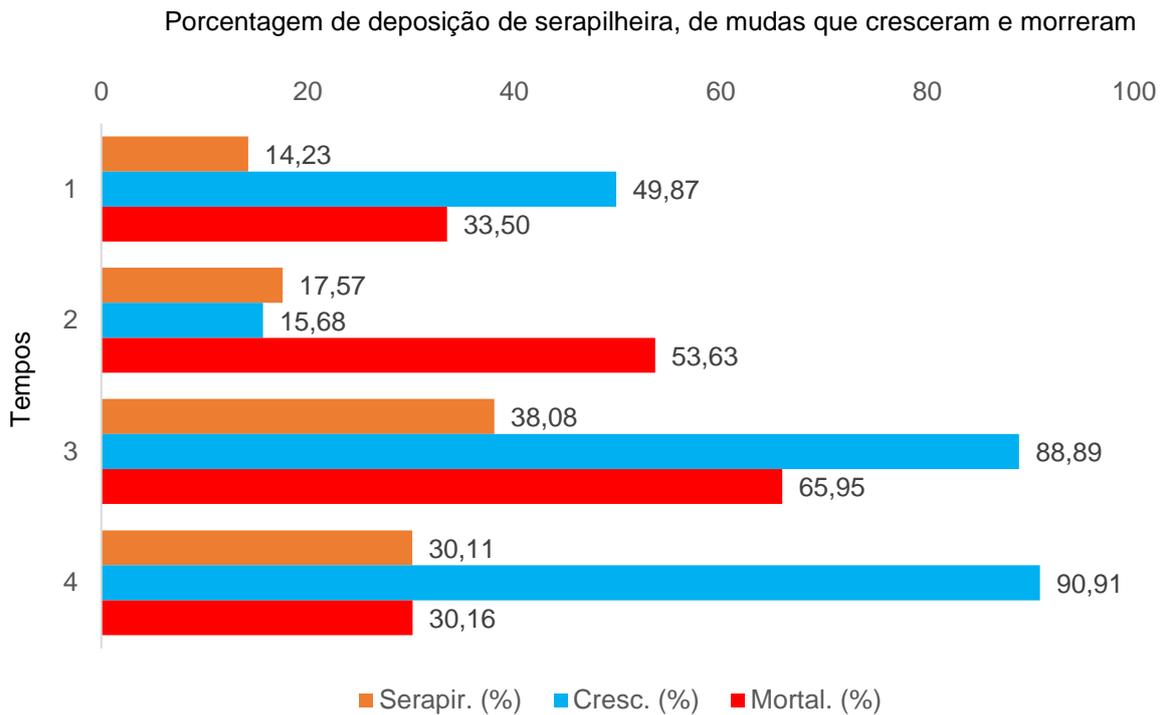


Figura 17: porcentagens do número de mudas de *G. integrifolia* que cresceram (Cresc. %) e que morreram (Mortal. %), nas quatro estações do ano (Tempos): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera), em relação ao número de mudas sobreviventes até o respectivo tempo. Introduzi as mudas em janeiro de 2018 sob as copas de indivíduos de dossel de cinco espécies. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca de serapilheira que se depositou em cada período em relação ao que foi depositado no ano todo. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira pendurou de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

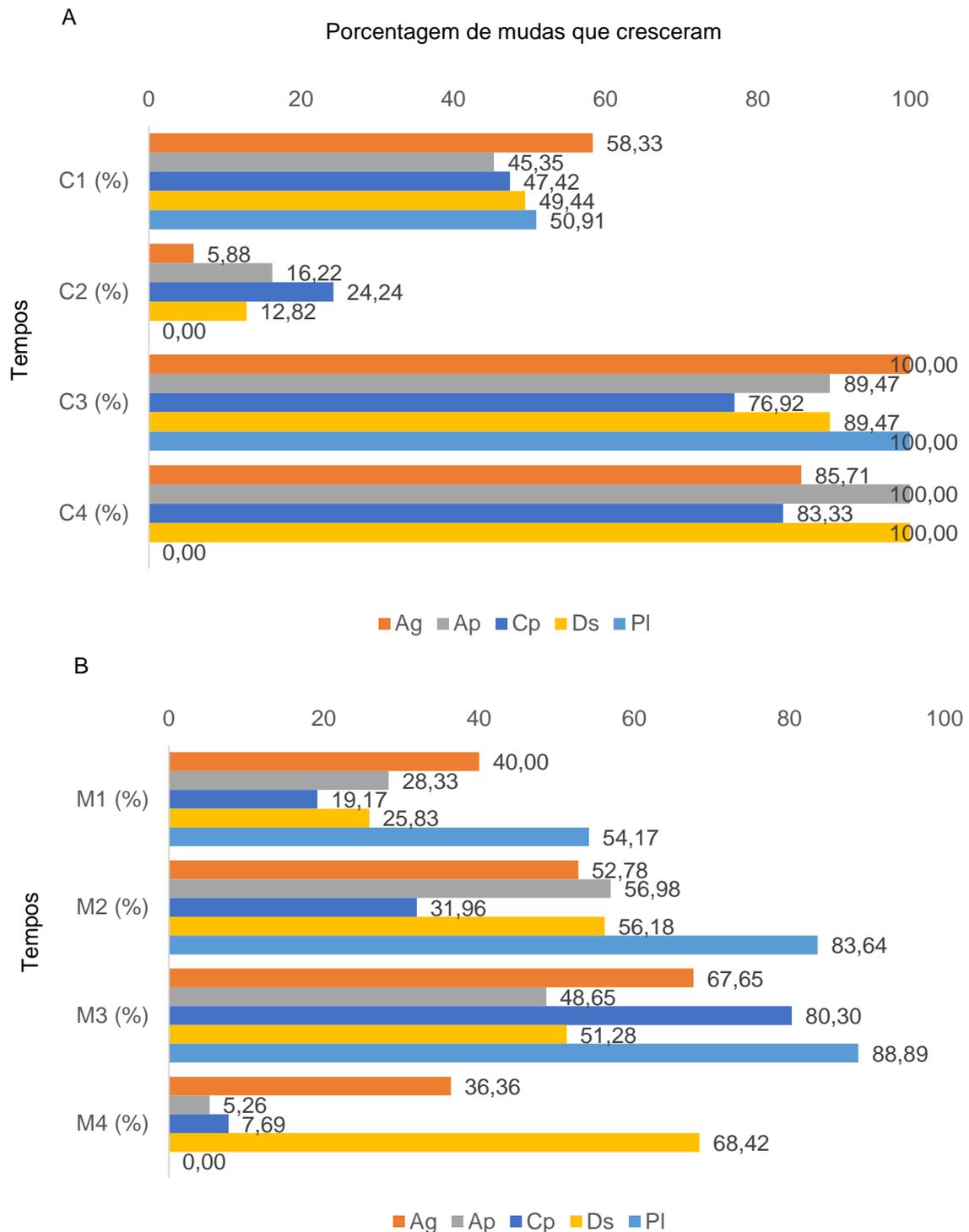


Figura 18: porcentagens do número de mudas de *G. integrifolia* que cresceram (A) e que morreram (B), nas quatro estações do ano (Tempos): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera), em relação ao número de mudas sobreviventes até o respectivo tempo sob as copas de indivíduos de dossel. Introduzi as mudas em janeiro de 2018 sob as copas de indivíduos de dossel de cinco espécies: *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A.*

*polyneuron* (Ap). As medições de crescimento e mortalidade perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

#### *H. courbaril*

Os modelos que melhor se ajustaram aos dados de variação de altura e número de mortos de *H. courbaril* após um ano mostram que os indivíduos dessa espécie cresceram ( $X^2=626,04$ ; G.L.=4;  $P<0,001$ ) e morreram ( $X^2=138,68$ ; G.L.= 4;  $P<0,001$ ) a depender das espécies de dossel abaixo das quais foram introduzidos. Os dados de crescimento apresentaram relação com a deposição de serapilheira também ( $X^2=626,04$ ; G.L.=1;  $P=0,0298$ ). Os componentes da serapilheira que apresentaram efeito foram folhas da espécie dos indivíduos de dossel e folhas de outras espécies ( $X^2=619,16$ ; G.L.= 1;  $P=0,003319$ ) (tabela 3).

Apesar do crescimento das mudas em média ter sido maior sob *A. graveolens*, o número de mudas que aumentaram suas alturas foi maior sob *P. longifolium*. Em termos absolutos e relativos, o número de mortos foi maior também sob *P. longifolium* (tabela 18 e figura 19). As mudas sob *C. piptocalyx* apresentaram menos mortes, quase a metade de mortos que se obteve sob *P. longifolium*, porém sob *C. piptocalyx* foi onde se obteve, também, o menor número de mudas que aumentaram suas alturas (tabela 18 e figura 19).

Tabela 18: descritores do crescimento e mortalidade de mudas de *H. courbaril* (Hc) introduzidas experimentalmente e acompanhadas ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019) abaixo de 25 indivíduos de cinco espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Introduzi quatro parcelas contendo quatro mudas de Hc sob cada indivíduo de dossel, perfazendo 80 mudas sob cada espécie de dossel e 400 mudas introduzidas no total. Crescimento: variação de altura (cm) das mudas em um ano sob cada espécie de dossel; Mín: crescimento mínimo (cm); m: média (cm); DP: desvio-padrão (cm); Máx: crescimento máximo (cm); NC: número de mudas que aumentaram suas alturas após um ano; %Cintr: porcentagem de NC em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Ctotal: porcentagem de NC sob cada espécie em relação ao número de mudas de NC sob todas as espécies. Mortalidade: número de mudas mortas em um ano sob cada espécie de

dossel; NM: número total de mortas sob cada espécie de dossel; mMparc: média de mortas por parcela; DP: desvio-padrão; %Mintr: porcentagem de NM em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Mtotal: porcentagem de NM sob cada espécie em relação ao total de NM sob todas as espécies (T).

Hc	Crescimento (cm/ano)							Mortalidade				
	Mín	M	DP	Máx	NC	%Cintr	%Ctotal	NM	mMparc	DP	% Mintr	% Mtotal
<b>ED</b>	-6,00	0,83	2,66	6,00	53	66,25	22,55	79	3,95	0,22	98,75	22,44
<b>PI</b>	-6,00	0,83	2,66	6,00	53	66,25	22,55	79	3,95	0,22	98,75	22,44
<b>Cp</b>	-12,50	1,03	4,91	18,00	41	51,25	17,45	48	2,40	0,99	60,00	13,64
<b>Ag</b>	-8,00	1,42	3,69	12,70	49	61,25	20,85	77	3,85	0,49	96,25	21,88
<b>Ds</b>	-4,00	1,27	2,90	9,00	46	57,50	19,57	73	3,65	0,67	91,25	20,74
<b>Ap</b>	-22,50	0,86	5,10	13,50	46	57,50	19,57	75	3,75	0,55	93,75	21,31
<b>T</b>	-22,50	1,08	3,96	18,00	235	58,75	100,00	352	3,52	0,85	88,00	100,00

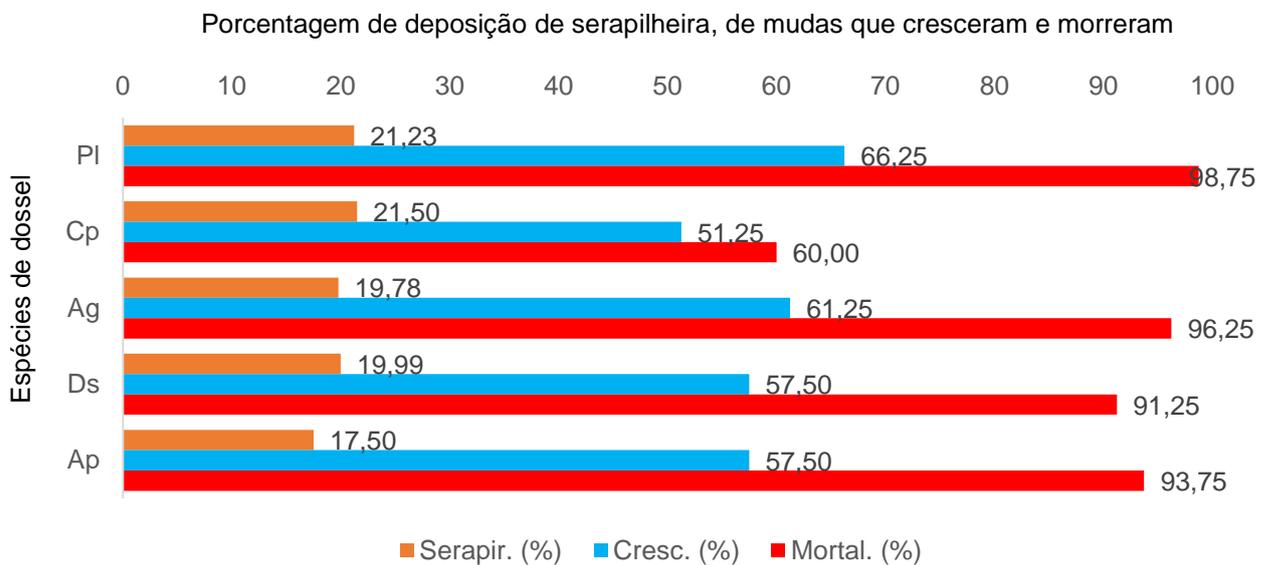


Figura 19: porcentagens do número de mudas de *H. courbaril* que cresceram (Cresc. %) e que morreram (Mortal. %), após um ano, sob as copas de cinco espécies de dossel, em relação ao mesmo número de mudas introduzidas sob todas as espécies. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca total de serapilheira que se depositou sob as copas de cada espécie em relação ao que foi depositado sob todas as espécies. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Espécies de dossel: *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap).

A maior parte das mudas em relação às sobreviventes de cada tempo cresceram no tempo 4 (primavera) quando a mortalidade alcançou o menor valor. Já no tempo 2 (outono), a mortalidade teve o maior valor e o crescimento, o menor. O crescimento e a mortalidade não mostraram muita associação com a massa total de deposição de serapilheira em cada tempo (tabela 19 e figura 20).

Houve variabilidade entre as espécies de dossel das proporções de mudas que incrementaram as alturas e que morreram em relação às sobreviventes em cada tempo, sobretudo a partir do tempo 2 (outono). Os tempos 2 (outono) e 3 (inverno) foram os períodos em que a maioria (>50%) das mudas sob todas as espécies de dossel morreram, exceto para as mudas sob *C. piptocalyx*, as quais não tiveram período em que mais da metade das mudas morreram (tabela 19 e figura 21).

Tabela 19: descritores do crescimento e mortalidade de mudas de *H. courbaril* (Hc) introduzidas experimentalmente e acompanhadas nas quatro estações do ano (T): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera) ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019) abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Td: valores referentes a todas as espécies. Realizei o experimento em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil, onde introduzi quatro parcelas contendo quatro mudas de Hc sob 25 indivíduos de dossel de cinco espécies, perfazendo 80 mudas sob cada espécie de dossel e 400 mudas introduzidas no total. Realizei medições do crescimento e mortalidade a cada três meses, totalizando quatro medições (T) ao longo do ano. NCT: número de mudas que aumentaram suas alturas sob cada ED em cada T; %Cintr: porcentagem de NCT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %CporT: porcentagem de NCT sob cada ED e T em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T; Macum: número de mortas acumuladas até cada T sob cada ED; NMT: número de mudas mortas sob cada ED em cada T; %Mintr: porcentagem de NMT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %MporT: porcentagem de NMT sob cada ED em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T.

