

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

POSSÍVEIS DESTINOS DO CARBONO DA
SERRAPILHEIRA NO ECÓTONO CERRADO-PANTANAL

ANDRÉ LUIZ MARTINS

Orientador: **PROF. DR. FRANCISCO DE ALMEIDA LOBO**

Coorientadora: **PROF^a DR^a CARMEN EUGENIA RODRÍGUEZ ORTÍZ**

Cuiabá, MT

Julho de 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

POSSÍVEIS DESTINOS DO CARBONO DA
SERRAPILHEIRA NO ECÓTONO CERRADO-PANTANAL

ANDRÉ LUIZ MARTINS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Física Ambiental.

Orientador: **PROF. DR. FRANCISCO DE ALMEIDA LOBO**

Coorientadora: **PROF^a DR^a CARMEN EUGENIA RODRÍGUEZ ORTÍZ**

Cuiabá, MT
Julho de 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M386p Martins, André Luiz.
POSSÍVEIS DESTINOS DO CARBONO DA SERRAPILHEIRA NO
ECÓTONO CERRADO-PANTANAL / André Luiz Martins. -- 2017
115 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Francisco de Almeida Lobo.

Co-orientadora: Carmen Eugenia Rodriguez Ortiz.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Inflamabilidade de serrapilheira. 2. grau do risco de incêndios. 3. estoque de carbono e nitrogênio no solo. 4. teor de umidade da serrapilheira. 5. índice de seca. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: POSSÍVEIS DESTINOS DO CARBONO DA SERRAPILHEIRA
NO ECÓTONO CERRADO-PANTANAL**

AUTOR: ANDRÉ LUIZ MARTINS

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 12 de julho de 2017, pela comissão julgadora:



Prof. Dr. Francisco de Almeida Lobo
Orientador
Faculdade de Agronomia e Zootecnia/UFMT



Prof. Dr. Thiago Rangel Rodrigues
Examinador Interno
Programa Nacional de Pós Doutorado PNPd/CAPES



Profa. Dra. Carmen Eugenia Rodríguez Ortíz
Coorientadora
Instituto de Biociências/UFMT



Profa. Dra. Isabela Codolo de Lucena
Examinadora Externa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
de Mato Grosso/IFMT



Profa. Dra. Carla Maria Abido Valentini
Examinadora Externa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso/IFMT

DEDICATÓRIA

Àqueles que sempre me fizeram
Acreditar no amor incondicional
Meus filhos, Otávio, João Heitor,
Miguel, minha esposa Damary
e minha mãe Valdelice.

AGRADECIMENTOS

- Ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental pela confiança e apoio na pesquisa realizada.
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa concedida.
- Ao professor Francisco de Almeida Lobo, por todos os ensinamentos durante os sete anos em que estive na Pós-Graduação em Física Ambiental.
- À professora Carmen E. R. Ortíz pelos ensinamentos e paciência, e por dedicar parte seu tempo com esse trabalho.
- A todos os professores que contribuíram para minha formação enquanto profissional.
- Aos colegas da turma de doutorado e do laboratório em Fisiologia Vegetal, por compartilharem seus conhecimentos.
- À minha querida esposa Damary e filhos João Heitor e Miguel Luís, pela paciência e carinho nos momentos que estive distante de nossa família.
- Aos amigos Magdiel, Fernando Sallo, Simone e o Robson, que me ajudaram nas coletas de serrapilheira no campo.
- Ao meu filho Otávio pelo companheirismo e dedicação nos trabalhos de campo na Fazenda Miranda.
- Aos membros da banca pelas sugestões que contribuíram para meu crescimento profissional.
- Ao Cesário e a Soilce, pessoas de suma importância na secretaria do programa que sempre me auxiliaram.
- Ao Professor Dr. Clovis Miranda por permitir que este estudo fosse conduzido em sua propriedade.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	XII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo Geral.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 HIPÓTESES.....	3
2 MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA LOCAL.....	4
2.1.1 Características do local	8
2.2 PRODUÇÃO MENSAL DA SERRAPILHEIRA	11
2.3 SERRAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO	12
2.3.1 Teor de carbono e nitrogênio da serrapilheira.....	13
2.3.2 Taxa de decomposição	14
2.4 ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO	15
2.6 INFLAMABILIDADE DA SERRAPILHEIRA ACUMULADA.....	15
2.6.1 Teor de umidade da serrapilheira.....	17
2.7 FÓRMULA DE MONTE ALEGRE.....	18
2.8 FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA (FMA^+).....	19
2.8.1 Índice de seca	20

2.8.2 Focos de calor	21
2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1 MICROCLIMA LOCAL	22
3.2 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA ANUAL.....	23
3.3 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA MENSAL.....	26
3.3.1 Teor de carbono e nitrogênio da serrapilheira produzida e acumulada	30
3.3.1 Qualidade da serrapilheira por meio da relação C e N.....	33
3.3.2 Teor de C e N na serrapilheira produzida e acumulada anual.....	35
3.3.3 Taxa de retorno de nutrientes via serrapilheira.....	37
3.3.4 Constante de decomposição e balanço de massa da serrapilheira.....	40
3.3.5 Frações da serrapilheira produzida e acumulada	44
3.3.6 Dinâmica de queda de folhas em função da precipitação	48
3.3.7 Dinâmica de queda de folhas em função da umidade relativa do ar....	50
3.4 ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO	52
3.5 ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CO ₂ VIA SERRAPILHEIRA ACUMULADA TOTALMENTE QUEIMADA.....	55
3.6 INFLAMABILIDADE DA SERRAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO	56
3.6.1 Correlação das variáveis micrometeorológicas com focos de calor.....	64
3.6.2 Teor de umidade da serrapilheira acumulada sobre o solo	64
3.6.3 Teor de umidade do solo.....	66
3.7 CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIOS	67

3.7.1 Probabilidade de ocorrência de incêndios.....	67
3.7.2 Probabilidade de ocorrência e propagação de incêndios.....	68
3.7.3 Classificação mensal da probabilidade de ocorrência de incêndio	69
3.7.4 Índice de seca do ecossistema.....	70
3.7.5 Focos de calor no Brasil, em Mato Grosso e na Baixada Cuiabana	72
3.7.6 Correlação entre a serrapilheira acumulada e focos de calor	76
4 DISCUSSÃO	78
4.1 DINÂMICA DA PRODUÇÃO E ACUMULADO DE SERRAPILHEIRA..	78
4.2 DINÂMICA DO CARBONO E NITROGÊNIO.....	81
5 CONCLUSÃO	83
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do Brasil, Mato Grosso com localização da área de estudo em Cuiabá.	4
Figura 2. Evapopluviograma relacionando evapotranspiração potencial e precipitação pluvial. Série histórica com médias mensais da estação meteorológica Padre Ricardo Remetter em Santo Antonio do Leverger no período de 1960 a 2016.	6
Figura 3. Torre micrometeorológica instalada na Fazenda Miranda.	7
Figura 4. Fitofisionomias de Cerrado.	9
Figura 5. Classificação de fertilidade do solo e influência do fogo das fitofisionomias de Cerrado.	10
Figura 6. Mapa das cidades que constitui a Baixada Cuiabana em Mato Grosso.	10
Figura 7. Cesto coletor da produção de serrapilheira na Fazenda Miranda.	12
Figura 8. Coletor do estoque de serrapilheira quadrado.	13
Figura 9. Queima da serrapilheira acumulada sobre o solo.	16
Figura 10. Câmeras de imagem térmica da série T da FLIR.	18
Figura 11. Média (+ DP) da serrapilheira produzida e acumulada sobre o solo na Fazenda Miranda durante o período de outubro de 2014 a setembro de 2016.	26
Figura 12. Plano cartesiano composto pela serrapilheira acumulada e produzidas nas cinco fitofisionomias selecionadas na Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2015. (1°) Alta produção e alto acúmulo, (2°) alta produção e baixo acúmulo, (3°) baixa produção e baixo acúmulo, (4°) baixa produção e alto acúmulo. A linha cheia na horizontal é a média de produção e a linha cheia na vertical é a média do acúmulo.	28
Figura 13. Plano cartesiano composto pela serrapilheira acumulada e produzidas nas cinco fitofisionomias selecionadas na Fazenda Miranda no período de outubro	

de 2014 a setembro de 2015. (1°) Alta produção e alto acúmulo, (2°) alta produção e baixo acúmulo, (3°) baixa produção e baixo acúmulo, (4°) baixa produção e alto acúmulo. A linha cheia na horizontal é a média de produção e a linha cheia na vertical é a média do acúmulo. 29

Figura 14. Médias (\pm DP) do teor de C da produção de serrapilheira (A), do teor de N da produção de serrapilheira (B), do teor de C da serrapilheira acumulada sobre o solo (C), do teor de N da serrapilheira acumulada sobre o solo (D), do teor de C da folha (E) e do teor de N da folha (F) para o período árido barra preta e para o período úmido barra cinza..... 32

