

Variação de características morfofuncionais de espécies encontradas em fitofisionomias contrastantes de cerrado

ANA CLAUDIA COSTA¹, BRUNO DE OLIVEIRA¹, CLEITON ELLER¹, DANILO MUNIZ¹, DÉBORA PINHEIRO¹, FLÁVIA BRUNALE¹, JÉSSICA MATSUOKA¹, MÁRCIA DUARTE¹, PATRÍCIA FRANCISCO¹, PAULA MONTEIRO¹ e PEDRO MELLO²

RESUMO - As plantas são organismos sésseis que possuem grande plasticidade fisiológica e morfológica que lhes permitem persistir e sobreviver em habitats com grande variação temporal e espacial de recursos e condições. Para permanecer em um dado ambiente, os indivíduos devem apresentar atributos que favoreçam sua sobrevivência neste local, considerando suas variáveis microclimáticas. Este trabalho teve como objetivo comparar atributos morfofisiológicos de espécies de plantas comuns em dois fragmentos de cerrado com características contrastantes quanto à umidade, temperatura e radiação solar. A partir da comparação de atributos como a MFA, CRAF, DPV, densidade foliar, densidade estomática, espessura cuticular e espessura do mesofilo, verificamos que, de acordo com nossas expectativas, há variações nas características morfofuncionais entre as espécies dos diferentes fragmentos.

Palavras-chaves: características morfofuncionais, fitofisionomias do cerrado, disponibilidade de recursos

1. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
2. Universidade Federal de Rondonia - UNIR

Introdução

Recurso é tudo que pode ser consumido ou utilizado de alguma forma por um organismo para sua sobrevivência e reprodução, como por exemplo: água, luz, espaço ou mesmo parceiros sexuais (Begon et al 2007). Nos diferentes ecossistemas estes recursos podem apresentar maior ou menor variação espaço-temporal e os organismos que deles dependem devem não apenas conseguir acesso a estes recursos como também usá-los da melhor maneira possível quando escassos.

Por serem organismos sésseis, as plantas apresentam grande plasticidade morfofisiológica o que lhes permite ocorrer em habitats com disponibilidade de recursos e condições ambientais contrastantes. As variações morfofuncionais ocorrem para que haja uma maior eficiência no uso de recursos. Cada espécie, porém, possui seus limites de tolerância às variáveis ambientais.

O cerrado apresenta solo ácido, com pouca capacidade de troca de cátions e alta concentração de alumínio o que dificulta a absorção de nutrientes como cálcio e potássio em um solo já empobrecido. O cerrado apresenta várias fitofisionomias que diferem quanto à proporção relativa de espécies lenhosas, e constituem assim, habitats com características microclimáticas contrastantes e diferente disponibilidade de recursos. Essas diferenças influem na composição florística dessas áreas e nas características morfofisiológicas das espécies em diferentes fisionomias.

Medidas como massa foliar por unidade de área (MFA), espessura da lâmina foliar, suculência e densidade foliar são amplamente utilizadas em estudos que visam caracterizar o desempenho ecofisiológico de espécies vegetais em ambientes com diferente disponibilidade de recursos. O MFA indica a quantidade de carbono investida na folha. Espécies de ambientes pobres em nutrientes e com baixa disponibilidade de água, já que o cerrado apresenta grande flutuação estacional hídrica, tendem a possuir elevados valores de MFA (Rosado & de Mattos 2007). Folhas mais espessas freqüentemente possuem mais camadas de parênquima paliçádico, epiderme pluriestratificada e geralmente são encontradas em ambientes com alta intensidade luminosa e/ou pobres em recursos.

Variações na espessura frequentemente estão associadas à suculência e esta reflete a capacidade de armazenamento de água na folha sendo associados a plantas xerófitas. A densidade pode ser associada a baixos níveis fotossintéticos por apresentar células menores e menos espaços intercelulares, além de paredes celulares espessas, que reduzem a difusão de gás carbônico no interior da folha.

Medidas anatômicas foliares como densidade estomática, espessura de cutícula e espessura do mesofilo, também ajudam a entender o perfil funcional das plantas. Maiores densidades estomáticas estão associadas a plantas que transpiram mais intensamente e cutículas mais grossas permitem maior impermeabilidade às folhas, sendo mais frequentes em ambientes secos.

Sabemos que queda no potencial hídrico ao longo do dia é influenciada pela transpiração. Portanto, medidas de potencial hídrico das folhas e o conteúdo relativo de água (CRAF) podem ajudar a inferir sobre transpiração. O potencial hídrico ou potencial relativo de água representa o trabalho necessário para elevar a água osmoticamente ligada ao nível da água pura. Quanto mais negativo for o potencial hídrico do sistema considerado, menor será também a disponibilidade de água nesse sistema (Larcher 1994).

Medidas de fatores abióticos, como valores de conteúdo de água no solo, temperatura e umidade, influenciam nas características morfofuncionais das plantas e podem ajudar na classificação de fitofisionomias.

Sabe-se que a precipitação é o principal controle do ciclo hidrológico nos ecossistemas terrestres. A água que alcança o solo e não é perdida por escoamento superficial infiltra-se através dos poros, e após esta ser drenada pelos poros de maior dimensão a umidade é redistribuída no perfil do solo. A umidade que permanece nos microporos do solo é a que efetivamente estará disponível para as plantas em seu processo de transpiração. Portanto, medidas de conteúdo de água no solo são úteis na comparação entre áreas com aparentes diferenças edáficas, como a presença ou ausência de serapilheira.

