



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

GISLAINE CAMARGO CHAGAS

**FENOLOGIA E ATRIBUTOS FOLIARES DE *TRICHILIA  
PALLIDA* SW. EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL  
E FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA, NO NORTE DO  
PARANÁ, SUL DO BRASIL**

---

Londrina  
2020

GISLAINE CAMARGO CHAGAS

**FENOLOGIA E ATRIBUTOS FOLIARES DE *TRICHILIA*  
*PALLIDA* SW. EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL  
E FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA, NO NORTE DO  
PARANÁ, SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina – UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Bianchini

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

C433 Chagas, Gislaine.  
FENOLOGIA E ATRIBUTOS FOLIARES DE *Trichilia pallida* Sw. EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL E FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA, NO NORTE DO PARANÁ, SUL DO BRASIL. / Gislaine Chagas. - Londrina, 2020.  
73 f. : il.

Orientador: Edmilson Bianchini.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Caracteres funcionais - Tese. 2. Fenofases - Tese. 3. Floresta Estacional Semidecidual - Tese. 4. Área de restauração - Tese. I. Bianchini, Edmilson. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

CDU 574

201811510005

GISLAINE CAMARGO CHAGAS

**FENOLOGIA E ATRIBUTOS FOLIARES DE *TRICHILIA  
PALLIDA* SW. EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL  
E FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA, NO NORTE DO  
PARANÁ, SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina – UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Bianchini  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dr. José Antonio Pimenta  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dr. Marcio Seiji Suganuma  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina 26 de Junho de 2020.

## **DEDICATÓRIA**

A minha mãe Rosilei Aparecida Camargo, por todo seu cuidado e dedicação, que em inúmeros momentos deu a esperança necessária para seguir em frente. Ao meu pai Nilo da Silva Chagas, por sua presença que significa segurança e a certeza de que não estou sozinha nessa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao orientador Edmilson Bianchini pelo acolhimento, pela oportunidade e paciência em compartilhar conosco todos seus conhecimentos ao longo deste trabalho e por conceber a estrutura para desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Dr. José Antonio Pimenta e Dr. Marcio Seiji Suganuma por aceitar compor a minha banca de defesa, dispondo de seu tempo e conhecimento para contribuir com meu crescimento acadêmico e profissional. E aos professores Dra. Renata Stolf Moreira e Dr. Artur Berbel Lírio Rondina membros da banca avaliadora do exame de qualificação, que muito contribuíram para este estudo.

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. João Fernando Marques da Silva pelo auxílio imprescindível para análise dos dados. Agradeço imensamente a minha colega de trabalho Nair Fernanda Felicio Marczuk por sempre se mostrar disposta a ajudar de diversas maneiras possíveis e pelos momentos de descontração.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal (LEFIV) e do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas (LABRE) que além da agradável companhia sempre estiveram dispostos a ajudar e esclarecer minhas dúvidas, compartilhando suas percepções e experiências.

À Universidade Estadual de Londrina e ao PELD (pesquisas ecológicas de longa duração) pelo suporte financeiro e apoio para que esse trabalho se realizasse e pela oportunidade, estrutura para realização do trabalho e aprimoramento dos meus conhecimentos.

Agradeço aos meus amigos da graduação Amanda, Beatriz, Caroline, Giovanna, Heloísa, Jéssica, Laís, Lenora e Kenny carinhosamente denominadas “zamigas” por todos os momentos de incentivo, estudos, momentos difíceis e sorrisos, não somente no ambiente da universidade, mas também fora dela sendo membros imprescindíveis da minha jornada. Especialmente a Hellen Ingrid pelo seu companheirismo, estando presente em todos os

momentos de dificuldades que encontrei no caminho, nunca me deixando desanimar.

Gratidão a toda a minha família por celebrar cada momento, cada conquista, me permitindo crescer por direções diferentes, mas com a mesma essência.

Agradeço a força divina por conduzir o meu dia-a-dia, colocando cada pessoa e situação no meu caminho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

CHAGAS, G. C. **Fenologia e atributos foliares de *Trichilia pallida* Sw. em áreas de restauração florestal e fragmentos de Mata Atlântica, no norte do Paraná, sul do Brasil.** 2020. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

As modificações que as plantas apresentam em razão da plasticidade fenotípica muitas vezes são de extrema relevância, pois as plantas são submetidas constantemente a condições ambientais adversas, e a plasticidade pode permitir que explorem nichos diversos. Estudos para compreensão dessas modificações são muito importantes para o conhecimento das respostas, susceptibilidade, relações ecológicas e adaptação das espécies aos estresses ambientais, possibilitando o monitoramento e a previsão de futuras mudanças no funcionamento dos ecossistemas. O objetivo deste estudo foi comparar a fenologia e os atributos foliares de *Trichilia pallida* Sw. em oito sítios, sendo quatro fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica no norte do Paraná e quatro reflorestamentos entre 16 e 18 anos adjacentes aos fragmentos. Foram realizadas observações fenológicas vegetativas e reprodutivas, de setembro de 2018 a agosto de 2019. Também foram mensurados atributos foliares como: área foliar específica (AFE), massa seca por área (MFA), índice de esclerofilia (IE), suculência (SUC), densidade (DEN) e conteúdo relativo de água (CRA). As fenofases brotamento, botões florais e dispersão apresentaram sazonalidade apenas nos reflorestamentos, enquanto a abscisão foliar, a antese floral e a ocorrência de frutos desenvolvidos foram sazonais em ambos os ambientes. Quanto a intensidade e o índice de atividade, os reflorestamentos apresentaram maior intensidade em todas as fenofases, quando comparados com os fragmentos, e anteciparam o pico da floração e da frutificação em relação aos fragmentos. Os atributos evidenciaram que as folhas de *T. pallida* sofreram maior exposição ao sol no reflorestamento, apresentando menor AFE e maiores MFA, IE, SUC e DEN. O CRA não apresentou diferença. A espécie demonstrou plasticidade fenotípica como estratégia para sua sobrevivência em ambientes contrastantes. Possivelmente, a menor complexidade do dossel nos reflorestamentos resultou em maior temperatura do ar, menor umidade relativa, maior intensidade de energia luminosa chegando ao subosque, em comparação aos fragmentos florestais. Portanto, o ambiente pode influenciar nas estratégias ecológicas das espécies e os indivíduos respondem de maneira a minimizar os efeitos dos fatores de estresses e de otimizar a obtenção de recursos.

**Palavras-chave:** Caracteres morfológicos. Ciclo foliar. Fenofases. Floresta Estacional Semidecidual. Plasticidade fenotípica. Reflorestamento.

CHAGAS, G. C. **Phenology and leaf functional traits of *Trichilia pallida* Sw. in restoration areas and atlantic forest fragments, in northern Paraná, southern Brazil.** 2020. 66 p. Dissertation (Master's degree in Biological Sciences) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

Phenotypic plasticity is extremely relevant for plants, as they are constantly subjected to adverse environmental conditions, and their plasticity allows them to explore different niches. Therefore, studies to understand these changes are extremely relevant to the knowledge of responses, susceptibility, ecological relations and adaptation of species to environmental stresses. These studies allowed us to monitor and forecast of future changes in the functioning of ecosystems. The objective of this study was to compare the phenology and leaf traits of *Trichilia pallida* Sw. in eight sites, four Seasonal Semi-deciduous Forest fragments of the Atlantic Forest in northern Paraná and four adjacent reforestations. Vegetative and reproductive phenological observations were made from September 2018 to August 2019. We also measured leaf functional traits: specific leaf area (SLA), dry leaf mass per unit area (LMA), sclerophylly index (SI), succulence (SUC), density (DEN) and relative water content (RWC). Flushing, flower buds and seed dispersal phenophases showed seasonality only in reforestation, while leaf fall, anthesis of flower and fruit production phenophases were seasonal in both environments. As to the intensity and activity index, the reforestations showed higher activity and intensity at all phenophases, when compared with the forest fragments. The peak of flowering and fruiting occurred early in the reforestations when compared to the fragments. The functional traits evidenced that the *T. pallida* leaves underwent greater exposition at the sun in the reforestation, with lower average in SLA and higher averages in the LMA, IE, SUC and DEN. The RWC did not show significant difference. The species showed phenotypic plasticity as a strategy for its survival in contrasting environments. Possibly, the less structural complexity of the canopy in the reforestations resulted at higher temperature, lower relative humidity, higher percentage of light energy reaching the understory, as compared to the forest fragments. Therefore, the environment can influence the ecological strategies of species, and each individual respond in order to minimize the effects of stress factors and to optimize the obtaining of resources.

**Keywords:** Forest fragment. Leaf life span. Morphological traits. Phenophases. Phenotypic plasticity. Reforestation. Seasonal Semi-Deciduous Forest.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Localização dos sítios de estudos na região de Londrina, no norte do Paraná, sul do Brasil. Os fragmentos estão circundados em azul e os reflorestamentos adjacentes em vermelho. A = Matas do Cici; B = Fazenda Congonhas; C = Fazenda Santo Antônio; D = Parque Estadual Mata dos Godoy. Foto: Google Earth modificado, 2019..... 31
- Figura 2** Folha de *Trichilia pallida*. A– Face adaxial; B– Face abaxial;..... 33
- Figura 3** Fenofases observadas em *Trichilia pallida* em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e reflorestamentos adjacentes no norte do Paraná, sul do Brasil. A – Brotamento; B – Folha madura, C – Abscisão foliar (foliolar); D – Flor; E – Botão floral; F – Fruto desenvolvido; G – Dispersão..... 35
- Figura 4** Índice de atividade (linhas) e índice de intensidade de Fournier (barras) de brotamento (A, B) e de abscisão foliar (C, D) de *Trichilia pallida* em reflorestamento (A, C) e fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. MC =Matas do Cici; CON = Fazenda Congonhas; PEMG = Parque Estadual Mata dos Godoy; ST = Fazenda Santo Antônio..... 39
- Figura 5** Análise circular, com base no índice de intensidade de Fournier (colunas) para testar a ocorrência de sazonalidade das fenofases brotamento (A, B) e abscisão foliar (C, D) em *Trichilia pallida* em reflorestamentos (A, C) e em fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A seta representa o vetor  $r$  e indica o ângulo médio ( $\mu$ )..... 40
- Figura 6** Índice de atividade (linhas) e índice de intensidade de Fournier (barras) de fenologia reprodutiva de *Trichilia pallida* em reflorestamento (A, C) e fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A, B – botão floral; C, D – antese. MC = Matas do Cici; CON = Fazenda Congonhas; PEMG = Parque Estadual Mata dos Godoy; ST = Fazenda Santo Antônio..... 41

<b>Figura 7</b>	Análise circular, com base no índice de intensidade de Fournier (colunas) para testar a ocorrência de sazonalidade das fenofases botão floral (A, B) e antese (C, D) em <i>Trichilia pallida</i> em reflorestamentos (A, C) e em fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A seta representa o vetor $r$ e indica o ângulo médio ( $\mu$ ). .....	42
<b>Figura 8</b>	Índice de atividade (linhas) e índice de intensidade de Fournier (barras) de fenologia reprodutiva de <i>Trichilia pallida</i> em reflorestamento (A, C) e fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A, B – fruto desenvolvido; C, D – dispersão. MC = Matas do Cici; CON = Fazenda Congonhas; PEMG = Parque Estadual Mata dos Godoy; ST =Fazenda Santo Antônio. ....	43
<b>Figura 9</b>	Análise circular, com base no índice de intensidade de Fournier (colunas) para testar a ocorrência de sazonalidade das fenofases frutos desenvolvidos (A, B) e dispersão (C, D) em <i>Trichilia pallida</i> em reflorestamentos (A, C) e em fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A seta representa o vetor $r$ e indica o ângulo médio ( $\mu$ ). .....	44
<b>Figura 10</b>	Efeito do ambiente (efeito fixo) e dos efeitos aleatórios (indivíduo aninhado em ambiente e então em área e em estação) nos atributos foliolares AFE (A), MFA (B) e IE (C) de <i>Trichilia pallida</i> , em Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil. Média e intervalo de confiança de 95% são mostrados para o efeito fixo. A ação dos efeitos aleatórios foi obtida com base na função predict do pacote MASS. As barras dos efeitos aleatórios indicam a variação proveniente dos indivíduos amostrados.....	46
<b>Figura 11</b>	Efeito do ambiente (efeito fixo) e dos efeitos aleatórios (indivíduo aninhado em ambiente e então em área e em estação) nos atributos foliolares SUC (A) e DEN (B) de <i>Trichilia pallida</i> , em Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil. Média e intervalo de confiança de 95% são mostrados para o efeito fixo. A	

ação dos efeitos aleatórios foi obtida com base na função predict do pacote MASS. As barras dos efeitos aleatórios indicam a variação proveniente dos indivíduos amostrados.....48

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Caracterização de fragmentos e reflorestamentos adjacentes de Floresta Estacional Semidecidual, no norte do Paraná, sul do Brasil. FF = fragmento florestal; R= Reflorestamento; PEMG = Parque Estadual Mata dos Godoy; RPPN = Reserva Particular do Patrimônio Natural. .... 32
-----------------	--

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	20
<b>1</b>	
<b>CAPÍTULO I - FENOLOGIA E ATRIBUTOS FOLIARES DE <i>Trichilia pallida</i> Sw. EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E REMANESCENTES DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, NO NORTE DO PARANÁ, SUL DO BRASIL</b> .....	26
1.1	INTRODUÇÃO..... 28
1.2	MATERIAL E MÉTODOS..... 30
1.2.1	Áreas De Estudo..... 30
1.2.2	Caracterização Da Espécie..... 32
1.2.3	Coleta De Dados..... 34
1.3	RESULTADOS..... 38
1.3.1	Fenologia Vegetativa..... 38
1.3.2	Fenologia Reprodutiva..... 40
1.3.3	Ciclo Foliar..... 44
1.3.4	Atributos Foliolares..... 45
1.4	DISCUSSÃO..... 48
1.5	CONCLUSÃO..... 53
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	55
<b>APÊNDICES</b> .....	66
APÊNDICE A	Dados de diâmetro à altura do peito (DAP) e altura para os indivíduos (IND) de <i>Trichilia pallida</i> monitorados de setembro de 2018 a agosto de 2019 em diferentes ambientes na Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil. FF = Fragmento florestal; R = Reflorestamento; PEMG - Parque Estadual Mata dos Godoy..... 66

## INTRODUÇÃO GERAL

A plasticidade fenotípica é a capacidade dos organismos alterarem sua morfologia, fenologia ou fisiologia, em resposta a fatores ambientais. Para as plantas essa capacidade é de extrema relevância por serem submetidas constantemente a condições ambientais diversas (Schlichting 1986). Os atributos morfogenéticos são determinantes para que ocorram as alterações fenotípicas. Os indivíduos possuem seu desenvolvimento estabelecido geneticamente (Derroire et al. 2018), e apesar de a plasticidade fenotípica permitir que as plantas explorem diferentes nichos, são os fatores locais que determinam modificações que tornam esta exploração possível (Boeger et al. 2009). Com isso estudos ecológicos, pautados em atributos funcionais, são de extrema relevância para entender as respostas a susceptibilidade, as relações ecológicas e a adaptação das espécies aos estresses ambientais (Talora e Morellato 2000). Portanto, estes estudos possibilitam o monitoramento e a previsão de futuras mudanças no funcionamento de ecossistemas heterogêneos e biodiversos (Reich 1995; Andreis et al. 2005; Tonello e Teixeira Filho 2012).

Uma abordagem que tem atraído interesse é a investigação das características funcionais mensuráveis das espécies, que podem ser morfológicas, fenológicas ou fisiológicas (Violle et al. 2007; Pérez-Harguindeguy et al. 2013), e que estão diretamente ligadas às adaptações da espécie à heterogeneidade ambiental existente (Bächtold e Melo Júnior 2015; Missio et al. 2017). Essas adaptações podem ocorrer tanto nos órgãos reprodutivos do vegetal quanto nos vegetativos (Aoyama e Mazzoni-Viveiros 2006). Os atributos morfológicos são considerados os mais simples em termos de mensuração e a folha, o órgão mais plástico da planta, permite rápida mensuração frente as alterações ambientais (Gratani et al. 2006), permitindo por exemplo uma relação às taxas fotossintéticas e ao crescimento relativo com sua área foliar específica. James e Drenovsky (2007) discorrem que quando a AFE é menor, o que ocorre em ambientes

menos sombreados, há também diminuição da quantidade de área foliar disponível para a interceptação da luz e, por conseguinte, diminuem os ganhos líquidos de carbono. Portanto, o atributo pode ser visto como uma medida estratégica da alocação da biomassa que reflete a área disponível para a captura de luz por unidade de fotoassimilados investidos nas folhas (Marañón e Grubb 1993), ou seja, maiores AFE demonstra que os indivíduos investem mais em produção fotossintética (Boeger et al. 2008).