Figura 15. Médias mensais da constante de decomposição da serrapilheira das fitofisionomias avaliadas durante o período de outubro de 2014 a setembro de 2016..... 42

Figura 16. Médias mensais do balanço de massa da serrapilheira dos transectos avaliados durante o período de outubro de 2014 a setembro de 2016. 43

Figura 17. Frações da serrapilheira acumulada e da serrapilheira produzida em cada um dos transectos na Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016. 46

Figura 18. Produção média mensal de folha (PF) em função da precipitação (Ppt) nos transectos da Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016..... 49

Figura 19. Produção média mensal de folha (PF) em função da umidade relativa do ar (UR) nos transectos da Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016. 51

Figura 20. Regressão linear entre a intensidade do fogo pela carga de serrapilheira sobre o solo. 57

Figura 21. Imagens termais da queima da serrapilheira acumulada sobre o solo dos transectos avaliados na Fazenda Miranda.	60
Figura 22. Regressão linear entre carga de serrapilheira acumulada sobre o solo e as respectivas variáveis de inflamabilidade de tempo de ignição, de tempo de duração da chama, da velocidade de propagação e da altura da chama.....	61
Figura 23. Média com intervalo de confiança de 95 % das variáveis de inflamabilidade da serrapilheira, da altura da chama (cm), da carga de serrapilheira (kg.m^{-2}), do tempo da ignição (s), da taxa de propagação da queima (m.s^{-1}), do teor de umidade (%) e tempo de duração da chama (s); a linha cheia na horizontal é a média dos transectos da Fazenda Miranda.....	63
Figura 24. Média (\pm DP) do teor de umidade da serrapilheira acumulada sobre o solo nos transectos da Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.	66
Figura 25. Média (\pm DP) do teor de umidade do solo a 0,20 m de profundidade na Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.	67
Figura 26. Índice de perigo de ocorrência de incêndio florestal na Fazenda Miranda no período de abril de 2009 a setembro de 2016.....	68
Figura 27. Índice de perigo e propagação de incêndio florestal na Fazenda Miranda no período de abril de 2009 a setembro de 2016.....	69
Figura 28. Média mensal das classificações do grau do perigo de incêndio no período de 2009 a 2016 na Fazenda Miranda.	70
Figura 29. Precipitação quinzenal e da média quinzenal do índice de seca do ecossistema localizado na Fazenda Miranda no ano de 2011.....	71
Figura 30. Série histórica do acumulado anual e da média mensal com intervalo de confiança de 95 % dos dados de focos de calor nas cidades do Brasil no período de 1998 a 2016.....	72

Figura 31. Série histórica do acumulado anual e da média mensal com intervalo de confiança de 95 % dos dados de focos de calor nas cidades de Mato Grosso, no período de 1998 a 2016. 73

Figura 32. Série histórica do acumulado anual e da média mensal com intervalo de confiança de 95 % dos dados de focos de calor nas cidades da Baixada Cuiabana no período de 1998 a 2016. 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características estruturais das fitofisionomias do ecótono Cerrado-Pantanal com médias (\pm DP), incluindo diâmetro (d) e densidade de árvores (D.A), índice de área foliar (IAF), cobertura de capim e espécies de árvores dominantes.	11
Tabela 2. Risco de Incêndio com os valores do Índice de Monte Alegre.	18
Tabela 3. Restrições ao somatório da FMA de acordo com a precipitação diária.	19
Tabela 4. Risco de Incêndio com os valores do Índice de Monte Alegre Alterada.	19
Tabela 5. Média (\pm DP) Evapotranspiração Potencial, dias com chuva e Precipitação Pluviométrica na Fazenda experimental da UFMT localizado na cidade de Santo Antonio do Leverger – MT. Série histórica de 1960 a 2016.	22
Tabela 6. Média (\pm DP) da serrapilheira produzida e acumulada sobre o solo nos transectos da Fazenda Miranda no período de outubro e 2014 a setembro de 2016.	25
Tabela 7. Média (\pm DP) da relação C/N da serrapilheira produzida e da serrapilheira acumulada e das folhas totalmente expandidas nas árvores entre os períodos árido e úmido na Fazenda Miranda.	34
Tabela 8. Média (\pm DP) do teor de carbono e de nitrogênio da serrapilheira nos períodos árido, úmido e anual na Fazenda Miranda.	36
Tabela 9. Taxa de decomposição (K) da serrapilheira, das folhas, dos galhos e outros e o tempo médio de renovação T(1/K) e tempo necessário para decomposição de 50 e 95% da serrapilheira, na Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.	38

Tabela 10. Percentual das frações de serrapilheira das produções e dos acumulados em cada um dos transectos na Fazenda Miranda, no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.	47
Tabela 11. Média com intervalo de confiança de 95 % da relação C/N em cada um dos transectos em quatro profundidades no solo da Fazenda Miranda.....	53
Tabela 12. Média (\pm DP) do estoque de carbono e do estoque de nitrogênio no perfil do solo dos cinco transectos da Fazenda Miranda.....	54
Tabela 13. Média (\pm DP) possibilidade de emissão de CO ₂ via serrapilheira acumulada sobre o solo.	56
Tabela 14. Média (\pm DP) da altura da chama e da intensidade do fogo entre os cinco transectos da Fazenda Miranda.	57
Tabela 15. Médias (\pm DP) da carga de serrapilheira acumulada sobre o solo (σ), do tempo de ignição (I), da velocidade de propagação (V), do teor de umidade da serrapilheira (Us), do tempo de queima total da serrapilheira (Tc) na Fazenda Miranda.	62
Tabela 16. Correlação linear de Pearson (r) entre o total mensal do número de focos de calor e a média mensal da velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar e a precipitação pluvial, o período de análise dos dados foi de outubro de 2014 a setembro de 2015 (r), e outubro de 2015 a setembro de 2016 (r').	64
Tabela 17. Valores médios anuais do número de focos de calor, valores médios para os períodos proibitivos e não proibitivo, nas cidades da Baixada Cuiabana nos anos de 1998 a 2016.	75
Tabela 18. Correlação entre o números de focos de calor da Baixada Cuiabana com a média da serrapilheira acumulada nas cinco fitofisionomias da Fazenda Miranda, no período de setembro de 2014 a outubro de 2016.....	77

RESUMO

MARTINS, A. L. **Possíveis destinos do carbono da serrapilheira no ecótono Cerrado-Pantanal.** Cuiabá, 2017, 97f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Considerando a conjuntura atual do mundo, em que a preocupação com o efeito estufa antrópico é determinante das políticas públicas do desenvolvimento das nações, o entendimento dos processos naturais que afetam o ciclo biogeoquímico do carbono é absolutamente indispensável. Como as fitofisionomias do Cerrado da Baixada Cuiabana apresentam grande variabilidade no acúmulo de serrapilheira sobre o solo, esse acúmulo revela e quantifica o quanto pode ser liberado de CO₂ em um eventual incêndio na superfície. Logo, o transecto de Campo Sujo produz um acúmulo de carbono em média 1,3 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ e pode liberar em torno de 5 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ de CO₂. Nesse sentido, o objetivo que se teve com o presente trabalho foi o de avaliar a dinâmica da produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira associada à sua contribuição com a matéria orgânica do solo e ao risco de queimada desta em uma área de ecótono, área de ecótono entre o Cerrado-Pantanal. Foram analisados cinco transectos com distintas fitofisionomias a saber: O Campo Sujo, o Cerrado *Stricto Sensu*, o Cambarazal, o Cerradão e uma Miscelânea de Cerrado. A serrapilheira produzida nos transectos avaliados apresentou aumento significativo no período árido, variando de 0,22 Mg.ha⁻¹.mês⁻¹ no Campo Sujo até 0,88 Mg.ha⁻¹.mês⁻¹ no Cerrado *Stricto Sensu*. Da mesma forma, o serrapilheira acumulada apresentou aumento significativo no período árido, variou de 5,74 Mg.ha⁻¹.mês⁻¹ no Campo Sujo a 14,42 Mg.ha⁻¹.mês⁻¹ no Cambarazal. A estimativa da produção anual de carbono via serrapilheira variou de 0,9 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Campo Sujo e de 4,3 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Cerrado *Stricto Sensu*. Da mesma forma, a estimativa da produção anual de nitrogênio via serrapilheira variou de 0,020 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Campo Sujo e de 0,12 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Cerradão, confirmando a hipótese de que na Baixada Cuiabana a serrapilheira acumulada contribui para o aumento do risco de incêndios. Observou-se com a Fórmula de Monte Alegre que acima de 86 % dos dias avaliados estão entre os graus de perigo médio, alto e muito alto. As estimativas da Fórmula de Monte Alegre na região caracterizam o local com risco de incêndios durante 313 dias do ano. Algumas situações nos transectos avaliados favoreceram a combustibilidade do material vegetal depositado sobre o solo. Observou-se quantidades elevadas de serrapilheira sobre o solo, e os índices de probabilidade de incêndios com classificações elevadas e extremas foi praticamente em todos os meses no ano, da mesma forma, o teor de umidade da serrapilheira acumulada sobre o solo apresentou valores inferiores à umidade de extinção em material vegetal, e o índice de seca no local corrobora o entendimento da maior combustibilidade nos meses de estiagem no local.