Além da evaporação direta do solo, a transpiração ocorre principalmente pela remoção de água pelo sistema radicular, passando pelos vasos das plantas e posterior extrusão desta água através dos estômatos localizados principalmente nas folhas. Desta maneira, a evapotranspiração é uma fonte de umidade para o ar, aumentando durante o dia devido principalmente ao aumento da temperatura e radiação solar e diminuindo no decorrer da tarde (Varanda & Pivello 2005) e durante a noite. Sendo assim, a umidade relativa do ar (UR) atinge seu máximo valor durante a noite, quando a temperatura é baixa e a quantidade de vapor de água é baixa, havendo uma saturação do ar (UR 100%).

Considerando, portanto, a possível influencia dos fatores abióticos, propomos com esse trabalho testar a hipótese de que há variações morfofuncionais entre espécies de fitofisionomias contrastantes de cerrado.

Material e Métodos

1. Área de estudo

Analisamos características morfofuncionais e anatômicas de espécies de duas áreas com fitofisionomias contrastantes, Estação Ecológica (EE) com fitofisionomia de campo sujo e Valério (V) com fitofisionomia de cerrado denso, em Itirapina, SP. A Estação Ecológica apresenta-se em uma área aberta, com muita intensidade de luz, temperaturas mais altas e com menos umidade, já que não há uma grande formação arbórea. Em contraponto, o microclima no Valério apresenta-se com uma variação de temperatura menor, mais umidade e, formação arbórea mais alta. Verifica-se uma menor intensidade de luz também neste local, fato crucial para nossa análise comparativa.

2. Variáveis ambientais

Medimos umidade relativa e temperatura de forma continua em intervalos de 30 minutos, usando sensores de temperatura (T) e umidade (U) (HOBO Model 8), instalados em galhos nas áreas de

estudo. O déficit de pressão de vapor foi calculado, com os dados de T e U coletados, seguindo a fórmula proposta por Rundel & Jarrel (1989). Coletamos essas informações climáticas nos dias 5,6 e 7 de fevereiro de 2008.

3. Atributos Morfofuncionais

Coletamos as 18 espécies mais abundantes (três indivíduos por espécie) de cada área. Após a coleta, cortamos os ramos dentro de recipientes com água, onde ficaram cobertos com sacos plásticos pretos por duas horas para saturação hídrica foliar. Retiramos 10 discos foliares com área de 0.94 cm² de cada indivíduo, dos quais determinamos peso fresco e peso seco. Para secagem utilizamos uma estufa. Além das circunferências também foi medida a espessura foliar de cinco folhas diferentes de cada indivíduo utilizando um paquímetro digital com precisão de 0,01cm. Com os dados obtidos, calculamos a massa foliar por área (MFA) que é a massa seca do disco dividida pela área, suculência (SUC) que é a diferença entre a massa saturada e a massa seca dividida pela área dos discos e densidade que é MFA dividido pela espessura. Medimos também o diâmetro do tronco ao nível do solo e altura de cada indivíduo.

4. Anatomia foliar

Confeccionamos lâminas para análise de anatomia vegetal utilizando duas técnicas: impressão da epiderme e cortes histológicos de material fresco. Para observação e contagem dos estômatos de ambas as faces (abaxial e adaxial) utilizamos a primeira técnica, que consiste em molhar com acetona uma das faces da folha e pressioná-la contra uma fita adesiva por alguns segundos. Retiramos a impressão da epiderme e a colocamos em uma lâmina para a observação ao microscópio óptico. Delimitamos uma área de 0,01cm² e realizamos a contagem dos estômatos, através desse número, calculamos a densidade estomática (número de estômatos/área). A segunda técnica consiste em cortes

transversais da folha, feitos com suporte de um pecíolo de embaúba, para verificação da espessura do mesofilo e cutícula (superior e inferior). Para isso, clarificamos os cortes com hipoclorito de sódio 10%, os coramos com Safrablau (Safranina e Azul de Astra misturados), e montamos lâminas com gelatina glicerinada para observação ao microscópio óptico.

5. Curvas diárias de potencial hídrico e conteúdo de água foliar

Coletamos cinco espécies *Aspidosperma tomentosum*, *Pouteria torta*, *Rapanea guianenses*, *Byrsonimia coccolobifolia* e *Xylopia aromatica* (presente apenas na área de Cerrado Denso). Amostramos 3 folhas de três indivíduos ao longo do dia (6h, 8h, 10h, 12h, 14h, 16h), para cada uma das espécies, para medir potencial hídrico com auxílio de uma câmara de pressão (bomba de Scholander). Para verificarmos o conteúdo de água foliar, coletamos três folhas dos mesmos indivíduos, nos mesmos horários daquelas utilizadas para verificação do potencial hídrico. Pesamos as amostras frescas, as prensamos no campo, e as pesamos depois de secas em estufa. Calculamos também a área foliar através de fotos tiradas das folhas coletadas, utilizando uma escala referencial, que foram posteriormente analisadas usando o software ImageJ v.1.37. Após isto, calculamos o MFA para essas folhas.

6. Conteúdo de água no solo

Coletamos três amostras de solo (próximas dos indivíduos amostrados) nos mesmos horários das medidas de potencial hídrico. A pesagem da terra fresca foi efetuada concomitantemente a coleta das folhas. As mesmas amostras foram para estufa e depois foram pesadas. Assim obtivemos o conteúdo de água no solo.

Resultados

Pudemos observar variações nas características morfofuncionais devido as diferentes condições abióticas do Valério e Estação Ecológica de Itirapina.

As espécies analisadas nos dois fragmentos foram *Aspidosperma tomentosum*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Pouteria torta*, *Rapanea guianenses* e *Xylopia aromatica*, sendo esta última analisada somente no Valério.

