

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

JOÃO FRANCISCO RIBEIRO DE CAMPOS AMORIM

COMO A MASSA FOLIAR ESPECÍFICA PODE DETERMINAR AS TAXAS DE
CRESCIMENTO RELATIVO DE ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS NO
INÍCIO DO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS?

SÃO CARLOS

2020

JOÃO FRANCISCO RIBEIRO DE CAMPOS AMORIM

COMO A MASSA FOLIAR ESPECÍFICA PODE DETERMINAR AS TAXAS DE
CRESCIMENTO RELATIVO DE ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS NO
INÍCIO DO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS?

Monografia apresentada como pré-requisito para a conclusão do curso de graduação em Gestão e Análise Ambiental, Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos.

Orientadora: Profa. Dra. Andréa Lúcia Teixeira de Souza

SÃO CARLOS

2020

JOÃO FRANCISCO RIBEIRO DE CAMPOS AMORIM

COMO A MASSA FOLIAR ESPECÍFICA PODE DETERMINAR AS TAXAS DE
CRESCIMENTO RELATIVO DE ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS NO
INÍCIO DO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS?

Monografia aprovada como pré-requisito para a conclusão do curso de graduação em Gestão e Análise Ambiental, Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Andréa Lúcia Teixeira de Souza / Dcam - UFSCar

Prof. Dr. Luciano Elsinor Lopes / Dcam - UFSCar

RESUMO

As mudanças no uso do solo através de desmatamento e a degradação de florestas tem resultado em grandes perdas de biodiversidade e das funções e serviços ecossistêmicos e reconhecimento da importância de florestas resultou em diversas ações para a sua restauração. As taxas de crescimento das plantas pode ser fortemente relacionada com a área foliar por unidade de massa seca (AFE) que reflete a capacidade fotossintética por unidade de área foliar. No entanto, outros atributos como a área superficial da copa podem contribuir para a capacidade fotossintética das plantas. O objetivo deste estudo é avaliar a influência da AFE (área foliar específica) e os atributos da copa nas taxas de crescimento das plantas de onze espécies arbóreas tropicais reintroduzidas numa área degradada. Para cada espécie, cinco indivíduos foram marcados para o monitoramento do crescimento ao longo de um ano, medindo o número total de folhas, três medidas de copa (altura, maior diâmetro da copa e o diâmetro ortogonal ao maior diâmetro). De cada indivíduo, duas folhas expandidas foram coletadas para a estimativa da AFE. As folhas foram fotografadas, para a estimativa da área foliar, e pesadas (massa fresca), e então deixadas em estufa, para estimativa da massa seca. A AFE é a razão entre a área foliar e a massa seca. Cinco modelos foram avaliados para determinar a influência dos atributos de copa na relação entre AFE e as taxas de crescimento em altura das plantas: {I} - considerando apenas a AFE; {II} – FMA (fração da massa aérea) multiplicada pela AFE; {III} - APC (área de projeção da copa) multiplicada pela AFE; {IV} - ASC (área superficial da copa) multiplicada pela AFE e {V} – MS (massa da semente). A seleção dos modelos foi feita segundo o critério de Akaike corrigido. O modelo III, relação entre a TCR e a AFE x APC, foi o que melhor explicou a taxa de crescimento dos indivíduos, seguido pelo modelo IV, mostrando que quanto maior é a área foliar, a área de projeção da copa e a área superficial da mesma, maior é a taxa de crescimento relativo das espécies. Além disso, o modelo V mostrou que plantas de sementes grandes produzem APC e ASC pequenas, comprometendo a TCR.

Palavras-Chave: Biomonitoramento, áreas degradadas, atributos da copa de espécies arbóreas.

ABSTRACT

Changes in land use through deforestation and forest degradation have resulted in great losses of biodiversity and ecosystem functions and services and recognition of the importance of forests has resulted in several actions for their restoration. Plant growth rates can be strongly related to the leaf area per dry mass unit (SLA) which reflects the photosynthetic capacity per leaf area unit. However, other crown attributes such as the projection area of the crown, the surface area of the crown and the number of leaves can contribute to the photosynthetic capacity of the plants and thus influence the growth rates. The objective of this study is to evaluate the influence of SLA and the attributes of the crown on the growth rates of the plants of eleven tropical tree species reintroduced in a degraded area. For each species, five individuals were marked for growth monitoring over a year, measuring the total number of leaves, three crown measures (height, largest diameter of the crown and the orthogonal diameter to the largest diameter). From each individual, two expanded leaves were collected to estimate the SLA. The leaves were photographed, to estimate the leaf area, and weighed (fresh mass), and then left in the greenhouse, to estimate the dry mass. SLA is the ratio of the leaf area to the dry mass. Five models were evaluated to determine the influence of crown attributes on the relationship between SLA and the growth rates in height of the plants: (I) - considering only the SLA; (II) - AMF \times SLA; (III) - CPA \times SLA; (IV) - CSA \times SLA and (V) - SM. The choice of models was made according to the corrected Akaike criterion. Model III, the relationship between RGR and SLA \times CPA, was the one that best explained the growth rate of individuals, followed by model IV, showing that the larger the leaf area, the crown projection area and the crown surface area, the higher the relative growth rate of the species. In addition, model V showed that large seed plants produce small CPA and CSA, compromising the RGR.

