

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES AO LONGO DE
UMA TRANSIÇÃO DE MATA DE GALERIA E CERRADO NO
DISTRITO FEDERAL**

ARTUR ORELLI PAIVA

ORIENTADOR: MUNDAYATAN HARIDASAN

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO – 2008

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES AO LONGO DE UMA TRANSIÇÃO DE
MATA DE GALERIA E CERRADO NO DISTRITO FEDERAL**

ARTUR ORELLI PAIVA

DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida ao Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre.

APROVADA POR:

**Prof. Dr. Mundayatan Haridasan (Departamento de Ecologia, UnB);
(Orientador)**

**Prof. Dr. Manoel Cláudio da Silva Júnior (Departamento de Engenharia Florestal)
(Examinador interno)**

**Prof. Dr. Ivan Schiavini (Universidade Federal de Uberlândia)
(Examinador externo)**

**Prof. Dr. Rodrigo Studart Corrêa (Departamento de Engenharia Florestal, UnB)
(Examinador Suplente)**

Brasília, 18 de dezembro de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

PAIVA, ARTUR ORELLI

Eficiência do uso de nutrientes ao longo de uma transição de mata de galeria e cerrado no Distrito Federal. 2008.

xiii, 87p., 210 x 297 mm (EFL/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia).

Departamento de Pós-Graduação em Ciências Florestais

1. Mata de galeria

2. Cerrado

3. Serapilheira

4. Nutrientes

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Paiva, A.O. (2008). Eficiência do uso de nutrientes ao longo de uma transição de mata de galeria e cerrado no Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM - 104/2008, Departamento de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 87p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Artur Orelli Paiva

TÍTULO: Eficiência do uso de nutrientes ao longo de uma transição de mata de galeria e cerrado no Distrito Federal.

GRAU: Mestre

ANO: 2008

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Artur Orelli Paiva

Setor de Autarquias Sul, Quadra 3, Lote 2, Bloco C

Ed. Business Point - sala 721

70.070-934 Brasília - DF

Email: a.paiva@conservacao.org, arturorelli@hotmail.com

**Dedico a José de Arimatéa Paiva,
um homem fiel e probo
que fez a sua história,
à graça de seus entes.**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ari (*in memoriam*) e Ivana e ao meu irmão Guilherme, os quais são base, amor e combustível para qualquer investida acadêmica e profissional que tive até hoje.

Ao meu orientador, professor Mundayatan Haridasan, a quem devo respeito e admiração e cujos ensinamentos foram muito proveitosos inclusive para a vida cotidiana.

Aos professores William Hoffmann e Augusto Franco pela oportunidade em participar de um projeto de tamanha grandeza, que além dessa pesquisa envolve várias outras.

À Fundação Nacional de Ciências dos EUA (NFS) que financiou esta pesquisa (Convênio FINATEC/FUB/NCSU) (NCSU/BOT 02525).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Engenharia Florestal da UnB pela oportunidade de estudos ao longo desses vários anos acadêmicos.

À diretoria da Reserva Ecológica do IBGE pela autorização para executar este trabalho.

À Erika Geiger pela ajuda na análise de dados e comentários de campo.

À Mara e demais técnicos pela excepcional orientação laboratorial.

Aos conselhos e discussões construtivas de Lucas Silva, Tamiel Jacobson e Gabriel Damasco.

Aos meu primos Alexandre e Cristiano pela ajuda na construção dos coletores de serapilheira.

Aos amigos indispensáveis na fase de coleta de dados: Gabriel Mendonça, Fernanda Miquelino, João Neto, Rodolfo, Rafael Gonçalves, Aryanne, Rafael Magnum, Júlia, Renato, Ana Schinzel, Fernanda Coelho, Willem, Fábio, Caíque, Gabriel Damasco, Thiago Ungaretti, Thiago e Rodrigo.

Aos colaboradores Bárbara, Larissa e Daniel.

Ao professor Manoel Cláudio pelos comentários valiosos na parte da flora.

A minha namorada Ana Carolina Shinzel pela doçura e companherismo.

A todos que contribuíram e colaboraram indiretamente.

Por fim, ao Cerrado pela incrível fascinação que me causa quanto mais o leio e o investigo.

RESUMO

Na configuração da paisagem que forma o bioma Cerrado, as matas de galeria acompanham os cursos de água e quando fazem limites com o cerrado, diferenciam-se pela posição mais superficial do lençol freático e pelas mudanças significativas quanto às propriedades edáficas. Transições entre formações florestais e formações abertas de cerrado, além de apresentarem mudanças marcantes de ordem estrutural, dinâmica, florística e de distribuição de espécies, são situações naturais que também abrangem variações do ponto de vista nutricional e de produtividade em cada um desses ecossistemas. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças na produção mensal de serapilheira, na concentração de nutrientes na serapilheira e na eficiência do uso de nutrientes (EUN) ao longo de uma transição entre a mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado adjacente, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, Distrito Federal. As hipóteses testadas foram que ocorre redução na disponibilidade de nutrientes no solo ao longo do gradiente de mata de galeria em direção ao cerrado; a concentração de nutrientes na serapilheira diminui da mata de galeria em direção ao cerrado; a eficiência do uso de nutrientes tende a aumentar da mata de galeria em direção ao cerrado. Foram estabelecidos quatro transectos paralelos e distantes 40 m entre si, estendendo-se 30 m dentro de cada fitofisionomia, no sentido perpendicular à fronteira mata de galeria e cerrado. A análise do índice de área foliar (IAF) das espécies arbóreas evidenciou mudanças bruscas no gradiente vegetacional, definindo bem a interrupção do dossel florestal. Espécies arbóreas típicas de mata de galeria foram encontradas no cerrado e, raramente, foi observada a presença de espécies de cerrado estabelecidas na mata de galeria. Amostras de solo até 30 cm de profundidade foram coletadas ao longo de cada transecto para determinar a disponibilidade de nutrientes. Coletores de 0,25 m² foram utilizados para a captura de serapilheira quinzenalmente, durante o período de um ano, iniciando-se em outubro de 2007. Os galhos maiores que 1 cm de diâmetro foram descartados e amostras compostas (para cada mês ou trimestre) de cada fração (folhas e miscelânea) foram analisadas separadamente quanto à concentração de nutrientes. A produção anual da serapilheira foi maior durante o período seco e maior na floresta (6,3 t ha⁻¹) do que no cerrado (3,5 t ha⁻¹). Foi observada redução significativa da disponibilidade de N, Ca e Mg e dos teores de carbono orgânico ao longo do gradiente de mata de galeria e cerrado. A concentração de K, Ca e Mg na serapilheira foliar e de N, Ca e Mg na fração miscelânea, diminuiu do ambiente florestal em direção à formação aberta de cerrado. A EUN para estes nutrientes e P (folhas) aumentou da mata de galeria em direção ao cerrado.

ABSTRACT

In the cerrado landscape, gallery forests occur along the streams and are surrounded by open forms of cerrado vegetation, accompanied by edaphic gradients. Transitions between forest physiognomies and adjacent open cerrado forms involve not only changes in the structure, dynamics, floristic composition of vegetation and species distribution, but also variations in nutrient availability in soil, nutrient use efficiency and productivity of these ecosystems. Thus, the objective of the present study was to evaluate the differences in the production of litter, its nutrient concentrations and nutrient use efficiency along a transition between a gallery forest and a cerrado at the Ecological Reserve of IBGE in the Federal District of Brazil. The hypotheses tested were that the nutrient soil availability in the soil, litter production and nutrient concentrations in litter decrease along the gradient from the gallery forest to the cerrado, and that the nutrient use efficiency tends to increase from the gallery forest to the cerrado. Four parallel transects 40 m apart, and extending 30 m into each physiognomy, were established perpendicular to the gallery forest-cerrado boundary. Leaf area index (LAI) of woody species showed sharp changes in the vegetation gradient defining well the interruption of forest canopy. Tree species typical from gallery forests were encountered in the cerrado, but cerrado species were rarely observed in the gallery forest. Soil samples up to 30 cm depth were collected at 5m intervals along each transects to determine nutrient availability. Litter traps of 0,25 m² were used to collect litter every two weeks for a period of one year beginning October 2007. Branches greater than 1 cm id diameter were discarded and pooled samples (for each month or trimester) of each fraction (leaves and miscellaneous) were analyzed separately for nutrient concentrations. The annual litter production was greater during the dry period and was significantly higher in the forest (6,3 t ha⁻¹) than in the cerrado (3,5 t ha⁻¹). Significant reduction in the availability of Ca and Mg and total N and organic carbon concentration in the soil was observed along the gradient from the forest to the cerrado. The concentration of K, Ca and Mg in the leaf litter and the concentration of N, Ca and Mg in the miscellaneous fraction decreased from the forest to the cerrado. Nutrient efficiencies for these nutrients and P (leaves) increased along the transition from the forest to the cerrado.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - AS TRANSIÇÕES ENTRE MATA DE GALERIA E CERRADO	3
2.2 - CARACTERÍSTICAS DA SERAPILHEIRA	7
2.3 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES (EUN) EM ECOSISTEMAS DO BIOMA CERRADO	10
2.4 - O FUNCIONAMENTO DA SERAPILHEIRA EM OUTROS ECOSISTEMAS	13
3 - METODOLOGIA	15
3.1 - ÁREA DE ESTUDO	15
3.2 - ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	19
3.3 - LEVANTAMENTO FLORÍSTICO	20
3.4 - COLETA DE DADOS	21
3.4.1 - Serapilheira	21
3.4.2 - Solo	22
3.5 - ANÁLISE QUÍMICA	22
3.5.1 - Serapilheira	22
3.5.2 - Solo	23
3.6 - ANÁLISE ESTATÍSTICA	23
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 - COBERTURA VEGETAL	24
4.2 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA	26
4.3 - CARACTERIZAÇÃO DO GRADIENTE EDÁFICO	34
4.4 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA	42
4.5 - NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA	51
4.6 - FLUXO ANUAL E EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES (EUN)	65
5 - CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Lista das famílias e espécies de indivíduos arbóreos encontrados por parcela (mata de galeria – M, borda – B, cerrado – C). 29

Tabela 4.2 - Fluxo anual de nutrientes via serapilheira ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. 66

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1 - Localização da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal e área de estudo na mata de galeria do córrego Roncador. Fontes: imagem LANDSAT 2004 (órbita 221; ponto 71) e www.recor.org.br/cerrado/hidrografia.17
- Figura 3.2 - Imagem do Google mostrando a disposição dos transectos e interface da vegetação da mata de galeria do córrego Roncador e cerrado (fotos: julho e novembro de 2008), Reserva Ecológica do IBGE.18
- Figura 3.3 - Disposição dos coletores de serapilheira na mata de galeria, borda e cerrado e transectos do experimento de irrigação e adubação utilizados para o levantamento da vegetação.19
- Figura 3.4 - Desenho esquemático dos coletores de serapilheira e sua disposição no campo.21
- Figura 4.1 - Variação na cobertura arbóreo-arbustiva ao longo da transição entre o cerrado e a mata de galeria do córrego Roncador.25
- Figura 4.2 - Classificação pelo método TWINSPAN das parcelas de cerrado, borda e mata de galeria e posicionamento das 82 parcelas nos eixos de ordenação DECORANA.33
- Figura 4.3 - Teor de carbono orgânico e pH até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas (entre distâncias no caso do pH) pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).37
- Figura 4.4 - N total, P e K disponíveis até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).38
- Figura 4.5 - Disponibilidade de Ca e Mg até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).39
- Figura 4.6 - Disponibilidade de Zn, Cu e Mn até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras de erros representam os desvios-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).40
- Figura 4.7 - Disponibilidade de Fe e Al até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE.

Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....41

Figura 4.8 - Produção quinzenal de serapilheira no cerrado, borda e mata de galeria, na transição entre a mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias.47

Figura 4.9a - Variação na produção mensal de serapilheira ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias.....48

Figura 4.9b - Variação na produção mensal de serapilheira ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias.....49

Figura 4.10 - Produção anual de serapilheira (foliar, da miscelânea e total) ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....50

Figura 4.11 - Produção anual de serapilheira na transição entre a mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....50

Figura 4.12 - Precipitação pluviométrica na transição entre a mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008.51

Figura 4.13 - Variação na concentração anual de N na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....54

Figura 4.14 - Variação na concentração anual de P na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....55

Figura 4.15 - Variação na concentração anual de K na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores

seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....56

Figura 4.16 - Variação na concentração anual de Ca na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....57

Figura 4.17 - Variação na concentração anual de Mg na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....58

Figura 4.18 - Variação na concentração anual de Zn na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....59

Figura 4.19 - Variação na concentração anual de Cu na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....60

Figura 4.20 - Variação na concentração anual de Mn na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....61

Figura 4.21 - Variação na concentração anual de Fe na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....62

Figura 4.22 - Variação na concentração anual de Al na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....63

Figura 4.23 - Correlações entre os teores de N e P e Ca e Mg na serapilheira na transição entre a mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008.....	64
Figura 4.24 - Eficiência do uso de N, P e K na serapilheira foliar ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....	69
Figura 4.25 - Eficiência do uso de Ca e Mg na serapilheira foliar ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....	70
Figura 4.26 - Eficiência do uso de Zn, Cu e Mn na serapilheira foliar ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....	71
Figura 4.27 - Eficiência do uso de Fe e Al na serapilheira foliar ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....	72
Figura 4.28 - Eficiência do uso de N, P e K na miscelânea ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....	73
Figura 4.29 - Eficiência do uso de Ca e Mg na miscelânea ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....	74
Figura 4.30 - Eficiência do uso de Zn, Cu e Mn na miscelânea ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....	75
Figura 4.31 - Eficiência do uso de Fe e Al na miscelânea ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).....	76

1 - INTRODUÇÃO

As características específicas que envolvem as transições entre florestas e savanas em escala global incluem ampla diversidade de fatores bióticos e abióticos, estruturais, formas de vida e até mesmo atividades humanas (Longman e Jeník, 1992). As fronteiras que separam esses dois tipos de vegetação normalmente ocorrem de forma brusca e aparecem quando há alterações marcantes na topografia e nos solos (Cole, 1992). A mudança completa pode ocorrer em menos de 50 metros de extensão, por meio de zonas de transição (ecótonos), onde há passagem da floresta, praticamente escassa em gramíneas, para a savana com estrato graminoso denso (Hopkins, 1992).

Todavia as interfaces entre matas de galeria e cerrado presentes no bioma Cerrado inserem alterações abruptas no gradiente de vegetação, não sendo observada localmente a zona ecotonal entre os dois tipos fitofisionômicos, formando-se mosaicos dispostos na paisagem devido aos enclaves de florestas que acompanham os cursos de água (Eiten, 1990).

Transições entre formações florestais e formações abertas de cerrado comportam mudanças significativas de ordem estrutural, dinâmica, florística e de distribuição de espécies em situações naturais (Felfili e Silva-Júnior, 1992) e devido à proximidade entre esses ecossistemas, há três possibilidades dinâmicas: o avanço da floresta sobre o cerrado, o avanço do cerrado sobre a floresta ou a estabilidade da fronteira dentro do período mínimo de um século (Hopkins, 1992). Estudos recentes baseados em análises de ^{14}C reforçam a possibilidade de movimentação da borda, sugerindo possível avanço, recente e contínuo (desde aproximadamente 3000 a 4000 mil anos atrás), de matas de galeria sobre áreas de cerrado, o que torna relevante o entendimento dos mecanismos que favoreceriam a acumulação mínima de nutrientes para esta expansão (Silva *et al.*, 2008).

Estudos realizados no Distrito Federal ressaltaram a importância da topografia por meio de sua influência na variação da profundidade do lençol freático como determinante para as diferenças florísticas e estruturais de populações e comunidades em gradientes que comportam a tipologia de cerrado. Fonseca e Silva-Júnior (2004) e Henriques (2004)

constatarem aumento na densidade e área basal das espécies arbóreas ao longo do gradiente entre cerrado de vale (próximo à vegetação ripária) e cerrado de interflúvio (em altitude mais elevada).

Para corroborar as pesquisas que envolvem mudanças no âmbito das complexidades fitofisionômicas do Cerrado, a avaliação da produção de serapilheira e a eficiência do uso de nutrientes (EUN), são alguns dos aspectos ainda não estudados ao longo das transições que envolvem ambientes florestais e formações abertas de cerrado.

A EUN pode ser medida através da razão entre a biomassa seca e o conteúdo de nutrientes na camada de serapilheira (Vitousek, 1982; 1984), ou simplesmente a partir do inverso da concentração de nutrientes que estão presentes na camada de serapilheira. Este índice foi amplamente discutido nos estudos deste autor, representando um avanço na teoria das interações planta-nutriente, juntamente com o modelo matemático proposto por Bridgham *et al.* (1995), o qual prevê que a EUN aumenta com a baixa disponibilidade de nutrientes em comunidades sobre solos caracterizados por baixa fertilidade, mas pode vir a declinar quando os ambientes são extremamente inférteis.

Outra forma de compreender a EUN está relacionada com os processos de reabsorção e retranslocação. Para que determinado ecossistema possa ser considerado eficiente quanto à utilização de nutrientes, é necessário que a maioria destes elementos, após terem sido liberados pelas árvores, sejam rapidamente reabsorvidos pelas raízes e micorrizas, permanecendo retidos no ecossistema. O outro mecanismo ocorre antes da abscisão foliar, consistindo na retranslocação de nutrientes de folhas senescentes para outras partes do tecido vegetal. Os resultados são baixas concentrações de nutrientes na serapilheira e alta eficiência na utilização desses recursos pelas árvores, caracterizando alta razão de carbono fixado por unidade de nutriente na camada de serapilheira foliar (Vitousek, 1984), interpretada como forma de vantagens ecológicas ligadas aos ciclos biogeoquímicos (Vitousek e Sanford, 1986).

Trabalhos realizados na Reserva Ecológica do IBGE, DF, tanto em mata de galeria (Parrón, 2004) quanto em cerrado (Nardoto *et al.*, 2006) empregaram a razão entre a

biomassa seca e o conteúdo de nutrientes na camada de serapilheira a fim de medir a EUN ao nível de ecossistema, além disso utilizaram também as espécies mais importantes de cada comunidade para aferição das taxas de retranslocação de nutrientes.

Na configuração da vegetação do bioma Cerrado, variações edáficas são determinantes para a separação de fitofisionomias, como ocorre nas transições entre mata de galeria e cerrado. Mensurar a produção anual de serapilheira, inclusive do ponto de vista nutricional, neste tipo de gradiente o qual normalmente envolve pequenas distâncias, passa a ser via interessante para compreender como a disponibilidade de nutrientes é aproveitada por cada comunidade vegetal, interferindo diretamente na manutenção e produtividade desses ecossistemas.

A fim de avaliar tais processos, foi escolhida uma faixa de transição em condições naturais que congrega mata de galeria e cerrado, com o objetivo de avaliar as diferenças na produção mensal de serapilheira, na concentração de nutrientes na serapilheira e na eficiência do uso de nutrientes ao longo dessa transição. As hipóteses testadas foram que ocorre redução na disponibilidade de nutrientes no solo ao longo do gradiente de mata de galeria em direção ao cerrado; a concentração de nutrientes na serapilheira diminui da mata de galeria em direção ao cerrado; e a eficiência do uso de nutrientes tende a aumentar da mata de galeria em direção ao cerrado.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - AS TRANSIÇÕES ENTRE MATA DE GALERIA E CERRADO

As matas de galeria quase sempre são circundadas por outras fitofisionomias não florestais como campo limpo, cerrado sentido restrito e, raramente por cerradões e matas secas. As transições com cerradões ou matas secas são quase imperceptíveis, mas com base em aspectos florísticos e estruturais é possível diferenciá-las (Ribeiro e Walter, 2001). As transições com cerrado são mais evidentes e normalmente inserem mudanças

abruptas, não somente em relação à estrutura da cobertura arbórea, mas também quanto à composição florística, com poucas espécies arbóreas comuns aos dois ambientes.

No bioma Cerrado, é possível observar em pequenos trechos de terra, sob o mesmo domínio climático, mudanças locais na paisagem em relação às fitofisionomias e distribuição das espécies vegetais, atribuídas principalmente às propriedades edáficas (Goodland e Pollard, 1973; Oliveira-Filho *et al.*, 1989; Haridasan, 1992), tornando possível a ocorrência lado a lado de florestas e formações savânicas (cerrados) ou campestres. Os gradientes fisionômicos da vegetação podem estar condicionados às variações na umidade do solo, drenagem e profundidade do lençol freático, estabelecendo o limite da borda da mata de galeria (Furley, 1992). Outros fatores como diferenças na topografia e a frequência de queimadas (Eiten, 1984; Furley, 1999), estariam também associados.

Ao se analisar a influência do relevo e da drenagem do solo ao longo da paisagem formada por diferentes fitofisionomias, observa-se que locais mais elevados e planos, com lençol freático mais profundo, sustentam formações de cerrado sentido restrito e campo cerrado. O campo limpo ocorre em locais cujo lençol freático torna-se superficial, na base da vertente, onde em seguida começam a aparecer matas de galeria ou veredas, pois o suprimento de água é permanente ou semipermanente e favorece o desenvolvimento de espécies sempre verdes (Furley, 1996).

Desse modo, normalmente se observa a separação das formações abertas de cerrado e mata de galeria por uma faixa de campo úmido graminoso, quase sempre sem plantas lenhosas, estacionalmente encharcado quando o lençol freático fica por longo período próximo da superfície durante a estação chuvosa, de maneira que o solo superficial permanece saturado. Para que o cerrado contate diretamente a mata de galeria é necessário que na interface entre os dois tipos fisionômicos, o lençol freático esteja aproximadamente há um metro ou mais abaixo da superfície (Eiten, 1994) e que não haja impedimentos no substrato por excesso de argila ou rochas.

Ratter (1992) constatou expansão de matas de galeria sobre áreas de cerrado, durante 14 anos de observação, particularmente na cabeceira dos córregos, onde frequentemente há considerável área de floresta cercada por um estreito cinturão de cerrado, fronteiro com campo úmido. Indivíduos arbóreos jovens das espécies *Cupania vernalis* e *Maprounea guianensis* estabeleceram-se no cerrado adjacente à floresta e há evidências da presença de indivíduos adultos de espécies de cerrado na mata de cabeceira, sugerindo que o processo de expansão da floresta continuou por longo período.

Áreas de cerrado podem também sofrer influência da proximidade de matrizes vegetacionais e cursos de água, cujas espécies florestais oriundas de matas de galeria promovem o avanço florestal por áreas savânicas. Um exemplo disso é a presença das espécies *Dalbergia frutescens*, *Inga marginata*, *Ardisia ambigua* e *Guapira hirsuta*, não peculiares a formações savânicas, mas que se estabeleceram em área de cerrado na região de Bauru, Estado de São Paulo (Pinheiro e Monteiro, 2006). Acrescenta-se a possibilidade de estabelecimento de espécies arbóreas de origem florestal em ambientes de cerrado, como consequência de manchas de solos associadas a sítios específicos de maior fertilidade (Silva, 2007).

A expansão florestal só não é mais bem sucedida, devido à intolerância das espécies florestais ao fogo em comparação às espécies de cerrado, impedindo-as de alcançar o tamanho reprodutivo no período entre duas ou mais queimadas subsequentes (Hoffmann, 2003). Com a ausência desse fator e a redução de outras pressões antrópicas como a prática de pastagem, por exemplo, o avanço de fisionomias florestais é favorecido (Durigan e Ratter, 2006).

As matas de galeria formam rede florestal perenifólia ao longo dos cursos de água, responsável por 5% da cobertura total do Cerrado, com 70% a 95% de cobertura arbórea fornecida pelas copas das árvores (Ribeiro e Walter, 2001), enquanto que o cerrado sentido restrito ocupa aproximadamente 70% do bioma, apresentando cobertura arbórea de 10% a 60%, onde o vasto estrato herbáceo coexiste com arbustos e árvores esparsas (Eiten, 1972). Floristicamente, as matas de galeria contêm 33% do total de espécies vasculares conhecidas para o bioma Cerrado, ou seja, 2.452 espécies e 143 famílias,

superando o cerrado sentido restrito, com 1.855 e 102, respectivamente (Mendonça *et al.*, 2008).

Com base em 21 levantamentos realizados para análise da flora arbórea das matas de galeria no Distrito Federal, Silva-Júnior *et al.* (2001) verificaram a existência de 378 espécies, distribuídas em 66 famílias, ressaltando a complexidade e variedade dos ambientes estudados. Um número significativo de espécies arbóreas de matas de galeria depende basicamente de alta umidade do solo e muitas delas parecem distribuir-se desde a Floresta Amazônica até a Mata Atlântica, atravessando o Cerrado numa rota noroeste-sudeste, através da rede dendrítica de florestas associadas aos cursos d'água (Oliveira-Filho e Ratter, 1995).

Observa-se que algumas espécies de origem florestal são generalistas no que diz respeito ao habitat, sendo abundantes na interface com a vegetação de cerrado. A luz abundante incidente na transição brusca de mata de galeria para cerrado favorece a ocorrência de espécies florestais tipicamente de borda, tais como: *Piptocarpha macropoda*, *Lamanonia ternata*, *Vochysia tucanorum* e *Calisthene major* (Oliveira-Filho e Ratter, 2002). *Casearia sylvestris*, *Protium heptaphyllum* e *Tapirira guianensis* são exemplos de espécies que contribuiriam para a composição florística de formações de cerrado, em áreas livres da ação do fogo, facilitando a colonização por outras diferentes espécies florestais (Pinheiro e Monteiro, 2006).

O sombreamento mantido sobre o solo nas matas de galeria, mesmo durante o período seco, mantendo-o sempre mais úmido, gera maior quantidade de húmus acumulado do que no cerrado. O húmus (sistema coloidal orgânico) retém os íons contra a lixiviação, prontos para serem fornecidos às plantas. Assim, o solo é mais fértil. O cerrado adjacente é mais aberto sombreia menos o solo (Eiten, 1994), o qual é bastante intemperizado e normalmente apresenta baixa disponibilidade de nutrientes para os vegetais (Oliveira *et al.*, 2000).

2.2 - CARACTERÍSTICAS DA SERAPILHEIRA

A produção de serapilheira depende da produtividade primária líquida aérea da comunidade de plantas em determinado local. Entende-se por produtividade primária líquida aérea (PPLA) como a taxa de biomassa aérea produzida por unidade de área e tempo, subtraída do que é liberado pela respiração dos vegetais, ou seja, o balanço entre o carbono fixado pela fotossíntese e o carbono perdido pela respiração (Sala e Austin, 2000). Assim, o estudo da camada de serapilheira e, mais precisamente a sua espessura, reflete muito bem o balanço entre entrada e saída de material orgânico no ecossistema, indicando a situação nutricional (Vorobeichik, 1997).

Dentre os fatores que influenciam a produção de serapilheira, Arunachalam *et al.* (1998) destacam a composição e densidade de espécies, área basal, altitude, latitude e estacionalidade. A quantidade acumulada sobre o solo de determinado ecossistema será o resultado conjugado das seguintes variáveis: produção de serapilheira *in situ*, deposição *ex situ*, decomposição por agentes físicos e bióticos e taxas de remoção da serapilheira. Fatores como herbivoria, em menor escala, também podem afetar a produção de serapilheira, uma vez que o consumo de folhas reduz a biomassa viva e, portanto a quantidade de material depositado sobre o solo (Facelli e Pickett, 1991).

O material que compõe a camada de serapilheira depositada sobre a superfície do solo dos ecossistemas terrestres é formado basicamente por folhas, flores, frutos, sementes, galhos, ramos e também por resíduos animais, em menor escala. Segundo Dias e Oliveira-Filho (1997), a produção média de resíduos de origem animal foi de $0,08 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em área de Floresta Estacional Semidecídua Montana, em Lavras, Minas Gerais, ocorreu dois picos durante o ano, o primeiro entre o final da estação chuvosa e início da estação seca e o outro após as primeiras chuvas. O material era predominantemente composto de fezes e em quantidade bem inferior, por restos de invertebrados, como exoesqueletos, membros de artrópodes e penas e pêlos de vertebrados, os quais puderam ser negligenciados.

Conforme Vitousek e Sanford (1986), a manutenção da produtividade e a sustentação dos ecossistemas terrestres, em especial aqueles sobre solos distróficos, estão estritamente

ligadas à produção e decomposição de serapilheira depositada sobre o solo, função biogeoquímica que assegura o processo fundamental de transferência de nutrientes da matéria orgânica para o solo. A camada de serapilheira e seus componentes biológicos (microorganismos, artrópodes, micorrizas etc.) fazem parte do perfil do solo e exercem efeito indireto sobre a disponibilidade de nutrientes por meio de mudanças nas variáveis ambientais que regulam o processo de mineralização (Facelli e Pickett, 1991). A disponibilidade de nutrientes no solo irá determinar a concentração de nutrientes nos tecidos vegetais e, conseqüentemente, na serapilheira novamente.

O funcionamento da camada de serapilheira no que diz respeito às concentrações de macronutrientes permite verificar a capacidade desse compartimento em armazenar os nutrientes essenciais à vida das plantas, estabelecendo a qualidade do componente orgânico sobre o solo e o seu padrão de decomposição. Adicionalmente, pode-se ter idéia de quais elementos seriam fatores limitantes, ou seja, teoricamente mais bem aproveitados pelas plantas, ficando retidos no ecossistema por tempo mais prolongado.