T	ED	NCT	%Cintr	%CporT	Macum	NMT	%Mintr	%MporT
1	Ag	53	66,25	68,83	3	3	3,75	3,75
1	Ap	50	62,50	64,94	3	3	3,75	3,75
1	Cp	54	67,50	69,23	2	2	2,50	2,50
1	Ds	54	67,50	69,23	2	2	2,50	2,50
1	PI	56	70,00	70,89	1	1	1,25	1,25
1	Td	267	66,75	68,64	11	11	2,75	2,75
2	Ag	1	1,25	7,14	66	63	78,75	81,82
2	Ap	1	1,25	9,09	69	66	82,50	85,71
2	Cp	8	10,00	15,09	27	25	31,25	32,05
2	Ds	2	2,50	7,14	52	50	62,50	64,10
2	PI	0	0,00	0,00	72	71	88,75	89,87
2	Td	12	3,00	10,53	286	275	68,75	70,69
3	Ag	3	3,75	100,00	77	11	13,75	78,57
3	Ap	4	5,00	80,00	75	6	7,50	54,55
3	Cp	20	25,00	60,61	47	20	25,00	37,74
3	Ds	4	5,00	57,14	73	21	26,25	75,00
3	PI	1	1,25	100,00	79	7	8,75	87,50
3	Td	32	8,00	65,31	351	65	16,25	57,02
4	Ag	1	1,25	33,33	77	0	0,00	0,00
4	Ap	5	6,25	100,00	75	0	0,00	0,00
4	Cp	26	32,50	81,25	48	1	1,25	3,03
4	Ds	6	7,50	85,71	73	0	0,00	0,00
4	PI	0	0,00	0,00	79	0	0,00	0,00
4	Td	38	9,50	79,17	352	1	0,25	2,04

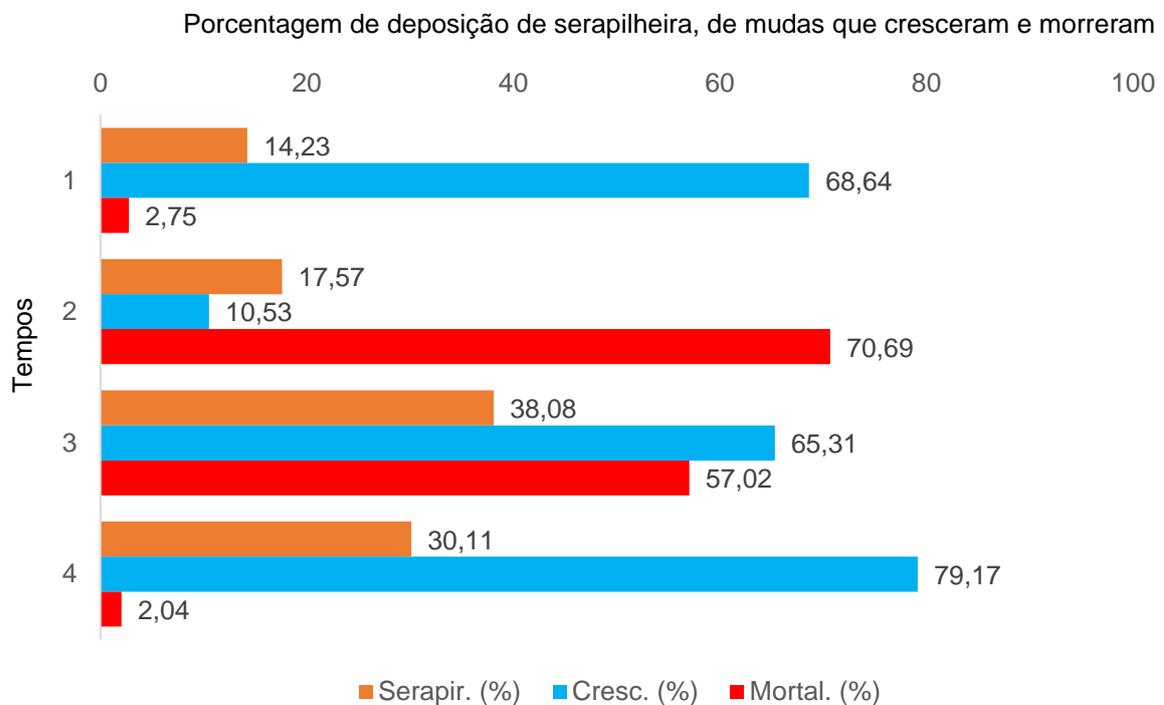


Figura 20: porcentagens do número de mudas de *H. courbaril* que cresceram (Cresc. %) e que morreram (Mortal. %), nas quatro estações do ano (Tempos): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera), em relação ao número de mudas

sobreviventes até o respectivo tempo. Introduzi as mudas em janeiro de 2018 sob as copas de indivíduos de dossel de cinco espécies. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca de serapilheira que se depositou em cada período em relação ao que foi depositado no ano todo. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira pendurou de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

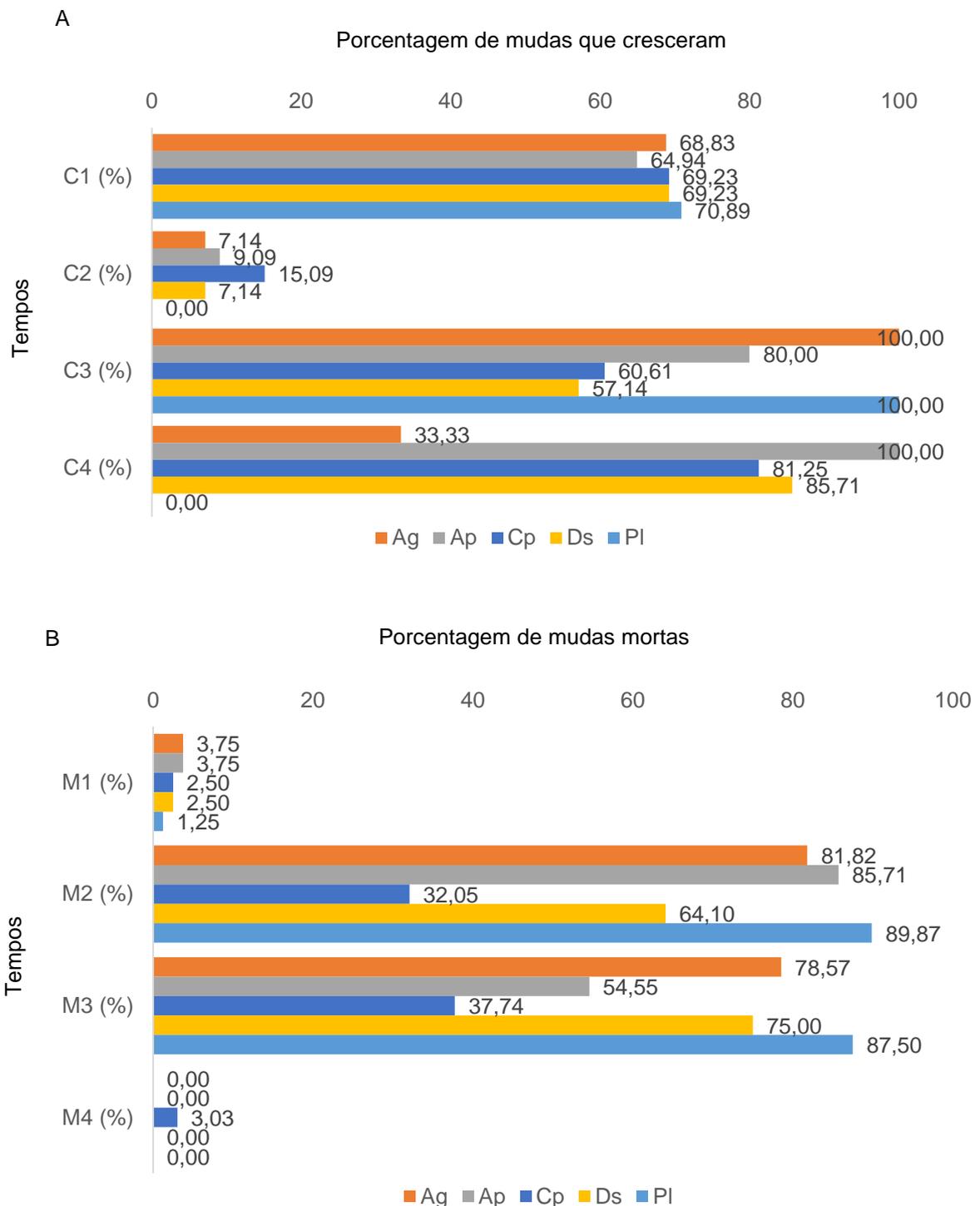


Figura 21: porcentagens do número de mudas de *H. courbaril* que cresceram (A) e que morreram (B), nas quatro estações do ano (Tempos): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera), em relação ao número de mudas sobreviventes até o respectivo tempo, sob as copas de indivíduos de dossel. Introduzi as mudas em janeiro de 2018 sob as copas de indivíduos de dossel de cinco espécies: *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). As medições de crescimento e mortalidade perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

### *P. gonoacantha*

Os modelos de crescimento e mortalidade das mudas de *P. gonoacantha* não corroboram o efeito da interação espécies de dossel e deposição de serapilheira ou de algum dos componentes. Entretanto, encontrei o efeito das espécies de dossel sobre os dados de crescimento ( $X^2=448,18$ ; G.L.=4;  $P=0,0154$ ) (tabela 3). O efeito deve-se, provavelmente, ao número de mudas que cresceram sob as copas da espécie *C. piptocalyx* (Cp) ter sido bem superior do que sob as copas das outras espécies. O número das mudas que cresceram sob Cp foi mais do que o dobro do que sob as copas de *P. longifolium* (PI), *A. graveolens* (Ag) e *A. polyneuron* (Ap) (tabela 20 e figura 22).

Com relação a mortalidade, nenhuma das variáveis espécies de dossel e massa de serapilheira apresentaram relação com os dados de mortalidade. A mortalidade das mudas foi similar e elevada sob todas as espécies de dossel (tabela 20 e figura 22).

Tabela 20: descritores do crescimento e mortalidade de mudas de *P. gonoacantha* (Pg) introduzidas experimentalmente e acompanhadas ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019) abaixo de 25 indivíduos de cinco espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Introduzi quatro parcelas contendo quatro muda de Pg sob cada indivíduo de dossel, perfazendo 80 mudas sob cada espécie de dossel e 400 mudas introduzidas no total. Crescimento: variação de altura (cm) das mudas em um ano sob cada espécie de dossel; Mín: crescimento mínimo (cm); m: média (cm); DP: desvio-padrão (cm); Máx: crescimento máximo (cm); NC: número de mudas que

aumentaram suas alturas após um ano; %Cintr: porcentagem de NC em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Ctotal: porcentagem de NC sob cada espécie em relação ao número de mudas de NC sob todas as espécies. Mortalidade: número de mudas mortas em um ano sob cada espécie de dossel; NM: número total de mortas sob cada espécie de dossel; mMparc: média de mortas por parcela; DP: desvio-padrão; %Mintr: porcentagem de NM em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Mtotal: porcentagem de NM sob cada espécie em relação ao total de NM sob todas as espécies (T).

Pg	Crescimento (cm/ano)							Mortalidade				
	Mín	M	DP	Máx	NC	%Cintr	%Ctotal	NM	mMparc	DP	% Mintr	% Mtotal
ED	-10,20	-1,10	3,28	2,00	7	8,75	16,28	78	3,90	0,31	97,50	20,31
PI	-10,20	-1,10	3,28	2,00	7	8,75	16,28	78	3,90	0,31	97,50	20,31
Cp	-6,50	-0,78	2,59	4,50	15	18,75	34,88	73	3,65	0,59	91,25	19,01
Ag	-3,50	-0,61	1,30	1,50	6	7,50	13,95	79	3,95	0,22	98,75	20,57
Ds	-5,20	0,35	3,03	12,50	9	11,25	20,93	76	3,80	0,52	95,00	19,79
Ap	-3,90	-0,54	1,96	3,70	6	7,50	13,95	78	3,90	0,31	97,50	20,31
T	-10,20	-0,46	2,56	12,50	43	10,75	100,00	384	3,84	0,42	96,00	100,00

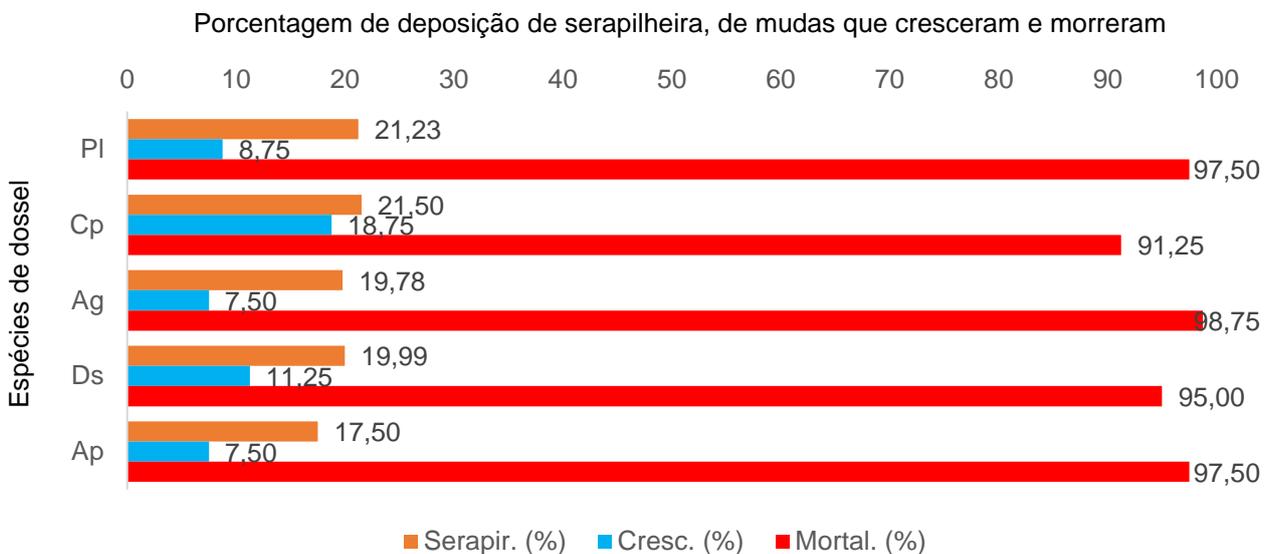


Figura 22: porcentagens do número de mudas de *P. gonoacantha* que cresceram (Cresc. %) e que morreram (Mortal. %), após um ano, sob as copas de cinco espécies de dossel, em relação ao mesmo número de mudas introduzidas sob todas as espécies. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca total de serapilheira que se depositou sob as copas de cada espécie em relação ao que foi depositado sob todas as espécies. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira perduraram de

janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Espécies de dossel: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap).

Entre os quatro tempos, o 4 foi quando houve crescimento mais pronunciado em que 68,75% das mudas sobreviventes incrementaram suas alturas. O tempo 2 (outono) foi o período de menor número de mudas que cresceram. Já a ocorrência de morte, em relação aos vivos, foi mais elevada no verão (tempo 1) e menor no inverno (tempo 3). Ao longo dos quatro tempos, é possível perceber certa relação entre a deposição de serapilheira e a proporção de mudas que aumentaram em altura (tabela 21 e figura 23).

As proporções de mudas que cresceram sob cada espécie de dossel mostraram bastante variação em cada tempo e ao longo do tempo (tabela 21 e figura 24). As mudas sob três espécies de dossel tiveram tempos de crescimento de zero e tempos em que mais da metade das mudas aumentaram suas alturas. O tempo 4 (primavera) foi o único período em que mais da metade das mudas sob todas espécies de dossel incrementaram as alturas, exceto as mudas sob *A. graveolens*.

A mortalidade também mostrou muita variação entre as mudas sob as espécies de dossel. O tempo 1 (verão) foi o único que reuniu proporções maiores do que 50% de mudas mortas sob todas as espécies de dossel. O verão (tempo 1) também foi o período em que a mortalidade foi maior sob as espécies *A. graveolens*, *A. polyneuron* e *P. longifolium*. Já para mudas sob as espécies *C. piptocalyx* e *D. sorbifolia*, os tempos de maior mortalidade foram os tempos 2 e 4, respectivamente (tabela 21 e figura 23).

Tabela 21: descritores do crescimento e mortalidade de mudas de *P. gonoacantha* (Pg) introduzidas experimentalmente e acompanhadas nas quatro estações do ano (T): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera) ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019) abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Td: valores referentes a todas as espécies. Realizei o experimento em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil, onde introduzi quatro parcelas contendo quatro mudas de Pg sob 25 indivíduos de dossel

de cinco espécies, perfazendo 80 mudas sob cada espécie de dossel e 400 mudas introduzidas no total. Realizei medições do crescimento e mortalidade a cada três meses, totalizando quatro medições (T) ao longo do ano. NCT: número de mudas que aumentaram suas alturas sob cada ED em cada T; %Cintr: porcentagem de NCT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %CporT: porcentagem de NCT sob cada ED e T em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T; Macum: número de mortas acumuladas até cada T sob cada ED; NMT: número de mudas mortas sob cada ED em cada T; %Mintr: porcentagem de NMT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %MporT: porcentagem de NMT sob cada ED em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T.