O DPV (Fig.1) apresenta como variáveis a temperatura (°C) e umidade relativa (%). Os dados foram coletados por três dias (5, 6 e 7 de fevereiro de 2008) nas duas áreas. Na Estação Ecológica a amplitudes térmica foi de 10°C, enquanto que no Valério foi de 14,6°C. Para umidade relativa, observamos uma variação de 46,6% (às 13h30min) a 98,3% (às 7h) na Estação Ecológica e de 62,45% (às 12h30min) a 94,9% (às 23h30min e à 00h00min) no Valério. Na Estação Ecológica medimos um pico de 2,25 DPV, enquanto no Valério o valor mais alto foi de 1,3 DPV.

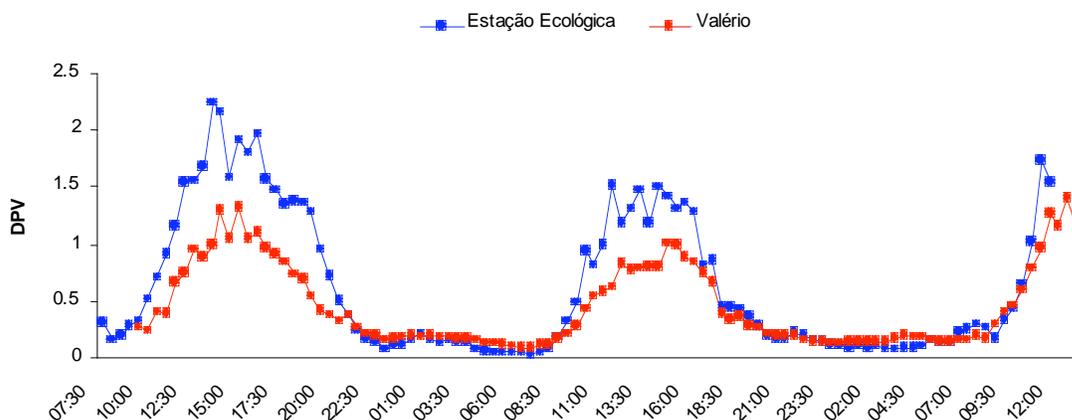
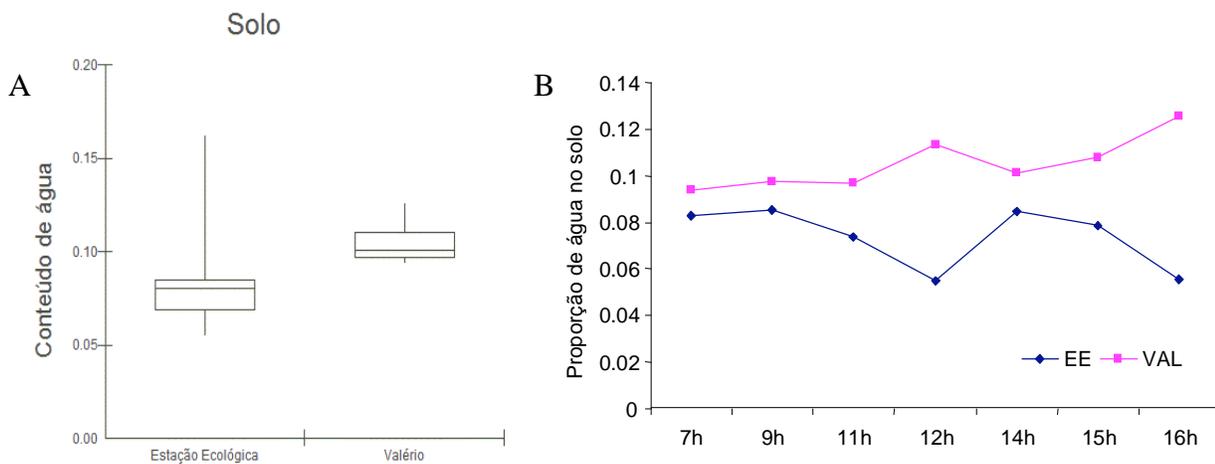


Figura 1. Déficit de Pressão de Vapor (DPV) das 5 espécies analisadas no período de três dias (fevereiro/2008) na Estação Ecológica e no Valério. O eixo das coordenadas apresenta os valores de DPV e o eixo das abscissas, o horário de coleta dos dados.