Os nutrientes presentes em folhas caídas representam perda para a árvore, que pode ser compensada quando a disponibilidade de nutrientes no solo é alta e a aquisição destes é facilitada. Em ecossistemas com baixa fertilidade, a perda de nutrientes através da queda de folhas requer adaptações específicas das espécies vegetais (Veneklaas, 1991), cujas características individuais estariam ligadas à economia de nutrientes de acordo com a disponibilidade destes no solo. Uma das adaptações de plantas que se desenvolveram em ambientes nutricionalmente pobres seria elevar a eficiência do uso de nutrientes (EUN) para produzir nova biomassa, representando importante estratégia competitiva; ou mesmo efetuar a retranslocação interna de nutrientes a partir de folhas senescentes, fornecendo reserva adicional para a produção vegetal (Bridgham *et al.*, 1995).

Quando a serapilheira é coletada e separada por espécie, é possível chegar a informações da eficiência relativa das diferentes espécies que ocupam determinado local. A EUN com base na produção de serapilheira, em florestas ou outros tipos de vegetação, reflete a propriedade coletiva das populações que habitam o local. Se a camada de serapilheira apresenta alta razão C:N, pode ocorrer favorecimento da retenção de nitrogênio pelos

organismos decompositores e redução da disponibilidade de nitrogênio no solo. As baixas disponibilidades de nitrogênio no solo levariam ao aumento da eficiência do uso desse elemento e da produção de serapilheira, com uma razão C:N ainda maior. Portanto, o padrão de eficiência do uso de nitrogênio em ecossistemas com escassez de nutrientes essenciais pode ser em parte explicado pela maior produção de biomassa por unidade de nitrogênio e, em parte devido à reabsorção mais efetiva desse elemento (Vitousek, 1982).

O modelo matemático proposto por Bridgham *et al.* (1995) prevê que a produção de serapilheira eleva-se assintoticamente com o aumento do retorno de nitrogênio e fósforo. Para testar este modelo, aplicado em vários ecossistemas mundiais, os autores analisaram a EUN ao longo de um gradiente natural de fertilidade em três comunidades pantanosas, extremamente inférteis, na Carolina do Norte, EUA. Verificaram que a razão entre a biomassa seca e a concentração de nutrientes da serapilheira (EUN), foi favorecida com o retorno via serapilheira de nitrogênio e cálcio até determinado nível ótimo, instituindo um limite, pois quando o retorno desses nutrientes ultrapassa este nível ótimo, a razão começa a decrescer. Por outro lado, não foi observado declínio significativo em relação à eficiência do uso de fósforo, pois esta razão se mantém elevada até mesmo na comunidade menos infértil, quando há incremento da taxa de retorno desse nutriente. Isto sugere que a disponibilidade de fósforo seja fator limitante em vários ecossistemas, ocasionando elevada eficiência em sua utilização pelas plantas, mesmo quando as condições de fertilidade do solo são mais favoráveis.

Embora os índices de EUN obtidos a partir da produção de serapilheira (Vitousek, 1982; 1984) possam ser empregados para mensurar a resposta dos ecossistemas sob diferentes graus de fertilidade diante da disponibilidade de recursos nutricionais, ocorrem críticas a este método na literatura. Aerts e Chapin (2000), por exemplo, argumentam que estes índices representam razões (biomassa por concentração de nutrientes) que não levam em consideração o fator tempo no que tange ao comportamento dinâmico das plantas em resposta ao suprimento de determinado nutriente.

2.3 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES (EUN) EM ECOSISTEMAS DO BIOMA CERRADO

No bioma Cerrado, os estudos sobre biomassa de serapilheira, envolvendo parâmetros nutricionais, geralmente abordam isoladamente determinadas fitofisionomias (Schiavini, 1983; Parrón, 2004; Nardoto *et al.*, 2006; Kozovits *et al.*, 2007) ou realizam comparações entre dois ambientes distintos (Peres *et al.*, 1983). Há também trabalhos que consideram gradientes vegetacionais, desde campo limpo até cerrado sentido restrito (Kauffman *et al.*, 1994) e de campo sujo até mata semidecídua (Moreno, 2005).

Os ambientes florestais, quando comparados aos ecossistemas de cerrado, tendem a apresentar maior produção de serapilheira, em função da maior biomassa aérea e densidade do estrato lenhoso. Parrón (2004) encontrou valores entre 6,1 a 7,2 t ha⁻¹ ano⁻¹ para a biomassa de serapilheira, para as comunidades seca, intermediária e úmida, ao longo do gradiente topográfico em mata de galeria. A EUN foi maior na comunidade seca em relação ao N (122) e P (3205), enquanto a comunidade úmida foi mais eficiente em relação ao K (482), Ca (237) Mg (444). Em cerradão, Peres *et al.* (1983) quantificaram a produção de serapilheira em 7,8 t ha⁻¹ ano⁻¹, sendo que a EUN estimada a partir da produção de serapilheira foi: 122 para o N, 1667 para o P, 625 para o K, 294 para o Ca e 714 para o Mg.

Estudos sobre quantificação de biomassa de serapilheira realizados em áreas de cerrado sentido restrito registraram valores inferiores e ao mesmo tempo próximos entre si: 1,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Kozovits *et al.*, 2007); 2,1 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Peres *et al.*, 1983); 2,3 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Nardoto *et al.*, 2006) e 2,4 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Schiavini, 1983). A EUN estimada a partir da produção de serapilheira foi: 137 para o N, 4340 para o P, 755 para o K, 369 para o Ca e 914 para o Mg (Nardoto *et al.*, 2006). Os dados de Peres *et al.* (1983) indicam os seguintes valores: 117 (N), 313 (Ca), 834 (Mg); P e K tiveram os mesmos valores estimados para o cerradão, pois a concentração desses nutrientes na serapilheira manteve-se constante nas duas fitofisionomias.

Observa-se que a EUN estimada a partir da produção de serapilheira não variou significativamente entre cerrado e cerradão (Peres *et al.*, 1983), no entanto, a maior

biomassa de serapilheira verificada na formação florestal conferiu superioridade quanto ao conteúdo dos macronutrientes.

O baixo conteúdo nutricional normalmente detectado na serapilheira do cerrado sugere a existência de estratégias adaptativas desenvolvidas pelas espécies nativas deste ecossistema para a manutenção dos nutrientes essenciais (Schiavini, 1983). As matas de galeria, em contrapartida, apresentariam conteúdo superior de nutrientes na camada de serapilheira, com maiores aportes durante a reciclagem da biomassa aérea, que, diferentemente, no cerrado apontam para a necessidade de maior longevidade das folhas para reduzir os investimentos energéticos voltados para a produção de biomassa. A menor quantidade de folhas que caem, resultando em baixa produção de serapilheira ao longo do ano, torna-se evidência indireta da pobreza nutricional dos ecossistemas de cerrado (Haridasan, 2000). Entretanto, mesmo entre matas de galeria do Planalto Central sob solos mesotróficos e distróficos, ocorrem diferenças significativas quanto à concentração de nutrientes na camada de serapilheira (Haridasan, 1998).

Aspecto importante refere-se à significativa variação da biomassa de serapilheira produzida ao longo do ano, observado em áreas de cerrado sentido restrito, a qual também pode variar significativamente durante anos consecutivos. Variações anuais na proporção de 52% entre 1977/1978, 28% entre 1977/1979 e 33% entre 1978/1979, foram registradas por Peres *et al.* (1983), sugerindo que este ecossistema ainda está longe do *steady-state*, ou seja, quando praticamente não ocorrem mudanças anuais na biomassa de serapilheira produzida. Nessas condições, a produtividade primária líquida aérea (PPLA) é igual a da serapilheira e a perda de nutrientes na serapilheira é igual ao total de nutrientes assimilado pelas plantas (Parrón, 2004). Em termos práticos, significa dizer que a biomassa aérea líquida produzida pelo ecossistema equivale à quantidade liberada na forma de serapilheira e o que é perdido equivale à quantidade que deve ser recuperada via absorção de nutrientes pelas raízes.

A composição florística e a fenologia das espécies arbóreas são fatores que influenciam diretamente na produção de serapilheira e, assim como a fertilidade e a retenção de água no solo, desempenham papel preponderante, quando se abordam regiões com a mesma

variação climática (Facelli e Pickett, 1991). As folhas compõem a fração dominante da serapilheira em ecossistemas terrestres. Na mata de galeria, este componente equivale a 70% da serapilheira total (Parrón, 2004), enquanto que no cerrado sentido restrito este valor pode superar os 75% (Nardoto *et al.*, 2006).

De modo geral, as espécies de matas de galeria são perenifólias e praticamente não apresentam caducifolia na estação seca (Ribeiro e Walter, 2001), enquanto no cerrado, as espécies possuem diferentes estratégias fenológicas para superar o estresse hídrico durante o período seco. Lenza e Klink (2006) estudaram o comportamento fenológico de espécies arbóreas de cerrado sentido restrito e identificaram quatro grupos distintos: sempre-verdes com crescimento contínuo, sempre-verdes com crescimento sazonal, brevidecíduas e decíduas.

Schiavini (1983) observou que os meses de maior queda de serapilheira coincidiram com os meses de menor precipitação, provavelmente provocada pela deciduidade de várias espécies e também pela renovação parcial das folhas apresentada por algumas espécies não decíduas.

Assim como em áreas de cerrado, a produção máxima de serapilheira nas comunidades seca, intermediária e úmida de mata de galeria, ocorre durante a estação seca. Entretanto, as plantas da comunidade úmida diferenciam-se das outras comunidades durante essa época do ano, produzindo menor quantidade de serapilheira foliar, pois a proximidade do lençol freático à superfície do solo confere uma disponibilidade permanente de água, ao contrário das plantas da comunidade seca, que provavelmente sofrem estresse hídrico no período seco (Parrón, 2004).

No cerrado sentido restrito, as características de sazonalidade na concentração de nutrientes evidenciaram que as diferenças nas concentrações foliares variam ao longo do ano de acordo com as diferenças nos padrões de produção e queda de folhas (Araújo e Haridasan, 2007), ou seja, em relação ao comportamento fenológico das espécies da comunidade vegetal. Nardoto *et al.* (2006) ressaltam que na serapilheira foliar, a concentração dos nutrientes não apresenta variação sazonal significativa, exceto quanto

às concentrações de K e Ca, as quais decaem durante a estação chuvosa. As diferenças sazonais na concentração de K podem ser atribuídas à lavagem das folhas e demais órgãos vegetativos no período das chuvas (Reiners, 1972).

Por outro lado, ocorrem variações mais expressivas durante o ano nas concentrações da maioria dos elementos nas comunidades de mata de galeria. Os maiores valores nas concentrações de Mg na serapilheira foliar foram verificados em setembro e novembro e de Ca, em novembro. O elemento K apresentou valores menores na estação chuvosa. As menores concentrações de N, P e S durante a estação seca em relação à estação chuvosa, foram atribuídas às folhas verdes, como parte da serapilheira foliar, que caem devido às chuvas intensas naquele período (Parrón, 2004).

2.4 - O FUNCIONAMENTO DA SERAPILHEIRA EM OUTROS ECOSISTEMAS

Nos primeiros trabalhos envolvendo biomassa de serapilheira em diferentes ecossistemas terrestres, Bray e Gorham (1964) revisaram dados condizentes a várias florestas do mundo, sugerindo a existência de relação linear inversa entre latitude e produção de serapilheira, em que teoricamente a produção máxima é de $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ próximo à região equatorial e vai declinando até menos de $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ nas regiões polares. Baseado neste estudo, Collins (1977) sugeriu a ocorrência do decréscimo na produção de serapilheira entre 6° e 30° de latitude (N e S) (abrangendo formações vegetais como cerrados) e, em seguida, uma tendência de aumento nas regiões de florestas subtropicais e temperadas e, novamente, decréscimo contínuo até as regiões polares.

Da mesma forma que mudanças de latitude refletem variações significativas quanto à produção de serapilheira, o mesmo ocorre quanto à eficiência do uso de nutrientes (EUN). No caso do N, a EUN geralmente é maior em florestas de coníferas do que em florestas temperadas decíduas, que por sua vez superam as florestas tropicais. Por outro lado, a quantidade de biomassa seca produzida por unidade de P ou Ca é sistematicamente maior em florestas tropicais (Vitousek, 1982).

Variações na queda total de serapilheira em função da altitude também podem ocorrer. Veneklaas (1991) verificou que a produção de serapilheira total para Floresta Tropical

Úmida na Colômbia, localizada em altitude de 3370 m correspondeu a 61% de outra floresta do mesmo tipo, localizada a 2550 m, indicando menor produtividade da floresta mais elevada em detrimento da mais baixa.

Estudos sobre a produção de serapilheira em diversos ecossistemas tropicais brasileiros, assim como em ecossistemas do bioma Cerrado, demonstram a ocorrência de variações sazonais. Algumas Florestas de Terra Firme da Amazônia exibem picos de produção durante a estação seca (Luizão e Schubart, 1986; Rodrigues *et al.*, 2000). O mesmo comportamento tem sido reportado para Florestas Estacionais de São Paulo (Vital *et al.*, 2004) e Minas Gerais (Werneck, *et al.*, 2001), embora Dias e Oliveira-Filho (1997) tenham constatado que a maior queda de material vegetal em área de Floresta Estacional Semidecídua Montana situada em Lavras (MG), ocorre durante a estação chuvosa, tendendo a diminuir no período seco. Moraes *et al.* (1999) observaram que o pico de produção em ecossistemas de Mata Atlântica ocorre no início da estação chuvosa, devido à ausência de déficit hídrico durante o inverno, tornando assim possível a renovação de folhas no verão, quando as condições ambientais são mais favoráveis.

3 - METODOLOGIA

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - RECOR (1350 ha), localizada a 35 km ao sul de Brasília, DF (15°57'05'' - 15°57'15'' S e 47°52'38'' - 47°52'54'' W), a uma elevação média de 1100 m (Figura 3.1a).

Na RECOR nascem cinco cursos d'água que formam a sub-bacia do córrego Taquara, o qual atravessa os limites da Reserva, até alcançar o Ribeirão do Gama, um dos formadores do Lago Paranoá, DF. O principal afluente do córrego Taquara é o córrego Roncador, posicionado em sua margem direita, com cerca de 3.625 m de comprimento orientado, no sentido SE/NO. Este recebe três contribuintes também pela margem direita: Pitoco, Monjolo e Escondido (Lima, 1995). Os cinco córregos que percorrem a Reserva sustentam 104 ha de matas de galeria.

A área desse estudo foi a faixa de transição entre a margem esquerda da mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado adjacente, abrangendo uma área de aproximadamente 1,7 ha (Figura 3.1b).

Conforme levantamento pedológico realizado na área da Reserva, nos interflúvios da margem direita do córrego Roncador e no divisor de águas deste com o córrego Taquara ocorre a classe de solo Petroplínticos. Pela margem esquerda Podzólico Vermelho Amarelo, relativamente profundo, com elevada saturação de bases e recoberto pela mata de galeria. A classe dos Cambissolos faz-se presente apenas nas proximidades da junção do córrego Roncador com o Taquara. Nesta faixa os solos são de origem coluvionar, pouco desenvolvidos, bem drenados, distróficos e ácidos, revestidos por formações de campo sujo e campo cerrado (RECOR, 2007).

O clima é tipicamente sazonal com duas estações bem definidas: chuvosa e seca. A média anual de precipitação para este local é de 1426 mm (1993-2002), ocorrendo clara distinção da estação seca, que normalmente começa no mês de maio podendo se estender até outubro. A temperatura média anual é de 22°C, atribuindo-se aos meses de setembro e

outubro as mais altas temperaturas médias (25,6°C) e, a junho e julho as mais baixas (20°C). Durante o período de coleta de dados para este estudo (outubro de 2007 a setembro de 2008), foram computados mensalmente os dados pluviométricos captados pela Estação Climatológica da RECOR, verificando assim as variações desse fator climático.

A amostragem na área de estudo consistiu no delineamento de quatro transectos de 60 m de comprimento, distantes entre si em intervalos de cerca de 40 m, dispostos na área de estudo no sentido perpendicular ao córrego Roncador, de forma a contemplar ao máximo o gradiente de mudança da vegetação e cobertura arbórea entre a mata de galeria e o cerrado (Figura 3.2a).

As bordas das matas de galeria não são retilíneas, portanto, houve o cuidado em distinguir claramente este ponto nos quatro transectos dispostos na área de estudo. Visualmente, a definição da borda inseriu a interrupção no dossel da floresta com a diminuição da densidade da vegetação arbórea, aumento do estrato arbustivo e aparecimento da camada rasteira formada principalmente por gramíneas (Figura 3.2b).

A coleta de dados foi executada na mesma área utilizada para o experimento de irrigação e adubação, em andamento na RECOR, pertencente ao projeto *Evolutionary and Ecological Feedbacks as Determinants of Savanna-Forest Dynamics*, coordenado por William Hoffmann, da Universidade da Carolina do Norte, EUA (Convênio FINATEC/FUB/NCSU) (NCSU/BOT 02525) (Figura 3.3).

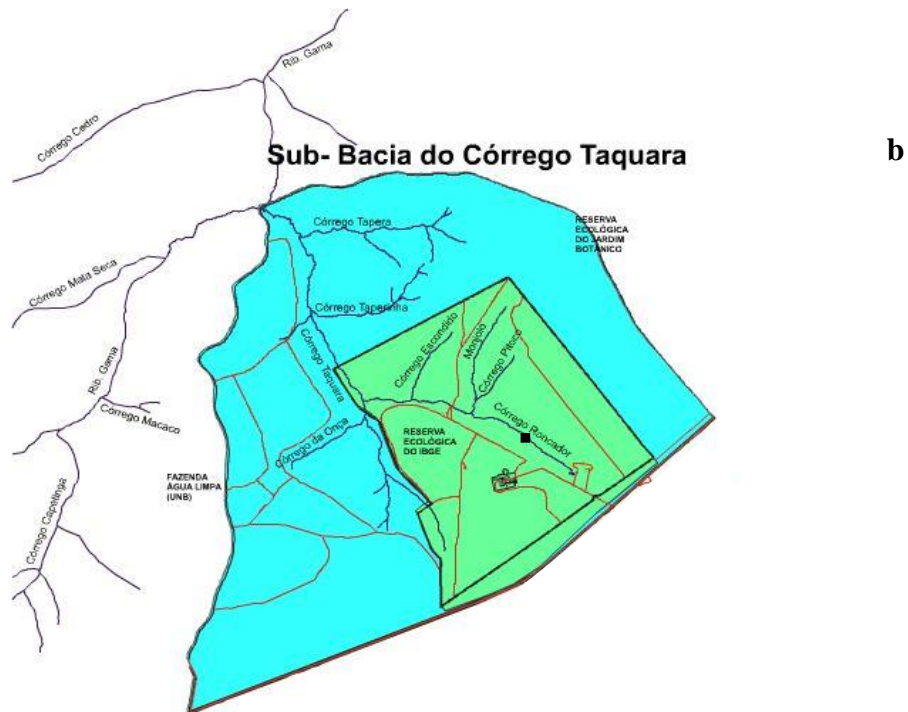
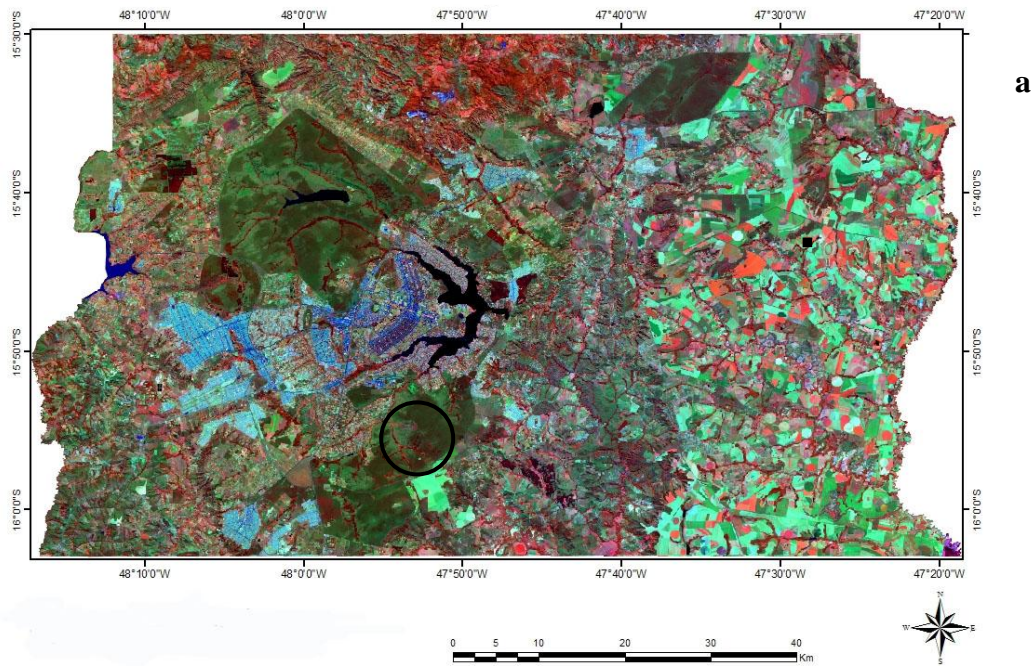


Figura 3.1 - Localização da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal (○) (a) e área de estudo (■) (b) na mata de galeria do córrego Roncador. Fontes: imagem LANDSAT 2004 (órbita 221; ponto 71) e www.recor.org.br/cerrado/hidrografia.



a



b

Figura 3.2 - Imagem do Google mostrando a disposição dos transectos (a) e interface da vegetação da mata de galeria do córrego Roncador e cerrado (b) (fotos: julho e novembro de 2008), Reserva Ecológica do IBGE.

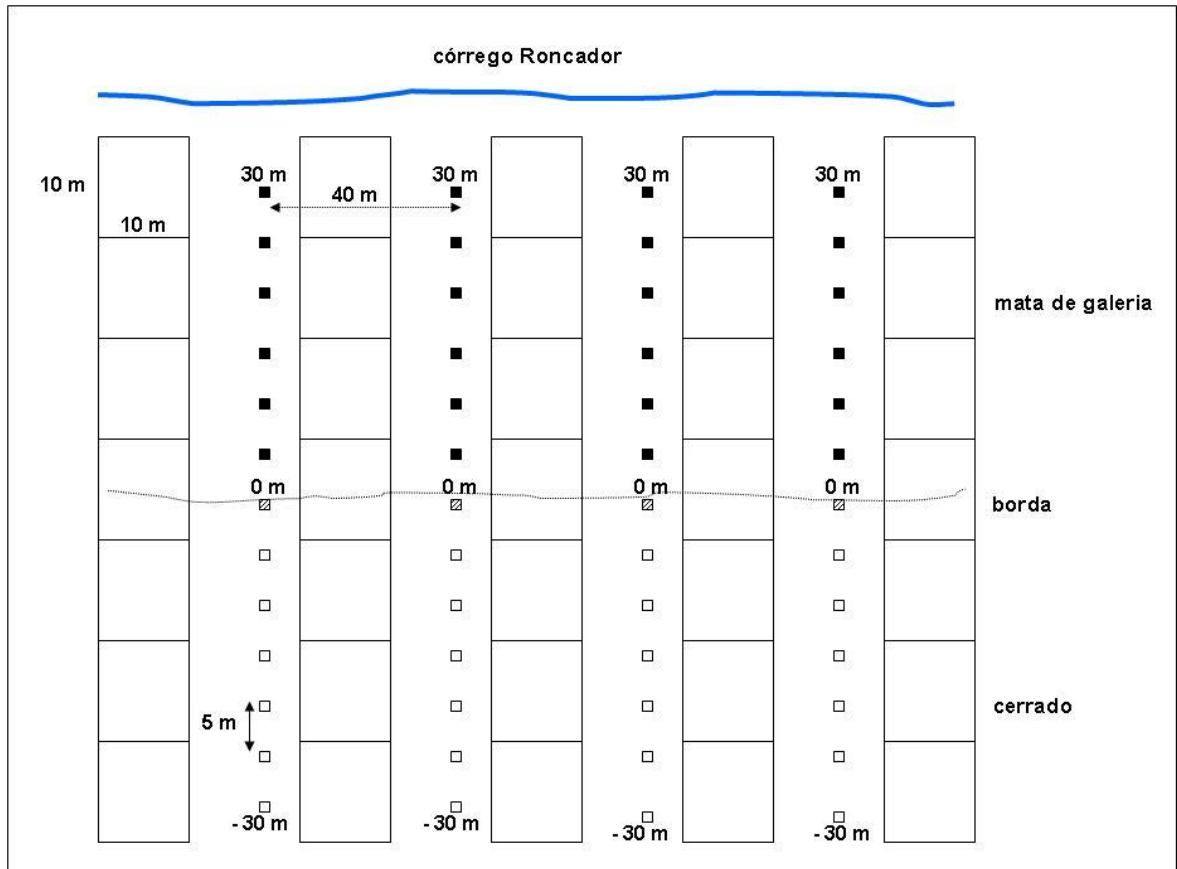


Figura 3. 3 - Disposição dos coletores de serapilheira na mata de galeria (■), borda (▤) e cerrado (□) e transectos do experimento de irrigação e adubação utilizados para o levantamento da vegetação.

3.2 - ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Com o objetivo de caracterizar o gradiente da vegetação na transição, foi determinado o Índice de Área Foliar (IAF) ao longo de cada transecto. O IAF da cobertura arbóreo-arbustiva foi obtido a partir da tomada de fotografias hemisféricas a cada 5 m ao longo dos transectos, considerando-se uma altura de 30 cm ao nível do solo.

A obtenção deste índice permite estimar a razão entre a área foliar total de comunidades por unidade de área do terreno. A técnica utilizada consistiu em tirar fotografias hemisféricas em câmara digital com lente do tipo “olho de peixe” acoplada a um computador portátil. Em seguida, as imagens captadas foram processadas no programa

Digital Plant Canopy Imager - CI-110 (CID, Inc.) para a determinação do índice (Norman e Campbell, 1989). Essas medições foram realizadas após o final da estação chuvosa, em maio de 2008.

3.3 - LEVANTAMENTO FLORÍSTICO

O levantamento da vegetação arbórea foi realizado em 12 transectos (10 m x 70 m), totalizando 0,84 ha, estabelecidos para a execução do experimento citado no subitem 3.1. Da mesma forma que as transecções definidas para a coleta de dados, estes transectos foram dispostos perpendicularmente ao córrego Roncador, abrangendo o gradiente de vegetação entre mata de galeria e cerrado. Cada transecto foi subdividido em sete parcelas de 10 m x 10 m: três na mata, uma na borda e três no cerrado (Figura 3.3). Dois transectos tiveram que sofrer exclusão de uma parcela de cerrado, pois estas se encontravam em local onde antigamente existia uma pequena trilha, inserindo leve descontinuidade da vegetação; desse modo, foram percorridas 82 parcelas. O levantamento da vegetação abrangeu todos os indivíduos arbóreos, com diâmetro mínimo de 5 cm a 30 cm do solo, os quais foram identificados botanicamente ao nível de espécie, gênero e família, de acordo com o *Angiosperm Phylogeny Group* - APG II (Souza e Lorenzi, 2008).

Durante a compilação de dados foram retiradas as espécies com menos de cinco indivíduos na área de estudo. Os dados completos de densidade das espécies por parcela foram classificados pelo método TWINSpan (“Two-way species indicator analysis”) e em seguida ordenados pelo método DECORANA - DCA (“Detrended correspondence analysis”) (Kent e Coker, 1992). Os níveis de corte para a densidade foram estabelecidos em 0, 2, 5, 10 e 20. O indicativo é de que para uma espécie que apresentou de um a dois indivíduos na parcela, foi atribuído o nível 1; espécies com dois a cinco indivíduos, o nível 2; espécies com cinco a dez indivíduos, o nível 3 e assim sucessivamente. O TWINSpan é um método de agrupamento divisivo e foi aqui empregado com o intuito de captar a distribuição espacial das espécies não perceptíveis no campo ao longo da transição. O método permitiu identificar espécies preferenciais ou não-preferenciais, ou seja, aquelas generalistas quanto aos habitats (mata ou cerrado). De maneira

complementar ao TWINSPAN, o DCA foi empregado com o objetivo de espacializar graficamente as parcelas, corrigindo possíveis distorções (Felfili *et al.*, 2007).

3.4 - COLETA DE DADOS

3.4.1 - Serapilheira

Cada transecto recebeu 13 coletores de serapilheira, distantes 5 m entre si (Figura 3.3). Estudos que abordam a produção de serapilheira em diferentes ecossistemas terrestres utilizaram grande variedade de tipos e formas de coletores. Atualmente, os mais empregados são do tipo armadilha, dispostos a 15 cm do solo, variando em quantidade de acordo com o tipo de vegetação a ser analisada (Moreira e Silva, 2004; Parrón, 2004; Nardoto *et al.*, 2006; Kozovits *et al.*, 2007). No presente estudo foram adotados coletores que consistem em cestos com 0,50 m x 0,50 m (0,25 m²), confeccionados com cano PVC e telas de sombrite com malha de 2 mm amarradas nas bordas do cesto, suspensas a 15 cm do solo (Figura 3.4). Dispostos dessa maneira, os coletores evitam a perda de serapilheira pela ação de insetos decompositores e microorganismos.

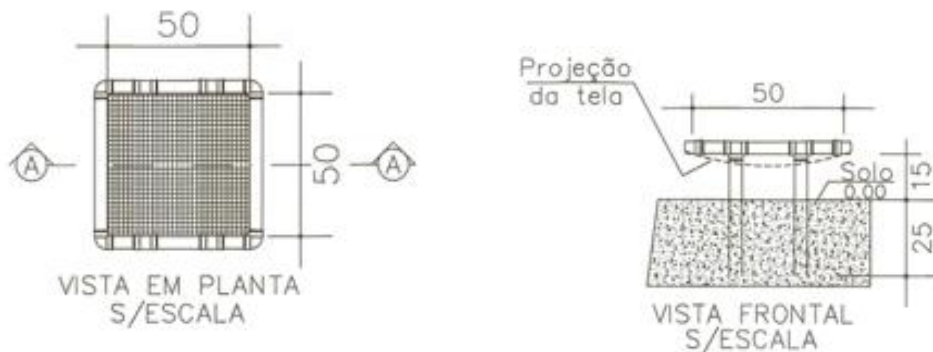


Figura 3.4 - Desenho esquemático dos coletores de serapilheira e sua disposição no campo.

