

Relações entre atributos morfo-funcionais e estratégias ecológicas em duas comunidades de cerrado em Itirapina, SP¹

Ademilton Guerra de Souza², Bianca Baccili Zanotto Vigna², Gabriela Camacho D'Andrea², Laura Rocha Prado², Mauro Brum Monteiro Jr.², Miklos Maximiliano Bajay² e Simone de Lima³.

RESUMO – (Relações entre atributos morfo-funcionais e estratégias ecológicas em duas comunidades de cerrado em Itirapina, SP) Estudos recentes revelaram que o MFA (massa seca foliar por unidade de área foliar) e a DM (densidade da madeira) são indicadores eficientes de estratégias ecológicas em plantas, entretanto, nunca foram estudados em associação. Trinta espécies de área de cerrado denso foram analisadas e vinte delas foram, posteriormente, comparadas com espécies de cerrado que estavam sob sombreamento por *Pinus* sp. O CAF (conteúdo de água foliar – indicador do grau de esclerofilia) e a espessura foliar (indicador de suculência), fatores que explicam o MFA, também foram estudados para refinamento da análise. No cerrado denso, DM e MFA não apresentaram correlação significativa, porém CAF e DM, assim como CAF e MFA apresentaram correlação negativa significativa. Estes resultados indicam que CAF pode ser um melhor indicador de estratégias de uso de recursos em comunidades cujas plantas apresentam folhas escleromorfas, tais como as do Cerrado. A correlação entre CAF e DM também evidencia a associação destes atributos em um mesmo eixo de estratégias ecológicas. As comunidades de cerrado denso e cerrado sombreado por *Pinus* sp. foram muito semelhantes entre si em relação à DM, mas diferenças significativas foram encontradas em relação ao MFA e CAF, indicando que atributos foliares têm maior plasticidade para responder a mudanças no ambiente lumínico.

Palavras-chave: cerrado, densidade da madeira, MFA, esclerofilia, economia foliar, estratégias ecológicas

Introdução

A morfologia vegetal está intimamente relacionada às condições físicas do ambiente, já que suas características básicas de sobrevivência estão relacionadas às

1. Trabalho elaborado como parte da disciplina Tópicos em Ecologia Vegetal (BT791) - Disciplina de verão de graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

2. Instituto de Biologia - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

3. Centro Universitário Central Paulista (UNICEP)

questões de balanço hídrico e transporte hidráulico adequado, bem como à fixação de carbono através do processo de fotossíntese (Ricklefs & Miller 2000). Apesar das variações específicas a pressões de seleção diferentes, há algumas características funcionais que apresentam associação repetidamente mesmo em plantas filogeneticamente distantes e em áreas geográficas diferentes (Reich *et al.* 1997), o que indicaria um padrão global independente de variáveis como tipo de bioma, clima e composição do solo.

A partir da década de 90, um esforço foi direcionado à construção de um banco de dados com informações de atributos foliares de representantes dos principais biomas mundiais. Houve uma preocupação em entender estratégias ecológicas e relacioná-las a características do ambiente físico, buscando padrões universais e parâmetros de simples obtenção e funcionalmente significativos. Wright *et al.* (2004) realizaram um estudo que mostrou convergência global de correlação entre várias características funcionais foliares, evidenciando um único eixo de variação de estratégias de uso e alocação de recursos. . Tal convergência foi denominada espectro global da economia foliar.

Caracteres relacionados ao desenvolvimento vegetal, como área foliar específica (SLA) (Reich *et al.* 1997, Wilson & Hodgson 1999 e Vendramini *et al.* 2002), assimilação foliar de nitrogênio (Reich *et al.* 1997, Wright *et al.* 2004, Poorter & Bongers 2006), taxa fotossintética (Reich *et al.* 1997 e Wright & Cannon 2001), e densidade da madeira (DM) (Gelder *et al.* 2006 e Preston *et al.* 2006) são utilizados para identificar e comparar estratégias de utilização de recursos. Com base nesses dados, duas estratégias ecológicas principais e contrastantes foram descritas (Larcher 2004), sendo uma a de crescimento rápido, com produção de folhas de curta duração e madeira de densidade

baixa, e outra de crescimento mais lento, com produção de folhas longevas e madeira de densidade alta (Wright *et al.* 2006).