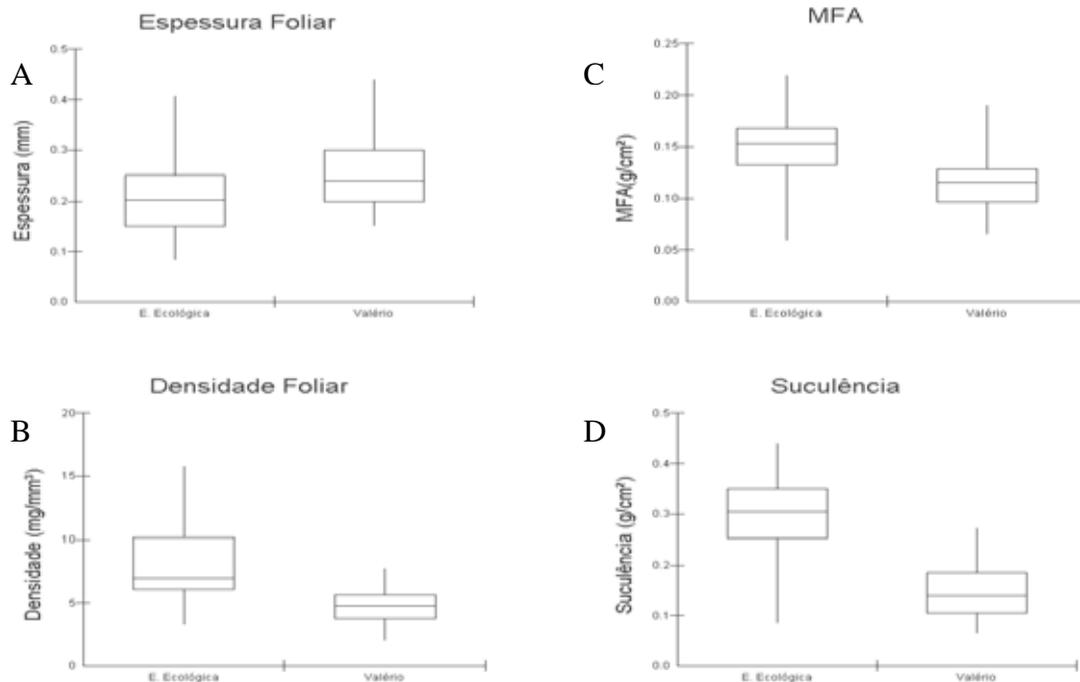
O conteúdo relativo de água do solo (Fig. 2) apresentou-se maior no Valério do que Estação Ecológica. De acordo com as medições efetuadas ao longo do dia, a proporção de água apresentou

quedas às 12h e às 16h na Estação Ecológica. No Valério houve uma situação contrastante já que houve um aumento na proporção de água nos mesmos horários.



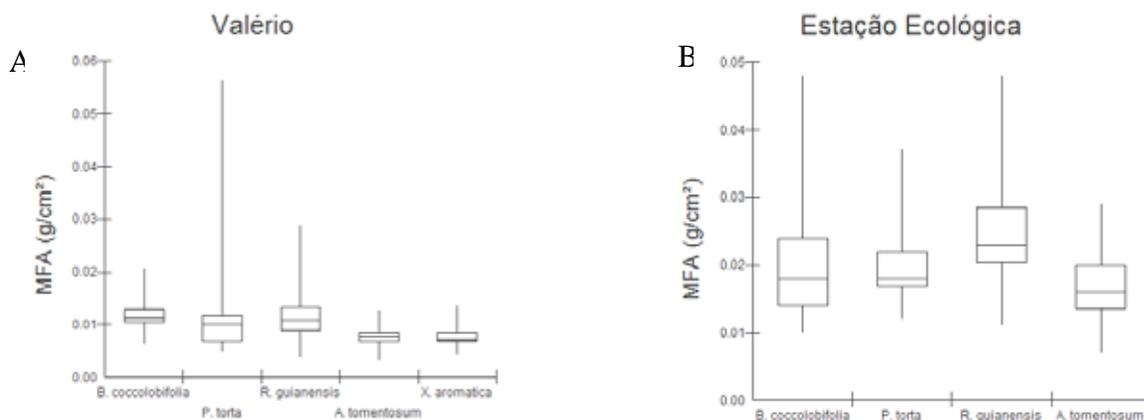
Figuras 2. A. Conteúdo de água do solo superficial dos fragmentos visitados. B. Proporção de água no solo ao longo do dia.

Na Estação Ecológica o MFA (Massa de Folha por unidade de Área), SUC (Suculência) e DEN (Densidade foliar) foram maiores que no Valério. Já e a Espessura Foliar, foi maior no Valério (Fig. 3).



Figuras 3. A. Espessura Foliar. B. DEN (Densidade foliar). C. MFA (Massa de Folha por unidade de Área). D. SUC (Suculência).

Os valores de MFA (Fig. 4) para as espécies analisadas foram, no geral, maiores na Estação Ecológica que no Valério.



Figuras 4. A. MFA das espécies coletadas no Valério. B. MFA das espécies coletadas na Estação Ecológica.

Utilizando a proporção entre massa fresca e massa seca das folhas coletadas, pudemos estimar para cada espécie, ao longo do dia, o conteúdo de água relativa nas folhas (CRAF). Durante o período

observado, as flutuações de CRAF nas duas áreas não foram significativamente contrastantes, como mostram as figuras 5 e 6.

