

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE BIOMAS TROPICAIS

JANE EYRE CASARINO

**ATIVIDADE DA ENZIMA REDUTASE DE NITRATO EM
TRÊS ESPÉCIES DE CAMPOS FERRUGINOSOS (CANGA)
RESPONDE A FERTILIZAÇÃO NITROGENADA**

Ouro Preto
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JANE EYRE CASARINO

**ATIVIDADE DA ENZIMA REDUTASE DE NITRATO EM
TRÊS ESPÉCIES DE CAMPOS FERRUGINOSOS (CANGA)
RESPONDE A FERTILIZAÇÃO NITROGENADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia. Área de concentração: Ecologia de Biomas Tropicais.

Orientador: Prof.^aDr.^a Alessandra Rodrigues Kozovits

Ouro Preto
2009

DEDICATÓRIA

Áqueles cuja ajuda foi imprescindível, meus pais **Domiris e Jair**, meu amado **Marley** e minha querida **Geisy**, pelo carinho e apoio constantes, este trabalho é dedicado a vocês.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Agradeço à Prof^ª. Dr^ª. Alessandra Rodrigues Kozovits, a orientação e os ensinamentos imprescindíveis para a realização deste trabalho. Agradeço a confiança creditada a mim e a oportunidade de aprender com você.

MUITO OBRIGADA

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu porto seguro SEMPRE!!!

À minha querida família, Domiris, Jair, Marilise e Ana Clara que mesmo distante permanecia me apoiando sempre.

À minha querida amiga Geisy, se este trabalho se finda é devido a sua enorme ajuda, apoio, horas de campo e laboratório ao longo desses anos. MUITO OBRIGADA!!!

Ao meu querido e amado Marley por suportar meu mau humor nas horas de desespero e por sempre estar ao meu lado durante todo o trabalho “quebrando galho” para que este se finalizasse: Te Amo!!!!

Aos meus queridos amigos Naiara, Isabel, Hudson e Eduardo pelo apoio fundamental na execução deste trabalho.

Às amigas e grandes exemplos de profissionais Maria Cristina T. B. Messias, Viviane Scalon e Maria Cristina Sanches pela constante troca de experiências e pelas alegrias e dúvidas partilhadas nesses anos.

Aos colegas e professores do mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais: obrigada pelas alegrias e conhecimentos compartilhados durante esses anos de convívio.

Aos amigos do Herbário Professor José Badini pelas horas de convívio.

Aos Laboratórios de Biofísica, LBBM e LBCM pelo empréstimo dos equipamentos.

Aos amigos Larissa, José Henrique, Maria José, Carolina e Celso que sempre estiveram disponíveis em seus laboratórios para ajudar neste trabalho. Obrigada!!!!

Ao Sr. Francisco Dias por me acolher e estar sempre ao meu lado.

Ao querido Rubens Modesto, sua ajuda foi fundamental!!!!

Aos amigos Fernanda, Diego, Ana Cláudia, Lorena, Neliane, Vívian, Priscila, Sílvia, Tati, Thaís Souza, Roberta, Claudinei, Andiará, Viviane Miranda e Luíza: quem tem amigos tem TUDO!!!

A FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo suporte financeiro ao Projeto.

A Universidade Federal de Ouro Preto pela bolsa concedida;

Agradeço também as outras pessoas que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho:

O MEU MUITO OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	X
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XIII
1-INTRODUÇÃO.....	1
2-OBJETIVOS.....	8
3-HIPÓTESES.....	9
4-MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4.1-Área de Estudo dos Vegetais.....	10
4.2-Quantificação da Deposição Atmosférica de Nitrogênio.....	13
4.3-Tratamento de Fertilização (Simulação da deposição atmosférica).....	14
4.4-Análise das Plantas.....	14
4.5-Análise do Solo.....	16
4.6-Análise Estatística.....	17
5-RESULTADOS.....	18
5.1-Análise do Solo.....	18
5.2-Atividade da Enzima Redutase de Nitrato (ARN).....	18
5.3-Crescimento relativo, número de folhas e área foliar específica (AFE).....	22
5.4-Concentração de N e P nas folhas e proficiência de retranslocação.....	28
5.5-Quantificação da Deposição Atmosférica.....	30
6-DISSCUSSÃO.....	31
6.1- Análise do Solo.....	31
6.2-Atividade da Enzima Redutase de Nitrato.....	31
6.3-Crescimento relativo, número de folhas e área foliar específica (AFE).....	37
6.4-Concentração de N e P nas folhas e proficiência de retranslocação.....	40
6.5-Deposição Atmosférica.....	42
7-CONCLUSÃO.....	44
8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Vista parcial da área de estudo – Campo Ferruginoso no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto no Morro do Cruzeiro.....10
- Figura 2- Média pluviométrica mensal da cidade de Ouro Preto-MG no ano de 2008 - dados cedidos pela Novelis do Brasil Ltda, Unidade Ouro Preto, Estação Saramenha..11
- Figura 3- Espécies escolhidas para o estudo *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (A= altura do indivíduo 2,15m), *Byrsonima variabilis* A. Juss. (C= altura do indivíduo 1,93m) e *Matayba marginata* Radlk. (B= altura do indivíduo 2,18m).....12
- Figura 4- Atividade real média e erro (NR real) de redutase de nitrato em folhas de *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis* nos grupos controle e fertilizado, de janeiro a dezembro de 2008. * indica diferença significativa ($p < 0,1$) entre as médias do tratamento controle e fertilizado.....20
- Figura 5- Atividade potencial média e erro (NR potencial) de redutase de nitrato em folhas de *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis* nos grupos controle e fertilizado, de janeiro a dezembro de 2008. * indica diferença significativa ($p < 0,1$) entre as médias do tratamento controle e fertilizado.....21
- Figura 6- Taxa de crescimento médio anual em altura em *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis* nos grupos controle e fertilizado, de abril 2008 a março de 2009. As letras diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies e entre os tratamentos ($p < 0,1$).....22
- Figura 7- Taxa de crescimento relativo médio anual dos diâmetros do ápice e da base do caule em *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis* nos grupos controle e fertilizado, de abril 2008 a março de 2009. As letras diferentes indicam diferenças significativas dentro de cada espécie entre os diâmetros do ápice e da base e nos tratamentos controle e fertilizado ($p < 0,1$).....23

Figura 8- Porcentagem de folhas senescentes, maduras e jovens em *Eremanthus incanus*, nos grupos controle e fertilizado. As barras lisas indicam ■ folhas senescentes controle, □ folhas maduras controle, ▒ folhas jovens controle, e as hachuradas indicam ▣ folhas senescentes fertilizado, ▤ folhas maduras fertilizado e ▥ folhas jovens fertilizado.....25

Figura 9- Porcentagem de folhas senescentes, maduras e jovens em *Matayba marginata*, nos grupos controle e fertilizado. As barras lisas indicam ■ folhas senescentes controle, □ folhas maduras controle, ▒ folhas jovens controle, e as hachuradas indicam ▣ folhas senescentes fertilizado, ▤ folhas maduras fertilizado e ▥ folhas jovens fertilizado.....26

Figura 10- Porcentagem de folhas senescentes, maduras e jovens em *Byrsonima variabilis*, nos grupos controle e fertilizado. As barras lisas indicam ■ folhas senescentes controle, □ folhas maduras controle, ▒ folhas jovens controle, e as hachuradas indicam ▣ folhas senescentes fertilizado, ▤ folhas maduras fertilizado e ▥ folhas jovens fertilizado.....27

Figura 11: Área foliar específica (AFE) nos grupos controle e fertilizado nas espécies *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis*. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies e tratamentos ($p < 0,1$).....28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentração de N e P (mg.g^{-1}) (média e EP) nas amostras de solo coletadas na área de estudo em setembro de 2008. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies e * indica diferença significativa entre os tratamentos controle e fertilizado ($p < 0,1$).....	18
Tabela 2. Concentração de nitrogênio (N) e Fósforo (P) em folhas maduras e senescentes, proficiência de retranslocação e razão N:P (média e EP) nos tratamentos controle e fertilizado em <i>Eremanthus incanus</i> , <i>Matayba marginata</i> e <i>Byrsonima variabilis</i> . Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies ($p < 0,1$).....	29
Tabela 3. Concentração de N, P e S totais na deposição atmosférica úmida estimada para a área de estudo no período de abril de 2008 a março de 2009 (Estação Chuvosa).....	30

RESUMO

As atividades antrópicas têm aumentado consideravelmente a entrada de nitrogênio no solo de áreas agrícolas e sistemas naturais, podendo causar profundas modificações na fisiologia, morfologia e ecologia das plantas. Neste contexto, a atividade da enzima redutase de nitrato (RN) torna-se uma importante ferramenta para o entendimento das respostas das plantas ao aumento da disponibilidade de N nos solos através da deposição atmosférica, já que é a enzima chave do metabolismo de N e se mostra bastante responsiva ao seu substrato. O presente estudo foi realizado em uma área de campo ferruginoso, sistema rupestre caracterizado pela baixa disponibilidade de N, no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto, MG. Foram selecionados 10 indivíduos de três espécies pertencentes a grupos funcionais de alta, intermediária e baixa atividade de RN, respectivamente, *Eremanthus incanus* (Less.) Less., *Byrsonima variabilis* A. Juss. e *Matayba marginata* Radlk. Para cada espécie, os indivíduos foram divididos em dois grupos: controle e tratamento, que consiste em adições mensais de nitrato de amônio, totalizando um incremento de 30kg N ha⁻¹ano⁻¹. As atividades reais e potenciais de RN foram mensuradas *in vivo* mensalmente a partir de reação colorimétrica para quantificação de nitrito. Também foram realizadas medidas alométricas nos indivíduos, concentração de N e P foliar, taxa de retranslocação, AFE, quantidade total de folhas e quantificação da deposição atmosférica de nutrientes na área de estudo. A vegetação dos campos ferruginosos apresentou espécies com diferentes habilidades para usar o nitrato, sendo que *E. incanus*, apresentou o maior valor para a atividade da enzima redutase de nitrato, seguida por *M. marginata* e *B. variabilis*; não foram observadas correlações positivas entre os teores de N foliar e atividades de redutase de nitrato; entre a quantidade de nitrogênio adicionada e a concentração foliar de N e eficiência de retranslocação de N foliar durante a senescência e nem com o aumento da área foliar específica ou número de folhas; para as espécies *M. marginata* e *B. variabilis* observou que a resposta da atividade real de RN respondeu mais prontamente, em pelo menos alguns dos meses do estudo, a deposição de N, do que as mudanças na morfologia, concentração e taxa de retranslocação de N foliar, que nem mesmo chegaram a demonstrar diferenças entre os grupos tratamento e controle durante o estudo. Sendo assim, pode-se inferir que nessas espécies a atividade de RN foi

um indicador mais sensível e precoce da poluição nitrogenada do que os métodos tradicionalmente usados (mudanças morfológicas, taxas de retranslocação, etc.). Para a espécie *E. incanus*, não foram observadas mudanças na atividade da RN e em nenhum dos parâmetros tradicionais. Novos estudos devem ser realizados, preferencialmente, de duração superior ao do presente trabalho, para que outros fatores, como associações micorrízicas e maior detalhamento de características do solo entre outros, possam ser considerados, o que poderá proporcionar resultados mais específicos sobre o ecossistema de canga, podendo, assim, ser percebido mais nitidamente o efeito da adição de N no referido ambiente.

Palavras chave - atividade de redutase de nitrato; deposição atmosférica de nitrogênio; fertilização nitrogenada; campos ferruginosos; canga.

ABSTRACT

Human activities have increased considerably the input of nitrogen in soils of agricultural and natural systems, may cause profound changes in physiology, morphology and ecology of plants. In this context, the activity of nitrate reductase (NR) becomes an important tool for understanding plant responses to increased N availability in soils through atmospheric deposition, since it is the key enzyme in N metabolism and proves very responsive to its substrate. This study was conducted in an area of field ferruginous rock system (canga) characterized by low availability of N, of the Universidade Federal de Ouro Preto, MG. We selected 10 individuals from three species belonging to functional groups of high, intermediate and low NR activity, respectively, *Eremanthus incanus* (Less.) Less., *Byrsonima variabilis* A. Juss. and *Matayba marginata* Radlk. For each species, individuals were divided into two groups: control and treatment, which consists of monthly additions of ammonium nitrate, totaling an increase of 30 kg N ha⁻¹year⁻¹. Real and potencial activities NR in vivo were measured monthly from color reaction for quantification of nitrite. Also were measured in individuals allometric, concentration of N and P foliar, retranslocation rates, SLA, leaf's number and quantification of atmospheric deposition of nutrients in the study area. The vegetation of the canga presented species with different abilities to use the nitrate, and *E. incanus*, showed the highest value for the activity of the enzyme nitrate reductase, followed by *M. marginata* and *B. variabilis*; there were no positive correlations between leaf N content and activities of nitrate reductase; between increasing the amount of nitrogen in the foliar concentration of N and efficiency of N retranslocation during leaf senescence and not with increasing specific leaf area or number of leaves. For the species *M. marginata* and *B. variabilis* noted that the response of real activity responded more readily, at least some months of the study, the deposition of N, than the changes in morphology, concentration and rate of retranslocation of leaf N, which even succeeded in proving differences between the treatment and control groups during the study. Therefore, one may infer that these species NR activity was more sensitive indicators of early and nitrogen pollution than the methods traditionally used (morphological changes, retranslocation rates, etc.). For the *E. incanus*, there were no changes in NR activity and in none of the traditional

parameters. Further studies should be performed, preferably longer than that of this work, to the other factors, such as mycorrhizal associations and more detailed characteristics of the soil, among others, might be considered, which may provide more specific results to this ecosystem, so, can be perceived more clearly the effect of N addition in that environment.

Keywords- nitrate reductase activity; atmospheric deposition of nitrogen; nitrogen fertilization; field ferruginous rock system; canga

INTRODUÇÃO



1- INTRODUÇÃO

O ciclo do nitrogênio desempenha um grande papel na dinâmica de ecossistemas e o fornecimento desse mineral é de grande importância para a composição da vegetação (Arslan & Güleriyüz, 2005). A atividade humana, nos últimos anos, mais que duplicou a quantidade de nitrogênio (N) fixada em ecossistemas terrestres devido ao aumento da liberação de nitrogênio industrial, a mobilidade e fixação desenfreada de nitrogênio durante a queima de combustíveis fósseis, e ao cultivo de leguminosas fixadoras de nitrogênio (Galloway et al., 1995; Matson et al., 1999; Vitousek et al., 1997). As principais formas nitrogenadas emitidas pelas atividades antrópicas (NO , N_2O , NH_3 , NO_2) e seus produtos de reação (NH_4^+ , NO_3^- e HNO_3) possuem grande mobilidade na atmosfera, podendo ser depositados sobre superfície terrestre a centenas de quilômetros das suas fontes (Asman, 1998; Fabian et al., 2005). Sendo assim, a diferença entre ecossistemas antropizados e áreas livres da interferência humana começam a desaparecer.

O aumento da disponibilidade de N, um dos principais nutrientes determinantes da produtividade vegetal, pode provocar alterações na ecofisiologia de plantas, afetando a dinâmica de populações, comunidades e funcionamento de ecossistemas (Bobbink et al., 1998). Enquanto espaços agrícolas necessitam da adição de grandes quantidades de N para maximizar a produção, espécies de plantas nativas requerem muito menos para sustentar seu desenvolvimento. Segundo Galloway *et al.* (2008) as regiões tropicais vão receber os aumentos mais dramáticos de nitrogênio reativo nas próximas décadas e as entradas desse nitrogênio são conhecidas por levar à perda de biodiversidade, em ecossistemas de alta latitude, e a modificação da composição florística quando espécies com baixos requerimentos desse nutriente são excluídas por espécies vigorosas capazes de responder prontamente ao aumento de sua entrada (Pitcairn et al., 2006). Estudos realizados com briófitas e líquens, que obtêm N através das chuvas ou de outras fontes atmosféricas, demonstram que esses grupos sofrem um grande risco de exclusão da paisagem com o aumento da deposição nitrogenada (Pitcairn et al., 1995).

O nitrogênio é considerado o nutriente que mais limita o crescimento das plantas, e em muitos ecossistemas (Barendse & Aerts, 1987 *apud* Butler & Ellison, 2007), as diferentes espécies, ou grupos funcionais, tem se adaptado a essa limitação

usando uma variedade de estratégias para adquirir e conservar nutrientes de maneira eficiente. Estudos usando isótopos estáveis têm revelado uma vasta gama de estratégias que as plantas usam para adquirir, reter, alocar e retranslocar nutrientes escassos (Dawson et al., 2002 *apud* Butler & Ellison, 2007). Avaliando a abundância natural de $\delta^{15}\text{N}$ em folhas de árvores do Cerrado, Bustamante et al. (2004) sugeriram que as grandes diferenças em $\delta^{15}\text{N}$ encontradas entre espécies vegetais são indicativos dos mecanismos que estariam mantendo grande diversidade de formas de vida em um ambiente com baixa disponibilidade de nutrientes e estresse hídrico.