Quanto a massa seca foliar, estudo realizado em ecossistema de restinga indicou diferença em *Myrcine venosa* A. DC. e *Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill entre dois sítios amostrais (Silva e Melo Júnior 2017). Entretanto, as folhas de *Clusia criuva* Cambess. e *Ocotea pulchella* (Nees e Mart.) Mez não apresentaram variações de massa seca entre os sítios amostrais (Silva e Melo Júnior 2017). Um segundo exemplo refere-se à espécie *Plectranthus neochilus* Schltr. que demonstrou plasticidade nas folhas, quando cultivada em condições ambientais variadas de umidade, altitude e luminosidade (Lima et al. 2017). Observando variação no número de folhas por ramo, no comprimento dos entrenós, na área foliar e na morfologia externa foliar, sugerindo que tais modificações ocorreram em função das condições ambientais (Lima et al. 2017).

Outro estudo conduzido em restinga (Bächtold e Melo Júnior 2015) com *Calophyllum brasiliense* Camb., que também é encontrada na Floresta Estacional Semidecidual (Carvalho et al. 1996), correlacionou os atributos foliares com os fatores ambientais. Os autores confirmaram a correlação de área, massa seca, largura foliares e espessura da folha com fatores ambientais como pH, saturação de bases do solo, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, salinidade e espessura de serapilheira. Segundo os autores, os valores médios para área, massa seca, comprimento, largura e espessura foliares foram superiores na restinga arbustivo-arbóreo do que na floresta de transição. O alto teor de matéria orgânica e, em consequência, a maior fertilidade do solo na floresta de transição (Bächtold e Melo Júnior 2015), pode influenciar

estruturalmente a vegetação (Pereira et al. 2001), além de possibilitar a manutenção de reserva dos nutrientes, melhorar a capacidade de retenção de água e influenciar o pH (Zech et al. 1997).

Em estudo com atributos foliares em diferentes fitofisionomias no estado do Paraná, *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin apresentou maiores área foliar específica (AFE) em Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM) e Floresta Ombrófila Mista (FOM), em relação a Estepe Gramíneo-Lenhosa e Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana (Boeger et al. 2008). Os autores relacionaram o aumento da AFE ao ambiente mais sombreado da FODM e FOM, pois quanto maior a área foliar, mais eficaz é a captura de luz, principalmente quando a umidade relativa do ar é alta, já que são fitofisionomias compostas por árvores de grande porte, distribuídas em vários estratos. Estudo realizado com *Myrcia splendens* (Sw.) DC., que ocorre em Mata Atlântica e Cerrado, expôs o elevado potencial plástico da espécie para todos os atributos morfológicos foliares analisados, sendo que massa seca e área foliar específica foram os atributos que apresentaram os maiores valores de índice de plasticidade fenotípica, ou seja, são as variáveis mais plástica (Amorim e Melo Júnior 2016).

Outro ramo da ciência que auxilia no entendimento, na conservação e na organização das espécies é a fenologia (Fenner 1998), também considerada um atributo funcional do ecossistema (Pérez-Harguindeguy *et al.* 2013). Os estudos fenológicos registram as atividades biológicas sazonais e suas respostas às variações ambientais (Buisson et al. 2016). Para as plantas, os eventos fenológicos e suas fenofases vegetativas (brotamento e abscisão foliar) e reprodutivas (floração e frutificação) compreendem todas as transições em seus ciclos de vida (Milani 2017). As fenofases vegetativas estão relacionadas à ciclagem de nutrientes pela decomposição das partes das plantas (Schmitt 2013) e com a obtenção de recursos via fotossíntese (Staggemeier et al. 2007), enquanto que as fenofases reprodutivas estão relacionadas ao fluxo gênico e ao estabelecimento de chuva e banco de sementes (Buisson et al. 2016). Em estudo realizado na Floresta Estacional Semidecidual (FES) constatou-se que as

fenofases reprodutivas apresentam maior variação entre florestas de referência e floresta de restauração, quando comparadas às fenofases vegetativas (Toscan 2017).

Estudos fenológicos com *Macairea radula* (Bonpl.) DC., em cerrado *stricto sensu* e em vereda, registraram abscisão foliar ocorrendo durante todo o ano, porém na vereda, diferentemente do cerrado, a espécie apresentou um pico de abscisão foliar nos meses de agosto a outubro, final do período seco e transição para o período úmido (Somavilla 2011). Os resultados mostraram que o período de brotamento não é definido, mas há diminuição do índice de atividade no inverno (junho a agosto) em ambos os locais. Já a floração se estendeu de março a julho, transição para o período seco, com indivíduos da vereda atingindo o pico da atividade um mês antes dos indivíduos do cerrado *stricto sensu* (Somavilla 2011). Segundo Silvério e Lenza (2010), no bioma Cerrado, as espécies consideradas sempre verdes com crescimento contínuo apresentaram abscisão foliar na transição da estação seca para a chuvosa, mas a cobertura da copa por folhas é superior a 50%.

O brotamento foliar ocorreu tanto na estação chuvosa quanto na seca, apresentando renovação quase contínua da copa. Por outro lado, as espécies sempre verdes sazonais apresentaram brotamento e senescência foliar na transição do período seco para o chuvoso, com a menor porcentagem de folhas na copa no mês de setembro. Quanto aos indivíduos brevidecíduos houve troca completa da folhagem permanecendo todos os indivíduos sem folhas por algum tempo. Seu pico de abscisão antecedeu o pico de brotamento, ocorrendo nos meses de setembro e outubro. E por fim, as espécies decíduas foram semelhantes às brevídecidas, com troca das folhas na transição das estações e com folhas maduras durante toda a estação chuvosa (Silvério e Lenza 2010).

Em estudo na caatinga, com espécies decíduas, verificou-se que o brotamento iniciou no começo da estação chuvosa e se estendeu durante toda a estação, com o pico de brotamento coincidindo com o pico de disponibilidade hídrica (Souza et al. 2014). Porém, essa fenofase foi

mais curta do que todas as outras. Quanto à abscisão das folhas, ela ocorreu no inverno com sincronismo de 100% das espécies estudadas, sendo que no primeiro ciclo fenológico ela ocorreu durante cinco meses, enquanto, no segundo ciclo, a duração foi de três meses (Souza et al. 2014).

Em relação a FES do bioma Mata Atlântica, que é o foco desse estudo, observou-se altos índices de abscisão foliar durante a estação seca, devido a menor disponibilidade hídrica nesta estação (Pedroni et al. 2002; Lisi et al. 2008; Lima et al. 2014). Em razão de fortes influências abióticas, como precipitação, comprimento do dia e temperatura (Rubim et al. 2010), essa fenofase apresenta sazonalidade bem marcada (Campos 2007).

Em estudo realizado em comunidade arbórea de FES no norte do Paraná, foi registrado que o pico de abscisão foliar ocorreu em agosto, no final da estação seca, enquanto o pico de brotamento ocorreu em setembro, na transição da estação seca para a úmida (Perina et al. 2019). Schmitt (2013) observou, na mesma FES, que alguns indivíduos de *Trichilia casaretti* C. DC., *Trichilia catigua* A. Juss. e *Trichilia pallida* Sw. podem continuar a brotar na estação úmida, de novembro a fevereiro. Na mesma FES, Bianchini et al. (2006), em estudos com *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl., encontraram padrão fenológico sazonal para a espécie, com a abscisão das folhas ocorrendo no período de menor disponibilidade de água para as plantas e o brotamento iniciando cerca de dois meses após a abscisão das folhas, no começo do período chuvoso, em todas as plantas marcadas. O que converge com estudo realizado em fragmento de FES Submontana no sul do Brasil, com 30 indivíduos de *Lindsaea lancea* (L.) Bedd., o pico do brotamento foliar ocorreu na estação úmida, durante todo o período de monitoramento (Müller et al. 2016).

A floração em FES tem seu pico de atividade no final da estação seca ou início da estação úmida (Silva 2017, Perina et al. 2019). Bianchini et al. (2006) observaram que *Chrysophyllum gonocarpum* apresentou pico de floração em outubro (final da estação de

transição) com diferença de intensidade entre os indivíduos. Entretanto, outros estudos em FES, em nível de comunidade, registraram pico de floração maior na estação chuvosa (Mikich e Silva 2001; Campos 2007; Mokake et al. 2018). A frutificação em FES apresenta muitas variações, principalmente relacionadas à síndrome de dispersão, embora a fenofase seja registrada durante todo o ano (Rubim et al. 2010; Bauer et al. 2012; Silva 2017). Perina et al. (2019) observaram o início da produção dos frutos na transição da estação seca para úmida e os picos de intensidade e de atividade de frutos imaturos ocorreram na estação úmida. Porém, a fenofase dispersão ocorreu continuamente, sem grandes variações nos picos de intensidade e atividade ao longo dos 3 anos de observação.

Como caracterizado por Cury (2009), áreas de restauração e fragmento florestal de FES apresentam diferenças marcantes quanto a estrutura e aos fatores abióticos. O fragmento florestal apresenta dossel mais complexo e mais fechado (96% de cobertura), resultando em menor temperatura do ar e maior umidade relativa no subosque. Já o reflorestamento apresenta dossel menos complexo e mais aberto (86% de cobertura), com maior temperatura do ar e menor umidade relativa no subosque. Possivelmente, o maior espaçamento entre os indivíduos no reflorestamento resulta em um ambiente mais seco (ver Bianchini et al. 2001). Como o dossel do reflorestamento é mais aberto, ele possibilita que maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) atinja o solo em comparação com fragmentos florestais (Cury 2009). Isso também foi observado por Suganuma et al. (2008), porém sem diferença estatisticamente significativa da RFA que atinge o subosque de reflorestamento e de fragmento de floresta madura. Entretanto, como a cobertura do dossel afeta diretamente a variação climática local (ver Bianchini et al. 2001), ocorre menor produção de serapilheira no reflorestamento em comparação ao ecossistema de referência (Pimenta et al. 2011), visto que a complexidade da comunidade florestal tem forte relação com a sua produção primária (Vidal et al. 2007). Portanto, considerando as diferenças microclimáticas entre estes ambientes, espera-

se que haja diferença nos atributos foliares e na fenologia dos indivíduos ocorrentes nos remanescentes florestais e nos sítios em restauração.

Em razão da fragmentação do bioma Mata Atlântica, é necessária a produção de conhecimento de suas espécies nativas (Campos e Filho 2006; Pinto et al. 2009). O conhecimento dos padrões fenológicos e dos atributos morfofuncionais das espécies são relevantes do ponto de vista botânico e ecológico, sendo fundamentais para uma melhor compreensão da dinâmica da comunidade florestal, da diversidade estrutural, da diversidade funcional e da relação das espécies com ambiente físico. Entender as respostas das populações aos diferentes fatores de estresse, assim como suas respostas adaptativas, seu crescimento e suas relações ecológicas, são imprescindíveis para a conservação de espécies ameaçadas, além de subsidiar a escolha de espécies nativas para restauração florestal, visando garantir o sucesso dessas ações e a perpetuação das áreas restauradas. Neste contexto, é necessário estudos que comparem áreas em restauração com seus ecossistemas de referências. Portanto, o objetivo principal deste estudo foi comparar a fenologia e os atributos foliares de *Trichilia pallida* em sítios de restauração florestal (reflorestamentos) e fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (ecossistema de referência).

**REFERÊNCIAS**

- Amorim MW, Melo Júnior JCF (2016) Plasticidade morfológica de *Myrcia splendens* (S.w.) CD. (Myrtaceae) ocorrente em Mata Atlântica e Cerrado. *Iheringia Ser Bot* 71(3):261–268.
- Andreis C, Longhi SJ, Brun EJ, Wojciechowski JC, Machado AA, Vaccaro S, Cassal CZ (2005) Estudo fenológico em três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual no município de Santa Tereza, RS, Brasil. *R Árvore* 29(1):55–63.
- Aoyama EM, Mazzoni–Viveiros SC (2006) Adaptações estruturais das plantas ao ambiente. Instituto de Botânica, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente. Curso de Capacitação de monitores e educadores. São Paulo. [http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Adaptacoes\\_estruturais\\_das\\_Plantas\\_ao\\_Ambiente\\_Elisa\\_Aoyama.pdf](http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Adaptacoes_estruturais_das_Plantas_ao_Ambiente_Elisa_Aoyama.pdf)
- Bächtold BA, Melo Júnior JC (2015) Plasticidade morfológica de *Calophyllum brasiliense* Camb. (Calophyllaceae) em duas formações de restinga no sul do Brasil. *Acta Biol Catarinense* 2(2):21–32.
- Bauer D, Goetz MNB, Müller A, Schmitt JL (2012) Fenologia de três espécies de *Myrsine* L. em Floresta Secundária Semidecídua no sul do Brasil. *R Árvore* 36(5):859–868.
- Bianchini E, Pimenta JA, Santos FAM (2001) Spatial and temporal variation in the canopy cover in a Tropical Semi-Deciduous Forest. *Braz Arch Biol Technol* 44(3):269–276
- Bianchini E, Pimenta JA, Santos FAM. (2006) Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em Floresta Semidecídua do Sul do Brasil. *Rev Bras Bot* 29(4):595–602.
- Boeger MRT, Gluzezak RM, Pil MW, Goldenberg R, Medri M (2008) Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná. *Rev Bras Bot* 31(3):443-452.

- Boeger MRT, Biu C, Goldenberg R (2009) Arquitetura foliar comparativa de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Bot Bras* 23(3):657–665.
- Buisson E, Alvarado ST, Stradic SL, Morellato LPC (2016) Plant phenological research enhances ecological restoration. *Restor Ecol* 25(2):164–171.
- Campos EP (2007) Fenologia e chuva de sementes em Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Tese Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Campos JB, Filho LVC (2006) Sistema ou conjunto de Unidades de Conservação? In: Campos JB, Tossuolino MGP, Müller CRC (org). *Unidades de Conservação: ações para a valorização da biodiversidade*. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, pp. 126–129.
- Carvalho DA, Oliveira-Filho AT, Vilela EA (1996) Flora arbustivo-arbórea de mata ripária do médio Rio Grande (Conquista, Estado de Minas Gerais). *Cerne* 2(2):48–68.
- Cury RTS (2009) Limitações para a emergência e o estabelecimento de plântulas: remoção de sementes e microclima. Dissertação Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Derroire G, Powers JS, Hulshof CM, Varella LEC, Healey JR (2018) Contrasting patterns of leaf trait variation among and within species during tropical dry forest succession in Costa Rica. *Sci Rep* 8(1):285. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-18525-1>.
- Fenner M (1998) The phenology of growth and reproduction in plants. *Persp Plant Ecol Evol and Syst* 1(1):78–91
- Gratani L, Covone F, Larcher W (2006) Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. *Trees* 20:549–558.
- James JJ, Drenovsky RE (2007) A basis for relative growth rate differences between native and invasive forb seedlings. *Rangel Ecol Manag* 60(4):395–400.

- Lima DOC, Júnior WDC, Leal AS, Carvalho MGS, Rezende MG, Carvalho RG, Marinho RR, Nascimento GA, Ferreira-Júnior WG (2014) Fenologia em Floresta Estacional Semidecídua no município de Machado, MG, Brasil. 6ª Jornada Científica e Tecnológica e 3º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINA, Pouso Alegre/MG. <https://docplayer.com.br/33366435-Fenologia-em-floresta-estacional-semidecidua-no-municipio-de-machado-mg-brasil-resumo.html>
- Lima NRW, Sodré GA, Lima HRR, Paiva SR, Lobão AQ, Coutinho AJ. 2017. Plasticidade fenotípica. *Rev Ciênc Elementar* 5(2):1–7.
- Lisi CS, Tomazello Filho M, Botosso PC, Roig FA, Maria CR, Ferreira-Fedele L, Voigt ARA (2008) Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a Seasonal Semi-Deciduous forest in southeast Brazil. *IAWA J* 29(2):189–207.
- Marañón T, Grubb J (1993) Physiological basis and ecological significance of the seed size and relative growth rate relationship in Mediterranean annuals. *Funct Ecol* 7:591–599.
- Mikich SB, Silva SM (2001) Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. *Acta Bot Bras* 15(1):89–113.
- Milani JEF (2017) Autoecologia de espécies arbóreas de uma floresta aluvial: fenologia e crescimento. Tese em Doutorado, Universidade Federal do Paraná – Setor de Ciências Agrárias, Curitiba.
- Missio FF, Silva AC, Higuchi P, Longhi SJ (2017) Atributos funcionais de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lages-SC. *Ciênc Florest* 27(1):215–224.
- Mokake SE, Chuyong GB, Egbe AE, Tabot PT, Jumbam B, Ngotta Biyon BJ, Dibong SD (2018) Plant reproductive phenology following selective logging in a semideciduous tropical forest in the East Region of Cameroon. *J Appl Biosci* 128:12901–12919.