Um dos atributos que mais contribuiu para explicar variações na captura, uso e disponibilidade de recursos foi o parâmetro MFA (razão entre massa foliar e área), equivalente ao inverso do SLA. Esta é uma característica relativamente fácil de medir em campo e é um estimador eficiente de atributos ecofisiológicos, tais quais assimilação foliar de nitrogênio, fósforo foliar, taxa de assimilação fotossintética, taxa de respiração no escuro (Wright *et al.* 2004), taxa de crescimento e tempo de vida foliar (Reich *et al.* 1997). Variações no MFA podem ser explicadas por variações na espessura foliar (Wright & Cannon 2001, Vendramini *et al.* 2002) e/ou densidade foliar, que pode ser estimada através do CAF (conteúdo de água foliar). Segundo Wright & Cannon (2001), em estudo realizado com espécies de distribuição global, uma alta densidade foliar está relacionada a mecanismos de defesa contra herbivoria, como alta taxa de escleromorfia por investimento em indumentação, por exemplo, ao invés de espessura. Este caráter escleromórfico pode também estar relacionado a condições oligotróficas do solo, como observou Ferri (1976) em plantas do cerrado.

O MFA é também uma característica que indica o custo - benefício entre o ganho e perda de carbono (Wright *et al.* 2004). Estratégias de crescimento rápido (retorno rápido de investimento) estão associadas a um baixo MFA e altas taxas fotossintéticas, enquanto um alto MFA está associado a estratégias de crescimento lento (retorno de investimento mais lento) geralmente encontrada em plantas que vivem sob condições de menor disponibilidade de recursos, tais como ambientes sombreados ou com baixa disponibilidade de nutrientes (Reich *et al.* 1997, Wright *et al.* 2004).

A DM é um parâmetro relacionado a alguns aspectos das estratégias ecológicas, como sustentação, resistência a patógenos (Turner 2001 *apud* Wright *et al.* 2004), proteção contra danos mecânicos e propriedades hidráulicas diversas (Wright *et al.* 2004). Segundo Preston *et al.* (2006), quanto mais alta a DM, menor será a densidade de vasos e o tamanho deles, o que resulta na diminuição da condutividade hidráulica. Em contraste, espécies com baixa DM têm, em geral, muitos vasos e de lúmen grande, o que aumenta a condutividade hidráulica quando há água disponível. Em compensação, esta espécie será mais vulnerável à cavitação, uma vez que a embolia se dispersará mais facilmente, inutilizando os vasos afetados.

Neste trabalho, procuramos analisar a relação entre MFA e DM para comunidades de cerrado denso, buscando indicadores de estratégias ecológicas. Para refinamento da análise, incluímos CAF (escleromorfia) e espessura foliar como atributos relacionados ao MFA, para verificar se algum deles seria um melhor indicador de estratégias de uso de recursos nessas comunidades. Além disso, comparamos os atributos em ambientes lumínicos contrastantes (Cerrado denso *versus* *Pinus* sp).

Material e Métodos

Área de estudo – o material botânico foi coletado em um fragmento de cerrado denso no município de Itirapina, SP (22°15'43"-50"S e 47°53'-54'W), denominado Valério. Este fragmento está nos limites da Estação Experimental de Itirapina, sob administração do Instituto Florestal de São Paulo. O cerrado é um bioma muito significativo no Brasil, ocupando 25% do território. É fisionômica e floristicamente diverso e apresenta uma pluviosidade no local estudado de 2.000mm anuais. O cerrado denso possui uma vegetação predominantemente arbórea, com altura média de 5-8m. O tipo de solo é neossolo quartzarênico, que é muito poroso, excessivamente drenado, apresentando baixa disponibilidade de nutrientes, baixa quantidade de argila e matéria orgânica (Sano 1998).

As coletas de material botânico ocorreram nos dias 29 e 30 de janeiro de 2007, em áreas com fisionomia de cerrado denso (*sensu* Ribeiro & Walter 1998) e cultivo de *Pinus* sp., de modo assistemático, com o critério de obter-se um número mínimo de espécies comuns entre as diferentes áreas, de modo que fosse possível compará-las.