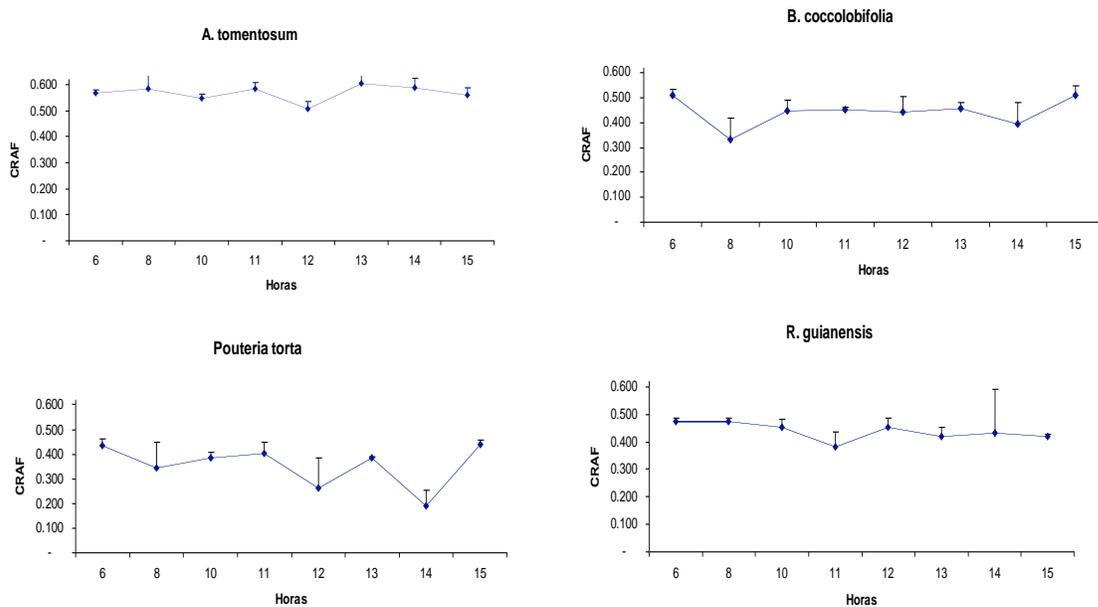


Figura 5. Conteúdo relativo de água foliar de *A. tomentosum*, *B. coccolobifolia*, *P. torta* e *R. guianensis* coletadas na Estação Ecológica.

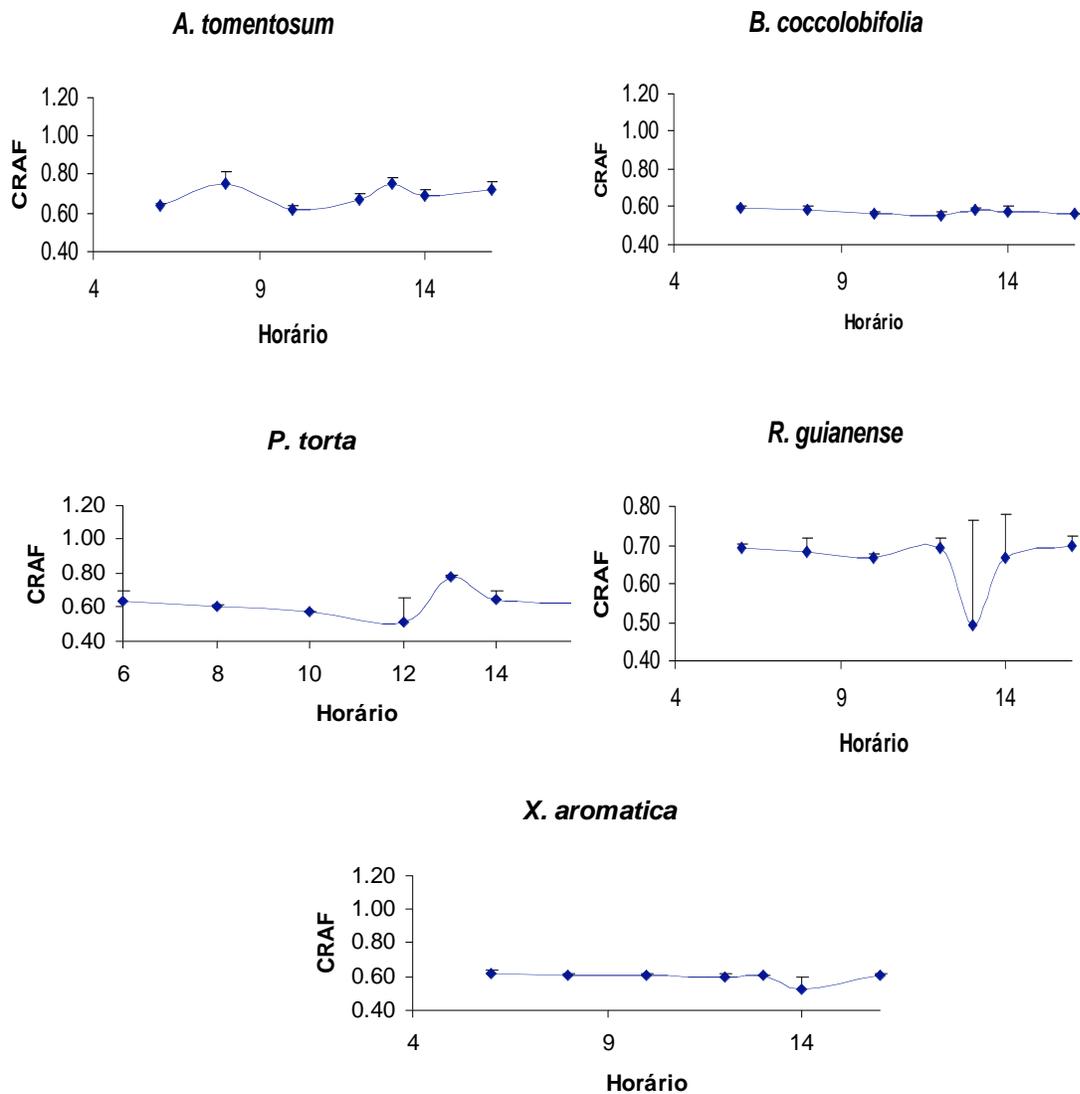


Figura 6. Conteúdo relativo de água foliar de *A. tomentosum*, *B. coccolobifolia*, *P. torta*, *R. guianenses* e *X. aromatica* coletadas no Valério.

O Potencial Hídrico (ψ_a) (Fig. 7) dos fragmentos mostraram que *Rapanea guianenses* e *Byrsonima coccolobifolia* apresentaram queda do valor de ψ_a a partir das 10h e recuperam após às 14h. Já *Aspidosperma tomentosum* apresentou maior ψ_a ao longo do dia, com pouca variação. A *Pouteria torta* mostrou-se diferente entre as áreas, com maior amplitude na Estação Ecológica.