- Müller A, Cunha S, Junges F, Schmitt JL (2016) Efeitos climáticos sobre a fenologia de *Lindsaea lancea* (L.) Bedd. (Lindsaeaceae) em fragmento de Floresta Atlântica no sul do Brasil. *Interciencia* 41(1):34–39.
- Pérez-Harguindeguy N, Díaz S, Garnier E, Lavorel S, Poorter H, Jaureguiberry P, Bret-Harte MS, Cornwell WK, Craine JM, Gurvich DE, Urecelay C, De Vos AC, Buchmann N, Funes G, Quétier F, Hodgson JG, Thompson K, Morgan HD, Ter Steege H, Van Der Heijden MGA, Sack L, Blonder B, Poschlod P, Vaieretti MV, Conti G, Staver AC, Aquino S, Cornelissen JHC (2013) New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Aust J Bot* 61:167–234.
- Pedroni F, Sanchez M, Santos FAM (2002) Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. - Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Rev Bras Bot* 25(2):183–194.
- Pereira MCA, Araujo DSD, Pereira OJ (2001) Estrutura de uma comunidade arbustiva da Restinga de Barra de Maricá – RJ. *Rev Bras Bot* 24(3):237–281.
- Perina BB, Liboni AP, Montanher DR, Messetti AVL, Pimenta JA, Bianchini E (2019) Phenology of the tree community in a seasonal forest in southern Brazil. *Braz J Bot* 42:477-490. DOI 10.1007/s40415-019-00545-y.
- Pimenta JA, Rossi LB, Torezan JMD, Cavalheiro, AL, Bianchini E (2011) Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. *Acta Bot Bras* 25(1):53–57.
- Pinto LP, Hirota M, Calmon M, Rodrigues R, Rocha R (2009) Introdução - A Mata Atlântica. In: Rodrigues RR, Brancalion PHS, Isernhagen I. (org). Pacto pela restauração da Mata Atlântica - referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, São Paulo, pp. 9–12.

- Reich PB (1995) Phenology of tropical forests: patterns, causes, and consequences. *Can J Bot* 73:164–174.
- Rubim P, Nascimento HEM, Morellato LP (2010) Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de Floresta Semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Bot Bras* 24(3):756–764.
- Schlichting CD (1986) The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Ann Rev Ecol Syst* 17:667–93.
- Schmitt JA (2013) Fenologia e sistemas reprodutivos de espécies da família Meliaceae em uma Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Silva AV (2017) Fenologia e biologia reprodutiva de espécies de *Piper* (Piperaceae) em Floresta Estacional Semidecídua: aspectos ecológicos e filogenéticos. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Silva MM, Melo Júnior JCF (2017) Plasticidade da folha e lenho de cinco espécies lenhosas em duas áreas de restinga no Sul do Brasil. *Iheringia Sér Bot* 72(2):173–180.
- Silvério DV, Lenza E (2010) Phenology of woody species in a typical cerrado in the Bacaba Municipal Park, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. *Biota Neotrop* 10(3):205–216
- Somavilla NS (2011) Aspectos anatômicos, fenológicos e ecofisiológicos de Melastomataceae em vereda e cerrado sensu stricto. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Souza DNN, Camacho RGV, Mello JIM, Rocha LNG, Silva NF (2014) Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Biotemas* 27(2):31–42.
- Staggemeier VG, Morellato LPC, Galetti M (2007) Fenologia reprodutiva de Myrtaceae em uma ilha continental de Floresta Atlântica. *Rev Bras Biociênc* 5(1):423–425.
- Suganuma MS, Torezan JMD, Cavalheiro AL, Vanzela ALL, Benato V (2008) Comparando

metodologias para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. *R Árvore* 32(2):377–385.

Talora DC, Morellato PC (2000) Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Rev Bras Bot* 23(1):13–26.

Tonello KC, Teixeira Filho J (2012) Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. *Irriga* 17(1):85–101.

Toscan MAG (2017) Fenologia reprodutiva em áreas de restauração ativa e passiva de Floresta Estacional Semidecidual. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

Vidal MM, Pivello VR, Meirelles ST, Metzger JP (2007) Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. *Rev Bras Bot* 30(3):521–532.

Violle C, Navas M-L, Vile D, Kazakou E, Fortunel C, Hummel I, Garnier E (2007) Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116:882-892.

Zech W, Senesi N, Guggenberger G, Kaiser K, Lehmann J, Miano TM, Miltner A, Schroth G (1997) Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma* 79:117–161.

## 1 CAPÍTULO I

FENOLOGIA E ATRIBUTOS FOLIARES DE *Trichilia pallida* Sw. EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E REMANESCENTES DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, NO NORTE DO PARANÁ, SUL DO BRASIL.

**Artigo nas normas da Revista Brazilian Journal of Botany**

<https://www.springer.com/journal/40415/submission-guidelines>

Fenologia e atributos foliares de *Trichilia pallida* Sw. em áreas de reflorestamento e remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual, no norte do Paraná, sul do Brasil.

## RESUMO

A plasticidade fenotípica permite que as plantas explorem nichos diversos e fatores locais determinam as suas modificações estruturais e/ou funcionais. Esse estudo analisou a fenologia e os atributos foliares de *Trichilia pallida* Sw. em quatro fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e quatro reflorestamentos adjacentes. Foram amostrados dez indivíduos em cada ambiente, observando, mensalmente, as fenofases. Os dados foram plotados em fenogramas e a sazonalidade das fenofases foi avaliada utilizando estatística circular. Para avaliar o ciclo foliar foram selecionados ramos de cinco indivíduos, que foram esboçados em papel sulfite permitindo calcular, em meses, a idade das folhas. Também foram quantificados os atributos foliares: área foliar específica, matéria seca por unidade de área foliar, índice de esclerofilia, succulência, densidade e conteúdo relativo de água. Os atributos foram testados utilizando modelos lineares mistos generalizados (GLMMs), com distribuição de erros gama. As fenofases brotamento, botões florais e dispersão apresentaram sazonalidade apenas no reflorestamento, enquanto a abscisão foliar, antese floral e ocorrência de frutos desenvolvidos foram sazonais nos dois ambientes. Quanto a intensidade e o índice de atividade, os reflorestamentos apresentaram maiores valores em todas as fenofases quando comparado com os fragmentos, e anteciparam o pico da floração e da frutificação em relação aos fragmentos. As folhas dos reflorestamentos apresentaram menor área foliar específica e maiores massa seca por área foliar, índice de esclerofilia, succulência e densidade. A variação nas fenofases e nos atributos morfológicos foliares dos indivíduos de *Trichilia pallida* indicam importante potencial plástico da espécie em diferentes habitats.

Palavras-chave: **caracteres funcionais, ciclo foliar, fenofases, Mata Atlântica, plasticidade fenotípica.**

## 1.1 INTRODUÇÃO

A elevada plasticidade fenotípica dos atributos funcionais das plantas contribui para a sobrevivência das mesmas, assim como para a sua ampla distribuição espacial (Schlichting 1986). Essas modificações, que influenciam na sobrevivência dos indivíduos (Pérez-Harguindeguy et al. 2013), podem ser de cunho morfológico, fisiológico ou anatômico. Apesar de esses atributos funcionais terem uma base genética (Derroire et al. 2018), são os fatores ambientais (bióticos e/ou abióticos) que os regulam e/ou os modificam (Boeger et al. 2009).

Os atributos morfológicos foliares são considerados muito plásticos e de simples mensuração, sendo os primeiros a apresentar respostas às mudanças externas entre locais microclimaticamente distintos (Poorter e Bongers 2006), como reflorestamentos e fragmentos florestais. Os atributos estão ligados ao tempo de vida da folha, com folhas decíduas investindo, principalmente, em componentes que contribuam para taxas fotossintética e de crescimento (enzimas fotossintetizantes, por exemplo) (Vergutz et al. 2012; Souza et al. 2015a). Outro atributo funcional que também reflete as interações dos indivíduos com o ambiente é a fenologia (Violle et al. 2007), pois permite definir padrões de produção, abscisão e longevidade foliar.

Os estudos fenológicos ressaltam a diferença na periodicidade das fenofases frente as diferenças climáticas (Fenner 1998; Borchert et al. 2015). Estudos indicam que a disponibilidade de água não é o principal fator desencadeador das respostas fenológicas das espécies nativas da Floresta Estacional Semidecidual (FES) do norte do Paraná, mas sim sua associação com as variações de temperatura e do fotoperíodo (Bianchini et al. 2015; Perina et al. 2019). Amorim e Melo Júnior (2016) sugeriram que as plantas apresentam estratégias diferentes para ambientes distintos, por exemplo, espécies que se aclimatam para o uso do recurso luminoso disponível em um ambiente com maior sombreamento (Baraloto et al. 2010).

Portanto, é possível relacionar a ocorrência das fenofases, assim como os atributos

foliares com o nível de radiação solar incidente. Não somente como modificações para máximo aproveitamento da energia luminosa disponível (Rosado e Mattos 2007; Rossatto et al. 2010; Moraes et al. 2017), mas também para diminuir a excessiva exposição à luz solar (Derroire et al. 2018).

Apesar da disponibilidade hídrica não ser o principal fator desencadeador de modificações em plantas da FES do norte do Paraná, ela apresenta relação importante com a fenologia e com os atributos foliares, sendo responsável por variações de determinados mecanismo importantes para evitar a desidratação da planta (Boeger e Wisniewski 2003; Bianchini et al. 2015; Falcão et al. 2017). Estudos mostram que a abscisão foliar, por exemplo, é maior na estação seca e as maiores taxas de brotamento coincidem com as primeiras chuvas que marcam a transição entre a estação seca e a úmida (Parolin 2001; Lins e Nascimento 2010; Braga et al. 2016; Andreacci et al. 2017; Perina et al. 2019).

Uma floresta madura é aquela cuja estrutura, composição e processos ecológicos atingem a etapa final da sucessão ecológica (Aronson et al. 2011). Segundo os autores, o reflorestamento é uma área plantada espécies arbóreas, nativas ou não, para formação de uma estrutura florestal. Portanto, a variação de tamanho e de desenvolvimento das árvores entre estes ambientes proporciona diversidade de micro-habitats. Uma das principais causas da diferença ambiental entre os reflorestamentos e as florestas já maduras é a complexidade estrutural do dossel (Bianchini et al. 2001), que influencia diretamente na luminosidade incidente no solo, na umidade do ar e do solo, na temperatura e na deposição de serapilheira, que afetará a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Portanto, fragmentos florestais, por possuírem árvores de maior porte e dosséis mais densos, apresentam menor temperatura do ar, maior umidade do ar e do solo (Cury 2009) e menor disponibilidade de energia luminosa incidindo no solo (Suganuma et al. 2008), quando comparado à sítios de restauração florestal. Essas diferenças estruturais e microclimáticas

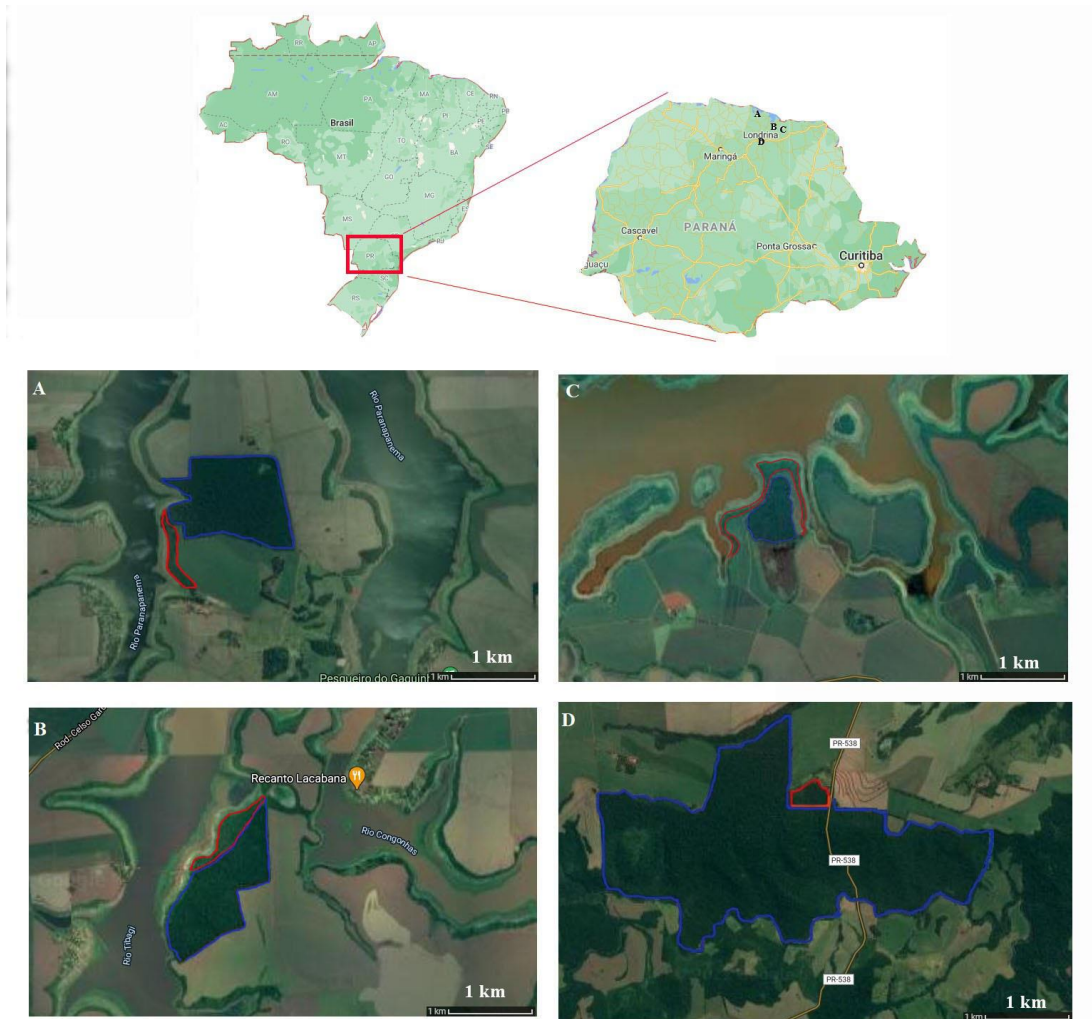
também resultam em menor produção de serapilheira nos reflorestamentos que nos fragmentos florestais, promovendo diferenças na ciclagem de nutrientes entre os ambientes (Pimenta et al. 2011).

Considerando a existência de diferenças microclimáticas entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e reflorestamentos adjacentes, esse estudo comparou a fenologia e os atributos foliolares de *Trichilia pallida* Sw. entre os dois ambientes. Foram levantadas as seguintes hipóteses: (i) Os indivíduos do reflorestamento apresentam ciclo foliar mais curto e maior intensidade de brotamento e abscisão foliar que os indivíduos do fragmento florestal; (ii) não há sincronia das fenofases no reflorestamento e fragmento florestal, visto que a área de restauração tem um dossel menos desenvolvido; (iii) as folhas dos indivíduos do reflorestamento apresentam atributos morfológicos foliares indicativos de maior exposição à luz.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 1.2.1 Áreas De Estudo

Os indivíduos foram amostrados em quatro áreas pertencentes ao Sítio PELD “Mata Atlântica do Norte do Paraná”, tendo em cada área um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES) submontana e reflorestamento adjacente, totalizando oito sítios de amostragem. Três áreas são adjacentes ao reservatório da Usina Hidrelétrica de Capivara: Matas do Cici (22°49'03,7"S 51°11'30,2"W), Fazenda Congonhas (23°00'07,1"S 50°56'44,9"W), Fazenda Santo Antônio (22°56'29,7"S 50°57'07,2"W). A quarta área está localizada no Parque Estadual Mata dos Godoy (23°26'30,3"S 51°15'02,4"W), no município de Londrina, PR (Fig. 1, Tabela 1).



**Fig. 1:** Localização dos sítios de estudos na região de Londrina, no norte do Paraná, sul do Brasil. Os fragmentos estão circundados em azul e os reflorestamentos adjacentes em vermelho. A = Matas do Cici; B = Fazenda Congonhas; C = Fazenda Santo Antônio; D = Parque Estadual Mata dos Godoy. Foto: Google Earth modificado, 2019.

Os fragmentos estudados são considerados ecossistemas de referência para a restauração ecológica, como o Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), que é um dos remanescentes maduros de Mata Atlântica mais importante do norte do Paraná, tanto pela sua extensão quanto pela sua biodiversidade (Londrina 2019). Os outros três remanescentes passaram por exploração seletiva de madeira.

Os reflorestamentos foram realizados por meio de plantio de espécies arbóreas nativas da FES, consistindo em utilizar uma grande proporção de espécies pioneiras e secundárias

iniciais, para o rápido controle, por sombreamento, da possível invasão por gramíneas exóticas (Cavalheiro et al. 2002) (Tabela 1).