Key-words: Biomonitoring, degraded areas, tree crown attributes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	06
2 OBJETIVOS.....	08
3 METODOLOGIA.....	09
3.1 ESTUDO DAS ESPÉCIES.....	09
3.2 ÁREA DE ESTUDO.....	11
3.3 COLETA DOS DADOS.....	11
3.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

A transição global de paisagens não perturbadas para paisagens dominadas pelas atividades humanas impactam fortemente os ecossistemas em todo o mundo, sendo os principais condutores decorrentes das alterações no uso e ocupação do solo para o desenvolvimento de atividades agropecuárias e urbanização (ALLAN, 2004). O desmatamento e a degradação de florestas resultam em grandes perdas de biodiversidade (JONES et al. 1999, KOMINOSKI et al. 2013) e das funções e serviços ecossistêmicos (SWEENEY et al. 2004, TANAKA et al. 2015). O reconhecimento da importância de florestas resultou em diversas ações para a sua restauração, conforme indicado por políticas públicas em todo o mundo (PALMER et al. 2014).

O tempo e o custo da restauração, além das técnicas utilizadas, dependem do estado de degradação da área e também dos condutores de degradação presentes (CHAZDON, 2008). Neste sentido, o desenvolvimento de estratégias efetivas de escolha de espécies arbóreas com uma melhor relação custo-benefício para projetos de recuperação de áreas degradadas pode influenciar positivamente a restauração de ecossistemas.

O estudo de características funcionais de plantas pode ser uma importante ferramenta para auxiliar na escolha de espécies vegetais visando à restauração florestal (LAUGHLIN, 2014). Traços funcionais são definidos como as características morfológicas, fenológicas ou fisiológicas que influenciam as taxas demográficas das populações como a sobrevivência, a reprodução e o crescimento dos indivíduos (Violle et al. 2007). A FMA, que é a fração da massa alocada para a parte aérea, a AFE, que é a área foliar por unidade de massa seca e a MS (massa da semente) são classificadas como traços funcionais, pois são características frequentemente utilizadas em análises de crescimento, uma vez que interferem na taxa de crescimento relativo dos vegetais (PEREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013).

A taxa de crescimento das plantas está fortemente relacionada com a capacidade de aquisição de recursos a nível foliar que é determinada parcialmente pela área foliar por unidade de massa seca (AFE) (PEREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013), uma vez que altas taxas de crescimento relativo

devem demandar altas taxas de aquisição de recursos, as quais podem ser possíveis por meio da alta interceptação de luz por unidade de área foliar (WRIGHT et al. 2004; POORTER & GARNIER, 2007; GRASSEIN et al. 2010, MARTÍNEZ-GARZA et al. 2013, PEREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013).

Espécies que apresentam altos valores de AFE (Área Foliar Específica) têm uma maior capacidade fotossintética por unidade de área foliar (WRIGHT & WESTOBY, 1999). Por outro lado, as espécies com baixos níveis de AFE, investem menos recursos para gerar menor massa por unidade de área foliar, diminuindo os custos, mas produzindo folhas com tempo de vida mais curto (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013). Assim, plantas com baixa AFE podem ter vantagens em ambientes com baixa disponibilidade de recursos ou em condições estressantes, uma vez que isto maximizaria a eficiência no uso dos nutrientes em locais de baixa disponibilidade destes recursos no solo, por causa da longevidade foliar (POORTER & GARNIER, 2007; ROCHE et al., 2004). No entanto, poucos estudos conseguiram mostrar esta relação diretamente e recentemente YANG et al. (2018) mostrou que esta relação só é válida quando se considera a área de projeção da copa, pois reflete mais precisamente a capacidade fotossintética da planta como um todo. Os autores propõem também que existe uma forte influência da fração da biomassa da planta investida na copa na taxa de crescimento em altura. No entanto, estes autores não separam os efeitos da AFE de outros atributos da copa.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é avaliar experimentalmente o efeito da AFE nas taxas de crescimento relativo (TCR) de onze espécies arbóreas nativas acrescentando outras medidas de atributos da copa: fração da massa alocada para a parte aérea (FMA), área de projeção da copa (APC) e área superficial da copa (ASC).

Especificamente questionamos:

1. Como a área foliar específica varia entre as espécies?
2. Como se relacionam os traços de copa e a massa da semente?
3. Quais os traços da copa que melhor explicam as taxas de crescimento relativo dos indivíduos?

3 METODOLOGIA

3.1 ESTUDO DAS ESPÉCIES

Onze espécies arbóreas nativas foram selecionadas com base na lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo (BARBOSA et al. 2015). A escolha destas espécies considerou espécies classificadas como pioneiras e não-pioneiras (Tabela 1).

Tabela 1 – Família, espécie, código, nome popular e grupo ecológico de onze espécies arbóreas nativas de ocorrência na região onde foi montado o experimento, e que foram usadas para a descrição das relações entre as características funcionais foliares

Família / Espécie	Código	Nome popular	Grupo ecológico
Annonaceae			
<i>Duguetia lanceolata</i> A. St.-Hil.	PDV	Pindaíva	Não-pioneira
Calophyllaceae			
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	GND	Guanandi	Não-pioneira
Fabaceae			
<i>Bauhinia forficata</i> Link.	UNV	Unha de vaca	Pioneira
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	JTB	Jatobá	Não-pioneira
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	IGM	Ingá-mirim	Não-pioneira
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	CFT	Canafístula	Pioneira
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	AMD	Amendoim-bravo	Não-pioneira
Lecythidaceae			
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	JQB	Jequitibá-branco	Não-pioneira
Lythraceae			
<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	DLR	Dedaleiro	Não-pioneira
Malvaceae			
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	MTB	Mutambo	Pioneira
Tiliaceae			
<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth.	ALG	Algodoeiro	Pioneira

3.2 ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi conduzido no município de São Carlos, localizado no interior do estado de São Paulo, em uma área degradada de 480m² adjacente a um fragmento de floresta ripária. O clima, classificado como CWa de Köppen modificado por ROLIN et al. (2007) é tropical de altitude, com verões quentes com temperaturas médias acima de 22°C e invernos amenos e secos com temperaturas médias inferiores a 18°C. A pluviosidade média anual é 1468,0 mm. A altitude é de aproximadamente 855m com declividade próxima a 0%.

O solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo. A vegetação original era de floresta estacional semidecidual. A vegetação predominante na ocasião da montagem do experimento era composta predominantemente por gramíneas exóticas do gênero *Urochloa*.

3.3 COLETA DOS DADOS

As mudas das espécies-alvo (Tabela 1) foram adquiridas de viveiro comercial da região do estudo, sendo 20 indivíduos de cada espécie. Cinco mudas de cada espécie foram separadas para as medidas da área foliar específica das folhas (AFE) e a fração da massa alocada para partes aéreas (FMA). Para determinar a área foliar, folhas frescas jovens, mas completamente expandidas e sem indícios de herbivoria ou patógenos foram retiradas das plantas e escaneadas para obter a imagem em computador. Cada folha foi fotografada em caixa de luz e sob vidro anti-reflexivo para obter a imagem digitalizada. A área foliar foi medida utilizando-se o software ImageJ. Em seguida, as folhas foram embaladas em sacos de papel que foi numerado para cada indivíduo, e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até a estabilização de sua massa, sendo então pesadas em balança de precisão de 0,05mg para a obtenção da massa seca foliar. A AFE foi estimada como a razão entre a área foliar e sua massa seca (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013). Para determinação da FMA, as plantas foram cortadas a altura do colón e as partes aéreas e radiculares foram secas usando o mesmo procedimento descrito para obtenção da massa seca das folhas e pesadas separadamente. A massa das folhas, que foram retiradas para a

estimativa do AFE, foi somada ao restante da parte aérea de cada indivíduo para obtenção da massa seca total da parte aérea. A FMA foi estimada a partir da razão entre a massa seca das partes aéreas e a massa seca das raízes de cada indivíduo separadamente. As medidas da massa da semente foram obtidas a partir dos dados oferecidos pelo viveiro comercial onde foram adquiridas as mudas, sendo o valor médio da massa das sementes para cada espécie.

O restante das mudas foram plantadas na área experimental entre os dias 13 e 15 de fevereiro de 2018 e monitorado até 15 de fevereiro de 2019 totalizando um ano. A distribuição das 15 mudas das onze espécies no campo foi totalmente aleatorizada. A área experimental sofreu tratamento prévio de remoção química de gramíneas exóticas através de glifosato (PEREIRA et al. 2013) e controle de formigas cortadeiras.

Para cada espécie, as medidas de altura e de diâmetro basal foram conduzidas mensalmente. A altura das plantas foi medida a partir do solo até o ápice da planta com auxílio de régua de 3m de altura. O diâmetro basal foi medido a uma altura de aproximadamente 1 cm do solo com paquímetro digital. A taxa de crescimento relativo (TCR) em altura foi estimada para cada indivíduo separadamente através da seguinte equação:

$$TCR = \frac{\ln(d_f^2 \times H_f) - \ln(d_i^2 \times H_i)}{t}$$

Onde \ln é o logaritmo natural, d_f e d_i são o diâmetro basal final e inicial, respectivamente, H_f e H_i são a altura final e inicial, respectivamente, e t denota o tempo, neste caso em um ano, entre as medições iniciais e finais (KRAMER-WALTER; LAUGHLIN, 2017).

Em maio de 2018 as medidas da copa foram registradas em campo para todos os indivíduos. Foram medidos para cada indivíduo: (1) a altura da copa, medida direta paralela ao ramo principal, entre o ponto inferior onde começa as folhas até o ápice da planta; (2) o diâmetro no centro da copa, maior medida de largura da copa e (3) a medida ortogonal ao diâmetro no centro da copa. A área de projeção da copa foi estimada fazendo analogia à elipse, seguindo a fórmula:

$$(APC) = \pi bc$$

Onde APC = Área de projeção da copa, $\pi = \pi$, b =diâmetro maior e c =diâmetro ortogonal a b .

A área superficial da copa foi estimada fazendo analogia ao elipsóide escaleno.

$$ASC \approx 4\pi \left(\frac{a^p b^p + a^p c^p + b^p c^p}{3} \right)^{\frac{1}{p}}$$

Onde a é altura da copa, b é o maior diâmetro da copa, c é o diâmetro da copa ortogonal a b e $p \approx 1,6075$ que resulta num erro relativo máximo de cerca de 1.061% (fórmula de Knud Thomsen) (CAO & VERBEEK 2013).

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

A avaliação das diferenças de AFE e dos atributos da copa entre as espécies foi feita através de ANOVA. A Correlação Linear foi usada para avaliar as relações entre a AFE (Área Foliar Específica), FMA (Fração da Massa Aérea), APC (Área de Projeção da Copa), ASC (Área Superficial da Copa) e MS (Massa da Semente). Testes de Shapiro-Wilk foram conduzidos para verificar a normalidade dos dados e o Teste de Levene foi usado para avaliar a homogeneidade das variâncias (QUINN & KEOUGH, 2002). Em variáveis com distribuição diferente da normal os dados foram transformados em logaritmo neperiano. Os resíduos foram checados graficamente para avaliar tendências ao longo da estimativa. O nível de significância considerado foi de 0,05.