No Brasil, alguns estudos dos efeitos da fertilização nitrogenada sobre a vegetação nativa do cerrado *strito sensu* tem sido realizados. Estes demonstram que as taxas de nitrificação são baixas, a razão C/N é elevada (Nardoto et al., 2006; Bustamante, 2004) e a emissão de gases nitrogenados são extremamente baixas (Pinto et al., 2002), que são características típicas de sistemas com ciclos de N mais conservativo (Davidson et al., 2001). No estrato herbáceo, as gramíneas responderam mais rapidamente à fertilização com sulfato de amônio apresentando maiores aumentos de biomassa em relação as eudicotiledôneas; e comparando-se as gramíneas, as espécies C_3 foram favorecidas em relação as C_4 (Luedemann, 2001). Em experimentos com espécies arbóreas, a fertilização nitrogenada não influenciou na AFE, nem na concentração de N foliar em folhas maduras, porém em folhas senescentes do tratamento fertilizado a concentração de N foi cerca de 25% superior a concentração das folhas do tratamento controle, evidenciando uma menor taxa de reabsorção desse nutriente em espécies sob tratamento com N. As taxas de C:N demonstraram respostas sazonais, sendo altas sob o tratamento com N, porém, somente na época chuvosa (Kozovits et al., 2007; Nardoto, 2003). Estudos em florestas temperadas demonstraram que a concentração do N foliar em espécies tratadas com N foi significativamente superior às espécies do grupo sem adição desse mineral (Magill et al., 2000). Além disso, estudos corroboram o fato de que o aumento da deposição nitrogenada pode favorecer algumas espécies em detrimento de outras, como o favorecimento de lenhosas invasoras observado por Archer (1995) e o detrimento de briófitas e líquens verificado por Pitcairn et al. (2006).

Como dito anteriormente, a magnitude do impacto da deposição nitrogenada deve variar entre os ecossistemas, mas espera-se que seja especialmente relevante em condições de solos distróficos, onde a maior parte das espécies vegetais possui baixos

requerimentos de N (Pitcairn et al., 2006). Nesse contexto, os campos ferruginosos seriam potencialmente um dos sistemas mais afetados no Brasil, por possuírem solos que, quando presentes, são raros, oligotróficos e com baixa capacidade de retenção de água (Ferreira & Magalhães, 1977).

Os campos ferruginosos crescem sobre um substrato conhecido como canga hematítica (formada basicamente por hematita). Essa canga é uma camada de rocha ferruginosa da era Cenozóica, com 2 a 10 m de espessura e teor de ferro entre 40 a 68%, relativamente impermeável e resistente à erosão (Vincent, Jacobi & Antonini, 2002). Segundo Rizzini (1979), os campos ferruginosos se diferenciam quanto ao grau de agregação em canga couraçada (quando a rocha ferruginosa é pouco fragmentada) e canga nodular (recoberta por pequenos nódulos de minério).

No Brasil, tais campos ocorrem principalmente no Quadrilátero Ferrífero (MG) e na serra de Carajás (PA), áreas que concentram aproximadamente 98% das reservas de minério de ferro do país (Viana & Lombardi, 2007). A vegetação de canga é caracterizada pela presença de espécies subarbustivas e herbáceas com alto grau de endemismo (Giulietti & Pirani 1988; Vincent, 2004).

Praticamente nenhuma informação sobre os processos fisiológicos relacionados à nutrição nitrogenada das plantas de canga está disponível, entretanto, os baixos valores de pH e de P e as altas concentrações de metais pesados nos solos rasos, somados à esclerofilia das espécies vegetais, sugerem a oligotrofia destes solos (Vincent, 2004). As características edafo-climáticas destes ambientes impõem condições severas para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas (Vincent, Jacobi & Antonini, 2002), e apontam o sistema de canga como um modelo ideal para o estudo dos efeitos da deposição atmosférica de nitrogênio sobre ecossistemas nativos no Brasil.

Atributos morfológicos e fisiológicos apresentados pelas espécies vegetais em ambientes de canga devem ter sido selecionados no sentido de permitem que elas maximizem a captação e o uso de recursos limitantes e minimizem suas perdas. A manutenção dos recursos minerais na biomassa viva deve ser estendida ao máximo, o que pode estar representada por longos períodos de manutenção das folhas e alta taxa de retranslocação de nutrientes durante a senescência (van Heerwaarden, Toet & Aerts, 2003). Diversos trabalhos têm indicado atributos foliares morfológicos e fisiológicos

como área específica foliar (AEF), concentração de N e P e a razão C:N e N:P, escleromorfismo, capacidade fotossintética, eficiência do uso da água (EUA) e de nitrogênio (EUN), como sendo parâmetros de extrema relevância adaptativa (Hoffmann et al., 2005; Nardoto et al., 2006; Carvalho et al., 2007).

Com relação ao N, a capacidade relativa de absorver e reduzir NO_3^- nas folhas pode variar enormemente entre as espécies, e parece estar diretamente relacionada à habilidade competitiva das plantas. Espécies de diferentes estágios sucessionais variam em sua história de vida e em características fisiológicas. Em geral, as espécies pioneiras possuem alta capacidade para assimilar o nitrato e são capazes de responder prontamente ao aumento da disponibilidade de N no solo (apresentando maiores valores de atividade de redutase de nitrato nas folhas); já espécies de sucessão tardia, possuem uma menor capacidade para assimilar o nitrato e também são menos capazes de responder a mudanças na disponibilidade de nitrogênio, apresentando menores taxas de atividade de redutase de nitrato em folhas (Aidar et al., 2003).

O nitrato pode ser reduzido nas folhas ou nas raízes, o primeiro passo da assimilação do nitrato na planta é catalizado pela enzima redutase de nitrato (RN) localizada no citoplasma, esta enzima tem NAD(P)H como doador específico de elétrons e é composta por três regiões envolvidas na transferência de elétrons do NAD(P)H para o nitrato que é reduzido a nitrito (Solomonson & Barber, 1990; Campos, 2009). A enzima RN é uma flavoproteína com alto peso molecular formada por duas subunidades idênticas, com três grupos FAD, Heme e um cofator Molibdênio (CoMo) (Viégas & Silveira, 2002; Andrade Netto, 2005; Chow et al., 2007). Está presente no citosol e é considerada a enzima-chave na assimilação e regulação do metabolismo do nitrogênio e em função da sua alta taxa de reação catalítica, controla as reações de redução do nitrato.

A RN pode rapidamente ser sintetizada de acordo com as necessidades da planta e é inativada pelos produtos finais da reação (por exemplo, pelo NH_3) (Kessler, 1964; Beevers & Hageman, 1980; Solomonson & Barber, 1990). O principal fator que influencia a síntese da enzima nitrato redutase é o nitrato que, quando presente, induz a síntese *de novo* da enzima. Já a atividade da enzima é influenciada pela luz, efeito que pode ser direto, ativando a enzima, ou indireto, através do processo da fotossíntese, fornecendo energia para a assimilação do nitrato, pelo molibdênio (co-fator da enzima),

que quando deficiente reduz a sua atividade, assim como pela concentração de amônio e de aminoácidos (produtos da assimilação de nitrogênio) (Smirnoff *et al.* 1984).

A redução completa do nitrato a amônio requer oito elétrons, sendo seu processo de assimilação mais eficiente na folha, onde o poder redutor para a redução do nitrato e os seis elétrons utilizados na redução do nitrato podem ser fornecidos diretamente pelas reações fotoquímicas, sem competição com a fixação do gás carbônico. Isso é possível sob alta intensidade luminosa quando há excesso de energia fotoquímica e a assimilação do carbono satura facilmente (Sodek 2004).

A transcrição e a pós-tradução são os dois principais pontos de regulação da enzima RN. O primeiro leva algumas horas e é responsável por mudanças diárias na atividade com a maior atividade durante as primeiras horas do dia, e o segundo, um processo muito mais rápido, ocorre por mecanismo de fosforilação e desfosforilação da enzima e leva alguns minutos, sendo importante para desativar a enzima quando a planta passa da luz para o escuro evitando o acúmulo de nitrito na falta de ferroxina (Sodek 2004). Essa enzima apresenta a maior atividade durante a fase jovem e em órgãos em crescimento, os quais requerem grandes quantidades de nitrato (Larcher, 2006), além disso, é estimulada pela citocinina.

Além de ser considerada enzima-chave no metabolismo de N, a atividade da RN pode refletir prontamente às variações nas condições ambientais (Tischner, 2000; Calatayud *et al.*, 2007). Tripathi & Gautam (2007) verificaram que a atividade da RN respondeu à poluição atmosférica muito antes que sintomas visuais na folha e no crescimento das plantas pudessem ser observados, servindo assim, como diagnóstico precoce de estresse ambiental. Além da RN, a concentração de N nas folhas também tem sido considerada parâmetro altamente relacionado aos incrementos de N via deposição atmosférica (Foyer *et al.*, 2003; Pitcairn *et al.*, 2006).

Atividade de redutase de nitrato foi mensurada em espécies pertencentes a diferentes grupos funcionais crescendo em condições naturais em cerrado senso restrito (Kozovits *et al.*, 1996), mas nenhum estudo foi realizado para testar sua resposta à poluição nitrogenada e seu potencial como indicador fisiológico precoce.

Minas Gerais representa a terceira maior economia do país, sendo sua produção fortemente baseada nas atividades agropecuárias e na indústria de transformação, especialmente a siderurgia (Fundação João Pinheiro, 1999). Parte relevante da energia

consumida nas indústrias advém da queima de carvão vegetal, sendo, portanto, responsável pela emissão de grandes quantidades de NO_x e amônia (Flues, 2002) que serão devolvidas à superfície terrestre através da deposição seca e úmida (chuva ácida). O estado também possui longa tradição agropecuária, concentrando cerca de 10% do rebanho bovino brasileiro, e relevante parte das exportações de café e outros grãos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2003). Áreas de pastagens representam 38% do uso do solo no estado, e a agricultura intensiva, aproximadamente 6,5% (Instituto Estadual de Florestas, 2002). Segundo Matson et al. (2002), as atividades agropecuárias são atualmente as maiores fontes de emissão de componentes nitrogenados das deposições seca e úmida em regiões tropicais. Análises de água da chuva em algumas regiões do estado apresentaram grandes quantidades de NO_3^- e NH_4^+ (Figueredo, 1999) e outros compostos fitotóxicos (Silva et al., 2000). Assim, faz-se necessário o estudo das respostas da vegetação nativa aos aumentos da concentração de N via deposição atmosférica que já estão ocorrendo e aos incrementos futuros.

Como dito anteriormente, a vegetação dos campos ferruginosos foi escolhida para tal estudo por ocorrer sobre condições prováveis de baixíssima disponibilidade de N (Gonçalves-Alvin et al., 2001) e outros nutrientes, podendo responder drasticamente à fertilização via deposição atmosférica. Além disso, os campos ferruginosos estão restritos nas localidades das maiores reservas de minério de ferro do país. A maior parte das reservas de alta qualidade são exploradas no Quadrilátero Ferrífero (Brasil, 1978). Por estarem sobre as reservas de minério de ferro em geral de boa qualidade, a vegetação de canga em Minas Gerais está, portanto, destinada a desaparecer e grandes extensões de áreas já degradadas pela mineração precisam ser recuperadas (Teixeira & Lemos-Filho, 2002; Vincent, 2004).

Um *workshop* sobre a biodiversidade em Minas Gerais, realizado em 1998 pela Fundação Biodiversitas, considerou o Quadrilátero Ferrífero área com importância biológica extrema, por possuir grande número de espécies vegetais endêmicas e ameaçadas (Vincent, Jacobi & Antonini, 2002). Esse quadro torna urgente o estudo dos campos ferruginosos, pois sua situação é preocupante devido principalmente a poucas unidades públicas de conservação em que esses ecossistemas estejam incluídos.

Assim, estudos sobre os feitos da poluição nitrogenada sobre aspectos da nutrição mineral neste ambiente, de campo ferruginoso, que abranjam respostas em

nível da morfologia e fisiologia da folha, atividade de redutase de nitrato, retranslocação de N durante a senescência, assim como a disponibilidade de N-mineral no solo oferecerão informações básicas sobre o funcionamento desses sistemas que ainda não estão disponíveis e que poderão ser usadas para alimentar modelos de dinâmica de populações em respostas às mudanças globais, subsidiar programas de recuperação de áreas degradadas, revegetação, conservação da biodiversidade e de recursos naturais em Minas Gerais. Aparentemente, a plasticidade morfológica e fisiológica nas comunidades de canga em resposta as aceleradas mudanças globais vai determinar a seleção de espécies ou grupos de espécies que persistirão no ambiente eutrofizado do futuro próximo.

OBJETIVOS

2 – OBJETIVOS

- Analisar parâmetros de crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais dominantes do campo ferruginoso em estudo ao longo de um ano (uma estação seca e uma chuvosa), e suas respostas ao aumento da disponibilidade de N via simulação de deposição atmosférica;

- Avaliar a atividade de redutase de nitrato como um indicador de qualidade ambiental que responda mais prontamente à poluição nitrogenada comparada aos indicadores clássicos, como alterações na morfologia, anatomia e níveis de nutrientes nas folhas, e taxas crescimento relativo e alometria das plantas;

- Quantificar os níveis atuais de deposição atmosférica das diferentes formas nitrogenadas em uma área de campo ferruginoso em Ouro Preto, que se localiza em região de concentração de potenciais fontes emissoras (atividade minerária);

HIPÓTESES

3- HIPÓTESES

H1 – Apesar do baixo pH dos solos de canga (Vicent, 2004), espera-se que nitrificação não seja totalmente inibida, como observado em solos ácidos de cerrado (Kozovits et al., 1996) e mata atlântica (Aidar et al., 2003). Assim, a vegetação dos campos ferruginosos deve apresentar espécies com diferentes habilidades para usar o nitrato, o que deve estar relacionado a manchas de solos mais ou menos ricas nesta fonte nitrogenada, ou a diferentes capacidades de aquisição do nutriente via deposição atmosférica.

H2 – Espécies com maiores teores de N nas folhas devem responder mais rapidamente ao aumento da disponibilidade de N via deposição atmosférica apresentando maiores atividades de redutase de nitrato (Bobbink et al., 1998, Aidar et al., 2003).

H3 – Tais espécies tenderão a aumentar sua concentração foliar de N, reduzir a eficiência de retranslocação de N foliar durante a senescência, e aumentar a área foliar específica ou o número de folhas.

H4 – Os efeitos da deposição de N serão primeiramente refletidos em alterações na atividade da redutase de nitrato, enquanto as mudanças na morfologia, concentração e taxa de retranslocação de N foliar serão percebidas mais tardiamente. Neste caso, a atividade RN poderá ser usada como um indicador fisiológico mais sensível e precoce deste tipo de poluição atmosférica (Tripathi & Gautam, 2007).

MATERIAL E MÉTODOS

4- MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Área de Estudo e escolha das espécies vegetais

O estudo foi desenvolvido em uma área de campo ferruginoso localizada no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto – MG (Figura 1). Esta é uma área de preservação prevista no plano de ocupação e uso do solo pela UFOP, e que vem se recuperando naturalmente dos impactos que sofreu na implantação da universidade na década de 70. A vegetação é típica de campos ferruginosos (canga), com grande distribuição de espécies lenhosas e presença de espécies endêmicas no estado de Minas Gerais. A área está localizada atrás do departamento de Geologia (DEGEO), próxima ao laboratório de processamento de Minérios DEMIN/EM (S 20° 23'35,7" e W 43°30'40,3") (Corrêa, 2006).



Figura 1- Vista parcial da área de estudo – Campo Ferruginoso no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto no Morro do Cruzeiro.

O clima de Ouro Preto possui características básicas de clima tropical de montanha, em que a baixa latitude é compensada pela atitude e conformação orográfica regional (Carvalho, 1982 *apud* Castro, 2006). Os verões são suaves e os invernos são brandos com baixas temperaturas e elevada umidade atmosférica. A média anual da temperatura em Ouro Preto é de 18,5°C, sendo o mês de janeiro o mais quente e o mês de julho o mais frio. As temperaturas mais elevadas coincidem com o período chuvoso enquanto as temperaturas mais baixas ocorrem no período seco (Castro, 2006).

A região de Ouro Preto possui alta pluviosidade sendo o regime pluviométrico caracterizado como tropical com uma média de 1.708 mm anual (2008). A altitude elevada do município é um dos fatores responsáveis pelo alto índice pluviométrico (IGA, 1994) (Figura 2 – Dados cedidos pela Novelis do Brasil Ltda, Unidade Ouro Preto, Estação Saramenha).