**Tabela 1:** Caracterização de fragmentos e reflorestamentos adjacentes de Floresta Estacional Semidecidual, no norte do Paraná, sul do Brasil. FF = fragmento florestal; R= Reflorestamento; PEMG = Parque Estadual Mata dos Godoy; RPPN = Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Locais	Área FF (ha)	Área R (ha)	Município	Idade R (anos)	Categoria FF	Altitude (m)
Matas do Cici	122	11	Alvorada do Sul – PR	16	RPPN	340
Fazenda Congonhas	108	21	Rancho Alegre – PR	18	Reserva legal	350
PEMG	650	8	Londrina – PR	18	Unidade de Conservação	600
Fazenda Santo Antônio	32	15	Sertaneja – PR	16	Reserva legal	337

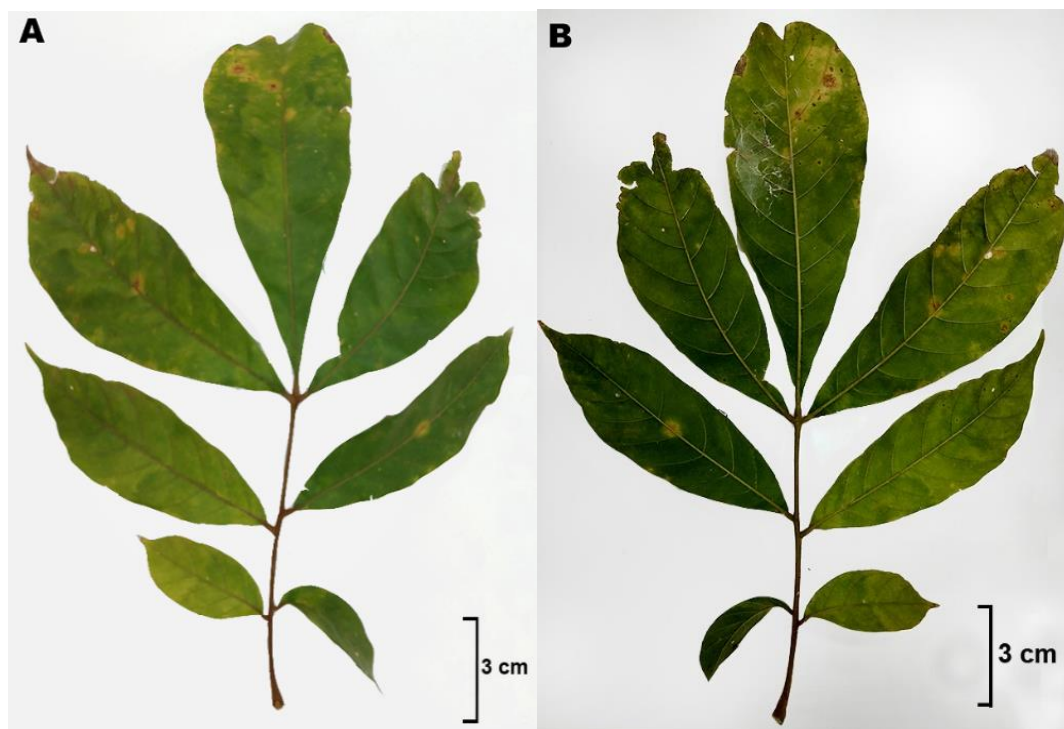
De acordo com Köppen, o clima da região é classificado como Cfa, com as chuvas distribuídas irregularmente ao longo do ano e concentradas principalmente no verão. No entanto, embora a quantidade de chuvas seja menor no inverno, não há caracterização de um período realmente seco (IAPAR 2019). O solo da região é Latossolo Vermelho eutroférico originado de derrames de basalto, com alta fertilidade, e típica textura argilosa (Embrapa 2007).

### 1.2.2 Caracterização Da Espécie

Este estudo foi realizado com *Trichilia pallida* Sw. pertencente à família Meliaceae. Esta família, além de apresentar espécies de importância econômica (*Cedrela fissilis*, por exemplo), se destaca pela riqueza de espécies e por sua importância estrutural em FES, especialmente o

gênero *Trichilia* P.Browne (Toniato et al. 1998; Pinheiro e Monteiro 2009; Silva et al. 2017). *Trichilia pallida* é uma espécie esciófita (Chagas et al. 2004), semidecídua, pertencente ao subosque e amplamente distribuída pelo Brasil, não ocorrendo somente na região Nordeste e no Rio Grande do Sul (Flora do Brasil 2020). É uma espécie representativa da flora local, muito utilizada em projetos de restauração florestal, principalmente por ser uma espécie zoocórica. Seus indivíduos podem alcançar de 3 a 8 m de altura (Flora do Brasil 2020).

Possui folhas compostas imparipinadas, com sete folíolos sendo um terminal (Fig. 2). Os folíolos apresentam pontuações translúcidas (Flores et al. 2017). Os folíolos basais, em geral, são menores, e o terminal, maior que os laterais (Pastore 2003), com base aguda atenuada (Flora do Brasil 2020). Possui inflorescências fasciculadas (Flores et al. 2017) e, suas flores são unissexuadas, apresentando pétalas imbricadas (Flora do Brasil 2020). Os indivíduos são monóicos (Johnen 2013). Seus frutos têm forma globosa e as sépalas são persistentes nos frutos (Flores et al. 2017; Flora do Brasil 2020).

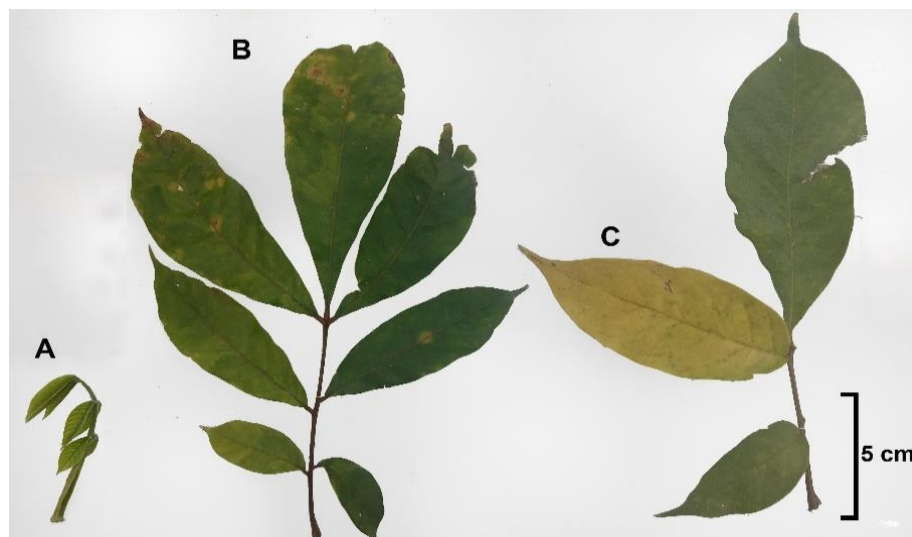


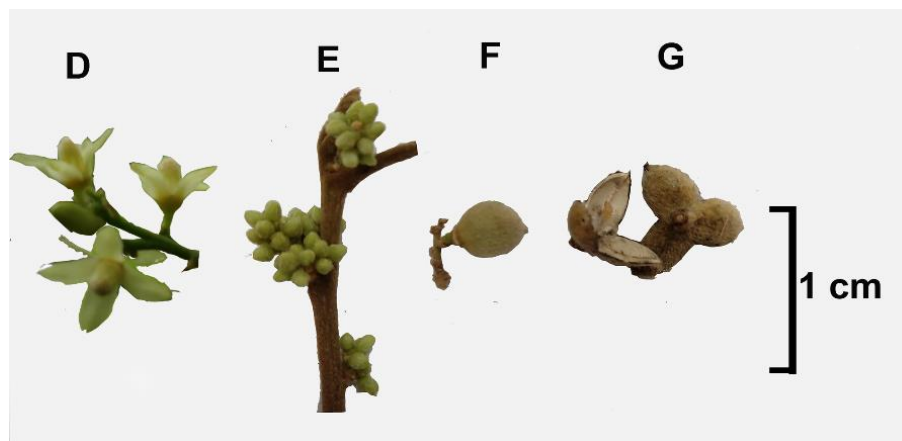
**Fig. 2:** Folha de *Trichilia pallida*. A– Face adaxial; B– Face abaxial;

### 1.2.3 Coleta De Dados

As observações fenológicas foram realizadas, mensalmente, entre setembro de 2018 e agosto de 2019. Os indivíduos utilizados no estudo estavam em bom estado fitossanitário e com boa visibilidade da copa para observação das fenofases (Perina et al. 2019). As árvores selecionadas para as observações foram marcadas com fitas plásticas e tiveram a altura e o diâmetro na altura do peito (DAP) mensurados (ver Apêndice 1). Foram observados no mínimo 10 indivíduos por sítio amostral. Porém este número variou de acordo com a densidade da espécie no local (Fournier 1974; Amorim et al. 2009; Moraes et al. 2017).

As fenofases vegetativas observadas foram: brotamento foliar (ápices vegetativos em desenvolvimento, folhas pequenas de coloração verde clara), folha madura (folha expandida, com coloração verde) e abscisão foliar (folha e folíolos - com aspecto amarelado susceptível a queda pela ação do vento e espaços vazios na copa) (Bianchini et al. 2006; Pirani et al. 2009). Complementarmente, houve observação do período de formação dos botões florais, antese de flores, frutos desenvolvidos e dispersão, como fenofases reprodutivas (Fig. 3).





**Fig. 3:** Fenofases de *Trichilia pallida* observadas neste estudo. A – Brotamento; B – Folha madura, C – Abscisão foliar (foliolar); D – Flor; E – Botão floral; F – Fruto desenvolvido; G – Dispersão

Cada fenofase foi registrada qualitativamente (ausência ou presença) e quantitativamente. O índice de atividade (qualitativo) indica a porcentagem de indivíduos que apresenta determinado evento fenológico, e é calculado multiplicando-se o número de indivíduos que apresentam a fenofase por 100 e divide-se pelo número total de indivíduos amostrados. O registro quantitativo foi feito pelo índice de intensidade de Fournier (Fournier 1974), que considera cinco categorias, com intervalo de 25% entre elas (0 – ausência da fenofase; 1 – presença da fenofase com magnitude de 1 a 25%; 2 – 26% a 50%; 3 – 51% a 75%; e 4 – 76% a 100%). Este índice é calculado pela soma dos valores de intensidade de todos os indivíduos e dividido pelo valor máximo possível, que é o número de indivíduos multiplicados por quatro, e transformado em valor percentual multiplicando o valor por 100 (Bencke e Morellato 2002).

Os índices de atividade e de intensidade de cada ambiente foram apresentados em fenogramas. Para testar a sazonalidade das fenofases, os dados foram agrupados por ambiente (fragmentos x reflorestamentos) para cada fenofase e realizada uma análise circular (Zar 1999). Nesta análise, os meses foram convertidos em ângulos de 0° a 360°, representando o ano. O ângulo médio que permite identificar as datas que as fenofases ocorreram na maioria dos

indivíduos e o comprimento do vetor  $r$  que indicava o grau de sazonalidade, foram calculados. Para testar a significância do ângulo médio foi utilizado o teste de Rayleigh ( $z$ ) para a distribuição circular (Zar 1999). Essas análises foram realizadas no programa de estatística circular ORIANA 4 (Kovach 1994).

Para definição do ciclo foliar, foi selecionado um ramo (marcado com fitas plásticas), com o mínimo de quatro folhas, de cinco indivíduos em cada área e feito esboços em papel sulfite do ramo selecionado, registrando as folhas existentes (Reich et al. 1991). Censos mensais foram realizados para registrar novas folhas e a eventual abscisão de folhas ou folíolos. A idade das folhas foi calculada (em meses) utilizando o intervalo entre o brotamento e queda da folha (Moraes et al. 2017).

Para a determinação de atributos funcionais, quatro folíolos terminais (quatro folhas), completamente expandidos e sem sintomas de patogenia ou herbivoria, foram coletados ao redor da copa de cinco indivíduos em cada um dos oito locais (fragmento e reflorestamento), selecionados aleatoriamente em cada estação (aproximadamente 90 dias). Logo após a coleta em campo, os folíolos foram armazenados em sacos plásticos que foram selados e armazenados em caixa térmica com gelo, para evitar a desidratação (Cornelissen et al. 2003; Braga et al. 2016) e transportadas para o laboratório. Em cada folíolo, analisou-se a área foliar específica (AFE), a massa seca por área (MFA), o índice de esclerofilia (IE), a suculência (SUC), a densidade (DEN) e o conteúdo relativo de água (CRA).

Inicialmente, após a chegada ao laboratório, os folíolos foram pesados para determinação da massa fresca e a área foliolar foi quantificada com auxílio de um medidor de área foliar, modelo LI-3000C. Em seguida, os folíolos foram imersos em água destilada por quatro horas e mantidos no escuro, para obter a massa saturada (Pérez-Harguindeguy et al. 2013), que foi medida com balança digital. A espessura do folíolo foi mensurada com paquímetro digital (Souza et al. 2015b). Posteriormente, os folíolos foram secos em estufa a 60

°C até massa constante, sendo então pesados para quantificar a massa seca (Pérez-Harguindeguy et al. 2013).

A partir dos valores obtidos foi possível estimar a AFE ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ), que é o quociente da área foliolar pela massa seca do folíolo (Perez-Harguindeguy et al. 2013); a MFA ( $\text{mg cm}^{-2}$ ), que é resultado da divisão da massa seca pela área foliolar; o IE ( $\text{g dm}^{-2}$ ), que é decorrente da divisão da massa seca do folíolo pela área foliolar duplicada (Rizzini 1997); a SUC ( $\text{mg cm}^{-2}$ ), que é a diferença da massa saturada e da massa seca, dividida pela área foliolar (Mantovani e Martins 1988); a DEN ( $\text{g cm}^{-2}$ ), que é o resultado da divisão entre MFA e a espessura foliolar (Witkowski e Lamont 1991; Moraes et al. 2017); e o CRA (%), que é a diferença da massa fresca pela massa seca dividido pela diferença da massa túrgida pela massa seca multiplicado por 100.

Para testar a hipótese de que existem diferenças entre os atributos foliulares nos diferentes tipos de ambientes (fragmento florestal vs reflorestamento), foram utilizados modelos lineares mistos generalizados (GLMMs) com distribuição de erros gama. As variáveis respostas foram modeladas como uma função do efeito fixo “Ambiente”. Considerando o padrão aninhado do desenho amostral, foi incluída a variável “Indivíduo”, aninhado em “Ambiente”, que por sua vez estava aninhada em “Área”, como efeitos aleatórios. Como cada interação “Ambiente x Área” foi amostrada quatro vezes ao longo do ano, a variável “Estação” também foi incluída como o nível mais externo de agrupamento dos efeitos aleatórios.

Os GLMMs permitem especificar efeitos fixos e aleatórios, utilizando uma estrutura de erro no modelo, sendo considerados bastante robustos e flexíveis em análises de dados em ecologia (Bolker et al. 2009). O modelo foi ajustado utilizando a função *glmmPQL* do pacote MASSS (Venables e Ripley 2002), com o teste *t* fornecido pela função *summary* e previsões das ações dos efeitos aleatórios com a função *predict*. Estimativas do tamanho de efeito e intervalo de confiança do efeito fixo foram calculadas com o pacote *effects* (Fox e Weisber

2019). A análise de dados foi realizada no software R v. 3.6.1 (R Core Team 2019).