Para a avaliação dos efeitos dos traços funcionais e dos atributos da copa que melhor explicam as taxas de crescimento das plantas, uma seleção de cinco modelos foi conduzida, utilizando: Modelo I - considerando apenas a AFE; Modelo II - FMA multiplicada pela AFE; Modelo III - APC multiplicada pela AFE; Modelo IV - ASC multiplicada pela AFE e Modelo V - MS. Estas análises foram conduzidas no software Systat 13, utilizando a função GLM (Modelo Linear Generalizado). Foi considerado o critério de Akaike corrigido – AICc para a seleção do melhor modelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de projeção da copa, como já era esperado, teve correlação direta com a área superficial da copa ($r = 0,97$, $p < 0,001$), pois quanto maior a área superficial, maior é a área de projeção da copa. A massa da semente não foi correlacionada com a fração da massa alocada para partes aéreas, mas espécies de sementes maiores tendem a ter a área foliar específica mais baixa (Tabela 2). Além disto, não houve correlação entre a área foliar específica e a área superficial e de projeção da copa. Os dados mostram que plantas com sementes maiores, quando na mesma idade, têm uma área superficial da copa menor, pois crescem mais lentamente, tendendo a apresentarem uma área de projeção da copa também menor.

Tabela 2 – Matriz de correlação entre o tamanho da semente (MS), a área foliar específica (AFE) e as duas medidas de tamanho de copa, área de projeção da copa (APC) e área superficial da copa (ASC). Números entre parênteses representam as probabilidades

Traços	MS	FMA	AFE	APC
FMA	0,310 (0,353)			
AFE	-0,533 (0,091)			
APC	-0,599 (0,052)	-0,189 (0,577)	0,396 (0,227)	
ASC	-0,647 (0,031)	-0,165 (0,629)	0,478 (0,137)	0,973 (<0,001)

A AFE não influenciou a taxa de crescimento entre espécies (modelo I), mas mostrou uma forte tendência positiva (Figura 1), sugerindo que plantas com maior AFE tendem a crescer mais rapidamente do que plantas com menor AFE. As espécies pioneiras tiveram uma AFE mais alta e uma TCR também mais alta.

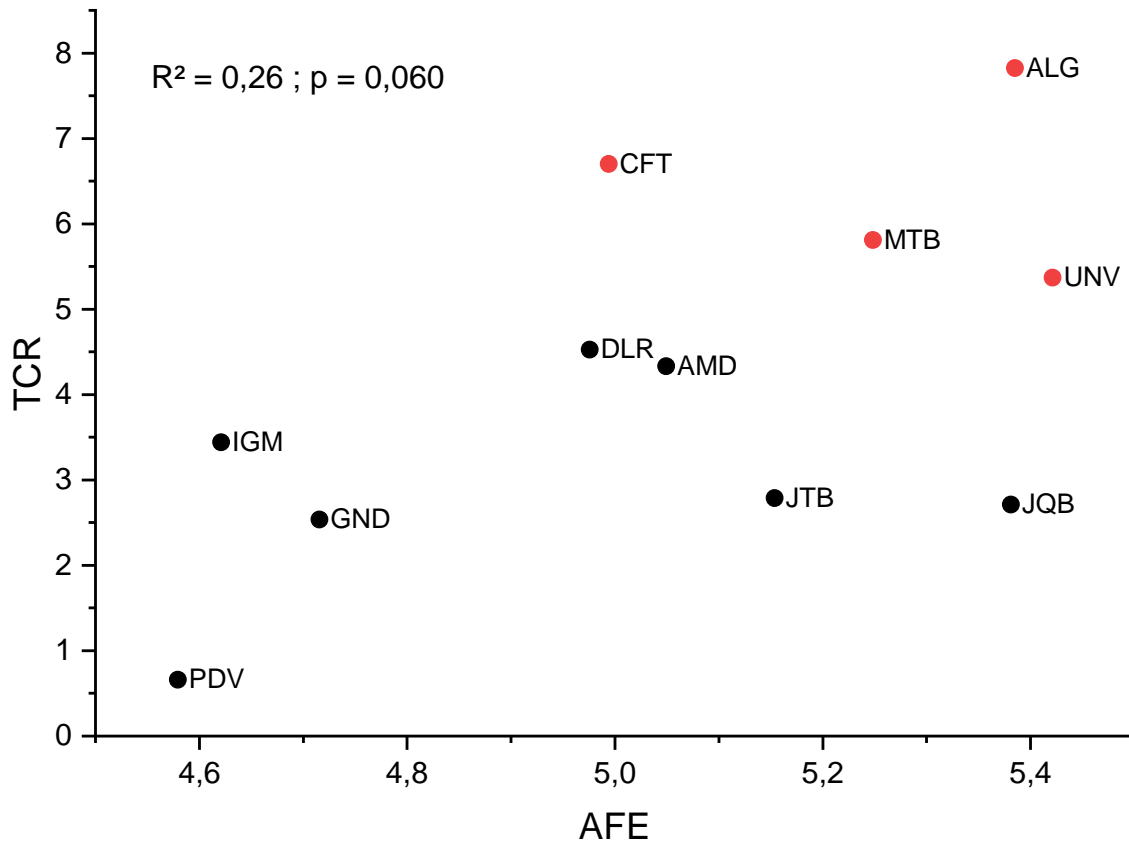


Figura 1 - Relação entre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) e a Área Foliar Específica (AFE) de onze espécies arbóreas. Símbolos pretos representam espécies não-pioneiras e símbolos vermelhos representam espécies pioneiras

O modelo II também não foi significativo, a TCR não foi relacionada com a FMA (Figura 2), assim, a alocação de biomassa para partes aéreas não influenciou a taxa de crescimento relativo das plantas. As espécies pioneiras apresentaram uma AFE e uma TCR mais altas, quando comparadas às não-pioneiras.