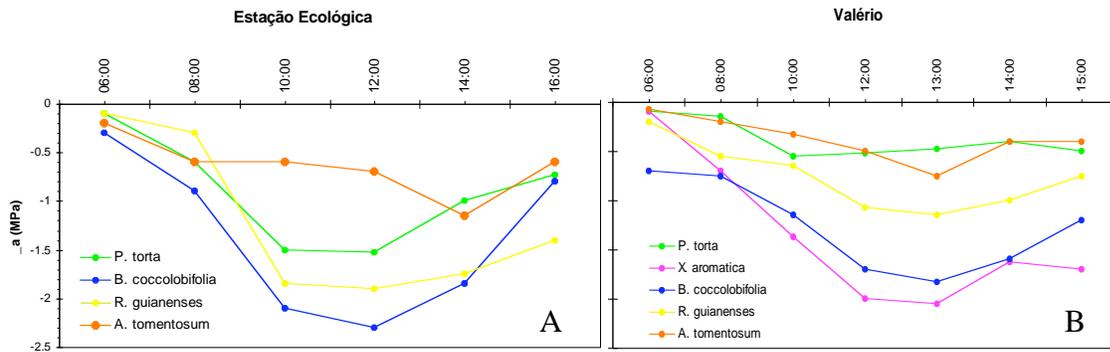


Figura 7. A. Potencial Hídrico das espécies coletadas na Estação Ecológica. B. Potencial Hídrico das espécies coletadas no Valério.

A densidade média dos estômatos foi maior no Valério para todas as espécies de acordo com a figura abaixo.

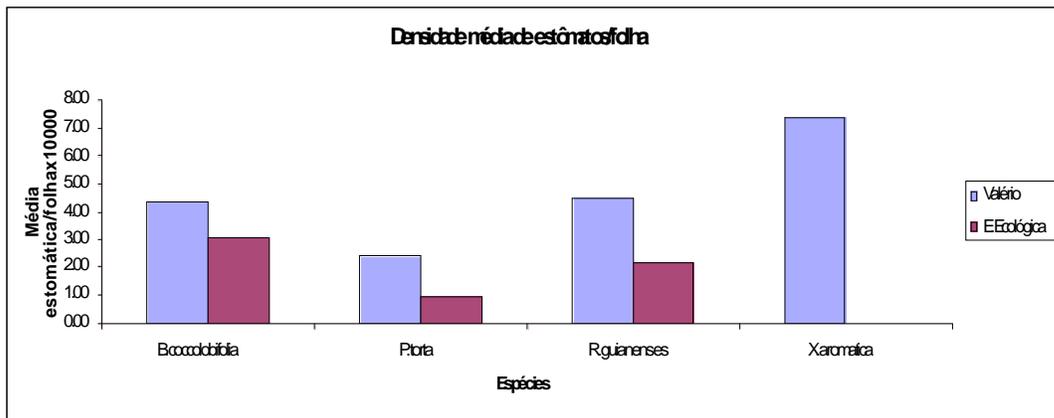


Figura 8. Densidade média dos estômatos por folha.

Dentre as espécies analisadas, o mesofilo (Fig. 9) da *Rapanea guianenses* apresentou maior espessura em ambos os fragmentos. Todas as espécies apresentaram diferenças quanto a sua espessura quando comparadas entre as duas áreas, principalmente a *P. torta*.

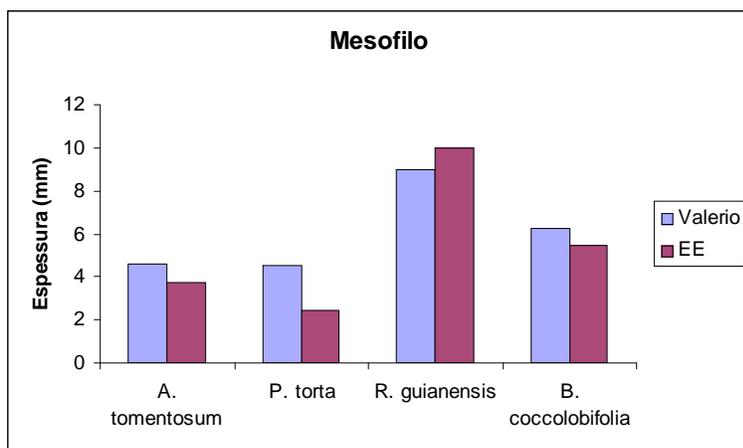
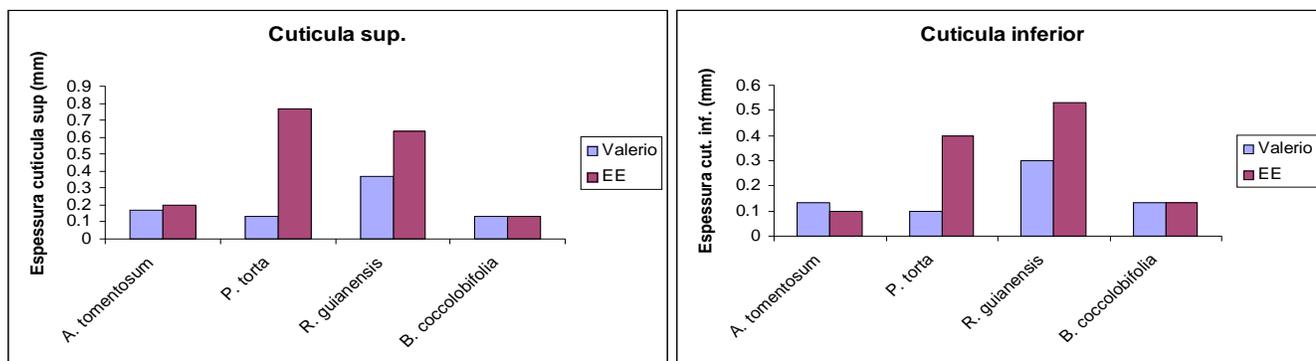


Figura 9. Espessura do mesofilo para espécies coletada nas duas áreas.