T	ED	NCT	%Cintr	%CporT	Macum	NMT	%Mintr	%MporT
1	Ag	9	11,25	40,91	58	58	72,50	72,50
1	Ap	10	12,50	52,63	61	61	76,25	76,25
1	Cp	13	16,25	33,33	41	41	51,25	51,25
1	Ds	17	21,25	51,52	47	47	58,75	58,75
1	PI	7	8,75	50,00	66	66	82,50	82,50
1	Td	56	14,00	44,09	273	273	68,25	68,25
2	Ag	2	2,50	20,00	70	12	15,00	54,55
2	Ap	0	0,00	0,00	70	9	11,25	47,37
2	Cp	7	8,75	46,67	65	24	30,00	61,54
2	Ds	8	10,00	38,10	59	12	15,00	36,36
2	PI	0	0,00	0,00	76	10	12,50	71,43
2	Td	17	4,25	28,33	340	67	16,75	52,76
3	Ag	1	1,25	33,33	77	7	8,75	70,00
3	Ap	3	3,75	60,00	75	5	6,25	50,00
3	Cp	4	5,00	44,44	71	6	7,50	40,00
3	Ds	8	10,00	61,54	67	8	10,00	38,10
3	PI	1	1,25	50,00	78	2	2,50	50,00
3	Td	17	4,25	53,13	368	28	7,00	46,67
4	Ag	0	0,00	0,00	79	2	2,50	66,67
4	Ap	2	2,50	100,00	78	3	3,75	60,00
4	Cp	5	6,25	71,43	73	2	2,50	22,22
4	Ds	3	3,75	75,00	76	9	11,25	69,23
4	PI	1	1,25	50,00	78	0	0,00	0,00
4	Td	11	2,75	68,75	384	16	4,00	50,00

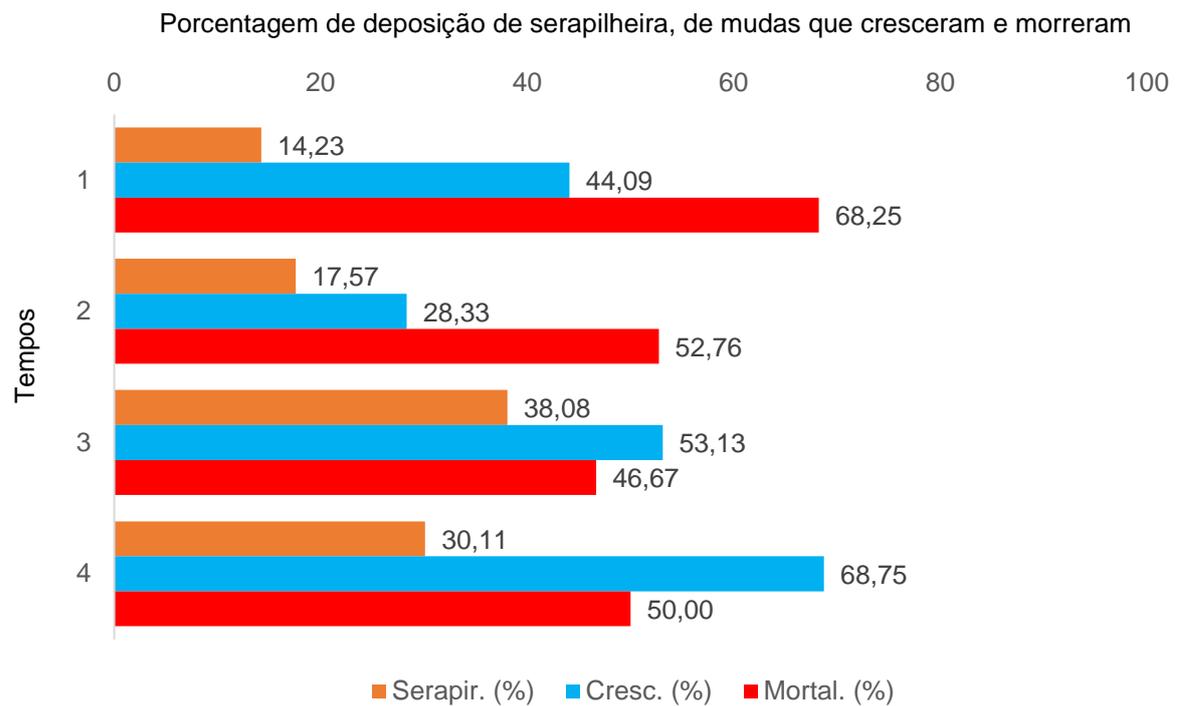


Figura 23: porcentagens do número de mudas de *P. gonoacantha* que cresceram (Cresc. %) e que morreram (Mortal. %), nas quatro estações do ano (Tempos): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera), em relação ao número de mudas sobreviventes até o respectivo tempo. Introduzi as mudas em janeiro de 2018 sob as copas de indivíduos de dossel de cinco espécies. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca de serapilheira que se depositou em cada período em relação ao que foi depositado no ano todo. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira pendurou de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

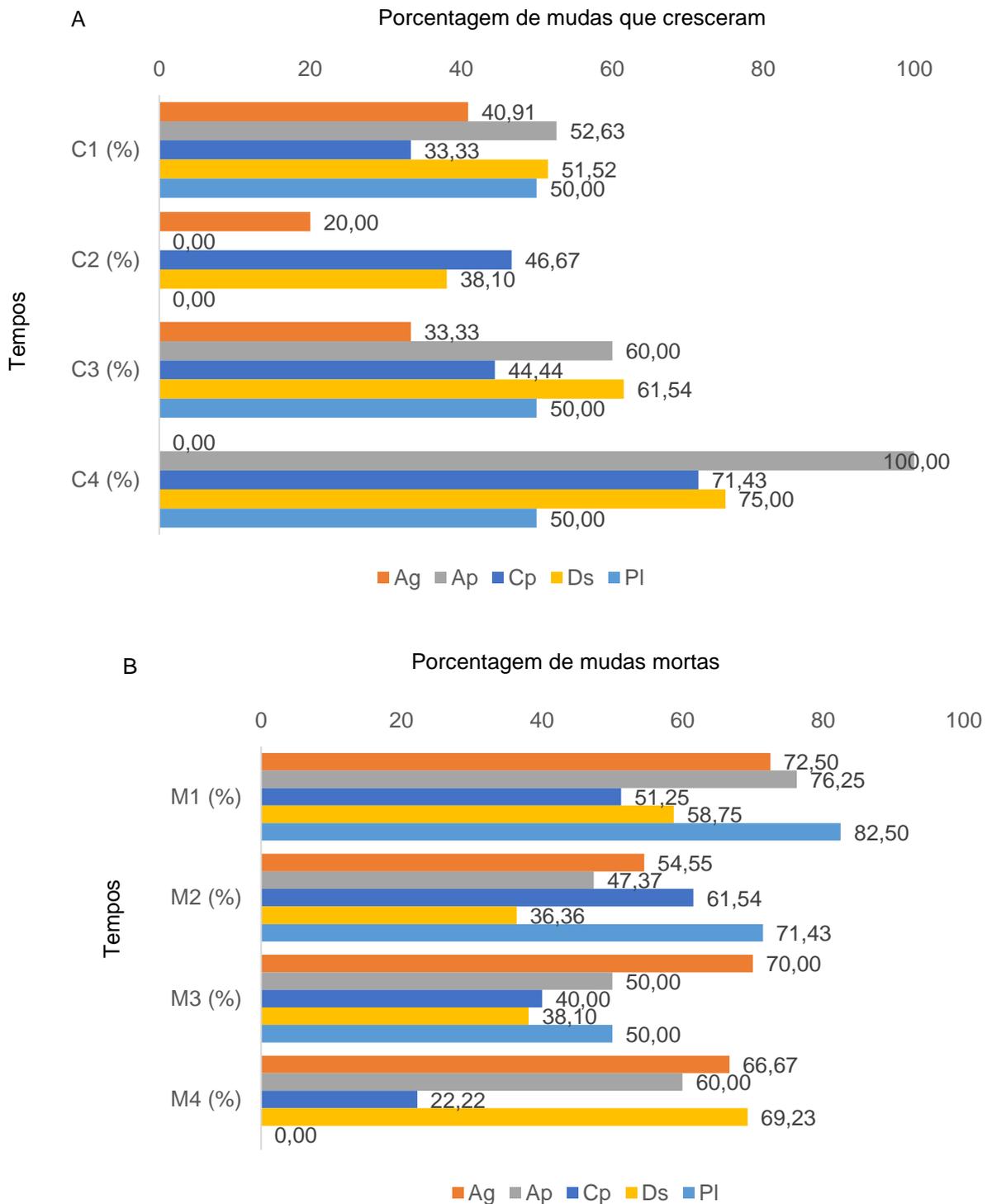


Figura 24: porcentagens do número de mudas de *P. gonoacantha* que cresceram (A) e que morreram (B), nas quatro estações do ano: 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera) (Tempos), em relação ao número de mudas sobreviventes até o respectivo tempo sob as copas de indivíduos de dossel. Introduzi as mudas em janeiro de 2018 sob as copas de indivíduos de dossel de cinco espécies: *P.*

*longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). As medições de crescimento e mortalidade perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

### **Comunidades**

Considerando o conjunto de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel como comunidades, e que no início do experimento, as comunidades apresentavam as mesmas espécies (composição) e mesmas quantidades de mudas para cada espécie (estrutura), encontrei que, no final do experimento, após um ano, as comunidades divergiram em composição e estrutura.

Ao longo de um ano, as diferenças no crescimento e mortalidade das espécies de mudas que estavam em microssítios criados por diferentes espécies do dossel conduziram a diferentes dinâmicas populacionais das mudas, resultando em comunidades de composição e estruturas específicas sob cada espécie de dossel ao final do ano.

Considerando os dados referentes ao ano todo, as comunidades sob as copas de *P. longifolium* e *A. graveolens* apresentaram os menores números de mudas que aumentaram suas alturas. O maior número de mortos ocorreu na comunidade sob *P. longifolium*. Já as comunidades sob *C. piptocalyx* apresentaram condições mais favoráveis de crescimento e sobrevivência, com o maior número de mudas que aumentaram suas alturas e o menor número de mortos. (tabela 22 e figura 25).

Não houve muita diferença da proporção da massa total de serapilheira que se depositou sob as cinco espécies de dossel (figura 25). Além disso, os dados de deposição da serapilheira do ano todo sob as cinco espécies não mostraram relações com o crescimento e mortalidade visto que, em quantidades similares de serapilheira, que se depositou sob *P. longifolium* e *C. piptocalyx*, encontramos a menor e o maior crescimento, e a maior e a menor mortalidade, respectivamente.

Tabela 22: descritores do crescimento e mortalidade de 1500 mudas pertencentes a quatro espécies: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc), *P. gonoacantha* (Pg). Introduzi as mudas experimentalmente e as acompanhei ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019) abaixo de 25 indivíduos de cinco

espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Plantei 300 mudas sob cada espécie de dossel, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. T: valores que se referem a todas as espécies de dossel; NC: número de mudas que aumentaram suas alturas após um ano; %Cintr: porcentagem de NC em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Ctot: porcentagem de NC sob cada espécie em relação ao número de mudas de NC sob todas as espécies; NM: número total de mudas mortas sob cada espécie de dossel; %Mintr: porcentagem de NM em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel; %Mtot: porcentagem de NM sob cada espécie em relação ao total de NM sob todas as espécies (T).

ED	NC	%Cintr	%Ctot	NM	%Mintr	%Mtot
PI	92	30,67	18,74	294	98,00	21,41
Cp	109	36,33	22,20	245	81,67	17,84
Ag	91	30,33	18,53	283	94,33	20,61
Ds	101	33,67	20,57	281	93,67	20,47
Ap	98	32,67	19,96	270	90,00	19,66
T	491	32,73	100,00	1373	91,53	100,00

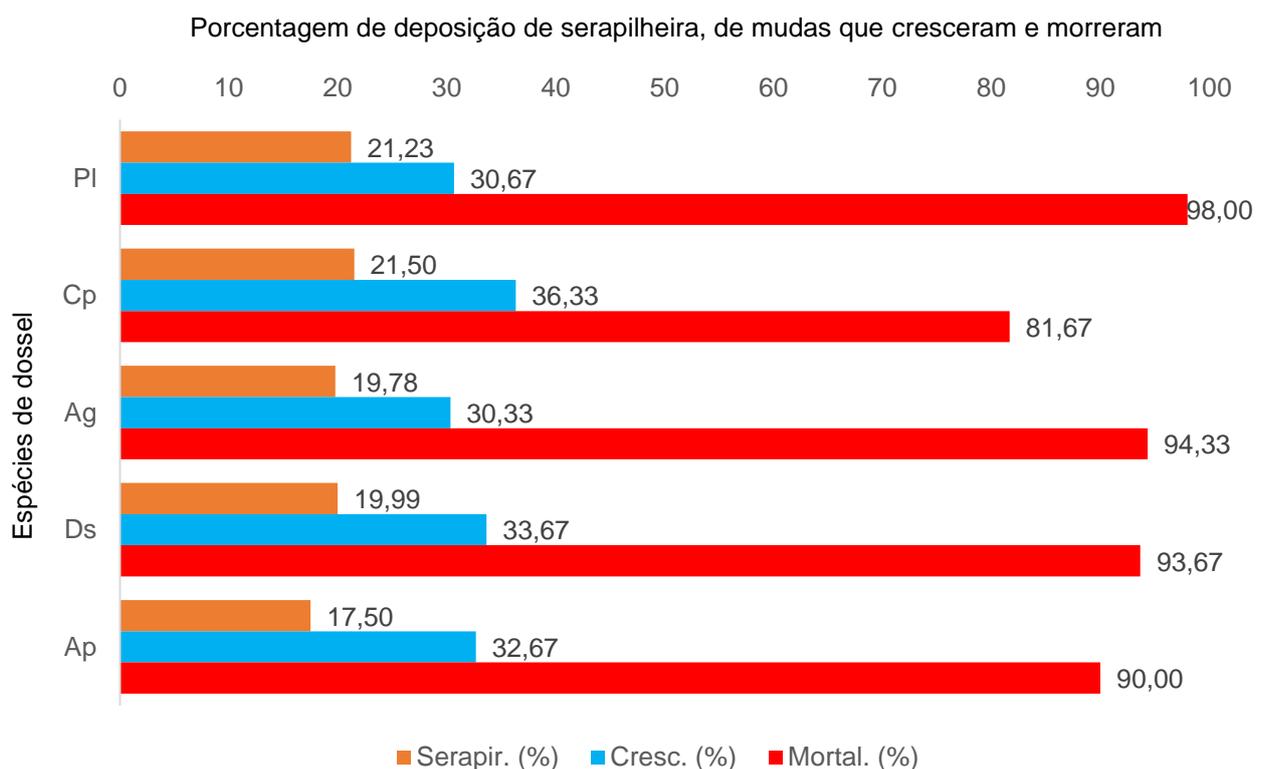


Figura 25: porcentagens de mudas de quatro espécies: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc), *P. gonoacantha* (Pg) que cresceram (Cresc. %) e morreram (Mortal. %), após um ano, sob as copas de cinco espécies de dossel: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Introduzi 300 mudas sob as copas de cada espécie de dossel. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca total de serapilheira que se depositou sob as copas de cada espécie em relação ao que foi depositado sob todas as espécies. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

Ao considerar os dados em cada tempo de todas as espécies de dossel, houve correspondência de quando houve maior crescimento, ter ocorrido menor mortalidade, e vice-versa. A maior proporção de mudas que aumentaram as alturas, em relação ao número de sobreviventes, ocorreu no tempo 4 (primavera) ao mesmo tempo em que ocorreu a menor proporção de morte. A maior mortalidade ocorreu no outono (tempo 2) juntamente com a ocorrência da menor proporção de aumento em altura. A deposição de serapilheira foi maior nos tempos 3 (inverno) e 4 (primavera), o que coincide com os tempos de maiores crescimentos (tabela 23 e figura 26).

As proporções de mudas que aumentaram as alturas variaram mais entre as espécies de dossel nos períodos 3 (inverno) e 4 (primavera). Porém, é possível reconhecer o padrão de que o tempo 2 (outono) foi o mais desfavorável ao crescimento das mudas introduzidas sob todas as espécies de dossel. O tempo em que ocorreu a maior proporção de mudas que aumentaram em altura foi o 3 (inverno) para as mudas sob *A. graveolens* e *P. longifolium*, e o 4 (primavera) para as mudas sob *A. polyneuron*, *C. piptocalyx* e *D. sorbifolia* (tabela 23 e figura 27).

As mortalidades também variaram bastante entre as espécies de dossel. Entretanto é possível observar que os tempos 2 (outono) e 3 (inverno) foram os períodos em que ocorreram as maiores mortalidades das mudas. O tempo 2 (outono) foi quando as mudas introduzidas sob três das espécies de dossel apresentaram as maiores mortalidades das mudas: *A. graveolens*, *A. polyneuron* e *P. longifolium* (tabela 23 e figura 27).

Tabela 23: descritores do crescimento e mortalidade de mudas de quatro espécies: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc), *P. gonoacantha* (Pg). As mudas foram introduzidas experimentalmente e acompanhadas por 4 períodos (T) ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera). Plantei as mudas abaixo das copas de indivíduos de cinco espécies de dossel (ED): *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Td: valores referentes a todas as espécies. Realizei o experimento em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Plantei 300 mudas sob cada espécie de dossel, perfazendo 1500 mudas introduzidas no total. NCT: número de mudas que aumentaram suas alturas sob cada ED em cada T; %Cintr: porcentagem de NCT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %CporT: porcentagem de NCT sob cada ED e T em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T; Macum: número de mortas acumuladas até cada T sob cada ED; NMT: número de mudas mortas sob cada ED em cada T; %Mintr: porcentagem de NMT em relação ao número de mudas introduzidas sob cada ED; %MporT: porcentagem de NMT sob cada ED em relação ao número de mudas sobreviventes até aquele T.