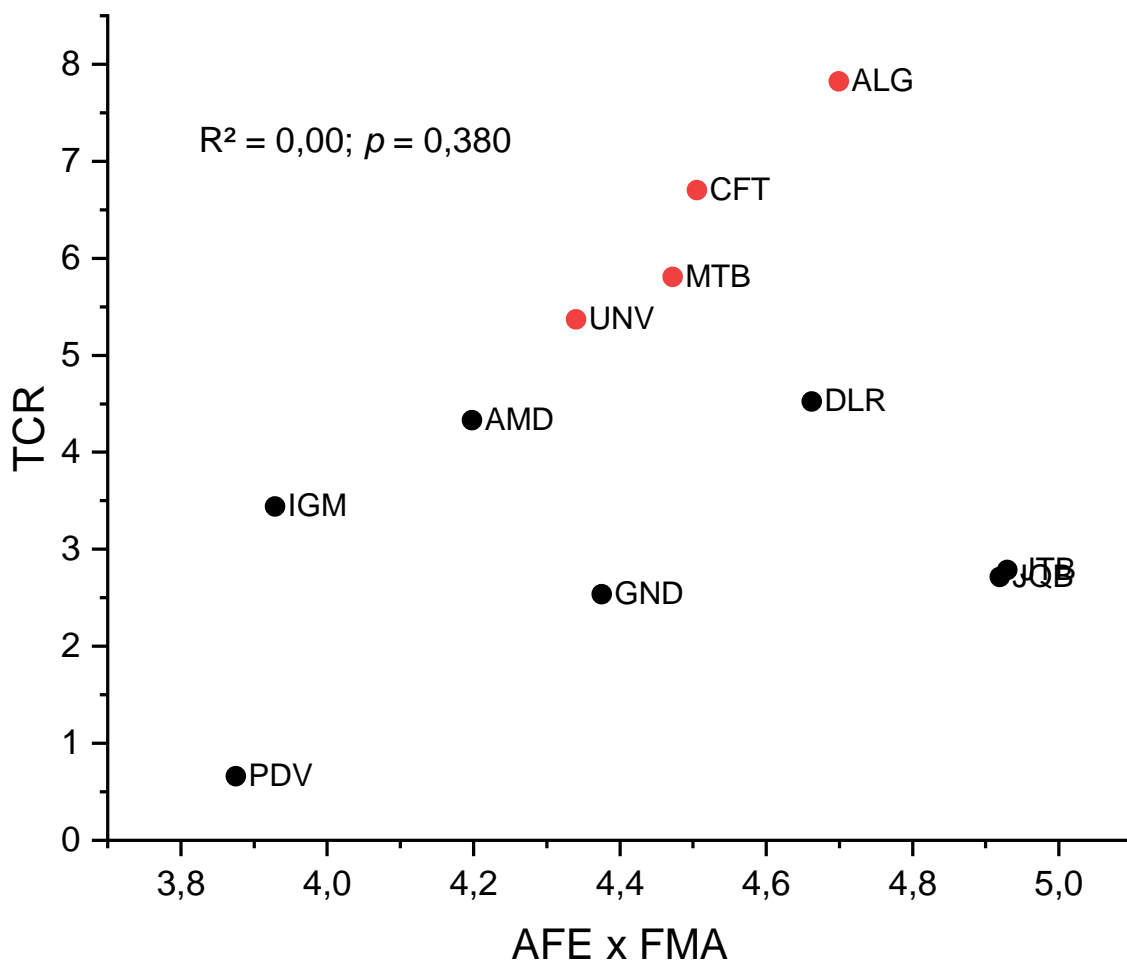


Figura 2 - Relação entre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) e a Área Foliar Específica (AFE) pela Fração da Massa Aérea (FMA) de onze espécies arbóreas. Símbolos pretos representam espécies não-pioneiras e símbolos vermelhos representam espécies pioneiras

Por outro lado, o modelo III (AFE x APC) foi significativo, mostrando que a taxa de crescimento relativo dos indivíduos foi fortemente relacionada com o produto entre a área foliar específica e a área de projeção da copa (Figura 3). As espécies pioneiras apresentam maiores valores de AFE x APC.