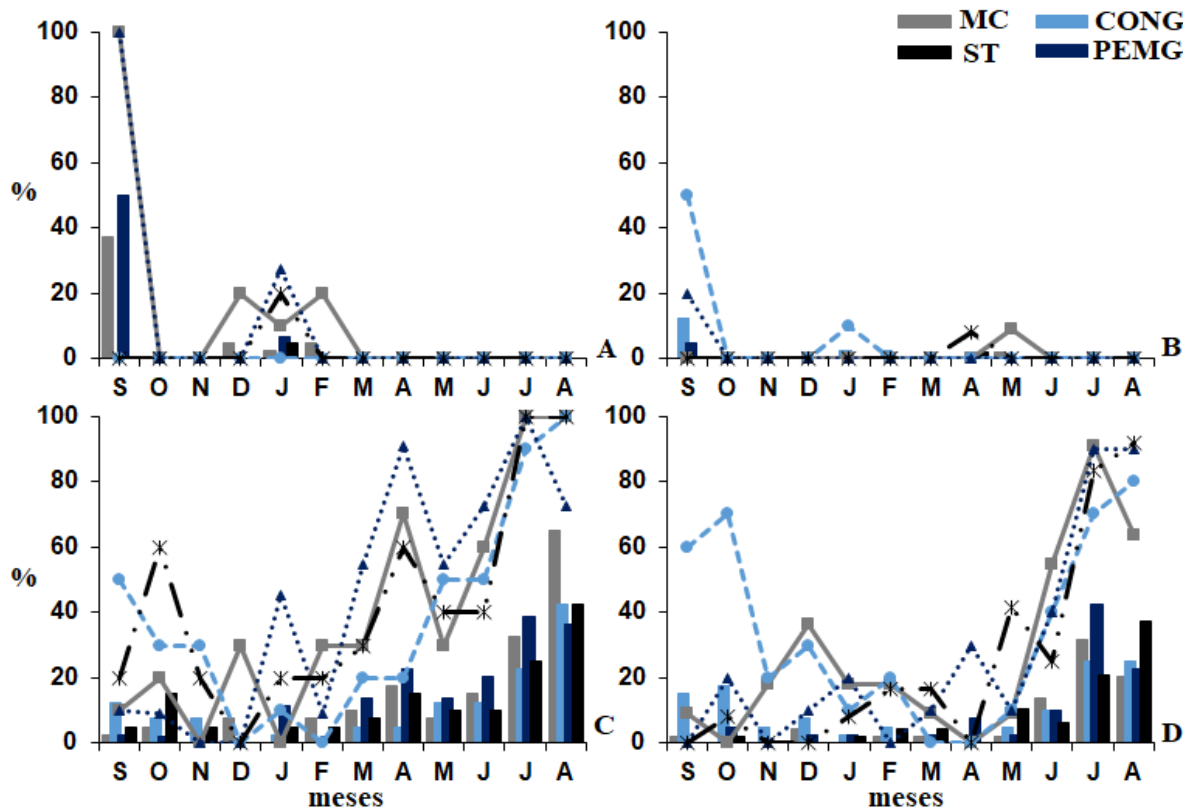
### 1.3 RESULTADOS

Foram amostrados 41 indivíduos nos reflorestamentos e 43 nos fragmentos florestais, totalizando 84 indivíduos (Apêndice 1) e foram avaliados, no total, 640 folíolos completamente expandidos.

#### 1.3.1 Fenologia Vegetativa

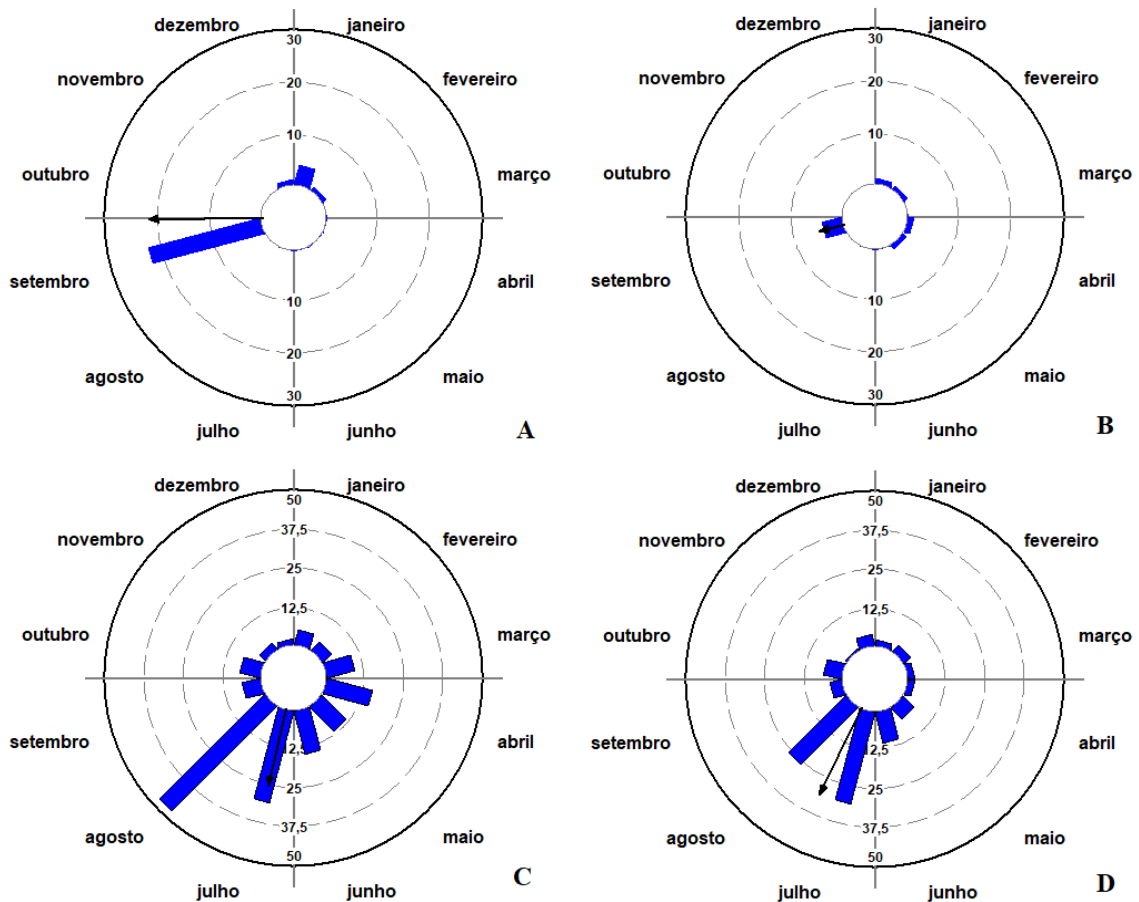
Foi registrada a ocorrência de brotamento nos indivíduos dos reflorestamentos Matas do Cici e PEMG em setembro (alta atividade), porém a fenofase também foi registrada em janeiro nas quatro áreas reflorestadas estudadas (Fig. 4A). Nos fragmentos florestais houve brotamento foliar nos meses de setembro, janeiro, abril e maio, contudo sempre em menor intensidade quando comparada aos reflorestamentos (Fig. 4B).

Foi observada abscisão foliar em todos os indivíduos de todas as áreas, em ambos os ambientes no decorrer do ano, porém com maior atividade e intensidade de abril a outubro nos reflorestamentos e de junho a outubro nos fragmentos florestais (Fig. 4C). O pico de atividade ocorreu em julho e agosto em ambos os ambientes (Fig. 4C). Esta fenofase é mais variável nos reflorestamentos com maior índice de atividade ao longo do período seco. Em nenhum dos ambientes houve observação de indivíduo com a copa completamente sem folhas.



**Fig. 4:** Índice de atividade (linhas) e índice de intensidade de Fournier (barras) de brotamento (A, B) e de abscisão foliar (C, D) de *Trichilia pallida* em reflorestamento (A, C) e fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. MC =Matas do Cici; CON = Fazenda Congonhas; PEMG = Parque Estadual Mata dos Godoy; ST = Fazenda Santo Antônio.

O brotamento apresentou ritmo sazonal expressivo nos reflorestamentos com atividade durante a transição da estação seca para a estação úmida e quente do ano ( $\mu = 269,544^\circ$ ,  $p < 0,001$ ), com comprimento do vetor  $r$  de 0,7 (Fig. 5A). Nos fragmentos o ângulo médio para o brotamento não foi significativo e, portanto, a fenofase foi asazonal ( $p = 0,824$ ) (Fig. 5B). A espécie é semidecídua apresentando abscisão com maior intensidade concentrada na estação fria e menos úmida do ano (Figura 5C, D) apresentando data média significativa (reflorestamento com valores  $\mu = 193,46^\circ$  e  $r = 0,497$  e o fragmento florestal com  $\mu = 205,86^\circ$  e  $r = 0,608$ , ambos com  $p < 0,001$ ) no dois ambientes, demonstrando sazonalidade.

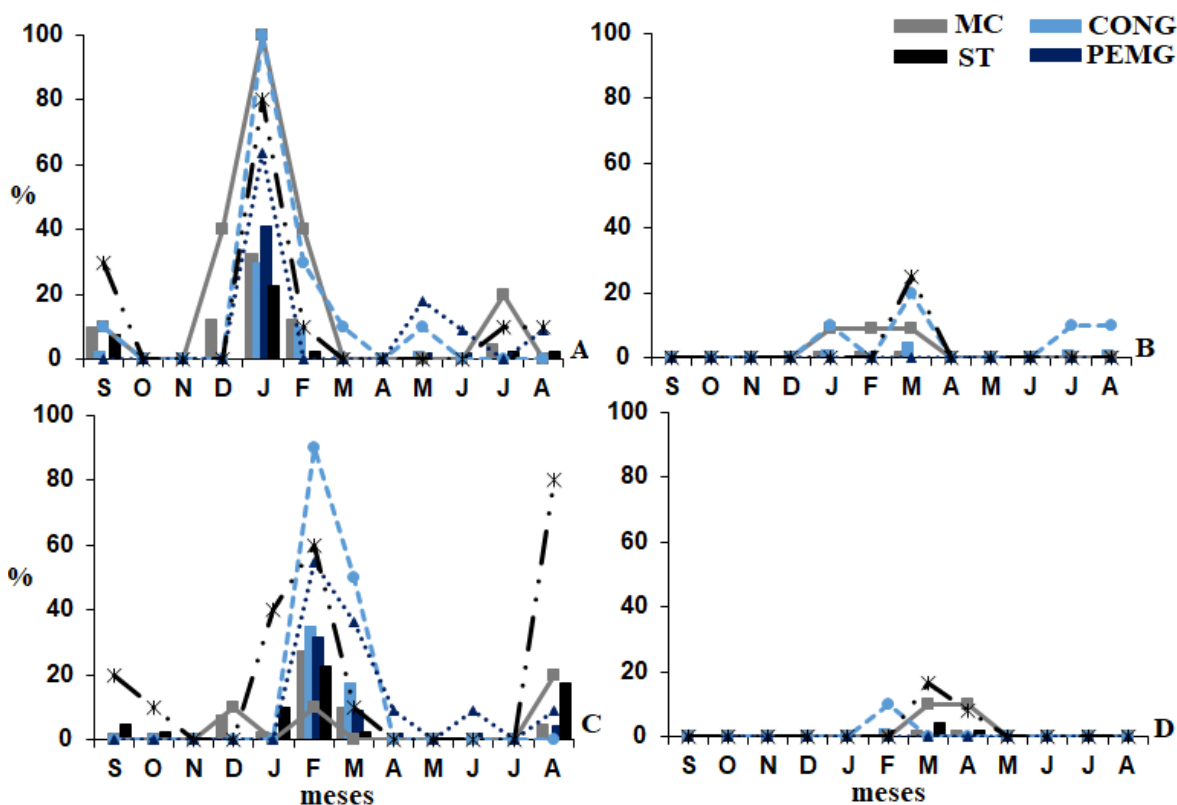


**Fig. 5:** Análise circular, com base no índice de intensidade de Fournier (colunas) para testar a ocorrência de sazonalidade das fenofases brotamento (A, B) e abscisão foliar (C, D) em *Trichilia pallida* em reflorestamentos (A, C) e em fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A seta representa o vetor  $r$  e indica o ângulo médio ( $\mu$ ).

### 1.3.2 Fenologia Reprodutiva

Quanto à floração, nos reflorestamentos os botões florais foram observados em quase todos os meses do ano e o pico de atividade e de intensidade ocorreu em janeiro (Fig. 6A). Nos fragmentos florestais, foi constatada a produção de botões nos meses de janeiro a março na Matas do Cici, Fazenda Congonhas e Fazenda Santo Antônio (Fig. 6B), mas com produção em baixa intensidade (inferior a 3%) comparada ao reflorestamento. Em alguns indivíduos foi observado a fenofase em outros meses do ano. Não foram observados botões florais no PEMG. A antese ocorreu principalmente nos meses de dezembro a março nos reflorestamentos (Fig.

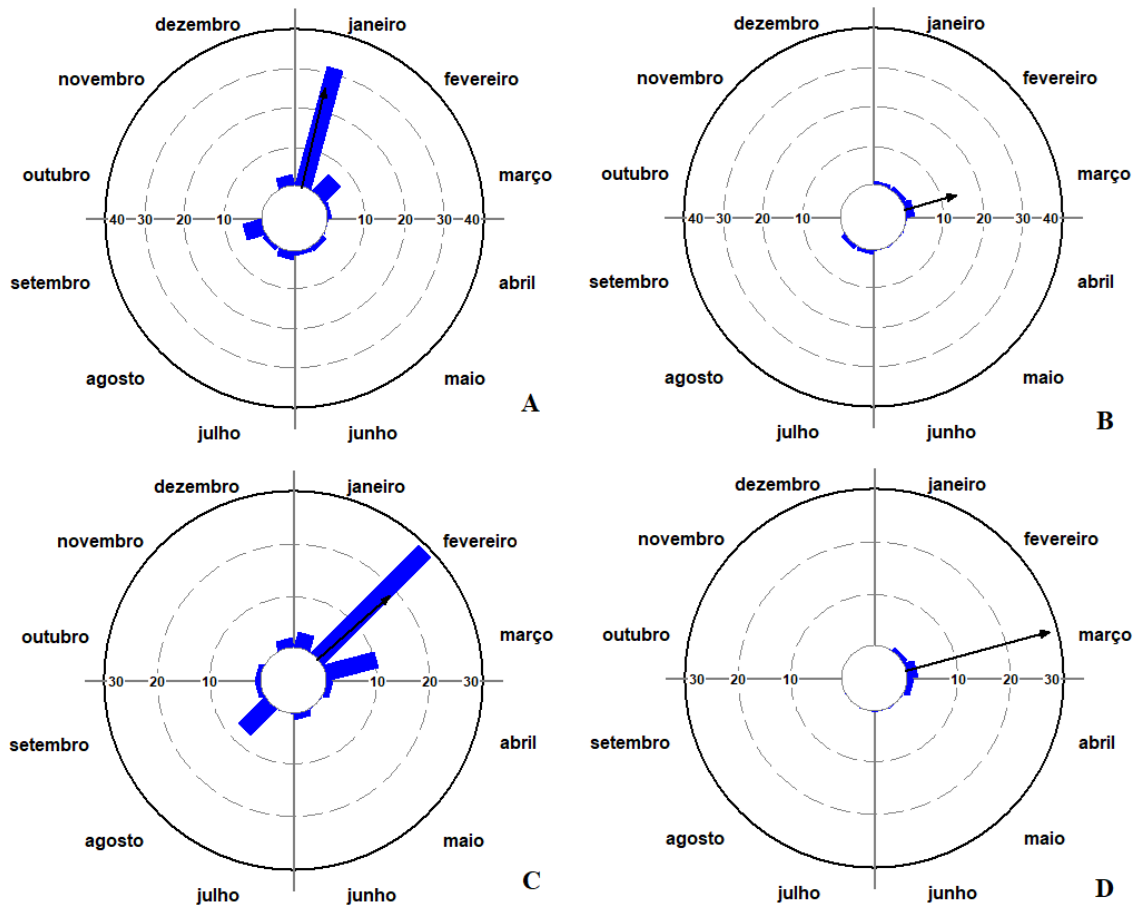
6C), enquanto nos fragmentos florestais a antese foi mais tardia, iniciando em fevereiro e se estendendo até abril (Fig. 6D) e, novamente, com picos de intensidade maiores nos sítios de restauração.



**Fig. 6:** Índice de atividade (linhas) e índice de intensidade de Fournier (barras) de fenologia reprodutiva de *Trichilia pallida* em reflorestamento (A, C) e fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A, B – botão floral; C, D – antese. MC = Matas do Cici; CON = Fazenda Congonhas; PEMG = Parque Estadual Mata dos Godoy; ST = Fazenda Santo Antônio.

Os testes de sazonalidade demonstraram que a fenofase botões florais não foi sazonal para os fragmentos florestais ( $p = 0,526$ ;  $r = 0,3$ ), enquanto que para o reflorestamento, o ângulo médio é significativo, sendo moderadamente sazonal ( $p < 0,001$ ;  $r = 0,6$ ) com data média de ocorrência em janeiro (Fig. 7A, B). A antese das flores apresentou sazonalidade mais pronunciada nos fragmentos florestais e ângulo médio significativo ( $p = 0,02$ ;  $r = 0,9$ ), com data

média de ocorrência em março (Fig. 7D). No reflorestamento (Fig. 7C), a data média para ocorrência da antese foi fevereiro, com sazonalidade menos pronunciada ( $p < 0,001$ ;  $r = 0,6$ ).