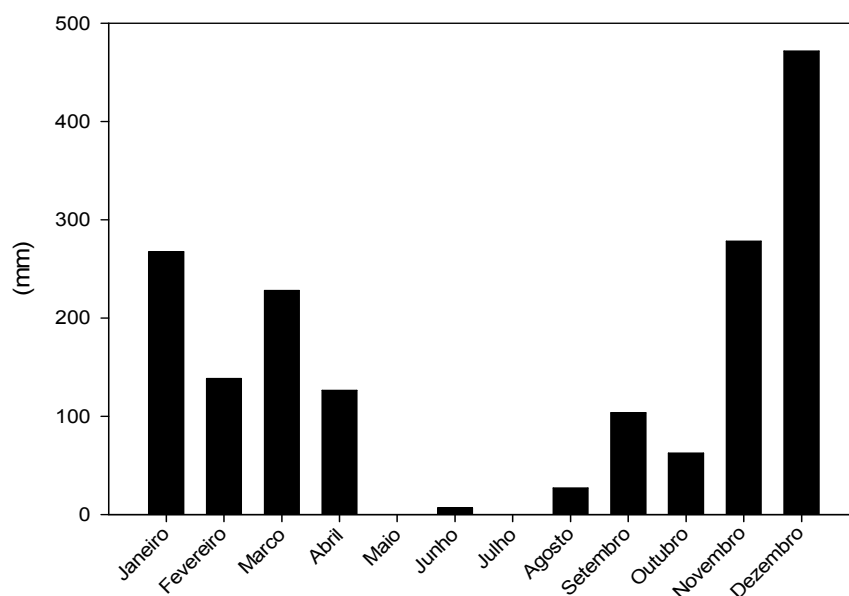


Figura 2- Média pluviométrica mensal da cidade de Ouro Preto-MG no ano de 2008 - dados cedidos pela Novelis do Brasil Ltda, Unidade Ouro Preto, Estação Saramenha.

Inicialmente, foi realizada uma varredura de atividade de redutase de nitrato e das concentrações foliares de N em 10 espécies de maior distribuição no local ou naquelas que,

mesmo com baixa abundância, são endêmicas em Minas Gerais, *Byrsonima variabilis*, *Chamaecrista mucronata*, *Clitoria sp*, *Dasyphyllum sp*, *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata*, *Mellinis minutiflora*, *Sebastiania corniculata*, *Stachytarpheta glabra*, *Tibouchina multiflora*.

Dessa forma, obteve-se uma caracterização da amplitude de estratégias relacionadas ao uso de nitrogênio pela vegetação canga. A partir deste levantamento, foram escolhidas três espécies pertencentes a três grupos de funcionais distintos quanto ao uso de N: espécies com alta, intermediária e baixa atividade de RN, sendo *Eremanthus incanus* (Less.) Less., *Byrsonima variabilis* A. Juss. e *Matayba marginata* Radlk., respectivamente (Figura 3). Dez indivíduos por espécie foram demarcados, sendo cinco submetidos ao tratamento de fertilização (simulação de deposição atmosférica) e cinco pertencentes ao controle (sem fertilização).



Figura 3- Espécies escolhidas para o estudo *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (A= altura do indivíduo 2,15m), *Byrsonima variabilis* A. Juss. (C= altura do indivíduo 1,93m) e *Matayba marginata* Radlk. (B= altura do indivíduo 2,18m).

A espécie *Eremanthus incanus* (figura 3.A) pertence a família Asteraceae e encontra-se no grupo ecológico das pioneiras e das sempre-verdes. Segundo Scolforo et al,

2002, ela se desenvolve em sítios com solos pouco férteis, rasos e, predominantemente em áreas de campos de altitude, com esta variando entre 900 e 1.700 m.

Matayba marginata (figura 3.B) pertence a família Sapindaceae. O gênero ocorre desde o México até o norte da Argentina. É uma espécie arbustiva e decídua (Gayoso, 2008).

Byrsonima variabilis (figura 3.C) pertence a família Malpighiaceae, ocorre principalmente na América do Sul, com maior número de espécies no Brasil, desde Mata Atlântica a Cerrados. É uma espécie arbustiva, sempre-verde e endêmica dos campos rupestres (Castro, 2007).

4.2 - Quantificação da deposição atmosférica de nitrogênio

Três coletores de chuva (Resende, 2001) foram montados na área de estudo em setembro de 2008. As garrafas coletoras (feitas de policarbonato) foram protegidas dentro de um isopor para evitar perda de material por evaporação. Acima da tampa de cada caixa, um funil de 9,5 cm de diâmetro foi ligado a garrafa coletora por uma mangueira de 1,5 cm de diâmetro. Dentro do funil foram acondicionados um filtro de papel (diâmetro 10,5 cm) uma tela de malha de 2 mm para prevenir a entrada de animais, folhas, frutos ou outros objetos dentro do recipiente. As coletas foram realizadas mensalmente, no último dia do mês. Durante a estação seca, as amostras de deposição seca não ultrapassaram 15 dias de acumulação nos filtros (Resende, 2001). No laboratório, as amostras coletadas foram divididas em duas sub-amostras de 50 ml cada. Elas foram filtradas em Millipore (membrana pura celulósica), congeladas e enviadas para análise das concentrações de N total, Enxofre, e Fósforo no laboratório de Ecologia Isotópica. CENA, Piracicaba. As análises foram realizadas através de um Analisador Elementar (baseado na combustão dinâmica da amostra seguida por redução).

Dessa forma obtivemos os resultados da deposição atmosférica para a estação chuvosa considerando os meses de outubro a março, 2008/ 2009 (os dados de março foram calculados através da média dos resultados de outubro a fevereiro).

4.3 – Tratamento de fertilização – (simulação da deposição atmosférica)

Parcelas de 1m² foram delimitadas, contendo em seu centro, um indivíduo de cada espécie escolhida para as análises. Cinco parcelas foram fertilizadas e cinco compuseram o controle. As parcelas ficaram distantes uma das outras em uma distância mínima de 3 metros, para que não sofressem influência das outras. As parcelas fertilizadas receberam um total de 30 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, distribuídos em 12 aplicações ao longo do ano de 2008 (uma aplicação a cada mês). Essa quantidade foi escolhida a partir dos prognósticos do Painel Intergorvenamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), que espera que até 2050, a deposição atmosférica mundial média de N esteja entre 20 e 30 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. O nitrogênio foi pontualmente aplicado na forma de nitrato de amônio diluído em 500 ml de água destilada por deposição sobre cada parcela, simulando a deposição atmosférica úmida de chuva ou de névoa. As parcelas controle receberam 500 ml de água destilada a cada fertilização das demais parcelas.

4.4- Análises em plantas

Crescimento relativo, n° de folhas, área foliar específica, e concentração de N e P nas folhas

Altura e diâmetro do caule (a aproximadamente 4 cm), assim como número de folhas, seus comprimentos e larguras máximas foram mensurados mensalmente durante todo o período do estudo. A taxa de crescimento para o período de um ano relativo foi calculada da seguinte maneira:

$TCR = \ln \varnothing_f - \ln \varnothing_i / T$ onde \ln é logaritmo neperiano, \varnothing_f = diâmetro do tronco no fim da estação de crescimento (março 2008), \varnothing_i = diâmetro do tronco no início da estação

de crescimento (abril 2009) e T é o intervalo de tempo entre duas medições consecutivas, em dias.

Quando a maior parte das folhas da copa demonstrou estar madura, uma amostra representativa de cada indivíduo foi coletada (4 folhas), pesada (PF, peso fresco), sua área escaneada e determinada pelo programa ImageJ 1.39u (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA). As folhas foram então lavadas delicadamente com água destilada para retirada de poeira de sua superfície e levadas a secar em estufa a 65°C por 48 h ou até peso constante (PS, peso seco). A área foliar específica (AFE) foi calculada dividindo-se a área foliar pelo seu peso seco.

A seguir, as folhas foram moídas e enviadas para análise de N e P na Universidade Federal de Viçosa (Departamento de Solos - Laboratório de Análise Foliar). Quando as folhas marcadas no início do estudo começaram a demonstrar sinais de senescência, dois ramos por indivíduo foram envolvidos com tule para que as folhas pudessem ser coletadas logo após sua abscisão. As folhas coletadas sofreram o mesmo tratamento acima descrito para as folhas verdes e maduras. Assim, ao final do ano obtiveram-se dados da variação anual de área foliar, AFE, número de folhas total, concentração de nutrientes (N e P) nas folhas, e taxa de crescimento relativo para cada espécie no controle e sob deposição de N.

Retranslocação de N

No presente estudo, foi calculada a proficiência de retranslocação de N e P que caracteriza a concentração mínima a que um nutriente é reduzido durante a senescência foliar e é expressa pela concentração do nutriente nas folhas senescentes (Killingbeck, 1996).

Atividade de redutase de nitrato

A atividade de NR foi determinada mensalmente em folhas de 10 indivíduos por espécie (cinco no controle e cinco sob fertilização de N) sempre no mesmo período do dia (9:00 - 10:30 h).

Em cada indivíduo, folhas maduras e expostas nas direções N, S, L e O da copa foram coletadas e imediatamente lavadas com água destilada para retirada de poeira e outros contaminantes. Com auxílio de um furador de 7 mm de diâmetro, amostras circulares das folhas foram retiradas, pesadas, cortadas em quatro partes e colocadas em seringa de polietileno com 5 ml de tampão Tris 0,05 M, pH 7,5, 1% (v/v) n-propanol, 50 mM KNO₃ (atividade potencial), ou sem adição de KNO₃ (atividade real), onde sofreram infiltração sob vácuo. Uma amostra de 1 ml foi retirada (T0 = tempo zero), e a seringa seguiu para incubação (temperatura ambiente) no escuro e anaerobiose durante 60 minutos, quando uma nova amostra de 1 ml foi retirada (T60). A atividade foi determinada em termos da quantidade de NO₂⁻ produzido após a reação com sulfanilamida e NNED (n-naftiletlenodiamino), resultando em coloração rosa. A absorbância foi lida a 540 nm em espectrofotômetro (Espectrofotômetro Scanning UV-VIS modelo Nicolet Evolution 300). A atividade real (sem adição de nitrato ao tampão) apresenta a capacidade de redução com os níveis internos de NO₃⁻ no momento da coleta, enquanto a atividade potencial (com adição de nitrato ao tampão) traduz a capacidade da atividade da enzima sob saturação do substrato. A comparação entre as duas atividades pode indicar as espécies com maiores habilidades de responder ao aumento da disponibilidade de NO₃⁻ no ambiente servindo, portanto, como melhores indicadoras da poluição nitrogenada.

4.5 - Análises de solos

A concentração de nitrogênio total e o conteúdo de água foram determinados em amostras de solos (0-2 ou 0-5 cm) no fim da estação chuvosa/início da seca (setembro 2008). As coletas foram feitas em três pontos dentro de cada parcela, compondo uma amostra mista por parcela. O conteúdo de água foi determinado pelo método gravimétrico. Para determinação do teor de N e P, as amostras do solo foram previamente secas a

temperatura ambiente, peneiradas em malha de 2 mm, embaladas e posteriormente, enviadas ao Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Solos na Universidade Federal de Viçosa.

4.6 - Análise Estatística

Os dados foram primeiro analisados quando à distribuição normal usando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Em caso de distribuição não-normal os dados sofreram transformação logarítmica. Os valores da atividade da redutase de nitrato foram comparados pelo teste não paramétrico Mann-Whitney. Os testes para comparação entre concentração de N, taxas de retranslocação, diâmetro e crescimento do caule foram feitas através de ANOVA com post-hoc de Tuckey. Para a comparação entre tratamentos controle e fertilizado foi usado o teste T de Student. Considerando a variabilidade dos dados e a limitação do tamanho das amostras associado com as condições dos experimentos em campo, elevou-se o nível de aceitação de p para 0,1, o que aumenta o poder do teste das hipóteses e reduz a probabilidade do erro tipo II (Perterman, 1990). O programa usado para as análises foi o SPSS versão 15.0.

RESULTADOS

5- RESULTADOS

5.1- Análises do Solo

A concentração de N no solo coletado abaixo das copas dos indivíduos variou de 1,6 a 2,0 mg.g⁻¹ para as três espécies e não houve diferença significativa entre os grupos controle e fertilizado. Com relação ao fósforo, sua concentração variou entre 0,23 a 0,53 mg.g⁻¹ (tabela 1). Encontrou-se também diferença significativa entre as três espécies e para *M. marginata* observou-se diferença significativa entre os tratamentos, sendo maior a concentração no grupo fertilizado.

Tabela 1. Concentração de N e P (mg.g⁻¹) (média e EP) nas amostras de solo coletadas na área de estudo em setembro de 2008. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies e * indica diferença significativa entre os tratamentos controle e fertilizado (p<0,1).

	[N] mg/g		[P] mg/g	
	Controle	Fertilizado	Controle	Fertilizado
<i>E. incanus</i>	1,66±0,14	2,26±0,43	0,54±0,08 ^b	0,51±0,07
<i>M. marginata</i>	1,62±0,05	2,28±0,49	0,29±0,01 ^{ab}	0,77±0,32*
<i>B. variabilis</i>	2,06±0,05	1,82±0,17	0,24±0,05 ^a	0,55±0,29

5.2- Atividade da Enzima Redutase de Nitrato (ARN)

A atividade real (sem adição de KNO₃ ao tampão de incubação) e a atividade potencial de RN (com adição de KNO₃ ao tampão de incubação) variaram entre os meses de estudo nas três espécies (Figuras 4 e 5). De forma geral, os maiores valores de atividade média real foram observados em meses mais chuvosos, e os menores, nos meses mais secos. A atividade potencial não apresentou tal sazonalidade em nenhuma das espécies. Verificou-se que a fertilização estendeu o período de ocorrência de atividade real da enzima RN durante a estação seca em *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis*, sendo

mensurada até maio e junho, meses em que não foram observadas atividades reais em folhas das plantas do grupo controle.

De fato, *M. marginata* e *B. variabilis* parecem ter sido mais sensíveis ao tratamento de fertilização. Em quatro meses, de um total de doze, verificou-se que a atividade real do grupo fertilizado foi significativamente maior do que os do grupo controle. Com relação à atividade potencial, esse padrão foi observado em somente dois meses. Em *E. incanus*, não foram observadas diferenças em nenhum dos meses tanto para a atividade real como potencial. Observou-se também que, em média, as atividades reais apresentaram um valor significativamente mais baixo que as atividades potenciais, em torno de 11,6; 6,8 e 4,3 vezes para *E. incanus*, *M. marginata* e *B. variabilis*, respectivamente.

Considerando, porém, a média das atividades real e potencial ao longo de um ano, observou-se que não houve diferenças entre o grupo fertilizado e o grupo controle. *B. variabilis* apresentou o menor valor médio de atividade real, e foi significativamente diferente da encontrada em *E. incanus*. Já a atividade potencial foi diferente para as três espécies, sendo *E. incanus* a que apresentou maiores valores, *M. marginata*, valores intermediários e *B. variabilis*, menores valores.

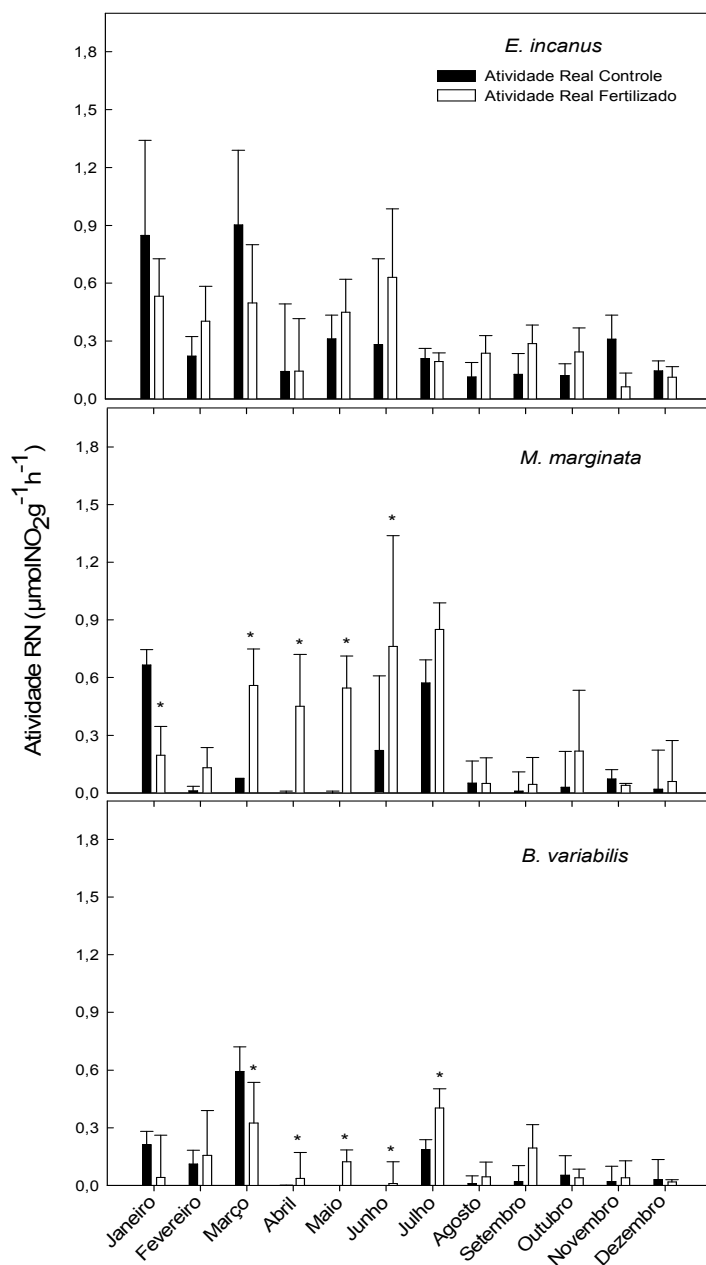


Figura 4- Atividade real média e erro (NR real) de redutase de nitrato em folhas de *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis* nos grupos controle e fertilizado, de janeiro a dezembro de 2008.