Palavras-chave: Inflamabilidade de serrapilheira, grau do risco de incêndios, estoque de carbono e nitrogênio no solo, teor de umidade da serrapilheira, índice de seca.

ABSTRACT

Martins, A. L. **Possible carbon sequestration destinations in the Cerrado-Pantanal ecotone.** Cuiabá, 2017, 97f. Thesis (Doctorate in Environmental Physic); Institute of Physic, Federal University of Mato Grosso.

Considering the current situation in the world, where the concern with the anthropic greenhouse effect is determinant of the public policies of the development of the nations, the understanding of the natural processes that affect the biogeochemical carbon cycle is absolutely indispensable. As the phytophysionomies of the Cerrado of Baixada Cuiabana show great variability in the accumulation of litter on the soil, this accumulation reveals and quantifies how much CO₂ can be released in an eventual fire on the surface. Therefore, the transect of Campo Sujo produces a cumulative of carbon in average 1,3 Mg.ha⁻¹.year⁻¹ and can release around 5 Mg.ha⁻¹.year⁻¹ of CO₂. In this sense, the objective of the present work was to evaluate the dynamics of the production, accumulation and decomposition of the litter associated to its contribution with the organic matter of the soil and to the risk of burning it in an area of ecotone, area of Between the Cerrado-Pantanal. Five transects with distinct phytophysionomies were analyzed: The Campo Sujo, the Cerrado *Stricto Sensu*, the Cambarazal, the Cerradão and a Cerrado Miscelanea. The litter produced in the transects evaluated presented a significant increase in the dry period, varying from 0,22 Mg.ha⁻¹.month⁻¹ in the Campo Sujo to 0,88 Mg.ha⁻¹.month⁻¹ in the Cerrado *Stricto Sensu*. Like wise, the accumulated litter presented a significant increase in the arid period, ranged from 5,74 Mg.ha⁻¹.month⁻¹ in the Campo Sujo to 14,42 Mg.ha⁻¹.month⁻¹ in Cambarazal. The estimated annual carbon production from litter ranged from 0,9 Mg.ha⁻¹.year⁻¹ in the Campo Sujo and 4,3 Mg.ha⁻¹.year⁻¹ in the Cerrado *Stricto Sensu*. Like wise, the estimated annual nitrogen production from the litter varied from 0,02 Mg.ha⁻¹.year⁻¹ in the Campo Sujo and 0,12 Mg.ha⁻¹.year⁻¹ in Cerradão, confirming the hypothesis that in the Baixada Cuiabana accumulated litter contributes to the increased risk of fires. It was observed with the Monte Alegre Formula that over 86% of the evaluated days are between the medium, high and very high degrees of danger. The estimates of the Monte Alegre Formula in the region characterize the location with fire risk during 313 days of the year. Some situations in the transects evaluated favored the combustibility of the plant material deposited on the soil. High litter levels were observed on the soil, and fire probability indexes with high and extreme ranks were practically every month of the year. Likewise, the moisture content of litter accumulated on the soil presented values lower than Moisture content in plant material, and the on-site dryness index corroborates the understanding of increased combustibility in the dry season.

Keywords: Litter flammability, fire risk, carbon and nitrogen content in soil, leaf litter content, dryness index.

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

O Território da Baixada Cuiabana divide-se em dois biomas, o Pantanal e o Cerrado. A pecuária de corte é a principal atividade econômica do Pantanal, sobretudo porque essa região possui extensas áreas de pastagens naturais que são favoráveis a esta atividade. O manejo das pastagens naturais é complexo e dinâmico, em razão da grande variedade de fitofisionomias, que variam espacial e temporalmente, principalmente em função das condições climáticas (SANTOS et al., 2008). Muitas dessas fitofisionomias são propensas a incêndios que podem ocorrer acidentalmente ou serem provocados por práticas de manejos inadequadas de queimada de pastagem (SORIANO et al., 2015).

Um bioma complexo como o Cerrado apresenta resultados diversos com relação ao ato de se queimar a vegetação. De acordo com a época do ano, os incêndios florestais pode causar a destruição de estruturas vegetativas ou reprodutivas de estruturas que variam conforme o estágio de desenvolvimento das árvores. Queimar uma planta quando está em floração tem efeito diferente de queimá-la quando já produziu seus frutos e dispersou suas sementes, assegurando a reprodução da espécie (COUTINHO, 1990). Desta maneira, queimadas frequentes, como acontecem na Baixada Cuiabana, podem reduzir substancialmente a manutenção e renovação do estratos arbóreo arbustivo. A intensidade e a propagação de um incêndio florestal estão diretamente ligadas à umidade relativa do ar, à temperatura do ar e à velocidade do vento. A utilização de dados meteorológicos é, portanto, vital para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais (NUNES et al., 2006). Além da influência do clima no aumento dos incêndios, outro fator importante é a grande quantidade de material combustível em algumas fitofisionomias que, associada à longa estiagem e a baixos índices de umidade relativa do ar, favorece a ocorrência de grandes incêndios (SORIANO et al., 2015).

1.2 JUSTIFICATIVA

O carbono proveniente do CO₂ atmosférico que é fixado pelas plantas pelo processo fotossintético serve como fonte energética e esqueleto carbônico para a síntese de todos os compostos estruturais e não estruturais delas. Uma vez incorporado nas moléculas constitutivas do material vegetal, esse carbono pode ter vários destinos, dentre os quais está seu retorno para a atmosfera como CO₂ proveniente da respiração do próprio vegetal, ou devido ao processo de decomposição da matéria orgânica presente na serrapilheira, ou ainda devido à queima intencional ou natural da serrapilheira ou da vegetação.

Considerando esses aspectos, transformar o carbono proveniente das plantas em estruturas estáveis que não retornem à atmosfera, ou pelo menos que o façam com dificuldade, é uma forma real de contribuir com o saldo positivo do enriquecimento atmosférico com O₂ e minimizar o efeito estufa antrópico devido ao CO₂.

Diante destas observações, pretendeu-se, nesta pesquisa, desenvolver um trabalho de avaliação da fixação de carbono na biomassa da serrapilheira e no solo, comparando-se diferentes fitofisionomias de um ecótono (Cerrado-Pantanal) numa mesma área experimental, uma vez que nos solos a dinâmica da matéria orgânica, e conseqüentemente do carbono, está relacionada à cobertura vegetal, condições climáticas, microbianas e edáficas.

Pretendeu-se também realizar alguns estudos de caso a fim de avaliar a serrapilheira como fonte de CO₂ pelo risco de queimadas, como fonte estável de carbono do solo que contribui com a ciclagem de nutrientes do solo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Identificar o potencial da serrapilheira na composição da matéria orgânica do solo e como fonte de material combustível de queimadas no ecótono entre o Cerrado e o Pantanal, na Baixada Cuiabana.

1.3.2 Objetivos Específicos

- (a) Analisar a dinâmica da produção, do acúmulo e da decomposição da serrapilheira em diferentes fitofisionomias no ecótono Cerrado-Pantanal.
- (b) Avaliar o grau de associação entre a serrapilheira acumulada e o teor de matéria orgânica do solo, bem como entre o teor de C e N da serrapilheira acumulada e do solo, em diferentes fitofisionomias no ecótono Cerrado-Pantanal.
- (c) Avaliar o grau de combustibilidade da serrapilheira acumulada e o risco de queimadas em diferentes fitofisionomias no ecótono Cerrado-Pantanal.

1.4 HIPÓTESES

- (a) Na Baixada Cuiabana, a serrapilheira produzida em Cerrado é altamente combustível e, dadas as circunstâncias favoráveis, o risco de queimadas é elevado.
- (b) Na área de estudo, apesar da taxa de produção da serrapilheira ser elevada, a taxa de decomposição também é elevada, e isso compromete o seu acúmulo.
- (c) A serrapilheira contribui com a formação da matéria orgânica do solo, e é responsável em parte pela ciclagem de nutrientes na área de estudo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Fazenda Miranda, no município de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil ($15^{\circ}43' S$ e $56^{\circ}04' O$), com altitude média de 157 m (**Figura 1**).