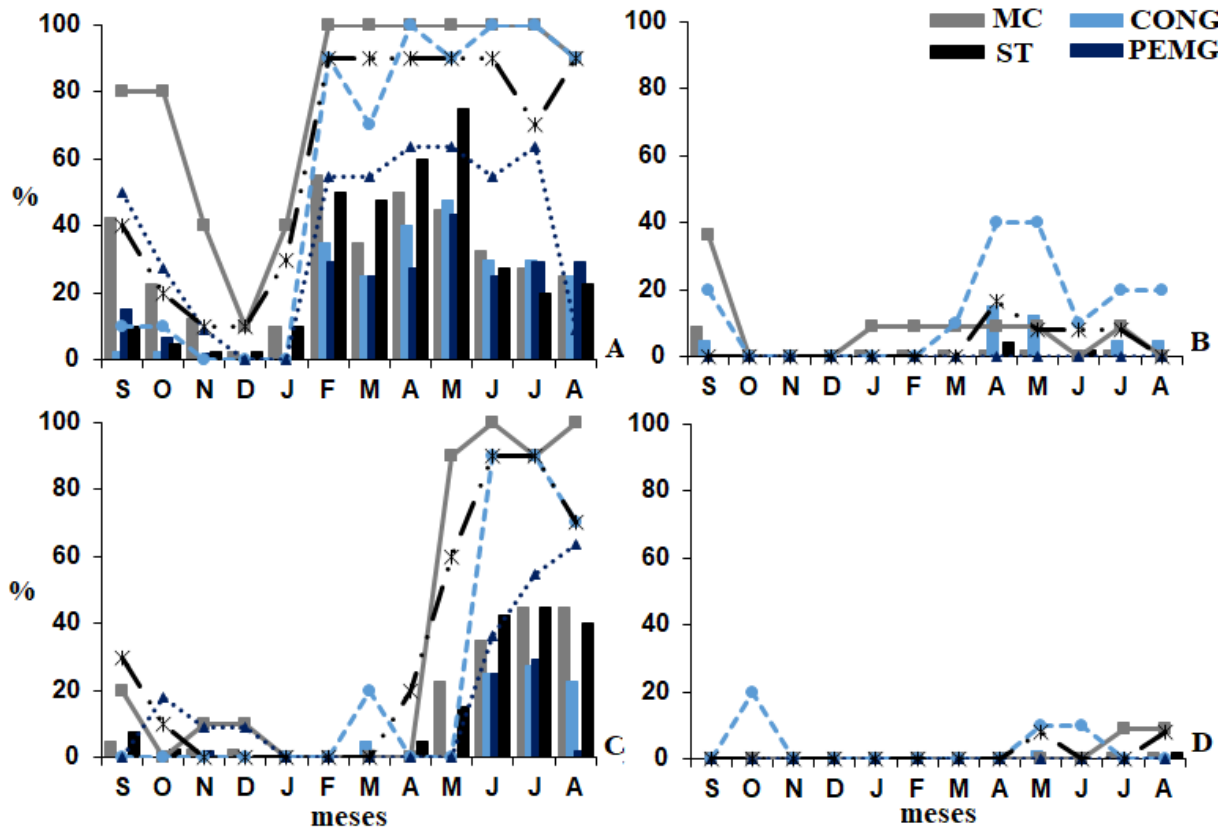


**Fig. 7:** Análise circular, com base no índice de intensidade de Fournier (colunas) para testar a ocorrência de sazonalidade das fenofases botão floral (A, B) e antese (C, D) em *Trichilia pallida* em reflorestamentos (A, C) e em fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A seta representa o vetor  $r$  e indica o ângulo médio ( $\mu$ ).

Foi observada a presença de frutos desenvolvidos durante todo o ano nos reflorestamentos (Fig. 8A). Nos fragmentos florestais, esta fenofase foi observada na maioria dos meses (exceto de outubro a dezembro), em menor intensidade que nos reflorestamentos. Porém não foi registrada sua ocorrência no PEMG (Fig. 8B).

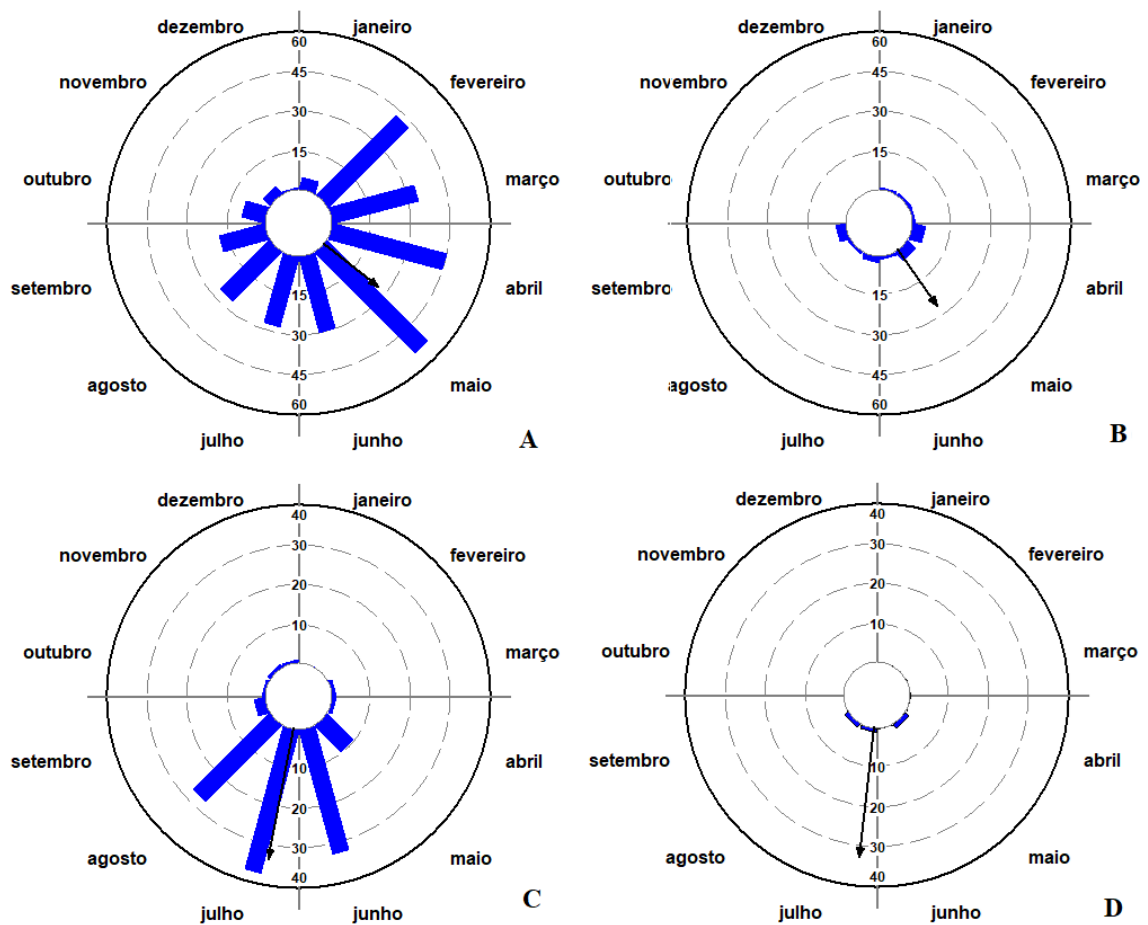
Observou-se dispersão em todos os reflorestamentos, com maiores índices de atividade

entre junho e agosto, enquanto apenas nos meses de janeiro e fevereiro, a fenofase não foi registrada (Fig. 8C). A dispersão apresentou baixo índice de atividade nos fragmentos florestais, destacando o mês de outubro no fragmento da Fazenda Congonhas (Fig. 8D). Não foi observada dispersão no fragmento do PEMG.



**Fig. 8:** Índice de atividade (linhas) e índice de intensidade de Fournier (barras) de fenologia reprodutiva de *Trichilia pallida* em reflorestamento (A, C) e fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A, B – fruto desenvolvido; C, D – dispersão. MC = Matas do Cici; CON = Fazenda Congonhas; PEMG = Parque Estadual Mata dos Godoy; ST = Fazenda Santo Antônio.

A fenofase frutos desenvolvidos foi considerada fracamente sazonal em ambas as áreas ( $p = 0,001$ ;  $r = 0,4$  e  $p = 0,009$ ;  $r = 0,4$ ), com data média em maio (Fig. 9A, B). Nos fragmentos florestais, a dispersão não foi sazonal ( $p = 0,1$ ;  $r = 0,8$ ), porém no reflorestamento foi altamente sazonal ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,8$ ) e data média em julho (Fig. 9C, D).



**Fig. 9:** Análise circular, com base no índice de intensidade de Fournier (colunas) para testar a ocorrência de sazonalidade das fenofases frutos desenvolvidos (A, B) e dispersão (C, D) em *Trichilia pallida* em reflorestamentos (A, C) e em fragmento florestal (B, D) de Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, registrado de setembro de 2018 a agosto de 2019. A seta representa o vetor  $r$  e indica o ângulo médio ( $\mu$ ).

### 1.3.3 Ciclo Foliar

Nos reflorestamentos, a folha com menor tempo de vida foi cinco meses, porém 38% dos indivíduos amostrados não apresentaram folhas novas no período de observação. Os indivíduos que exibiram folhas novas fizeram sua renovação foliar em aproximadamente 12 meses, e 14% apresentaram folhas mais longevas do que o ano de observação. Na floresta, a vida das folhas variou entre cinco a mais de 13 meses (tempo de observação), enquanto a vida foliar foi maior do que o tempo observado em 39% dos indivíduos.

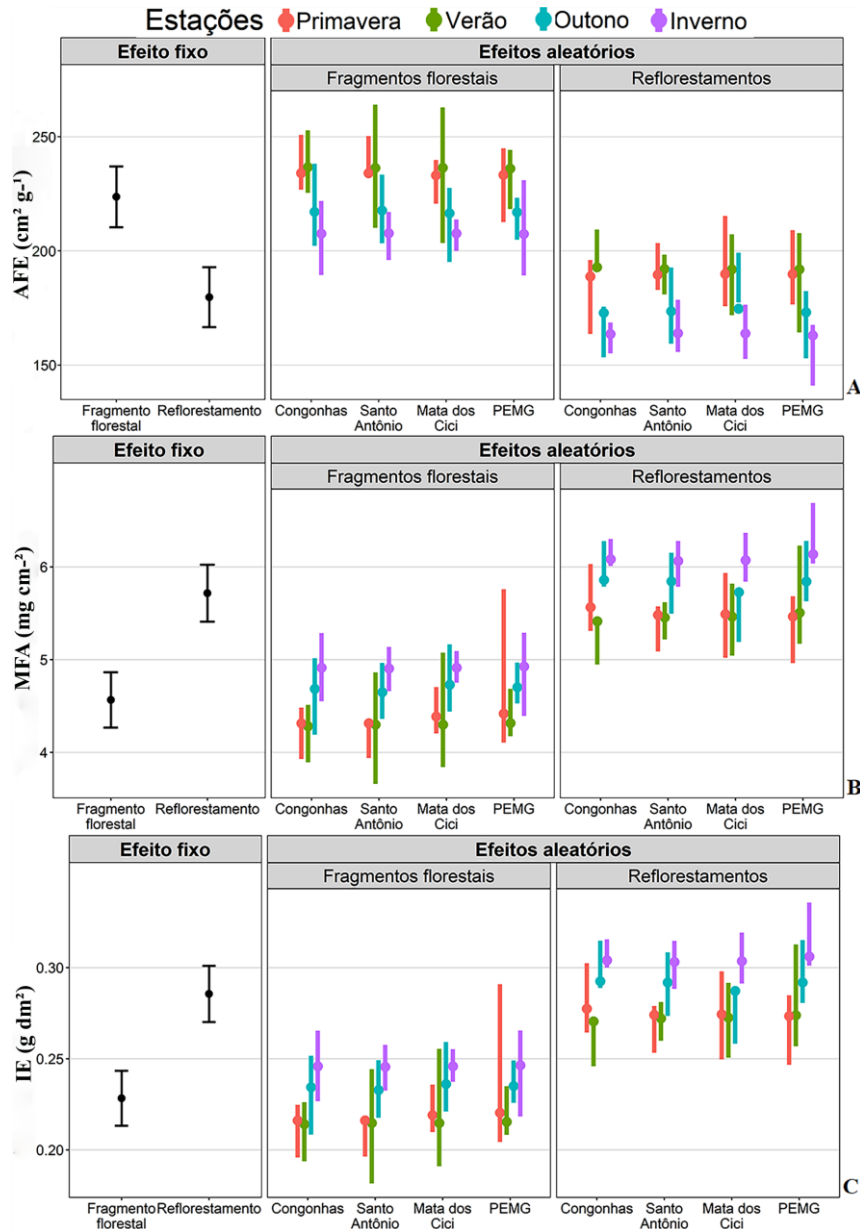
#### 1.3.4 Atributos Foliolares

Os folíolos de *Trichilia pallida* apresentaram variações morfológicas, de acordo com o ambiente em que os indivíduos estavam inseridos. Foi possível observar variações em AFE (df = 15,  $t$  value = -11,55), MFA (df = 15,  $t$  value = 10,59), IE (df = 15,  $t$  value = 10,66), SUC (df = 15,  $t$  value = 4,87) e DEN (df = 15,  $t$  value = 4,23) com valores de  $p < 0,01$ . Para o atributo CRA (df = 15,  $t$  value = 1,35,  $p = 0,2$ ), não houve diferença quando comparado o reflorestamento ( $78 \pm 1,14$  %) com fragmento florestal ( $76 \pm 1,66$  %).

A média da AFE dos reflorestamentos ( $179 \pm 3,87$  cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) foi menor do que a média dos fragmentos florestais ( $223 \pm 6,80$  cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) (Fig 10A). A segunda fonte de variação desse atributo é a estação, com desvio de 12,31 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, com o inverno apresentando um valor 16,08 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> menor em relação às médias das demais estações, enquanto o verão apresentou aumento na média de 12,57 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Fig. 10a). Como as outras fontes de variação apresentaram valores muito próximos de zero, foi considerado que não houve diferença entre as áreas em cada estação e os ambientes em cada área em cada estação.

Quanto à MFA, o reflorestamento apresentou média maior ( $5,72 \pm 0,11$  mg cm<sup>-2</sup>) em relação à média do fragmento florestal ( $4,56 \pm 0,15$  mg cm<sup>-2</sup>) (Fig. 10B) apresentando valores muito pequenos de efeitos aleatórios.

O valor médio do IE foi maior no reflorestamento ( $0,29 \pm 0,005$  g dm<sup>-2</sup>) que no fragmento florestal ( $0,23 \pm 0,008$  g dm<sup>-2</sup>) (Fig. 10C). Houve variação deste atributo no inverno aumentando em 0,017 g dm<sup>-2</sup> e com diminuição de 0,013 g dm<sup>-2</sup> durante o verão.



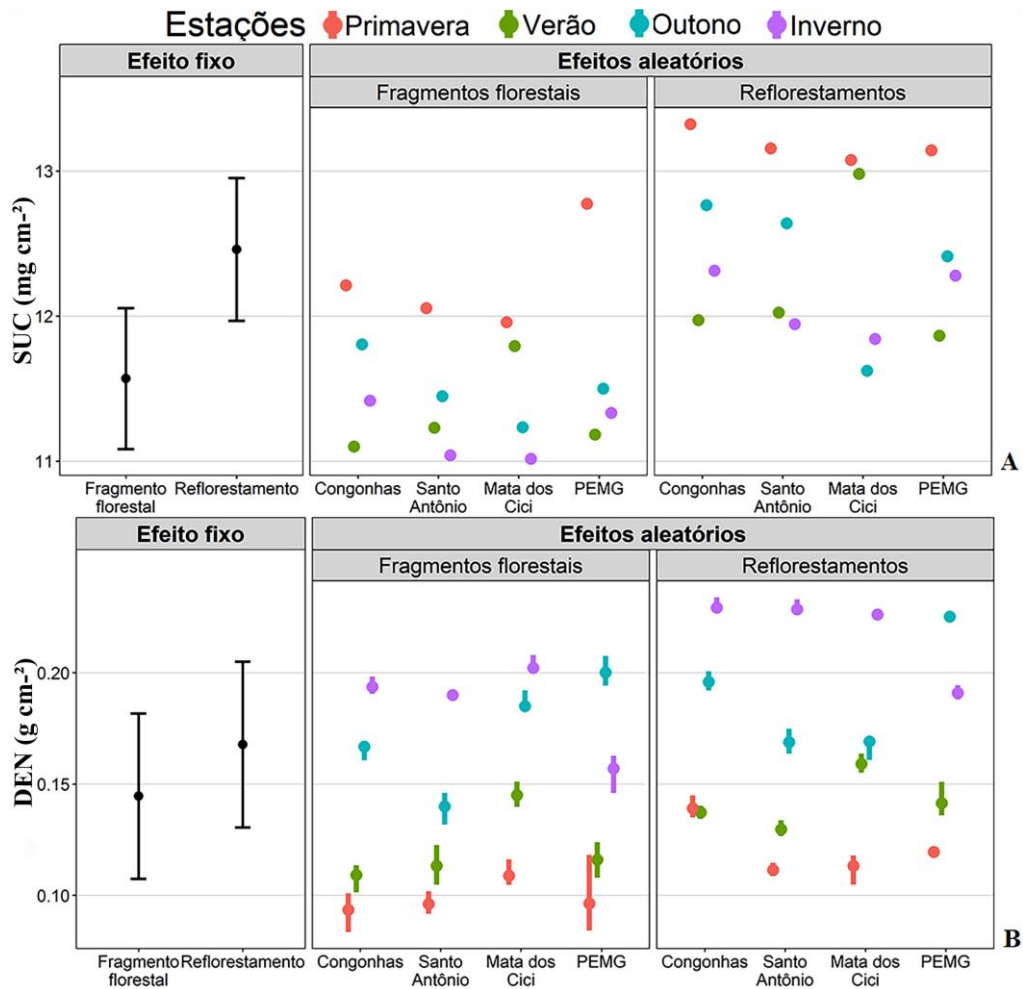
**Fig. 10:** Efeito do ambiente (efeito fixo) e dos efeitos aleatórios (indivíduo aninhado em ambiente e então em área e em estação) nos atributos foliares área foliar específica (AFE) (A), massa seca por unidade de área foliar (MFA) (B) e índice de esclerofilia (IE) (C) de *Trichilia pallida*, em Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil. Média e intervalo de confiança de 95% são mostrados para o efeito fixo. A ação dos efeitos aleatórios foi obtida com base na função *predict* do pacote MASS. As barras dos efeitos aleatórios indicam a variação proveniente dos indivíduos amostrados.