* indica diferença significativa ($p < 0,1$) entre as médias do tratamento controle e fertilizado.

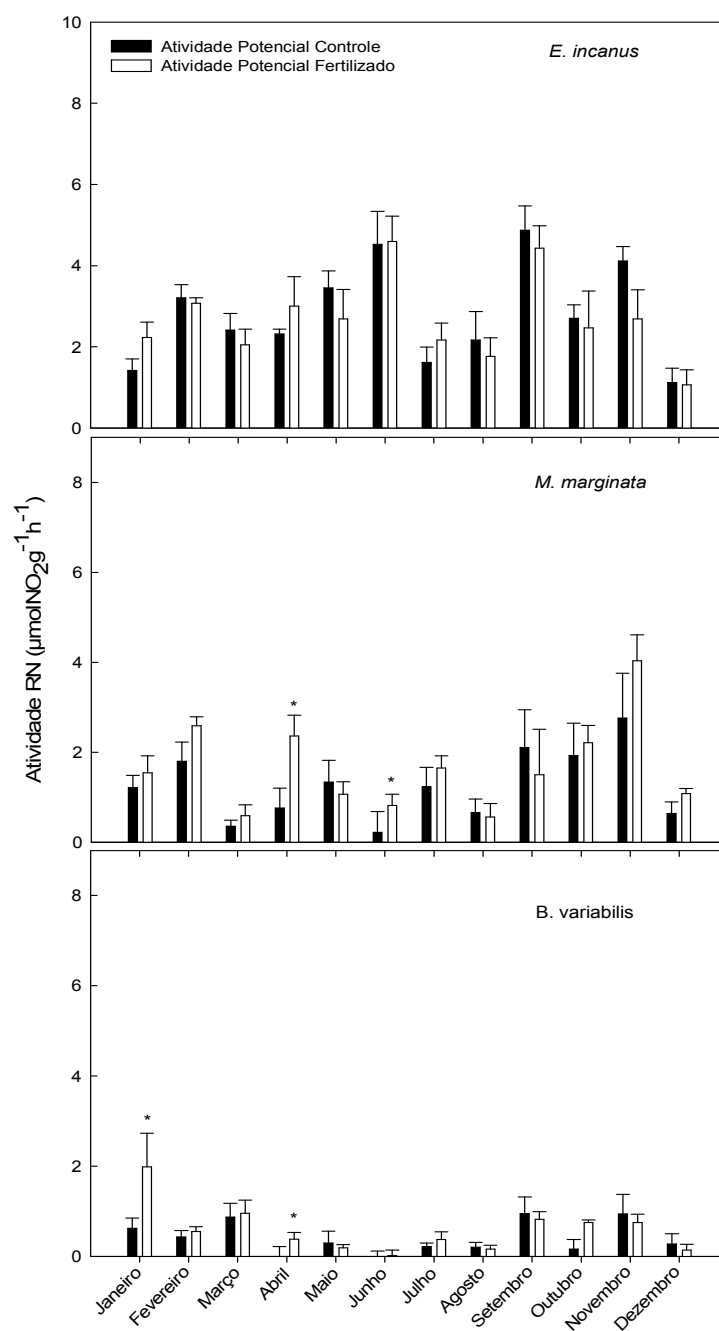


Figura 5- Atividade potencial média e erro (NR potencial) de redutase de nitrato em folhas de *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis* nos grupos controle e fertilizado, de janeiro a dezembro de 2008. * indica diferença significativa ($p < 0,1$) entre as médias do tratamento controle e fertilizado.

5.3- Crescimento relativo, número de folhas e área foliar específica (AFE)

Não houve diferença significativa no crescimento anual em altura entre os tratamentos controle e fertilizado em nenhuma das três espécies (Figura 6). Mesmo não diferindo estatisticamente, numericamente o grupo fertilizado apresentou um crescimento maior que o grupo controle cerca de 72% para *E. incanus*, 32% para *M. marginata* e de 29% para *B. variabilis*.

M. marginata e *B. variabilis* apresentaram maior taxa de crescimento em altura que *E. incanus*, tanto no grupo controle quanto no fertilizado.

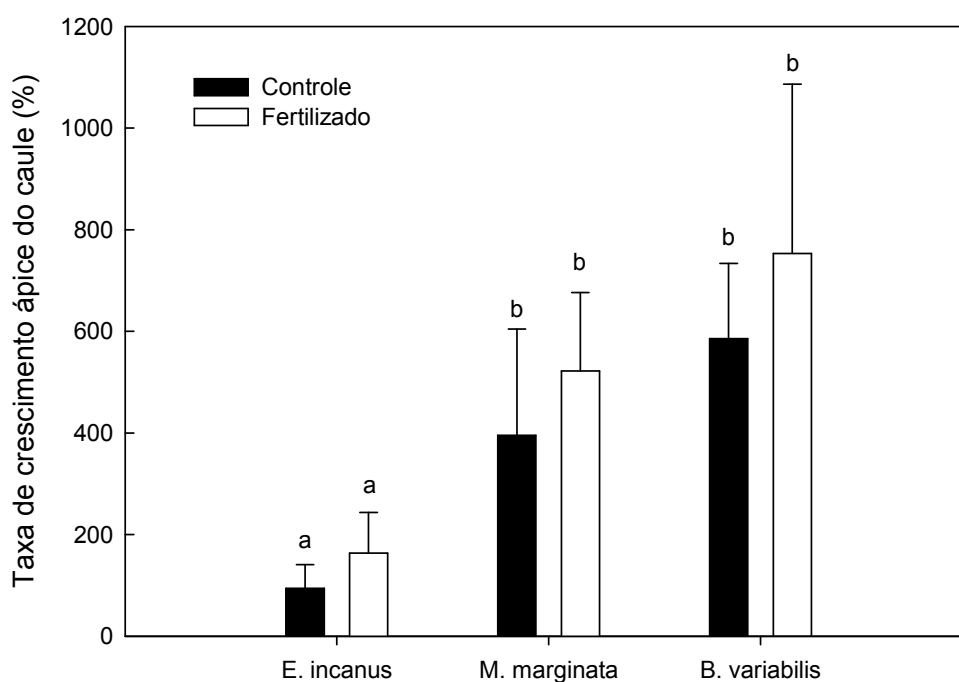


Figura 6- Taxa de crescimento médio anual em altura em *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis* nos grupos controle e fertilizado, de abril 2008 a março de 2009. As letras diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies e entre os tratamentos ($p < 0,1$).

Em relação ao crescimento em diâmetro do caule, também não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos controle e fertilizado (figura 7). Nas três espécies, valores significativamente mais elevados de taxa de crescimento relativo foram calculados para o diâmetro do ápice em relação ao da base. As taxas de crescimento dos diâmetros apical e basal do caule foram significativamente menores em *M. marginata* e não diferiram entre *E. incanus* e *B. variabilis*.

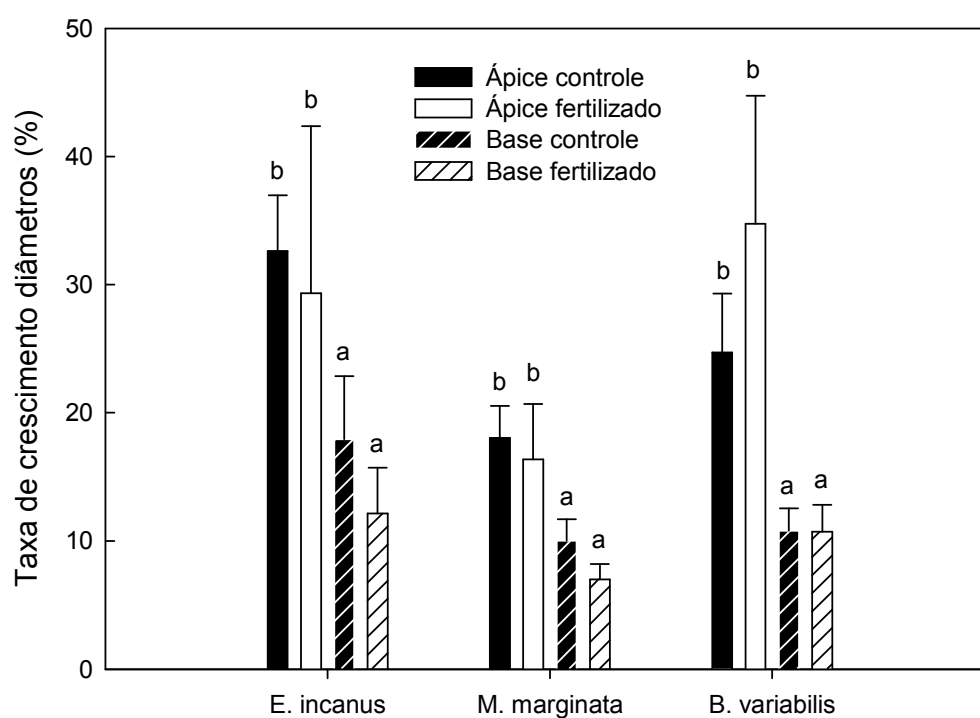


Figura 7- Taxa de crescimento relativo médio anual dos diâmetros do ápice e da base do caule em *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis* nos grupos controle e fertilizado, de abril 2008 a março de 2009. As letras diferentes indicam diferenças significativas dentro de cada espécie entre os diâmetros do ápice e da base e nos tratamentos controle e fertilizado ($p < 0,1$).

Com relação à produção e senescência de folhas, também não foram verificadas diferenças significativas entre os grupos controle e fertilizado para as classes de folhas estudadas (senescentes, maduras e jovens) em nenhuma das espécies.

Observou-se que ao longo do ano aconteceu grande variação na proporção de tipos de folhas na da copa das três espécies (figura 8, 9 e 10). A quantidade de folhas maduras nas três espécies foi maior que as outras classes de folhas, valores em decréscimo, até o mês de julho, onde todas as classes de folhas tiveram quantidades médias semelhantes. A partir de agosto, a quantidade de folhas maduras ocupou a posição mediana em relação às outras classes, sendo mantida a posição até o mês de outubro. Após esse mês, a espécie *E. incanus* continuou apresentando valores médios dessa classe de folhas até janeiro, pois em fevereiro e março a quantidade de folhas subiu igualando-se às folhas jovens; já, *M. marginata*, chegou a apresentar valores altos, semelhantes às folhas jovens em dezembro e janeiro, porém teve o número reduzido possuindo valores medianos em fevereiro e março; *Byrsonima variabilis*, teve o número de folhas maduras reduzido, mantendo-se iguais às senescentes até o fim do estudo no mês de março.

A classe de folhas jovens para as três espécies apresentou valores medianos, valores em acréscimo, até o mês de julho, quando todas as classes de folhas se igualaram. A partir de agosto, essa classe de folhas apresentou os valores mais altos, sendo vez ou outra semelhante às maduras, permanecendo assim até o mês final do experimento, março.

A classe senescente para as três espécies apresentou os valores mais baixos, porém com pequeno acréscimo, até julho onde foi semelhante às outras classes. Em agosto, sofreu decréscimo, continuando a ser a classe com menor quantidade de folhas até março.

Considerando apenas números, somente *M. marginata* e *B. variabilis* apresentaram diferenças na quantidade de folhas jovens entre os tratamentos, sendo 13,35% e 18,10 %, respectivamente, superiores no fertilizado do que no controle.

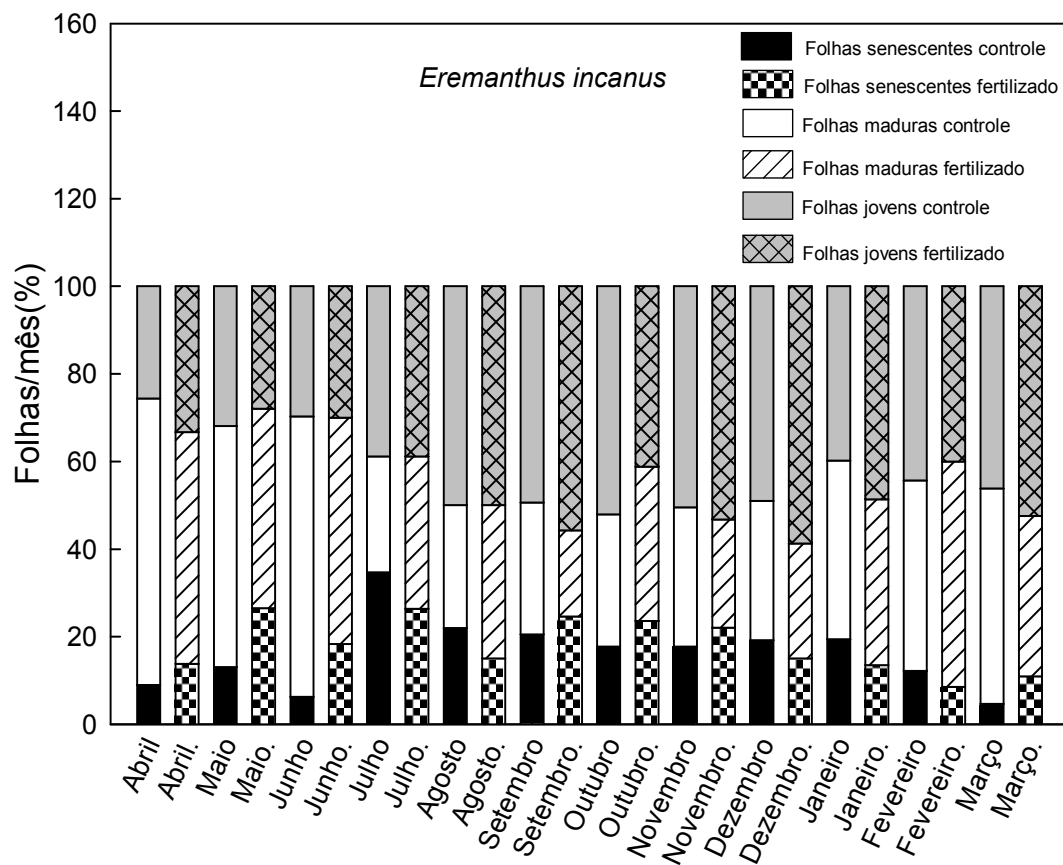


Figura 8- Porcentagem de folhas senescentes, maduras e jovens em *Eremanthus incanus*, nos grupos controle e fertilizado. As barras lisas indicam folhas senescentes controle, folhas maduras controle, folhas jovens controle, e as hachuradas indicam folhas senescentes fertilizado, folhas maduras fertilizado e folhas jovens fertilizado.