Todo o material acumulado nos coletores foi retirado quinzenalmente durante o período de um ano. Do conteúdo interceptado, a serapilheira fina consistiu na parte de interesse, pois representa a fração mais empregada em estudos que envolvem quantificação de nutrientes liberados por partes de plantas, transferidos para o solo (Vitousek, 1982). Desse modo, a serapilheira fina foi separada em duas frações: folhas e miscelânea, sendo a última, composta por fragmentos de folhas, cascas de tronco, material reprodutivo e galhos menores que 1 cm de diâmetro. Fragmentos de madeira maiores que 1 cm de diâmetro foram descartados, juntamente com qualquer material de origem animal. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel, totalizando 60 amostras mensais por transecto.

3.4.2 - Solo

Para a caracterização do solo foram efetuadas coletas ao lado de cada coletor de serapilheira (Figura 3.3), com o auxílio de um trado. As amostras foram obtidas no início da estação chuvosa (setembro de 2008), nas camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm de profundidade, totalizando 156 amostras. Em seguida, foram acondicionadas em sacos plásticos, peneiradas em peneiras com malha de 2 mm e secas ao ar em local sombreado.

3.5 - ANÁLISE QUÍMICA

3.5.1 - Serapilheira

As amostras de cada fração da serapilheira (folhas e miscelânea) foram lavadas em água destilada e secas em estufa de circulação forçada de ar. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão para determinação da biomassa seca e trituradas em moinho de laboratório tipo Willey.

As duas amostras quinzenais dos meses de maior produção de serapilheira (outubro, novembro e dezembro de 2007; julho, agosto e setembro de 2008) foram trituradas para formar uma amostra composta. Nos trimestres de janeiro a março e de abril a junho de 2008, com menor produção de serapilheira, foram trituradas as seis amostras quinzenais juntas.

O teor de N foi determinado pelo método de digestão e destilação de micro-Kjeldahl. A determinação das concentrações de P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu e Al foi feito por meio de digestão, utilizando-se solução triácida de ácidos nítrico, sulfúrico e perclórico, na proporção de 10:1:2. A concentração de P no extrato foi determinada por colorimetria, na faixa de 410 nm, utilizando-se vanadomolibdato de amônia. As concentrações dos demais nutrientes foram obtidas por espectrofotometria de absorção atômica ou emissão de chama (Allen, 1989).

O cálculo do fluxo ou quantidade de nutrientes foi efetuado pela multiplicação da concentração de cada nutriente pela produção anual de serapilheira. A eficiência do uso de nutrientes (EUN) foi calculada ao nível de ecossistema, considerando o inverso da concentração de nutrientes na camada de serapilheira.

3.5.2 - Solo

O carbono orgânico foi determinado pelo método de Walkley e Black (Allen, 1989). O N total foi determinado pelo método micro-Kjeldahl. Os valores de pH foram determinados em água e KCl (1M), em uma suspensão solo:solução de 1:2,5. A disponibilidade de P, K, Mn, Fe, Zn e Cu no solo foi determinada em extrato de Mehlich (H₂SO₄, 0,0125M + HCl, 0,05M), enquanto que a disponibilidade de Ca, Mg e Al em KCl, 1M (Embrapa, 1997). O teor de P-disponível no extrato de solo foi determinado por colorimetria a 660 nm, utilizando-se molibdato de amônia. Os teores dos cátions nos extratos de solo foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica ou emissão de chama. O teor de Al foi determinado por titulação com NaOH (Allen, 1989).

3.6 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) para testar diferenças ao longo da transição entre a mata de galeria e o cerrado, considerando a produção de serapilheira, a concentração de nutrientes na serapilheira e no solo e as datas de coleta. Depois de efetuadas as análises de variância, o teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade foi aplicado para o efeito de comparação das médias.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - COBERTURA VEGETAL

A mata de galeria do córrego Roncador apresentou mudanças estruturais ao longo de sua extensão no sentido paralelo ao leito do córrego, com trechos de largura variável. Poucos pontos de formação de clareira foram constatados. A faixa de cerrado enquadrado-se nos aspectos estruturais encontrados para este tipo fitofisionômico, apresentando descontinuidade do estrato arbóreo em alguns pontos.

A determinação do Índice de Área Foliar (IAF) representou a estrutura diferencial na cobertura vegetal que existe ao longo da transição entre o cerrado e a mata de galeria do córrego Roncador (Figura 4.1). A partir da borda em direção à formação florestal ocorre aumento considerável no IAF para os pontos tomados na porção de vegetação referente à mata de galeria, sendo que o valor máximo encontrado foi de 3,9 m² de folhas por 1 m² de superfície de solo, a 30 m da borda. Silva (2007) encontrou valores máximos de IAF superiores nas transições de duas matas de galeria com cerrado, localizadas na sub-bacia do córrego Taquara (RECOR). A mata de galeria do córrego Pitoco apresentou alta cobertura de árvores com IAF superior a 4,0, seguida da mata de galeria do córrego Taquara, com IAF superior a 3,5. Por outro lado, o cerrado adjacente a essas áreas apresentou valores de IAF menores que 1,0, inferiores, portanto, aos valores abaixo de 2,0 registrados para a área de cerrado do presente estudo.

Embora ocorra mudança representativa no grau de cobertura vegetal obtido pelo IAF, não se pode inserir que a transição na composição de espécies seja igualmente responsável pelas súbitas mudanças nesse gradiente. Hoffmann *et al.* (2005) observaram que indivíduos arbóreos de espécies florestais crescendo sob condições naturais em ambientes de cerrado apresentaram IAF 48% maior do que suas espécies savânicas congênicas, indicando manutenção de suas características filogenéticas, ainda que ocorram em habitats distintos. Características morfológicas marcantes como os valores de Razão de Área Foliar (RAF), equivalente à área foliar dividida pelo peso total da planta, mostraram-se superiores para as espécies florestais, sugerindo que o grande investimento em área foliar por este grupo está associado às melhores condições de competição por luz

na floresta (Hoffmann, 2005). Conseqüentemente, ocorre a formação de dossel contínuo na mata de galeria, que se modifica de maneira brusca na interface com o cerrado.

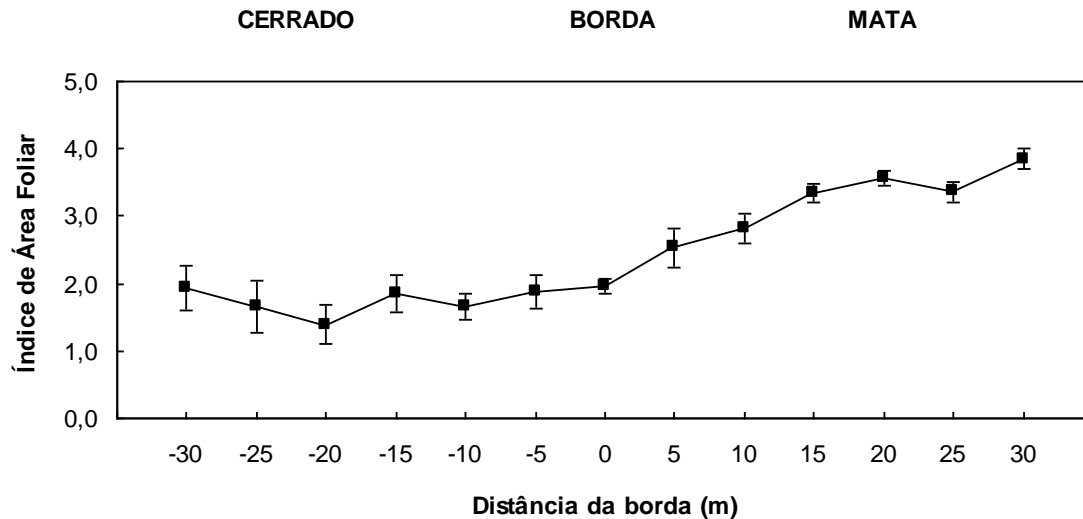


Figura 4.1 - Variação na cobertura arbóreo-arbustiva ao longo da transição entre o cerrado e a mata de galeria do córrego Roncador.

A escolha visual feita para a localização da borda nos quatro transectos, que antecedeu a caracterização do gradiente de cobertura vegetal pelo IAF, está de acordo com as variações calculadas por esse índice. A partir do ponto zero, definido no eixo x como borda, o IAF começou a aumentar, superando os valores de cobertura arbóreo-arbustiva do cerrado (Figura 4.1). Neste sentido, foi possível sustentar outras mudanças bruscas típicas dessas transições como a interrupção do estrato herbáceo e adensamento da vegetação, marcando o início da formação florestal.

A presença ou ausência da camada rasteira formada principalmente por gramíneas conferem as principais diferenças entre formações savânicas e florestais no Cerrado (Eiten, 1994). Espécies peculiares a cada um desses dois ambientes distintos provocam diferentes efeitos na estrutura da cobertura arbórea, gerando diferentes graus de sombreamento, um dos fatores capazes de conter o estabelecimento do estrato herbáceo. De acordo com Hoffmann *et al.* (2005), o valor máximo registrado de 1,86 para o IAF no cerrado é insuficiente para formar um sombreamento que exclua a camada de gramíneas,

ao passo que fitofisionomias compostas por espécies florestais e savânicas (cerradão) ou unicamente por espécies florestais (mata de galeria), possuem IAF consideravelmente maior, acima de 2,0.

4.2 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

A partir do levantamento florístico das árvores com diâmetro mínimo de 5 cm a 30 cm do solo, foram registradas 129 espécies, distribuídas em 97 gêneros e 51 famílias (Tabela 4.1). As famílias mais representativas foram Fabaceae, com 23 espécies, cujas subfamílias Caesalpinioideae, Cercideae, Faboideae, e Mimosoideae tiveram 5, 1, 11 e 6 espécies, respectivamente; Myrtaceae (9); Bignoniaceae, Lauraceae, Rubiaceae e Vochysiaceae (5).

Na classificação TWINSpan as parcelas foram agrupadas de acordo com o gradiente vegetacional (Figura 4.2). As divisões de modo geral foram fortes, pois apresentaram autovalores acima de 0,3 (Gauch, 1982). A primeira divisão gerada (autovalor de 0,703), utilizou como parâmetro a densidade das espécies nas parcelas, destacou todas as unidades amostrais de mata de galeria e duas de borda das demais. As espécies não-preferenciais (generalistas) foram *Guapira areolata*, com 2 a 5 indivíduos além de *Styrax camporum* e *Platypodium elegans*, com 1 a 2 indivíduos. Do outro lado da dicotomia, a segunda divisão foi fraca (autovalor de 0,283). Prosseguindo com a terceira divisão (autovalor de 0,416), houve separação entre vinte e duas parcelas de mata e quatorze de mata com duas de borda. Nesta etapa, as espécies não-preferenciais foram: *Alibertia macrophylla* e *Copaifera langsdorffii* (2 a 5 indivíduos); *Aspidosperma subincanum*, *Matayba guianensis*, *Lamanonia ternata*, *Tapirira guianensis* e *Tapura amazonica* (1 a 2 indivíduos). Em relação às demais divisões, poucas apresentaram autovalores acima de 0,3, sendo aqui não consideradas importantes, pois por repetidas vezes não separaram as duas parcelas de borda das outras de mata de galeria.

A ordenação pelo método DECORANA (Figura 4.2) corroborou os resultados encontrados pela classificação TWINSpan. Em relação ao eixo 1, as parcelas foram posicionadas conforme o gradiente vegetacional e provavelmente nutricional. De modo geral, as parcelas de cerrado e borda mostraram-se mais agrupadas, ocorrendo também

incrustações de unidades amostrais de mata de galeria. Pelo eixo 2, foi possível verificar que a espacialização das parcelas de mata demonstram baixa similaridade florística para aquele ambiente. Contudo, é importante frisar que o tamanho reduzido das parcelas (100m²) pode ter interferido na amplitude da diversidade de espécies arbóreas para cada ambiente.

É razoável supor que, caso os transectos se estendessem até a margem do córrego Roncador, mais níveis de divisão seriam observados, pois provavelmente aumentaria a riqueza de espécies arbóreas e a diversidade florística entre os trechos sob diferentes regimes hídricos que as compõem. Há relação florística e estrutural mais forte entre parcelas de diferentes matas de galeria sob regime similar de umidade, do que entre trechos em uma mesma mata influenciada pelo gradiente de umidade (Sampaio *et al.*, 2000; Silva-Junior, 2001). O presente estudo contemplou basicamente o trecho da mata de galeria do Roncador que se encontra mais afastado do curso de água, já na interface com o cerrado, de modo que aquelas espécies adaptadas aos solos mais úmidos dificilmente obteriam sucesso na colonização de áreas mais próximas ao ambiente savânico.

Dentre as espécies classificadas como generalistas pelo método TWINSpan, ou seja, teoricamente indiferentes às restrições de habitat, todas são registradas na literatura como típicas de ambiente de mata de galeria, com suas respectivas peculiaridades e estratégias de crescimento (Corrêa *et al.*, 2001). No entanto, a migração dessas espécies dos ambientes que originalmente as sustentam, ultrapassando a “barreira” que impõe limitações principalmente no que diz respeito aos requerimentos nutricionais específicos, é uma possibilidade a ser discutida, e foi fundamentada após a averiguação da distribuição espacial da comunidade arbórea ao longo da transição. Obviamente, a análise de parâmetros fitossociológicos, como densidade e dominância indicam o sucesso de estabelecimento no habitat de cerrado.

Silva-Júnior (1995) faz ponderações sobre algumas espécies classificadas aqui como generalistas. *Platypodium elegans* parece evitar saturação do solo, ao menos na camada superficial, podendo ser encontrada colonizando formações abertas de cerrado. Já as

divisões envolvidas somente na separação de parcelas de mata de galeria e duas de borda destacaram maior número de espécies não-preferenciais, indicando a habilidade das mesmas em explorar os recursos do solo sobre diferentes condições nutricionais e regime de umidade. *Alibertia macrophylla* estaria associada aos solos mais ricos das bordas de mata de galeria; enquanto *Lamanonia ternata*, *Matayba guianensis* e *Tapura amazônica* estariam associadas ao maior requerimento de luz, na borda com o cerrado.

Tapirira guianensis foi reportada pelo seu grande potencial de colonização e importância fitossociológica nas matas de galeria do Distrito Federal. *Copaifera langsdorffii* é uma das espécies mais frequentemente encontradas nas matas de galeria do Planalto Central, sob grande variedade de tipos solos (Oliveira-Filho e Ratter, 1995; 2002).

Houve baixa presença de espécies típicas de cerrado no ambiente de mata de galeria (Tabela 4.1), além do que nenhuma dessas foi tratada como não-preferencial. Hoffmann *et al.* (2004) constataram baixo sucesso de estabelecimento de espécies de cerrado e subsequente mortalidade das plântulas em ambientes florestais, principalmente atribuídos ao sombreamento excessivo. Por outro lado, a ocorrência de indivíduos adultos já seria um indicativo de avanço prolongado da mata de galeria e persistência das espécies de cerrado.

Tabela 4.1 - Lista das famílias e espécies de indivíduos arbóreos encontrados por parcela (mata de galeria – M, borda – B, cerrado – C).

FAMÍLIA/ESPÉCIE	PARCELA
Anacardiaceae	
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	M
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	M, B, C
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	M
Annonaceae	
<i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schlttdl.	M
<i>Guatteria sellowiana</i> Schlttdl.	M, B
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	M
Apocynaceae	
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	M
<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg.	M
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A.DC.	M
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	C
Aquifoliaceae	
<i>Ilex conocarpa</i> Reissek	B
Araliaceae	
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schlttdl.) Frodin	M, B, C
<i>Schefflera morototonii</i> (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin	M, B
Asteraceae	
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	B, C
<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	M
Bignoniaceae	
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	M, B, C
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. Grose	B, C
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	M
<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	M, B, C
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	M
Boraginaceae	
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	M
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steudel	M
Caryocaraceae	
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	C
Celastraceae	
<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	M
<i>Maytenus floribunda</i> Reissek	M
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	B, C
Chrysobalanaceae	
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook.f.	C
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	M
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance	M
<i>Licania apetala</i> (E.Mey.) Fritsch.	M
Clusiaceae	
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	B, C
Combretaceae	
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	M, B
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	M, B, C

Tabela 4.1 - continuação

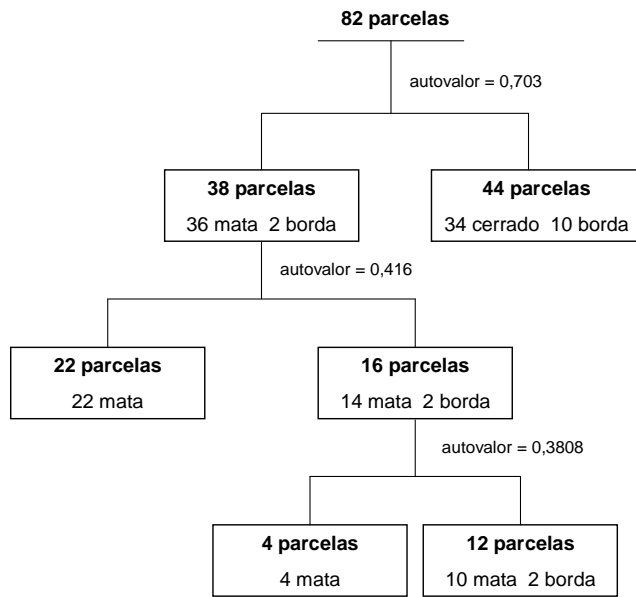
FAMÍLIA/ESPÉCIE	PARCELA
Connaraceae	
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	B, C
Cunoniaceae	
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	M, B, C
Dichapetalaceae	
<i>Tapura amazonica</i> Poepp. & Endl.	M, B
Dilleniaceae	
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	B, C
Ebenaceae	
<i>Diospyros burchellii</i> Hiern.	B, C
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	M
Erythroxylaceae	
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	M
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	B, C
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	C
Euphorbiaceae	
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	C
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	M, C
Fabaceae (Caesalpinioideae)	
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	M, B
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	B, C
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	M
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.	C
<i>Sclerobium paniculatum</i> Vogel	B, C
Fabaceae (Cercideae)	
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steudel	M
Fabaceae (Faboideae)	
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovl.	C
<i>Andira paniculata</i> Benth.	C
<i>Dalbergia foliolosa</i> Benth.	M
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	B, C
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	B, C
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	C
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	M
<i>Ormosia stipularis</i> Ducke	M
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	M, B, C
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	B, C
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	C
Fabaceae (Mimosoideae)	
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	M, B, C
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	B, C
<i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart.	M
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	M, B
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	C
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	C

Tabela 4.1 - continuação

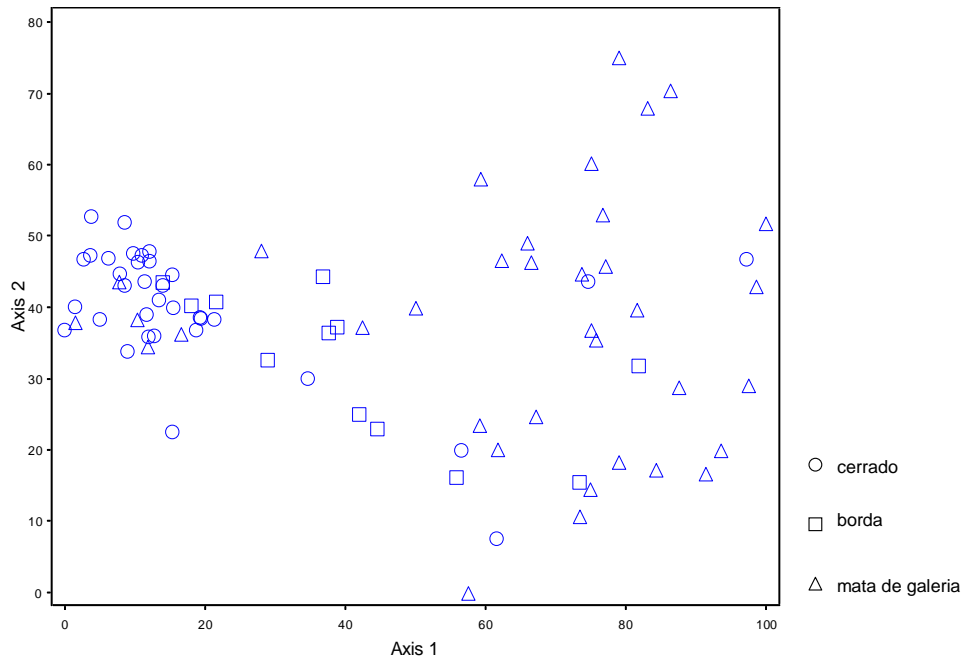
FAMÍLIA/ESPÉCIE	PARCELA
Icacinaceae	
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	M
Lamiaceae	
<i>Aegiphila lhotzkiana</i> Vell.	C
Lauraceae	
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	M
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez	M
<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	M, C
<i>Persea fusca</i> Mez	M
Lauraceae 1	M, B
Lythraceae	
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	M, C
Malpighiaceae	
<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	M, C
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	C
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) L.C.Rich. ex A.Juss.	B, C
Malvaceae	
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	M, B, C
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	M, B
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	M, B
Melastomataceae	
<i>Miconia ferruginata</i> A.DC.	C
<i>Tibouchina candolleana</i> (Mart. ex DC.) Cogn.	M, C
Meliaceae	
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	M
Moraceae	
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	M, B
Myristicaceae	
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	M
Myrsinaceae	
<i>Cybianthus glaber</i> A.DC.	M
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pavon) Spreng.	M, C
<i>Rapanea guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	B, C
<i>Rapanea umbellata</i> Mart.	M
Myrtaceae	
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	M, B, C
<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O.Berg	M
<i>Eugenia</i> sp.	M
<i>Gomidesia lindeniana</i> O.Berg	M
<i>Myrcia rostrata</i> DC.	M, B, C
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	M, B
<i>Psidium myrsinoides</i> O.Berg	C
<i>Psidium pohlianum</i> O.Berg	C
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	M

Tabela 4.1 - continuação

FAMÍLIA/ESPÉCIE	PARCELA
Nyctaginaceae	
<i>Guapira areolata</i> (Heimerl) Lundell	M, B, C
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	M, B, C
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	M, B
<i>Neea theifera</i> Oerst.	C
Ochnaceae	
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	B, C
Opiliaceae	
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & J.D.Hook.	C
Phyllanthaceae	
<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	M
Proteaceae	
<i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl.	M
<i>Roupala montana</i> Aubl.	M, B, C
Rubiaceae	
<i>Alibertia macrophylla</i> K.Schum.	M, B
<i>Faramea cyanea</i> Mull. Arg.	M
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schlttdl.	M
<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	M
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	C
Rutaceae	
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl	M
Sapindaceae	
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	M
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	M, B
Sapotaceae	
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	M
Simaroubaceae	
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	M, C
Siparunaceae	
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	M, C
Styracaceae	
<i>Styrax camporum</i> Pohl	M, B, C
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	C
Symplocaceae	
<i>Symplocos mosenii</i> Brand	M, C
<i>Symplocos rhamnifolia</i> A.DC.	C
Verbenaceae	
<i>Vytex polygama</i> Cham.	M
Vochysiaceae	
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	M, C
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	M, B, C
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	M, B, C
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	M, B, C
<i>Vochysia tucanorum</i> (Spreng.) Mart.	B, C



a



b

Figura 4.2 - Classificação pelo método TWINSPLAN das parcelas de cerrado, borda e mata de galeria (a) e posicionamento das 82 parcelas nos eixos de ordenação DECORANA (b).

4.3 - CARACTERIZAÇÃO DO GRADIENTE EDÁFICO

Os teores médios para as três profundidades de carbono orgânico no solo superficial do gradiente estudado foram significativamente maiores na mata de galeria, evidenciando a ascensão gradativa desses valores através dos extremos (Figura 4.3). O maior acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo das matas de galeria, quando comparado aos solos de cerrados, é atribuído ao maior depósito anual de serapilheira na tipologia florestal e à baixa capacidade de drenagem do substrato. Haridasan (2001) salienta que um dos importantes efeitos da saturação de água no solo é o acúmulo de matéria orgânica aliado ao retardamento dos processos de decomposição aeróbica e da atividade da fauna de solo, como térmitas e formigas.

Outra forma de interpretar as concentrações de carbono orgânico neste gradiente concerne à posição mais baixa das matas de galeria em comparação ao cerrado, resultando num gradiente de maior fertilidade durante a formação da paisagem devido ao carreamento de partículas de solo e matéria orgânica oriunda da vegetação na parte mais elevada do terreno, podendo inclusive acarretar maior acidez para o solo da floresta (Reatto *et al.*, 1998). Todavia, as diferenças topográficas entre o cerrado e a mata de galeria do córrego Roncador são pouco acentuadas, o que reflete em valores de pH em água e em KCl, que na verdade, foram relativamente maiores para a mata de galeria, indicando assim menor acidez (Figura 4.3).

As concentrações de N total tenderam a seguir o gradiente de carbono orgânico (Figura 4.4). Foi observado que houve acréscimo gradativo de N na camada superficial de solo ao longo do gradiente, cujos valores foram significativamente maiores na faixa de mata de galeria, mas que não determina limitação desse nutriente para o cerrado. Kauffman *et al.* (1994) argumentam que as reservas de N no solo de cerrado são abundantes e mesmo que possam acontecer perdas consideráveis, como por exemplo, distúrbios após a passagem de fogo ou lixiviações intensas, o suprimento desse nutriente poderia ser recompensado pela fixação biológica ou mesmo por inputs via precipitação.

A distribuição de P disponível no gradiente não apresentou diferenças significativas (Figura 4.4). Estudos envolvendo análises de P nos solos de Cerrado indicam que há

menos de $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ desse elemento disponível para uso das plantas, pois grande parte permanece retido por argilas e outros compostos (Malavolta e Kliemann, 1985) e portanto não se apresenta em formas assimiláveis para as raízes. Também seria atribuído a este nutriente a condição de fator mais limitante para o desenvolvimento de vegetação com maior biomassa aérea (Eiten, 1994). No entanto, não se pode inferir que a disponibilidade de P esteja interferindo diretamente na distribuição da vegetação, pois como observado não houve diferenças significativas na concentração desse elemento ao longo do gradiente.

Não foram detectadas diferenças significativas para os teores de K (Figura 4.4). A função deste elemento está associada a vários processos fisiológicos (ex: regulação estomática). Os baixos níveis encontrados nos solos de Cerrado não têm sido reportados como restritivos para o crescimento de plantas nativas no cerrado sentido restrito (Malavolta e Kliemann, 1985).

Situação interessante ocorreu com os teores de Ca e Mg, em que o comportamento de ambos os nutrientes foi bastante similar (Figura 4.5). Seguindo o gradiente vegetacional, as concentrações desses elementos foi elevada no cerrado, decresceram acentuadamente ao se aproximar da borda e voltaram a subir no trecho de mata de galeria. Além disso, não foram detectadas diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$) para as concentrações desses nutrientes ao longo do gradiente edáfico que sustenta a mata de galeria do Roncador e o cerrado adjacente.

Vale ressaltar que, os maiores erros-padrão encontrados para a concentração média desses elementos em relação aos demais, sugere que esta variação na fertilidade persiste também paralelamente ao córrego Roncador e espacialmente dentro de cada fitofisionomia. Desse modo, os valores relativamente elevados para as concentrações de Ca no solo de cerrado podem ser atribuídos à pequenas manchas de maior fertilidade localizadas em pontos específicos.

Raras são as situações de cerrados que ocorrem em solos com altos teores de Ca e Mg, gerando como consequência mudanças na composição florística, densidade e dominância

relativa das espécies. Nesse tipo de situação, espera-se que as folhas e demais tecidos das espécies nativas também apresentem concentrações foliares mais elevadas (Haridasan, 2000), mantendo-se até o momento da produção de serapilheira foliar. No entanto, o aspecto peculiar para os teores de Ca e Mg no solo (Figura 4.5) em quantidades comparáveis para os dois ecossistemas não foi observado para a serapilheira (Figura 4.15 e 4.16), uma vez que as espécies de cada ambiente demandam quantidades diferenciadas desses elementos para a produção de biomassa. Por outro lado, espécies de cerrado podem responder positivamente a suprimentos adicionais de nutrientes, como foi confirmado em experimentos executados para testar a resposta do cerrado sentido restrito à adubação e calagem (Haridasan *et al.*, 1997).

Silva-Júnior (1995) realizou estudo sobre as propriedades do solo (0-20 cm) em fisionomias de mata de galeria na RECOR e concluiu que os solos da mata de galeria do córrego Taquara contêm seis vezes mais Ca e quase três vezes mais Mg que os das matas do Monjolo e Pitoco, com valores médios de 4,19 cmol kg⁻¹ e 1,73 cmol kg⁻¹, respectivamente. Comparando este valor de Ca com os teores médios detectados no gradiente estudado (Figura 4.5), fica claro que o solo da mata de galeria do córrego Roncador é mais rico em relação à disponibilidade deste elemento, cujos valores variaram entre 1,82 e 5,20 cmol kg⁻¹, tornando possível classificá-lo como o substrato com os maiores níveis desse nutriente dentre as matas de galeria da RECOR. No caso do Mg, cujo padrão de distribuição em muito se assemelhou ao Ca, os valores foram inferiores à mata do Taquara, mas ainda assim foram considerados elevados.