O atributo foliar SUC apresentou valores médios muito próximos, porém diferentes

significativamente entre reflorestamentos ( $12,46 \pm 0,18 \text{ mg cm}^{-2}$ ) e fragmentos florestais ( $11,57 \pm 0,25 \text{ mg cm}^{-2}$ ) (Fig. 11A). O efeito estação aumentou o atributo em  $0,5 \text{ mg cm}^{-2}$  nos fragmentos e reflorestamentos, na primavera. Quanto às áreas, o valor da Matas do Cici aumentou em  $0,4 \text{ mg cm}^{-2}$  (tanto no fragmento quanto no reflorestamento) no verão e, no outono houve diminuição no valor esperado pelo efeito fixo sendo a diminuição de  $0,4 \text{ mg cm}^{-2}$ .

A DEN apresentou maior média nos reflorestamentos ( $0,17 \pm 0,005 \text{ g cm}^{-2}$ ) em relação a sua média nos fragmentos florestais ( $0,14 \pm 0,019 \text{ g cm}^{-2}$ ) (Fig. 11B). Houve variação deste atributo no inverno aumentando em  $0,043 \text{ g cm}^{-2}$  e com diminuição de  $0,044 \text{ g cm}^{-2}$  durante a primavera.

A variação individual não foi considerada para os atributos funcionais, em razão da variabilidade genética dos indivíduos.



**Fig. 11:** Efeito do ambiente (efeito fixo) e dos efeitos aleatórios (indivíduo aninhado em ambiente e então em área e em estação) nos atributos foliares suculência (SUC) (A) e densidade (DEN) (B) de *Trichilia pallida*, em Floresta Estacional Semidecidual do norte do Paraná, sul do Brasil. Média e intervalo de confiança de 95% são mostrados para o efeito fixo. A ação dos efeitos aleatórios foi obtida com base na função predict do pacote MASS. As barras dos efeitos aleatórios indicam a variação proveniente dos indivíduos amostrados.

#### 1.4 DISCUSSÃO

O ritmo fenológico apresentado por *T. pallida* no norte do Paraná caracterizou-se pela ocorrência sequencial das diferentes fenofases: a queda de folhas ocorreu principalmente na

estação seca (julho–agosto), o brotamento no final da estação seca e início da estação chuvosa (setembro), a floração na estação chuvosa (janeiro–março) e o desenvolvimento dos frutos ocorreu na transição da estação úmida para seca (maio) e a dispersão na estação seca (julho).

O pico de atividade do brotamento (setembro) coincidiu com o pico de atividade da comunidade arbórea do PEMG (Perina et al. 2019). Schmitt (2013) relatou indivíduos de *Trichilia pallida* com brotação continuada na estação úmida, o que não foi registrado neste estudo. Borchert et al. (2002) ressaltam que a abscisão foliar pode funcionar como estímulo para a fenofase brotamento, promovendo a quebra de dormência das gemas vegetativas pela inibição correlativa, que é o fenômeno do efeito inibidor exercido por uma parte da planta sobre o crescimento e o desenvolvimento de outra parte (Wu et al. 2017). Outra explicação levantada pelos autores é a redução da perda de água por transpiração, em razão da abscisão foliar, o que permitirá, com o tempo, a reidratação da planta, promovendo a quebra de dormência das gemas (Borchert et al. 2002). Portanto, o fato da fenofase brotamento ser sazonal apenas nos reflorestamentos pode estar relacionado à abscisão foliar mais acentuada nestes locais .

A abscisão foliar sazonal vem sendo associada ao período mais seco do ano em diversas fitofisionomias do Bioma Mata Atlântica (Parolin 2001; Lins e Nascimento 2010; Perina et al. 2019). Na região do sítio PELD, onde foi desenvolvido este estudo, a estação de menor disponibilidade hídrica é coincidente com o fotoperíodo mais curto e temperaturas mais baixas. Perina et al. (2019) estudando uma comunidade arbórea na mesma região, sugeriram que as três variáveis podem atuar como gatilhos para esta fenofase. Estudos sugerem que o pico de atividade de abscisão foliar no inverno tem como valor adaptativo prévio evitar a desidratação das plantas (Campos 2007; Rubim et al. 2010; Brito Neto et al. 2018; Bassaco e Nogueira 2019).

Os picos mais elevados de queda foliar nos reflorestamentos podem estar relacionados à alta demanda evaporativa. Isto pode ocorrer devido às condições atmosféricas e estruturais do ambiente (maior espaçamento entre os indivíduos), tornando o reflorestamento um ambiente

com menor umidade relativa do ar e do solo (Cury 2009), resultando em declínio na disponibilidade de água no solo (ver Bianchini et al. 2001). Outro fator que pode estar relacionado à queda foliar é a diminuição da temperatura (Borchert et al. 2002), assim como a maior ação dos ventos nos reflorestamentos por serem mais abertos. Porém, como a queda de folhas ocorreu de forma sincronizada, similar ao observado em *Copaifera langsdorffii* Desf (Pedroni et al. 2002), sugere que a diminuição da pluviosidade também seja um fator desencadeador da abscisão foliar.

Locais com maior disponibilidade de energia luminosa (reflorestamento), os estudos evidenciam menores valores de AFE (Markesteijn et al. 2007; Sarijeva et al. 2007; Rossatto et al. 2013; Vitoria et al. 2016), corroborando o observado no presente estudo, onde a AFE do fragmento florestal foi em média  $43 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  maior do que do reflorestamento. Folhas com menores AFE podem reduzir a transpiração (Valladares e Niinemets 2008) diminuindo a perda de água, contribuindo para a sobrevivência das plantas em ambiente com limitação hídrica (Taiz et al. 2017). Resultados semelhantes podem ser encontrados em estudos realizados em restinga (Bächtold e Melo Júnior 2015) e em plantas jovens de *Caesalpinia echinata* Lam., *Cariniana legalis* (Martius) Kuntze e *Genipa americana* L. submetidas à diferentes níveis de luz (Lima et al. 2010). Entretanto, encontrou-se maior valor de AFE em restinga herbácea em comparação a valores estabelecidos em populações de restinga arbustiva e arbustivo-arbórea (Cabral et al. 2018).

A AFE é um atributo com elevada plasticidade e está conectada às condições ambientais, sobretudo à disponibilidade luminosa (Boeger e Wisniewski 2003), constituindo uma variável relevante para a estratégia de sobrevivência das plantas (Garnier et al. 2001). Portanto, em ambientes mais sombreados (fragmentos), os indivíduos possuem maior AFE, já que as plantas precisam de maior capacidade de interceptação da luz disponível que chega as folhas (Wilson et al. 1999; Vendramini et al. 2002; Boeger et al., 2009; Moraes et al. 2017).

Os indivíduos dos fragmentos florestais apresentaram menor valor de MFA, quando comparado aos reflorestamentos. Como observado nos fragmentos florestais neste estudo, plantas com alto AFE, geralmente têm baixos valores de MFA e possuem maior disponibilidade hídrica (Wright e Cannon 2001; Niinemets e Kull 2003). Já os indivíduos dos reflorestamentos, com baixo AFE, investiram em tecidos mecânicos (Poorter e Jong 1999), tornando os folíolos menos vulneráveis aos estresses (Reich et al. 1999, Dahlgren et al. 2006). Essas folhas estruturalmente mais fortes são mais bem protegidas contra danos mecânicos promovidos por fatores abióticos (vento, granizo, estresse hídrico) ou bióticos (herbivoria) (Perez-Harguindeguy et al. 2013).

Assim como a esclerofilia que geralmente está relacionada à possível defesa contra estresses ambientais (Boeger e Wisniewski 2003, Hanley et al. 2007), adaptação para conservação de água (Gonçalves-Alvim et al. 2006) e alta intensidade luminosa no ambiente (Boeger e Wisniewski 2003; Guerra e Scremin-Dias 2018). Embora não sejam esclerófilas, as folhas dos reflorestamentos apresentaram maior IE, possivelmente por ser um ambiente mais iluminado e com menor disponibilidade hídrica, quando comparado aos fragmentos. Boeger e Wisniewski (2003) constataram maior grau de esclerofilia no estágio inicial, comparando três estágios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa no Sul do Brasil. Estes autores relacionaram este maior grau de esclerofilia às condições microclimáticas da área em estágio inicial de sucessão, como dossel mais aberto e com clareiras, maior temperatura e menor umidade relativa do ar comparado com os demais estágios sucessionais. Similarmente, os reflorestamentos, que possuem dossel menos denso, apresentaram maior IE, possivelmente aumentando a prevenção de possíveis perdas foliares em decorrência tanto de fatores abióticos (como o vento) como bióticos (por exemplo, patógenos), assim como foi sugerido por Boeger e Wisniewski (2003) e Hanley et al. (2007).

Um fator que deve ser considerado relevante para a SUC é a luminosidade. A suculência

está relacionada à espessura da folha, e folhas mais espessas são comuns em ambientes com alta intensidade luminosa (Niinemets 2001). Esse mecanismo decorre do possível incremento dos parênquimas fotossintetizantes (Musil et al. 2002; Amorim e Melo Júnior 2016), o que explicaria, embora não tão pronunciada, a maior SUC no reflorestamento. A SUC pode refletir também a capacidade de armazenamento de água na folha (Rosado e Mattos 2007).

A DEN é outro atributo ligado a disponibilidade hídrica, já que o grau de hidratação do ambiente influencia na produção de um mesófilo menos ou mais denso (Marschner 1996). Portanto a menor densidade foliar nos fragmentos pode ser resultante do maior teor de água e menor investimento em tecido mecânico no mesófilo foliar (Cabral et al. 2018), visto que o fragmento é um ambiente mais úmido e suas folhas tem menores MFA. Isso, aliado ao fato que CRA não diferiu entre as folhas dos indivíduos nos dois ambientes, sugere-se que não houve limitação hídrica em ambos os ambientes. Porém a CRA pode indicar que os indivíduos do reflorestamento estão mais sujeitos ao estresse hídrico foliar que os indivíduos dos fragmentos. Por isto, aumentam o acúmulo de água na folha.

Em relação a segunda fonte de variação que foi mais representativa (as estações), no verão houve aumentos da AFE e da SUC. Como a umidade é maior no verão, a suculência pode ser aumentada pela capacidade de armazenamento de água na folha (Rosado e Mattos 2007). Embora a luminosidade seja maior no verão, o maior valor de AFE pode estar relacionado ao dossel mais fechado (maior cobertura de folhas) nessa estação (Bianchini et al. 2001), com a irradiância diminuindo exponencialmente à medida que atravessa o dossel mais denso. Locais mais sombreados apresentam maiores valores de AFE (Bote et al. 2018; Jardim et al. 2018; Liu et al. 2019; Melo Júnior et al. 2019).

A floração mais pronunciada no reflorestamento pode estar relacionada à maior luminosidade do ambiente, o que faz com que os indivíduos ali presentes tenham maior atividade fotossintética e, conseqüentemente, mais energia disponível para aumentar a

produção de flores. A floração dos indivíduos na estação chuvosa sugere que a precipitação pode estar relacionada a esta fenofase, assim como o aumento do fotoperíodo e da temperatura, como observado por estudos realizados em Floresta Estacional Semidecidual no Paraná (Mikich e Silva 2001; Bianchini et al. 2006; Perina et al. 2019) e no sudeste do Brasil (Morellato et al. 1989; Morellato 1991; Ferraz et al. 1999; Talora e Morellato 2000; Pedroni et al. 2002).

O aumento da decomposição da serapilheira, dado ao aumento das chuvas e temperatura, e a consequente disponibilização de nutrientes para as árvores, pode favorecer o florescimento durante esse período (Morellato et al. 2000; Bencke e Morellato 2002).

O término do desenvolvimento do fruto no início da estação seca e a dispersão das sementes na transição da estação seca para a chuvosa, observada neste estudo, pode ser vantajosa para a espécie *T. pallida*. O pericarpo pode sofrer desidratação no período seco, levando a abertura do fruto e a exposição das sementes ariladas. Desidratação intensa do pericarpo foi observado em frutos maduros de *Bidens gardneri* Baker e *Bidens pilosa* L. (Julio e Oliveira 2009) e espécies anemocóricas e autocóricas apresentaram dispersão altamente sazonal no meio ou no final do período seco em FES no norte do Paraná (Perina et al. 2019). As sementes dispersas encontrarão condições mais favoráveis para a germinação na estação chuvosa, proporcionado pela maior disponibilidade de água no solo e temperaturas mais elevadas (Van Schaik et al. 1993), o que pode aumentar suas chances de germinação (Frankie et al. 1974). Entretanto, em regiões não marcadamente sazonais, Morellato et al. (2000) destaca que a ocorrência da frutificação em período seco e frio pode reduzir a mortalidade das sementes, pois nesse período ocorre menor atividade de patógenos e de predadores.

## 1.5 CONCLUSÃO

A variação da fenologia e atributos foliares em indivíduos de *Trichilia pallida* em ambientes

diferentes de Floresta Estacional Semidecidual Submontana demonstra o potencial plástico da espécie. Para o estabelecimento em locais mais iluminados, como as áreas de restauração, indivíduos dessa espécie apresentaram menor ciclo de vida foliar, além de maior intensidade de brotamento e abscisão foliar. Também não houve sincronia das fenofases reprodutivas entre reflorestamento e fragmento florestal, pois estas ocorreram antecipadamente nos reflorestamentos em comparação aos fragmentos florestais. Entretanto, as fenofases vegetativas apresentaram alta sincronia. Portanto, a primeira hipótese foi aceita enquanto que a segunda foi parcialmente aceita.

Foram observadas menores médias de AFE e maiores de MFA, IE, SUC e DEN no reflorestamento, relacionadas principalmente à maior luminosidade resultante da menor complexidade estrutural do dossel. Portanto, a terceira hipótese foi aceita. Como a CRA, uma das variáveis mais fortemente relacionadas à questão hídrica, não apresentou diferença entre os reflorestamentos e os fragmentos florestais, sugere-se que *Trichilia pallida* tem mecanismos para maximizar a utilização da água no reflorestamento.

As diferenças na fenologia e os atributos foliares entre os indivíduos de *Trichilia pallida* demonstram variações estratégicas para sua sobrevivência em cada ambiente. Com isso a continuação dos estudos buscando a compreensão das respostas das plantas às variações locais na disponibilidade de recursos é pertinente para o entendimento do equilíbrio e dinâmica das populações dessa espécie.

## REFERÊNCIAS

- Andreacci F, Botosso PC, Galvão F (2017) Fenologia vegetativa e crescimento de *Cedrela fissilis* na Floresta Atlântica, Paraná, Brasil. *Floresta e Ambiente* 24:e20150241. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.024115>.
- Amorim IL, Sampaio EVSB, Araújo EL (2009) Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga do Seridó, RN. *R Árvore* 33(3):491-499.
- Amorim MW, Melo Júnior JCF (2016) Plasticidade morfológica de *Myrcia splendens* (Sw.) CD. (Myrtaceae) ocorrente em Mata Atlântica e Cerrado. *Iheringia – Sér Bot* 71(3):261-268.
- Aronson J, Durigan G, Brancalion PH (2011) Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica. *Instituto Florestal Sér Registro* 44:1-38.
- Bächtold BA, Melo Júnior JC (2015) Plasticidade morfológica de *Calophyllum brasiliense* Camb. (Calophyllaceae) em duas formações de restinga no sul do Brasil. *Acta Biol Catarinense* 2(2):21-32.
- Baraloto C, Paine CET, Poorter L, Beauchene J, Bonal D, Domenach AM, Hérault B, Patiño S, Roggy JC, Chave J (2010) Decoupled leaf and stem economics in rain forest trees. *Ecol Lett* 13:1338-1347.
- Bassaco MVM, Nogueira AC (2019) Comportamento fenológico de *Sebastiania brasiliensis* em Floresta Ombrófila Mista Aluvial. *Biotemas* 32(2):45-53.
- Bencke CSC, Morellato PC (2002) Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Rev Bras Bot* 25(2):237-248.
- Bianchini E, Emmerick JM, Messeti AVL, Pimenta JA (2015) Phenology of two *Ficus* species in seasonal semi-deciduous forest in Southern Brazil. *Braz J Biol* 75(4):S206-S214.
- Bianchini, E, Pimenta, JA, Santos, FAM (2001) Spatial and temporal variation in the canopy cover in a Tropical Semi-Deciduous Forest. *Braz Arch Biol Technol* 44(3):269-276.