Foram selecionados três indivíduos por espécie para a amostragem. Para a análise dos caracteres foliares a coleta foi de um ramo por indivíduo. Já as medidas referentes à densidade da madeira foram amostradas apenas em dois destes indivíduos, através da coleta de amostras de ramos com diâmetro $\geq 2,0$ cm.

Os ramos com folhas foram podados dentro de recipientes com água como forma de evitar a cavitação do lenho e hidratados por um período mínimo de 12 horas até sua

saturação, cobertos por sacos plásticos escuros, criando um microclima úmido, a fim de diminuir os efeitos da transpiração.

As folhas hidratadas foram cortadas, com um cortador manual, em oito circunferências de 1,1cm de diâmetro por indivíduo, evitando a presença de nervuras proeminentes. Uma área total (AF_t) de $7,6\text{cm}^2$ foi amostrada por indivíduo. A massa fresca foliar total (MFF_t) das oito circunferências foi medida, imediatamente após o corte, com balança eletrônica de precisão (Acculab modelo PP-2060D). As mesmas circunferências foram, então, colocadas em estufa de campo para secagem completa, por um período mínimo de 24 horas. Nova medição foi realizada após o período de secagem, para obtenção da massa seca foliar total (MSF_t).

O conteúdo máximo de água por unidade de área foliar foi obtido através da fórmula:

$$CAF = \frac{(MFF_t - MSF_t)}{MFF_t} \times 100$$

O parâmetro MFA foi calculado para cada indivíduo através da fórmula:

$$MFA = \frac{MSF_t}{AF_t}$$

As amostras de caule utilizadas para o cálculo da densidade da madeira foram cortadas em pedaços de até 5cm de comprimento. Todo o córtex de cada amostra foi retirado, preservando-se apenas o lenho (xilema). As amostras foram conservadas em

água para hidratação até a saturação, por um período mínimo de 2 horas. A medida do volume (VM) de cada amostra foi realizada através do cálculo da massa deslocada em um recipiente com água (princípio de Arquimedes). As amostras foram suspensas com uma agulha de seringa dentro do recipiente com água, para que não houvesse interferência significativa no volume de água deslocado. O valor de densidade específica da madeira foi obtido através da fórmula:

$$D_m = \frac{MM}{VM},$$

sendo o volume da madeira igual à massa imersa da madeira hidratada ($D_{\text{água}} = 1,0\text{g.cm}^{-3}$). Depois de 24 horas secando em uma estufa de campo, as amostras foram pesadas para a obtenção de suas massas (MM), com o uso de balança eletrônica de precisão.

Foram realizadas três medidas da espessura do limbo das folhas hidratadas de cada indivíduo com um paquímetro digital (Lee Tools). A média aritmética das espessuras foi calculada para cada indivíduo.

Os dados referentes aos parâmetros MFA, CAF, DM e Espessura foliar foram analisados em pares para os dados do cerrado através do índice de correlação de Pearson ($-1 \leq r \leq 1$, $p \leq 0,05$). Este índice avalia a existência e o grau de correlação entre as variáveis paramétricas analisadas. Para a comparação entre as áreas, médias simples, desvio-padrão e erro-padrão foram calculados e um gráfico Box-plot foi gerado. Todos os

cálculos estatísticos foram realizados através do programa BioEstat 3.0 (Ayres *et al.* 2003).

Resultados e Discussão

Amostrou-se um total de 35 espécies, sendo 20 comuns às duas áreas, 11 encontradas apenas na área de cerrado denso e 4 apenas na área de *Pinus* sp. (Tabela 1). As espécies comuns foram as utilizadas para as análises de comparação entre as duas áreas.

Área de Cerrado denso – Ao contrário da expectativa para a área de Cerrado, não houve correlação significativa ($p = 0,9248$; $r = 0,0180$) encontrada para DM em relação à MFA (Figura 1). Estudos realizados com espécies lenhosas de florestas tropicais encontraram, para estratégia de crescimento lento, altas taxas de MFA (Poorter & Bongers 2006) e DM (Gelder *et al.* 2006), mas a associação entre esses dois atributos nunca foi testada.