Análises de solo que confirmam altas concentrações de nutrientes essenciais nem sempre refletem em disponibilidade efetiva. Um exemplo disto é que a disponibilidade de alguns nutrientes chega a ser maior na camada de serapilheira da mata de galeria do que na própria camada superficial do solo, de modo que uma rede de raízes finas se espalha pela superfície do solo e absorve os nutrientes à medida que estes são mineralizados durante a sua decomposição, garantindo rapidez no processo de ciclagem (Haridasan, 1998). Por outro lado, áreas de cerrado sentido restrito que apresentam baixa produção de serapilheira e baixas taxas de decomposição em relação a outros ecossistemas florestais,

apresentam maior retenção de nutrientes neste compartimento e seqüencialmente baixa disponibilidade no solo (Resende, 2001).

Quanto às concentrações dos micronutrientes e Al não foram observados quaisquer padrões definidos de distribuição ao longo da transição (Figura 4.6 e 4.7).

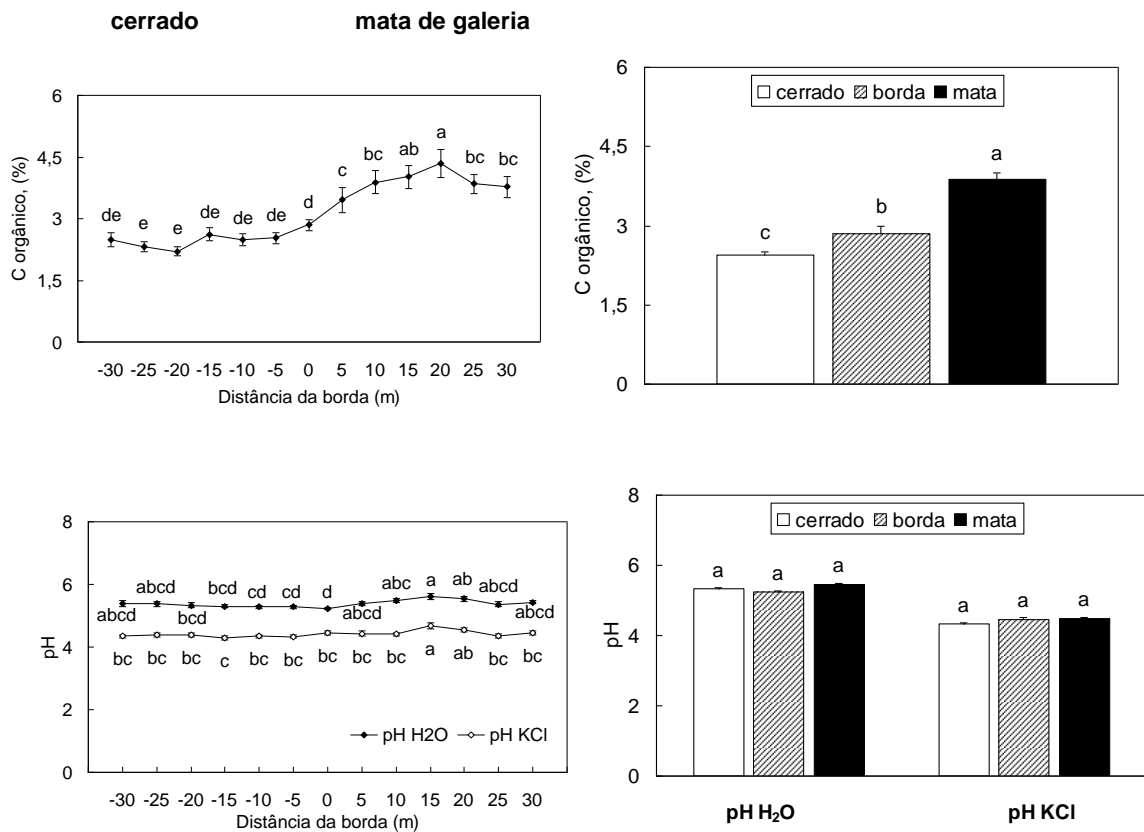


Figura 4.3 - Teor de carbono orgânico e pH até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas (entre distâncias no caso do pH) pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

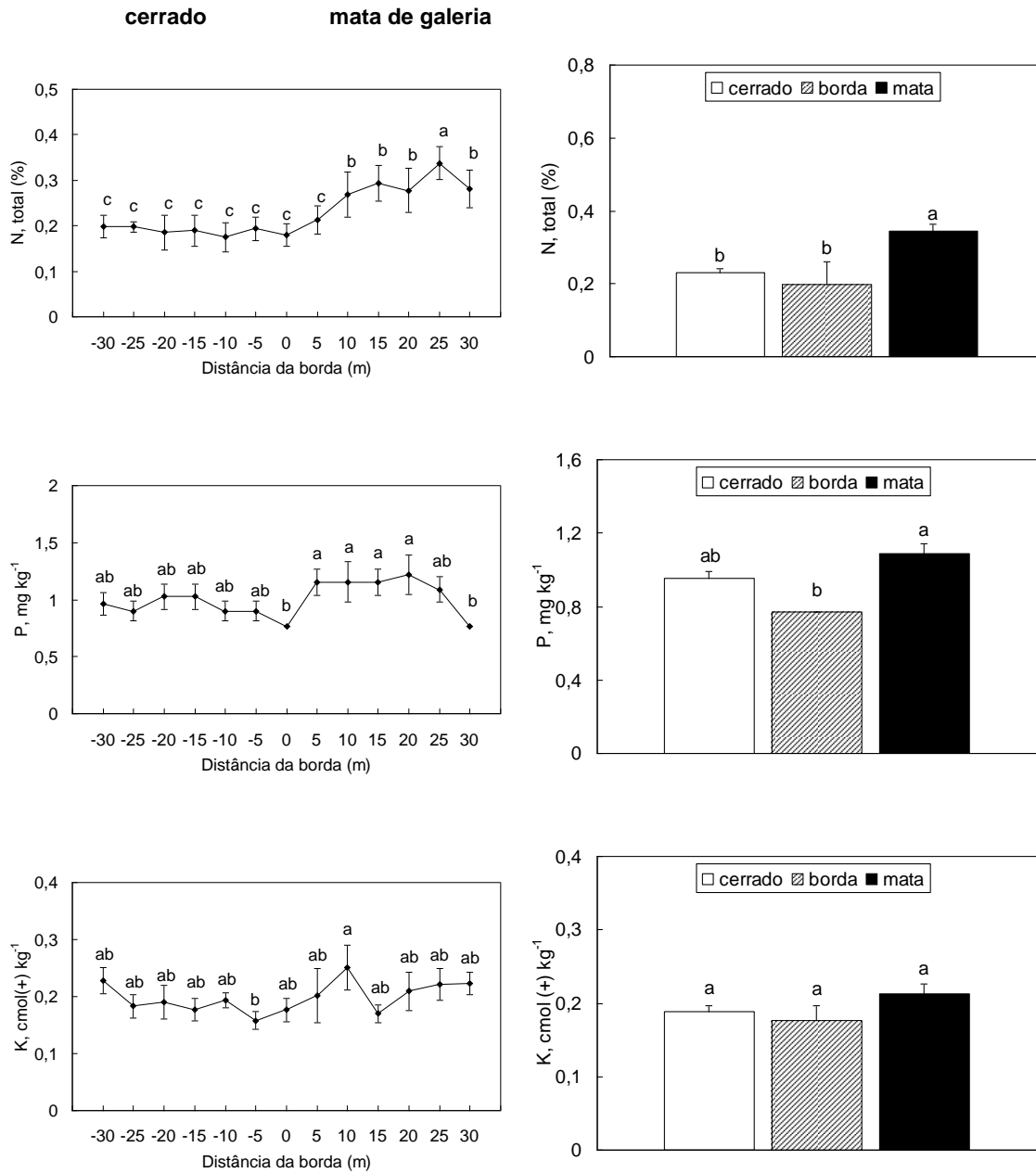


Figura 4.4 - N total, P e K disponíveis até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

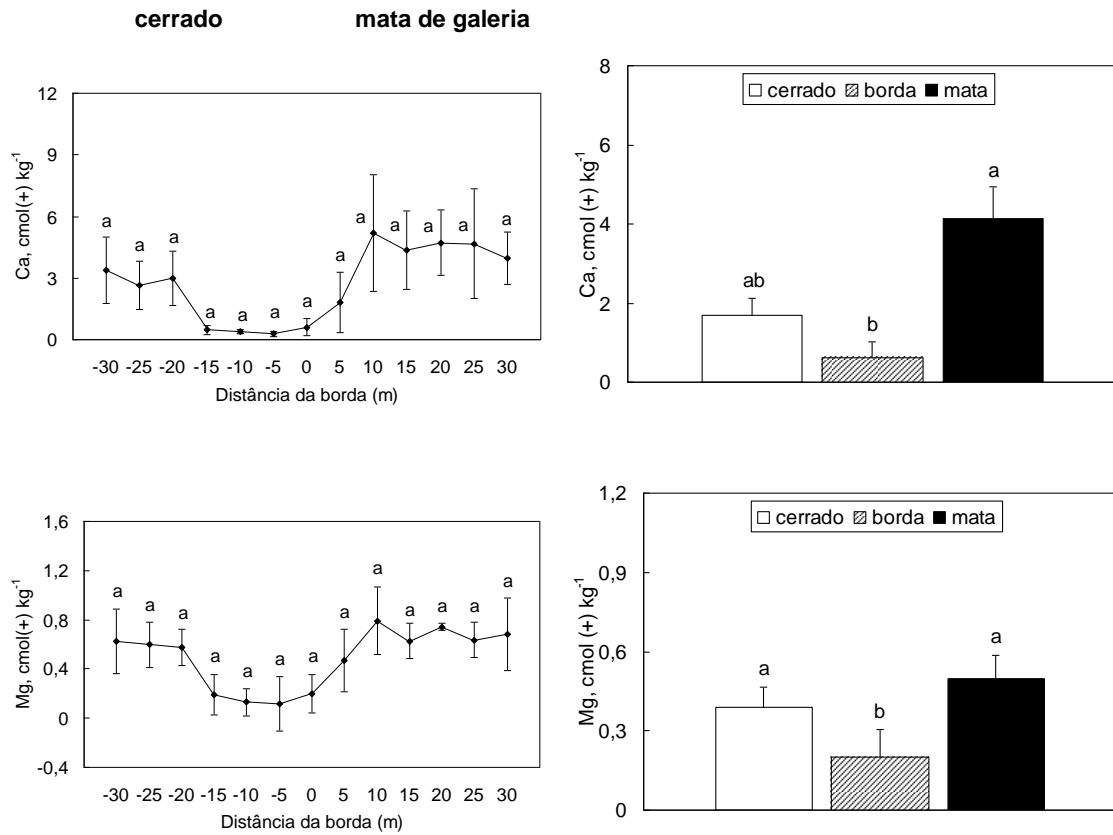


Figura 4.5 - Disponibilidade de Ca e Mg até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

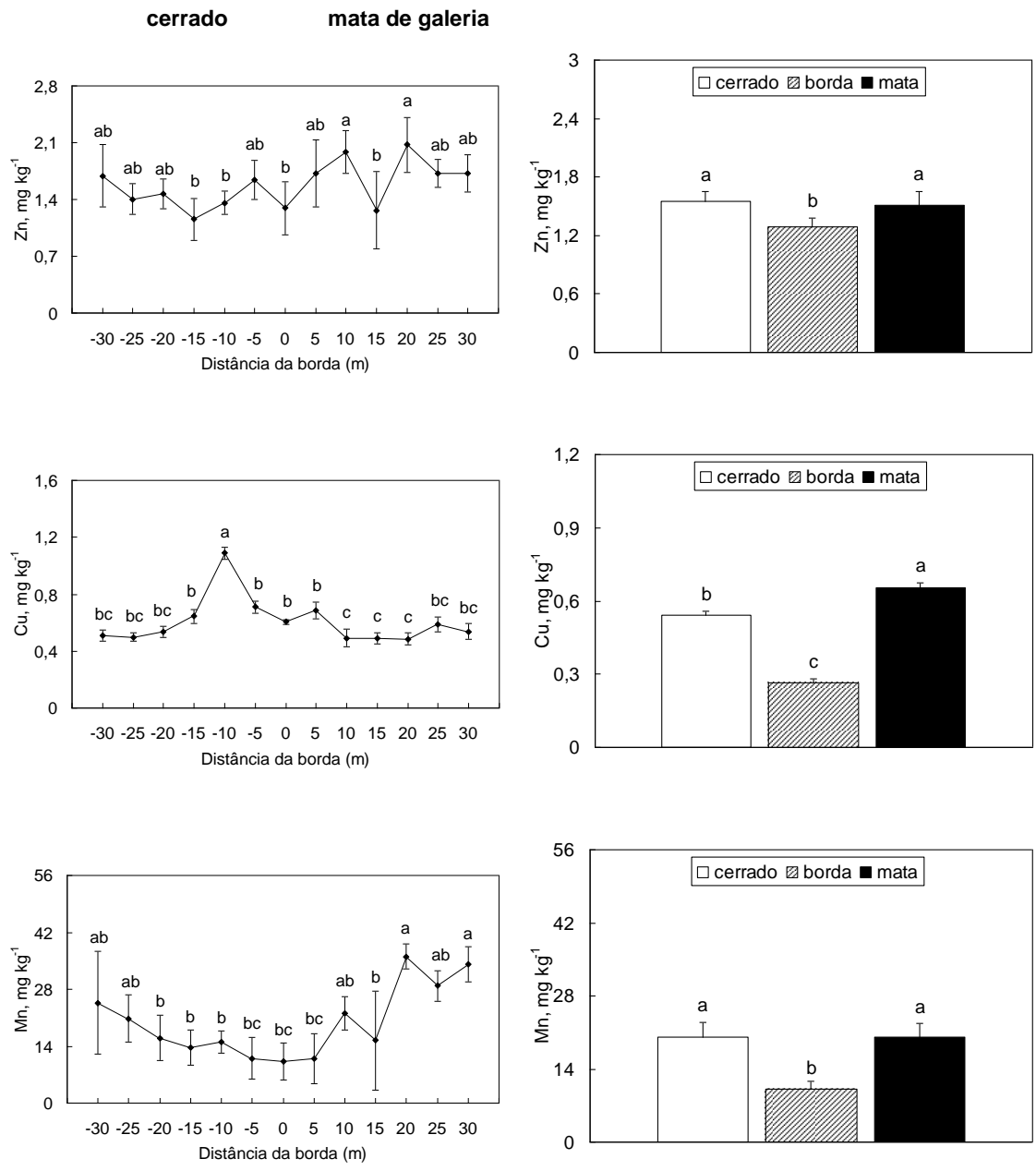


Figura 4.6 - Disponibilidade de Zn, Cu e Mn até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

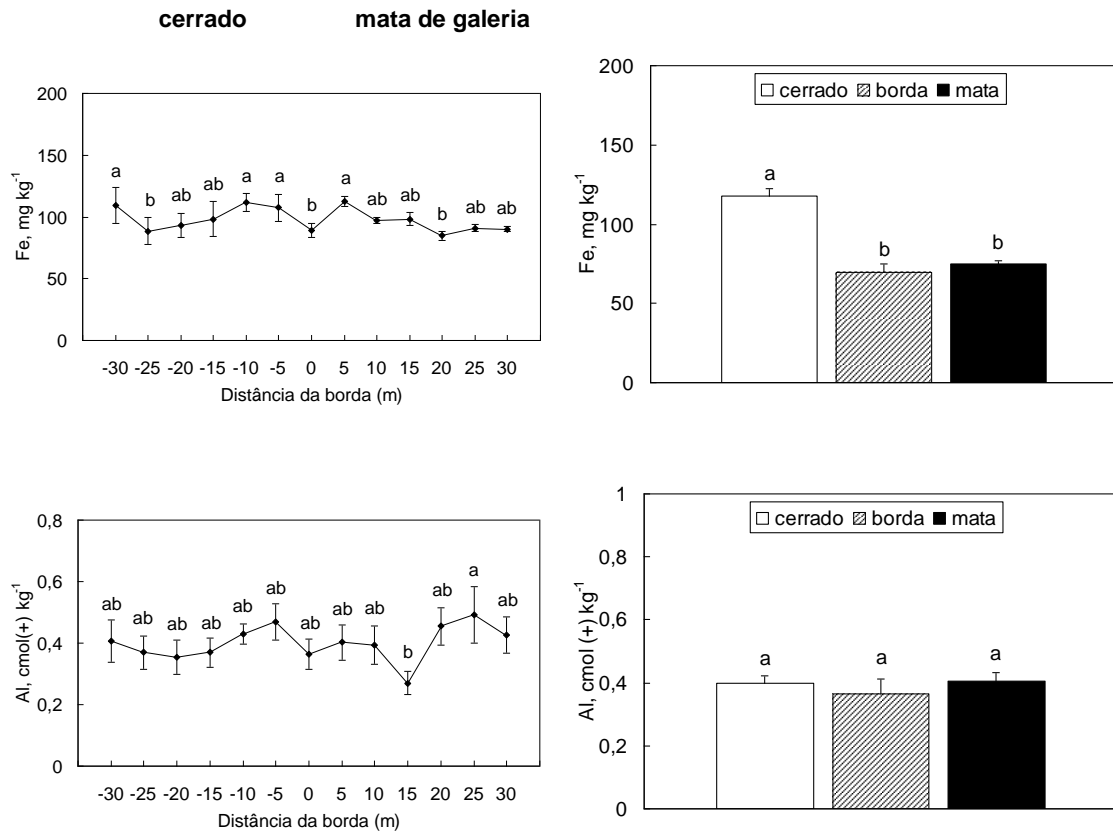


Figura 4.7 - Disponibilidade de Fe e Al até 30 cm de profundidade do solo ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

4.4 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA

As Figuras 4.9a e 4.9b representam a variação na produção mensal de serapilheira ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria. É possível verificar que a cada mês ocorreram picos de produção em alguns pontos do gradiente. Observações periódicas de campo levaram à constatação de quais fatores seriam responsáveis por essas variações: atributos fenológicos das espécies; atrasos de respostas de algumas espécies às variações pluviométricas, incrementando a fração de serapilheira foliar inclusive no período chuvoso; contribuições individuais de espécies, cuja própria morfologia provoca aumento pontual do retorno de biomassa ao solo; herbivoria; e eventos isolados em relação ao pico de flores e frutos, principalmente no cerrado.

A condição fenológica de *Dalbergia miscolobium* e *Caryocar brasiliense*, espécies brevidecíduas, as quais perdem praticamente todas as folhas no fim da estação seca antes do desenvolvimento de folhas novas (Franco, 2000; Franco *et al.*, 2005), pode ser aqui mencionada como responsável pela adição de folhas na serapilheira. No caso da primeira espécie houve prolongamento da queda de folhas até o período chuvoso. No entanto, cabe ressaltar que entre indivíduos da mesma espécie podem ocorrer variações em relação às características básicas que identificam seu grupo fenológico (Lenza e Klink, 2006).

Outra observação relacionada à contribuição individual de espécies para o aumento da serapilheira foliar diz respeito à ocorrência de *Pseudobombax tomentosum*, encontrada na mata de galeria e na borda (Tabela 4.1). Caracterizada como decídua, perde todas as folhas antes da fase reprodutiva (Silva-Júnior, 2005), representando grande retorno de biomassa ao solo devido ao tamanho das mesmas.

Foi constatada herbivoria acentuada das folhas de *Guapira areolata* e *Symplocos rhamnifolia*, precisamente na época chuvosa. Dias e Oliveira-Filho (1997) salientam que este período em geral coincide com a folhagem das plantas, quando há maior disponibilidade de folhas tenras, ocasionando aumento na atividade de herbivoria. As amostras coletadas continham basicamente folhas verdes, evidenciando que os agentes herbívoros apresentaram o comportamento de mais cortar as folhas do que

necessariamente consumi-las, adicionando dessa forma folhas não senescentes à serapilheira, cujos teores de nutrientes poderiam ser mais elevados. Situação semelhante em ecossistemas savânicos foi observada com gafanhotos por Rodell (1977).

A produção anual de serapilheira (folhas, miscelânea e total) apresentou maiores valores para a faixa de mata de galeria, o que pôde ser facilmente constatado a partir do monitoramento da queda deste material ao longo do gradiente vegetacional durante o período estudado (Figura 4.10). No total, a produção anual de serapilheira na mata de galeria, borda e cerrado atingiu, respectivamente, 6,3; 4,2 e 3,5 t ha⁻¹ (Figura 4.11). A fração foliar correspondeu a aproximadamente 75% da serapilheira total.

Estudos referentes à produção anual de serapilheira em ambientes florestais do Cerrado apresentaram valores diversificados em relação à mata de galeria do Roncador. Parrón (2004) registrou média de 6,7 t ha⁻¹ ano⁻¹ para três comunidades de mata de galeria situada nos limites da RECOR. A produção anual de serapilheira em cerradão foi igual a 5,6 t ha⁻¹ (Cianciaruso *et al.*, 2006), enquanto que matas ciliares sob solo seco e úmido tiveram valores quantificados em 11,1 e 8,8 t ha⁻¹, respectivamente (Pagano e Durigan, 2000). Ambos os trabalhos foram realizados no estado de São Paulo.

As produções anuais de serapilheira quantificadas em outros tipos de florestas pertencentes a outros biomas reforçam as diferenças de produtividade entre ecossistemas brasileiros. Por exemplo, formação de restinga na Ilha do Mel, Paraná (5,1 t ha⁻¹) (Pires *et al.*, 2006); floresta secundária de Mata Atlântica na Reserva Biológica de Paranapiacaba, São Paulo (7,0 t ha⁻¹) (Domigos *et al.*, 1997); floresta mista (7,9 t ha⁻¹) e floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. (7,4 t ha⁻¹), ambas no Mato Grosso (Marimon-Júnior, 2007); e floresta primária de terra firme no Amazonas (6,9 t ha⁻¹) (Mesquita *et al.*, 1998) e Roraima (9,3 t ha⁻¹) (Scott *et al.*, 1992).

A biomassa de serapilheira de 3,5 t ha⁻¹ produzida no ambiente cerrado foi semelhante a uma área próxima de mesma fisionomia (3,8 t ha⁻¹), também nos limites da RECOR, registrada por Silva (2004). Estes valores são superiores a outros estudos, que variaram de 1,5 a 2,4 t ha⁻¹ (Peres *et al.*, 1983; Schiavini, 1983; Nardoto *et al.*, 2006; Kozovits *et*

al., 2007). Recentemente, Silva *et al.* (2007) quantificaram produção bastante inferior ($0,6 \text{ t ha}^{-1}$), em área de cerrado na região de Nova Xavantina, Mato Grosso. A justificativa para um valor tão inferior pode estar relacionada à metodologia empregada ou ainda às características ambientais do local. Diferenças nas condições ambientais podem refletir em anos com maior ou menor queda de serapilheira. O pronunciamento de déficit hídrico, por exemplo, provocaria maior morte e descarte de material vegetal (Dias e Oliveira-Filho, 1997).

O pico de produção de serapilheira ocorreu de forma mais pronunciada durante os meses de agosto e setembro (Figura 4.8), subsequentes ao período de total ausência de chuvas e conseqüentemente menores teores de umidade, de acordo com os dados obtidos pela Estação Climatológica da RECOR (outubro de 2007 a setembro de 2008) (Figura 4.12). Os meses com maior volume de precipitação, cujo destaque foi janeiro (380 mm), coincidiram com o período de menor queda de material vegetal.

Ecossistemas de matas de galeria podem apresentar distinção de grupos intermediários de composição florística, obviamente nem sempre visíveis em campo, caracterizando assim pelo menos dois tipos de comunidades, uma seca e outra úmida, em função da variação topográfica do terreno, disponibilidade de água e características físico-químicas dos solos (Silva-Júnior, 1995). A comunidade úmida de mata de galeria é favorecida pela umidade permanente do solo durante todo o ano e, portanto, apresenta menor produção de serapilheira em comparação à comunidade seca (Parrón, 2004). No presente estudo, o monitoramento da produção de serapilheira contemplou basicamente a comunidade seca da mata de galeria do córrego Roncador, abrangendo um terreno com baixa declividade que se estende até a borda com o cerrado vizinho; fato que explica em parte o pico de produção de serapilheira ter ocorrido na época seca, quando as plantas dessa comunidade sofrem estresse hídrico devido à menor proximidade do lençol freático em relação à superfície do solo.

A distribuição sazonal da precipitação pluviométrica tem efeito significativo sobre a deposição da serapilheira em ecossistemas de cerrado (Silva, 2004). Todavia, não se pode assegurar que a biomassa de serapilheira total esteja inteiramente ligada à periodicidade

das chuvas ou a outras variáveis climáticas específicas, tanto para o cerrado como para a mata de galeria. Santos e Válio (2002) verificaram que o acúmulo de serapilheira apresentou fraca correlação com fatores climáticos em floresta tropical de Campinas, São Paulo. Já Cianciaruso *et al.* (2006) não encontraram correlação significativa entre a produção de serapilheira e o regime de chuvas para cerrado naquele mesmo estado, mas sim para umidade do ar e temperatura média. Marimon-Júnior (2007) acrescentou que acima das taxas de pluviosidade, está a fenologia das principais espécies que constituem a comunidade vegetal, como possível explicação para padrões de produção de serapilheira.

Florestas sobre solos sujeitos à estiagem, a exemplo da comunidade seca da mata de galeria do córrego Roncador, teoricamente seriam mais sensíveis à queda sazonal de folhas. No entanto, em alguns casos, mais do que necessariamente a periodicidade fisiológica das espécies, fatores mecânicos como o impacto da chuva, vento, raios etc., determinam a queda sazonal das folhas (Veneklaas, 1991), parte dominante da serapilheira total. Martins e Rodrigues (1999), por exemplo, encontraram correlação significativa entre produção de serapilheira e velocidade do vento em floresta estacional semidecidual no sudeste brasileiro.

No que se refere aos efeitos da sazonalidade sobre as duas frações de serapilheira estudadas, percebe-se que a fração miscelânea, ao contrário da foliar, em geral não apresentou padrão de deposição temporal nem mesmo sazonalidade evidente (Figura 4.8), resultando na coleta de flores, inflorescências, frutos e sementes praticamente durante todos os meses. À exceção, foi verificada queda acentuada de flores de *Caryocar brasiliense*, em conformidade com a época de floração dessa espécie (Silva-Júnior, 2005). Marimon-Júnior (2007), após estudar uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub., no Mato Grosso, verificou que apesar da queda de suas flores e frutos ter se concentrado (70,5%) durante a estação seca (setembro), esta fração correspondeu somente a 5,9% da serapilheira total, o que levou à confirmação de muito pouca influência da sazonalidade sobre a fração miscelânea.

A perda sazonal de folhas ao final da estação seca pode ocorrer em função de pressões externas (ex: déficit hídrico), para compensar as perdas de água por transpiração. Quando

isto acontece ao longo da estação chuvosa, como observado nos meses de outubro e novembro de 2007 (Figura 4.8), pode ser resultante da época de renovação foliar, quando há abscisão de folhas senescentes à medida que folhas novas são produzidas na extremidade dos ramos em crescimento (Dias e Oliveira-Filho, 1997). Por outro lado, a quantidade de material lenhoso interceptado (galhos, cascas de árvores e frutos secos) foi intensificada simultaneamente à ocorrência das primeiras chuvas da estação que se iniciou em 2007. Os picos de queda do material lenhoso que forma a camada de serapilheira são na maioria das vezes atribuídos à ação das chuvas (Xiong e Nilsson, 1997) ou dos ventos (Martins e Rodrigues, 1999). Apesar da quantidade de galhos interceptados pelos coletores ter sido menor do que a de folhas é suficiente que estes contribuam significativamente para o aumento da biomassa da miscelânea.

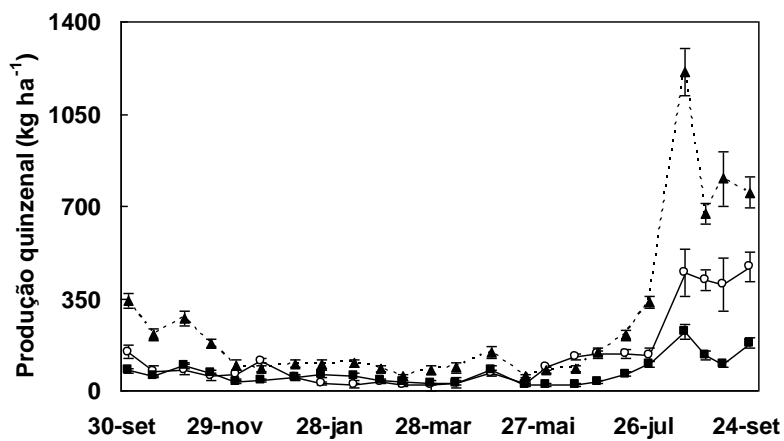
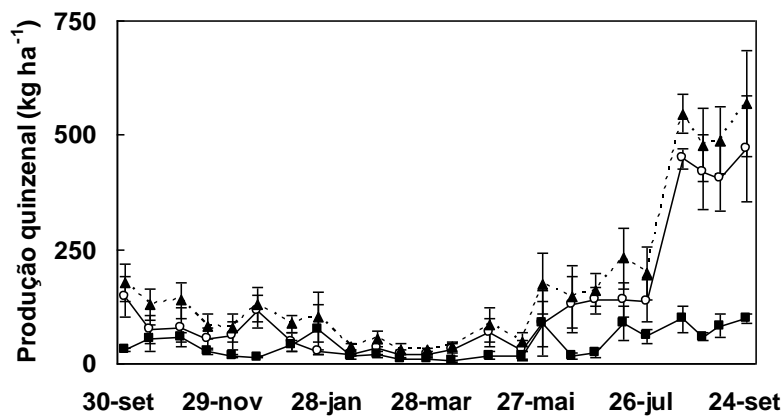
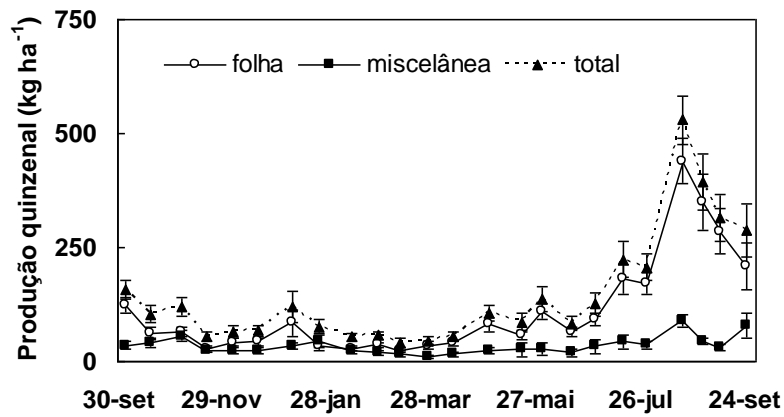


Figura 4.8 - Produção quinzenal de serapilheira no cerrado (a), borda (b) e mata de galeria (c), na transição entre a mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias.