- Bianchini, E, Pimenta, JA, Santos, FAM (2006) Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. *Rev Bras Bot* 29(4):595–602.
- Boeger MRT, Biu C, Goldenberg R (2009) Arquitetura foliar comparativa de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Bot Bras* 23(3):657–665.
- Boeger MRT, Wisniewski C (2003) Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. *Rev Bras Bot* 26(1):61–72.
- Bolker BM, Brooks ME, Clark CJ, Geange SW, Poulsen JR, Stevens MHH, White JSS (2009) Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends Ecol Evol* 24:127–135.
- Borchert R, Calle Z, Strahler AH, Baertschi A, Magill RE, Broadhead JS, Kamau J, Njoroge J, Muthuri C (2015) Insolation and photoperiodic control of tree development near the equator. *New Phytol* 205:7–13.
- Borchert R, Rivera G, Hagnauer W (2002) Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. *Biotropica* 34(1):27–39.
- Bote AD, Ayalew B, Ocho FL, Anten NPR, Vos J (2018) Analysis of coffee (*Coffea arabica* L.) performance in relation to radiation levels and rates of nitrogen supply I. Vegetative growth, production and distribution of biomass and radiation use efficiency. *Eur J Agron* 92:115–122.
- Brito Neto RL, Araújo EIP, Maciel CMS, Paula A, Tagliaferre C (2018) Fenologia de *Astronium graveolens* Jacq. em Floresta Estacional Decidual em Vitória da Conquista, Bahia. *Ciênc Florest* 28(1):641–650.
- Cabral RDC, Melo Junior JCF, Matilde-Silva M (2018) Plasticidade morfoanatômica foliar em

- Smilax campestris* (Smilacaceae) em gradiente ambiental de restinga, SC, Brasil. *Hoehnea* 45(2):173–183.
- Campos EP (2007) Fenologia e chuva de sementes em Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Cavalheiro AL, Torezan JMD, Fadelli L (2002) Recuperação de áreas degradadas: procurando por diversidade e funcionamento dos ecossistemas. In: Medri ME, Bianchini E, Shibatta OA, Pimenta JA (eds) A bacia do rio Tibagi. Edição dos editores, Londrina, pp. 213–224.
- Chagas RK, Durigan G, Contieri WA, Santos M (2004) Crescimento diametral de espécies arbóreas em Floresta Estacional Semidecidual ao longo de seis anos. In: Boas OV, Durigan G (eds) Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista (resultado da Cooperação Brasil/Japão). 1 ed. Páginas e Letras, São Paulo, pp. 265–289.
- Cornelissen JHC, Lavorel S, Garnier E, Díaz S, Buchmann N, Gurvich DE, Reich PB, Ter Steege H, Morgan HD, Van Der Heijden MGA, Pausas JG, Poorter H (2003) A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Aust J Bot* 51:335–380.
- Cury RTS (2009) Limitações para a emergência e o estabelecimento de plântulas: remoção de sementes e microclima. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Dahlgren JP, Eriksson O, Bolmgren K, Strindell M, Ehrlén J (2006) Specific leaf area as a superior predictor of changes in field layer abundance during forest succession. *Int Assoc Veg Sci* 17:577–582.
- Derroire G, Powers JS, Hulshof CM, Varela LEV, Healey JR (2018) Contrasting patterns of leaf trait variation among and within species during tropical dry forest succession in Costa Rica. *Scie Rep* 8:285 Doi:10.1038/s41598-017-18525-1.

- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2007) Mapa de solos do Paraná. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79053/1/doc96-2007-parana-final.pdf>>
- Falcão HM, Medeiros CD, Almeida-Cortez J, Santos MG (2017) Leaf construction cost is related to water availability in three species of different growth forms in a Brazilian tropical dry forest. *Theor Exp Plant Physiol* 29:95–108.
- Fenner M (1998) The phenology of growth and reproduction in plants. *Persp Plant Ecol Evol Syst* 1(1):78–91.
- Ferraz DK, Artes R, Mantovani W, Magalhães LM (1999) Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. *Rev Bras Bot* 59(2):305–317.
- Flora do Brasil (2020) Meliaceae. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10011>>. Acesso em: 18 Nov 2019
- Flores TB, Souza VC, Coelho RLG (2017) Flora do Espírito Santo: Meliaceae. *Rodriguésia* 68(5):1693–1723.
- Fournier LA (1974) Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24:422–423.
- Frankie GW, Baker HG, Opler PA (1974) Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *J Ecol* 62:881–913.
- Fox J, Weisberg S. (2019) *An R companion to applied regression*, 3<sup>rd</sup> Ed. Thousand Oaks, CA. <<http://tinyurl.com/carbook>>
- Garnier E, Laurent G, Bellmann A, Debain S, Berthelie P, Ducout B, Roumet C, Navas M-L (2001) Consistency of species ranking based on functional leaf traits. *New Phytol* 152:69–83.

- Gonçalves-Alvim SJ, Korndorf G, Fernandes GW (2006) Sclerophylly in *Qualea parviflora* (Vochysiaceae): influence of herbivory, mineral nutrients, and water status. *Plant Ecol* 187:153–162.
- Guerra A, Scremin-Dias E (2018) Leaf traits, sclerophylly and growth habits in plant species of a semiarid environment. *Braz J Bot* 41:131–144.
- Hanley ME, Lamont BB, Fairbanks MM, Rafferty CM (2007) Plant structural traits and their role in anti-herbivore defense. *Persp Plant Ecol Evol Syst* 8(4):157–178.
- Iapar – Instituto Agronômico do Paraná (2019) Atlas Climático do Estado do Paraná. (Acessado em 27 de Julho de 2019 <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>)
- Jardim RIL, Silva MM, Melo Júnior JCF (2018) Efeito do Gradiente de luminosidade sobre respostas estruturais de *Hyeronima alchorneoides* (Phyllanthaceae) em ambiente florestal. *Rev Bras Geog Fís* 11(03):913–923.
- Julio PGS, Oliveira DMT (2009) Morfoanatomia comparada e ontogênese do pericarpo de *Bidens gardneri* Baker e *B. pilosa* L. (Asteraceae). *Rev Bras Bot* 32(1):109–116.
- Johnen L (2013) Biologia Reprodutiva de *Trichilia pallida* Sw; no Parque Estadual Mata dos Godoy. Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Kovach WL (1994) Oriana for Windows, version 1.06. Kovach Computing Service, Wales.
- Lima MAO, Mielke MS, Lavinsky AO, França S, Almeida AAF, Gomes FP (2010) Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. *Sci For* 38(87):527–534.
- Lins BLA, Nascimento MT (2010) Fenologia de *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) em uma Floresta Estacional Semidecidual do norte fluminense, Brasil. *Rodriguésia* 61(3):559–568.

- Liu Z, Jiang F, Li F, Jin G (2019) Coordination of intra and inter-species leaf traits according to leaf phenology and plant age for three temperate broadleaf species with different shade tolerances. *For Ecol Manag* 434:63–75.
- Londrina (2019) Parque Estadual Mata dos Godoy. Secretaria Municipal de Ambiente de Londrina, Londrina. Disponível em [http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=247&Itemid=194](http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=247&Itemid=194)
- Marschner H (1996) Mineral nutrition of higher plants. second edition. 889pp. London: Academic Press (paperback). *Annals of Botany* 78:523–528.
- Markesteyn L, Poorter L, Bongers F (2007) Light-dependent leaf trait variation in 43 Tropical Dry Forest tree species. *Am J Bot* 94(4):515–525.
- Melo Júnior JCF, Gonçalves TM, Jardim RIL (2019) Adaptações estruturais e potencial plástico de *Schinus terebinthifolia* Raddi. (Anacardiaceae) em diferentes formações de restinga. *Rev Bras Geog Fís* 12(06):2218–2238.
- Mikich SB, Silva SM (2001) Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual no Centro-Oeste do Paraná, Brasil. *Acta Bot Bras* 15(1):89–113.
- Mokake SE, Chuyong GB, Egbe AE, Tabot PT, Jumbam B, Biyon BJN, Dibong SD (2018) Plant reproductive phenology following selective logging in a semideciduous tropical forest in the East Region of Cameroon. *J Appl Biosci* 128:12901–12919.
- Moraes ACS, Vitória AP, Rossatto DR, Miranda Ld'AP, Funch LS (2017) Leaf phenology and morphofunctional variation in *Myrcia splendens* DC. (Myrtaceae) in gallery forest and “campo rupestre” vegetation in the Chapada Diamantina, Brazil. *Braz J Bot* 40(2):439–450.
- Morellato LPC (1991) Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta

semidecídua no sudeste do Brasil. Tese de Doutorado em Ecologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Morellato LPC, Rodrigues RR, Leitão Filho HF, Joly CA (1989) Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e Floresta Mesófila Semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí. *Rev Bras Bot* 12:85–98.

Morellato LPC, Talora DC, Takahasi A, Bencke CC, Romera EC, Zipparo VB (2000) Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32(4b):811–823.

Musil CF, Chimphango SBM, Dakora FD (2002) Effects of elevated Ultraviolet-B radiation on native and cultivated plants of Southern Africa. *Ann Bot* 90:127–137.

Niinemets U (2001) Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density and thickness in trees and shrubs. *Ecology* 82(2):453–469.

Niinemets U, Kull K (2003) Leaf structure vs. nutrient relationship vary with soil conditions in temperate shrubs and trees. *Acta Oecol* 24:209–219.

Parolin P (2001) Morphological and physiological adjustments to waterlogging and drought in seedlings of Amazonian floodplain trees. *Oecologia*, 128:326–335.

Pastore JA. (2003) Meliaceae In: Wanderley MGL, Shepherd GJ, Melhem TS, Giulietti AM, Kirizawa M (eds.) *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. Instituto de Botânica, São Paulo, pp. 3:225–240. ISBN 85-7523-054-9 (online)

Pedroni F, Sanchez M, Santos FAM (2002) Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma Floresta Semidecídua no sudeste do Brasil. *Rev Bras Bot* 25(2):183–194.

Pérez-Harguindeguy N, Díaz S, Garnier E, Lavorel S, Poorter H, Jaureguiberry P, Bret-Harte MS, Cornwell WK, Craine JM, Gurvich DE, Urcelay C, De Vos AC, Buchmann N, Funes G, Quétier F, Hodgson JG, Thompson K, Morgan HD, Ter Steege H, Van Der Heijden MGA, Sack L, Blonder B, Poschlod P, Vaieretti MV, Conti G, Staver AC,

- Aquino S, Cornelissen JHC (2013) New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Aust J Bot* 61:167–234.
- Perina BB, Liboni AP, Montanher DR, Messetti AVL, Pimenta JA, Bianchini E (2019) Phenology of the tree community in a seasonal forest in southern Brazil. *Braz J Bot* 42(3):477–490.
- Pimenta JA, Rossi LB, Torezan JMD, Cavalheiro AL, Bianchini E (2011) Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma Floresta Estacional Semidecidual no sul do Brasil. *Acta Bot Bras* 25(1):53–57.
- Pinheiro MHO, Monteiro R (2009) Análise estrutural e considerações sobre a dinâmica sucessional de dois fragmentos Florestais Semidecíduais do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP, Brasil. *Acta Bot Bras* 23(4): 968–975.
- Pirani FR, Sanchez M, Pedroni F (2009) Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. *Acta Bot Bras* 23(4):1096–1109.
- Poorter L, Bongers F (2006) Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. *Ecology* 87(7):1733–1743.
- Poorter H, Jong R (1999) A comparison of specific leaf area, chemical composition and leaf construction costs of field plants from 15 habitats differing in productivity. *New Phytol* 143:163–176.
- R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org/>
- Reich PB, Ellsworth DS, Walters MB, Vose JM, Gresham C, Volin JC, Bowman WD (1999) Generality of leaf traits relationships: a test across six biomes. *Ecology* 80:1955–1969.
- Reich PB, Walters MB, Ellsworth DS (1991) Leaf lifespan as a determinant of leaf structure and function among 23 amazonian tree species. *Oecologia* 86:16–24.
- Rizzini CT (1997) Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e

florísticos. Âmbito Cultural, Rio de Janeiro, p 154.

Rosado BHP, Mattos EA (2007) Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. *Acta Bot Bras* 21(3):741–752.

Rossatto DR, Hoffmann WA, Carvalho RSL, Haridasan M, Sternberg LSL, Franco AC (2013) Seasonal variation in leaf traits between congeneric savanna and forest trees in Central Brazil: implications for forest expansion into savanna. *Trees* 27:1139–1150.

Rubim P, Nascimento HEM, Morellato LP (2010) Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de Floresta Semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Bot Bras* 24(3):756–764.

Sarijeva G, Knapp M, Lichtenthaler HK (2007) Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus*. *J Plant Physiol* 164:950–955.

Schlichting CD (1986) The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Ann Rev Ecol Syst* 17:667–93.

Schmitt VER (2013) Fenologia e sistemas reprodutivos de espécies da família Meliaceae em uma Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

Silva WM, Zorzanelli JPF, Moreau JS, Abreu KMP, Kunz SH (2017) Estrutura e sucessão ecológica de uma comunidade florestal urbana no sul do Espírito Santo. *Rodriguésia* 68(2):301–314.

Souza DNN, Camacho RGV, Mello JIM, Rocha LNG, Silva NF (2015a) Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Biotemas* 27(2):31–42.

Souza BC, Oliveira RS, Araújo FS, Lima ALA, Rodal MDN (2015b) Divergências funcionais

e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. *Rodriguésia* 66(1):021–032.

Suganuma MS, Torezan JMD, Cavalheiro AL, Vanzela ALL, Benato T (2008) Comparando metodologias para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. *R Árvore* 32(2):377–385.

Taiz L, Zaiguer E (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* 6. ed. Artmed, Porto Alegre

Talora DC, Morellato PC (2000) Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Rev Bras Bot* 23(1):13–26.

Toniato MTZ, Leitão Filho HF, Rodrigues RR (1998) Fitossociologia de um remanescente de Floresta Higrófila (mata de brejo) em Campinas, SP. *Rev Bras Bot* 21(2):197–210.

Valladares F, Niinemets Ü (2008) Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 39:237–257.

Van Schaik CP, Terborgh JW, Wright SJ (1993) The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annu Rev Ecol Syst* 24(1):353–377.

Venables WN, Ripley BD (2002) *Modern applied statistics with S*. 4<sup>th</sup> Ed. Springer, New York

Vendramini F, Díaz S, Gurvich DE, Wilson PJ, Thompson K, Hodgson JG (2002) Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with succulent species. *New Phytol* 154:147–157.

Vergutz L, Manzoni S, Porporato A, Novais RF, Jackson RB (2012) Global resorption efficiencies and concentrations of carbon and nutrients in leaves of terrestrial plants. *Ecol Monogr* 82(2):205–220.

Violle C, Navas M-L, Vile D, Kazakou E, Fortunel C, Hummel I, Garnier E (2007) Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116:882–892.

Vitoria AP, Vieira TDO, Camargo PDB, Santiago LS (2016) Using leaf  $\delta^{13}\text{C}$  and

photosynthetic parameters to understand acclimation to irradiance and leaf age effects during tropical forest regeneration. *For Ecol Manag* 379:50–60.

Wilson PJ, Thompson K, Hodgson JG (1999) Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytol* 143:155–162.

Witkowski ETF, Lamont BB (1991) Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia* 88:486–493.

Wright IJ, Cannon K (2001) Relationships between leaf lifespan and structural defenses in a low-nutrient, sclerophyll flora. *Funct Ecol* 15:351–359.

Wu R, Wang T, Warren BAW, Allan AC, Macknight RC, Varkonyi-Gasic E (2017) Kiwifruit SVP2 gene prevents premature budbreak during dormancy. *J of Exp Bot* Vol. 68(5):1071–1082.

Zar JH (1999) *Biostatistical analysis* 4<sup>th</sup> ed. Prentice-Hall, New Jersey