A análise entre CAF e DM (Figura 2) resultou em uma correlação negativa ($p = 0,0117$; $r = 0,4541$), significando que a densidade foliar (esclerofilia), um dos fatores que explica o MFA, é diretamente proporcional à DM, como esperado inicialmente. Uma correlação negativa ($p = 0,0040$; $r = -0,5101$) entre CAF e MFA (Figura 3) foi encontrada, seguindo os resultados de Vendramini *et al.* (2002) para espécies escleromórficas do centro-oeste argentino. Ainda no mesmo trabalho, esta relação desapareceu quando foram analisadas plantas suculentas da mesma região. A ausência de correlação significativa ($p = 0,7783$; $r = 0,0536$) entre Espessura foliar e MFA (Figura 4) na comunidade de cerrado analisada, reforça a idéia de que as folhas com MFA alto seriam mais escleromórficas do que espessas. Isto era esperado, seguindo as observações de Ferri (1976).

Nossos resultados mostram que a associação entre CAF e MFA é, aparentemente, mais forte em espécies com flora escleromórfica, como o cerrado. As análises entre CAF e DM evidenciam a associação destes atributos em um mesmo eixo de estratégias ecológicas. Apesar dos esforços em se descrever estratégias ecológicas através de atributos simples como CAF e MFA, nunca foi feita a correlação entre escleromorfia e DM. Plantas com maior CAF e conseqüente menor escleromorfia, tendem a ter uma menor DM, o que significa maior fluxo e estocagem de água. Assim, podemos inferir que essas plantas apresentam maior atividade fotossintética e transpiração. No entanto, a menor DM confere menor resistência à cavitação. Para o cerrado, o CAF (esclerofilia) pode ser um indicador mais útil de estratégias de uso de recursos do que o MFA.

Área de cultivo de *Pinus* sp. versus área de cerrado denso – As médias de MFA (Figura 5) foram significativamente diferentes entre as áreas, com a área de *Pinus* sp. apresentando MFA mais baixo, mostrando que as plantas desta comunidade investem menos recursos em densidade foliar (CAF). Isto é reforçado pelo resultado obtido a partir da comparação entre médias de CAF (Figura 6), que foram significativamente diferentes, com as áreas de *Pinus* sp. apresentando médias mais altas. As médias de DM (Figura 7) foram similares entre as áreas. Estes resultados sugerem que as espécies aparentemente apresentam maior plasticidade de alocação de recursos para construção de folhas do que para a alteração dos vasos condutores (madeira), como resposta à alteração do ambiente lumínico.