Produção mensal (kg ha⁻¹)

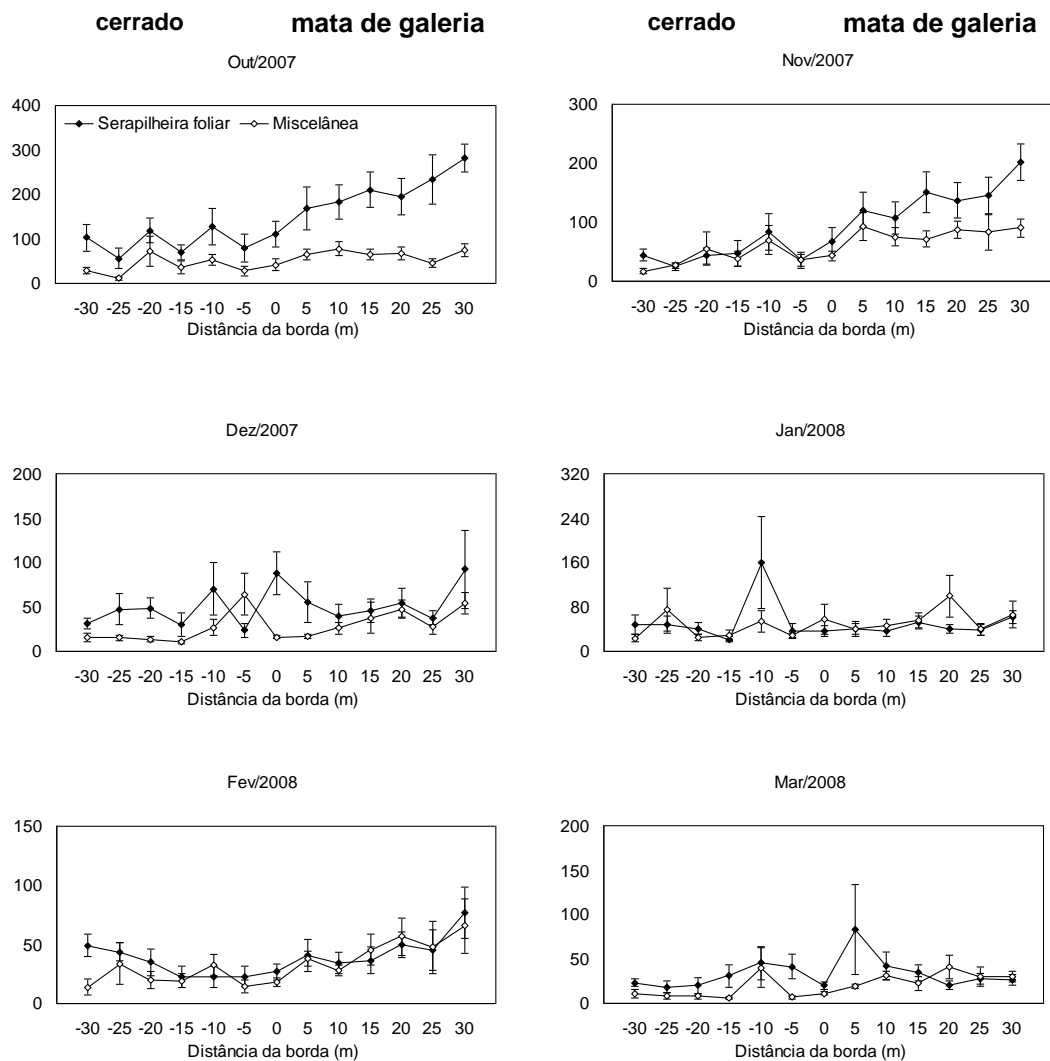


Figura 4.9a - Variação na produção mensal de serapilheira ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias.

Produção mensal (kg ha⁻¹)

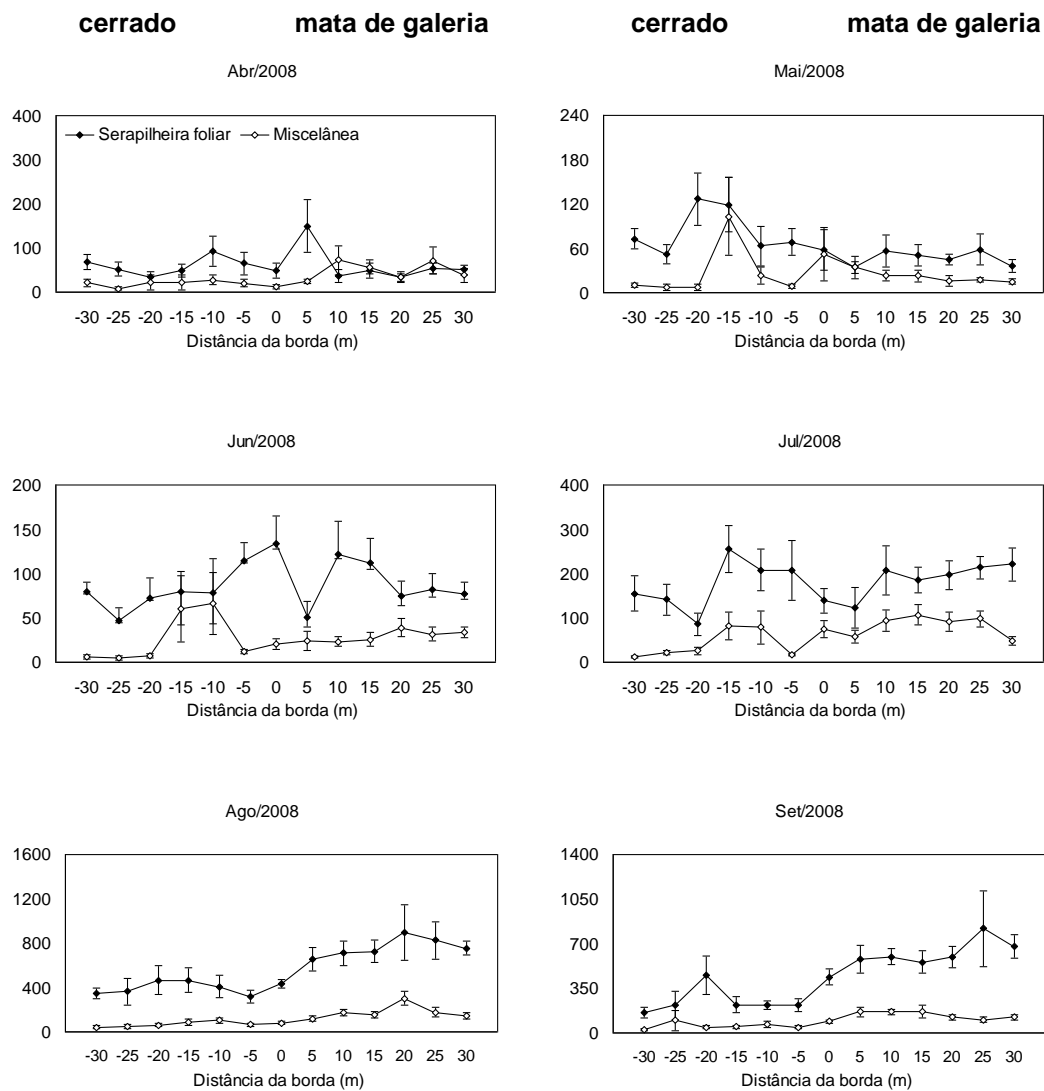


Figura 4.9b - Variação na produção mensal de serapilheira ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias.

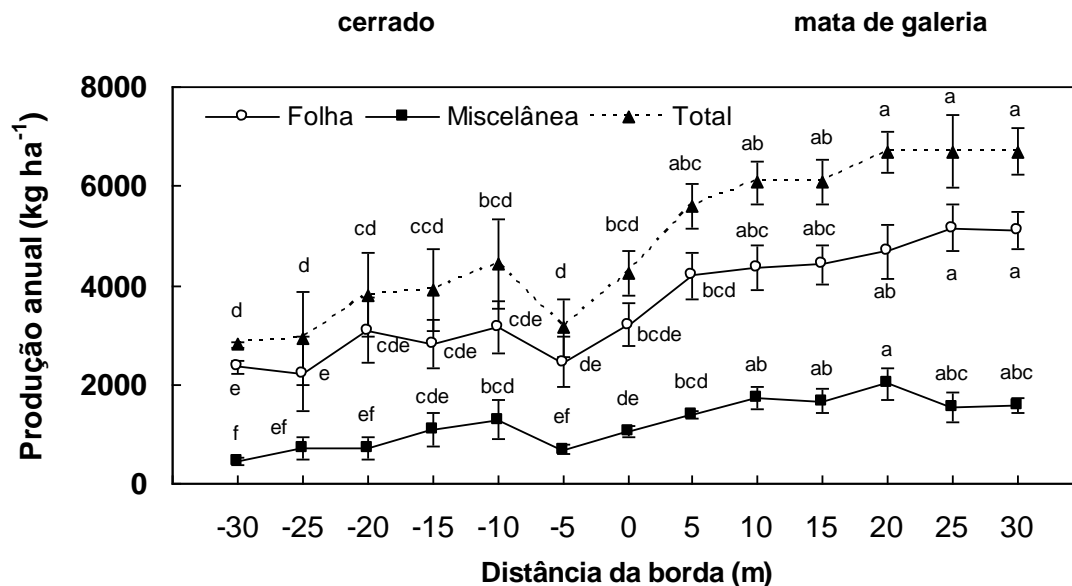


Figura 4.10 - Produção anual de serapilheira ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

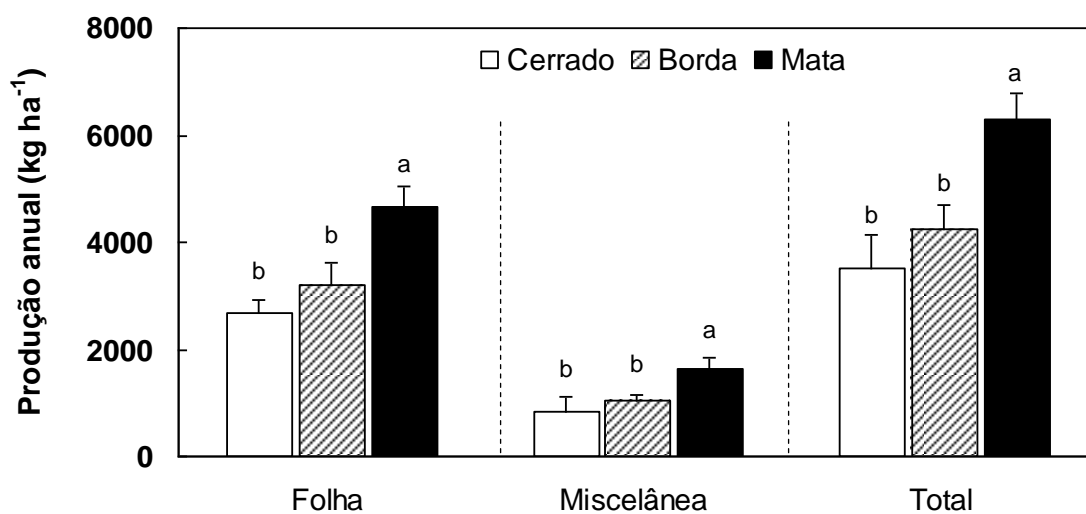


Figura 4.11 - Produção anual de serapilheira na transição entre a mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

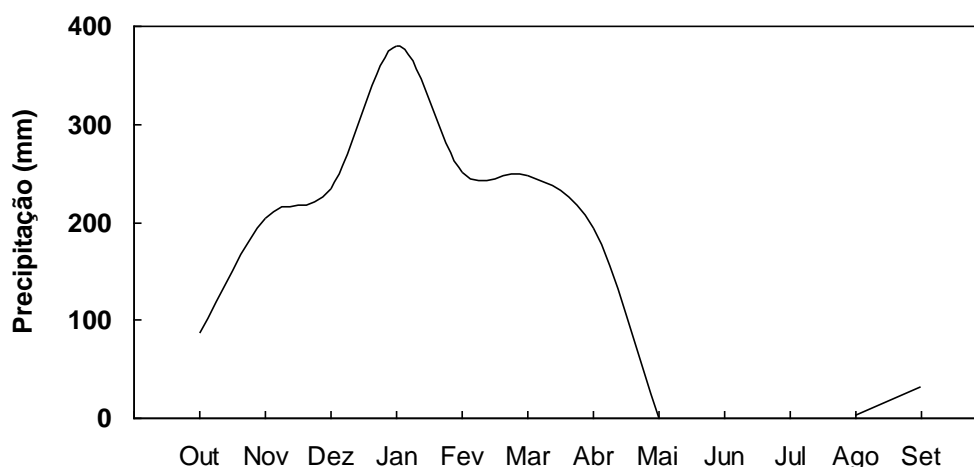


Figura 4.12 - Precipitação pluviométrica na transição entre a mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008.

4.5 - NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA

As análises dos teores de N e P na serapilheira ao longo do gradiente de vegetação (Figura 4.13 e 4.14) evidenciaram que diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$) ocorreram em relação às concentrações de N na fração miscelânea (Figura 4.13), onde os valores encontrados na faixa de cerrado foram estatisticamente menores que na mata de galeria.

A transferência de N e P da vegetação para o solo fornece indicativos do estado nutricional da camada de serapilheira, após terem sido efetuados os mecanismos de retranslocação das folhas senescentes para os tecidos mais jovens. De modo geral, ecossistemas tropicais tendem a ser mais conservativos em relação ao P, resultando em baixa concentração desse nutriente na serapilheira. Entretanto, o N não seguiria esta tendência, justificadas pela sua alta disponibilidade e pela abundância de leguminosas que executam a sua fixação eficientemente (Vitousek, 1984).

Foram constatadas variações sazonais na contribuição de cada um desses elementos para

o estado nutricional da serapilheira, especificamente, no componente foliar, no mês de novembro (Figura 4.13 e 4.14). Neste período foram registrados os maiores valores para N e P.

Foi verificada alta correlação ($R^2 = 0,79$) entre N e P para a serapilheira foliar e miscelânea (Figura 4.23). Estudos recentes têm avaliado os efeitos de se adicionar simultaneamente N e P a fisionomias de cerrado (Kozovits *et al.*, 2007) e têm revelado os efeitos desse sinergismo quanto ao suprimento natural desses dois nutrientes, ressaltando o papel dos mesmos quando agem como fatores limitantes para a produtividade primária em diversos ecossistemas terrestres (Davidson e Howarth, 2007; Elser *et al.*, 2007). Segundo Aerts e Chapin (2000), valores que exibem razão foliar de N/P menor que 14 indicam limitação por N, entre 14 e 16, co-limitação por N e P e maior que 16, limitação por P. A serapilheira foliar do cerrado e da mata de galeria obtiveram razão N/P igual a 24 e 21, respectivamente, indicando forte limitação por P. Os valores encontrados para a miscelânea (17 e 24) sugerem também limitação por este elemento, mas no caso menos intensa para o cerrado. Isto se deve à composição heterogênea da fração de miscelânea, a qual apresentou maior concentração de P e provavelmente retranslocação menos eficiente dos órgãos vegetais que formaram este componente.

Os teores de K, Ca e Mg aumentaram na mata de galeria em relação ao cerrado (Figura 4.15 a 4.17), com exceção das concentrações de K na fração miscelânea, que não diferiram significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$) entre os dois ambientes. O padrão ascendente da concentração de Ca na serapilheira do cerrado em direção à mata de galeria sugere que talvez possa existir um gradiente de fertilidade que acompanhe o vegetacional. Moreno (2005) encontrou variações no teor desses elementos, ao estudar um gradiente de diferentes fitofisionomias de Cerrado, partindo de formações campestres até formações florestais.

Redução nas concentrações de K (dezembro) e Ca (novembro) foram observadas para a serapilheira foliar, além de elevada queda nas concentrações desses elementos nos meses mais chuvosos. Mg apresentou diferenças menos expressivas ao longo do tempo para as duas frações de serapilheira (Figura 4.15 a 4.17). A baixa concentração de K na

serapilheira na época chuvosa pode ser atribuída à lixiviação, pois o K^+ é um íon bastante móvel e altamente lixiviável (Brady e Weil, 1996). Resende (2001), ao medir a lixiviação da camada de serapilheira de cerrado verificou que este nutriente é o mais lixiviável quando comparado a outros macronutrientes, principalmente com o advento das chuvas. Em relação ao Ca, a baixa concentração observada na camada de serapilheira foliar pode estar relacionada à queda de folhas mais jovens, as quais apresentam menor concentração relativa deste elemento.

Embora tenha sido observado baixa correlação entre os teores de Ca e Mg para as duas frações da miscelânea (Figura 4.23), percebe-se clara distinção da razão entre esses dois elementos nas duas fitofisionomias, destacando-se os maiores valores para a mata de galeria. O Ca é um elemento associado à formação da parede celular (Raven *et al.*, 2001) e que devido a sua baixa mobilidade na planta pode ser depositado em grande quantidade sobre os horizontes superficiais do solo, via serapilheira, como foi observado por König *et al.* (2002) em Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul.

A concentração de nutrientes na serapilheira pode ser interpretada como consequência direta da habilidade das espécies vegetais em explorar os recursos minerais do solo. Situações em que o solo apresenta baixos níveis de fertilidade e a serapilheira é rica em determinados nutrientes pode significar maior aproveitamento do substrato orgânico ao invés do mineral pelas plantas.

As concentrações de micronutrientes (Figura 4.18 a 4.21) não indicaram diferenças significativas para Zn e Cu pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). Os demais micronutrientes e Al (Figura 4.22) não apresentaram padrões claros de distribuição ao longo da transição estudada, à exceção dos teores de Mn na fração miscelânea que foram maiores na formação aberta de cerrado em comparação à formação florestal. As variações temporais na concentração desses elementos também não tiveram padrão definido, sendo observadas poucas variações significativas: Mn apresentou maiores valores na época seca; as concentrações de Zn foram mais elevadas em novembro (serapilheira foliar) e dezembro (miscelânea); Fe também apresentou maiores concentrações em novembro.

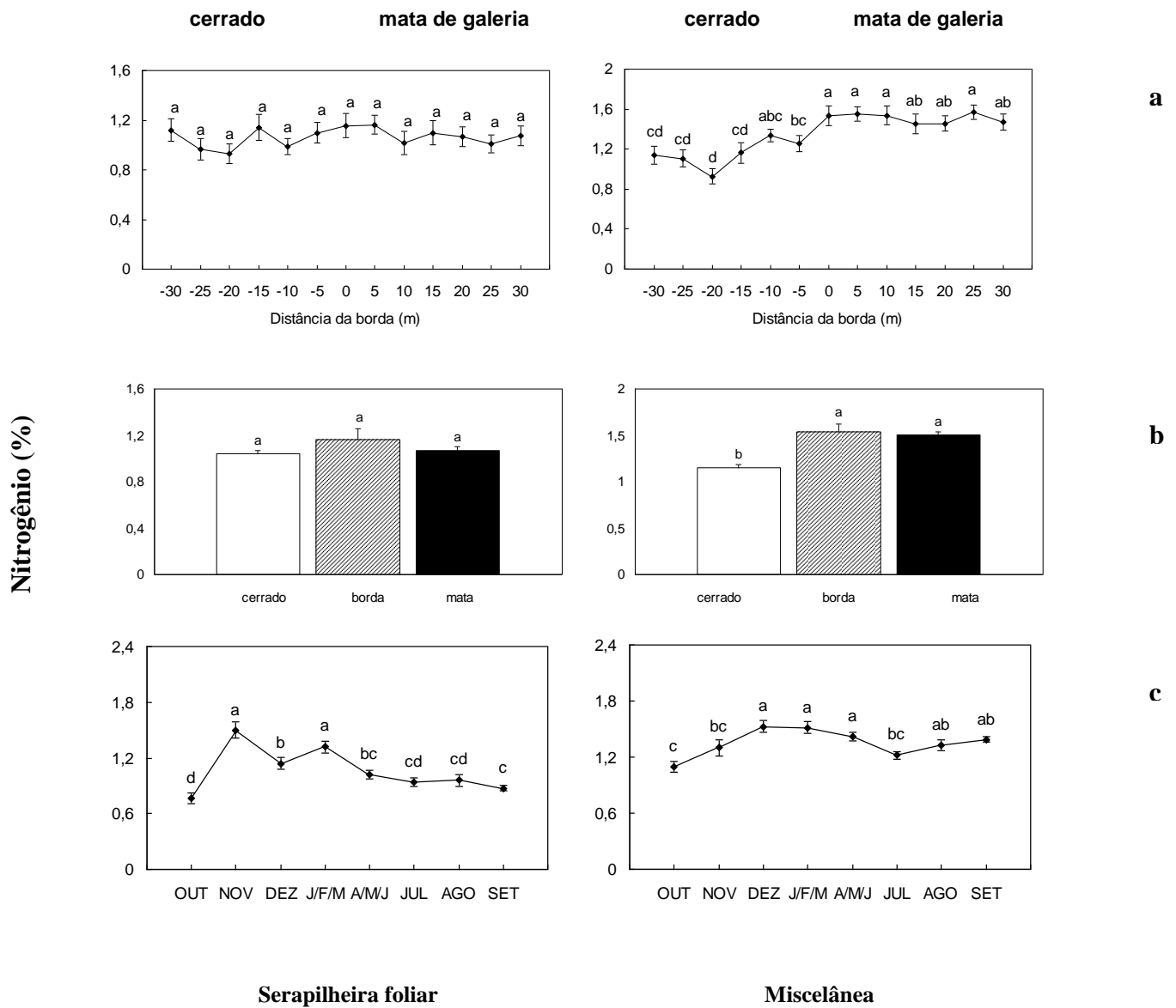


Figura 4.13 - Variação na concentração anual de N na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

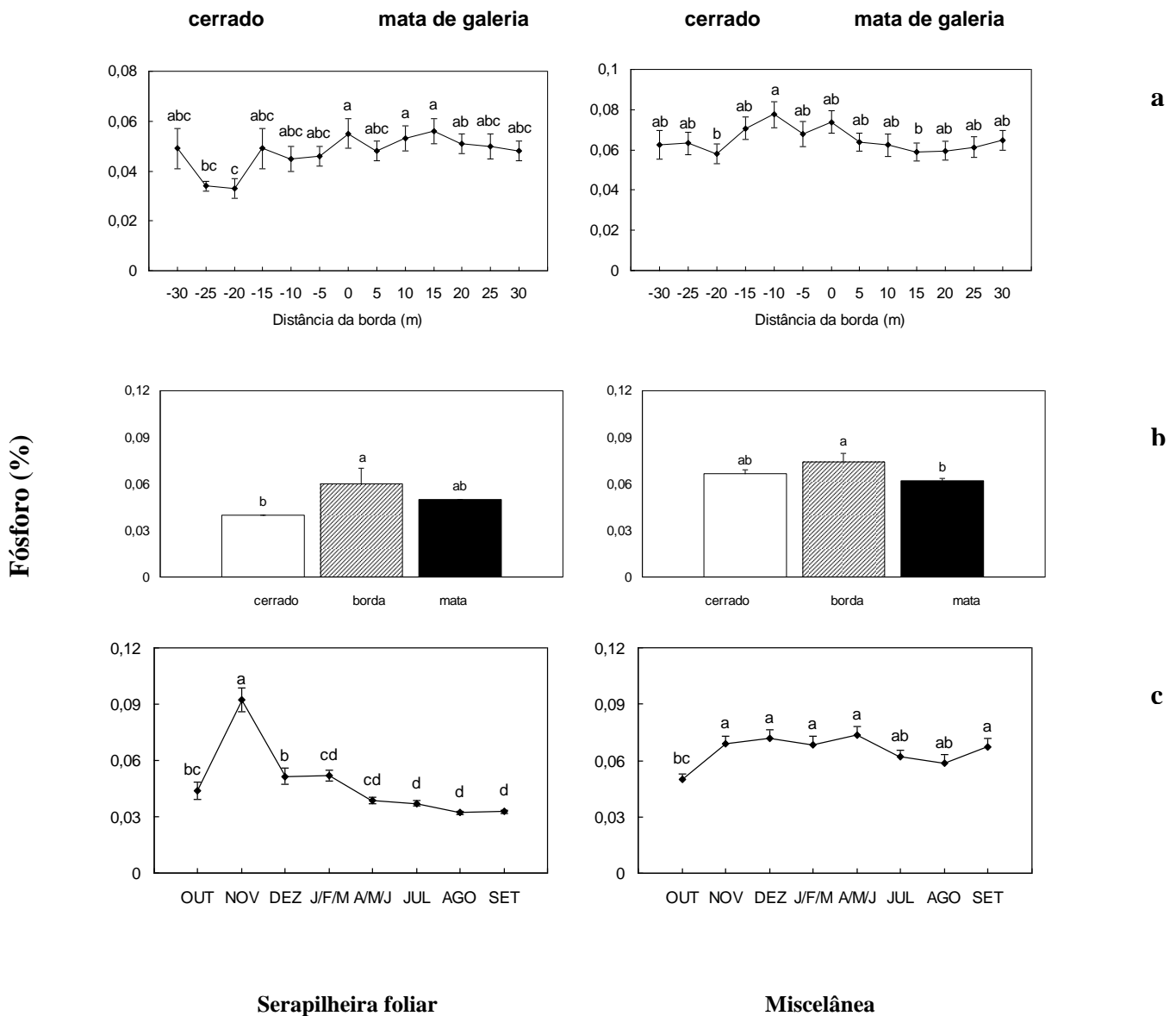


Figura 4.14 - Variação na concentração anual de P na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

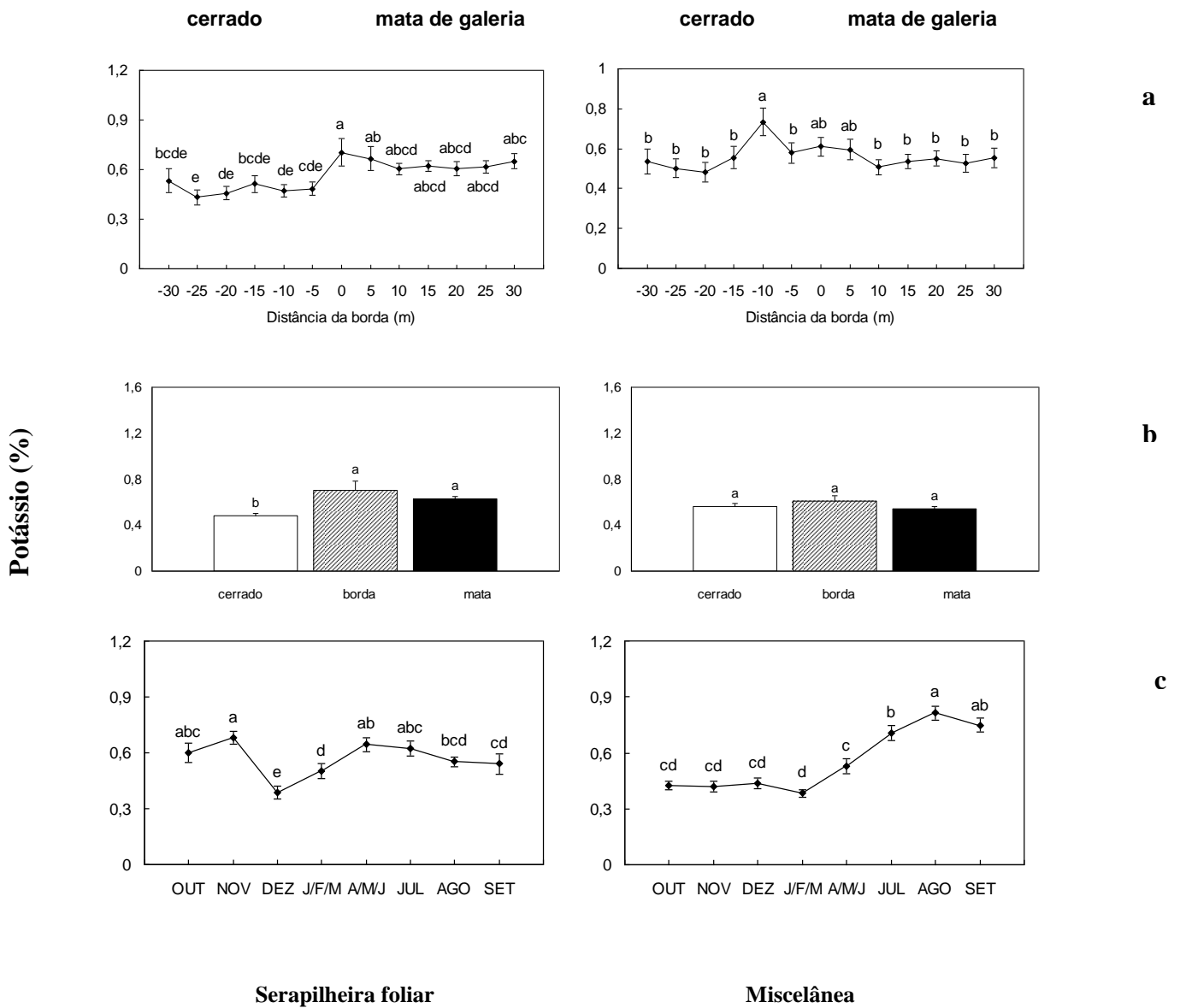


Figura 4.15 - Variação na concentração anual de K na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