T	ED	NCT	%Cintr	%CporT	Macum	NMT	%Mintr	%MporT
1	Ag	114	38,00	60,96	113	113	37,67	37,67
1	Ap	111	37,00	55,78	101	101	33,67	33,67
1	Cp	122	40,67	53,28	71	71	23,67	23,67
1	Ds	127	42,33	58,53	83	83	27,67	27,67
1	Pl	101	33,67	61,21	135	135	45,00	45,00
1	Td	575	38,33	57,67	503	503	33,53	33,53
2	Ag	5	1,67	7,46	233	120	40,00	64,17
2	Ap	8	2,67	11,76	232	131	43,67	65,83
2	Cp	31	10,33	21,99	159	88	29,33	38,43
2	Ds	16	5,33	16,84	205	122	40,67	56,22
2	Pl	0	0,00	0,00	277	142	47,33	86,06
2	Td	60	4,00	15,23	1106	603	40,20	60,48
3	Ag	22	7,33	88,00	275	42	14,00	62,69
3	Ap	31	10,33	79,49	261	29	9,67	42,65
3	Cp	39	13,00	63,93	239	80	26,67	56,74
3	Ds	34	11,33	75,56	255	50	16,67	52,63
3	Pl	5	1,67	83,33	294	17	5,67	73,91
3	Td	131	8,73	74,43	1324	218	14,53	55,33
4	Ag	11	3,67	64,71	283	8	2,67	32,00
4	Ap	26	8,67	86,67	270	9	3,00	23,08

4	Cp	45	15,00	81,82	245	6	2,00	9,84
4	Ds	17	5,67	89,47	281	26	8,67	57,78
4	PI	3	1,00	50,00	294	0	0,00	0,00
4	Td	102	6,80	80,31	1373	49	3,27	27,84

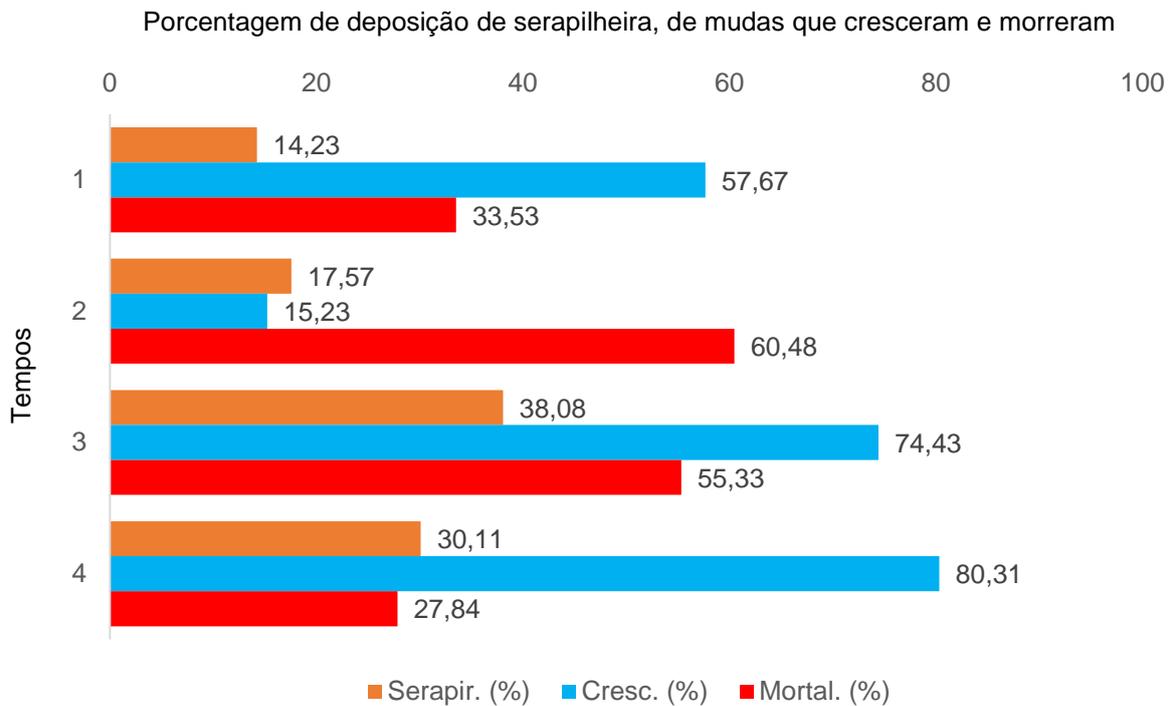


Figura 26: porcentagens de mudas de quatro espécies: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc), *P. gonoacantha* (Pg) que cresceram (Cresc. %) e morreram (Mortal. %), nas quatro estações do ano: 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera), em relação ao número de mudas sobreviventes até o respectivo tempo sob as copas de indivíduos de dossel de cinco espécies: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Introduzi 300 mudas sob as copas de cada espécie de dossel em janeiro de 2018. Ao lado das mudas introduzidas, instalei coletores para captação da massa de deposição de serapilheira sob cada espécie de dossel. As porcentagens de “Serapir. %” se referem a massa seca de serapilheira que se depositou em cada período em relação ao que foi depositado no ano todo. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira pendurou de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

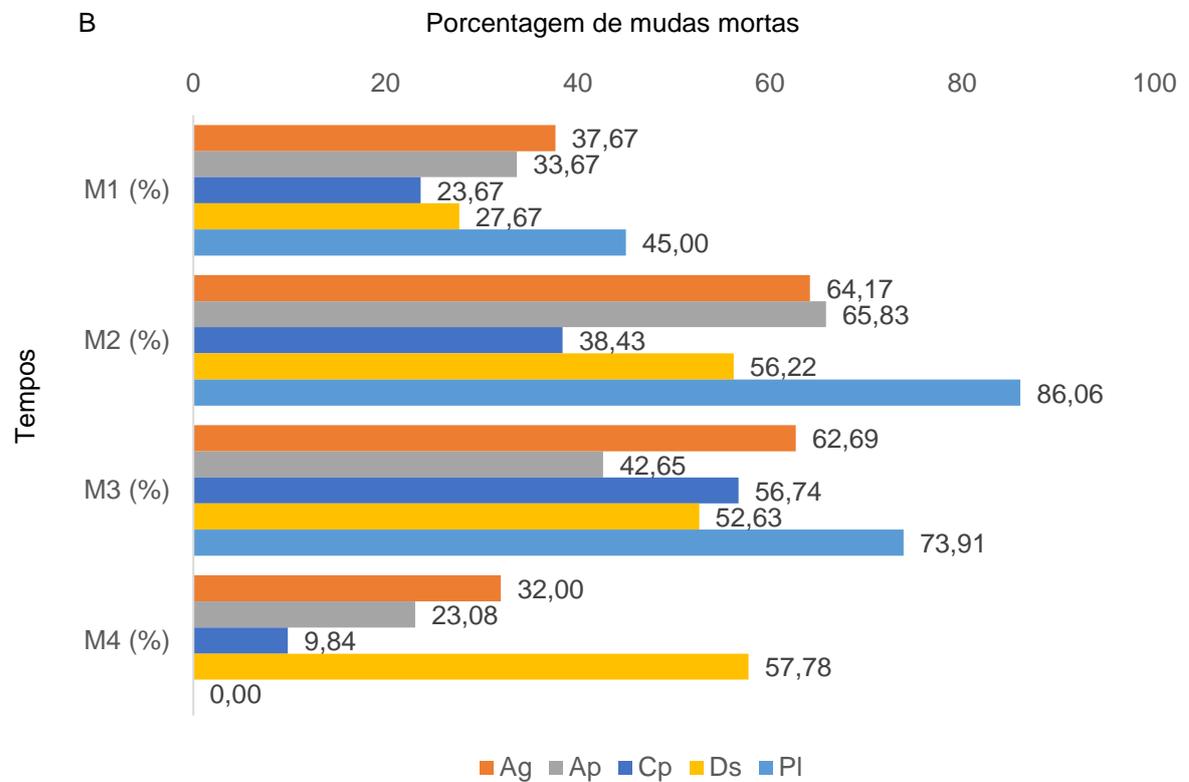
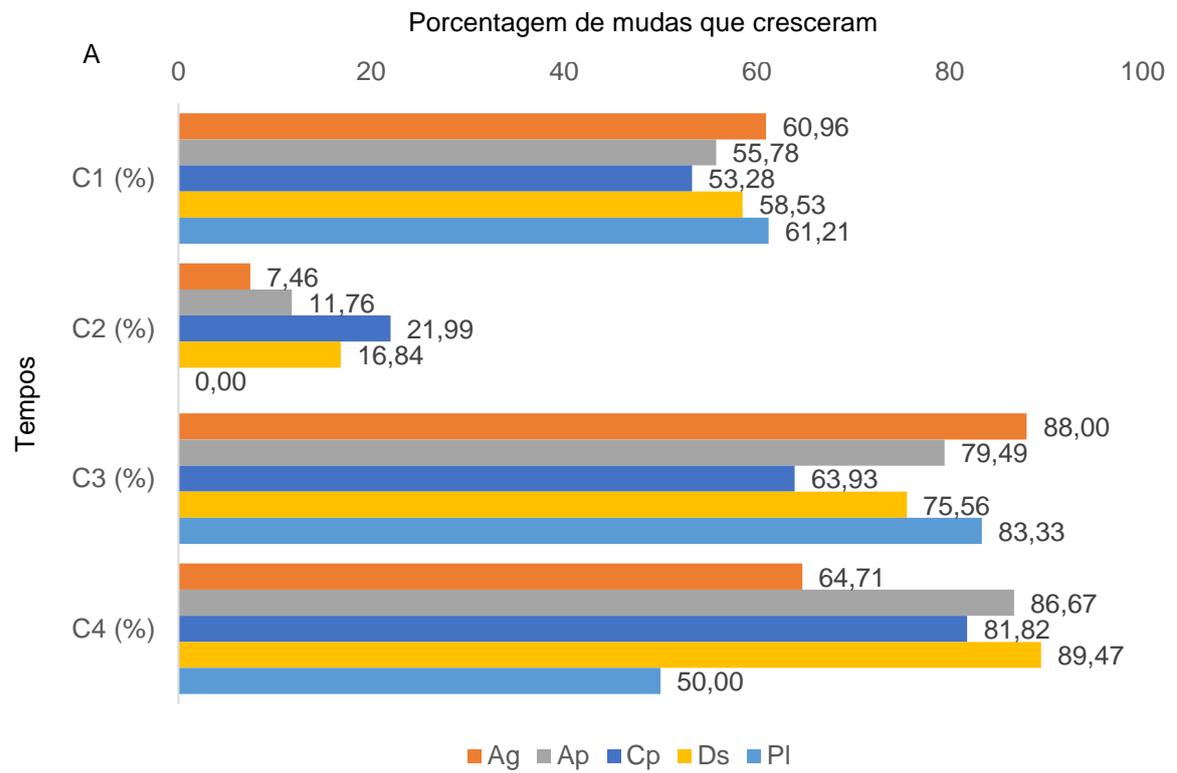


Figura 27: porcentagens de mudas de quatro espécies: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc), *P. gonoacantha* (Pg) que cresceram (A) e que morreram (B), nas quatro estações do ano (Tempos): 1 (verão), 2 (outono), 3 (inverno) e 4 (primavera), em relação ao número de mudas sobreviventes até o respectivo tempo sob as copas de indivíduos de dossel. Introduzi as mudas em janeiro de 2018 sob as copas de indivíduos de dossel de cinco espécies: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). As medições de crescimento e mortalidade perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil.

Após um ano, menos de 20% dos indivíduos que foram introduzidos sob cada espécie de dossel sobreviveram. Das 1.500 mudas introduzidas no total, sobreviveram 127 mudas que representa 8,47% do total das mudas. Houve diferenças nos números de mudas sobreviventes abaixo das espécies de dossel. O menor número de sobreviventes ocorreu sob *P. longifolium*: 6 indivíduos, que corresponde a apenas 2% do que foi introduzido abaixo dessa espécie, e 4,72% do total de sobreviventes sob todas as espécies. Enquanto que, abaixo de *C. piptocalyx* encontrei o número máximo de sobreviventes: 55 mudas, que corresponde 18,33% do total de mudas introduzidas sob essa espécie, e 43,31% do total de sobreviventes sob todas as espécies (tabela 24).

Tabela 24: número absoluto e relativo de mudas de quatro espécies: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc), *P. gonoacantha* (Pg) que sobreviveram após um ano. As mudas foram introduzidas experimentalmente sob as copas de cinco espécies de dossel: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap). Introduzi 300 mudas sob as copas de cada espécie de dossel em janeiro de 2018. O experimento perdurou de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. ED: espécies de dossel; T: valores que se referem a todas as espécies de dossel; NSobr: número total de mudas que sobreviveram, de todas as parcelas e espécies de jovens, abaixo de cada espécie de dossel; % ED: porcentagem que sobreviveu com relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel após um

ano; % T: porcentagem que sobreviveu sob cada espécie de dossel em relação ao total de sobreviventes.

ED	NSobr	% ED	%T
PI	6	2,00	4,72
Cp	55	18,33	43,31
Ag	17	5,67	13,39
Ds	19	6,33	14,96
Ap	30	10,00	23,62
T	127	8,47	100

Após um ano da introdução das mudas em parcelas com mesma riqueza sob as cinco espécies de dossel, as parcelas com maior riqueza foram as sob *C. piptocalyx* e *A. polyneuron* (tabela 25). Enquanto que *P. longifolium*, *A. graveolens* e *D. sorbifolia* apresentaram mais da metade das parcelas com sobrevivente ou sobreviventes de apenas uma espécie (tabela 25).

Apesar das diferenças de riqueza das parcelas abaixo das espécies de dossel, considerando o total das parcelas, observei que houve perda drástica de espécies após um ano, visto que das 100 parcelas do experimento apenas uma conseguiu manter as quatro espécies de mudas introduzidas inicialmente (tabela 25).

Tabela 25: número de parcelas, do total de 100, onde foram introduzidas 15 mudas de 4 espécies e que, após um ano, apresentaram de 1 a 4 espécies (riqueza: Riq). As mudas foram introduzidas sob cinco espécies de dossel em experimento realizado de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. Riq: número de espécies presente nas parcelas após um ano de experimento; Espécies de dossel: *P. longifolium* (PI), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap); T: total de parcelas para cada valor de riqueza.

Riq.	PI	Cp	Ag	Ds	Ap	T
0	16	3	9	12	11	51
1	3	6	7	5	3	24
2	0	6	4	2	3	15
3	1	4	0	1	3	9
4	0	1	0	0	0	1

Considerando todas as mudas introduzidas em parcelas abaixo de uma espécie de dossel em conjunto como uma comunidade, após um ano, vimos que as comunidades não variaram entre si em composição pois, pelo menos um indivíduo de todas as espécies de mudas sobreviveu abaixo de cada espécie de dossel. Contudo, as abundâncias relativas das espécies de mudas variaram bastante entre as comunidades das espécies de dossel (tabela 26). As maiores porcentagens de sobreviventes das espécies *H. courbaril* e *P. gonoacantha* estão sob *C. piptocalyx*. Enquanto que maior parte de *C. speciosa* sobreviveu abaixo de *A. graveolens*. E o maior número de sobreviventes de *G. integrifolia* foi sob *A. polyneuron*.

Com relação a sob qual espécie de dossel ocorreram as maiores mortalidades das espécies de mudas, sob *P. longifolium* foi onde teve as maiores mortalidades de todas as espécies de mudas, exceto para as mudas de *P. gonoacantha* que morreram mais sob *A. graveolens* (tabela 26).

Tabela 26: número de mudas introduzidas experimentalmente que sobreviveram após um ano. As mudas pertencentes a quatro espécies (colunas) foram introduzidas sob cinco espécies de dossel (linhas). Os mesmos conjuntos de 300 mudas foram introduzidos abaixo das copas de cada espécie de dossel em janeiro de 2018 e acompanhados até janeiro de 2019. O experimento foi realizado em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. %: porcentagem das mudas sobreviventes sob cada espécie de dossel em relação ao número de mudas introduzidas por espécie. Nas colunas estão as espécies de mudas: *C. speciosa* (Cs), *G. integrifolia* (Gi), *H. courbaril* (Hc) e *P. gonoacantha* (Pg). Nas linhas estão as espécies de dossel: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds) e *A. polyneuron* (Ap).

<b>Espécies</b>	<b>Cs</b>	<b>%</b>	<b>Gi</b>	<b>%</b>	<b>Hc</b>	<b>%</b>	<b>Pg</b>	<b>%</b>
<b>Pl</b>	2	10,00	1	0,83	1	1,25	2	2,50
<b>Cp</b>	4	20,00	12	10,00	32	40,00	7	8,75
<b>Ag</b>	6	30,00	7	5,83	3	3,75	1	1,25
<b>Ds</b>	2	10,00	6	5,00	7	8,75	4	5,00
<b>Ap</b>	5	25,00	18	15,00	5	6,25	2	2,50

A análise de agrupamento com os cálculos de distância entre as comunidades sob as espécies de dossel, considerando composição e abundâncias das espécies de mudas, foi totalmente determinada pelas abundâncias, uma vez que a composição das comunidades presentes sob cada espécie de dossel é a mesma. A relação de distância entre as comunidades presentes abaixo de cada espécie de dossel (Cp, Ap, Pl, Ag e Ds), expressos por meio do dendrograma (figura 28), agrupou comunidades de abundâncias relativamente baixas das mudas: Ag, Ds e Pl. A comunidade sob Ap apresentou abundâncias relativas intermediárias em relação às comunidades do grupo anterior e Cp. Já Cp concentrou abundâncias elevadas das espécies de mudas, configurando um ramo mais distante no dendrograma.