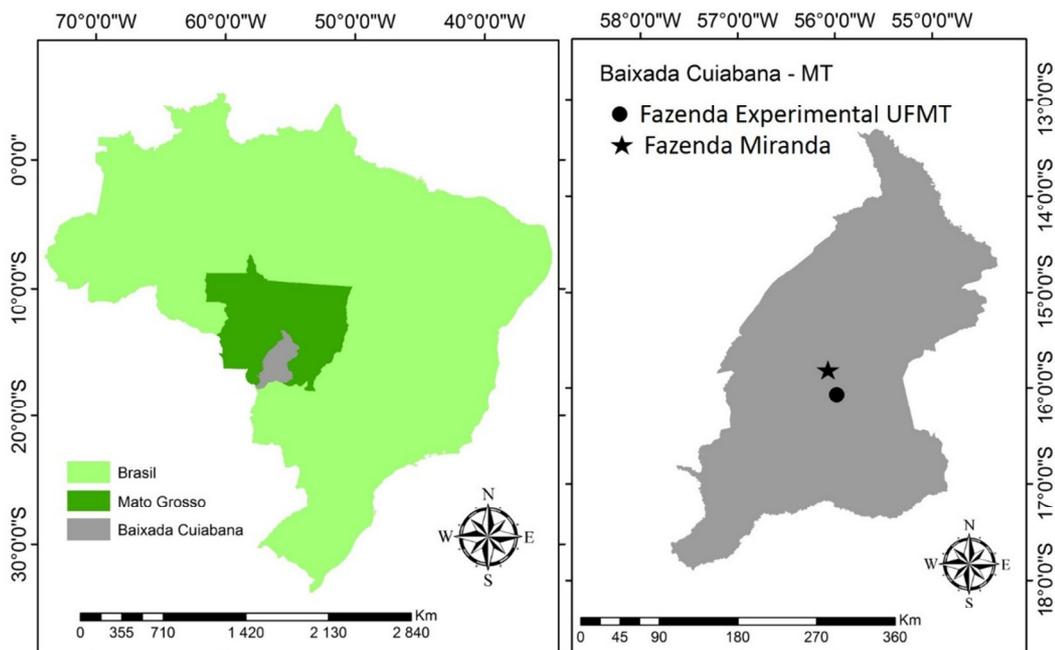


Figura 1. Mapa do Brasil, Mato Grosso com localização da área de estudo em Cuiabá.

2.1 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA LOCAL

De acordo com a classificação do Evapluviograma local, a região é caracterizada pelo clima árido, compreendido entre os meses de maio e setembro, clima úmido, compreendido entre dezembro e março, clima sub-úmido, nos meses de abril, outubro e novembro conforme apresentado na (**Figura 2**). A área experimental conta com uma torre micrometeorológica (**Figura 3**), com uma altura de 19 m de onde foram coletados os dados meteorológicos.

Os dados meteorológicos mensais para a classificação do clima local pelo Evapluviograma, foram coletados no site do INMET, na Estação Meteorológica convencional Padre Ricardo Remetter, localizada na Fazenda Experimental da

Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, situada no Município de Santo Antônio do Leverger - MT, nas coordenadas geográficas de 15° 47' S e 56° 04' O e altitude de 140 m acima do nível do mar, distante 33 km de Cuiabá - MT.

No período árido, o computo entre Ppt menos ETP gera um valor negativo, significando que o sistema está em déficit de água, porque a ETP apresentou valor muito superior à Ppt. Para o período úmido, o cômputo entre Ppt menos ETP gera um valor positivo, logo significando que há excedente de água no sistema, pois a Ppt foi superior à ETP no local em estudo, conforme a **Quadro 1**.

Quadro 1. Classificação microclimática por meio do Evapopluviograma local, em que a Precipitação (Ppt) e a Evapotranspiração Potencial (ETP).

Classificação	(Ppt/ETP)x100
Árido	0 a 25 %
Seco	25 a 50 %
Sub-úmido	50 a 100 %
Úmido	100 a 200 %
Super-úmido	200 a 400 %
Hiper-úmido	> 400 %

Fonte: Ometto, 1981.

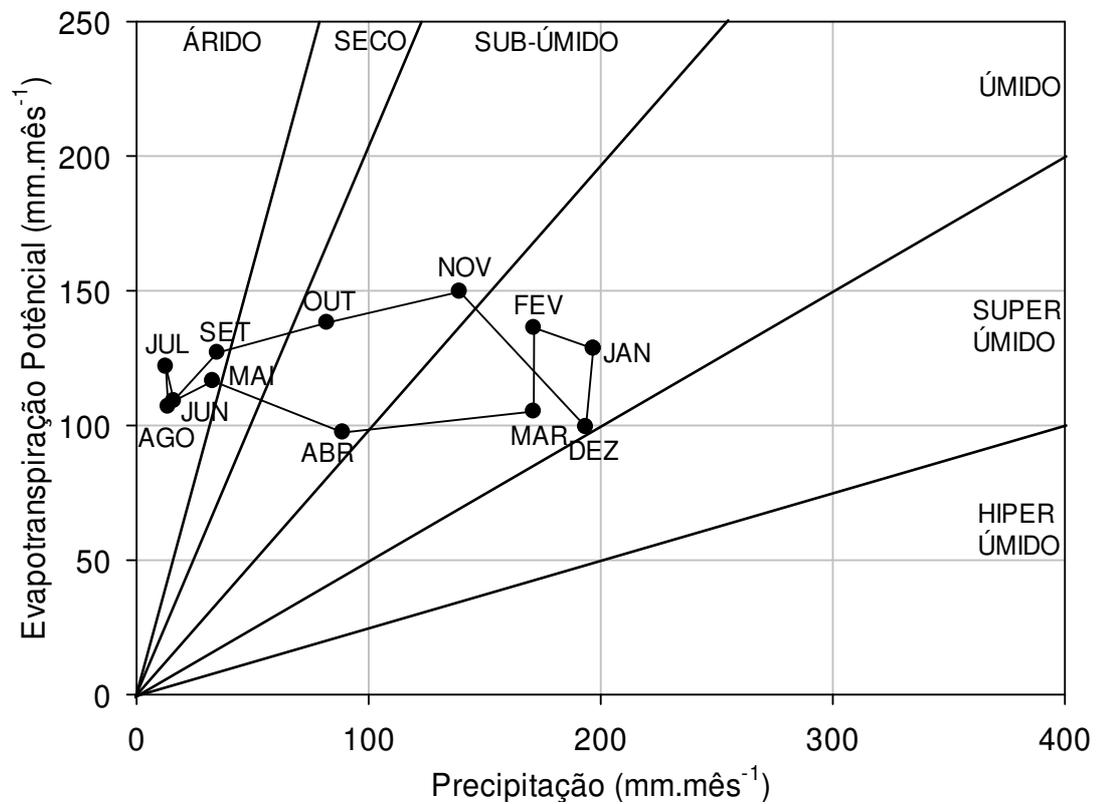


Figura 2. Evapotranspiração potencial e precipitação pluviométrica. Série histórica com médias mensais da estação meteorológica Padre Ricardo Remetter em Santo Antonio do Leverger no período de 1960 a 2016.



Figura 3. Torre micrometeorológica instalada na Fazenda Miranda.

A torre micrometeorológica permitiu a coleta de dados de variáveis climatológicas como a temperatura do ar, (T); umidade relativa do ar, (UR); velocidade do vento, (u); precipitação pluviométrica, (Ppt); umidade do solo, (q), fluxo de calor no solo, (G), provendo dados básicos para o confecção de climogramas do ecossistema local.

Os sensores da torre utilizados para o objetivo deste trabalho foram: termohigrômetro modelo HMP 45AC (Vaisala, Inc., Helsinki, Finland), para medir a temperatura e a umidade relativa do ar a 5 e 18 m de altura em relação ao nível do terreno; anemômetros de conchas modelo 03101-L Wind Sentry Anemometer (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA) para medir a velocidade do vento, instalados a 5 m de altura do solo; um pluviômetro de balsa modelo TR-525M Rainfall Sensor (Texas Eletrnics, Inc., Dallas, TX, USA), utilizado para medir a lâmina de chuva acumulada, um saldo radiômetro modelo NRLITE (Kipp e Zonen, The Netherlands) e um piranômetro modelo LI-

200X-L (LI-COR Biosciences, Inc., Lincon, NE, USA), instalados a 5 m de altura; A G foi medida próxima a torre micrometeorológica por uma placa de fluxo de calor modelo HFP01 (Rukseflux, Inc., The Netherlands) a 1 cm de profundidade.

O sistema de *eddy covariance* consiste num anemômetro-termômetro sônico 3-D (CSAT-3, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA) para medida das médias e flutuações da velocidade do vento e temperatura, e um analisador de gases ao infravermelho de caminho aberto (LI-7500, LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA), para medida das médias e flutuações de vapor d'água. Os sensores fazem medidas e armazenam dados a 10 Hz e foram orientados na direção média do vento. As médias dos fluxos foram feitas a cada 30 min e foram armazenadas e processadas utilizando um datalogger (CR1000, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA). As médias dos fluxos de *LE* e *H* foram obtidas calculando a covariância entre a flutuação da velocidade vertical do vento e a fração molar do vapor d'água e temperatura, respectivamente, ao longo de um intervalo de 30 min, seguindo uma rotação de coordenadas do vetor do vento (McMILLEN, 1988). Os fluxos de vapor d'água foram corrigidos por flutuações simultâneas, de acordo com (WEBB et al., 1980).