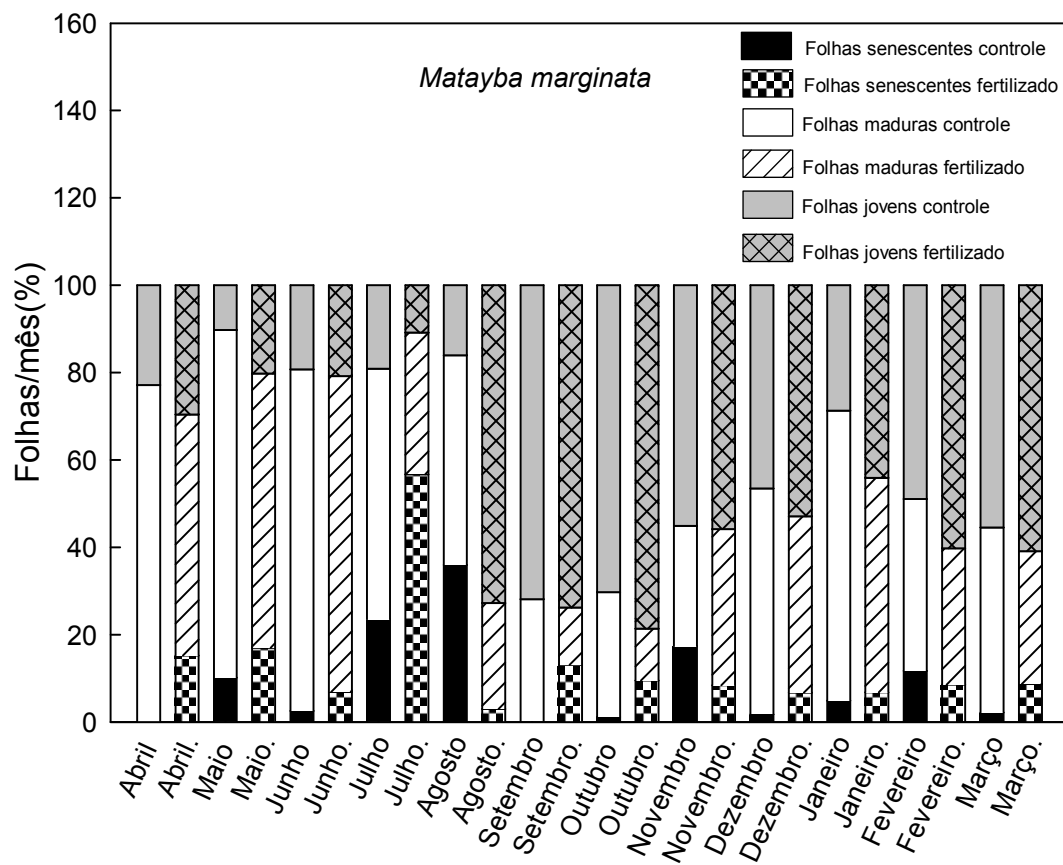


Figura 9- Porcentagem de folhas senescentes, maduras e jovens em *Matayba marginata*, nos grupos controle e fertilizado. As barras lisas indicam folhas senescentes controle, folhas maduras controle, folhas jovens controle, e as hachuradas indicam folhas senescentes fertilizado, folhas maduras fertilizado e folhas jovens fertilizado.

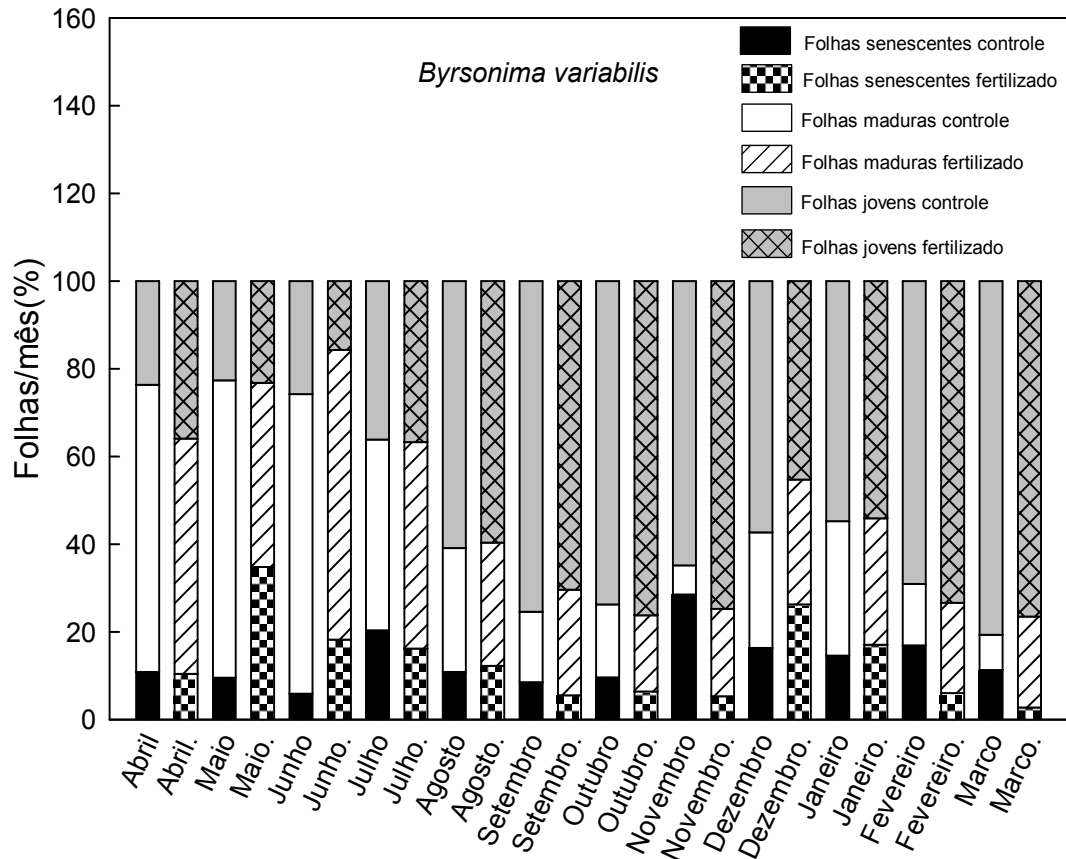


Figura 10- Porcentagem de folhas senescentes, maduras e jovens em *Byrsonima variabilis*, nos grupos controle e fertilizado. As barras lisas indicam folhas senescentes controle, folhas maduras controle, folhas jovens controle, e as hachuradas indicam folhas senescentes fertilizado, folhas maduras fertilizado e folhas jovens fertilizado.

A área foliar específica (AFE) também não respondeu à fertilização, pois não foram encontradas diferenças significativas entre as médias dos grupos controle e fertilizado (figura 11). *E. incanus* e *M. marginata* apresentaram valores de AFE semelhantes e significativamente maiores que *B. variabilis*.

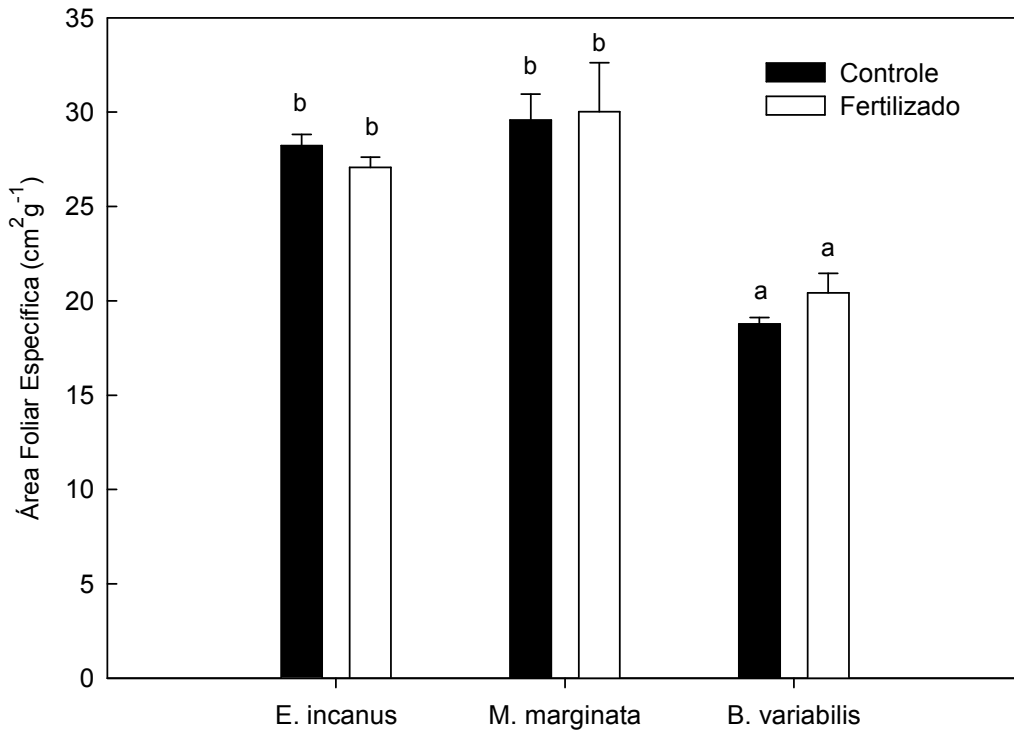


Figura 11: Área foliar específica (AFE) nos grupos controle e fertilizado nas espécies *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis*. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies e tratamentos ($p < 1$).

5.4- Concentração de N e P nas folhas e proficiência de retranslocação

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto às concentrações de N nas folhas de nenhuma das espécies, tão pouco em suas taxas de retranslocação durante a senescência. As concentrações de N em folhas maduras foram significativamente maiores do que em folhas senescentes em ambos tratamentos. Numericamente, as taxas de retranslocação foram maiores em *M. marginata*, seguida por *B. variabilis* e *E. incanus*, não sendo, entretanto, estatisticamente diferentes. As concentrações de P seguiram o mesmo padrão encontrado para o N (tabela 3). Houve diferença

significativa de concentração de N e P entre as espécies, sendo os maiores valores de nutrientes encontrados em *M. marginata*.

A razão N:P média encontrada em folhas das espécies estudadas foi de 24,06 em *E. incanus*, 21,9 em *M. marginata*, e 27,02 em *B. variabilis*.

Tabela 2. Concentração de nitrogênio (N) e Fósforo (P) e m folhas maduras e senescidas, Proficiência de retranslocação e razão N:P de folhas senescidas (média e EP) nos tratamentos controle e fertilizado em *Eremanthus incanus*, *Matayba marginata* e *Byrsonima variabilis*. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies ($p < 0,1$).

	[N] folha mg/g		[P] folha mg/g		N:P (folhas senescidas)
	Madura	Senescida (Proficiência de retranslocação)	Madura	Senescida (Proficiência de retranslocação)	
<i>E. incanus</i>					
Controle	14,72±1,25 ^a	7,71±1,82	0,56±0,01 ^a	0,20±0,02	38,55
Fertilizado	15,02±0,67 ^a	8,41±0,66	0,67±0,06 ^a	0,25±0,04	33,64
<i>M. marginata</i>					
Controle	19,85±1,02 ^b	12,30±0,71	0,90±0,04 ^b	0,31±0,03	39,67
Fertilizado	20,03±1,36 ^b	12,70±1,42	0,91±0,05 ^b	0,28±0,04	45,35
<i>B. variabilis</i>					
Controle	13,85±0,87 ^a	8,80±0,39	0,54±0,03 ^a	0,2±0,03	44,00
Fertilizado	14,16±0,97 ^a	8,30±0,49	0,50±0,07 ^a	0,2±0,02	41,5

5.5- Quantificação da Deposição Atmosférica

Os resultados da análise das amostras de deposição atmosférica na estação chuvosa encontram-se na tabela 2.

Os resultados encontrados demonstram que a deposição atmosférica na área de estudo é composta principalmente por enxofre (S), seguida por nitrogênio total (N total) e fósforo (P).

Tabela 3. Concentração de N, P e S totais na deposição atmosférica para a área de estudo no período de outubro de 2008 a março de 2009 (Estação Chuvosa).

	N total	P	S
	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹		
Estação chuvosa	3,90	2,90	15,14

DISCUSSÃO

6- DISCUSSÃO

6.1- Análise do solo

As concentrações de N e P na canga estão próximas às concentrações desses nutrientes encontradas para solos de cerrado (Kozovits et al, 2007).

O tratamento com N não provocou mudanças na concentração desse nutriente e de fósforo no solo estudado, comparados aos solos sem adição do nutriente (grupo controle). Alguns estudos de longa duração, como os que vêm sendo realizados em uma área de Cerrado no Distrito Federal, demonstraram uma significativa alteração em conteúdos de nutrientes e no pH do solo (Jacobson, 2009). Provavelmente essa modificação ainda não pode ser observada no solo deste estudo devido à curta duração das fertilizações (um ano), ou mesmo devido ao tipo de solo ser muito peculiar, tendo a presença de afloramentos de rocha e solos extremamente rasos, chegando muitas vezes a ser somente superficiais (0 a 5 cm), facilitando a rápida lixiviação. Talvez, em estudos em longo prazo, essas modificações possam ser observadas nesse tipo de substrato (canga). Em adição, a quantidade de N adicionado por área e por ano no presente estudo é cerca de 5 vezes inferior à do experimento de longa duração no Distrito Federal.

6.2- Atividade da enzima redutase de nitrato

Campos (2009) propôs uma escala comparativa de atividade de redutase de nitrato classificando-as como muito baixa ($\leq 0,18 \mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$); baixa ($0,18 \leq b \leq 0,54 \mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$); moderada ($0,54 \leq mo \leq 1,08 \mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$); alta ($1,08 \leq a \leq 2,16 \mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$) e muito alta ($\geq 2,16 \mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$). Segundo tal classificação, os valores da atividade da enzima medidos nas folhas espécies dos campos ferruginosos (0 a $4,88 \mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$) variaram ao longo de todas as suas faixas, para todas as espécies, sendo que, de forma geral, os valores mais elevados foram encontrados em *E. incanus* (considerados dentro da faixa de muito baixa a muito alta), seguida de *M. marginata*

(considerados dentro da faixa de muito baixa a muito alta) e *B. variabilis* (considerados dentro da faixa de muito baixa a moderada).

Comparando-se os resultados de espécies nativas em outros ecossistemas, valores de atividade entre 0,2 a 0,32 $\mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ foram medidos em folhas de pinheiros de florestas temperadas da Europa (L'Hirondelle et al., 1992); em geophytas na Turquia, Arslan & Güleriyüz (2005) encontraram atividades variando entre 0,06 a 2,77 $\mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$; na gramínea invasora *Brachiaria radicans* Napper, Cazzeta & Villela (2004) verificaram atividades entre 1,43 a 2,73 $\mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$. Na Mata Atlântica, as atividades de espécies pioneiras e secundárias iniciais variaram entre 0 a 3,67 $\mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Aidar et al, 2003) e em espécies florestais, como *Cecropia glaziori* e *Cryptocarya saligna*, variaram entre 0,013 a 2,49 $\mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Campos, 2009). Em espécies do Cerrado, Kozovits (1997) encontrou valores entre 0,05 e 1,2 $\mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$. Dessa forma pode-se observar que os valores das atividades de RN na canga possuem um espectro grande de variação, e estão próximos a valores encontrados em outros ecossistemas, sendo no Brasil, como Mata Atlântica e Cerrado (Kozovits, 1997; Aidar et al, 2003; Campos, 2009).

É interessante ressaltar uma sazonalidade acentuada observada para a atividade real nas três espécies, não sendo observado o mesmo padrão para a atividade potencial. Essa sazonalidade também foi encontrada por Aidar (2003) para algumas espécies de florestas tropicais e Kozovits (1997) para espécies de cerrado. Para as espécies *M. marginata* e *B. variabilis* o grupo fertilizado foi o responsável por sustentar essa maior média na estação chuvosa; já para *E. incanus* ambos tratamentos mantiveram suas atividades altas durante esta estação. *E. incanus*, *M. marginata* e *B. variabilis* apresentaram médias de 21,77; 6,78 e 3,98 $\mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$, respectivamente, na estação chuvosa, contra 3,54; 3,46; 4,52 $\mu\text{molNO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$, respectivamente, na estação seca. Esses dados, predomínio e manutenção da atividade real no grupo fertilizado mesmo na estação seca demonstram que as espécies *M. marginata* e *B. variabilis* provavelmente encontram-se mais preparadas para responder.

Observou-se também, para as três espécies, um pico de atividade real da RN para o mês de outubro (estação úmida). Provavelmente este fato pode ter acontecido pelo fato de a semana anterior as medições de a ARN ter sido uma semana chuvosa, favorecendo a

disponibilidade do nutriente para as plantas (vide figura 2- Material e Métodos). A pronta disponibilidade de nutrientes devido ao aumento da umidade é um fato corroborado por Campos (2009). Outra possível explicação é o fato de as espécies possuírem grande número de inflorescências (*E. incanus* e *B. variabilis*), estarem lançando folhas jovens e frutos (*B. variabilis* e *M. marginata*). Já a relação entre maior ARN com fenologia do indivíduo pode estar ligada à produção de compostos químicos (como proteínas, ácidos nucléicos), diretamente ligados à captura e redução do N, essenciais para produção de novas inflorescências, folhas e frutos (Larcher, 2006). Com relação à atividade potencial, as três atividades apresentaram picos em diferentes meses (*E. incanus* setembro e novembro; *M. marginata* em novembro e *B. variabilis* em agosto). No caso das duas primeiras espécies, provavelmente isto ocorreu pelo fato de estar chovendo no dia anterior e também no próprio dia da medição (corroborado por Campos, 2009); já para a última espécie, provavelmente a explicação esteja no fato de a maioria de seus indivíduos estarem com muitas inflorescências e lançando folhas jovens (vide explicação acima - Larcher, 2006).