Referências bibliográficas

- AYRES, M., AYRES JR., M., AYRES, D.L. & SANTOS, A.S. 2003. BioEstat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém, Sociedade Civil Mamirauá.
- FERRI, M.G. 1976. Ecologia dos cerrados in FERRI, M.G. (coord.) IV Simpósio sobre o cerrado. Belo Horizonte, Editora Itatiaia; São Paulo, Editora da USP.
- GELDER, H.A., POORTER, L. & STERCK, F.J. 2006. Wood mechanics, allometry, and life-history variation in a tropical rain forest tree community. *New Phytologist* 171: 367–378
- LARCHER, W. 2004. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, RiMa. Segunda edição. pp 153-164.
- POORTER, L. & BONGERS, F. 2006. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. *Ecology*. 87(7): 1733-1743.
- PRESTON, K.A., CORNWELL, W.K. & DENOYER, J.L. 2006. Wood density and vessel traits as distinct correlates of ecological strategy in 51 California coast range angiosperms. *New Phytologist* 170: 807–818
- REICH, P.B., WALTER, M.B. & ELLSWORTH, D.S. 1997. From tropics to tundra: Global convergence in plant functioning. *Ecology*. 94: 13730–13734.
- RICKLEFS, R.E. & MILLER, G.L. 2000. *Ecology*. New York, Freeman. Fourth Edition. p.156.
- SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P. 1998. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, Embrapa. pp. 63-65, 120.
- TURNER, I.M. 2001. *The Ecology of Trees in the Tropical Rain Forest*. apud GELDER, H.A., POORTER, L. & STERCK, F.J. 2006. Wood mechanics, allometry, and life-history variation in a tropical rain forest tree community. *New Phytologist* 171: 367–378
- VENDRAMINI, F., DÍAZ S., GURVICH D. E., WILSON P.J., THOMPSON, K., HODGSON, J. G. 2002. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in flora with succulent species. *New Phytologist*. 154: 147–157
- WILSON, P.J., THOMPSON, K. & HODGSON, J.G. 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist* 143: 155-162
- WRIGHT, I. J., REICH, P.B, WESTOBY, M., ACKERLY, D.D., BARUCH, Z., BONGERS, F., CAVENDER-BARES, J., CHAPIN, T., CORNELISSEN, J. H. C., DIEMER, M., FLEXAS, J., GARNIER, E., GROOM, P.K., GULIAS, J., HIKOSAKA, K., LAMONT, B.B., LEE, T., LEE, W., LUSK, C., MIDGLEY, J.J., NAVAS, M., NIINEMETS, U., OLEKSYN, J., OSADA, N., POORTER, H., POOT, P., PRIOR, L., PYANKOV, V.I., ROUMET, C., THOMAS, S.C., TJOELKER, M.G., VENEKLAAS, E.J. & VILLAR, R. 2004. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*. 428: 822-828.
- WRIGHT, I.J & CANNON, K. 2001. Relationships between leaf lifespan and structural defences in a low-nutrient, sclerophyll flora. *Functional Ecology* 15: 351–359
- WRIGHT, I.J.; ACKERLY, D.D.; BONGERS, F.; HARMS, K.; IBARRA-MANRIQUEZ, G.; MARTINEZ-RAMOS, M.; MAZER, S.J.; MULLER-LANDAU, H.C.; PAZ, H.; PITMAN, N.C.A.; POORTER, L.; SILMAN, M.R.;

VRIESENDORP, C.F.; WEBB, C.O.; WESTOBY, M. & WRIGHT, S.J. 2006. Relationships among ecologically important dimensions of plant trait variation in seven neotropical forests. *Annals of Botany*.

Tabela 1. Lista de espécies amostradas

Espécies comuns	Espécies Cerrado	Espécies Pinus elliotii Eng.
<i>Annona coriacea</i> Mart.	<i>Didymopanax vinosum</i> (Cham. & Schltld.) Marchal	<i>Eugenia puniceifolia</i> Humb., Bonpl. & Kunth) DC.
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	<i>Miconia stenostachya</i> DC.	<i>Miconia fallax</i> DC.
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	<i>Qualea cordata</i> Spreng.
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	<i>Rapanea guyanensis</i> Aubl.	
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	<i>Roupala montana</i> Aubl.	
<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K. Schum	
<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	
<i>Kielmeyera variabilis</i> Mart.		
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana		
<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) Cogn.		
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez		
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.		
<i>Palicourea rigida</i> H. B. K.		
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.		
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.		
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville		
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.		