2.1.1 Características do local

A Fazenda Miranda está localizada em uma região de transição entre dois ecossistemas. Na área de transição (ecótono) entre Cerrado e Pantanal, encontra-se grande número de espécies e, por conseguinte, grande número de nichos ecológicos. As características singulares dos ecótonos fazem com que mereçam atenção especial de conservação, como pode-se observa na **Figura 5**. O ponto importante é o fato desse ecótono ter fragmentos característico da Baixada Cuiabana. A Fazenda contém vários fragmentos, mas foram escolhidos cinco fragmentos de tamanhos diferentes conforme apresentado na **Tabela 1**. O primeiro fragmento é o Cerradão está localizado em uma floresta de terras altas dominada por árvores altas 8 a 10 m, este tipo de floresta é encontrado em solos de fertilidade intermediária e baixa, com uma área de 4,73 ha; O segundo é o Cerrado *Stricto Sensu* é uma mistura de árvores característicos do Cerrado, que tem um dossel mais curto e aberto do que o cerradão, com altura das árvores de 5 a 8 m, e o fragmento com 3,78 ha; O terceiro é o Campo Sujo é uma pastagem

florestal mista que é dominada por gramíneas e as espécies arbóreas *C. americana* e *Diospyros hispida* A. DC. Este tipo de Cerrado a cobertura lenhosa é geralmente <30 a 40%, refletindo a maior importância das gramíneas, a área do fragmento é 5,14 ha; O quarto é a Miscelânea de Cerrado possui fragmentos denso por árvores de 4 a 6 m, e com áreas abertas dominadas por gramíneas e *C. americana*, o fragmento tem uma área de 10,35 ha; A quinta é o Cambarazal é uma floresta inundada sazonalmente como o Pantanal, e devido ao domínio das espécies arbóreas, *Vochysia divergens* Pohl (Cambará) com árvores de 20 m de altura, o que justifica o nome dado ao fragmento que tem uma área de 10,11 ha. A classificação das fitofisionomias para cada fragmentos dos transectos segue as características apresentadas na **Figura 4 e 5**.

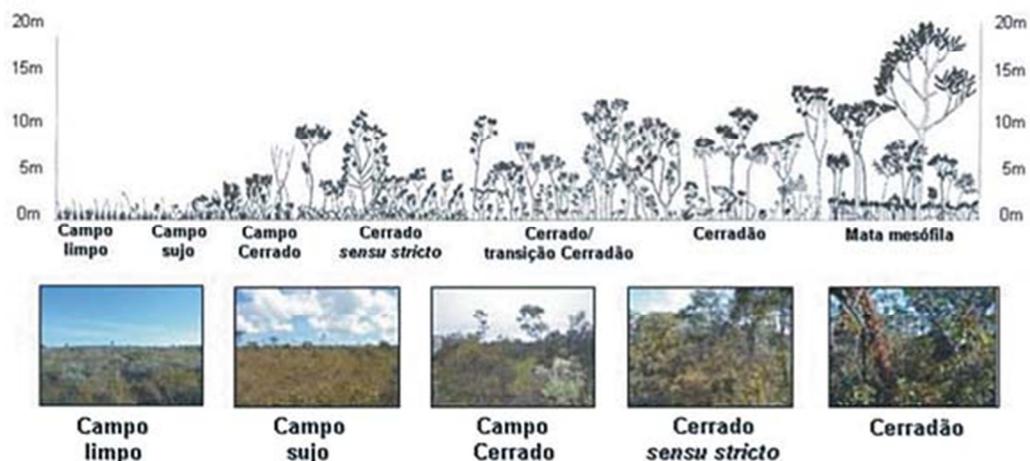


Figura 4. Fitofisionomias de Cerrado.

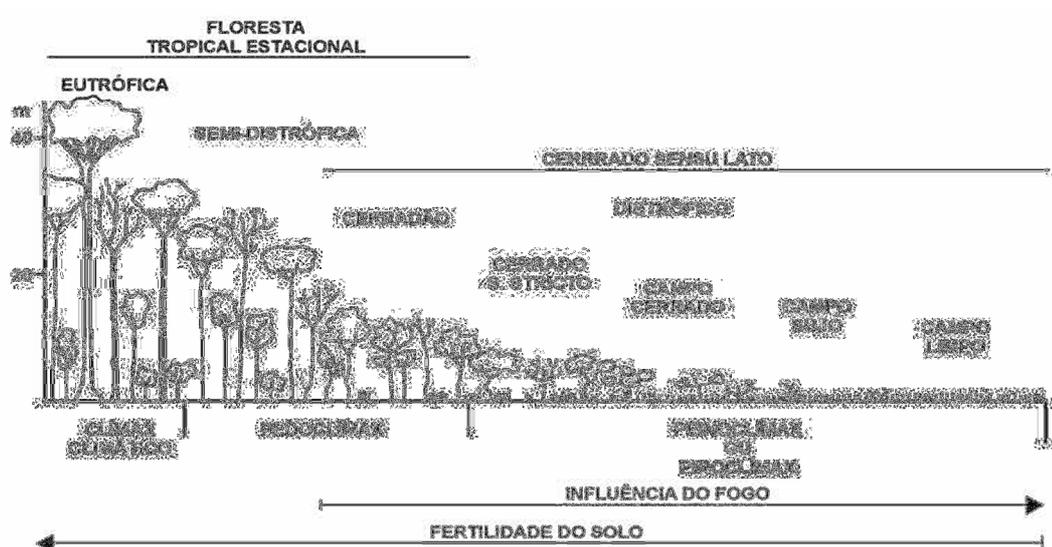


Figura 5. Classificação de fertilidade do solo e influência do fogo das fitofisionomias de Cerrado.

A Baixada Cuiabana é formada por 14 municípios, localizados geograficamente ao redor da capital do estado, Cuiabá, abrangendo uma área de 85.369,70 km², conforme apresentado na **Figura 6**. As cidades da Baixada Cuiabana são: Acorizal, Barão de Melgaço, Campo Verde, Chapada dos Guimarães, Cuiabá, Jangada, Nobres, Nossa Senhora do Livramento, Nova Brasilândia, Planalto da Serra, Poconé, Rosário Oeste, Santo Antônio do Leverger e Várzea Grande. A população atual é de 976.064 habitantes, dos quais 7,9% vivem na área rural. Existem 21,5 mil agricultores familiares – sendo 10 mil agricultores tradicionais e 11,4 mil assentados em 104 projetos da reforma agrária (incluindo projetos administrados pelo Incra, Intermat e projeto Casulos), 49 comunidades quilombolas e 739 indígenas das etnias Bororo e Guató, em quatro terras indígenas (GARBIN et al. 2006; MDA, 2014).

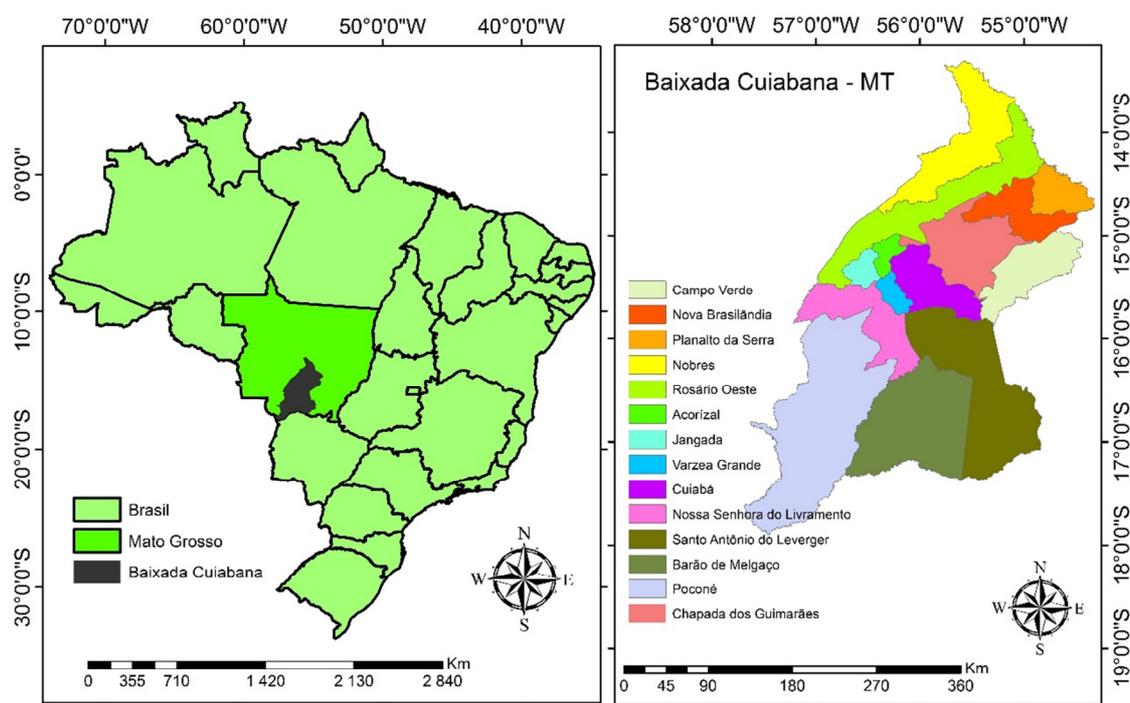


Figura 6. Mapa das cidades que constitui a Baixada Cuiabana em Mato Grosso.