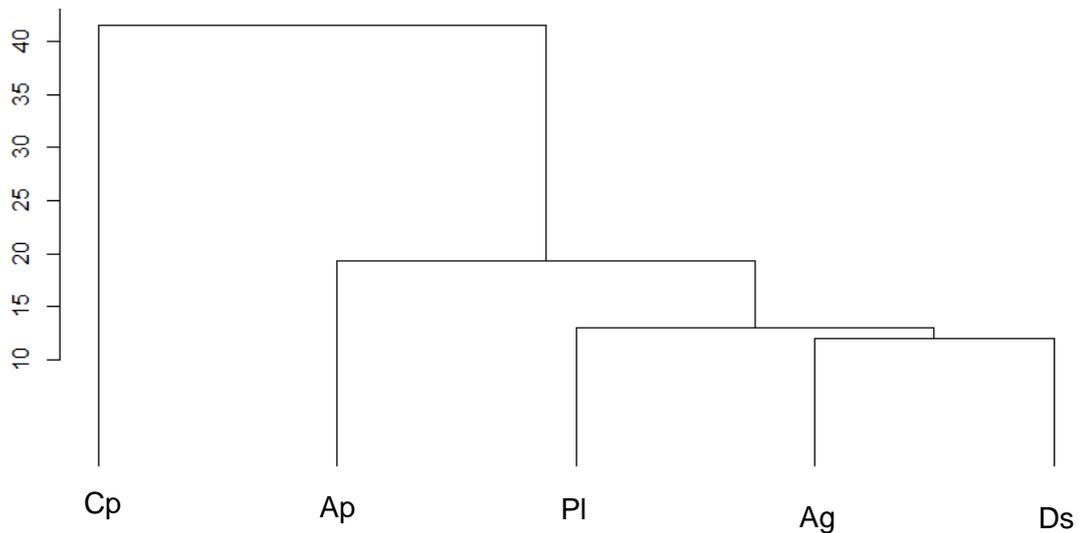


Figura 28: dendrograma que mostra o grau de similaridade entre comunidades introduzidas de mudas arbóreas (simulando regenerantes) avaliadas após um ano da introdução. As comunidades foram introduzidas de forma idêntica em composição e estrutura sob as copas de cinco espécies de dossel: *P. longifolium* (Pl), *C. piptocalyx* (Cp), *A. graveolens* (Ag), *D. sorbifolia* (Ds), *A. polyneuron* (Ap) e foram acompanhadas as mudanças em estrutura e composição ao longo de um ano (de janeiro de 2018 a janeiro de 2019). O experimento foi realizado em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. O dendrograma foi construído pela técnica UPGMA, e os cálculos de distância foram feitos pela métrica de “Manhattan” que considerou composição e abundância das espécies introduzidas.

Considerando os dados de crescimento, mortalidade e riqueza à nível das comunidades, ordenei as espécies de dossel cujas comunidades abaixo de suas copas apresentaram dados de maior incremento em altura, menor ocorrência de morte e maior número de parcelas com duas ou mais espécies. A ordenação mostrou que os ambientes do mais ao menos favorável para o crescimento, sobrevivência e riqueza das comunidades de mudas foram sob as copas de *C. piptocalyx*, *A. polyneuron*, *D. sorbifolia*, *A. graveolens* e *P. longifolium* (tabela 27), indicando que houve uma diferenciação do efeito filtro nas comunidades sob as diferentes espécies de dossel.

A ordenação para os dados de deposição de serapilheira, do menor para a maior massa de deposição, foi: *A. polyneuron*, *A. graveolens*, *D. sorbifolia*, *P. longifolium* e *C. piptocalyx*. O fato de ter ocorrido maiores deposições em massa de serapilheira nos ambientes sob as copas da espécie mais favorável (*C. piptocalyx*) e da menos favorável (*P. longifolium*) mostram que, a nível das comunidades, a serapilheira não se relacionou com o crescimento e mortalidade das mudas, o que indicaria uma possível não atuação da deposição de serapilheira no efeito filtro.

Tabela 27: resumo dos resultados do crescimento, mortalidade, riqueza e deposição de serapilheira do experimento envolvendo plantio de mudas arbóreas abaixo de diferentes espécies de dossel em janeiro de 2018, em fragmento florestal, Campinas, São Paulo, Brasil. O objetivo do experimento foi testar a hipótese do efeito filtro das espécies de dossel sobre a comunidade sob suas copas e um possível papel da serapilheira nesse filtro. Na primeira coluna (ED) estão as espécies de dossel sob as quais as mudas foram introduzidas experimentalmente. Ord.Cres: ordem do maior para o menor crescimento (porcentagem do número de mudas que aumentaram suas alturas em um ano em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel) obtido pelas comunidades sob as respectivas espécies de dossel expressas nas linhas; Ord.Mort: ordem da menor para a maior mortalidade (porcentagem do número de mudas mortas em um ano em relação ao número de mudas introduzidas sob cada espécie de dossel) obtida pelas comunidades sob as respectivas espécies de dossel expressas nas linhas; Ord.Riq: ordem das comunidades sob as espécies de dossel que obtiveram maior número de parcelas com riqueza igual ou superior a duas espécies após um ano; C+M+R: somatório dos valores obtidos em Ord.Cresc, Ord.Mort e Ord.Riq que revelam as

espécies de dossel que foram mais favoráveis ao crescimento e sobrevivência das mudas. Quanto menor o valor, mais favorável a espécie de dossel foi às mudas. Ord.Serap: ordem da menor para a maior massa de deposição de serapilheira (porcentagem da massa total seca de deposição de serapilheira em um ano sob cada espécie em relação ao total depositado sob todas as espécies) que ocorreu sob as copas das respectivas espécies de dossel expressas nas linhas.

ED	Ord.Cres.	Ord.Mort.	Ord.Riq.	C+M+R	Ord.Serap.
PI	4	5	5	14	4
Cp	1	1	1	3	5
Ag	5	4	3	12	2
Ds	2	3	4	9	3
Ap	3	2	2	7	1

## Discussão

### **Modelos**

Encontrei que as espécies do dossel, a deposição de serapilheira ou a interação de ambas afetam o crescimento e/ou a mortalidade de populações arbóreas do estrato regenerante. Além de evidenciar a ocorrência do efeito, encontrei variações desse efeito entre as populações de regenerantes. Essas variações consistiram em quais variáveis afetam e quais variáveis foram afetadas em cada população: o efeito das espécies do dossel ocorreu em *H. courbaril* e *P. gonoacantha*. Já a deposição de serapilheira afetou as populações de *G. integrifolia* e *H. courbaril*. O efeito da interação entre as variáveis espécies de dossel e deposição de serapilheira ocorreu em *C. speciosa*. Em relação às variáveis afetadas, a mortalidade foi afetada em 3 das 4 espécies: *C. speciosa*, *G. integrifolia* e *H. courbaril*; e o crescimento foi afetado em 2 entre as 4 espécies: *H. courbaril* e *P. gonoacantha*. Assim, o efeito variou entre regenerantes das diferentes espécies e as razões de tal variação podem estar relacionadas a características morfológicas, fisiológicas e ecológicas específicas associadas à cada espécie.

Já sabemos que as espécies de dossel por suas características específicas criam ambientes específicos sob suas copas (JONES, LAWTON e SHACHAK, 1997; CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002; CLARK et al, 2004; GARBIN, ZANDAVALLI e DILLENBURG, 2006; GANDOLFI, JOLY e RODRIGUES, 2007; MITCHELL et al, 2010; THIJS et al, 2014). Por exemplo, espécies que não são decíduas e possuem folhas grandes condicionam um ambiente constantemente

mais sombreado do que espécies decíduas de folhas pequenas (GANDOLFI, 2000). Mas as espécies dos regenerantes também possuem características específicas que permitem sobreviver ou morrer, crescer ou não crescer a depender do ambiente em que estão. Esse conjunto de características, ao serem diferentes entre as espécies, acarreta em crescimentos e mortalidades diferentes entre as espécies sob uma mesma condição ambiental. Assim, as espécies dos regenerantes mesmo estando sob as mesmas cinco condições ambientais criadas pelas cinco espécies de dossel, apresentaram padrões de crescimento e mortalidades diferentes entre si.

Interações entre características das espécies de dossel e como isso filtra a existência de espécies com determinadas características na comunidade regenerante também já foi encontrada por diferentes autores (TREMMELE e BAZZAZ, 1993; CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002; BECKAGE e CLARK, 2003; EVINER, 2004; SCHÖB, BUTTERFIELD e PUGNAIRE, 2012; SOUZA, GANDOLFI e RODRIGUES, 2014 e 2015; THIJS et al, 2014; KUMORDZI, WARDLE e FRESCHET, 2015). Em um desses estudos, na mesma formação florestal em que se realizou este trabalho (SOUZA, GANDOLFI e RODRIGUES, 2014), espécies do dossel com estruturas de copa com maior permeabilidade à luz (decíduas) apresentavam no estrato regenerante sob suas copas maior proporção de espécies intolerantes à sombra do que espécies tolerantes à sombra, em relação ao ambiente sob as copas de espécies não-decíduas.

### **Crescimento e mortalidade**

*H. courbaril* e *C. speciosa* foram as espécies que mais cresceram e menos morreram, enquanto *G. integrifolia* e *P. gonoacantha* foram espécies que menos cresceram e mais morreram. Características morfológicas e ecofisiológicas que poderiam explicar esse padrão são as alturas, rigidez dos tecidos e tamanhos de folhas dos indivíduos de *H. courbaril* e *C. speciosa* serem maiores do que de *G. integrifolia* e *P. gonoacantha*. Plantas de altura e folhas maiores poderiam obter mais acesso à luz, além de mais recursos (água e nutrientes) no solo por terem raízes mais profundas (POPMA e BONGERS, 1988; SWAINE et al, 1990; WHITMORE, 1996). A maior rigidez dos tecidos poderia reduzir os danos físicos da serapilheira. A presença de maior nutrição de reserva na semente, no caso de *H. courbaril* (CECCON, GONZÁLEZ e MARTORELL, 2016; MANGUEIRA, HOLL e RODRIGUES, 2019), e estratégias que provavelmente conferiram maior resistência

aos períodos de menor precipitação, como deciduidade, armazenamento de água nos tecidos, no caso de *C. speciosa* (BETTINA, ENGELBRECHT e KURSAR, 2003; CONTIN et al, 2014) (tabela 2) podem explicar o maior crescimento e sobrevivência encontrado por *H. courbaril* e *C. speciosa*.

### **Serapilheira**

A relação entre características das espécies dos regenerantes no sub-bosque florestal e a deposição de serapilheira pode afetar o acesso dos regenerantes aos recursos essenciais para o crescimento e sobrevivência, como água, nutrientes e luz (XIONG e NILSSON, 1999; SAYER, 2006). A deposição de serapilheira pode recobrir o corpo das plantas de modo a impedir o acesso dos tecidos fotossintetizantes à luz, além de provocar quebra de ramos e tecidos, que diminuem o crescimento e podem causar a morte instantânea ou posteriormente conforme a restrição de acesso aos recursos (VÁZQUEZ-YANES et al, 1990; ERIKSSON, O. 1995; SUDING e GOLDBERG, 1999; SCARIOT, A. 2000). A chance de um indivíduo regenerante ser recoberto pela serapilheira depende de fatores como a quantidade, tipo de material de serapilheira depositada, massa de deposição ao longo do tempo e do tamanho e rigidez dos tecidos dos indivíduos regenerantes (CLARK e CLARK, 1989 e 1991; SUDING e GOLDBERG, 1999). Por exemplo, indivíduos regenerantes de porte pequeno e tecidos com pouca rigidez e resistência mecânica, não é necessário muita massa de serapilheira para recobrir e impedir o acesso dos tecidos fotossintetizantes à luz, ou gerar danos físicos a estrutura do corpo da planta que pode levar à diminuição do crescimento ou morte (DENSLOW, 1980; KIEW, 1982) (figura 29). Assim, pode se inferir que no caso de indivíduos regenerantes de maior porte e tecidos rígidos, maior massa de deposição de serapilheira, com presença maior de material lenhoso de maior peso, são necessários para provocar danos mecânicos e recobrimento que diminuem o crescimento e causam maior mortalidade. No caso, os indivíduos introduzidos como regenerantes neste experimento estavam submetidos à mesma condição de deposição de serapilheira pois estavam sob os mesmos indivíduos das cinco espécies de dossel. Assim, as diferenças de crescimento e mortalidade de mudas entre as espécies dos regenerantes estão possivelmente associadas às características de cada uma dessas espécies. Desse modo, os indivíduos maiores

criaram e sobreviveram mais, provavelmente, por terem tido menores chances de serem recobertos pela serapilheira o que impediria acesso aos recursos.



Figura 29: exemplos de casos de mudas introduzidas experimentalmente em floresta e que foram recobertas, parcialmente ou completamente, pela serapilheira. As mudas são das espécies *P. gonoacantha* e *G. integrifolia* e foram introduzidas abaixo das copas próximo aos troncos de cinco espécies de dossel. As medições de crescimento, mortalidade e coletas de serapilheira perduraram de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, em um fragmento de floresta em Campinas, São Paulo, Brasil. O objetivo do experimento foi verificar se as mudas apresentam crescimento e mortalidade diferencial a depender da espécie de dossel e da quantidade de serapilheira produzida por essas espécies de dossel. Nas fotos, o palito na vertical indica a localização da muda e a placa branca retangular foi introduzida para indicar o número de referência da muda.

A presença de uma maior área de superfície fotossintetizante representa maior chance de interceptar a incidência de luz direta no sub-bosque (NIINEMETS, 2010), já que alguma parte dos tecidos pode estar recoberto pela serapilheira. Dessa forma, as espécies *C. speciosa* e *H. courbaril* com áreas foliares maiores (tabela 2), possivelmente, também tiveram mais acesso à luz direta no sub-bosque. Além disso, se a espécie possui reservas energéticas nos tecidos, como na semente em *H. courbaril* (CECCON, GONZÁLEZ e MARTORELL, 2016; MANGUEIRA, HOLL

e RODRIGUES, 2019), isso pode conferir maior resistência diante do sombreamento da serapilheira. Portanto, as características morfológicas de maior tamanho, tecidos mais rígidos, presença de reservas energéticas e maior superfície foliares devem ter conferido maior sobrevivência e crescimento aos indivíduos de *H. courbaril* e *C. speciosa* em relação aos de *G. integrifolia* e *P. gonoacantha*.

### **Clima**

As maiores mortalidades do conjunto das quatro populações de regenerantes ocorreram nos tempos 2 e 3, os quais correspondem às estações do outono e inverno, que normalmente são caracterizadas por menor precipitação na região (LEITÃO-FILHO e MORELLATO, 1995). Especificamente, em 2018, ano que decorreu o experimento, a menor precipitação e maior déficit hídrico ocorreram no outono (CEPAGRI, 2019) (figura 5). Provavelmente, devido a maior seca no tempo 2 (outono), esse foi o período de maior mortalidade e menor crescimento. Nos tempos seguintes em que a precipitação foi aumentando, a mortalidade foi decaindo e o crescimento aumentando.

O clima é um importante condicionante da fenologia foliar do componente arbóreo da floresta em que realizei o experimento (MORELLATO, 1991). A fenologia está relacionada à massa de deposição de serapilheira total e à proporção do depositado entre os componentes da serapilheira (SANTOS e VÁLIO, 2002). A maior deposição de serapilheira total ocorreu no tempo 3 (inverno), quando ocorreu mortalidade e crescimento elevados, porém não correspondem aos valores máximos. A deposição de serapilheira total ao longo dos quatro tempos não demonstrou relações com a maior ou menor ocorrência de crescimento e mortalidade dos regenerantes. A maior massa de deposição de serapilheira ocorreu no tempo 3 (inverno), enquanto a maior mortalidade e menor crescimento ocorreram no tempo 2 (outono), e a menor mortalidade e maior crescimento, no tempo 4 (primavera), quando também houve aumento da precipitação (CEPAGRI, 2019).

Já com relação aos componentes da serapilheira, o componente que representou maior proporção em massa em cada tempo e no total do ano foi “folhas de espécies diferentes da espécie do indivíduo de dossel sob o qual a serapilheira foi coletada”. No tempo 2 (outono), esse componente alcançou a maior proporção em relação aos demais componentes, representando mais da metade do que foi depositado no tempo 2 (outono). Esse tempo compõe o período em que há a maior

proporção de espécies arbóreas da floresta em processo de abscisão da maior parte das folhas (MORELLATO, 1991). A relação da maior ocorrência de mortalidade com a época de maior deposição e acúmulo de folhas sobre as populações regenerantes pode indicar um papel desse componente da serapilheira na mortalidade de regenerantes.

As folhas são um componente da serapilheira de formato achatado, superfície ampla e que, em excesso, forma espessas camadas no solo (FACELLI e PICKETT, 1991 a,b). A presença de maior proporção de folhas na serapilheira depositada sobre a comunidade de regenerante no tempo 2 (outono) pode ter diminuído o acesso à luz e diminuído o acesso rápido à água da chuva em precipitações breves de pequeno volume, num período do ano que as chuvas são escassas, pois as folhas poderiam representar mais camadas que a água da chuva teria que percolar (ERIKSSON, O. 1995; BENITEZ-MALVIDO e KOSSMANN-FERRAZ, 1999; SCARIOT, A. 2000). Outros componentes da serapilheira, como galhos, frutos e sementes de formatos mais esféricos e cilíndricos, provavelmente, não representam uma barreira tão pronunciada à percolação de água quanto as folhas. Assim a maior proporção de folhas na serapilheira depositada no tempo 2 (outono), possivelmente, teria agravado a situação de restrição de água aos indivíduos regenerantes nesse tempo de menor precipitação, e contribuiu para a maior mortalidade e menor crescimento dos indivíduos jovens nesse tempo.