Tanto *A. tomentosum* quanto *B. coccolobifolia*, não apresentaram significativas variações na espessura cuticular superior e inferior. Já *P. torta* e *R. guianenses* apresentaram expressiva variação de espessura da cutícula, como podemos verificar nas figuras que seguem (Fig. 10 e 11).



Figuras 10. A. Espessura da cutícula adaxial das espécies coletadas nas duas áreas. B. Espessura da cutícula abaxial das espécies coletadas nas duas áreas.

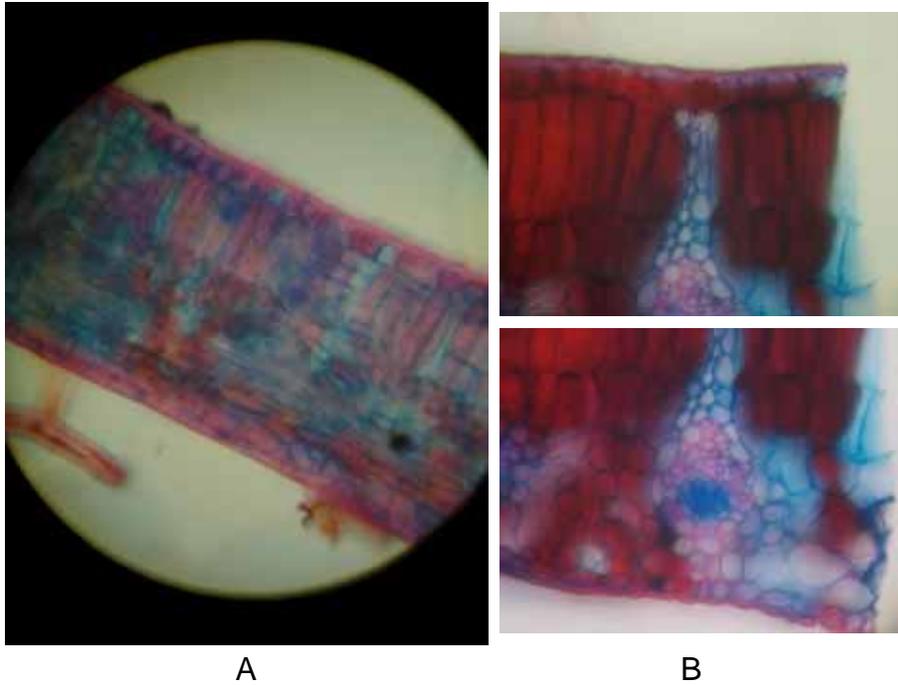


Fig 11. A. Corte transversal da folha de *P. torta* coletada na Estação Ecológica com cutícula corada em rosa. B. Cortes transversais da folha de *P. torta* coletada no Valério.

Discussão

As duas áreas de estudo apresentam microclima diferente. A Estação Ecológica, área de cerrado do tipo campo sujo, apresentou ao longo do dia temperaturas mais elevadas e menor umidade relativa, ou seja, maiores DPVs. DPVs altos indicam uma alta demanda atmosférica por água o que aumenta a transpiração potencial pelas plantas, que ocorreria se não houvesse controle estomático.

Os gráficos de conteúdo de água no solo indicam que na E.E. há um déficit de água muito maior que no Valério, implicando num estresse hídrico maior para as plantas nesse fragmento. As variáveis micrometeorológicas e os dados de água no solo sugerem que o ambiente nas duas fitofisionomias é contrastante. Menos água no solo, maior demanda atmosférica e maior radiação no campo sujo, sugere que nesta comunidade a propensão ao déficit hídrico é maior.

Os atributos morfofuncionais das espécies diferem entre as duas áreas. Em relação aos dados coletados sobre comunidades, observamos que as plantas da E.E. apresentam maior MFA o que indica um maior investimento de carbono em folhas, corroborando com nossas expectativas de que plantas de áreas com baixa disponibilidade de nutrientes e déficit hídrico investiriam em folhas mais resistentes (com lignina e esclereídeos) e com alta longevidade. Assim, uma restrição de nutrientes ou de água no solo, pode levar a esse tipo de resposta. A área foliar reforça essa idéia, pois, observamos nos indivíduos de *P. torta*, *B. coccolobifolia* e *R. guianenses* áreas semelhantes ou menores na E.E. em relação ao Valério, ou seja, a mesma área foliar apresenta uma massa por área maior, mostrando um alto investimento da planta na produção dessa folha.

A existência de substâncias de alto peso molecular é confirmada pelo gráfico de densidade foliar (DEN), no qual a E.E. apresenta um índice mais elevado que no Valério. Esse valor mais elevado provavelmente está relacionado a folhas com menos espaços intercelulares, células menores e em maior número, aumento de fibras e esclereídes e paredes celulares mais espessas, características que reduzem a difusão do CO₂ no interior da folha e, portanto, a capacidade fotossintética (Witkowski & Lamont 1991; Niinemets 2001 apud Rosado 2007). Além disso, espécies com folhas de maior densidade tendem a apresentar uma menor pressão de herbívora (Turner 1994).