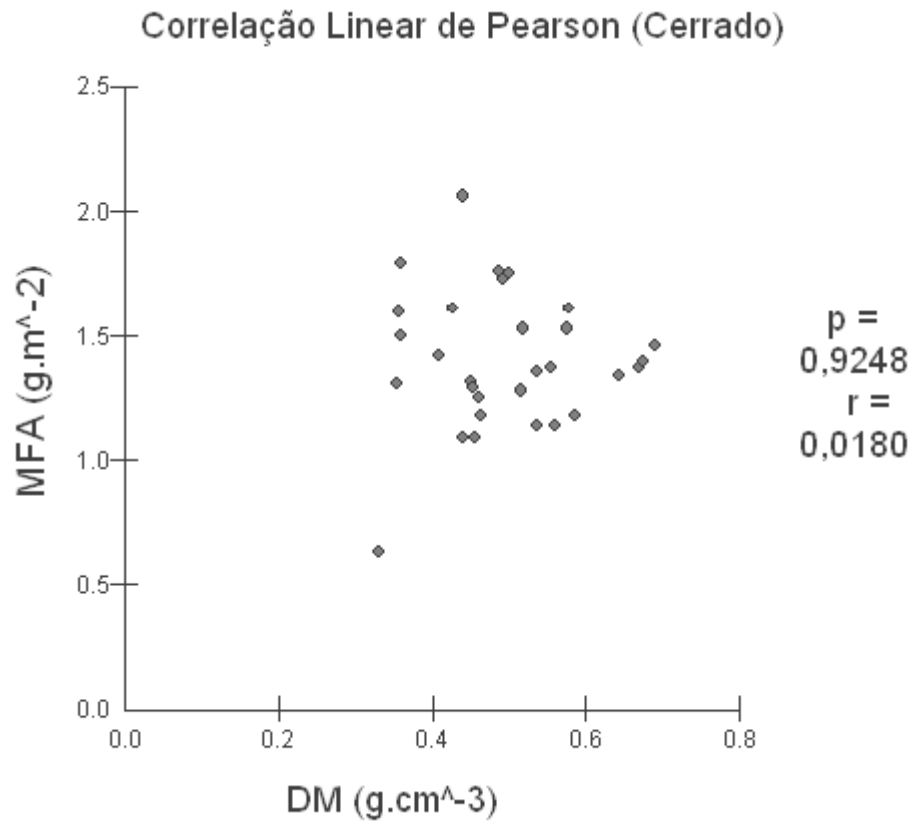


Figura 1. Correlação linear de Pearson para médias de DM e MFA específicas no ambiente de cerrado denso.

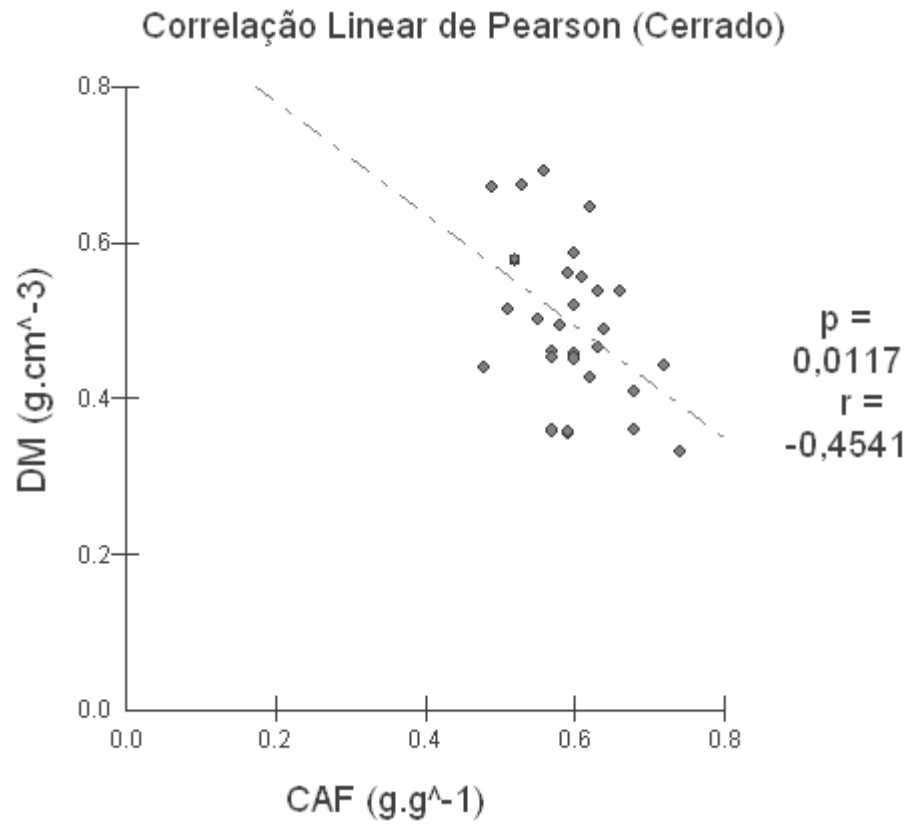


Figura 2. Correlação linear de Pearson para médias de CAF e DM específicas no ambiente de cerrado denso.