### ***Sob cada espécie de dossel***

Não houve muita diferença na massa total de serapilheira depositada sob as copas entre as espécies de dossel, e mesmo considerando a serapilheira depositada em cada tempo sob cada espécie, não houve muita relação com a mortalidade e crescimento do conjunto dos indivíduos regenerantes. Portanto, outros fatores da serapilheira, que não a massa total, ou condicionados pelas espécies de dossel devem ter sido mais determinantes das diferenças de crescimentos e mortalidades dos indivíduos regenerantes presentes sob as copas das diferentes espécies de dossel.

O maior crescimento e a menor mortalidade dos regenerantes ocorreram sob *C. piptocalyx*, a espécie de dossel que possui a menor cobertura de copa por folhas (FERREIRA et al, 2016) e a maior proporção da deposição da serapilheira sob as copas dessa espécie ocorreu no tempo 4 (primavera), enquanto a deposição

das demais espécies do dossel ocorreu no tempo 3 (inverno). A deposição de serapilheira, a qual inclui perda de folhas, ramos e demais tecidos vegetais da copa e tronco, implica em maior abertura da copa para a passagem de luz. Assim, copas mais permeáveis à luz na estação da primavera, associado aos aumentos de temperatura e precipitação típicos dessa época (LEITÃO-FILHO e MORELLATO, 1995; CEPAGRI, 2019), representam maior disponibilidade de luz e água no sub-bosque, o que explicaria o maior crescimento e menor mortalidade dos regenerantes sob as copas de *C. piptocalyx*.

Apesar de não haver muita diferença na massa total de serapilheira depositada sob as copas entre as espécies de dossel, ao dividir a massa total nos componentes da serapilheira, se percebe certa diferença entre as espécies de dossel e alguma possível relação com a mortalidade e crescimento obtidos pelos indivíduos jovens sob as copas dessas espécies.

Os componentes lenhosos da serapilheira são reconhecidos por exercerem impacto considerável nas comunidades vegetais de estratos inferiores da floresta (CLARK e CLARK, 1989 e 1991). As massas dos componentes lenhoso e outros (material reprodutivo e não identificáveis) foi maior sob as copas de *C. piptocalyx*, onde também o crescimento dos indivíduos jovens foi maior e a mortalidade, menor, em relação aos regenerantes sob as copas das demais espécies de dossel. Porém, a massa de deposição de serapilheira sob *C. piptocalyx*, assim como sob *A. polyneuron* (figura 10), foi mais distribuída ao longo do ano, o que deve ter colaborado para o menor impacto da serapilheira e assim, uma menor mortalidade das mudas. Desse modo, o impacto da deposição de serapilheira sob *C. piptocalyx* que poderia ter sido alto foi amenizado e as mudas cresceram e sobreviveram mais sob essa espécie de dossel.

A maior mortalidade e segundo menor crescimento dos regenerantes ocorreram sob as copas de *P. longifolium*. Estudos apontam que a presença de regenerantes sob as copas dessa espécie é reduzida e a incidência de luz sob as copas de *P. longifolium* é menor em relação a outras espécies do dossel da mesma floresta aqui estudada (GANDOLFI, 2000). Entre as cinco espécies de dossel, *P. longifolium*, espécie perenifólia, apresenta a segunda maior cobertura de copa por tecidos fotossintetizantes (tabela 1). A falta de luz sob as copas de *P. longifolium* somado a indícios de que as folhas dessa espécie possam ser alelopáticas

(GANDOLFI, 2000) colaboram para a maior mortalidade dos regenerantes sob essa espécie.

Em relação a um possível papel da serapilheira na mortalidade de regenerantes sob *P. longifolium*, o componente folhas da própria espécie de dossel apresentou maior massa de deposição sob *P. longifolium*. A deposição de serapilheira dessa espécie foi mais concentrada nos primeiros tempos, 1 (verão) e 2 (outono), que foram épocas de déficit hídrico. Embora, seja uma espécie perenifólia, ocorre abscisão foliar mesmo que gradativa, o que implica em certa abertura da copa à passagem de luz. Assim, aumento de luz sob as copas de *P. longifolium* em tempos de intenso déficit hídrico deve ter condicionado interrupção do crescimento e grande mortalidade dos indivíduos jovens sob essa espécie nos tempos 1 e 2. Outra consequência da perda de folhas seria o acúmulo de serapilheira no solo. As folhas grandes e cartáceas de *P. longifolium* (tabela 11) sobre o solo poderia representar um impeditivo à aquisição de recursos pelos regenerantes, como água, luz e nutrientes, principalmente, para os regenerantes de menor tamanho (VÁZQUEZ-YANES et al, 1990; ERIKSSON, O. 1995; SUDING e GOLDBERG, 1999; SCARIOT, A. 2000). Desse modo, a característica da serapilheira e a época de maior deposição podem ter contribuído para a maior ocorrência de mortalidade e menor crescimento das mudas introduzidas sob *P. longifolium*.

### **Populações de regenerantes**

#### *C. speciosa*

A mortalidade dos indivíduos de *C. speciosa* tiveram efeito da interação espécies de dossel com massa total de serapilheira e com o componente folhas da espécie do indivíduo de dossel. Houve menos mortes sob *A. graveolens* e *A. polyneuron*, sob as quais também ocorreram as menores deposições em massa total de serapilheira e do componente folhas da espécie do indivíduo de dossel. A menor deposição de serapilheira deve ter amenizado possíveis danos mecânicos aos tecidos vegetais.

A mortalidade foi maior sob *D. sorbifolia* e *P. longifolium*, sob essa última espécie o crescimento das mudas também foi maior. Aparentemente, o maior crescimento dos indivíduos se deu como resposta a ambientes com pouca luz, em que os indivíduos investem mais em incremento em altura por estiolamento (PURVES et al, 2008; TURNBULL, 1991). *P. longifolium* foi caracterizada, na área

de estudo, como espécie de dossel que condiciona intenso sombreamento abaixo de suas copas (GANDOLFI, 2000). Os indivíduos de *C. speciosa* sob *P. longifolium* morreram mais e os que ainda conseguiram tolerar o sombreamento, provavelmente, investiram mais energia no crescimento em altura. Estudos mostraram que a cobertura de copa por tecidos fotossintetizantes (folhas), entre as espécies de dossel aqui investigadas, é maior em *P. longifolium* e em *D. sorbifolia* (FERREIRA et al, 2016) (tabela 1), sob essa última também ocorreu maior mortalidade. Souza e Válio (2001) também encontraram maior mortalidade de indivíduos jovens de *C. speciosa* em condições de maior sombreamento sob o dossel na mesma floresta deste estudo. A menor cobertura de copa foi caracterizada em *C. piptocalyx* (FERREIRA et al, 2016), onde a maior penetração de luz deve estar relacionada a um menor estiolamento e por isso, sob essa espécie, o crescimento das mudas de *C. speciosa* foi o menor.

A adaptação à seca reconhecida em *C. speciosa* (BETTINA, ENGELBRECHT e KURSAR, 2003; CONTIN et al, 2014) deve ter permitido que no tempo 3 (inverno), apesar de ser um período seco, foi o período em que houve menos mortes de *C. speciosa* e maior crescimento.

### *G. integrifolia*

Houve efeito da massa total e de todos os componentes da serapilheira sobre a mortalidade de *G. integrifolia*. Ocorreram menos mortes de *G. integrifolia* sob *A. polyneuron* onde a massa total de deposição da serapilheira foi menor, além de ter ocorrido maior distribuição da deposição de serapilheira ao longo do tempo, o que pode ter amenizado os efeitos deletérios da deposição de serapilheira. A maior mortalidade e menor crescimento ocorreu sob *P. longifolium*, onde a deposição de folhas da própria espécie de dossel foi maior, além disso, a folha de *P. longifolium* é a segunda maior em área e massa (tabela 10 e 11). Essa maior deposição de folhas de *P. longifolium* pode ter causado maior efeito de mortalidade nas mudas de *G. integrifolia* que são indivíduos de menor tamanho, folhas menores e de tecidos pouco rígidos (tabela 2).

*G. integrifolia* é classificada como heliófita (DURIGAN et al, 1997), dessa forma, abaixo das copas de *P. longifolium*, em que há maior sombreamento (GANDOLFI, 2000), ocorreu o esperado de maior mortalidade e menor crescimento. Já, sob *C. piptocalyx* de menor cobertura de copa por tecidos fotossintetizante

(folhas) (FERREIRA et al., 2016) e, provavelmente, menor sombreamento, justificase o maior crescimento.

#### *H. courbaril*

As espécies de dossel afetaram o crescimento e mortalidade das mudas de *H. courbaril*. A deposição da serapilheira total e de dois componentes, folhas da espécie do indivíduo de dossel e de outras espécies do dossel, também afetaram o crescimento das mudas.

As mudas de *H. courbaril* obtiveram maior mortalidade sob *P. longifolium*, entretanto sob essa espécie ocorreu, também, mais crescimento. O sombreamento abaixo das copas de *P. longifolium* é maior entre outras espécies do dossel e a cobertura da copa por folhas é elevada entre as demais espécies aqui estudadas (GANDOLFI, 2000; FERREIRA et al., 2016). *H. courbaril* apresenta reservas energéticas em sua semente, entretanto, essa reserva não perdura por muito tempo. Ao fim das reservas no cotilédone, os indivíduos jovens de *H. courbaril* precisam de luz. Assim, o maior sombreamento a que as mudas estiveram submetidas sob as copas de *P. longifolium* deve ter incentivado maior mortalidade e investimento em crescimento em altura das mudas sobreviventes sob essa espécie do que sob as demais espécies de dossel. Em condição de restrição de luz plantas do sub-bosque investem em aumentar a altura dos tecidos acima do solo por estiolamento (PURVES et al, 2008; TURNBULL, 1991).

*H. courbaril* possuía porte considerável para evitar recobrimento pela serapilheira e tecidos de sustentação rígidos (tabela 2), o que faz não apontar como provável causa de mortalidade a deposição de serapilheira.

As mudas de *H. courbaril* morreram e cresceram menos sob *C. piptocalyx*. As copas de *C. piptocalyx* apresentam menor cobertura por folhas (FERREIRA et al., 2016), o que permitiria maior penetração de luz. Assim, as mudas de *H. courbaril* sob *C. piptocalyx*, provavelmente, tiveram maior acesso a recurso (luz) para sobreviver e menor estímulo para investir em crescimento em direção a mais luz do que as mudas sob *P. longifolium*.

#### *P. gonoacantha*

O crescimento de *P. gonoacantha* dependeu das espécies de dossel sob a qual as mudas foram introduzidas. As mudas que cresceram sob *C. piptocalyx* foram mais do que o dobro das que cresceram sob as demais espécies de dossel. *P. gonoacantha* é exigente em luz (SOUZA e VÁLIO, 2001) então a menor cobertura da copa por folhas encontrada em *C. piptocalyx* (FERREIRA et al., 2016), que, provavelmente, permitiria uma maior penetração de luz pela copa, deve ter favorecido o maior crescimento sob *C. piptocalyx*.

Não houve efeito da serapilheira sobre o crescimento e nenhuma variável afetou a mortalidade que foi elevada sob todas as espécies de dossel. As mudas de *P. gonoacantha* são pequenas, as folhas são de menor área entre as demais espécies de mudas, assim como *G. integrifolia* (tabela 2), e de tecidos de sustentação pouco rígidos. Talvez os efeitos deletérios da deposição da serapilheira nos primeiros tempos, mesmo que de menor massa, já teriam sido suficientes para recobrir, impedir acesso à luz, gerar danos físicos e assim causar mortalidade de boa parte das mudas (figura 28), de modo a não dar tempo de visualizar ou de haver um efeito diferencial na mortalidade sob as diferentes espécies de dossel.

### **Comunidades**

Apesar de terem sido introduzidas comunidades com mesma composição e tamanhos populacionais de regenerantes sob as cinco espécies de dossel, após um ano, encontrei variações nas comunidades de regenerantes entre as espécies de dossel. O fato dos regenerantes das quatro espécies variarem seus tamanhos populacionais entre as cinco espécies de dossel, e ainda essa variação ter sido diferente em cada espécie, condicionou comunidades sobreviventes resultantes muito diferentes sob cada espécie de dossel.

As maiores porcentagens de sobreviventes das espécies *H. courbaril* e *P. gonoacantha* foram sob *C. piptocalyx*. Enquanto que a maior parte de *C. speciosa* sobreviveu abaixo de *A. graveolens*. E o maior número de sobreviventes de *G. integrifolia* foi sob *A. polyneuron* (tabela 26). As maiores mortalidades das espécies de mudas ocorreram sob *P. longifolium*, exceto para as mudas de *P. gonoacantha* que morreram mais sob *A. graveolens*.

Esses diferentes padrões de sobrevivência das populações regenerantes sob as diferentes espécies de dossel mostram como os diversos padrões e processos do ambiente modificados por cada espécie do dossel (JONES, LAWTON

e SHACHAK, 1997; CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002; OLIVEIRA et al, 2005; CLARK et al, 2004; GARBIN, ZANDAVALLI e DILLENBURG, 2006; GANDOLFI, JOLY e RODRIGUES, 2007; MITCHELL et al, 2010; THIJS et al, 2014) podem gerar dinâmicas populacionais diferentes na comunidade regenerante. Como as espécies reúnem conjuntos de características diferentes é esperado que as relações entre cada par de espécies, a espécie engenheira e a espécie que vive no ambiente afetado pela engenheira, produzam efeitos diferentes (TREMMELE e BAZZAZ, 1993; CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002; BECKAGE e CLARK, 2003; EVINER, 2004; SCHÖB, BUTTERFIELD e PUGNAIRE, 2012; SOUZA, GANDOLFI e RODRIGUES, 2014 e 2015; THIJS et al, 2014; KUMORDZI, WARDLE e FRESCHET, 2015). Ter diferentes espécies como engenheiras condicionam heterogeneidade e espécies que respondem diferentemente a cada situação condicionada (BECKAGE e CLARK, 2003; GUTIÉRREZ e JONES, 2006; ERWIN, 2008; ROMERO et al, 2015).

As comunidades resultantes do efeito filtro após um ano sob *C. piptocalyx* e *A. polyneuron* apresentaram maior riqueza. Enquanto, *P. longifolium*, *A. graveolens* e *D. sorbifolia* tiveram mais da metade das parcelas em que os sobreviventes pertenciam a uma única espécie. As espécies do dossel *P. longifolium*, *A. graveolens* e *D. sorbifolia*, desse modo, se mostraram com efeito filtro mais restritivo. O dendrograma (figura 27) também agrupou essas três espécies devido à baixa abundância de sobreviventes nas populações de regenerantes sob as copas dessas espécies. A ordenação, considerando crescimento, mortalidade e riqueza das comunidades resultantes de mudas, também trouxe resultado similar: os ambientes do mais ao menos favorável para a comunidade de mudas foram sob as copas de *C. piptocalyx*, *A. polyneuron*, *D. sorbifolia*, *A. graveolens* e *P. longifolium* (tabela 27). Desse modo, pode se inferir que espécies engenheiras que condicionam ambientes favoráveis a um maior número de espécies podem exercer um papel importante nos mecanismos promotores de diversidade ao permitir a existência de muitas espécies.

O importante papel das espécies do dossel como engenheiras e seus efeitos nas comunidades regenerantes sob suas copas nos fazem repensar se em práticas de restauração, como o enriquecimento de fragmentos, deveríamos de fato considerar as espécies do dossel na escolha das espécies a serem introduzidas e sob quais espécies plantá-las. Trabalhos sobre enriquecimento de fragmentos florestais também têm encontrado variações na sobrevivência e crescimentos das

mudas a depender dos ambientes no sub-bosque florestal em que foram introduzidas e de características das mudas, como tamanho e presença ou não de reservas na semente (PARDI, 2014; NAHSEN, 2018; MANGUEIRA, HOLL e RODRIGUES, 2019; CORRÊA, 2019). Este trabalho mostrou que compreender a interação entre as características do dossel, associado ao papel que cada espécie arbórea exerce como engenheira, e as características das espécies presentes no sub-bosque pode contribuir para melhor controlar os processos do efeito filtro e assim conseguir os padrões desejados nas práticas de restauração, como o enriquecimento.

Considerar o papel das espécies, suas características e funções ecossistêmicas que as permitem influenciar o meio onde ocorrem, como sombreamento, incremento de nitrogênio no solo e o fato de apresentarem características semelhantes a uma espécie invasora de modo a competir com essa, são exemplos de como utilizar as modificações ambientais realizadas por espécies engenheiras de ecossistemas para alcançar os objetivos da restauração (BYERS et al, 2006; HASTINGS et al, 2007; HULVEY e AIGNER, 2014; LAUGHLIN, 2014; OSTERTAG et al, 2015; LI e LIBER, 2018). Inclusive, é preciso considerar os efeitos das espécies engenheiras nas diferentes escalas espacial e temporal, visto que o efeito de espécies engenheiras podem perdurar além do tempo de vida do organismo engenheiro (HASTINGS et al, 2007).