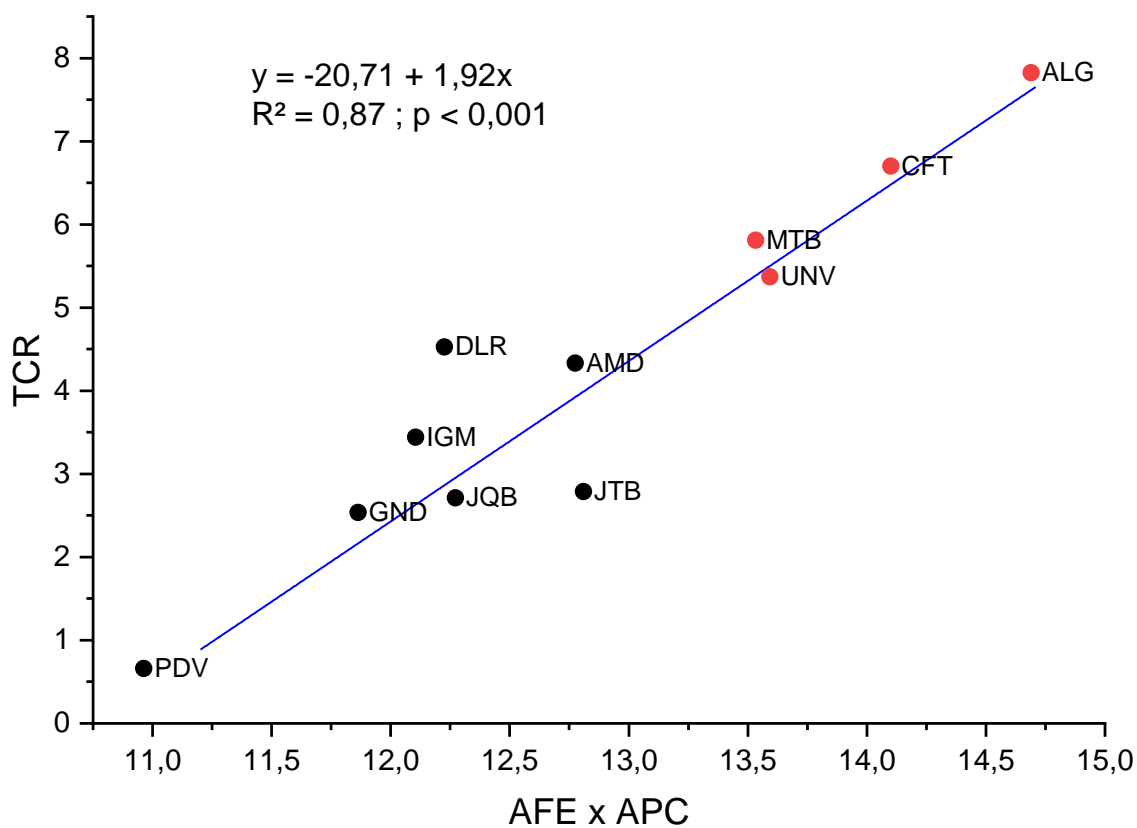


Figura 3 - Relação entre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) e a Área Foliar Específica (AFE) pela Área de Projeção da Copa (APC) de onze espécies arbóreas. Símbolos pretos representam espécies não-pioneiras e símbolos vermelhos representam espécies pioneiras

De forma semelhante, o modelo 4, relação entre TCR e AFE x ASC, apresentou uma relação significativa entre as variáveis (Figura 4). O aumento do produto entre a área específica foliar e a área superficial da copa resulta num aumento da taxa de crescimento relativo.

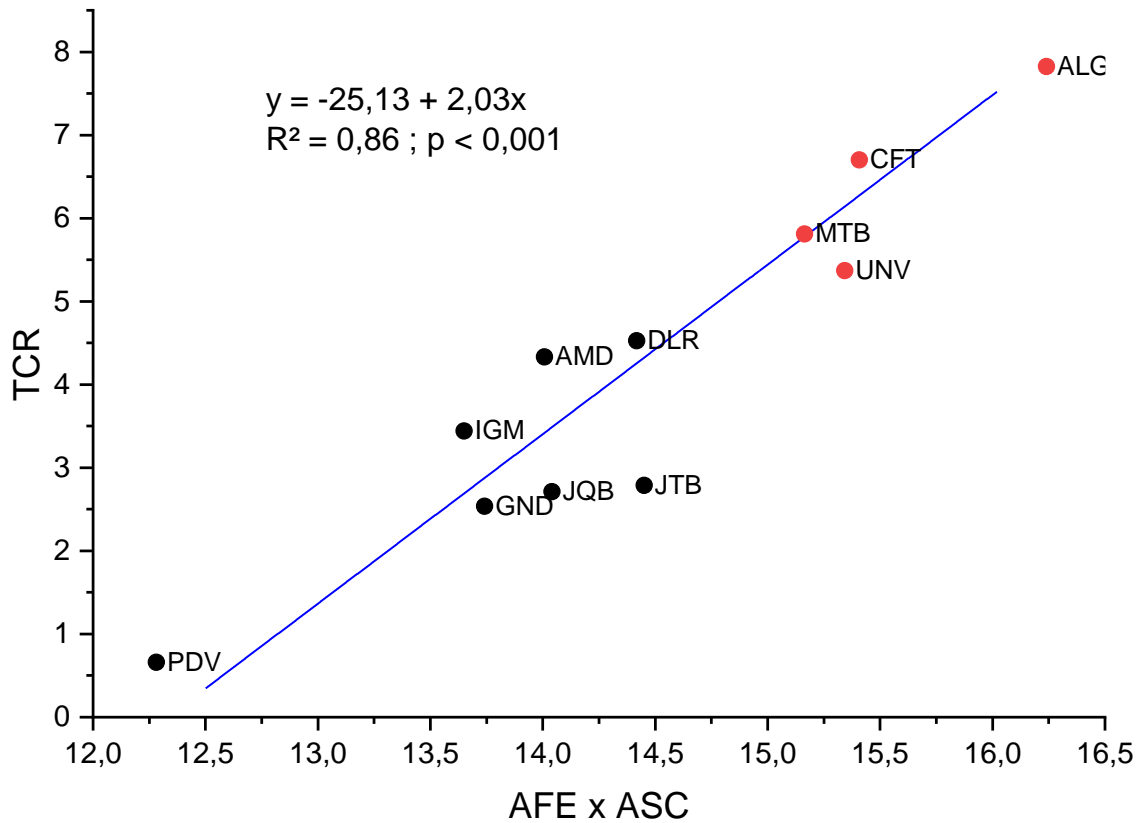


Figura 4 - Relação entre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) e a Área Foliar Específica (AFE) pela Área Superficial da Copa (ASC) de onze espécies arbóreas. Símbolos pretos representam espécies não-pioneiras e símbolos vermelhos representam espécies pioneiras

A relação entre a taxa de crescimento relativo e a massa da semente foi negativa (Figura 5), sugerindo que plantas com sementes maiores produzem área superficial da copa (ASC) pequena, e conseqüentemente, uma área de projeção da copa (APC) também pequena.