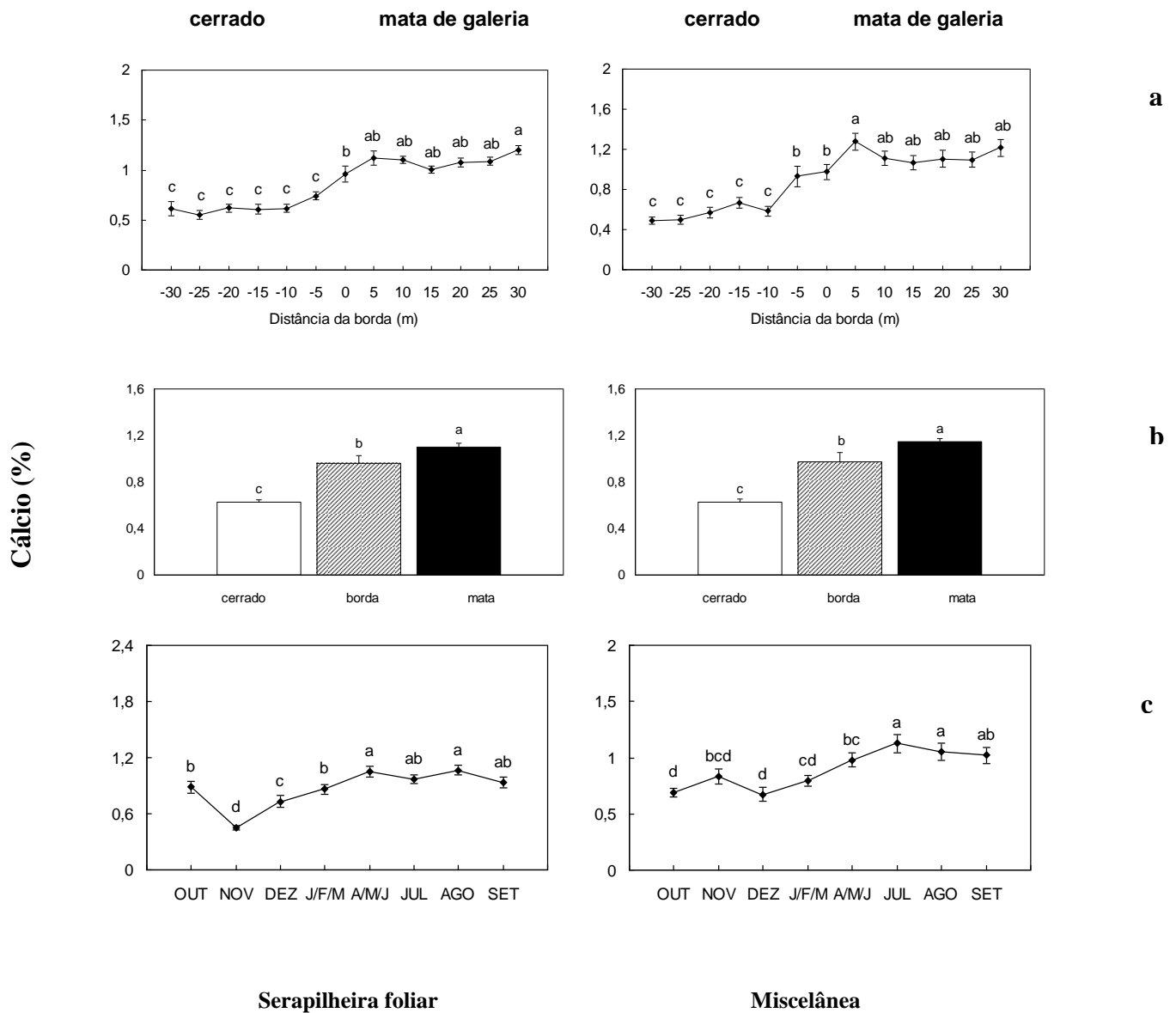


Figura 4.16 - Variação na concentração anual de Ca na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

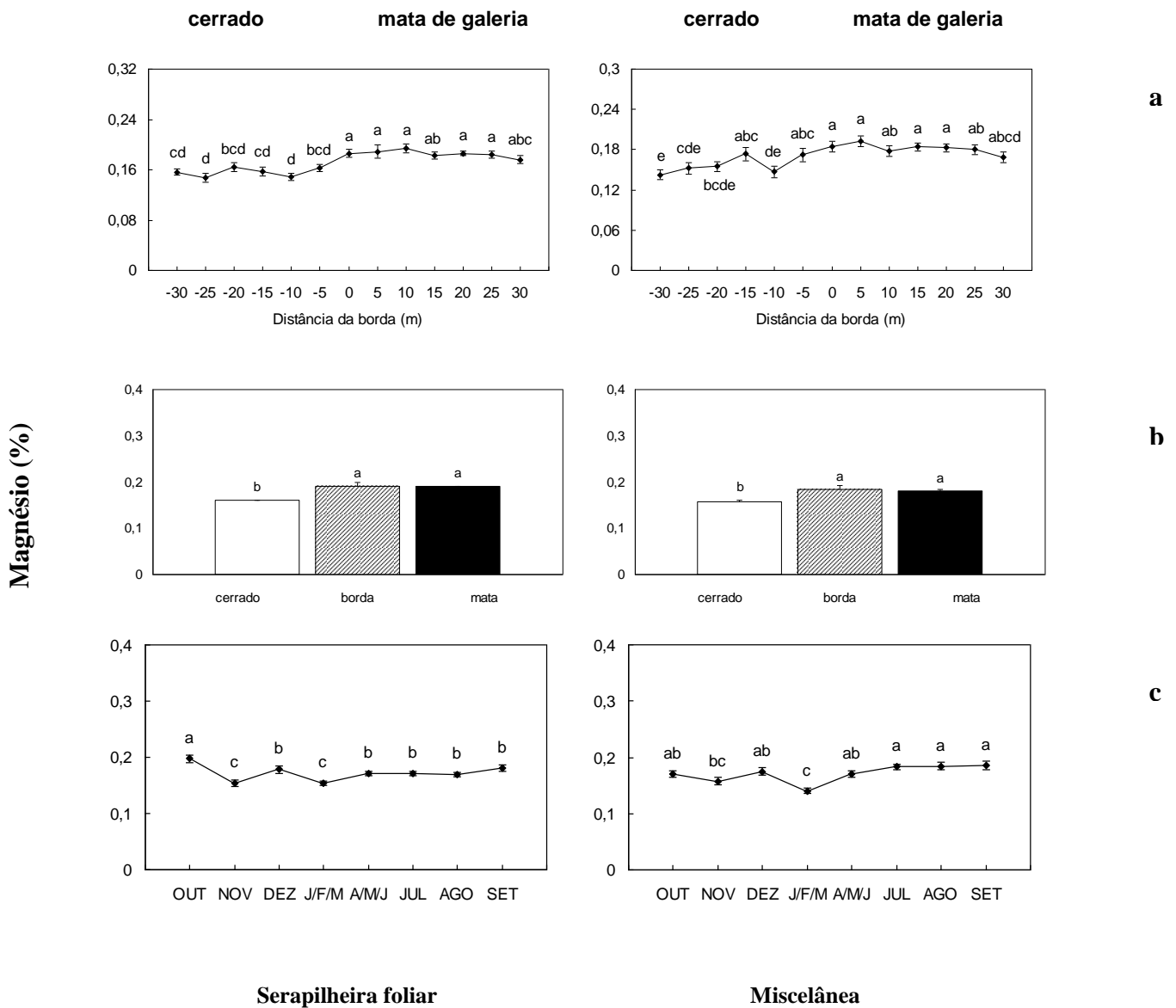


Figura 4.17 - Variação na concentração anual de Mg na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

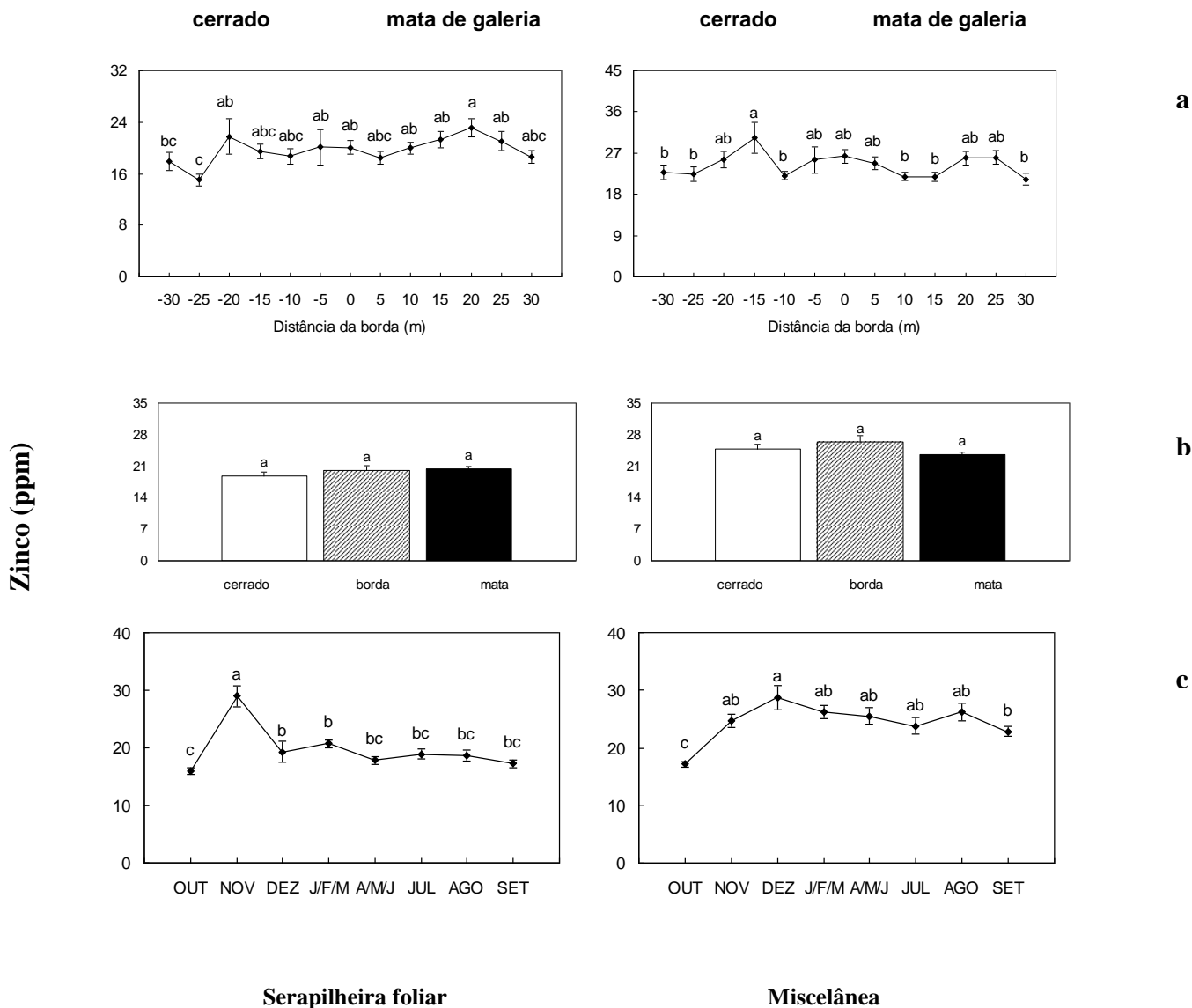


Figura 4.18 - Variação na concentração anual de Zn na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

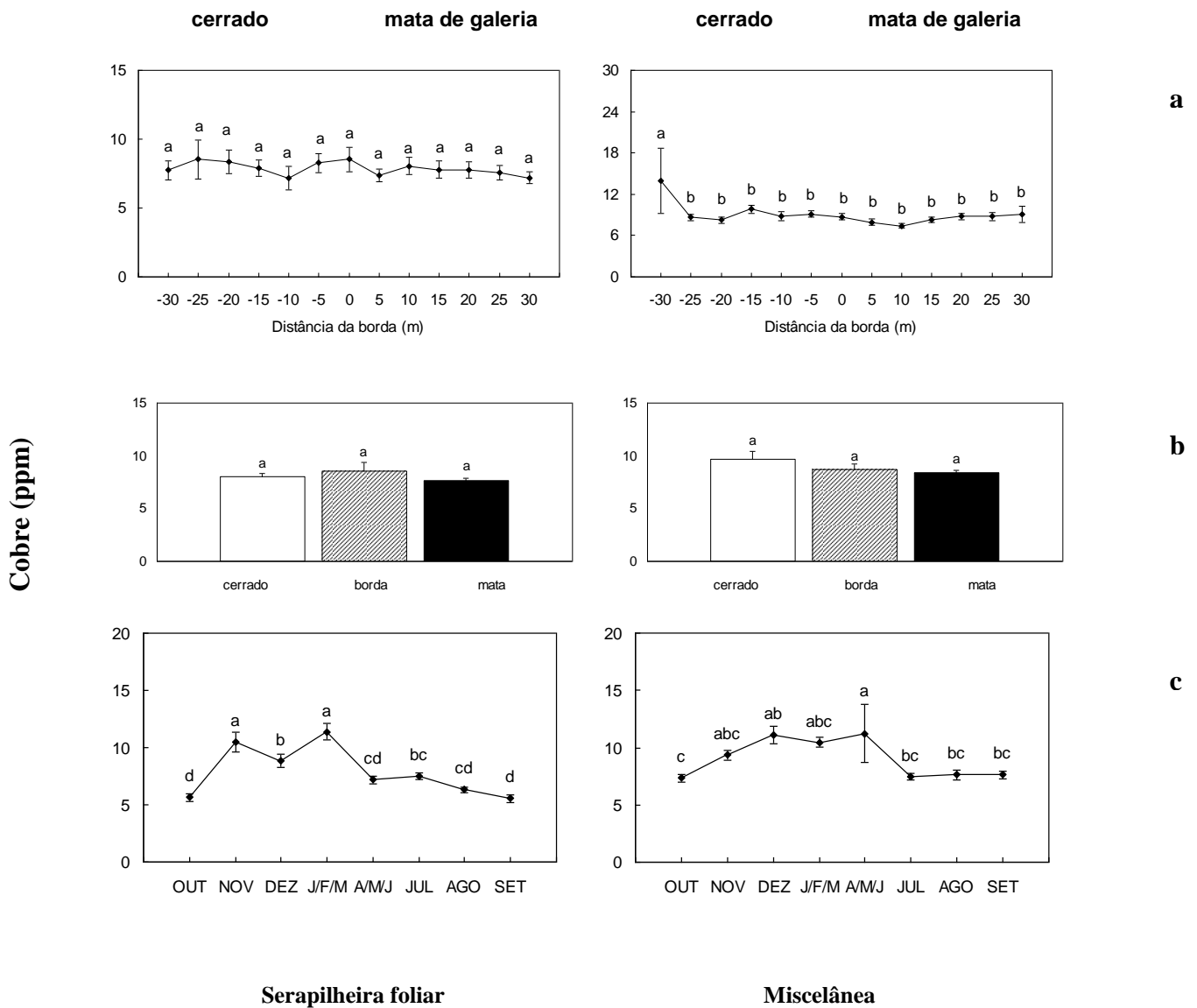


Figura 4.19 - Variação na concentração anual de Cu na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

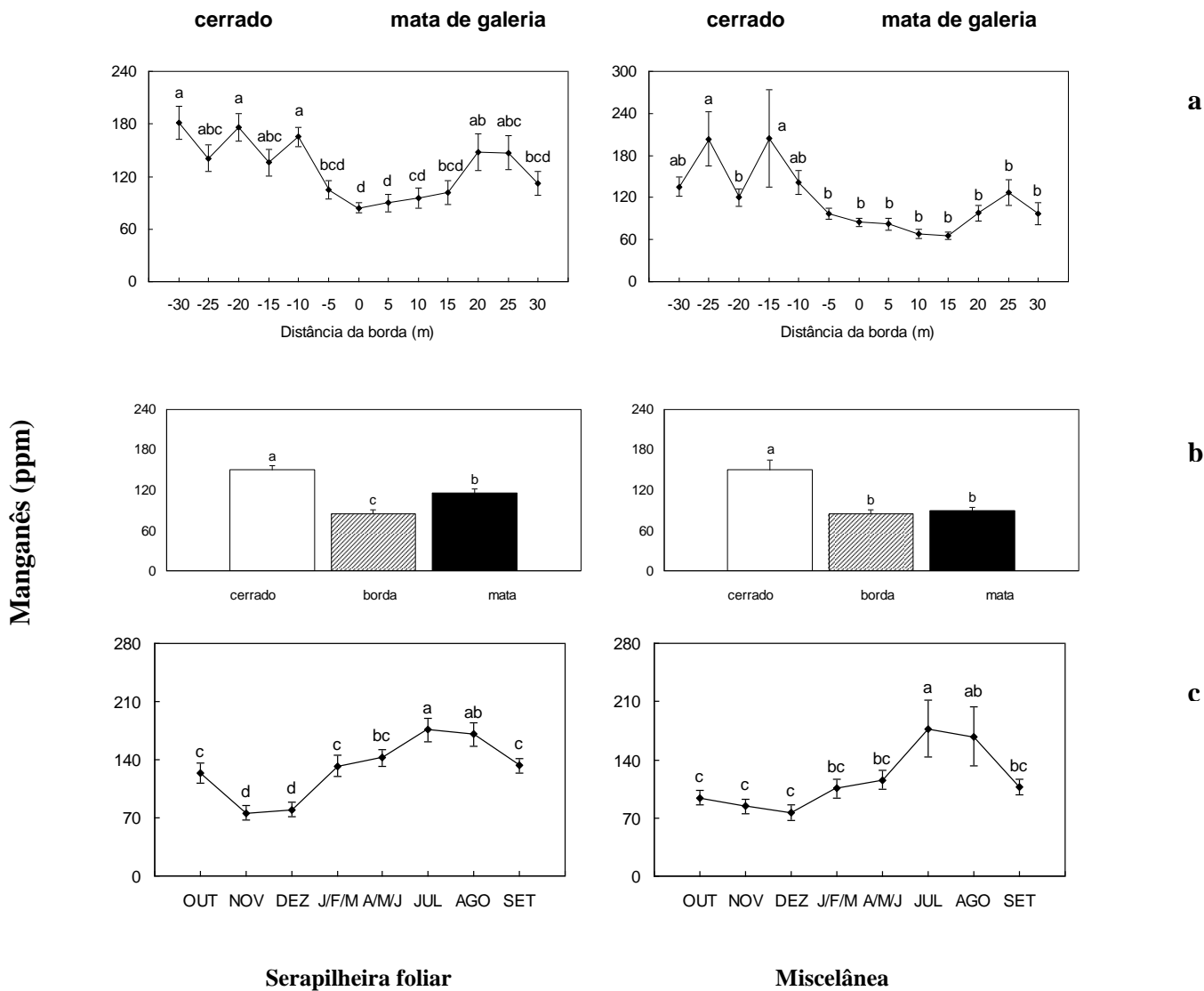


Figura 4.20 - Variação na concentração anual de Mn na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

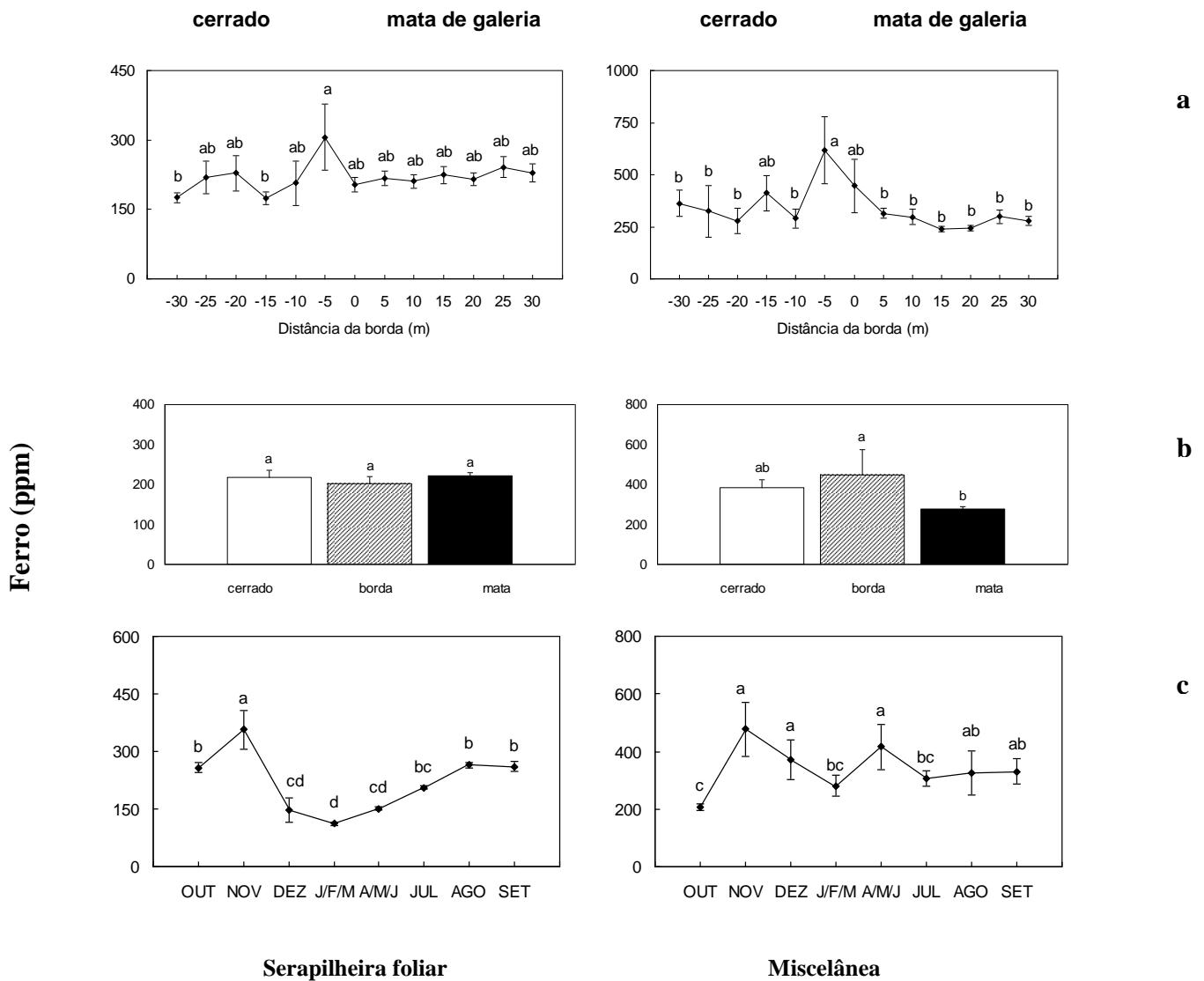


Figura 4.21 - Variação na concentração anual de Fe na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

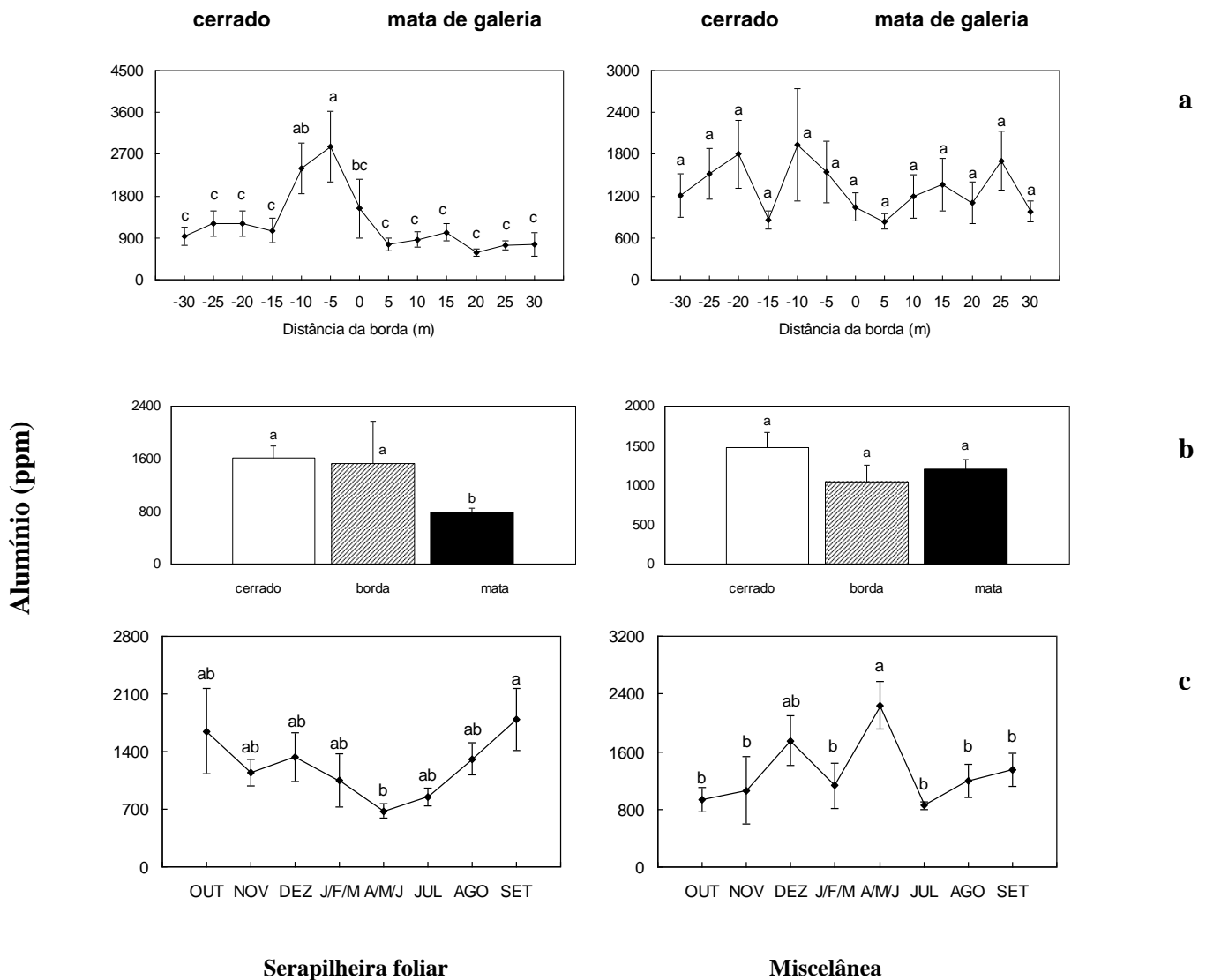


Figura 4.22 - Variação na concentração anual de Al na serapilheira ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE (a, b), durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008 (c). Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

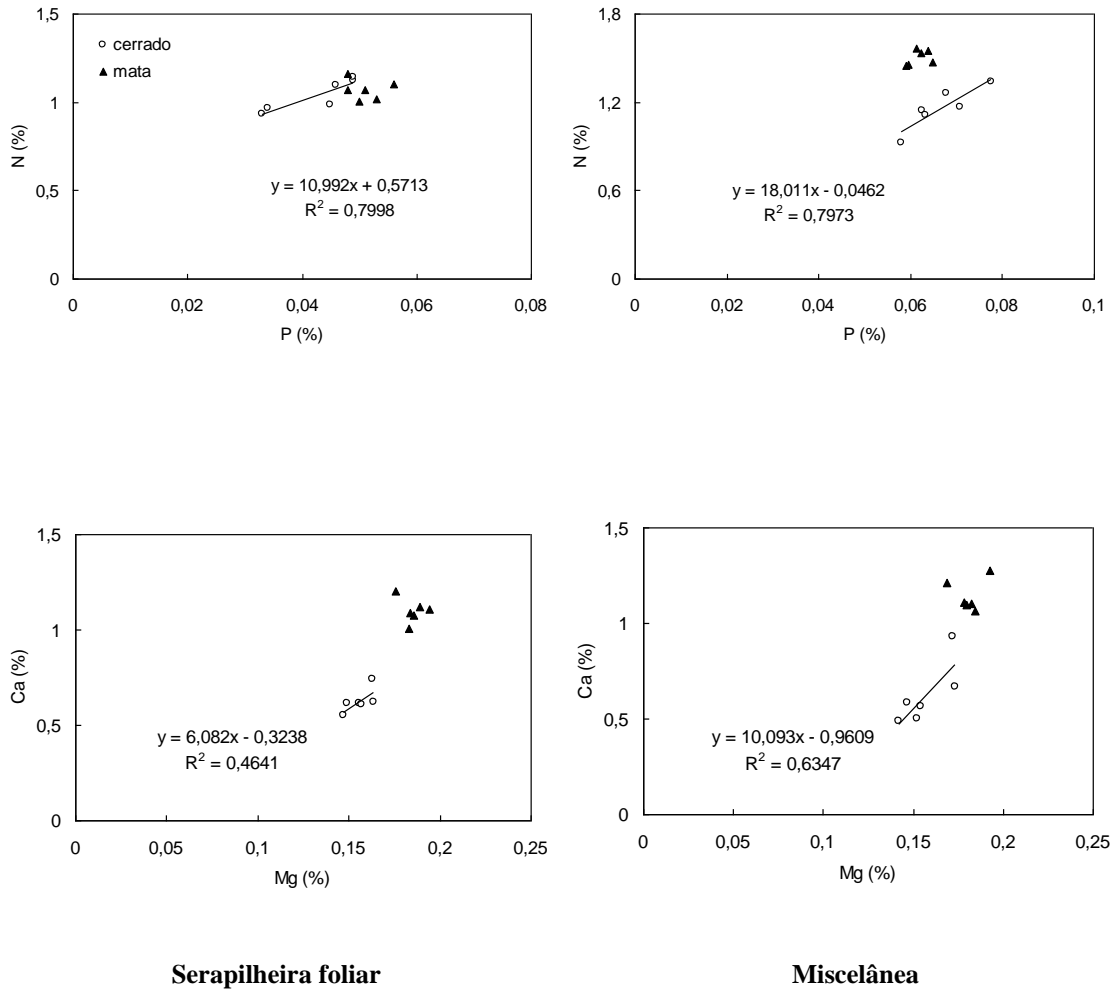


Figura 4.23 - Correlações entre os teores de N e P e Ca e Mg na serapilheira na transição entre a mata de galeria do córrego Roncador e o cerrado, Reserva Ecológica do IBGE, durante o período de outubro de 2007 a setembro de 2008.