Tabela 1. Características estruturais das fitofisionomias do ecótono Cerrado-Pantanal com médias (\pm DP), incluindo diâmetro (d) e densidade de árvores (D.A), índice de área foliar (IAF), cobertura de capim e espécies de árvores dominantes.

Fitosionomias do Cerrado	d (cm)	D.A (arvore.ha ⁻¹)	IAF (m ² .m ⁻²)	Capim (%)	Principais espécies de árvores
Cerradão	8,6 \pm 0,9	1407 \pm 379	4,5 \pm 0,2	32,7 \pm 8,3	<i>Af, Ca, Tau, Re</i>
<i>Stricto Sensu</i>	9,4 \pm 0,8	2556 \pm 368	3,1 \pm 0,2	16,7 \pm 4,3	<i>Ca, Qg, Qp, Tar</i>
Campo Sujo	6,8 \pm 0,6	533 \pm 62	1,3 \pm 0,3	64,0 \pm 5,1	<i>Ca, Dh</i>
Miscelânea	9,2 \pm 1,3	1717 \pm 438	2,5 \pm 0,6	41,1 \pm 7,9	<i>Af, Ca, Mg</i>
Cambarazal	11,9 \pm 1,5	519 \pm 132	2,1 \pm 0,4	64,8 \pm 8,8	<i>Ad, Hg, Vd</i>

Fonte dos dados: Vourlitis, 2014. (*Ad*) *Alchornea discolor* Poepp. & Endl.; (*Af*) *Astronium fraxinifolium*; (*Ca*) Curatela americana; (*Dh*) *Diospyros hispida* A. DC.; (*Hg*) *Hirtella glandulosa* Spreng.; (*Mg*) *Matayba guianensis* Radlk.; (*Qg*) *Qualea grandiflora* Mart.; (*Qp*) *Qualea parviflora* Mart.; (*Re*) *Rhamnidium elaeocarpum* Reiss.; (*Tau*) *Tabebuia aurea*; (*Tar*) *Terminalia argentea* Mart. & Zucc.; (*Vd*) *Vochysia divergens*.

2.2 PRODUÇÃO MENSAL DA SERRAPILHEIRA

Para quantificar a produção mensal de serrapilheira total de outubro de 2014 a setembro de 2016, foram espalhados 8 coletores circulares de 0,785 m² cada, distantes 12,5 m entre si, em cada um dos cinco transectos (fitofisionomias do Cerrado), totalizando 40 coletores. Cada coletor tem o fundo de tela de náilon com 2 mm de abertura de malha, borda de 0,05 m de altura, instalados a 0,40 m acima do solo para evitar possíveis ações decompositoras no material vegetal (**Figura 7**).

A serrapilheira produzida foi coletada mensalmente, seca em sacola de papel kraft em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas e separadas nas frações de folhas, galhos, flores, frutos e outros (miscelânea de serrapilheira), determinando-se posteriormente suas respectivas massas. A massa seca de serrapilheira foi empregado para avaliar a dinâmica de produção mensal e o total

anual produzido. A produção total de serrapilheira por hectare foi estimada utilizando-se a **Equação 1**.

$$PMS = \frac{\sum SP \times 10000}{AC} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: PMS = produção mensal de serrapilheira, em kg ha^{-1} ; SP = serrapilheira produzida em cada coletor, em kg ; AC = área do coletor, em m^2 .



Figura 7. Cesto coletor da produção de serrapilheira na Fazenda Miranda.

2.3 SERRAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO

Na mesma área experimental, foram tomadas amostras de serrapilheira acumulada sobre o solo, sendo estas retiradas nas proximidades dos coletores de serrapilheira produzida nos oito pontos em cada transecto. Neste caso, foi empregado um quadrante de molde vazado com dimensões de $0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$, perfazendo uma área total de $0,0625 \text{ m}^2$ para auxiliar nas amostragens (**Figura 8**). O material coletado foi processado da mesma forma que a serrapilheira produzida. O acumulado total de serrapilheira por hectare foi estimado utilizando-se a **Equação 2**.

$$AMS = \frac{\sum SA \times 10000}{AG} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: AMS = acumulado mensal de serrapilheira, em kg ha^{-1} ; SA = serrapilheira acumulada em cada gabarito, em kg ; AG = área do gabarito, em m^2 .



Figura 8. Coletor do estoque de serrapilheira quadrado.

O valor médio da massa seca de serrapilheira foi empregado para avaliar a dinâmica de acúmulo mensal e o total anual de serrapilheira remanescente sobre o solo. Para quantificar e verificar diferenças entre os valores médios da serrapilheira produzida e serrapilheira acumulada foram avaliados os períodos classificados pelo evapopluviograma como: árido, sub-úmido e úmido.

2.3.1 Teor de carbono e nitrogênio da serrapilheira

Foram feitas análises químicas das amostras da serrapilheira acumulada, serrapilheira produzida e folhas totalmente expandidas nos períodos áridos e úmido, condições sazonais do local: carbono total (CT) e nitrogênio total (NT) no Laboratório de Ecofisiologia da UFMT. A análise do C e N elementar foi realizada em amostras de 1,0 mg do material seco e moído, depois inseridas em cápsulas de estanho específicas para o analisador Série 680 (LECO Corporation World Headquarters, St. Joseph, MI, USA).

2.3.2 Taxa de decomposição

A taxa anual de decomposição da serrapilheira foi estimada a partir da equação proposta por Olson (1963) (**Equação 3**).

$$K = \frac{PA}{AA} \quad (\text{Equação 3})$$

Na **Equação 3**, com valores dados em ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), PA representa a quantidade de serrapilheira produzida anualmente, AA , a média anual de serrapilheira acumulada sobre o solo e K , a constante de decomposição na condição de equilíbrio dinâmico. Calculou-se também, a partir do valor K , o tempo médio de renovação, estimado por $1/K$. Foram estimados ainda os tempos necessários para o decomposição de 50 % da serrapilheira pela **Equação 4** e 95% pela **Equação 5**, segundo (SHANKS & OLSON, 1961):

$$T_{(0,5)} = \frac{0,693}{K} \quad (\text{Equação 4})$$

$$T_{(0,05)} = \frac{3}{K} \quad (\text{Equação 5})$$

A taxa mensal de decomposição de serrapilheira, foi estimada por meio da perda de massa seca utilizando uma abordagem de balanço de massa (WIEDER e WRIGHT, 1995; XU e HIRATA, 2002), em que a alteração na massa seca no solo da floresta ($\frac{dF}{dt}$) foi definida pela diferença entre a massa de serrapilheira produzida e a parte que foi decomposta (D) (**Equação 6**).

$$\frac{dF}{dt} = P - D \quad (\text{Equação 6})$$

Definindo $\frac{dF}{dt} = 0$, a constante de velocidade para a decomposição da serrapilheira (k , mês^{-1}) foi estimada pela **Equação 7** a partir de P e F como ;

$$K_{\text{mês}} = \frac{P}{(P+F)} \quad (\text{Equação 7})$$

em que $k_{\text{mês}}$ é a constante de decomposição, P é a produção de serrapilheira e F e o acumulado de serrapilheira sobre o solo no período mensal.

2.4 ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO

Foram feitas análises químicas das amostras de solo: carbono total (CT) e nitrogênio total (NT) no Laboratório de Ecofisiologia da UFMT. A análise do C e N elementar foi realizada em amostras de 1,0 mg de solo seco e peneirado inseridas em cápsulas de estanho específicas para o analisador Série 680 (LECO Corporation World Headquarters, St. Joseph, MI, USA).

Em todos os transectos foram coletados amostragens do perfil do solo, no períodos áridos e úmidos foram coletados amostras próximo ao primeiro coletor, próximo ao quarto coletor e ao oitavo coletor, sendo começo meio e fim do transecto, totalizando quinze perfuração no período árido e quinze no período úmido, para fins de determinação dos teores de nitrogênio e carbono, nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 e 0,60-0,80 m. O solo coletado foi seco e peneirado (malha de 2 mm) para obtenção da terra fina seca ao ar e submetido à análise física e química. Os estoques de carbono e nitrogênio de cada uma das camadas, em todos os transectos estudados, foram calculados pela expressão da **Equação 14** e **15** (VELDKAMP, 1994).

$$Est C = \frac{(CO \times D_s \times e)}{10} \quad (\text{Equação 14})$$

$$Est N = \frac{(CN \times D_s \times e)}{10} \quad (\text{Equação 15})$$

Em que *Est C* é o estoque de carbono orgânico em determinada profundidade ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$), *CO* é o teor de carbono orgânico total na profundidade amostrada ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), *Est N* é o estoque de nitrogênio em determinada profundidade ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$), *CN* é o teor de nitrogênio total na profundidade amostrada ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), *D_s* é a densidade do solo da profundidade ($\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$), *e* é a espessura da camada considerada (m).