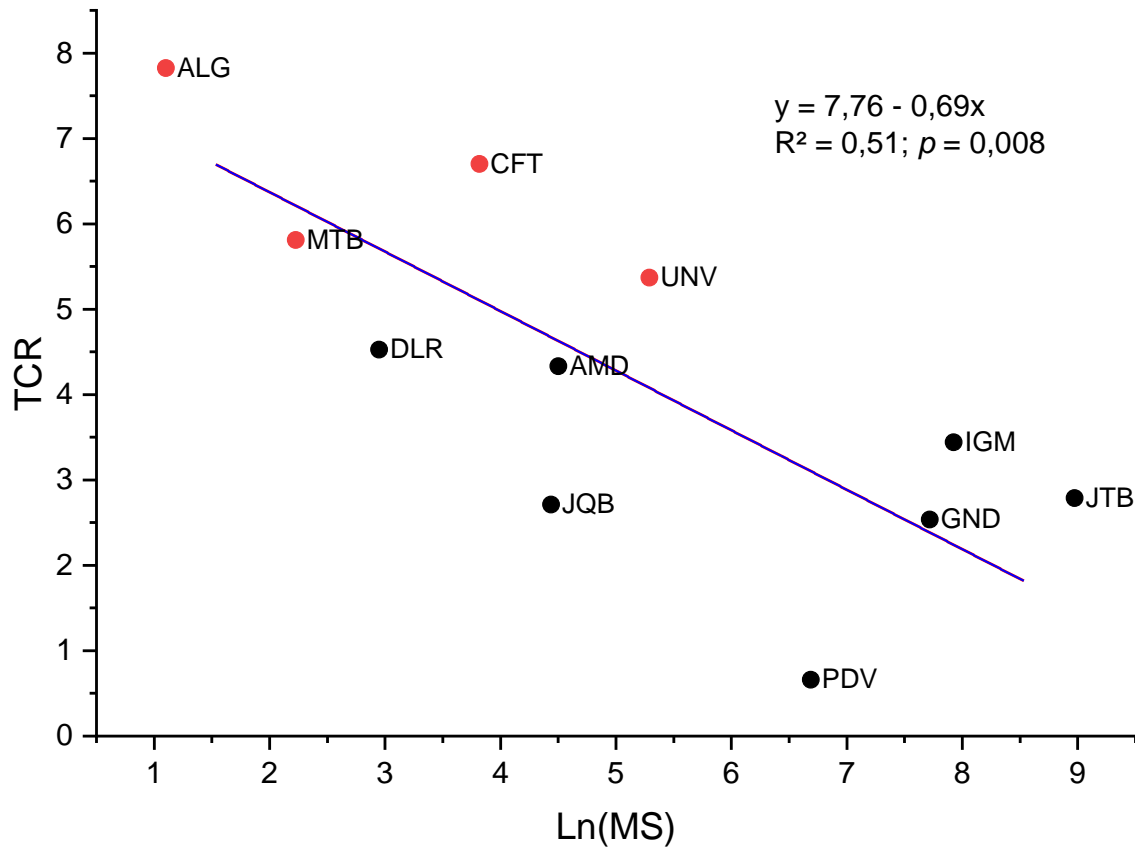


Figura 5 - Relação entre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) e a Massa da Semente (MS) de onze espécies arbóreas. Símbolos pretos representam espécies não-pioneiras e símbolos vermelhos representam espécies pioneiras

O modelo que melhor explicou a taxa de crescimento dos indivíduos foi o modelo III, relação entre TCR e AFE x APC. Esta relação mostrou que quanto maior for a área foliar e a área de projeção da copa, maior foi a taxa de crescimento relativo das espécies arbóreas. Este modelo foi 1,9 vezes mais explicativo do que o Modelo IV apesar da alta correlação entre a APC e ASC. Além disto, este modelo foi mais explicativo do que o Modelo V, de acordo com o Critério de Akaike (Tabela 3), sugerindo que o tamanho da copa influencia mais fortemente na taxa de crescimento das plantas do que o tamanho da semente. Assim, as medidas de área de projeção da copa parece ser uma medida mais eficiente na previsão das taxas de crescimento das plantas.

Tabela 3 – Ranking dos melhores modelos, verificando a relação entre a taxa de crescimento e os atributos da copa. AICc = Critério de Akaike corrigido; Δ_i = diferença entre o AICc do melhor modelo com o modelo i; w_i = peso do Akaike

Modelos	Valor p	R²	AICc	Δ_i	w_i
(III) AFExAPC	0	0,879	31,357	0	0,65452
(IV) AFExASC	0	0,864	32,637	1,28	0,34512
(V) MS	0,008	0,513	46,702	15,345	0,00031
(I) AFE	0,06	0,265	51,228	19,871	0,00003
(II) AFExFMA	0,38	0	54,779	23,422	0,00000

Este estudo mostrou que quanto maior é a área foliar, a área de projeção e área superficial da copa, maior é a taxa de crescimento relativo das espécies estudadas. YANG et al. (2018) ressaltou a importância do estudo dos traços da planta, como a área de projeção da copa, para verificar a relação entre estas características e a taxa de crescimento dos vegetais, assim como a disponibilidade de nutrientes no solo. Porém, os autores levam em conta especialmente a área de projeção da copa, por esta refletir a capacidade total fotossintética da planta, enquanto o presente estudo separa atributos adicionais da copa, como a área superficial. Além disso, YANG et al. (2018) efetua tais estudos analisando os dados coletados entre indivíduos da mesma espécie, enquanto nós analisamos tais dados retirados entre espécies diferentes.

A taxa de crescimento relativo das plantas também foi alvo de estudo de CHATURVEDI et al. (2014), que de acordo com as regressões múltiplas realizadas passo a passo, relacionou tal taxa com a condutância estomática baseada na massa, que representa uma resposta direta da planta às condições ambientais.