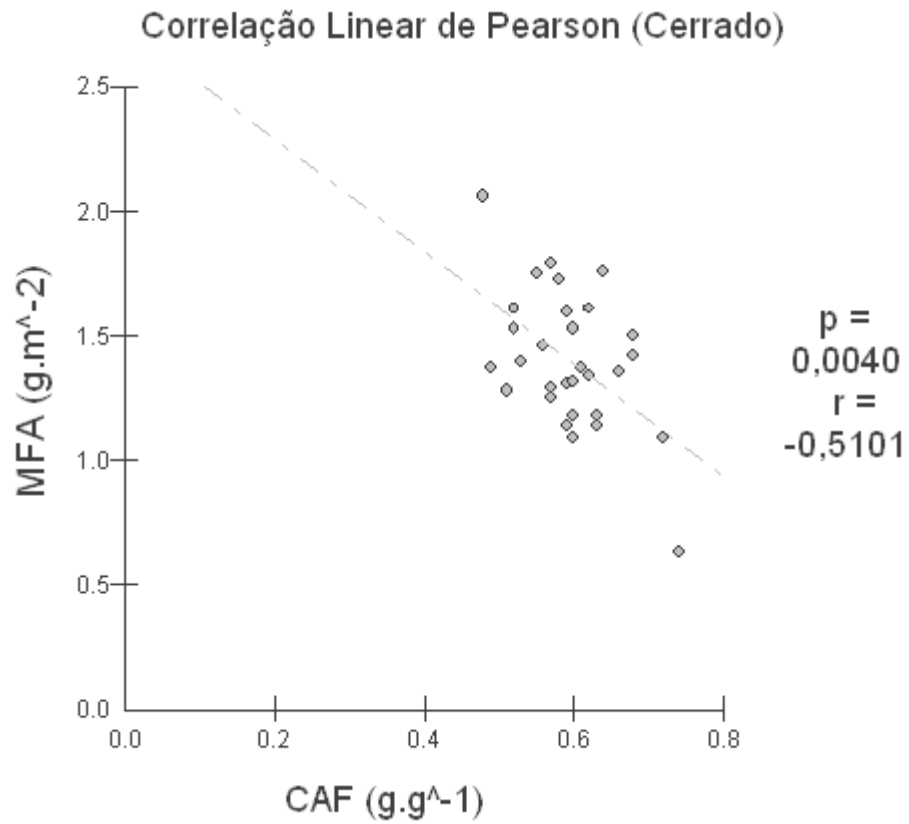


Figura 3. Correlação linear de Pearson para médias de CAF e MFA específicas no ambiente de cerrado denso.