4.6 - FLUXO ANUAL E EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES (EUN)

A Tabela 4.2 apresenta os valores do fluxo anual de nutrientes via queda de serapilheira para cada ambiente, resultante do produto entre a concentração de cada nutriente pela produção anual de biomassa de serapilheira. A maioria dos estudos que avaliam teores nutricionais do compartimento serapilheira refere-se a sua parte dominante, isto é, as folhas, além disso, priorizam os macronutrientes. Observa-se que o fluxo anual de nutrientes na serapilheira foliar e na miscelânea é maior na mata de galeria que no cerrado. A única exceção foi em relação ao Al, que pela serapilheira foliar apresentou fluxo maior na parte referente à borda.

Prevaleceu a seguinte ordem no fluxo dos macronutrientes na camada de serapilheira para o cerrado e a borda: N>Ca>K>Mg>P. Esta seqüência foi idêntica ao cerrado estudado por Nardoto *et al.* (2006). Na mata de galeria a ordem dos valores encontrados para a serapilheira foliar (Ca>N>K>Mg>P) diferiu da fração miscelânea, havendo a inversão nas posições de Ca e N. Em três comunidades de mata de galeria no DF, Parrón (2004) encontrou fluxos de macronutrientes na seguinte ordem: N>Ca>Mg>K>P.

Comparativamente aos valores expressos na Tabela 4.2, o retorno anual de nutrientes em ecossistemas de Mata Atlântica foi (kg ha^{-1}): 102-121 (N); 4-5 (P); 9-20 (K); 60-71 (Ca); 8-18 (Mg) (Domingos *et al.*, 1997; Moraes *et al.*, 1999). Na Amazônia, Scott *et al.* (1992) registraram: 118 (N); 7 (P); 49 (K); 64 (Ca) e 24 (Mg). Dessa forma, os fluxos de nutrientes para a Mata Atlântica e Amazônia indicam que para estes ecossistemas florestais a deposição de grandes quantidades anuais de nutrientes é essencial para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos.

Já a ordem no fluxo de micronutrientes ao longo da transição para ambas as frações de serapilheira foi: Fe>Mn>Zn>Cu (Tabela 2). Dias *et al.* (2002) encontraram a mesma seqüência para esses elementos na serapilheira total em Floresta Semidecídua Montana, em Lavras, MG. Fe e Mn tiveram a maior variação temporal.

Tabela 4.2 - Fluxo anual de nutrientes e Al via serapilheira ao longo do gradiente de vegetação de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE.

ELEMENTO	Folha			Miscelânea		
	Fluxo (kg ha ⁻¹)					
	cerrado	borda	mata	cerrado	borda	Mata
N	27,92	37,19	49,79	9,52	15,91	24,82
P	1,07	1,92	2,33	0,55	0,77	1,02
K	12,89	22,44	29,31	4,65	6,32	8,99
Ca	16,92	30,78	51,18	5,18	10,10	18,88
Mg	4,30	6,09	8,84	1,30	1,92	2,99
Zn	0,05	0,06	0,10	0,02	0,03	0,04
Cu	0,02	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01
Mn	0,40	0,27	0,54	0,12	0,09	0,15
Fe	0,59	0,65	1,04	0,32	0,46	0,46
Al	4,33	4,91	3,66	1,22	1,08	1,98

A tendência de aumento na EUN partindo da mata de galeria em direção ao cerrado, como foi levantada no início deste trabalho, pode ser sustentada, mas com ressalvas. Primeiramente, não é possível tirar conclusões a respeito da região instituída como borda, pois esta apresentou valores distintos. Não há característica física que defina a borda como zona de transição (valores intermediários) entre as duas fitofisionomias; esta pode, alternadamente, se aproximar mais do cerrado ou da mata de galeria, ou ainda superar ambos ambientes. Ocorrem variações pontuais ao longo do gradiente que não devem ser relevadas quando se avalia a transição entre dois ambientes distintos, pois apenas Ca através da serapilheira foliar e da miscelânea (Figura 4.25 e 4.29) apresentou mudanças gradativamente uniformes e nítidas quando se percorre de um extremo a outro das fitofisionomias.

A EUN medida a partir da serapilheira foliar em relação a P e K (Figura 4.24) e Ca e Mg (Figura 4.25) aumentou ao longo do gradiente de mata de galeria e cerrado; enquanto que para a fração miscelânea a EUN foi maior para N (Figura 4.28), Ca e Mg (Figura 4.29). Os demais casos não apresentaram a mesma tendência, como a situação de N na serapilheira foliar (Figura 4.24), P e K na miscelânea (Figura 4.28). Quanto aos micronutrientes e Al (Figura 4.26, 4.27, 4.28 e 4.31) não foi observado padrão nítido que

exibisse tendência de aumento na EUN ao longo da transição estudada, partindo-se da mata de galeria em direção ao cerrado.

A alta eficiência na utilização de Zn e Cu (Figura 4.26 e 4.30), cujos valores encontrados foram os maiores dentre todos os nutrientes analisados, justifica-se pela baixa concentração desses elementos nos solos de Cerrado (Lopes, 1980), refletindo também adaptações às perdas anuais e poder de reutilização. Taxas semelhantes de eficiência no aproveitamento desses nutrientes foram encontrados por Caldeira *et al.* (2005), avaliando três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), em Butiá, RS.

O resultado da EUN toma a direção oposta das concentrações de nutrientes na serapilheira, uma vez que esta razão equivale justamente ao inverso da concentração de nutrientes nas folhas senescentes e demais órgãos vegetais descartados, indicando o quanto a planta produziu de matéria seca por unidade de nutriente. Isto significa que o nutriente mais bem aproveitado pela planta apresentará menor concentração na serapilheira e para um ambiente de menor fertilidade, como no caso do cerrado, esta razão deverá ser supostamente maior.

No entanto, antes dessas afirmações há premissas importantes que devem ser levadas em consideração. Primeiramente, espécies nativas de cerrado são adaptadas a solos de baixa fertilidade, logo investem menor quantidade de nutrientes e carboidratos para a produção de biomassa aérea em comparação às espécies florestais (Hoffmann, 2005), refletindo em baixas concentrações de nutrientes na serapilheira acumulada sob o solo de cerrado. Antes que uma unidade de determinado nutriente seja liberada no ecossistema deve-se entender que esta percorre várias vias metabólicas pelos tecidos vegetais. De acordo com Berendse e Aerts (1987), há dois componentes relevantes no que diz respeito à EUN: o tempo de residência do nutriente na planta, que reflete a estratégia de retenção desse elemento no tecido vegetal e, a produtividade do nitrogênio, associada à rápida estratégia de crescimento. Finalmente, Knops *et al.* (1997) contrapõem os conceitos anteriores de Vitousek (1982; 1984), argumentando que não há indicativos de que a EUN seja maior em ambientes nutricionalmente pobres, pois análises estatísticas demonstraram existir

forte correlação entre habitats de média e alta fertilidade com a razão de biomassa seca por unidade de nutriente na serapilheira, ou seja, a própria EUN.

Conforme a análise do gradiente edáfico, foi possível perceber que de modo geral os aspectos de fertilidade do solo na porção de cerrado diferenciaram-se da mata de galeria, apresentando menores teores nutricionais para a maioria dos elementos investigados. Entretanto, o comportamento observado para os teores de Ca e Mg (Figura 4.5) mostram que o cerrado estudado consiste num caso particular, à exceção da maioria dos solos de cerrado sentido restrito cujas concentrações de nutrientes essenciais normalmente são encontradas em baixos níveis, mas suficientes para manter aquele tipo de vegetação (Malavolta e Kliemann, 1985). A variação espacial para os teores de Ca e Mg indicam que o estado nutricional atual dentro de cada fitofisionomia é heterogêneo, o que confere a presença de trechos de maior fertilidade no ambiente de cerrado.

Diante do exposto, deve-se assumir que o método aqui empregado para medir a EUN ao longo da transição ao nível de ecossistema com base no monitoramento da serapilheira carece de estudos complementares como, por exemplo, a medição das taxas de retranslocação de nutrientes ao nível de espécie que pode ser obtida a partir de folhas maduras ou mesmo em outros órgãos de armazenamento, indicando a mobilidade dos nutrientes no floema (Cuevas e Lugo, 1998).

Além do aprofundamento ao nível de espécie, observações do ponto de vista fenológico também se tornam relevantes. Aerts (1996) analisou mecanismos de conservação de nutrientes utilizando dados comparativos de diferentes estudos contendo informações sobre espécies de árvores e arbustos, decíduos e perenes. O autor verificou pequenas diferenças na eficiência de retranslocação entre grupos de espécies decíduas e de perenes, sendo que as concentrações de nitrogênio e fósforo na serapilheira foliar são muito maiores no primeiro grupo em relação ao segundo. Dessa forma, as baixas concentrações de nutrientes nas folhas senescentes das espécies perenes, em comparação às decíduas, seria um mecanismo muito mais funcional para a conservação de nutrientes do que o gasto energético com a retranslocação para este grupo fenológico.

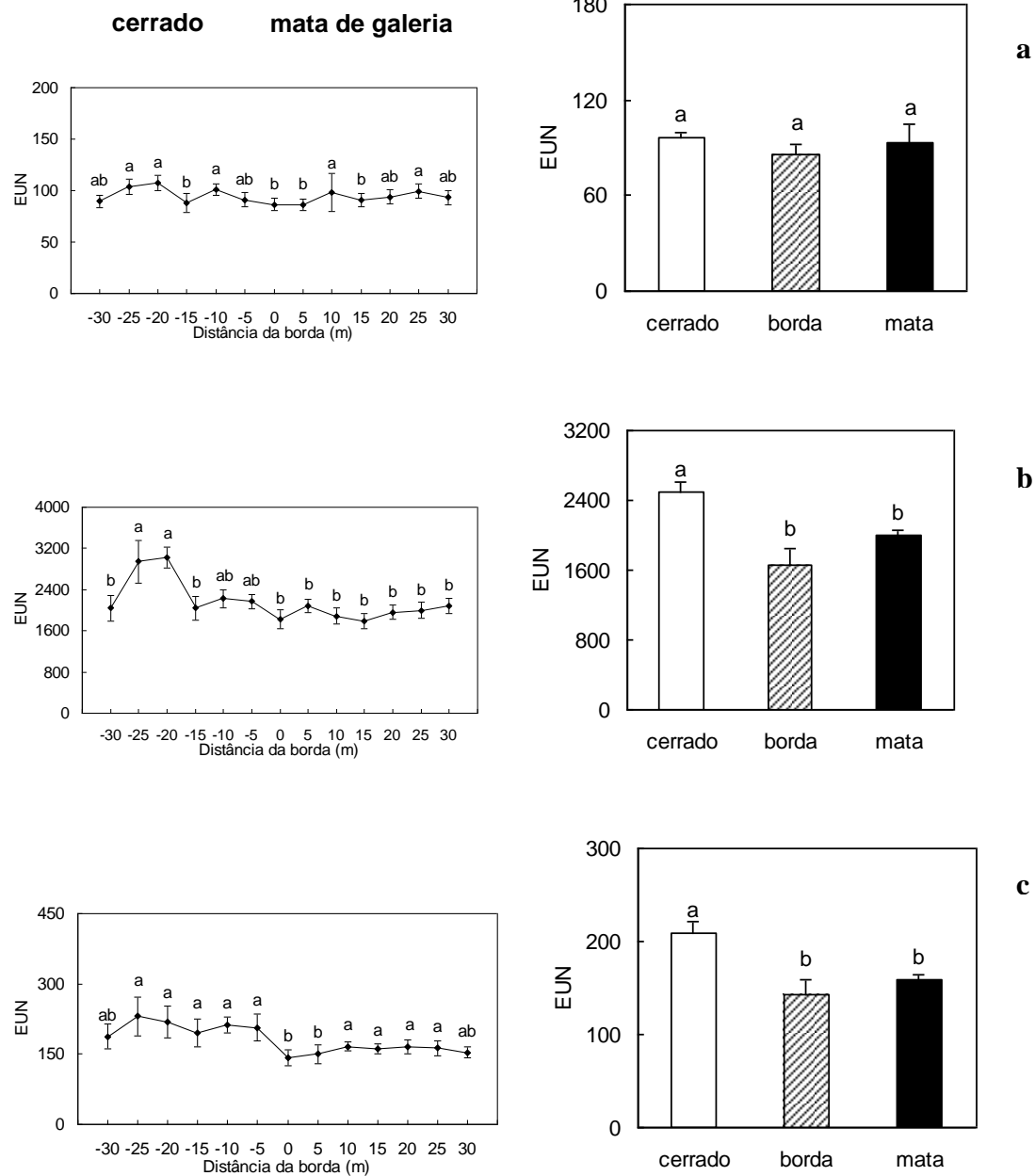


Figura 4.24 - Eficiência do uso de (a) N, (b) P e (c) K na serapilheira foliar ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

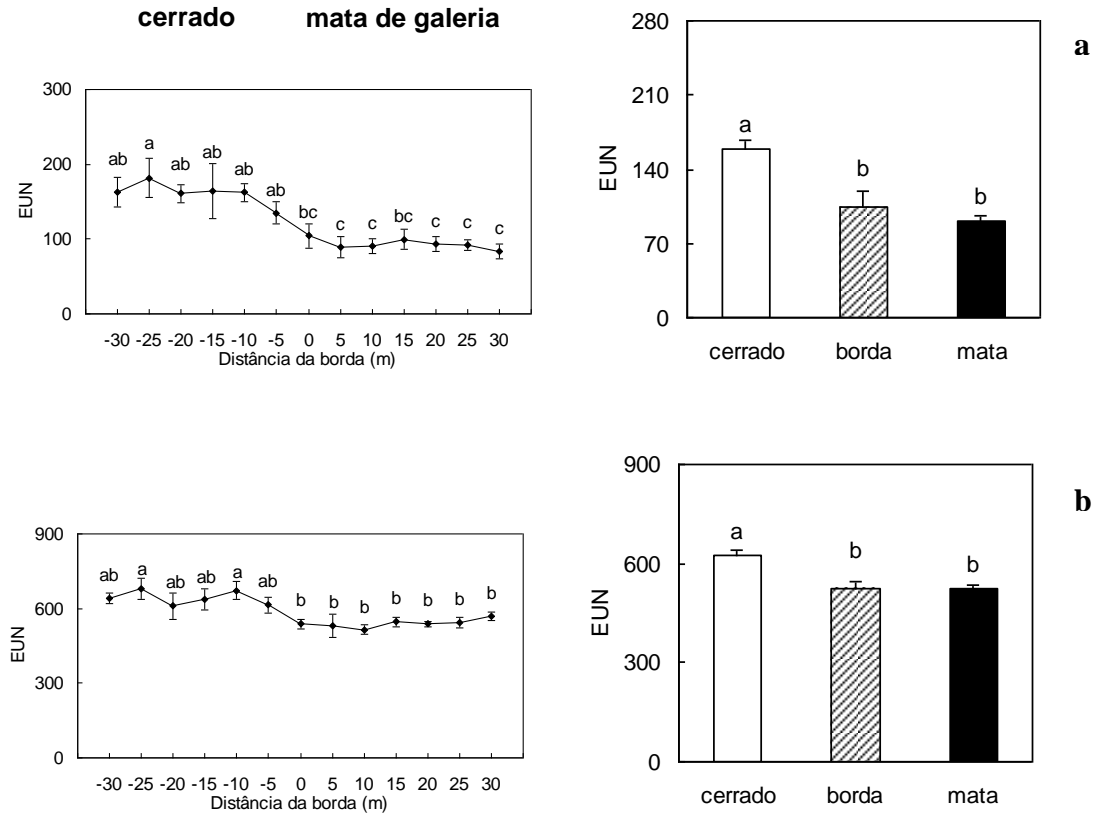


Figura 4.25 - Eficiência do uso de (a) Ca e (b) Mg na serapilheira foliar ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

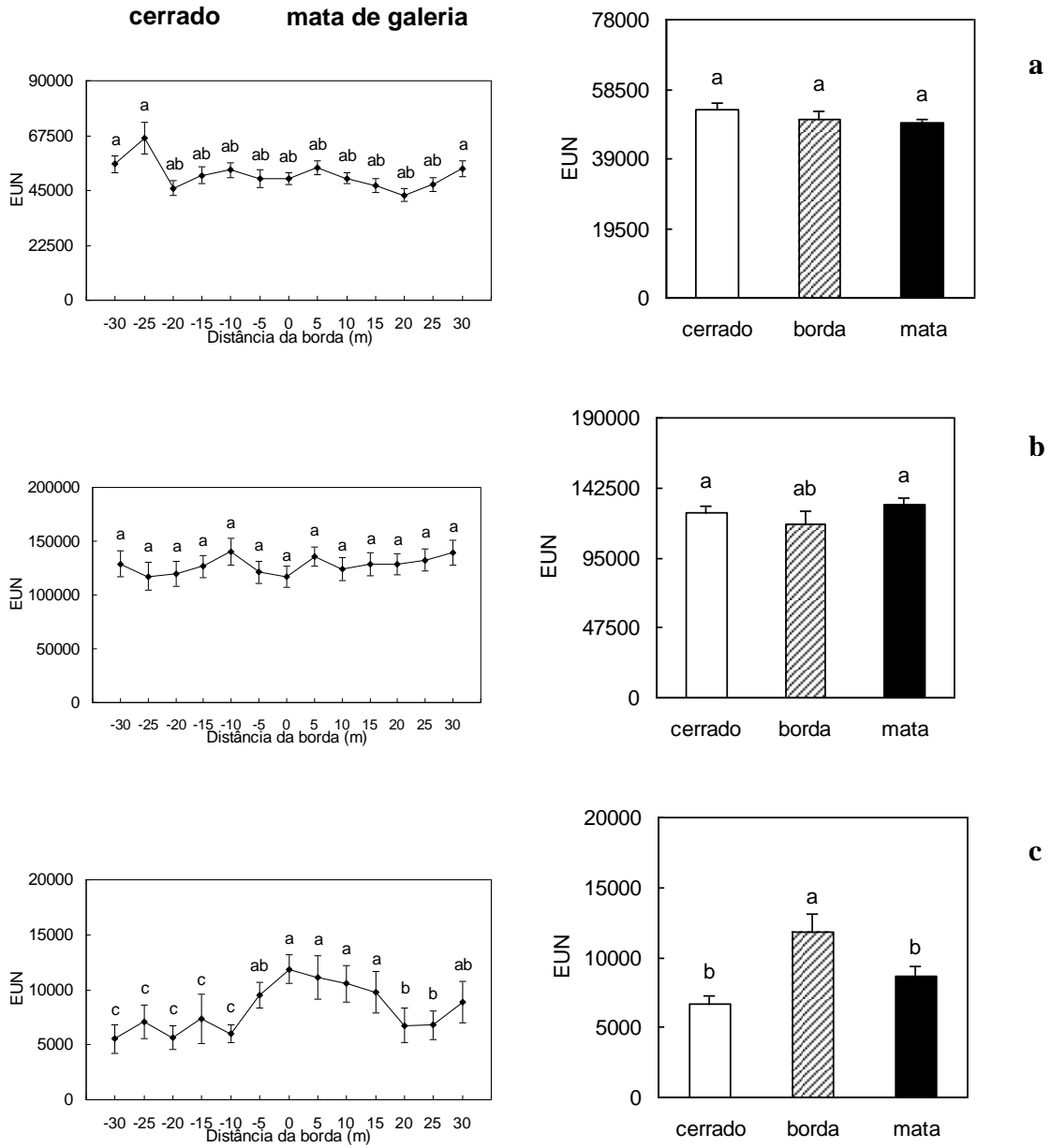


Figura 4.26 - Eficiência do uso de (a) Zn, (b) Cu e (c) Mn na serapilheira foliar ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

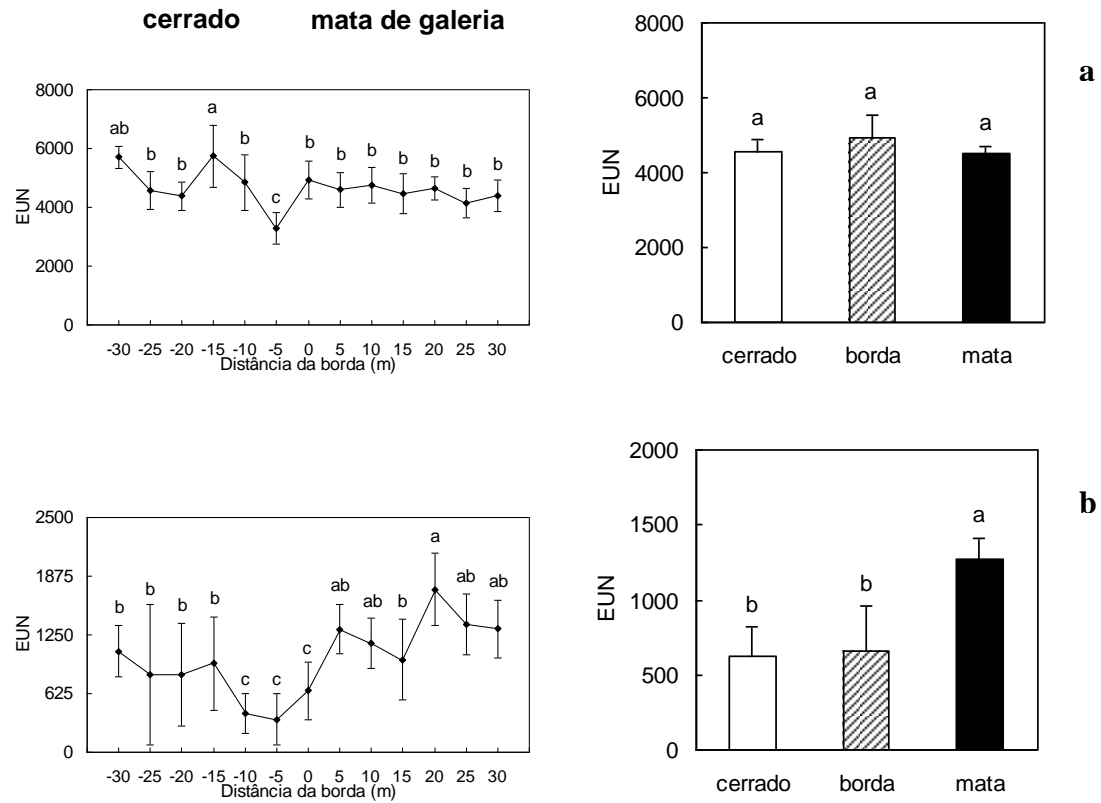


Figura 4.27 - Eficiência do uso de (a) Fe e (b) Al na serapilheira foliar ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

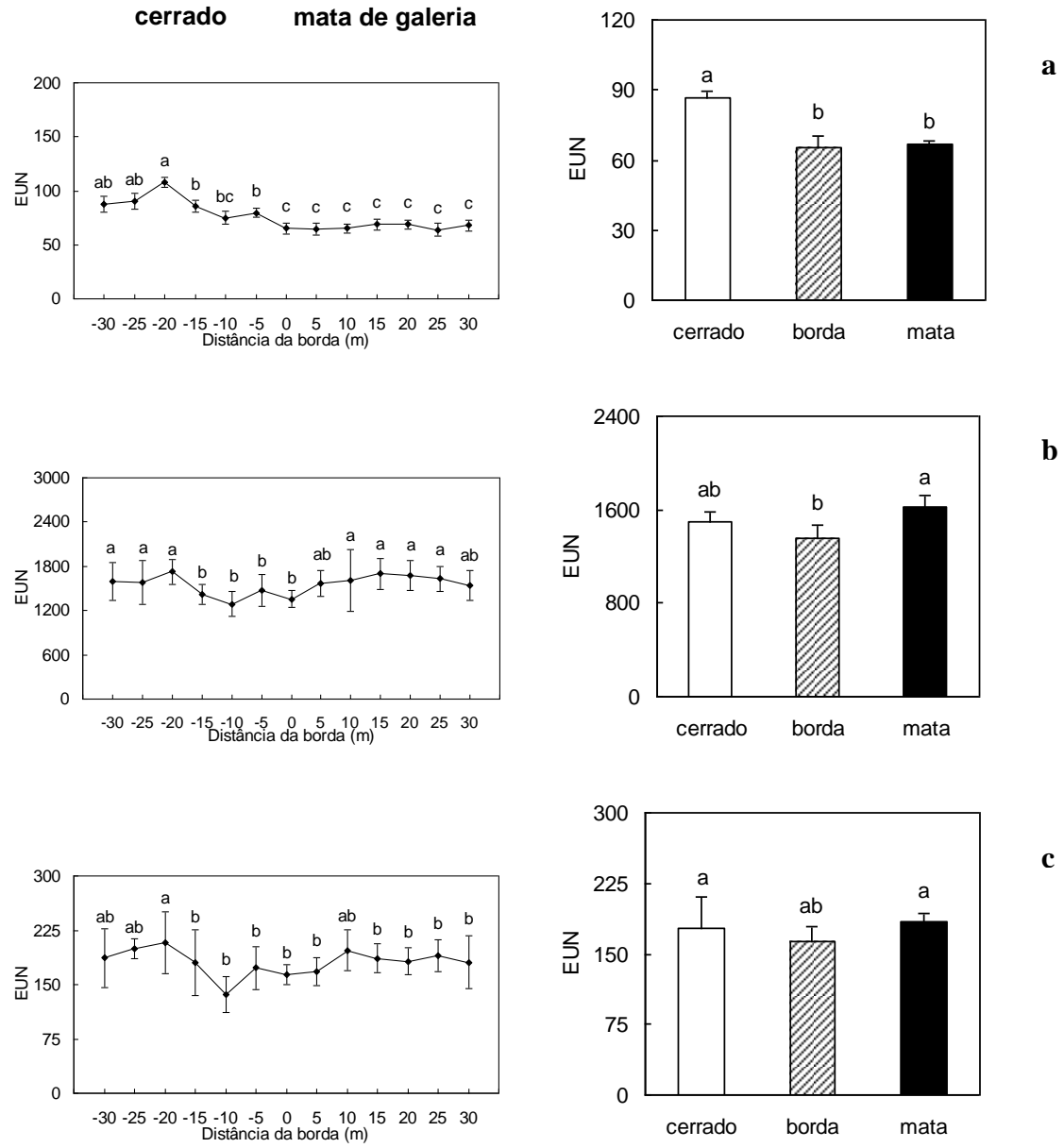


Figura 4.28 - Eficiência do uso de (a) N, (b) P e (c) K na miscelânea ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

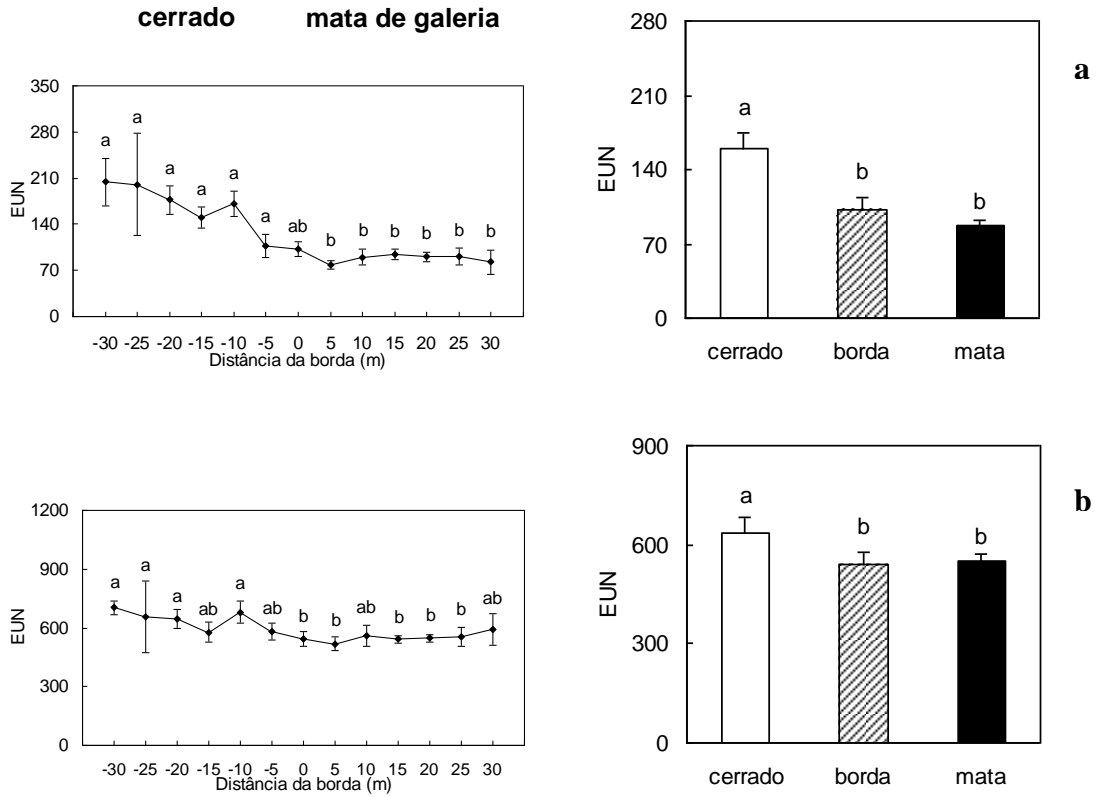


Figura 4.29 - Eficiência do uso de (a) Ca e (b) Mg na miscelânea ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