2.6 INFLAMABILIDADE DA SERRAPILHEIRA ACUMULADA

A análise da inflamabilidade foi realizada no mês de agosto de 2015, na própria área experimental, em todos os pontos de amostragem de serrapilheira de cada uma das fitofisionomias analisadas (**Tabela 1**), por meio de queimas controladas de uma área delimitada por um gabarito de $1,0 \text{ m}^2$, com a utilização

do gabarito foi feito o aceiro para evitar a perda de controle do processo da queima, conforme se verifica na **Figura 9**. Todo o material combustível usado dentro da área de avaliação foi constituído de serrapilheira com diâmetro de até 10 mm, caracterizado como combustível fino de tempo de resposta de 1 hora em relação à variação ambiental (SCHROEDER & BUCK, 1970).



Figura 9. Queima da serrapilheira acumulada sobre o solo.

Durante o processo de queima da serrapilheira, foram medidos a velocidade de propagação e o comprimento das chamas por meio dos protocolos adotados internacionalmente (ROTHERMEL & DEEMING, 1980; ROTHERMEL, 1983). A partir do comprimento das chamas, calculou-se a intensidade do fogo de acordo com Byram (1959) (**Equação 9**).

$$I = 258 \cdot h_c^{2,17} \quad \text{(Equação 9)}$$

Em que I é a intensidade do fogo em ($\text{kW} \cdot \text{m}^{-1}$) e h_c é a altura média da chama em (m).

A inflamabilidade da serrapilheira foi caracterizada por uma série de variáveis, a saber: a velocidade de propagação, a intensidade do fogo, e a ignitabilidade, a sustentabilidade e a combustibilidade da serrapilheira. A inflamabilidade de um determinado material pode ser mensurada a partir da ignitabilidade, sustentabilidade e combustibilidade. Nesse trabalho, a abordagem

da ignitabilidade e sustentabilidade é caracterizada pelo tempo necessário para começar a queima (ANDERSON, 1970).

2.6.1 Teor de umidade da serrapilheira

Para a avaliar o teor de umidade da serrapilheira acumulada sobre o solo, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas, até que se atingiu o ponto de massa constante. A avaliação do teor de umidade (%) foi determinada pela **Equação 10**.

$$U(\%) = \frac{M_f - M_s}{M_s} \times 100 \quad \text{(Equação 10)}$$

Em que: U (%) é o teor de umidade, M_f é a massa fresca da serrapilheira e M_s é a massa seca da serrapilheira.

A temperatura de queima da serrapilheira acumulada sobre o solo foi medida com uma câmera termal, série T (FLIR, imagens térmicas MSX®), tendo uma resolução de 3 opções de imagens, incluindo a resolução original de 640 × 480, resolução térmica com Ultramax acima de 1,2 MP, aprimoradas, mais detalhes da imagem visual na imagem térmica, sensibilidade de < 0,02°C proporcionando imagens excepcionais, medição de temperatura até 670°C (**Figura 10**).



Figura 10. Câmeras de imagem térmica da série T da FLIR.

2.7 FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

Neste trabalho, o risco de incêndio foi estimado por meio do Índice Monte Alegre normal e alterado. O Índice de Monte Alegre normal considera o Risco de Incêndio Florestal (RIF) em função da chuva diária e da umidade relativa do ar às 13:00 h. O Índice Monte Alegre é acumulativo, ou seja, quanto mais longa for a sequência de dias com baixa umidade relativa e sem chuva, maior será o risco de incêndio florestal. Dependendo da intensidade da chuva ocorrida, o índice sofre abatimentos em seus valores. Quando a chuva diária exceder 12,9 mm, o Índice de Monte Alegre (IMA) volta a zero, e o RIF é nulo. A **Equação 11** representa a fórmula que foi utilizada para o cálculo do Índice Monte Alegre. A **Tabela 2** ilustra as categorias de risco e respectivos valores. A restrição ao somatório da fórmula verifica-se na **Tabela 3**.

$$FMA = \sum_{i=1}^n \frac{100}{H} \quad (\text{Equação 11})$$

Em que FMA é o Índice Monte Alegre, H é a umidade relativa do ar em (%) e n é o número de dias sem chuva.

Tabela 2. Risco de Incêndio com os valores do Índice de Monte Alegre.

Valor FMA	Grau de Perigo
-------------	----------------

$\leq 1,0$	Nulo
1,1 – 3,0	Baixo
3,1 – 8,0	Moderado
8,1 – 20,0	Elevado
$> 20,0$	Extremo

Fonte de dados: Nunes et al., 2007.

Tabela 3. Restrições ao somatório da FMA de acordo com a precipitação diária.

Precipitação diária (mm)	Modificações no cálculo
$\leq 2,4$	Nenhuma.
2,5 a 4,9	Abater 30% na <i>FMA</i> na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na <i>FMA</i> na véspera e somar (100/H) do dia
10,0 a 12,9	Abater 80% na <i>FMA</i> na véspera e somar (100/H) do dia.
$> 12,9$	Interromper o cálculo ($FMA = 0$) e recomeçar no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

Fonte de dados: Nunes et al., 2007.

2.8 FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA (FMA^+)

A Fórmula de Monte Alegre Alterada é um índice de risco de incêndio, que também é acumulativo. Esse índice é gerado em função das variáveis como a chuva diária, a umidade relativa do ar e velocidade do vento medido às 13 horas. O índice foi estimado pela **Equação 12**.

$$FMA^+ = \sum_{i=1}^n \left(\frac{100}{H} \right) e^{0,04V} \quad (\text{Equação 12})$$

Em que FMA^+ é a Fórmula de Monte Alegre alterada, H é a umidade relativa do ar (%), medida às 13 horas, n é o número de dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm, v é a velocidade do vento em m/s, medida às 13 horas, e e é a base dos logaritmos naturais (2,718282). A **Tabela 4** ilustra as categorias de risco e respectivos valores. A restrição ao somatório da fórmula verifica-se na **Tabela 3**.

Tabela 4. Risco de Incêndio com os valores do Índice de Monte Alegre Alterada.

Valor FMA^+	Grau de Perigo
$\leq 3,0$	Nulo
3,1 – 8,0	Baixo
8,1 – 14,0	Moderado
14,1 – 24,0	Elevado
$> 24,0$	Extremo

Fonte de dados: Nunes et al., 2007.

2.8.1 Índice de seca

A variável empregada para expressar a umidade do ambiente associada ao material vegetal depositado na superfície do solo (serrapilheira acumulada), que é o combustível das queimadas, foi o índice de seca (IS). O IS baseia-se no balanço de energia na superfície, em que a energia disponível pelo saldo de radiação (Rn) e pelo fluxo de calor no solo (G) é particionada em calor sensível e calor latente ($H + LE$). Quando a água do solo não é limitante, então H é normalmente pequeno em relação ao LE e $(Rn - G)$ é uma medida do valor máximo possível LE . Quando a superfície está seca, o solo tem limitação no conteúdo de água, a evapotranspiração a partir da superfície é reduzida, o $(Rn - G)$ diminui e H aumenta. Portanto, a secura do combustível vegetal pode ser estimada pela **Equação 13**.

$$IS = 1 - \left(\frac{LE}{Rn-G} \right) = \frac{H}{Rn-G} \quad \text{(Equação 13)}$$

Quando o IS se aproxima de 0, o risco potencial de incêndio é baixo, por causa dos elevados valores de umidade do ambiente, e quando se aproxima de 1, as chances de incêndio são máximas, por que a umidade é mínima. Quando ambos, a serrapilheira sobre o solo e as plantas, apresentam pouca evapotranspiração, isso implica em locais em condições de seca, e consequentemente, o risco de incêndio é elevado.

As densidades dos fluxos de LE e H foram estimadas usando o sistema de *eddy covariance*. Os sensores do sistema foram instalados a uma altura de 10 m acima do nível do terreno e 8-8,5 m acima do dossel. A direção do vento foi tipicamente NNW e NNE e a análise da velocidade do vento e abrangência das

medidas da torre, de acordo com Rodrigues et al. (2014), permitiu identificar que aproximadamente 90% dos fluxos são originados a 1 km do local da torre.

2.8.2 Focos de calor

Os focos de calor utilizados são oriundos do sistema de detecção do INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). Maiores detalhes sobre o referido sistema, bem como a documentação técnica referente aos algoritmos de detecção de focos de calor poderão ser consultadas no site www.cptec.inpe.br/queimadas/index_noaa.

Para obter informações representativas no espaço, as informações pontuais dos focos de calor foram extrapoladas para toda a Baixada Cuiabana.

2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Aos dados micrometeorológicos do balanço de energia, da serrapilheira produzida e acumulada para cada mês, foi aplicada à técnica do “bootstrap” com 1000 sub-amostragens, com o intuito de se obter os intervalos de confiança das médias e permitir, com isso, a comparação dos diferentes tratamentos (no caso da comparação dos transectos) ou dos meses (no caso da comparação dos dados climatológicos) Christie, (2004). Para a precipitação, radiação, densidades de fluxo de energia, foi empregado o total diário, ao passo que para temperatura do ar, umidade relativa e velocidade dos ventos, empregou-se a média diária para se estimar a média mensal.