## **Conclusão**

As espécies do dossel, por serem engenheiras físicas do ecossistema, determinam condições ambientais específicas sob suas copas. Encontrei que a dinâmica da população de cada espécie regenerante variou a depender das espécies de dossel e/ou da deposição de serapilheira, o que corrobora o efeito das espécies de dossel sobre a comunidade regenerante (efeito filtro). Uma possível explicação para essa variação é o fato das espécies de regenerantes reunirem características morfológicas, ecofisiológicas específicas, e assim possuírem adaptações e tolerâncias diferentes às condições ambientais determinadas pelas espécies de dossel.

Além disso, este estudo trouxe respostas sobre quais as consequências do efeito filtro para a estrutura e composição da comunidade regenerante. Assim, este estudo mostrou que esses ambientes específicos criados por cada espécie de dossel foram suficientemente diferentes para afetar o crescimento e/ou mortalidade de determinadas populações do estrato regenerante, gerando ao final do experimento, comunidades regenerantes distintas sob as copas das diferentes espécies de dossel.

O efeito das diferentes espécies de dossel sobre a comunidade de regenerantes contribui para entender a variação espacial da diversidade das florestas, e como o dossel presente influenciará em parte a estrutura do dossel futuro. Esse estudo, portanto, trouxe mais uma evidência experimental do efeito filtro, além de demonstrar como se deu o efeito sobre as populações e as consequências para a comunidade vegetal de sub-bosque de florestas tropicais.

## Referências

- ADLER, P.B.; HILLERISLAMBERS, J; LEVINE, J.M. A niche for neutrality. **Ecology Letters**, v.10, p.95-104, 2007.
- AGRA, H.; NE'EMAN, G.; SHACHAK, M.; SEGOLI, M.; GABAY, O.; PEREVOLOTSKY, A.; ARNON, A.; BOEKEN, B.; GRONER, E.; WALCZAK, M.; SHKEDY, Y.; COHEN, S.; UNGAR, E.D. Canopy structure of woody landscape modulators determines herbaceous species richness along a rainfall gradient. **Plant Ecology**, v.216, p.1511, 2015.
- ALCÁNTARA, J.M.; PULGAR, M.; TROJELSGAARD, K.; GARRIDO, J.L.; REY, P.J. Stochastic and deterministic effects on interactions between canopy and recruiting species in forest communities. **Functional Ecology**, p.1–11, 2018.
- AERTS R.; HONNAY, O. Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. **BMC Ecology**, v.11, p.29, 2011.
- AUDINO, L.D.; MURPHY, S.J.; ZAMBALDI, L.; LOUZADA, J.; COMITA, L.S. Drivers of community assembly in tropical forest restoration sites: role of local environment, landscape, and space. **Ecological Applications**, v.27, p.1731-1745, 2017.
- BARBIER, S.; GOSSELIN, F.; BALANDIER, P. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved: A critical review for temperate and boreal forests. **Forest Ecology and Management**, v.254, p.1–15, 2008.
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, v.67, n.1, p.1-48, 2015.
- BECERRA, P.I.; CELIS-DIEZ, J.L.; BUSTAMANTE, R.O. Effects of leaf litter and precipitation on germination and seedling survival of the endangered tree *Beilschmiedia miersii*. **Applied Vegetation Science**, v.7, p.253-257, 2004.
- BECKAGE, B.; CLARK, J.S. Seedling Survival and Growth of Three Forest Tree Species: The Role of Spatial Heterogeneity. **Ecology**, v.84. p.1849-1861, 2003.
- BENITEZ-MALVIDO, J.; KOSSMANN-FERRAZ, I.D. Litter cover variability affects seedling performance and herbivory. **Biotropica**, v.31, p.598-606, 1999.

BETTINA, M.; ENGELBRECHT, J.; KURSAR, T.A. Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical woody plants. **Oecologia**, v.136, p.383–393, 2003.

BONN CHALLENGE. Disponível em: <<http://www.bonnchallenge.org/>>. Acesso em: junho de 2018.

BOURLEGAT, J.M.G.L. Lianas da Floresta Estacional Semidecidual: Ecofisiologia e Uso em Restauração Ecológica. Dissertação de mestrado. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, p.104, 2009.

BRASIL. DECRETO Nº 8.972, DE 23 DE JANEIRO DE 2017. Institui o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG). Brasília, DF, 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm)>. Acesso em: janeiro de 2020.

BYERS, J.E.; CUDDINGTON, K.; JONES, C.G.; TALLEY, T.S.; HASTINGS, A.; LAMBRINOS, J.G.; CROOKS, J.A.; WILSON, W.G. Using ecosystem engineers to restore ecological systems. **Trends in Ecology & Evolution**, v.21, n.9, p.493-500, 2006.

CARNEVALE, N.J.; MONTAGNINI, F. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. **Forest Ecology and Management**, v.163, n.1-3, p.217-227, 2002.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, 1039 p, 2003.

CDB (Convention on Biological Diversity). Aichi biodiversity targets. Disponível em: <<https://www.cbd.int/sp/targets/>>. Acesso em: junho de 2018.

CECCON, E.; GONZÁLEZ, E.J.; MARTORELL, C. Is direct seeding a biologically viable strategy for restoring forest ecosystems? Evidences from a meta-analysis. **Land Degradation e Development**, v.520, p.511–520, 2016.

CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura) da UNICAMP. Gráficos climáticos de Campinas-SP. Disponível em: <<https://www.cpa.unicamp.br/graficos>>. Acesso em: junho de 2019.

- CHAVE, J. Neutral theory and community ecology. **Ecology Letters**, v.7, p.241-253, 2004.
- CLARK, C.J.; POULSEN, J.R.; CONNOR, E.F.; PARKER, V.T. Fruiting trees as dispersal foci in a semi-deciduous tropical forest. **Oecologia**, v.139, n.1, p.66-75, 2004.
- CLARK, D.B.; CLARK, D.A. The role of physical damage in the seedling mortality regime of a neotropical forest. **Oikos**, v.55, p.225-30, 1989.
- CLARK, D.B.; CLARK, D.A. The impact of physical damage on canopy tree regeneration in tropical rain forest. **Journal of Ecology**, v.79, p.447-457, 1991.
- COGGAN, N.V.; HAYWARD, M.W.; GIBB, H. A global database and “state of the field” review of research into ecosystem engineering by land animals. **Journal of Animal Ecology**, v.87, p.974– 994, 2018.
- CONTIN, D.R.; SORIANI, H.H.; HERNÁNDEZ, I.; FURRIEL, R.; MUNNÉ-BOSCH, S.; MARTINEZ, C.A. Antioxidant and photoprotective defenses in response to gradual water stress under low and high irradiance in two Malvaceae tree species used for tropical forest restoration. **Trees**, v.28, p.1705, 2014.
- CORNWELL, W.K.; SCHWILK, D.W.; ACKERLY, D.D. A Trait-Based Test for Habitat Filtering: Convex Hull Volume. **Ecology**, v.87, p.1465-1471, 2006.
- CORRÊA, L.S. Enriquecimento artificial na floresta atlântica. Tese de doutorado. Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, p.109, 2019.
- COTTEE-JONES, H.E.W.; BAJPAI, O.; CHAUDHARY, L.B.; WHITTAKER, R.J. The importance of ficus (Moraceae) trees for tropical forest restoration. **Biotropica**, p.1–7, 2016.
- DENSLOW, J.S. Notes on the seedling ecology of a large-seeded species of Bombacaceae. **Biotropica**, v.12, p.220-2, 1980.
- DERROIRE, G.; COE, R.; HEALEY, J.R. Isolated trees as nuclei of regeneration in tropical pastures: testing the importance of niche-based and landscape factors. **Journal of Vegetation Science**, v.27, p.679-691, 2016.

- DIAMOND, J.M. Assembly of species communities. In: Cody, M.L. e Diamond, J.M. (eds.) **Ecology and evolution of communities**. Belknap Press, Harvard University Press, Cambridge, p.342-444, 1975.
- DIAS, A.T.C.; CORNELISSEN, J.H.C.; BERG, M.P. Litter for life: assessing the multifunctional legacy of plant traits. **Journal of Ecology**, v.105, p.1163-1168, 2017.
- DRAKE, J.A. Communities as assembled structures: Do rules govern pattern? **Trends in Ecology & Evolution**, v.5, p.159-64, 1990.
- DUARTE, M.M.; GANDOLFI, S. Diversifying growth forms in tropical forest restoration: Enrichment with vascular epiphytes. **Forest Ecology and Management**, v.401, p.89-98, 2017.
- DUFLOT, R.; GEORGES, R.; ERNOULT, A.; AVIRON, S.; BUREL, F. Landscape heterogeneity as an ecological filter of species traits. **Acta Oecologica**, v.56, p.19-26, 2014.
- DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M.B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M.A. de O.; BAITELLO, J.B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, p.65, 1997.
- ERIKSSON, O. Seedlings recruitment in deciduous forest herbs: the effects of litter, soil chemistry and seed bank. **Flora**, v.190, p.65-70, 1995.
- ERWIN, D.H. Macroevolution of ecosystem engineering, niche construction and diversity. **Trends in Ecology & Evolution**, v.23, n.6, p.304-310, 2008.
- EVINER, V.T. Plant Traits That Influence Ecosystem Processes Vary Independently Among Species. **Ecology**, v.85, p.2215-2229, 2004.
- FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. (b) Plant litter: Light interception and effects on an old field plant community. **Ecology**, v.72, p.1024–1031, 1991.
- FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. (a) Plant Litter: Its Dynamics and Effects on Plant Community Structure. **Botanical Review**, v.57, n.1, p.1-32, 1991.
- FARAH, F.T.; RODRIGUES, R.R.; SANTOS, F.A.M.; TAMASHIRO, J.Y.; SHEPHERD, G.J.; SIQUEIRA, T.; BATISTA, J.L.F.; MANLY, B.J.F. Forest destructuring as revealed by the temporal dynamics of fundamental species - Case study of Santa Genebra Forest in Brazil. **Ecological Indicators**, v.37, p.40-44, 2014.

FERRARI, J.B.; SUGITA, S. A spatially explicit model of leaf litter. **Canadian Journal of Forest Research**, v.26, p.1905-1913, 1996.

FERREIRA, M.P.; FÉRET, J.B.; GRAU, E.; GASTELLU-ETCHEGORRY, J.P.; SHIMABUKURO, Y.E.; SOUZA FILHO, C.R. Retrieving structural and chemical properties of individual tree crowns in a highly diverse tropical forest with 3D radiative transfer modeling and imaging spectroscopy. **Remote Sensing of Environment**, v.211, p.276-291, 2018.

FERREIRA, M.P.; ZORTEA, M.; ZANOTTA, D.C.; SHIMABUKURO, Y.E.; SOUZA FILHO, C.R. DE. Mapping tree species in tropical seasonal semi-deciduous forests with hyperspectral and multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v.179, p.66-78, 2016.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 10 Janeiro 2020.

FRANÇA, E.J.; FERNANDES, E.A. de N.; BACCHI, M.A.; TAGLIAFERRO, F.S. Pathway of rare-earth elements in a Brazilian forestry fragment. **Journal of Alloys and Compounds**, v.344, p.21-26, 2002.

FRIGIERI, F.F. **Guia de plântulas e sementes da Mata Atlântica do estado de São Paulo**. IPEF, Piracicaba, p.99, 2016.

GANDOLFI, S. Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta residual na área do Aeroporto Internacional de São Paulo, município de Guarulhos, SP. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, p.232, 1991.

GANDOLFI, S. História Natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no Município de Campinas (São Paulo, Brasil). Tese de Doutorado. Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP, v.1 e 2, p.520, 2000.

GANDOLFI, S.; JOLY, C.A.; RODRIGUES, R.R. Permeability-impermeability: canopy trees as biodiversity filters. **Scientia Agricola**, v.64, p.433–438, 2007.

GARBIN, M.L.; ZANDAVALLI, R.B.; DILLENBURG, L.R. Soil patches of inorganic nitrogen in subtropical Brazilian plant communities with *Araucaria angustifolia*. **Plant and Soil**, v.286, n.1-2, p.323-337, 2006.

GARBIN, M.L.; SÁNCHEZ-TAPIA, A.; CARRIJO, T.T.; SANSEVERO, J.B.B.; SCARANO, F.R. Functional traits behind the association between climbers and subordinate woody species. **Journal of Vegetation Science**, v.25, n.3, p.715-723, 2013.

GARCIA, E. Chuva de sementes em um fragmento de floresta estacional semidecídua em Campinas, SP. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP, 2007.

GARCÍA-ORTH, X.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Isolated trees and grass removal improve performance of transplanted *Trema micrantha* (L.) Blume (Ulmaceae) saplings in tropical pastures. **Restoration Ecology**, v.19, p.24–34, 2011.

GILLMAN, L.N. Seedling mortality from litterfall increases with decreasing latitude. **Ecology**, v.97, p.530-535, 2016.

GUARATINI, M.T.G.; GOMES, E.P.C.; TAMASHIRO, J.Y.; RODRIGUES, R.R. Composição florística da Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.31, n.2, p.323-337, 2008.

GUARIGUATA, M. R. Response of forest tree saplings to experimental mechanical damage in lowland Panama. **Forest Ecology and Management**, v.102, p.103-111, 1998.

GUEVARA, S.; LABORDE, J.; SÁNCHEZ-RÍOS, G. Rain forest regeneration beneath the canopy of fig trees isolated in pastures of los tuxtlas, Mexico. **Biotropica**, v.36, p.99–108, 2004.

GUEVARA, S.; MEAVE, J.; MORENO-CASASOLA, P.; LABORDE, J. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. **Journal of Vegetation Science**, v.3, p.655–664, 1992.

GUTIÉRREZ, J.L.; JONES, C.G. Physical ecosystem engineers as agents of biogeochemical heterogeneity. **BioScience**, v.56, p.227–236, 2006.

HASTINGS, A.; BYERS, J.E.; CROOKS, J.A.; CUDDINGTON, K.; JONES, C.G.; LAMBRINOS, J.G.; TALLEY, T.S.; WILSON, W.G. Ecosystem engineering in space and time. **Ecology Letters**, v.10, p.153-164, 2007.

- HUBBELL, S.P. **A Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography**. Princeton University Press, Princeton, NJ, 2001.
- HULVEY, K.B.; AIGNER, P.A. Using filter-based community assembly models to improve restoration outcomes. **Journal of Applied Ecology**, v.51, p.997-1005, 2014.
- ISERNHAGEN, I.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L. The rise of the Brazilian Network for Ecological Restoration (REBRE): what Brazilian restorationists have learned from networking. **Restoration Ecology**, v.25, n.2, p.172-177, 2017.
- JAKOBSSON, S.; PLUE, J.; COUSINS, S.A.O.; LINDBORG, R. Exploring the effects of pasture trees on plant community patterns. **Journal of Vegetation Science**, v.30, p.809– 820, 2019.
- JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. **Ecology**, v.78, p.1946–1957, 1997.
- JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v.69, p.373–386, 1994
- JUÁREZ-GARCÍA, A.; MARTÍNEZ-ZURIMENDI, P.; FERGUSON, B.G.; DOMÍNGUEZ-DOMÍNGUEZ, M.; VILLANUEVA-LÓPEZ, G. Effect of focal trees on the regeneration of tree species in pastures of southwest Mexico. **Agrociencia**, 2019.
- KEDDY, P.A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v.3, p.157–164, 1992.
- KIEW, R. Germination and seedling survival in kemenyan, *Styrax benzoin*. **Malaysian Forester**, v.45, p.69-80, 1982.
- KOEPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México, D.F.: Fondo de Cult. Economica, 1948. 478 p.
- KÖNIG, F.G.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria -RS. **Árvore**, v.26(4), p.429-435, 2002.
- KUMORDZI, B.B.; WARDLE, D.A.; FRESCHET, G.T. Plant assemblages do not respond homogenously to local variation in environmental conditions: functional responses differ with species identity and abundance. **Journal of Vegetation Science**, v.26, p.32-45, 2015.

LAMEIRA, L.L.; FERREIRA, F.C.G.; FILARDI, R.A.E.; QUEIROZ, J.M.; SANSEVERO, J.B.B. Plant-canopy Effects on Natural Regeneration in Sites Under Restoration: Do Tree Species Matter? **Floresta e Ambiente**, v.26, n.1, 2019.

LAUGHLIN, D.C. Applying trait-based models to achieve functional targets for theory-driven ecological restoration. **Ecology Letters**, v.17, n.7, p.771-784, 2014.

LEITÃO-FILHO, H.F.; MORELLATO, L.P. **Ecologia e Preservação de uma Floresta Tropical Urbana. Reserva de Santa Genebra. Campinas.** Campinas, SP: editora da Unicamp, p.19-29, 1995.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. Numerical Ecology (3rd. English ed.), Elsevier, Amsterdam, 2012.

LENTH, R. Emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.3.3. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>>. Acesso em: 20 maio 2018.

LEY-LÓPEZ, J.M.; AVALOS, G.; CHACÓN-MADRIGAL, E. Seedling growth and survival of five tree species in secondary forests and adjacent pastures in the montane rain forests of southern Costa Rica. **Revista de Biologia Tropical**, v.64, p.1565–1583, 2016.

LI, S.; LIBER, K. Influence of different revegetation choices on plant community and soil development nine years after initial planting on a reclaimed coal gob pile in the Shanxi mining area, China, **Science of The Total Environment**, v.618, p.1314-1323, 2018.