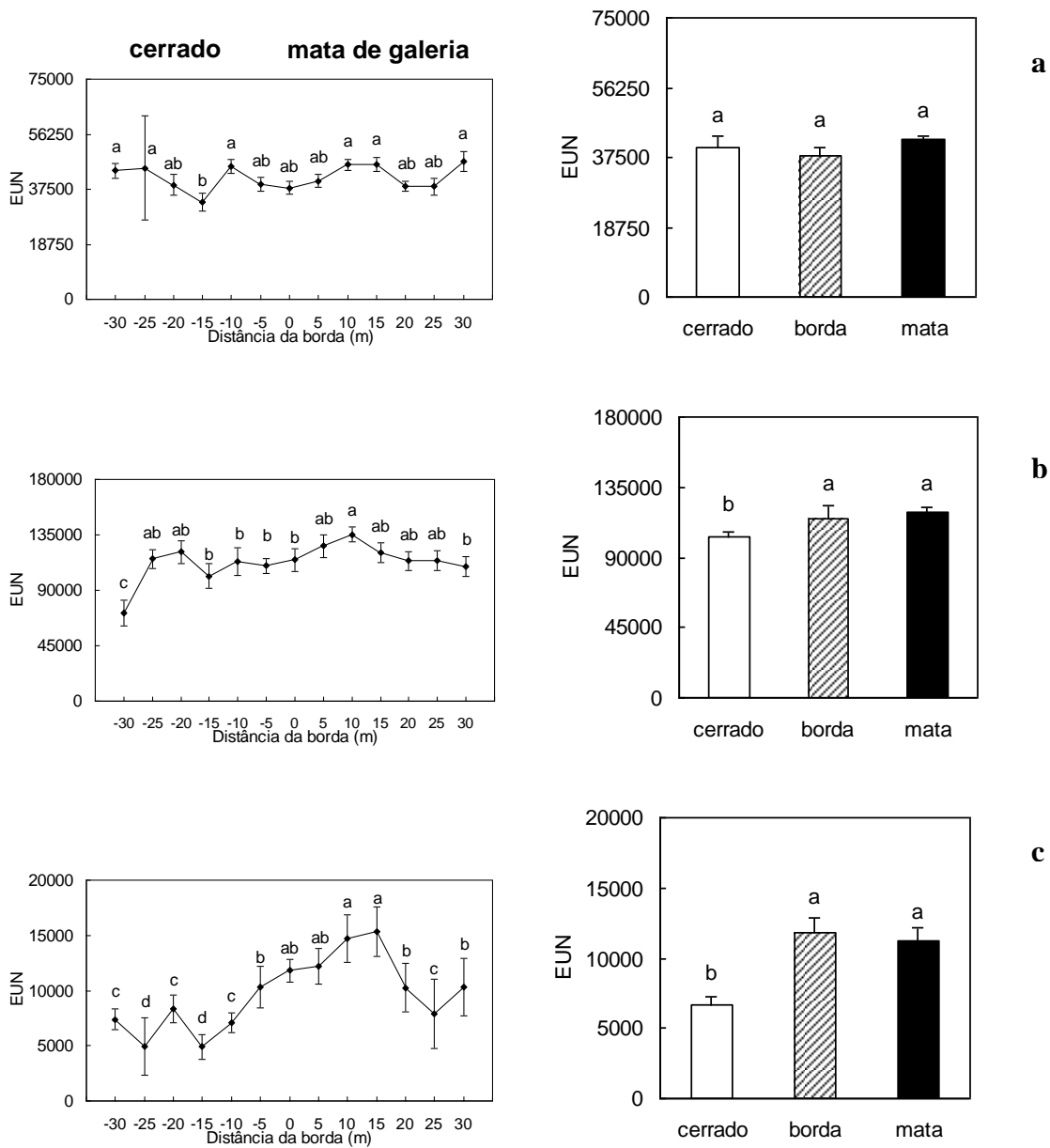


Figura 4.30 - Eficiência do uso de (a) Zn, (b) Cu e (c) Mn na miscelânea ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

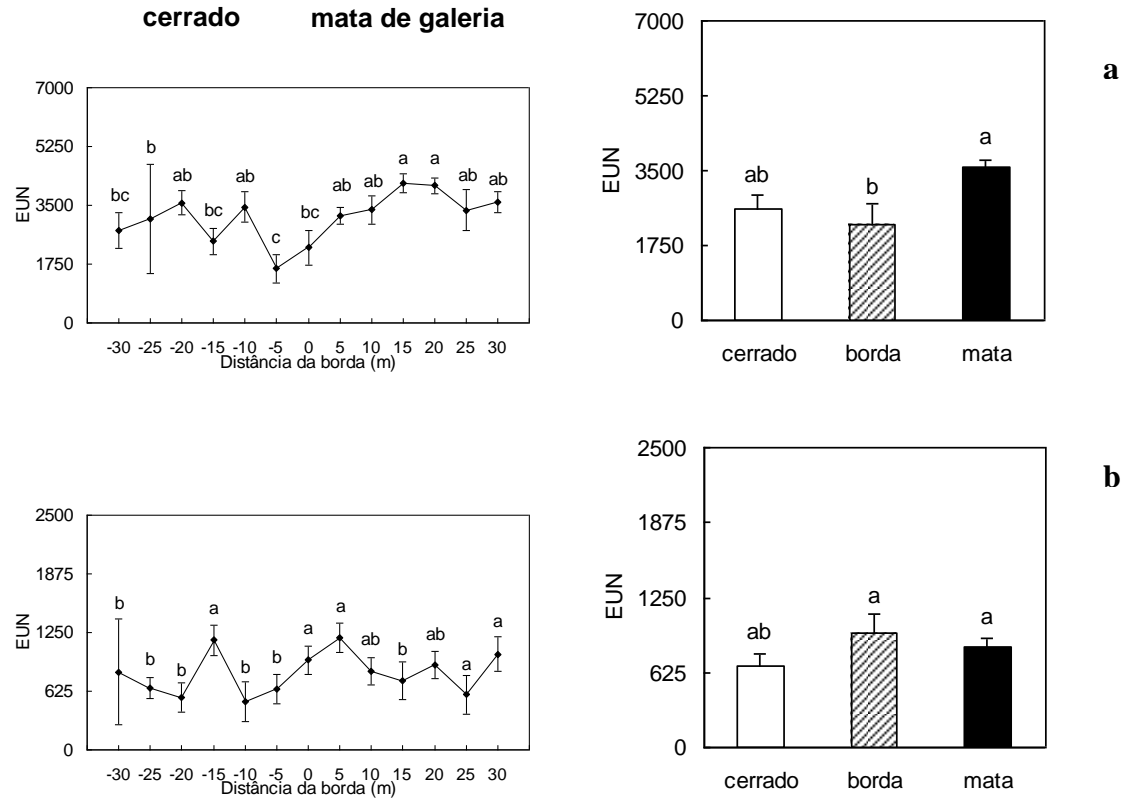


Figura 4.31 - Eficiência do uso de (a) Fe e (b) Al na miscelânea ao longo do gradiente de cerrado e mata de galeria do córrego Roncador, Reserva Ecológica do IBGE. Barras representam os erros-padrão das médias. Valores seguidos por letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

5 - CONCLUSÕES

A avaliação da produção anual de serapilheira evidenciou diferenças significativas para a produtividade ecossistêmica entre a floresta e o cerrado. A produção de biomassa exibiu pico de queda de folhas e miscelânea no período seco. A utilização do índice de área foliar (IAF) como parâmetro para medir a cobertura arbórea definiu bem a interrupção do dossel florestal.

O levantamento florístico do estrato arbóreo e as análises de distribuição espacial da vegetação permitiram observar a presença de algumas espécies típicas de mata de galeria colonizando o ambiente de cerrado e, raramente, foi observada a situação de espécies de cerrado presentes na mata de galeria.

Em relação à caracterização do gradiente edáfico, foi possível observar redução significativa da disponibilidade de N, Ca e Mg e dos teores de carbono orgânico, da mata de galeria em direção ao cerrado. A concentração de K, Ca e Mg na serapilheira foliar e de N, Ca e Mg na fração miscelânea, diminuiu do ambiente florestal em direção à formação aberta de cerrado. A EUN foi maior para estes nutrientes, inclusive para P na serapilheira foliar, da mata de galeria em direção ao cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aerts, R. (1996). "Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns?" In: *Journal of Ecology*, 84, 597-608.
- Aerts, R. e Chapin, F.S. (2000). "The Mineral Nutrition of Wild Plants Revisited: A Re-evaluation of Processes and Patterns." In: *Advances in Ecological Research*, 30, 1-67.
- Allen, S.E. (1989). *Chemical analysis of ecological materials*, 2.ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Araújo, J.F. de e Haridasan, M. (2007). "Relação entre deciduidade e concentrações foliares de espécies lenhosas do cerrado." In: *Revista Brasileira de Botânica*, 30(3), 533-542.
- Arunachalam, A., Arunachalam, K., Pandey, H.N., Tripathi, R.S. (1998). "Fine litterfall and nutrient dynamics during forest regrowth in the humid subtropics of north-eastern India." In: *Forest Ecology and Management*, 110, 209-219.
- Berendse, F. e Aerts, R (1987). "Nitrogen use efficiency: a biologically meaningful definition?" In: *Functional Ecology*, 1, 293-296.
- Brady, N.C. e Weil, R.R. (1996). *The Nature and Properties of Soils*. 19. ed. Prentice Hall, New Jersey. 739p.
- Bray, J.R. e Gorham, E. (1964). "Litter production in forests of the world." In: *Advances in Ecological Research*, 2, 101-157.
- Bridgham, S.D., Pastor, J., McClaugherty, C.A. e Richardson, C.J. (1995). "Nutrient-use efficiency: a litterfall index, a model, and a test along a nutrient-availability gradient in North Carolina peatlands." In: *The American Naturalist*, 145, 1-21.
- Caldeira, M.V.W., Neto, R.M.R., Schumacher, M.V. (2004). "Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)." In: *Revista Árvore*, 28(1), 39-47.
- Cianciaruso, M.V., Pires, J.S.R., Delitti, W.B.C. e Silva, E.F.LP. (2006). "Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil." In: *Acta Botânica Brasílica*, 20, 49-59.
- Cole, M.M. (1992). "Influence of physical factors on the nature and dynamics of forest-savanna boundaries." In: Furley, P.A., Proctor, J. and Ratter, J.A. (eds.). *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman and Hall, London, 63-76.

- Collins, N.M. (1977). "Vegetation and litter production in Southern Guinea Savanna, Nigeria". In: *Oecologia*, 28, 163-175.
- Corrêa, J.R., Haridasan, M., Reatto, A., Martins, E.S., Walter, B.M.T. (2001). "Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em Matas de Galeria na região do Cerrado: uma revisão." In: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L., Souza-Silva, J.C. (eds.). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de galeria*. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF.
- Cuevas, E. e Lugo, A.E. (1998). "Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of ten tropical tree plantation species." In: *Forest Ecology and Management*, 112, 263-279.
- Davidson, E.A. e Howarth, R.W. "Nutrients in synergy." (2007). In: *Nature*, 449(25), 1000-1001.
- Dias, H.C.T., Figueira, M.C., Silveira, V., Fontes, M.A.L., Oliveira-Filho, A.T. de e Scolforo, J.R.S. (2002). "Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG." In: *Cerne*, 8(2), 1-16.
- Dias, H.C.T. e Oliveira-Filho, A.T. de. (1997). "Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG." In: *Revista Árvore*, 21(1), 11-26.
- Domingos, M., Moraes, R.M., Vuono, Y.S., Anselmo, C.E. (1997). "Produção de serapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP." In: *Revista Brasileira de Botânica*, 20(1), 91-96.
- Durigan, G. e Ratter, J.A. (2006). "Successional changes in Cerrado and Cerrado/Forest Ecotonal vegetation in Western São Paulo State, Brazil, 1962-2000." In: *Edinburgh Journal of Botany*, 63(1), 119-130.
- Eiten, G. (1972). "The Cerrado vegetation of Brazil." In: *Botanical Review*, 38, 201-341.
- Eiten, G. (1984). "Vegetation of Brasilia." In: *Phytocoenologia*, 12, 271-292.
- Eiten, G. (1990). "Vegetação do Cerrado." In: Pinto, M.N. (coord.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*, 1.ed., Editora UnB/ SEMATEC, Brasília, 9-65.
- Eiten, G. (1994). "Vegetação do Cerrado." In: Pinto, M.N. (coord.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*, 2.ed., Editora UnB/ SEMATEC, Brasília, 17-73.

- Elser, J.J., Bracken, M.E.S., Cleland, E.E., Gruner, D.S., Harlope, W.S., Hillebrand, H., Ngai, J.T., Seabloom, E.W., Shurin, J.B. e Smith, J.E. (2007). "Global analysis of nitrogen and phosphorous limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems." In: *Ecology Letters*, 10, 1-8.
- Embrapa (1997). *Manual de métodos de análises do solo*. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, Rio de Janeiro.
- Facelli, J.M. e Pickett, S.T.A. (1991). "Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure." In: *The Botanical Review*, 57(1), 1-32.
- Felfili, J.M e Silva-Júnior, M.C. da. (1992). "Floristic composition, phytosociology and comparison of cerrado and gallery forests at Fazenda Água Limpa, Federal District, Brazil." In: Furley, P.A.; Proctor, J.; Ratter, J.A. (eds.). *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman and Hall, London, 393-415.
- Felfili, J.M., Carvalho, F.A., Libano, A.M., Venturoli, F., Pereira, B.A.S. (2007). *Análise Multivariada em estudos de vegetação*. UnB, Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 60p.
- Fonseca, M.S. de e Silva-Júnior, M.C. da. "Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF." In: *Acta Botânica Brasílica*, 18(1), 19-29.
- Franco A.C. (2002). "Ecophysiology of wood plants." In: Oliveira, P.S. e Marquis, R.J. (eds.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York, 178-197.
- Franco A.C., Bustamante, M., Caldas, L.S., Goldstein, G., Meinzer, F.C., Kozovits, A.R., Rundel, P. e Coradin, V.T.R. (2005). "Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit." In: *Trees Structure and Function*, 19, 326–335.
- Furley, P. (1992). "Edaphic changes at the forest-savanna boundary with particular reference to the neotropics" In: Furley, P.A., Proctor, J. and Ratter, J.A. (eds.). *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman and Hall, London, 91-117.
- Furley, P. (1996). "The influence of slope on the nature and distribution of soils and plant communities in the central Brazilian cerrado." In: Anderson, M.G. and Brooks, S. (eds.). *Advances in hillslope processes*. Chinchester, Wiley, 1, 327-346.
- Furley, P. (1999). "The nature and diversity of neotropical savanna vegetation." In: *Global Ecology and Biogeography*, 8(3-4), 223-241.

- Gauch, H.G. (1982). "Multivariate analysis in community ecology." Cambridge University Press, Cambridge, UK. 298p.
- Goodland, R. e Pollard, R. (1973). "The Brazilian Cerrado Vegetation: A Fertility Gradient" In: *The Journal of Ecology*, 61(1), 219-224.
- Haridasan, M. (1992). "Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities in central Brazil." In: Furley, P.A., Proctor, J. and Ratter, J.A. (eds.). *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman and Hall, London, 171-184.
- Haridasan, M., Pinheiro, A.A.M.C., Torres, F.R.R. (1997). "Resposta de algumas espécies do estrato rasteiro de um cerrado à calagem e à adubação." In: Leite, L.L. e Saito, C.H. (eds.). *Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado*. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 87-91
- Haridasan, M. (1998). "Solos de mata de galeria e nutrição mineral de espécies arbóreas em condições naturais." In: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L. da e Sousa-Silva, J.C. (eds.). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de galeria*. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF. 164p.
- Haridasan, M. (2000). "Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado." In: *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(1), 54-64.
- Haridasan, M. (2001). "Nutrient cycling as a functional of landscape and biotic characteristics in the cerrado of central Brazil." In: McClain, M.E., Victoria, R.L. and Richey, J.E. (eds.). *Biogeochemistry of the Amazon basin and its role in a changing world*. Oxford University Press, New York, 68-83.
- Henriques, R.P.B. (2004). "Análise fitossociológica em vegetação de cerrado sensu stricto em um gradiente topográfico no Brasil Central." In: *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, 13, 61-84.
- Hoffmann, W.A. (2005). Ecologia comparativa de espécies lenhosas de cerrado e de mata. In: Scariot, A., Sousa-Silva, J.C. e Felfili, J.M. (orgs.). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 155-165.
- Hoffmann, W.A., Orthen, B., Nascimento, P.K.V. do. (2003). "Comparative fire ecology of tropical savanna and forest trees." In: *Functional Ecology*, 17, 720-726.
- Hoffmann, W.A., Orthen, B. e Franco, A.C. (2004). "Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savanna-forest boundary." In: *Oecologia*, 140, 252-260.

- Hoffmann, W.A., Silva, E.R., Machado, G.C., Bucci, S.J., Scholz, F.G., Goldstein, G., Meinzer, F.C. (2005). "Seasonal leaf dynamics across a tree density gradient in a Brazilian savanna." In: *Oecologia*, 145, 307-316.
- Hopkins, B. (1992). "Ecological processes at the forest-savanna boundary." In: Furley, P.A., Proctor, J. and Ratter, J.A. (eds.). *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman and Hall, London, 21-33.
- Kauffman, J.B., Cummings, D.L. e Ward, D.E. (1994). "Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado." In: *Journal of Ecology*, 82, 519-531.
- Kent, M. e Coker, P. (1992). *Vegetation Description and Analysis*. 1.ed. Belhaven Press, Reino Unido, 363p.
- Knops, J.M.H., Koenig, W.D. e Nash, T.H. (1997). "On the relationship between nutrient use efficiency and fertility in forest ecosystems." In: *Oecologia*, 110, 550-556.
- König, F.G., Brun, E.J., Schumacher, M.V., Longhi, S.J. (2002). "Devolução de nutrientes via serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria, RS." In: *Brasil Florestal*, 74, 45-52.
- Kozovits, A.R., Bustamante, M.M.C., Garofalo, C.R., Bucci, S., Franco, A.C., Goldstein, G., Meinzer, F.C. (2007). "Nutrient resorption and patterns of litter production and decomposition in a Neotropical Savanna." In: *Functional Ecology*, 21(6), 1034-1044.
- Lenza, E. e Klink, C.A. (2006). "Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF." In: *Revista Brasileira de Botânica*, 29(4), 627-638.
- Lima, M. das G.C.F. (1995). "Hidrografia." In: *Zoneamento Ambiental da Bacia do Córrego Taquara - DF. vol. 2*. Diretoria de Geociências do Centro-Oeste - DIGEO/GO, Goiânia, GO, p.165-181.
- Longman, K.A. e Jeník, J. (1992). "Ecological processes at the forest-savanna boundary." In: Furley, P.A., Proctor, J. and Ratter, J.A. (eds.). *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman and Hall, London, 3-33.
- Lopes, A.S. (1980). *Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo*. Instituto Potassa e Fosfato, Piracicaba, SP. 162p.
- Luizão, F.J. e Schubart, H.O.R. (1986). "Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central." In: *Acta Limnológica Brasileira*, 1, 575-600.

- Malavolta, E. e Kliemann, H.J. (1985). *Desordens nutricionais no Cerrado*. POTAFOS, Piracicaba, SP, 136p.
- Marimon-Júnior, B.H. (2007). *Relação entre diversidade arbórea e aspectos do ciclo biogeoquímico de uma floresta monodominante de Brosimum rubescens Taub. e uma floresta mista no leste mato-grossense*. Tese de Doutorado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 253p.
- Martins, S.V. e Rodrigues, R.R. (1999). “Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP.” In: *Revista Brasileira de Botânica*, 22, 405-412.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva-Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S., Nogueira, P.E. (2008). “Flora vascular do bioma Cerrado: um ‘checklist’ com 12.356 espécies.” In: *Cerrado: ecologia e flora*. vol. 2. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, p.421-442.
- Mesquita, R.C.G., Workman, S.W., Neely, C.N. (1998). “Slow litter decomposition in a *Cecropia* dominated secondary forest of central Amazonia” In: *Soil Biology & Biochemistry*, 30, 167-175.
- Moraes, R.M. de, Delitti, W.B.C. e Vuono, Y.S. (1999). “Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests.” In: *Revista Brasileira de Botânica*, 22(1), 1-11.
- Moreira, P.R., Silva, O.A. da. (2004). “Produção de serapilheira em área reflorestada.” In: *Revista Árvore*, 28(1), 49-59.
- Moreno, M.I.C. (2005). *Estado nutricional de espécies lenhosas e disponibilidade de nutrientes no solo e na serapilheira em diferentes fitofisionomias do cerrado na região do Triângulo mineiro*. Tese de Doutorado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 109p.
- Nardoto, G.B., Bustamante, M.M. da C., Pinto, A.S. e Klink, C.A. (2006). “Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire.” In: *Journal of Tropical Ecology*, 22, 191-201.
- Norman, J.M. e Campbell G.S. (1989). “Canopy Structure.” In: Pearcy R.W., Ehleringer J., Mooney H.A. and Rundel P.W. (eds). *Plant Physiological Ecology: Field methods and instrumentation*. Chapman e Hall, London and New York, 301-325.
- Oliveira-Filho, A.T., Shepherd, G.J., Martins, F.R. e Stubblebine, W.H. (1989). “Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil” In: *Journal of Tropical Ecology*, 5, 413-431.

- Oliveira-Filho, A.T. e Ratter, J.A. (1995). "A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns." In: *Edinburgh Journal of Botany*, 52, 141-194.
- Oliveira-Filho, A.T. e Ratter, J.A. (2002). "Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome." In: Oliveira, P.S. e Marquis, R.J. (eds.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York, 91-120.
- Oliveira, S.A., Mesquita-Filho, M.V., Souza, A.F. e Fontes, R.R. (2000). *Análises químicas de solo e de calcário para fins de fertilidade do solo*. Editora Universidade de Brasília. Textos Universitários, UnB/EMBRAPA, Brasília, 31p.
- Pagano, S.N. e Durigan, G. (2000). Aspectos da ciclagem de nutrientes em Matas Ciliares do oeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: Rodrigues, R.R. e Leitão-Filho, H.F. (eds.). *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. Editora da USP/FAPESP, São Paulo, 109-123.
- Parrón, L.M. (2004). *Aspectos da ciclagem de nutrientes em função do gradiente topográfico, em uma mata de galeria no Distrito Federal*. Tese de Doutorado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 181p.
- Peres, J.R.R., Suhett, A.R., Vargas, M.A.T. e Drozdowicz, A. (1983). "Litter production in areas of Brazilian 'Cerrados'." In: *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18(9), 1037-1043.
- Pinheiro, M.H.O. e Monteiro, R. (2006). "Contribution of Forest Species to the Floristic Composition of a Forested Savanna in Southeastern Brazil." In: *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(5), 763-744.
- Pires, L.A., Britez, R.M., Martel, G., Pagano, S.N. (2006). "Produção, acúmulo e decomposição de serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil." *Acta Botânica Brasílica*, 20, 173-184.
- Ratter, J.A. (1992). "Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil." In: Furley, P.A., Proctor, J. and Ratter, J.A. (eds.). *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman and Hall, London, 417-430.
- Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. (2001). *Biologia Vegetal*. Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ, 906p.
- Reatto, A., Correia, J.R. e Spera, S.T. (1998) "Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos." In: Sano, S.M. e Almeida, S.P. (eds.). *Cerrado: ambiente e flora*. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, 46-86.

- RECOR - RESERVA ECOLÓGICA DO IBGE. Caracterização dos solos. Disponível em: <<http://www.recor.org.br/cerrado/caracterizacao.html>>. Acesso em: 30/10/2007.
- Reiners, W.A. (1972). "Nutrient content of canopy throughfall in three Minnesota forests." In: *Oikos*, 23, 14-22.
- Resende, J.C.F. (2001). *A ciclagem de nutrientes em áreas de cerrado e a influência de queimadas controladas*. Tese de Doutorado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 121p.
- Ribeiro, J.F. e Walter, B.M.T. (2001). "As Matas de galeria no contexto do bioma Cerrado." In: Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T. e Sousa-Silva, J.C. (eds.). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de galeria*. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, 29-47.
- Rodell, C.F. (1977). "A grasshopper model for a grassland ecosystem." In: *Ecology*, 58(2), 228-245.
- Rodrigues, W.A., Klinge, H., Fittkau, E.J. (2000). "Estrutura e funcionamento de um ecossistema florestal amazônico de terra firme junto à Reserva Florestal Walter Egler, município de Rio Preto da Eva, Amazonas, Brasil." In: *Acta Biológica Paraense*, 29(1-4), 219-243.
- Sala, O.E. e Austin, A.T. (2000). "Methods of Estimating Aboveground net Primary Productivity." In: Sala, O.E., Jackson, R.B., Mooney, H.A. and Howarth, R.W. (eds.). *Methods in Ecosystem Science*. Springer, New York, Berlin, Heidelberg, 31-43.
- Sampaio, A.B., Walter, B.M.T. e Felfili, J.M. (2000). "Diversidade e distribuição de espécies arbóreas em duas Matas de Galeria na micro-bacia do Riacho Fundo, Distrito Federal." In: *Acta Botânica Brasílica*, 14(2), 197-214.
- Santos, S.L. dos e Válio, I.F.M. (2002). "Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in a Southeast Brazilian Tropical Forest." In: *Revista Brasileira de Botânica*, 25(1), 89-92.
- Schiavini, I. (1983). *Alguns aspectos da ciclagem de nutrientes em uma área de cerrado (Brasília, DF): chuva, produção e decomposição de liter*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília, 86p.
- Scott, D.A., Proctor, J., Thompson, J. (1992). "Ecological studies on a lowland rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling." In: *Journal of Ecology*, 80, 705-717.

- Silva-Júnior, M.C. da. (1995). "Tree communities of the gallery forests of the IBGE Ecological Reserve, Federal District, Brazil". PhD Thesis, University of Edinburgh, Scotland. 257p.
- Silva-Júnior, M.C. da. (2001). "Comparação entre matas de galeria no Distrito Federal e a efetividade do código florestal na proteção de sua diversidade arbórea." In: *Acta Botânica Brasílica*, 15(1), 139-146.
- Silva-Júnior, M.C. da. (2005). *100 Árvores do Cerrado: guia de campo*. Rede de Sementes do Cerrado, Brasília, 278p.
- Silva-Júnior, M.C. da, Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Nogueira, P.E., Resende, A.V.; MORAIS, R.O., Nóbrega, M.G. (2001). "Análise da flora arbórea de matas de galeria do Distrito Federal: 21 levantamentos." In: Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T. e Sousa-Silva, J.C. (eds.). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de galeria*. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, 143-191.
- Silva, C.J. da, Sanches, L., Bleich, M.E., Lobo, F. de A., Nogueira, J. de S. (2007). "Produção de serapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro." In: *Acta Amazônica*, 37(4), 543-548.
- Silva, L.C.R. (2007). *Dinâmica de transição e interação entre fitofisionomias florestais e formações vegetacionais abertas do bioma cerrado*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 168p.
- Silva, L.C.R., Sternberg, L., Haridasan, M., Hoffmann, W.A., Miralles-Wilhelm, F., Franco, A.C. (2008). "Expansion of gallery forests into central Brazilian savannas." In: *Global Change Biology*, 14, 1-11.
- Silva, M.R.S.S. da S. (2004). *Produção de serapilheira, biomassa e diversidade de comunidades bacterianas do solo em áreas de Cerrado sob diferentes usos e manejos*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 77p.
- Souza, V. C. e Lorenzi, H. (2008). *Botânica sistemática: guia ilustrado para a identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II*. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP, 2.ed. 704p.
- Veneklaas, E.J. (1991). "Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia." In: *Journal of Tropical Ecology*, 7, 319-336.
- Vital, A.R.T., Guerrini, I.A., Franken, W.K. e Fonseca, R.C.B. (2004). "Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária." In: *Revista Árvore*, 28(6), 793-800.

- Vitousek, P.M. (1982). "Nutrient cycling and nutrient use efficiency." In: *American Naturalist*, 119, 553-572.
- Vitousek, P.M. (1984). "Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests." In: *Ecology*, 65, 285-298.
- Vitousek, P.M. e Sanford, R.L. Jr. (1986). "Nutrient Cycling in Moist Tropical Forest." In: *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 137-167.
- Vorobeichik, E.L. (1997). "On the methods for measuring forest litter thickness to diagnose the technogenic disturbance ecosystems." *Russian Journal of Ecology*, 28, 230-234.
- Werneck, M. de S., Pedralli, G., Gieseke, L.F. (2001). "Produção de serapilheira em trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG." In: *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, 24(2), 195-198.
- Xiong, S. e Nilsson, C. (1997). "Dynamics of leaf litter accumulation and its effects on riparian vegetation: a review." In: *The Botanical Review*, 63, 240-264.