Grande parte da variação da atividade de RN observada no presente estudo pode ser atribuída a sazonalidade climática e à fenologia foliar, como citado acima. Em folhas de *M. marginata* e *B. variabilis*, por exemplo, não foi possível detectar atividade real no grupo controle durante os meses de seca. Resultados semelhantes foram encontrados em espécies de cerrado por Kozovits (1997). A redução ou ausência de atividade de RN durante a estação seca mesmo em folhas não senescentes pode se dever à baixa disponibilidade de NO_3^- em solução, uma vez que a umidade do solo é baixa e processos de produção de nitrato, como a mineralização, estão limitados (Kozovits, 1997). Sendo a transcrição e a atividade da enzima redutase de nitrato moduladas pelo seu substrato (NO_3^-) (Arslan & Güleriyüz, 2005), nos meses de seca, espera-se encontrar mais baixos valores de atividade. Aparentemente, o aumento da disponibilidade de NO_3^- via fertilização pontual deve ter sido suficiente para induzir e manter mais altos níveis constitutivos da RN nas espécies estudadas, pois no grupo fertilizado, mesmo em condições de solo seco, foi possível mensurar a atividade da enzima em *M. marginata* e *B. variabilis*, inclusive em valores acima dos observados em outras épocas do ano. Tal resultado pode indicar uma maior

habilidade de captação e aproveitando do nitrogênio disponibilizado em pequenos pulsos através da fertilização por estas espécies (Andrade Netto, 2005).

Em adição, pode-se inferir também que a fertilização propiciou um aumento significativo da atividade real da enzima RN em *M. marginata* e *B. variabilis*, pois em cinco, dos doze meses, o tratamento fertilizado demonstrou atividades maiores em relação ao controle. Resultados semelhantes foram observados em geophytas do mediterrâneo, onde espécies com maior disponibilidade de N apresentaram maiores taxas de atividade da enzima RN (Arslan & Güleriyüz, 2005). Observou-se também um aumento da atividade de RN em folhas de *Vernonia herbacea* (Vell.) Rusby submetidas a tratamento com nitrato (Carvalho et al., 2006). No presente estudo, *E. incanus*, ao contrário, parece não ter respondido ao tratamento de fertilização, apresentando, entretanto, sempre os maiores valores de ARN. Em um estudo com espécies de ambientes temperados L'Hirondelle et al. (1992) demonstraram que a fertilização não induziu o aumento da atividade da enzima RN em relação ao controle. Karolewski et al. (2005) observaram ainda que espécies de locais com maior deposição nitrogenada apresentaram ARN significativamente mais baixas do que àquelas de locais com menor taxa de deposição de nitrogênio. Assim, evidentemente, não existe ou não foi encontrado ainda, um padrão de resposta em termos de atividade de redução de nitrato ao aumento da disponibilidade do substrato. Por outro lado, deve-se levar em consideração que a grande variação dos resultados encontrados nos diferentes estudos realizados possa se dever as diferentes quantidades e formas de fertilização empregadas, além das épocas da realização das mensurações, ao grau de deciduidade das espécies, entre outros fatores.

Um dos fatores que devem ser considerados em estudos posteriores, pois não foi neste, é a associação com bactérias do solo e fungos (micorrizas). Muitas plantas parecem crescer normalmente quando supridas com elementos essenciais, como nitrogênio e fósforo, mesmo se as micorrizas (associações simbióticas com fungos do solo) estiverem ausentes, no entanto, se os elementos essenciais estiverem presentes em quantidades limitadas, como é dos campos ferruginosos, as plantas que não têm micorrizas crescem pobremente, ou nem crescem (Souza et al., 2006). Desde que a rede de hifas das micorrizas

se estenda vários centímetros para além da zona colonizada pelas raízes, as plantas se tornam aptas a obter nutrientes a partir do volume de solo muito maior do que seria possível sem as micorrizas (Souza et al., 2006). Desta forma, espécies com micorrizas sob fertilização nitrogenada teriam uma maior facilidade na absorção de fósforo do que espécies sem a associação com bactérias.

Alguns estudos têm relacionado às características de aquisição e uso de N em plantas com sua classe sucessional (Aidar et al., 2003; Pereira-Silva, 2008; Campos, 2009). As características ecofisiológicas das espécies se alteram de acordo com os diferentes estádios de sucessão e com a duração do período de vida das espécies e essas alterações podem ser indicadas pelo metabolismo primário de N (Taiz & Zeiger, 2004).

Considerando que a área estudada sofreu perturbações para a retirada de minério e que pós a década de 70, com a implantação do campus da UFOP, a área tornou-se um ambiente de preservação onde acontecem mudanças naturais, levou-se em consideração que ela abriga espécies que geralmente ocorrem em diferentes estágios sucessionais. Dessa forma, como já observado por Aidar et al. (2003) e Campos (2009), por ser uma pioneira, a espécie *E. incanus* apresentou as maiores taxas da atividade foliar de RN. As outras espécies, consideradas secundárias iniciais a tardias comportaram-se de formas diferentes, mas também dentro do esperado para o grupo de espécies, apresentando *M. marginata* maiores semelhanças com *E. incanus*, enquanto *B. variabilis* se diferenciou significativamente das demais, demonstrando as menores atividades de RN. Resultados semelhantes foram encontrados por Campos (2009) em seu estudo com espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Ubatuba, SP e por Aidar et al. (2003). Estes estudos indicaram que as espécies iniciais na sucessão (espécies pioneiras) utilizam principalmente nitrato, são responsivas ao incremento na disponibilidade de N na estação úmida e apresentam concentrações relativamente altas de N na folha; enquanto as espécies mais avançadas na sucessão (espécies secundárias tardias) utilizam a reciclagem interna de N como estratégia principal, sendo menos responsivas ao aumento de sua disponibilidade no solo e apresentando menores concentrações de N nos tecidos. As espécies intermediárias na sucessão (secundárias iniciais), por sua vez, apresentam comportamento menos

uniforme, com um sub-grupo apresentando comportamento similar aos das espécies iniciais e outro sub-grupo apresentando comportamento similar aos das espécies tardias. De fato, considerando-se os mais altos valores de concentração de N foliar, *M. marginata* parece pertencer ou estar mais próxima ao grupo das pioneiras.

Segundo Sodek (2004), é importante frisar que em folhas, não seria o teor de nitrato aí presente o fator mais importante para indução da enzima, mas a quantidade trazida pelo fluxo transpiratório. Os campos ferruginosos são ambientes caracterizados pela alta incidência solar e baixa disponibilidade de água no solo, o que poderia limitar a transpiração e conseqüentemente o transporte de NO_3^- para as folhas, especialmente durante o período de seca. Outro motivo pode estar relacionado ao fato de as raízes mais delgadas das plantas estarem distantes ou não distribuídas uniformemente abaixo da área de abrangência da copa (local onde o fertilizante foi disponibilizado), dificultando a absorção de todo o substrato disponibilizado pela fertilização.

Além disso, em algumas espécies, a redução do NO_3^- pode ser realizada preferencialmente nas raízes (Bredemeier & Mundstock, 2000), e, portanto, não seriam observadas maiores atividades de RN nas folhas em resposta à fertilização, e, segundo Fernandes e Rossiello (1995), pequenas alterações nas condições ambientais podem provocar mudanças no conteúdo de NO_3^- primeiramente nas raízes, que funcionariam como uma zona de tamponamento, retardando modificações do metabolismo nitrogenado na parte aérea. Estudos paralelos realizados por nosso grupo de trabalho, indicaram que *M. marginata* possui a raiz como principal sítio de redução de nitrato (Lopes, 2008 – dados não publicados). Comparativamente, entretanto, *B. variabilis* foi à espécie que apresentou maiores valores médios de atividade real de redutase de nitrato nas raízes (Lopes, 2008). Valores mais elevados de ARN em raízes que em folhas foram também observados por Bustamante et al. (1995) para plântulas de espécies lenhosas de cerrado (*Dalbergia miscolobium*, *Dimorphandra mollis*, *Kielmeyera coriacea*, *Styrax pohlii* e *Pterodon polygalaeiflorus*) e por Nievola & Mercier (2001) em seu estudo com *Ananas comusus*.

Por outro lado, no presente estudo, observou-se que *E. incanus* apresentou as folhas como principal sítio de atuação da enzima RN (Lopes, 2008). Situação semelhante foi

observada em *Bactris gasipaes* (Oliveira et al., 2005), e com outras espécies lenhosas de Cerrado (Smirnoff et al., 1984) que apresentaram maior RN em folhas que em raízes. Essa enzima requer compostos redutores, como o NADPH, provenientes da fotossíntese, dessa forma a ação da RN nas folhas é favorecida, já que em raízes e outros órgãos subterrâneos há necessidade de translocação e oxidação de carboidratos para a atividade dessa enzima (Aidar et al., 2003). Assim, mesmo sabendo que algumas espécies podem reduzir tanto ou mais nitrato em raízes que em folhas, a mensuração em folhas continua a ser a melhor forma de comparação entre espécies e ecossistemas.

6.3- Crescimento relativo, número de folhas e área foliar específica (AFE)

O crescimento relativo anual em altura e o em diâmetro do caule das espécies estudadas não diferiram significativamente entre os tratamentos em nenhuma das espécies. Resultados semelhantes foram encontrados por Bertonello et al. (1995) onde a fertilização nitrogenada não influenciou no crescimento em altura de indivíduos de *Plantago major* L. Já Fagundes et al. (2007) e Tucci et al. (2009) encontraram diferenças entre os tratamentos, sendo que a adição de nitrogênio influenciou positivamente no crescimento em altura e em diâmetro de espécies cultivadas para o estudo. Jacobson (2009) verificou que a espécie de cerrado *Vochysia thyrsoidea* respondeu a fertilização nitrogenada demonstrando um aumento em diâmetro comparado ao grupo controle.

Mais uma vez, verifica-se que as respostas de plantas a tratamentos de fertilização nitrogenada podem ser bastante variadas. Demanda conflitante ou *trade-off* é uma relação negativa entre duas características de história de vida de um organismo na qual o aumento de uma está associado à diminuição da outra. Por exemplo, recursos investidos em reprodução não podem ser investidos em crescimento (Begon et al., 2006). Dessa forma, muitas vezes, o aumento da disponibilidade de determinado recurso não será refletido no parâmetro avaliado nos estudos, mas sim em outros não mensurados. No presente estudo, não foram observados efeitos significativos da adição de N sobre as taxas de crescimento relativo do caule, entretanto, não foram quantificados parâmetros relacionados aos

investimentos em estruturas reprodutivas ou em raízes, por exemplo. Estudos como os de Queiroz et al. (2003), no sertão de Pernambuco e Almeida (2004), na caatinga de Xingó (nordeste Brasileiro) observaram maiores investimentos para reprodução em detrimento a investimentos em crescimento em indivíduos de *Stylosanthes scabra* e de algumas plantas medicinais.

Em determinados ambientes oligotróficos, como cerrado, sabe-se que existe um desenvolvimento maior de raízes laterais visando um melhor aproveitamento dos nutrientes e da água que estão disponíveis ou que serão disponibilizados no solo (Sternberg et al, 2004). Alguns estudos no cerrado encontraram maiores taxas de crescimento no tronco (Simpson Jr., 2002) e menor biomassa radicular (Lenti, 2008) em indivíduos sob fertilização nitrogenada comparados aos do grupo controle. No presente estudo, entretanto, não foram feitas medidas de crescimento nas raízes, não se podendo inferir se houve efeito do tratamento sobre a biomassa ou morfologia das raízes.

Comparando os resultados de crescimento em altura com a atividade de redutase de nitrato, observou-se que *E. incanus* apresentou as maiores taxas de atividade da enzima RN foliar, porém não foi a espécie que apresentou as maiores taxas de crescimento apical. Nesse caso, comparando com os resultados obtidos por outros experimentos do mesmo grupo de trabalho (Lopes, 2008), as atividades de RN nas raízes explicariam melhor o crescimento em altura, pois as maiores taxas da atividade enzimática radicular foram encontradas em *B. variabilis*, seguida por *M. marginata* e por último *E. incanus* e é justamente nessa ordem que se observou a maior taxa de crescimento, inferindo-se que as atividades radiculares poderiam explicar melhor o crescimento das espécies estudadas do que as atividades foliares.

Como dito anteriormente, o aumento da disponibilidade de N no solo pode não ser refletido no crescimento do caule, mas algumas vezes, pode provocar alterações na concentração total de N na folha, no número total de folhas, na área foliar específica e na fenologia vegetativa e reprodutiva (Bertonello et al., 1995; Fagundes et al., 2007). Porém, no presente estudo, o tratamento de fertilização não influenciou na produção, permanência e nem na senescência de folhas, sendo observado um padrão anual semelhante entre as

classes de folhas de ambos tratamentos (com e sem N). Bertonello et al. (1995) encontrou resultados semelhantes com a espécie *Plantago major* L. onde indivíduos fertilizados possuíam número total de folhas semelhantes aos indivíduos não fertilizados. Por outro lado, Fagundes et al. (2007) em seu estudo com *Helianthus annuus* L. observou uma maior produção de folhas em indivíduos sob fertilização nitrogenada comparado com indivíduos do grupo controle (sem N).

A manutenção do número de folhas nas espécies estudadas para ambos tratamentos pode estar relacionada à estratégia de sobrevivência dessas espécies ao ambiente em que se encontram sob constante incidência solar e baixa disponibilidade de água. Um aumento do número de folhas, respondendo a maior oferta de nutriente, aumentaria a área total exposta elevando a taxa de transpiração, e conseqüentemente a perda de água, que nesse tipo de ambiente deve ser evitada ao extremo. Em outros ambientes com condições climáticas e hídricas semelhantes ou menos severas, como cerrado, esse tipo de estratégia morfológica também é observado (razão parte aérea/parte subterrânea é alterada favorecendo o aumento de raízes para a maximização da captura de água e nutrientes do solo) (Hoffmann & Franco, 2003).

A área foliar específica (AFE) média para as espécies de canga foi de 20 cm²g⁻¹ para *B. variabilis*, 28cm²g⁻¹ para *E. incanus* e 30 cm²g⁻¹, *M. marginata*. Esses valores estão abaixo das médias encontradas em plantas de outros ecossistemas como os cerrados (54 a 83,5 cm²g⁻¹, Araújo & Haridasan, 2007, e 67,6 a 78,4 cm²g⁻¹, Scalon & Franco, 2006) e leguminosas arbóreas tropicais de mata (130 a 300 cm²g⁻¹, Pinzón-Torres & Schiavinato, 2008), indicando que as condições dos campos ferruginosos de baixa disponibilidade hídrica, de solos distróficos e com alta incidência solar levando à redução da área foliar específica (Vincent, 2004) aparentam ser mais severas que em outros ambientes.

Não foram observadas diferenças significativas para AFE entre os tratamentos controle e fertilizado. Makoto & Koike (2007), em seu estudo com *Pinnus koraiensis*, encontraram menores valores de AFE sob tratamento com nitrogênio e alta irradiância. Outros estudos semelhantes encontraram respostas opostas. D'Antonio & Mack (2006) observaram que a AFE de plantas em áreas vulcânicas do Hawaii foi maior em locais onde

houve a fertilização com N quando comparadas aos locais sem adição deste nutriente. Knops & Reinhart (2000) verificaram que a AFE de algumas espécies, em Minnesota EUA, foram cerca de 82% maiores quanto maior fossem os níveis da fertilização nitrogenada. Esse mesmo padrão também foi observado por Yoder & Caldwell (2002) e Merilo, Heinsoo & Kull (2006).

6.4- Concentração de N e P nas folhas e proficiência de retranslocação

Os valores médios de N e de P nas folhas maduras de ambos tratamentos de *E. incanus*, *B. variabilis* e *M. marginata* foram 14,87 e 0,61; 19,94 e 0,90; 14,00 e 0,52 mgg⁻¹, respectivamente. Esses valores estão próximos aos relatados por Kozovits et al. (2007) e Nardoto et al. (2006) para espécies de cerrado e estão um pouco abaixo dos valores relatados por Nardoto et al. (2006), para espécies de áreas amazônicas (média 22,2 mgg⁻¹).

Não foram observadas diferenças significativas nos valores médios de nutrientes foliares entre os tratamentos. A ausência de uma resposta geral da concentração de nutriente foliar a uma maior disponibilidade de nutriente, neste caso de N, pode estar relacionada a uma resposta temporal-dependente em relação aos tratamentos (Güsewell et al., 2003), isto é o tempo de exposição ao nutriente oferecido não foi suficiente para que as espécies mudassem seu tipo de comportamento perante o ambiente oligotrófico a que estão acostumadas. Outra explicação pode estar na não alocação foliar de nutrientes e sim na pronta disponibilidade dos nutrientes captados as vias fisiológicas necessárias, sendo então encontrados em outros locais da planta (como flores e frutos). Trabalhos com concentração de nitrogênio foliar sob diferentes níveis de fertilização no cerrado (Jacobson, 2009; Kozovits, 2007) encontraram que a concentração de N em folhas maduras no grupo tratamento não foi diferente da concentração encontrada para o grupo controle, corroborando os dados aqui verificados. Já outros trabalhos semelhantes encontraram uma concentração de N foliar de indivíduos sob fertilização bem maior que indivíduos do grupo controle (florestas temperadas, Magill et al., 2000; Savanas na China, Huang et al., 2008;

arbustos nativos da Califórnia, EUA, Padgett & Allen, 1999; Massachusetts, EUA, Aber et al., 1993).