LICHTI, N.I.; MURPHY, M.T. Selection ratios on community aggregated traits estimate ecological filters imposed on species by sites. **Ecology**, v.91, p.347-354, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil.** 4 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, v.1, p.368, 2002.

LORTIE, C.J.; BROKER, R.W.; CHOLER, P.; KIKVIDZE, Z.; MICHALET, R. PUGNAIRE, F.I.; CALLAWAY, R.M. Rethinking plant community theory. **Oikos**, v.107, p.433-438, 2004.

MANGUEIRA, J.R.S.A.; HOLL, K.D.; RODRIGUES, R.R. Enrichment planting to restore degraded tropical forest fragments in Brazil. **Ecosystems and People**, v.15, n.1, p.3-10, 2019.

MANSUR, A.L. O papel das clareiras de decíduidade na dinâmica de comunidades arbóreas em florestas estacionais semidecíduas. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP, p.144, 2017.

MARTINS, R.B. (org.) Sementes florestais. **Guia para germinação de 100 espécies nativas**. São Paulo, SP: Instituto Refloresta, 1ª ed., 2012.

MEJÍA-DOMÍNGUEZ, N. R.; MEAVE, J. A.; DÍAZ-ÁVALOS, C.; GONZÁLEZ, E. J. Individual Canopy-tree Species Effects on Their Immediate Understory Microsite and Sapling Community Dynamics. **Biotropica**, v.43, p.572-581, 2011.

MESQUITA, R.C.G.; ICKES, K.; GANADE, G.; WILLIAMSON, G.B. Alternative successional pathways in the Amazon Basin. **Journal of Ecology**, v.89, n.4, p.528-537, 2001.

MICHALET, R.; BROOKER, R.W.; CAVIERES, L.A.; KIKVIDZE, Z.; LORTIE, C.J.; PUGNAIRE, F.I.; VALIENTE-BANUET, A.; CALLAWAY, R.M. Do biotic interactions shape both sides of the humped-back model of species richness in plant communities? **Ecology Letters**, v.9, p.767–773, 2006.

MITCHELL, R.J.; CAMPBELL, C.D.; CHAPMAN, S.J.; CAMERON, C.M. The ecological engineering impact of a single tree species on the soil microbial community. **Journal of Ecology**, v.98, p.50-61, 2010.

MONTGOMERY, R.A.; CHAZDON, R.L. Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in tropical wet forests. **Ecology**, v.82, n.10, p.2707-2718, 2001.

MORELLATO, L.P.C. Estudo da Fenologia de Árvores, Arbustos e Lianas de uma Floresta Semidecídua no Sudeste do Brasil. Tese de doutorado. Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, p.202,1991.

MORI, E.S.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FREITAS, N.P.; MARTINS, R.B. **Sementes florestais: guia para germinação de 100 espécies nativas**. Instituto Refloresta, São Paulo, p.159, 2012.

NAHSSEN, M.H.C. Enriquecimento de uma floresta em restauração por meio da semeadura direta e introdução de plântulas. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, p.136, 2018.

NATHAN, R.; MULLER-LANDAU, H.C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology and Evolution**, v.15, p.278–285, 2000.

NAVE, A.G. Determinação de unidades ecológicas num fragmento de floresta nativa, com auxílio de sensoriamento remoto. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1999.

NIINEMETS, Ü. A review of light interception in plant stands from leaf to canopy in different plant functional types and in species with varying shade tolerance. **Ecological Research**, v.25, p.693–714, 2010.

OLIVEIRA, J.A.; MENK. J.R.F.; ROTTA, C.L. **Levantamento semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo**. Quadricula de Campinas. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 1979.

OLIVEIRA, R.S.; DAWSON, T.E.; BURGESS, S.S.; NEPSTAD, D.C. Hydraulic redistribution in three Amazonian trees. **Oecologia**, v.145, n.3, p.354-363, 2005.

OSPINA, S.; RUSCH, G.M.; EASDALE, T.A.; FINEGAN, B.; CASANOVES, F.; IBRAHIM, M. Community aggregated traits disclose functional responses to seasonal resource fluctuations and spatial heterogeneity. **Journal Vegetation Science**, v.28, p.291-302, 2017.

OSTERTAG, R.; WARMAN, L.; CORDEL, S.; VITOUSEK, P.M. Using plant functional traits to restore Hawaiian rainforest. **Journal of Applied Ecology**, v.52, n.4, p.805-809, 2015.

PAGANO, S.N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.49, n.3, p.633-639, 1989.

PARDI, M.M. Introdução de espécies de Sub-bosque em áreas de restauração de Florestas Estacionais Semidecíduais. Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, p.127, 2014.

PARK, A.; CAMERON, J.L. The influence of canopy traits on throughfall and stemflow in five tropical trees growing in a Panamanian plantation. **Forest Ecology and Management**, v.255, n.5–6, p.1915-1925, 2008.

PETERS H.A.; PAUW, A.; MILES, R.S.; TERBORG, J.W. Falling palm fronds structure Amazonian Rainforest sapling communities. **Proceedings of Royal Society of London B**, v.271, p.5367-5369, 2004.

PIMENTA, J. A.; ROSSI, L. B.; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, L. A.; BIANCHINI, E. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.25(1), p.53-57, 2011.

PIOTTO, D. Growth of native tree species planted in open pasture, young secondary forest and mature forest in humid tropical Costa Rica. **Journal of Tropical Forest Science**, v.19, p.92–102, 2007.

PISTÓN, N.; MICHALET, R.; SCHOB, C.; MACEK, P.; ARMAS, C.; PUGNAIRE, F.I. The balance of canopy and soil effects determines intraspecific differences in foundation species' effects on associated plants. **Functional Ecology**, v.32, n.9, p.2253-2263, 2018.

POPMA, J.; BONGERS, F. The effect of canopy gaps on growth and morphology of seedlings of rain forest species. **Oecologia**, v.75, p.625-32, 1988.

POTTS, M.D.; DAVIES, S.J.; BOSSERT, W.H.; TAN, S.; NUR SUPARDI, M.N. Habitat heterogeneity and niche structure of trees in two tropical rain forests. **Oecologia**, v.139, p.446, 2004.

PURVES, D.W.; LICHSTEIN, J.W.; STRIGUL, N.; PACALA, S.W. Predicting and understanding forest dynamics using a simple tractable model. **Proceedings of the Natural Academic of Sciences of United States of America**, v.105, p.17018–22, 2008.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 maio 2018.

RAWLIK, M.; KASPROWICZ, M.; JAGODZIŃSKI, A.M.; KAŹMIEROWSKI, C.; ŁUKOWIAK, R.; GRZEBISZ, W. Canopy tree species determine herb layer biomass

and species composition on a reclaimed mine spoil heap. **Science of The Total Environment**, v.635, p.1205-1214, 2018.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ARONSON, J.; BARRETO, T.E.; VIDAL, C.Y.; BRANCALION, P.H.S. Large scale ecological restoration of high diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.261, n.10, p.1605-1613, 2011.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, p.133-137, 1998.

ROMERO, G.Q.; GONÇALVES-SOUZA, T.; VIEIRA, C.; KORICHEVA, J. Ecosystem engineering effects on species diversity across ecosystems: a meta-analysis. **Biological Reviews**, v.90, p.877-890, 2015.

SANTOS, S.L. dos; VÁLIO, I.F.M. Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in a Southeast Brazilian Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.1, p.89-92, 2002.

SAYER, E.J. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. **Biological Reviews**, v.81, n.1, p.1-31, 2006.

SCARIOT, A. Seedling mortality by litterfall in Amazonian Forest fragments. **Biotropica**, v.32, p.662-669, 2000.

SCHÖB, C.; BUTTERFIELD, B.J.; PUGNAIRE, F.I. Foundation species influence trait-based community assembly. **New Phytologist**, v.196, p.824-834, 2012.

SEIDLER, T.G.; PLOTKIN, J.B. Seed Dispersal and Spatial Pattern in Tropical Trees. **PLoS Biology**, v.4, n.11, p.344, 2006.

SEIWA, K. Trade-offs between seedling growth and survival in deciduous broadleaved trees in a Temperate Forest. **Annals of Botany**, v.99, p.537-544, 2007.

SENTELHAS, P.C.; MARIN, F.R.; FERREIRA, A.S.; DE SÁ, E.J.S. Banco de dados climáticos do Brasil. Município de Campinas – SP. Copyright © 2003, Embrapa Monitoramento por Satélite. Atualizado em 05 de setembro de 2003. Disponível em: <[https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/index/index\\_rs.html](https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/index/index_rs.html)>.

Acesso em: 18 junho 2019.

SIDDIQUE, I.; ENGEL, V.L.; PARROTTA, J.A.; LAMB, D.; NARDOTO, G.B.; OMETTO, J.P.H.B.; MARTINELLI, L.A.; SCHMIDT, S. Dominance of legume trees alters nutrient relations in mixed species forest restoration plantings within seven years. **Biogeochemistry**, v.88, n.1, p.89-101, 2008.

SILVA, R.M.G.; SARAIVA, T.S.; SILVA, R.B.; GONÇALVES, L.A.; SILVA, L.P. Allelopathy potential of etanolic extract of anadenanthera macrocarpa and astronium graveolens. Potencial alelopático de extrato etanólico de anadenanthera macrocarpa e astronium graveolens. **Bioscience Journal**, v.26, n.4, p.632-637, 2010.

SOUZA JUNIOR, C.N.; BRANCALION, P.H.S. **Sementes e mudas: guia para propagação de árvores brasileiras**. Oficina de Textos, São Paulo, 2016.

SOUZA, F.M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Deciduousness influences the understory community in a semideciduous tropical forest. **Biotropica**, v.46, p.512–515, 2014.

SOUZA, F.M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Species-specific associations between overstory and understory tree species in a semideciduous tropical forest. **Acta Botanica Brasilica**, v.29, n.1, p.73-81, 2015.

SOUZA, R.P. DE; VÁLIO, I.F.M. Seed Size, Seed Germination, and Seedling Survival of Brazilian Tropical Tree Species Differing in Successional Status. **Biotropica**, v.33, p.447-457, 2001.

SUDING, K.N.; GOLDBERG, D.E. Variation in the effects of vegetation and litter on recruitment across productivity gradients. **Journal of Ecology**, v.87, p.436-449, 1999.

SUTHERLAND, W.J.; FRECKLETON, R.P.; GODFRAY, H.C.J.; BEISSINGER, S.R.; BENTON, T.; CAMERON, D.D.; CARMEL, Y.; COOMES, D.A.; COULSON, T.; EMMERSON, M.C.; HAILS, R.S.; HAYS, G.C.; HODGSON, D.J.; HUTCHINGS, M.J.; JOHNSON, D.; JONES, J.P.G.; KEELING, M.J.; KOKKO, H.; KUNIN, W.E.; LAMBIN, X.; LEWIS, O.T.; MALHI, Y.; MIESZKOWSKA, N.; MILNER-GULLAND, E.J.; NORRIS, K.; PHILLIMORE, A.B.; PURVES, D.W.; REID, J.M.; REUMAN, D.C.; THOMPSON, K.; TRAVIS, J.M.J.; TURNBULL, L.A.; WARDLE, D.A.; WIEGAND, T. Identification of 100 fundamental ecological questions. British Ecological Society. **Journal of Ecology**, v.101, p.58–67, 2013.

SWAINE, M.D.; LIEBERMAN, D.; HALL, J.B. Structure and dynamics of a tropical dry forest in Ghana. **Vegetatio**, v.88, p.31-51, 1990.

TAUBERT, F.; FISCHER, R.; GROENEVELD, J. et al. Global patterns of tropical forest fragmentation. **Nature**, v.554, p.519–522, 2018.

THIJS, K.W.; AERTS, R.; VAN DE MOORTELE, P.; MUSILA, W.; GULINCK, H.; MUYS, B. Contrasting Cloud Forest Restoration Potential Between Plantations of Different Exotic Tree Species. **Restoration Ecology**, v.22, n.4, p.472-479, 2014.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification. **Geographical Review**, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology-Laboratory of Climatology, **Publications in Climatology**, v.8, n.1, p.104, 1955.

TOH, I.; GILLESPIE, M.; LAMB, D. The role of isolated trees in facilitating tree seedling recruitment at a degraded sub-tropical rainforest site. **Restoration Ecology**, v.7, p.288–297, 1999.

TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C.S.; HANSEN, N.; CURY, G. Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Forestalis**, n.66, p.46-55, 2004.

TREMMELE, D.C.; BAZZAZ, F.A. How Neighbour Canopy Architecture Affects Target Plant Performance. **Ecology**, v.74, p.2114-2124, 1993.

TURNBULL, M.H. The effect of light quantity and quality during development on the photosynthetic characteristics of six Australian rainforest tree species. **Oecologia**, v.87, n.1, p.110-117, 1991.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A.; RINCÓN, E.E.A.; SANCHEZ-CORONADO, M.E.; HUANTE, P.; TOLEDO, J.R.; BARRADAS, V.L. Light beneath the litter in a tropical forest: effect on seed germination. **Ecology**, v.71, p.1952-1958, 1990.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 1991.

VIEIRA, D.C.M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas de uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.541-544, 2006.

VIVAR, B.S.I.; CHAZDON, R.L. Light-dependent seedling survival and growth of four tree species in Costa Rican second-growth rain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.21, p.383–395, 2005.

WAGNER, F.H.; FERREIRA, M.P.; SANCHEZ, A.; HIRYE, M.C.M.; ZORTEA, M.; GLOOR, E.; PHILLIPS, O.L.; SOUZA FILHO, C.R. DE; SHIMABUKURO, Y.E.; ARAGÃO, L.O.C.E. Individual tree crown delineation in a highly diverse tropical forest using very high resolution satellite images, ISPRS, **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.145, Part B, p.362-377, 2018.

WEBER, A.J.C.S. Dinâmica de três trechos distintos de uma Floresta Estacional Semidecidual, Campinas/SP. Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, p.157, 2014.

WEIHER, E.; CLARKE, G.D.P.; KEDDY, P.A. Community assembly rules, morphological dispersion, and the coexistence of plant species. **Oikos**, v.81, p.309-322, 1998.

WEIHER, E.; FREUND, D.; BUNTON, T.; STEFANSKI, A.; LEE, T.; BENTIVENGA, S. Advances, challenges and a developing synthesis of ecological community assembly theory. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v.366, p.2403–2413, 2011.

WEIHER, E.; KEDDY, P.A. Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions from old patterns. **Oikos**, v.74, p.154-164, 1995.

WINTLE, A.B.; KUJALA, H.; WHITEHEAD, A.; CAMERON, A.; VELOZ, S.; KUKKALA, A.; MOILANEN, A.; GORDON, A.; LENTINI, P.E.; CADENHEAD, N.C.R.; BEKESSY, S.A. Global synthesis of conservation studies reveals the importance of small habitat patches for biodiversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.116, n.3, p.909-914, 2019.

WHITMORE, T. C. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further inquiry. Em: SWAINE, M.D. (ed) **Ecology of Tropical Forest Tree Seedlings**, UNESCO/Pathenon, Paris/Carnforth, p.3-39, 1996.

XIONG, S.; NILSSON, C. The effects of plant litter on vegetation: a meta- analysis. **Journal of Ecology**, v.87, n.6, p.984-994, 1999.

YOUNG, H.S.; MCCAULEY, D.J.; POLLOCK, A.; DIRZO, R. Differential plant damage due to litterfall in palm-dominated forest stands in a Central Pacific atoll. **Journal of Tropical Ecology**, v.30, p.231-236, 2014.

## Anexos

### **Anexo 1: Declaração sobre Bioética e Biossegurança**

Em observância ao **§5º do Artigo 1º da Informação CCPG-UNICAMP/001/15**, referente a Bioética e Biossegurança, declaro que o conteúdo de minha Dissertação de Mestrado, intitulada "EFEITO DAS ESPÉCIES DE ÁRVORES DO DOSSEL NA DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE REGENERANTES", desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Instituto de Biologia da Unicamp, não versa sobre pesquisa envolvendo seres humanos, animais ou temas afetos a Biossegurança.

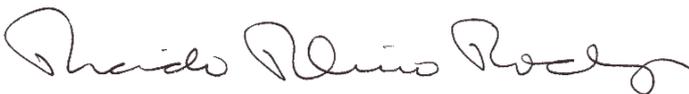
Assinatura:



---

Nome do(a) autor(a): Maria Gabriela Kiss Cornia

Assinatura:



---

Nome do(a) orientador(a): Ricardo Ribeiro Rodrigues

Data: 18/05/2020

**Anexo 2: Declaração sobre direitos autorais**

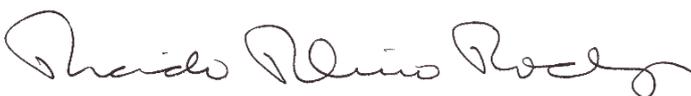
As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado, intitulada EFEITO DAS ESPÉCIES DE ÁRVORES DO DOSSEL NA DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE REGENERANTES, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 18/05/2020

Assinatura: 

---

Nome do(a) autor(a): Maria Gabriela Kiss Cornia  
RG n.º 48013394-3

Assinatura: 

---

Nome do(a) orientador(a): Ricardo Ribeiro Rodrigues  
RG n.º 10954040-2