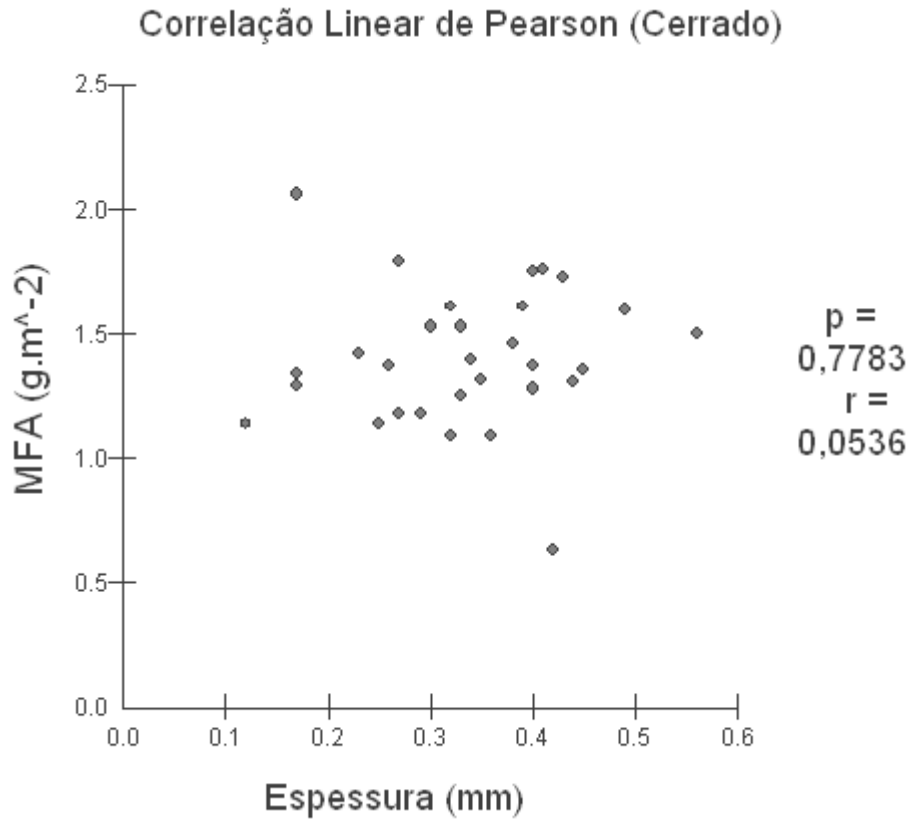


Figura 4. Correlação linear de Pearson para médias de Espessura e MFA específicas no ambiente de cerrado denso.

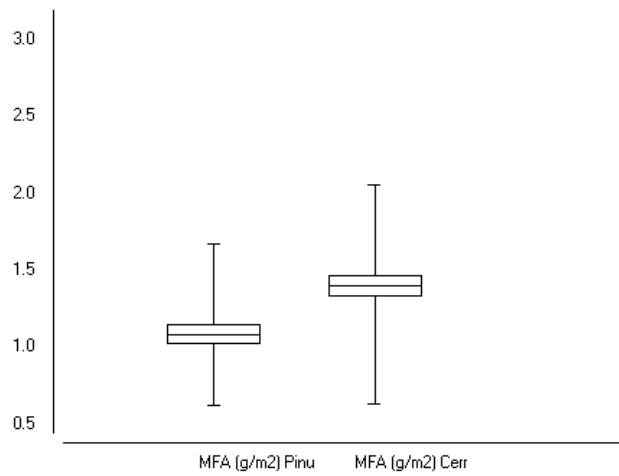


Figura 5. Box-Plot das médias de MFA das espécies comuns à área de cerrado denso e de plantio de *Pinus* sp.

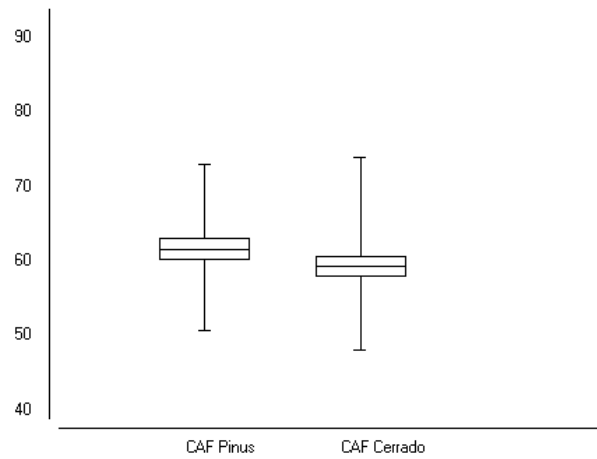


Figura 6. Box-Plot das médias de CAF das espécies comuns à área de cerrado denso e de plantio de *Pinus* sp.

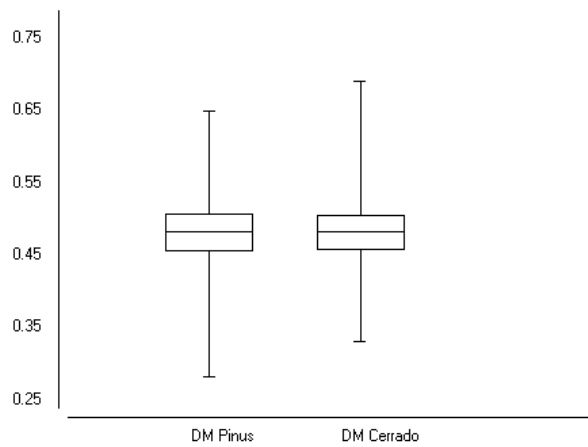


Figura 7. Box-Plot das médias de DM das espécies comuns à área de cerrado denso e de plantio de *Pinus* sp.