A ausência de respostas de crescimento, morfologia, fenologia e concentração de N nas partes aéreas das plantas à adição de N, embora algumas diferenças tenham sido verificadas em termos de atividade de redutase de nitrato, pode estar relacionada à disponibilidade de outros fatores limitantes, como por exemplo, o fósforo. Kozovits et al. (2007) e Simpson Jr. (2002) em estudo de fertilização de áreas de cerrado com N somente, e com N e P combinados, verificaram que parâmetros alométricos e ecofisiológicos como concentração de N em folhas senescentes e taxa de retranslocação diferiram significativamente dos encontrados em plantas controle somente quando N foi adicionado com P. Aparentemente, a baixa disponibilidade de P limita a capacidade das plantas de responder ao aumento da disponibilidade de N.

Em nível de espécies, Aerts e Chapin (2000) chegaram à conclusão de que valores de $N/P < 16$ indicam uma maior limitação por N, valores entre $14 < NP < 16$ uma co-limitação entre N e P, e valores > 16 uma maior limitação por P. Neste trabalho as três espécies demonstraram uma maior limitação por fósforo possuindo valores da razão $N/P > 16$ (*E. incanus* 36,09, *M. marginata* 42,51 e *B. variabilis* 42,75). Trabalhos como os de Nardoto et al. (2006), Kozovits et al. (2007), Jacobson (2009), no cerrado do Distrito Federal encontraram valores superiores a 16, porém mais baixos que os aqui encontrados, sugerindo também uma maior limitação pelo fósforo do que pelo nitrogênio nesse ambiente. Talvez seja por esse motivo que mesmo adicionando N as espécies tratadas não se observou diferenças entre os tratamentos, pela limitação pelo P.

A proficiência de retranslocação foliar de N e P também não se diferenciaram entre os tratamentos, sendo, respectivamente, de 8,06 e 0,23 mg/g em *E. incanus*, 12,5 e 0,3 mg/g em *M. marginata*, e 8,55 e 0,2 mg/g em *B. variabilis*. Como em espécies de cerrado, aparentemente às espécies aqui estudadas são mais dependentes de reabsorção do P do que do N. Verificou-se, então, que mesmo com uma maior disponibilidade de N no ambiente as plantas continuaram com uma taxa de retranslocação de N alta. Cartaxana & Catarino (2002) em estudos com plantas C_3 e C_4 , não encontraram relação entre a disponibilidade de

nitrogênio no solo e a taxa de reabsorção do nutriente. Já estudos nas florestas de Massachusetts, EUA, e também em estudos com espécies nativas de cerrado (Kozovits et al., 2007) demonstraram uma maior concentração de nutrientes em folhas senescentes de plantas fertilizadas do que de plantas do grupo controle, indicando a tendência de abscisão de folhas com maior concentração de N.

6.5- Deposição atmosférica

A quantidade de nitrogênio total que foi depositada via atmosfera na área de estudo ($3,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) é considerada baixa ao se considerar as taxas de deposição desse nutriente em lugares muito impactados, industrializados. Para áreas industrializadas dos EUA e da Europa, Bobbink & Lamers (2002) verificaram que a deposição atmosférica de N está entre 20 a $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; Pitcairn (2006) observou que a deposição no Reino Unido varia entre 40 a $45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, porém espera-se que picos de 50 a $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ possam ocorrer. Na Holanda, por outro lado, a deposição está próxima a $6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. No Brasil, a deposição em áreas industrializadas do da região sul encontra-se entre 10 a $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Galloway et al., 2004). Bustamante et al. (2006) encontrou no cerrado do Distrito Federal, valores de deposição próximos a $4,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Em regiões consideradas sem influência da poluição industrial, como algumas áreas florestais da Amazônia, a deposição foi de $2,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Artaxo et al., 2005). Dessa forma, diante dos números de deposição acima descritos, pode-se considerar que, mesmo próxima a áreas com grande atividade mineradora, a deposição de N na região de estudo não é tão alta quanto o esperado, mas está acima de áreas consideradas de baixo impacto de poluição atmosférica.

Considerando que a deposição de fósforo é alta para valores próximos a $8,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Paraná, Brasil; MacMahon & Woodside, 1997) e baixas para valores entre $0,11$ e $0,22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Escócia e Inglaterra; Haygarth et al., 1998), a região da canga possui

valores intermediários ($2,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), sendo inserida dentro da faixa de deposição moderada para deposição atmosférica de fósforo.

A maior deposição atmosférica medida para o local de estudo foi de enxofre ($15,14 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Porém, os valores medidos são considerados baixos ao se comparar com áreas industrializadas que possuem altas taxas de deposição desse composto químico. Nos EUA as maiores taxas estão próximas a $112 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo as menores consideradas próximas a $6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Osório-Filho et al., 2007). Na China são ainda mais altos, sendo maiores $397 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e menores $16,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Osório-Filho et al., 2007). No Brasil as maiores deposições são encontradas na região o Rio Grande do Sul, maiores que $99,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e menores $39,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Osório-Filho et al., 2007). Para uma região de proteção ambiental no Rio de Janeiro (Parque Nacional da Serra dos Órgãos) a deposição de S é cerca de $9,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ sendo considerada baixa (Rodrigues et al., 2007).

Em geral, considerou-se baixa a deposição atmosférica que ocorre na canga estudada. Porém deve-se deixar claro que a estratégia de vida e o controle fisiológico das plantas desse ambiente não são conhecidas, dessa forma, mesmo com baixa deposição alguns destes compostos podem influenciar negativamente ou positivamente na sobrevivência dessas plantas a esse ambiente.

Algumas relações fisiológicas negativas são conhecidas entre o S e o N, sendo que a atividade da enzima redutase de nitrato aumenta sob a deposição de N e diminui sob a deposição de S (Karolewski et al., 2005). Sendo assim, outros estudos devem ser realizados para verificar se a deposição de S no local sendo quatro vezes maior que a de N, pode estar influenciando no metabolismo do N como um todo e até mesmo em outros mecanismos de sobrevivência das plantas no ambiente em que se encontram.

Estudos em longo prazo, comparando-se a fertilização com N e outros compostos como o P, podem fornecer outras informações sobre as estratégias das plantas para a sobrevivência na canga, podendo-se levar em consideração, também, influências de metais pesados existentes em grande quantidade nesse tipo de ambiente.

CONCLUSÃO

7- CONCLUSÃO

1- A vegetação dos campos ferruginosos apresentou espécies com diferentes habilidades para usar o nitrato, sendo que *E. incanus*, apresentou o maior valor para a atividade da enzima redutase de nitrato, seguida por *M. marginata* e *B. variabilis*, corroborando a hipótese H1;

2- Não foram observadas correlações positivas entre os teores de N foliar e atividades de redutase de nitrato, refutando a hipótese H2;

3- Não foram observadas relações positivas entre o aumento da quantidade de nitrogênio com a concentração foliar de N, eficiência de retranslocação de N foliar durante a senescência e nem com o aumento da área foliar específica ou número de folhas, refutando a hipótese H3;

4- Para as espécies *M. marginata* e *B. variabilis* observou que a resposta da atividade real de RN respondeu mais prontamente, em pelo menos alguns dos meses do estudo, a deposição de N, do que as mudanças na morfologia, concentração e taxa de retranslocação de N foliar, que nem mesmo chegaram a demonstrar diferenças entre os grupos tratamento e controle durante o estudo. Sendo assim, pode-se inferir que nessas espécies a atividade de RN foi um indicador mais sensível e precoce da poluição nitrogenada do que os métodos tradicionalmente usados (mudanças morfológicas, taxas de retranslocação, etc.). Para a espécie *E. incanus*, não foram observadas mudanças na atividade da RN e em nenhum dos parâmetros tradicionais. Sendo assim, podemos considerar que parte da hipótese H4 foi corroborada.

Para um ecossistema onde ainda não se tem muita informação, e nem estudos detalhados, sobre a ecofisiologia das plantas nativas, este trabalho traz uma contribuição relevante sobre o assunto, demonstrando que as plantas desse ambiente são capazes de utilizar o nitrogênio como as plantas nativas de outros ecossistemas, como o cerrado, por exemplo. Porém, novos estudos devem ser realizados, preferencialmente, de duração superior ao do presente trabalho, para que outros fatores, como associações micorrízicas e maior detalhamento de características do solo entre outros, possam ser considerados, o que

poderá proporcionar resultados mais específicos sobre o ecossistema de canga, podendo, assim, ser percebido mais nitidamente o efeito da adição de N no referido ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABER, J.D., MAGILL, A., BOONE, M.J.M., STERDLER, P. and BOWDEN R. Plant and soil responses to chronic nitrogen additions at the harvard forest, Massachusetts. **Ecological Applications**, 3(1):156-166, 1993.

AERTS, R.; CHAPIN, F.S. The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. In: FITTER, A.; RAFAELLI, D. (Ed.). **Advances in Ecological Research**. San Diego: Academic Press, 30: 1-67, 2000.

AIDAR, M. P. M.; SCHMIDT, S.; MOSS, G.; STEWART, G. R.; JOLY, C. A. Nitrogen use strategies of neotropical rainforest trees in threatened Atlantic Forest. **Plant, Cell and Environment**, 26: 389-399, 2003.

ALMEIDA. **Etnobotânica nordestina: a estratégia de vida e composição química como preditores do uso de plantas medicinais por comunidades locais na caatinga**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, 66p., 2004.

ANDRADE NETTO, J. F. de. **Atividade das enzimas redutase de nitrato e glutamina sintetase em cafeeiro arábica**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 60p., 2005.

ARAÚJO, J.F. de, HARIDASAN, M. Relação entre deciduidade e concentrações foliares de nutrientes em espécies lenhosas do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, 30(3) 533-542, 2007.

ARCHER, S. Tree-grass dynamics in a Prosopis-thornscrub savanna parkland: reconstructing the past and predicting the future. **Ecocisense**, 2: 83-99, 1995.

ARSLAN, H.; GÜLERYÜZ, G. A study on nitrate reductase activity (NRA) of geophytes from Mediterranean environment. **Flora**, 200: 434-443, 2005.

ARTAXO, P., GATTI, L.V., LEAL, A.M.C., LONGO, K.M., FREITAS, S.R. de, LARA, L.L., PAULIQUEVIS, T.M., PROCÓPIO, A.S., RIZZO, L.V. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta Amazônica**, 35(2), 185-196, 2005.

ASMAN, W. A. H.; SUTTON, M. A.; SCHJØRRING, J. K. Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. **New Phytologist**, 139: 27-48, 1998.

BARENDESE, F.; AERTS, R. Nitrogen-use-efficiency: a biologically meaningful definition? **Functional Ecology**, 1: 293–296, 1987. In BUTLER, J. L.; ELLISON, A. M. Nitrogen cycling dynamics in the carnivorous northern pitcher plant, *Sarracenia purpurea*. **Functional Ecology**, 9p., 2007.

BEEVERS, L., HAGEMAN, R.H. Nitrate and Nitrite reduction. In: **The Biochemistry of Plants**. (B.J. Mifflin, ed.), Academic Press, New York, 5:115-168, 1980.

BEGON, M., TOWNSEND, C.R., HARPER, J.L. **Ecology- from individuals to ecosystems**. Blackwell Publishing, 4 edition, Australia, 2006.

BERTONELLO, T.F., LIMA Jr., I.S. de, MOTA, J.H., MELO, E.P. de, VIEIRA, M.C. Adubação fosfatada e nitrogenada na produção de biomassa de *Plantago major* L. **Anais do V Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal**, 215 p., Brasil, 1995.

BOBBINK, R. and LAMERS, L.P.M. Effects of increased nitrogen deposition. In: Bell, J.N.B. and Treshow, M. (eds.). **Air pollution and plant life** (2nd edition). John Wiley and Sons, Chichester, 2002.

BOBBINK, R.; HORNUNG, M.; ROELOFS, J. G. M. The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. **Journal of Ecology**, 86: 717-738, 1998.

BRASIL; **Balanco mineral brasileiro: bens minerais selecionados**. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 212p., 1978.

BREDEMEIER, C., MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, 30(2): 365-372, 2000.

BUSTAMANTE, M.M.C., MEDINA, E., ASNER, G.P., NARDOTO, G.B. and GARCIA-MONTIEL, D.C. Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. **Biogeochemistry**, 79: 209-237, 2006.

BUSTAMANTE, M.M.C.; MARTINELLI, L.A.; SILVA, D.A.; CAMARGO, P.B.; KLINK, C.A.; DOMINGUES, T.F.; SANTOS, R.V. N-15 natural abundance in woody plants and soils of central Brazilian savannas (cerrado). **Ecological Applications**, 14 (4): S200-S213, 2004.

BUSTAMANTE, M.M.C., SILVA, L.F., CORNELIO, I.N., KOZOVITS, A.R. and CALDAS, L.S. Atividade de redutase de nitrato em plântulas de *Pterodon polygalaeiflorus* Benth. e *Dalbergia miscolobium* Benth. crescendo *in vitro* com diferentes concentrações de nitrato e amônio. **Anais do V Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal**, 215 p., Brasil, 1995.

CALATAYUD, A.; ROCA, D.; GORBE, E.; MARTINEZ, P. F. Light acclimation in rose (*Rosa hybrid* cv. Grand Gala) leaves after pruning: Effects on chlorophyll a fluorescence, nitrate reductase, ammonium and carbohydrates. **Scientia Horticulturae**, 111: 152 – 159, 2007.

CAMPOS, M.M.S. **Ecofisiologia do uso de nitrogênio em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Ubatuba, SP**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 102p., 2009.

CARTAXANA, P. and CATARINO, F. Nitrogen resorption from senescing leaves of three salt marsh plant species. **Plant Ecology**, 159: 95-102, 2002.

CARVALHO, A. P. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; KOZOVITS, A. R.; ASNER, G. Variações sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies de Cerrado com diferentes estratégias fenológicas. **Revista Brasileira de Botânica**, 30:17 – 25, 2007.

CARVALHO, P.G. de, AIDAR, M.P.M., ZAIDAN, L.B.P. e CARVALHO, M.A.M. Aspectos do crescimento e atividade da redutase do nitrato em plantas de *Vernonia herbacea* (Vell.) Rusby submetidas a diferentes fontes de nitrogênio. **Hoehnea**, 33(1): 89-97, 2006.

CARVALHO, E. T. **Carta Geotécnica de Ouro Preto**. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova Lisboa. Lisboa, 1982 *apud* CASTRO, J. M. G. **Pluviosidade e movimentos de massa nas enconstas de Ouro Preto**. Dissertação de Mestrado – Escola de Minas – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 138p., 2006.

CASTAÑEDA, C. **Projeto de caracterização geológica e geomorfológica do Parque Estadual do Itacolomi- Ouro Preto, (Relatório)**. Convênio IEF/UFOP/Bird, XIV, 36p., 1993.

CASTRO, S. A. B. de; CASAGRANDE, V. D.; SANCHES, M. C; SOUZA, H. C. de; RIBEIRO, S. P. Anatomia Foliar Funcional de *Byrsonima variabilis* DC. (Malpighiaceae), nos Sistemas de Campos Rupestres na Região de Ouro Preto, MG. In **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu – MG, 2007.

CASTRO, J. M. G. **Pluviosidade e movimentos de massa nas enconstas de Ouro Preto**. Dissertação de Mestrado – Escola de Minas – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 138p., 2006.

CAZZETA, J.O., VILLELA, L.C.V. Nitrate reductase activity in leaves and stems of tanner grass (*Brachiaria radicans* Napper). **Scientific Agricultural**, Piracicaba- Brasil, 61(6): 640-648, 2004.

CHOW, F.; CAPOCIAMA, F. V.; FARIA, R.; OLIVEIRA, M. C. de. Characterization of nitrate reductase activity *in vitro* in *Gracilaria caudate* J. Agardh (Rhodophyta, Gracilariales). **Revista Brasileira de Botânica**, 30 (1): 123-129, 2007.

CORRÊA, T.L. **Bioacumulação de metais pesados em plantas nativas a partir de suas disponibilidades em rochas e sedimentos: o efeito na cadeia trófica.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, 143p., 2006.

D'ANTONIO, C.M., MACK, M.C. Nutrient limitation in a fire-derived, nitrogen-rich Hawaiian Grassland. **Biotropica**, 38(4): 458-467, 2006.