Outra característica observada é a suculência (SUC) das folhas, que reflete a capacidade de armazenamento de água na folha (Rosado 2007). A suculência mais elevada na E.E. pode indicar um uso de água com menor restrição pela planta. Apesar de parecer contraditório, esse fato pode indicar que essas plantas apresentam algum mecanismo de otimização desse recurso. Valores de suculência estão relacionados com a espessura da folha. Espécies com folhas mais espessas são comumente encontradas em ambientes com alta intensidade luminosa e/ou pobres em recursos (Niinemets 2001). No nosso estudo, os valores de espessura não foram muito discrepantes entre as duas áreas.

Quando analisamos quatro espécies comuns às duas áreas, observamos novamente os atributos morfofuncionais já vistos na comunidade, a fim de analisar as possíveis diferenças. Dessa forma, as variáveis microclimáticas em questão, modulam o funcionamento das espécies quanto ao uso de água. O potencial hídrico indicou que, indivíduos das mesmas espécies, respondem a esses fatores de maneira diferente nas duas áreas. Na Estação, as quatro espécies observadas apresentaram, antes do alvorecer, um potencial muito próximo de zero, sugerindo equilíbrio com potencial hídrico do solo. *Byrsonimia coccolobifolia*, *Pouteria torta* e *Rapanea guianenses* apresentaram uma queda rápida do potencial até o meio dia, sugerindo um alto uso de água. Já *Aspidosperma tomentosum* apresentou uma maior uniformidade ao longo de todo o dia, alterando levemente esse comportamento somente próximo ao meio dia, sugerindo um uso de água mais conservativo. Essa espécie pode estar mais adaptada a esse microclima já que é mais comum na EE que no Valério. Todas as espécies apresentaram uma recuperação do potencial a partir das 13h. No Valério, as espécies apresentaram curvas semelhantes de potencial hídrico, porém com menores amplitudes. Enquanto na E.E., o potencial hídrico da *B. coccolobifolia* chegou a $-2,4\text{MPa}$, no Valério obtivemos um potencial de apenas $-1,8\text{MPa}$. O potencial mais negativo na EE sugere ou uma maior transpiração (demanda), ou menor suprimento de água (menos água no solo ou sistema radicular menos profundo), ou uma combinação de maior demanda com menor suprimento. A *B. coccolobifolia* começa com um potencial muito mais negativo que na E.E, podendo indicar que ela realiza transpiração durante o período noturno, contradizendo o dogma de que as plantas não apresentam transpiração noturna. Os indivíduos de *P. torta* e *R. guianenses* que apresentaram uma curva bem acentuada na Estação, com potenciais bastante negativos, indicando um fechamento estomático próximo ao meio dia, evidenciando que há o controle da abertura estomatal. Já no Valério apresentaram curvas mais atenuadas, acompanhando o padrão de curva da *A. tomentosum*. O indivíduo de *X. aromatica*, bastante comum no Valério, apresentou uma curva bem acentuada, ou seja, o potencial mais negativo. Isso sugere que esta espécie apresenta altas

taxas de transpiração ao longo do dia. Além disso, de acordo com as análises anatômicas realizadas, essa espécie apresentou um grande número de estômatos, quando comparada com as outras espécies analisadas. A alta densidade de estômatos reforça o alto uso de água dessa espécie. O método utilizado não pode quantificar a transpiração, portanto, apenas pudemos compará-la.

A partir do CRAF de cada espécie observamos que ao longo do dia não houve uma grande variação de conteúdo de água. Assim, apenas algumas poucas diferenças entre as espécies foram verificadas nesse quesito.

Com relação às análises anatômicas, no geral, as espécies do Valério apresentaram uma densidade estomática maior que as mesmas espécies no Valério, indicando que no Valério as espécies tem uma taxa de transpiração maior que as espécies da Estação. Além disso, devido à alta intensidade de luz, as espécies da EE apresentam a cutícula superior mais espessa que as mesmas espécies no Valério, que também apresentam um mesofilo mais espesso.

Os atributos analisados relacionam-se com a capacidade do indivíduo captar recursos oferecidos pelo ambiente e com sua capacidade de se manter nesse lugar. No caso da EE, a *Xylopia aromatica* provavelmente não apresenta os atributos necessários para se manter nesse ambiente, visto sua ausência no lugar. A grande abundância de indivíduos de *Aspidosperma tomentosum* na EE sugere um melhor desempenho dessa espécie nesse tipo de ambiente, possivelmente determinado por um conjunto de caracteres morfofuncionais coerentes com o microclima desse local.

Através desse estudo, podemos dizer que há variação de características morfofuncionais entre espécies encontradas nas diferentes fitofisionomias de cerrado analisadas. Portanto, o meio abiótico funciona como principal filtro ambiental que seleciona espécies com determinados atributos para um determinado tipo de habitat.

Referências Bibliográficas

- BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. 2007. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. **Life in the Cerrado: Vol. I Origin Structure and Plant Use**. Germany.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa.
- NIINEMETS, Ü. 2001. Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area density, and thickness in trees and shrubs. **Ecology** **82**: 453-469.
- ROSADO, B.H.P. & DE MATTOS, E.A. 2007. Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. **Acta bot. bras.** **Vol. 21**:741-752.
- TURNER, I.M. 1994. Sclerophylly: primarily protective? **Functional Ecology** **8**: 669-675.
- VARANDA, E., PIVELLO, V.R. 2005. **O cerrado Pé-de-gigante: ecologia e conservação** – Parque Estadual de Vassununga. São Paulo: SMA.
- RUNDEL, P.W., JARREL, W.M. 1989. Water in the environment. In: PEARCY, R.W., EHLERINGER, J., MOONEY, H.A., RUNDEL, P.W. **Plant Physiological Ecology – Field methods and instrumentation**. Chapman & Hall, London 457 pp.