ANTEN & HIROSE (2003) mostrou que as diferenças na fisiologia foliar das plantas influencia diretamente os gradientes do ganho de carbono, mais ainda do que as diferenças estruturais que determinam a captura da luz. Os autores reforçaram também a importância do ganho de carbono, por unidade de área foliar e também por unidade de biomassa acima do solo, para a taxa de crescimento relativo das plantas.

Espécies pioneiras apresentaram uma AFE e também uma TCR mais altas quando comparadas às espécies não-pioneiras. Isto se deve ao fato de que uma maior AFE possibilita uma maior interceptação de luz por unidade de área foliar, e conseqüentemente, maiores taxas de aquisição de recursos (WRIGHT et al. 2004; POORTER & GARNIER, 2007; GRASSEIN et al. 2010, MARTÍNEZ-GARZA et al. 2013, PEREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013). Entretanto, quando localizadas em áreas com baixa disponibilidade de recursos no solo, plantas não-pioneiras, por apresentarem menores valores de AFE e TCR mais baixo, podem ter vantagens em relação às pioneiras, pois investem menos recursos para gerar menor massa por unidade de área foliar, diminuindo os custos (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013), além de maximizar a eficiência no uso dos nutrientes (POORTER & GARNIER, 2007; ROCHE et al., 2004).

REFERÊNCIAS

- ALLAN, J.D. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annu Rev Ecol Evol Syst*, 35, 257-284.
- ANTEN, N. P. R.; HIROSE, T. Shoot structure, leaf physiology, and daily carbon gain of plant species in a tallgrass meadow. *Ecology*, v. 84, n. 4, p. 955-968, 2003.
- BARBOSA, L.M et al. 2015 . Em Anais do VI Simpósio de Restauração Ecológica. São Paulo - SP.
- CAO, L., & VERBEEK, F. J. (2013). Analytical evaluation of algorithms for point cloud surface reconstruction using shape features. *Journal of Electronic Imaging*, 22(4), 043008.
- CHATURVEDI, Ravi K.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, J. S. Relative effects of different leaf attributes on sapling growth in tropical dry forest. *Journal of Plant Ecology*, v. 7, n. 6, p. 544-558, 2014.
- CHAZDON, R.L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, 320, 1458-1460.
- GRASSEIN, F., TILL-BOTTRAUD, I., LAVOREL, S. Plant resource-use strategies: the importance of phenotypic plasticity in response to a productivity gradient for two subalpine species. *Annals of Botany*, v. 106, n. 4, p. 637-645, 2010.
- JONES, E.B., HELFMAN, G.S., HARPER, J.O. & BOLSTAD, P.V. 1999. Effects of riparian forest removal on fish assemblages in southern Appalachian streams. *Conserv Biol*, 13, 1454-1465.
- KLAMKIN, M. S. (1971). Elementary approximations to the area of n-dimensional ellipsoids. *The American Mathematical Monthly*, 78(3), 280-283.
- KRAMER-WALTER, Kris R.; LAUGHLIN, Daniel C.. Root nutrient concentration and biomass allocation are more plastic than morphological traits in response to nutrient limitation. *Plant And Soil*, 416, 539-550.
- LAUGHLIN, D.C. 2014. Applying trait-based models to achieve functional targets for theory-driven ecological restoration. *Ecology Letters*, 17, 771-784.
- MARTÍNEZ-GARZA, C., BONGERS, F. & POORTER, L. 2013. Are functional traits good predictors of species performance in restoration plantings in tropical abandoned pastures? *For Ecol Manage*, 303, 35-45.
- QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. 1 ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- PALMER, M.A., HONDULA, K.L. & KOCH, B.J. 2014. Ecological Restoration of Streams and Rivers: Shifting Strategies and Shifting Goals. *Annu Rev Ecol Evol Syst*, 45, 247-269.
- PEREIRA, S. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. 2013. Establishment of Fabaceae Tree Species in a Tropical Pasture: Influence of Seed Size and Weeding Methods. *Restoration Ecology*, 21(1): 67–74.
- PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; et al. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61 (3): 167-234.
- POORTER, H., & GARNIER E. 2007. The ecological significance of variation in relative growth rate and its components. *In: Functional plant ecology*. Eds: FI PUGNAIRE, F VALLADARES pp. 67–100. CRC press: Boca Raton, FL.

- RAIJ, B. Van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A., 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Instituto Agronômico, Campinas.
- ROCHE, P., DÍAZ-BURLINSON, N. & GACHET, S. 2004. Congruency analysis of species ranking based on leaf traits: which traits are the more reliable? *Plant Ecol*, 174, 37-48.
- ROLIM, G. S. et al 2007. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720.
- SWEENEY, B.W., BOTT, T.L., JACKSON, J.K., KAPLAN, L.A. et al. 2004. Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *Proc Natl Acad Sci USA*, 101, 14132-14137.
- TANAKA, M.O., FERNANDES, J.F., SUGA, C.M., HANAI, F.Y. & SOUZA, A.L.T. 2015. Abrupt change of a stream ecosystem function along a sugarcane-forest transition: Integrating riparian and in-stream characteristics. *Agric Ecos Environ*, 207, 171-177.
- VIOLLE, Cyrille et al. Let the concept of trait be functional!. *Oikos*, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.
- WRIGHT, I.J. & WESTOBY, M. 1999. Differences in seedling growth behaviour among species: trait correlations across species, and trait shifts along nutrient compared to rainfall gradients. *J Ecol*, 87, 85-97.
- YANG, J. M.C., SWENSON, N. (2018). Why Functional Traits Do Not Predict Tree Demographic Rates. *Trends in Ecology & Evolution*. 33. 10.1016/j.tree.2018.03.003.