DAVIDSON, E.A.; BUSTAMANTE, M.M.C; PINTO, A.S. Emissions of nitrous oxide and nitric oxide from soils of native and exotic ecosystems of the amazon and cerrado regions of Brazil. **The Scientific World**, 1 (S2): 312-319, 2001.

DAWSON, T.E.; MAMBELLI, S.; PLAMBOECK, A.H.; TEMPLER, P.H.; TU, K.P. Stable isotopes in plant ecology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 33: 507-559, 2002. In BUTLER, J. L.; ELLISON, A. M. Nitrogen cycling dynamics in the carnivorous northern pitcher plant, *Sarracenia purpurea*. **Functional Ecology**, 9 p., 2007.

FABIAN, P.; KOHLPAINNER, M.; ROLLENBECK, R. Biomass burning in the Amazon - fertilizer for the mountaineous rain forest in Ecuador. **Environmental Science and Pollution Research**, 12: 290-296, 2005.

FAGUNDES, J.D., SANTIAGO, G., MELLO, A.M de, BELLÉ, R.A., STRECK, N.A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, 37(4): 987-993, 2007.

FERNANDES, M.S, ROSSIELLO, O.P. Mineral Nitrogen in Plant Physiology and Plant Nutrition. **Critical Reviews in Plant Sciences**, 14:111-148, 1995.

FERREIRA, M. B. & MAGALHÃES, G. M. Contribuição para o conhecimento da vegetação da Serra do Espinhaço em Minas Gerais (Serras do Grão Mogol e da Ibitipoca). *In Anais do XXVI Congresso Nacional de Botânica* (M.B. Ferreira Coord.), Rio de Janeiro, p. 189-202, 1977.

FIGUEREDO, M. Influence of calcareous soil particulates on acid rain: Belo Horizonte Metropolitan Region, Brazil. **AMBIO**, 28: 514-518, 1999.

FLUES, M. Evaluation of the rainwater acidity of a rural region due to a coal-fired power plant in Brazil. **Atmospheric Environment**, 36: 2397-2404, 2002.

FOYER, C. H.; PARRY, M.; NOCTOR, G. Markers and signals associated with nitrogen assimilation in higher plants. **J. of Experimental Botany**, 54: 585 – 593, 2003.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Perfil de Minas Gerais**. Belo Horizonte. 244p, 1999.

GALLOWAY, J. N., TOWNSEND, A. R., ERISMAN, J. W., BEKUNDA, M., CAI, Z., FRENEY, J. R., MARTINELLI, L. A., SEITZINGER, S. P., SUTTON, M. A. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. **Science** 320, 889, 2008.

GALLOWAY, J.N., DENTENER, F.J., CAPONE, D.G., BOYER, E.W., HOWARTH, R.W., SEITZINGER, S.P., ASNER, G.P., CLEVELAND, C., GREEN, P., HOLLAND, E., KARL, D.M., MICHAELS, A.F., PORTER, J.H., TOWNSEND, A. & VORÖSMARTY, C. Nitrogen cycles: past and future. **Biogeochemistry** 70: 153–226, 2004.

GALLOWAY, J.N.; SCHLESINGER, W.H.; LEVY, H.; MICHAELS, A.; SCHNOOR, J.L. Nitrogen-Fixation - Anthropogenic Enhancement-Environmental Response. **Global Biogeochemical Cycles**, 9(2): 235-252, 1995.

GAYOSO, C.R.L.; CASTRO, S.V. & FERRUCCI, M.S. Nova espécie do gênero *Matayba* sect. *Matayba* (Sapindaceae) para o Brasil. *In Anais do 59º Congresso Nacional de Botânica*, Natal – RN, 2008.

GIULIETTI, A. M. & PIRANI, J. R. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, p.36-69, 1988.

GONÇALVES-ALVIM, S.J., FERNANDES, G.W. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. **Biod. Conserv.** 10: 79-98, 2001.

GOULDING, K. W. T., BAILEY, J., BRADBURY, N. J., HARGREAVES, P., HOWE, M., MURPHY, D.V., POULTON, P. R., and WILLISON, T. W. Nitrogen deposition and its contribution to nitrogen cycling and associated soil processes. **New Phytologist** 139:49-58, 1998.

GÜSEWELL, S., BOLLENS, U., RYSER, P., KLÖTZLI, F. Contrasting effects of nitrogen, phosphorus and water regime on first- and second-year growth of 16 wetland plant species. **Functional Ecology**, 17: 754-765, 2003.

HAYGARTH, P.M. ET AL. Phosphorus budgets for two contrasting grassland farming systems in the UK. **Soil Use and Management**, 14: 160-167, 1998.

HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C.; MOREIRA, M. Z.; HARIDASAN, M. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees. **Functional Ecology**, 19: 932-940, 2005.

HOFFMANN, W.A., FRANCO, A.C. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, 91(3): 475-484, 2003.

HUANG, J.Y., ZHU, X.G., YUAN, Z.Y., SONG, S.H., LI, X. and LI, L.H. Changes in nitrogen resorption traits of six temperate grassland species along a multi-level N addition gradient. **Plant Soil** 306:149-158, 2008.

IGA/CETEC. **Desenvolvimento Ambiental de Ouro Preto – Microbacia do Ribeirão do Funil – MG**, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil** (www.ibge.gov.br), 1993.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Contexto estadual: Biomas presentes em Minas Gerais**. www.ief.mg.gov.br, 2002.

IPCC. Climate change 2007: Synthesis report - Summary for policymakers. In. **IPCC, Wembley - UK**, pp 1-21, 2007.

JACOBSON, T.K.B. **Composição, estrutura e funcionamento de um cerrado sentido restrito submetido à adição de nutrientes em médio prazo**. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 193p., 2009.

KAROLEWSKI, P., GIERTYCH, M.J., OLEKSYN, J., ZYTKOWIAK, R. Differential reaction of *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* and *Peatraea* trees to nitrogen and sulfur pollution. **Water, Air and Soil Pollution**, 160: 95-108, 2005.

KESSLER, E. Nitrate assimilation by plants. **Annual Reviews Plant Physiology**, 15: 57-72, 1964.

KILLINGBECK, K. T. Nutrients in senesced leaves: Keys to the search for potential resorption and resorption proficiency. **Ecology**, 77: 1716-1727, 1996.

KNOPS, J.MH., REINHART, K. Specific leaf area along a nitrogen fertilization gradiente. **The American Midland Naturalist**, 144(2): 265-272, 2000.

KOZOVITS, A. R., BUSTAMANTE, M. M. C., GAROFALO, C.R., BUCCI, S., FRANCO, A.C, GOLSDTEIN, G. and MEINZER, F.C. Nutrient resorption and patterns of litter production and decomposition in a Neotropical Savanna. **Functional Ecology** 21:1034-1043, 2007.

KOZOVITS, A.R. **Assimilação de nitrogênio em espécies lenhosas de cerrado**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília. 47p, 1997.

KOZOVITS, A. R., BUSTAMANTE, M. M. C., SILVA, L. F., DUARTE, G. FF, CASTRO, A. A., MAGALHÃES, J. R. Nitrate e amônio no solo e sua assimilação por espécies lenhosas em uma área de cerrado submetida a queimadas prescritas. *In: Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga (Org. HS Miranda, CH Saito & BFS Dias)*. Universidade de Brasília, Brasília - Brasil, pp 137-147, 1996.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 531 p., 2006.

LENTI, F.E.B., MOITA, K.C.C., KOZOVITS, A.R., BUSTAMANTE, M.M.C. Efeito do aumento da disponibilidade de nutrientes na dinâmica de raízes finas sub-superficiais em uma área de cerrado *sensu stricto*. **Anais do IX Simpósio Nacional do Cerrado**, ParlaMundi, Brasília, DF, 2008.

L'HIRONDELLE, S.J., JACOBSON, J.S., LASSOIE, J.P. Acidic mist and nitrogen fertilization effects on growth, nitrate reductase activity, gas exchange, and frost hardiness of red spruce seedlings. **New Phytologist**, 121: 611-622, 1992.

LOPES, G. **Atividade da redutase de nitrato em folhas e raízes de espécies nativas dos campos ferruginosos em resposta à deposição nitrogenada.** Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas. Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente, Universidade Federal de Ouro Preto, 38p., 2008.

LUEDEMANN, G. **Efeito da adição de nutrientes ao solo sobre plantas rasteiras de um cerrado stricto sensu.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília. 52p, 2001.

MACMAHON, G., WOODSIDE, M.D. Nutrient mass balance for the Albemarle-Pamlico Drainage Basin, North Carolina and Virginia. **Journal of the American Water Resources Association**, 33(3): 573-589, 1997.

MAGILL, A.H., ABER, J.D., BERNTSON, G.M., McDOWELL, W.H., NADELHOFFER, K.J., MELILLO, J.M., STEUDLER, P. Long-term nitrogen additions and nitrogen saturation in two Temperate Forests. **Ecosystems** 3: 238-253, 2000.

MAKOTO, K., KOIKE, T. Effects of nitrogen supply on photosynthetic and anatomical changes in current-year needles of *Pinus koraiensis* seedlings grown under two irradiances. **Photosynthetica**, 45(1): 99-104, 2007.

MATSON, P.; LOHSE, K. A.; HALL, S. J. The globalization of nitrogen deposition: Consequences for terrestrial ecosystems. **AMBIO**, 31: 113-119, 2002.

MATSON, P.A.; MCDOWELL, W.H.; TOWNSEND, A.R.; VITOUSEK, P.M. The globalization of N deposition: ecosystem consequences in tropical environments. **Biogeochemistry**, 46(1-3): 67-83, 1999.

MERILO, E., HEINSOO, K., KULL, O. Leaf photosynthetic properties in a willow (*Salix viminalis* and *Salix dasyclaos*) plantation in response to fertilization. **European Journal Forest Res.**, 125: 93-100, 2006.

MORRIS, J.T. Effects of nitrogen loading on wetland ecosystems with particular reference to atmospheric deposition. **Annual Reviews Ecological Systematic**, 22: 257-279, 1991.

NARDOTO, G. B.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S.; KLINK, C. A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. **Journal of Tropical Ecology**, 22: 1-11, 2006.

NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, 38(8): 955-962, 2003.

NIEVOLA, C.C., MERCIER, H. Variações diurnas da atividade *in vivo* da redutase de nitrato em abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merr.- Bromelidaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, 24: 295-301, 2001.

OLIVEIRA, M.A.J. de, BOVI, M.L.A., MACHADO, E.C., RODRIGUES, J.D. Atividade da redutase de nitrato em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Ciência Rural**, Santa Maria, 35(3): 515-522, 2005.

OSÓRIO-FILHO, B.D., RHEINHEIMER, D.S., SILVA, L.S. da, KAMINSKI, J., DIAS, G.F. Deposição do enxofre atmosférico no solo pelas precipitações pluviais e respostas de culturas à adubação sulfatada em sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, 37(3): 712-719, 2007.

PADGETT, P.E., ALLEN, E.B. Differential responses to nitrogen fertilization in native shrubs and exotic annuals common to mediterranean coastal sage scrub of California. **Plant Ecology**, 144: 93-191, 1999.

PEREIRA-SILVA, E.F.L. **Ecofisiologia do uso de nitrogênio em espécies arbóreas das florestas ombrófila densa submontana e estacional semidescídua, SP**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual da Campinas, São Paulo, 2008.

PETERMAN, R.M. Statistical power analysis can improve fisheries research and management. **Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Science**, 47: 2-15, 1990.

PINTO, A.S.; BUSTAMANTE, M.M.C.; KISSELLE, K.; BURKE, R.; ZEPP, R.; VIANA, L.T.; VARELLA, R.F.; MOLINA, M. Soil emissions of N₂O, NO, and CO₂ in Brazilian Savannas: Effects of vegetation type, seasonality, and prescribed fires. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres**, 107 (20), 2002.

PINZÓN-TORRES, J.A., SCHIAVINATO, M.A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. **HOEHNEA**, 35(3): 395-404, 2008.

PITCAIRN, C.; FOWLER, D.; SHEPPARD, I. L. L.; TANG, S.; SUTTON, M.; FAMULARI, D. Diagnostic indicators of elevated nitrogen deposition. **Environmental Pollution**, 144: 941-950, 2006.

PITCAIRN, C.E.R., FOWLER, D., GRACE, J. Deposition of fixed atmospheric Nitrogen and foliar nitrogen-content of bryophytes and *Calluna vulgaris* (L) Hull. **Environmental Pollution**, 88: 193-205, 1995.

QUEIROZ, R. de M., MARCON, G., FILHO, C.J. da A., MATOS, V.P., CISNEIROS, R. de A. Estratégias adaptativas de populações de *Stylosanthes scabra* provenientes de três regiões ecogeográficas de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 5(2): 320-325, 2001.

RESENDE, J. **A ciclagem de nutrientes em áreas de Cerrado e a influência de queimadas controladas**. PhD thesis, University of Brasília, Brasília, 2001.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil. Aspectos sociológicos e florísticos.** Vol. 2, EDUSP - Sao Paulo. 347p, 1979.

RODRIGUES, R.A.R., MELLO, W.Z. de, SOUZA, P.A. Deposições atmosféricas de íons majoritários na bacia do alto curso do rio Paquequer – Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ. *In* CRONEMBERGER, C., VIVEIROS DE CASTRO, E.B. (Org). **Ciência e Conservação na Serra dos Órgãos**, Brasília: Ibama, 2007.

SCALON, M.C., FRANCO, A. Influência dos fatores ambientais na área foliar específica de espécies lenhosas do cerrado. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu, MG.** 2007.

SCOLFORO, J.R.S; OLIVEIRA, A.D.de; DAVIDE, A.C.; MELLO, J.M.de; ACERBI JUNIOR, F. W. **Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus*.** Relatório Técnico Científico. Lavras. UFLA-FAEPE. 350p. 2002.

SILVA, L. C. da. Flúor em chuva simulada: sintomatologia e efeitos sobre a estrutura foliar e o crescimento de plantas arbóreas. **Revista Brasileira de Botânica**, 23: 385-393, 2000.

SIMPSON Jr, P.L. **Crescimento e fenologia foliar de espécies lenhosas de uma área de cerrado stricto sensu submetida a fertilização.** Tese de mestrado. Universidade de Brasília, 55p., 2002.

SMIRNOFF, N., TODD, P., STEWART, G.R. The occurrence of nitrate reduction in the leaves of woody plants. **Annals of Botany**, 54: 363-374, 1984.

SODEK, L. Metabolismo do nitrogênio. *In*: G.B. Kerbauy (org.), **Fisiologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 94-113, 2004.

SOLOMONSON, L.P., BARBER, M.J. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. **Annual Review Plant Physiologist Plant Molecular Biologist**, 4: 225-253, 1990.

SOUZA, V.C. de, SILVA, R.A. da, CARDOSO, G.D. and BARRETO, A.F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 10(3): 612-618, 2006.

STERNBERG, L. da S.L., BUCCI, S., FRANCO, A., GOLDSTEIN, G., HOFFMAN, W.A., MEINZER, F.C., MOREIRA, M.Z., SHOLZ, F. Long range lateral root activity by neo-tropical savanna trees. **Plant and Soil**, 270: 169-178, 2004.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Editora Artmed, Porto Alegre, 719p., 2004.

TEIXEIRA, W. A.; LEMOS-FILHO, J. P. Fatores edáficos e a colonização de espécies lenhosas em uma cava de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. **Revista Árvore**, 26: 25 – 33, 2002.

TISCHNER, R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant, Cell and Environment**, 23: 1005 – 1024, 2000.

TUCCI, C.A.F., LIMA, H.N., LESSA, J.F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, 39(2): 289-294, 2009.

TRIPATHI, A. K.; GAUTAM, M. Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution. **Journal of Environmental Biology**, 28: 127-132, 2007.

VAN HEERWAARDEN, L. M.; TOET, S.; AERTS, R. Current measures of nutrient resorption efficiency lead to a substantial underestimation of real resorption efficiency: facts and solutions. **Oikos**, 101: 664-668, 2003.

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e Caracterização dos Campos Rupestres Sobre Canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, 58(1): 159-177, 2007.

VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, A. G. Activation of nitrate reductase of cashew leaf by exogenous nitrite. **Brazilian Journal Plant Physiology**, 14(1): 39-44, 2002.

VINCENT, R. C. **Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em áreas de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo. 145p., 2004.

VINCENT, R. C.; JACOBI, C. M.; ANTONINI, Y. Diversidade na adversidade. **Ciência Hoje**, 31: 64 – 67, 2002.

VITOUSEK, P.M.; ABER, J.D.; HOWARTH, R.W.; LIKENS, G.E.; MATSON, P.A.; SCHINDLER, D.W.; SCHLESINGER, W.H.; TILMAN, D.G. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. **Ecological Applications**, 7(3): 737-750, 1997.

YODER, C., CALDWELL, M. Effects of perennial neighbors and nitrogen pulses on growth and uptake by *Bromus tectorum*. **Plant Ecology**, 158: 77-84, 2002.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)