O efeito da quantidade mensal de chuva sobre a produção de serrapilheira, assim como o do estoque de serrapilheira sobre os focos de calor, foi analisado utilizando um modelo de regressão exponencial. O efeito da carga de serrapilheira depositada sobre o solo (combustível) sobre os índices de inflamabilidade, foi realizada por um modelo linear do primeiro grau; sendo que para todos os casos, foi empregada a técnica dos mínimos quadrados (MOTULSKY & CHRISTOPOULUS 2003). O grau de associação entre as variáveis micrometeorológicas como temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e precipitação com os números de focos de calor, foram avaliadas por meio de análise de correlação de Pearson.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 MICROCLIMA LOCAL

O microclima local da região do presente trabalho foi caracterizado pelo evapopluviograma (**Figura 2**), cuja representação depende da série histórica das médias mensais de precipitação e evapotranspiração potencial. De posse dessas médias, pode-se classificar os períodos árido, sub-úmido e úmido para a região do estudo. A determinação desses períodos corrobora com a comparação de maior e menor acúmulo e produção de serrapilheira, como também para a determinação do período de maior e menor risco de incêndio devido às condições climáticas locais, conforme se verifica na **Tabela 5**.

Tabela 5. Média (\pm DP) Evapotranspiração Potencial, dias com chuva e Precipitação Pluviométrica na Fazenda experimental da UFMT localizado na cidade de Santo Antonio do Leverger – MT. Série histórica de 1960 a 2016.

Mês	ETP (mm)	Ppt (mm)	Dias com chuva
Janeiro	153,92 \pm 1,84	232,59 \pm 78,18	18,00 \pm 4,63
Fevereiro	136,19 \pm 3,73	171,34 \pm 83,76	14,42 \pm 4,55
Março	144,42 \pm 2,01	171,14 \pm 85,40	14,21 \pm 4,54
Abril	133,61 \pm 1,12	88,97 \pm 51,57	8,43 \pm 4,03
Mai	126,68 \pm 3,64	34,25 \pm 29,25	4,77 \pm 2,33
Junho	118,74 \pm 2,87	24,53 \pm 20,13	2,52 \pm 1,94
Julho	121,85 \pm 2,47	17,53 \pm 14,50	2,78 \pm 1,88
Agosto	130,17 \pm 4,03	22,82 \pm 13,69	2,21 \pm 1,73
Setembro	139,74 \pm 3,27	34,91 \pm 29,69	3,55 \pm 2,37

Outubro	151,99 ± 2,86	82,10 ± 42,66	8,42 ± 2,97
Novembro	149,68 ± 2,12	139,27 ± 66,56	10,67 ± 3,63
Dezembro	156,93 ± 1,75	193,68 ± 98,42	15,77 ± 4,14

Fonte dos dados: **INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia.

A evapotranspiração potencial contribuiu com uma taxa anual média de 1663,93 mm, com variações de 118,74 a 156,93 mm, e são as maiores taxas evapotranspirada ocorridas de outubro a janeiro. O período árido estende-se de maio a setembro, onde ocorrem os maiores déficits, a precipitação oscilou de 17,53 a 34,91 mm, com total anual de 1213,13 mm.

3.2 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA ANUAL

A serrapilheira produzida nos transectos apresentaram variações, dentre o valor mínimo de 1,52 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Campo Sujo e com valor máximo de 7,19 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Cerrado *Stricto Sensu*. Assim o acumulado nos dois transectos citados tem valores extremos que mostra a variabilidade que apresenta a Baixada Cuiabana. A produção e acumulado variaram sazonalmente, prevalecendo o período árido com maior produção e maior acumulado de serrapilheira sobre o solo conforme a **Tabela 6**. Para serrapilheira acumulada na Fazenda Miranda a variação entre os cinco transectos foi de um valor mínimo de 2,94 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Campo Sujo e o valor máximo de 9,91 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Cerrado *Stricto sensu* conforme a **Tabela 6**. Assim como para o acumulado, a produção diferenciada de serrapilheira se deve à constituição distinta dos transectos; as distintas fitosionomias proporcionaram um entendimento da dinâmica do acumulado de serrapilheira sobre o solo na Baixada Cuiabana.

A serrapilheira acumulada sobre o solo confere maior estabilidade ao sistema, e, juntamente com o solo, controla vários processos fundamentais na dinâmica dos ecossistemas, como o da produção primária e liberação de nutrientes (PIRES et al., 2005). Este padrão com baixa variabilidade temporal da serrapilheira acumulada sobre o solo se verifica com o coeficiente de variação C.V = 21,91 % no Cerrado *Stricto Sensu*, C.V = 22,57 % Miscelânea de Cerrado, 24,88 % no Cerradão, C.V = 25,50 % no Cambarazal e C.V = 36,76 % no Campo Sujo. Mas para a serrapilheira produzida, a variabilidade temporal foi superior à

serrapilheira acumulada sobre o solo, com o C.V = 51,31 % no Cerradão, C.V = 62,87 % no Cambarazal, C.V = 68,70 % na Miscelânea de Cerrado, C.V = 71,96 % no Cerrado *Stricto Sensu* e C.V = 103,04 % no Campo Sujo, indicando dinâmicas distintas para ambos os processos (MORAES et al., 1998). Nesse sentido, encontram-se valores elevados de serrapilheira produzida no período seco do ano e valor baixo no período chuvoso, quando para esses mesmos períodos se observam valores praticamente constantes de serrapilheira acumulada sobre o solo.

A serrapilheira acumulada sobre o solo corresponde ao reservatório de nutrientes e de matéria orgânica que influencia e regula muitos processos funcionais dos ecossistemas (LOPES et al., 1990). Os estudos deste compartimento, segundo Moraes et al. (1995), permitem que se conheçam vários aspectos das relações solo-planta, subsidiando propostas de manejo nas formações florestais. A variabilidade das médias de produção e acumulado de serrapilheira dependeram da estrutura fitofisionômica dos fragmentos, pois ao avaliar os transectos com maior produção e acumulado de serrapilheira, observa-se que esse tem a maior densidade de árvores, maior índice de área foliar e menor área coberta por vegetação rasteira (**Tabela 1**) e (**Figura 11**).

Nestas fitofisionomias, o período árido é responsável por aproximadamente 60 % da produção de serrapilheira do ano. A deposição de serrapilheira nesse período pode servir como barreira para dificultar a transferência de água que está retida no solo para a atmosfera por evaporação, e tende a agravar o potencial risco de incêndios devido ao período ser muito seco e ao grande acúmulo de material vegetal no piso da floresta (MORAES et al. 1998; PIRES et al., 2005). A produção de serrapilheira na floresta vem para contribuir com o acumulado de micro e macro elementos importantes para as florestas. A estação de seca teve a ocorrência de maior produção de serrapilheira influenciada principalmente pelo estresse hídrico (SILVA et al., 2007).

Pode-se avaliar a serrapilheira acumulada sobre o solo (carga de combustível) para a classificação dos diferentes fitofisionomias na Fazenda Miranda, conforme a classificação de Botelho e Fernandes, (1999); as fitofisionomias do Cerradão e Cerrado *Stricto Sensu* apresentam carga moderada e tem-se risco de incêndio moderado devido à quantidade do material combustível

maior que $9,0 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ no local. Já para as fitofisionomias do Campo Sujo, da Miscelânea de Cerrado e Cambarazal, a classificação foi de carga reduzida e o risco de incêndio, baixo, devido à quantidade do material combustível menor que $9,0 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. A quantidade de serrapilheira analisada foi apresentada na **Tabela 6**.

Tabela 6. Média (\pm DP) da serrapilheira produzida e acumulada sobre o solo nos transectos da Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

Fitofisionomias do Cerrado	Serrapilheira produzida ($\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)		Serrapilheira acumulada ($\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	
	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
Cerradão	$6,98 \pm 0,31$	$7,55 \pm 0,32$	$9,88 \pm 1,56$	$7,48 \pm 2,04$
<i>Stricto Sensu</i>	$7,20 \pm 0,43$	$8,58 \pm 0,52$	$9,91 \pm 2,13$	$9,69 \pm 2,25$
Campo Sujo	$1,52 \pm 0,13$	$1,95 \pm 0,16$	$2,94 \pm 1,12$	$3,22 \pm 1,18$
Miscelânea	$6,69 \pm 0,42$	$6,67 \pm 0,35$	$6,94 \pm 1,23$	$6,52 \pm 1,79$
Cambarazal	$4,89 \pm 0,30$	$5,18 \pm 0,23$	$7,03 \pm 2,10$	$6,32 \pm 2,75$
Média	$5,45 \pm 0,32$	$5,99 \pm 0,32$	$8,35 \pm 1,62$	$7,28 \pm 2,00$

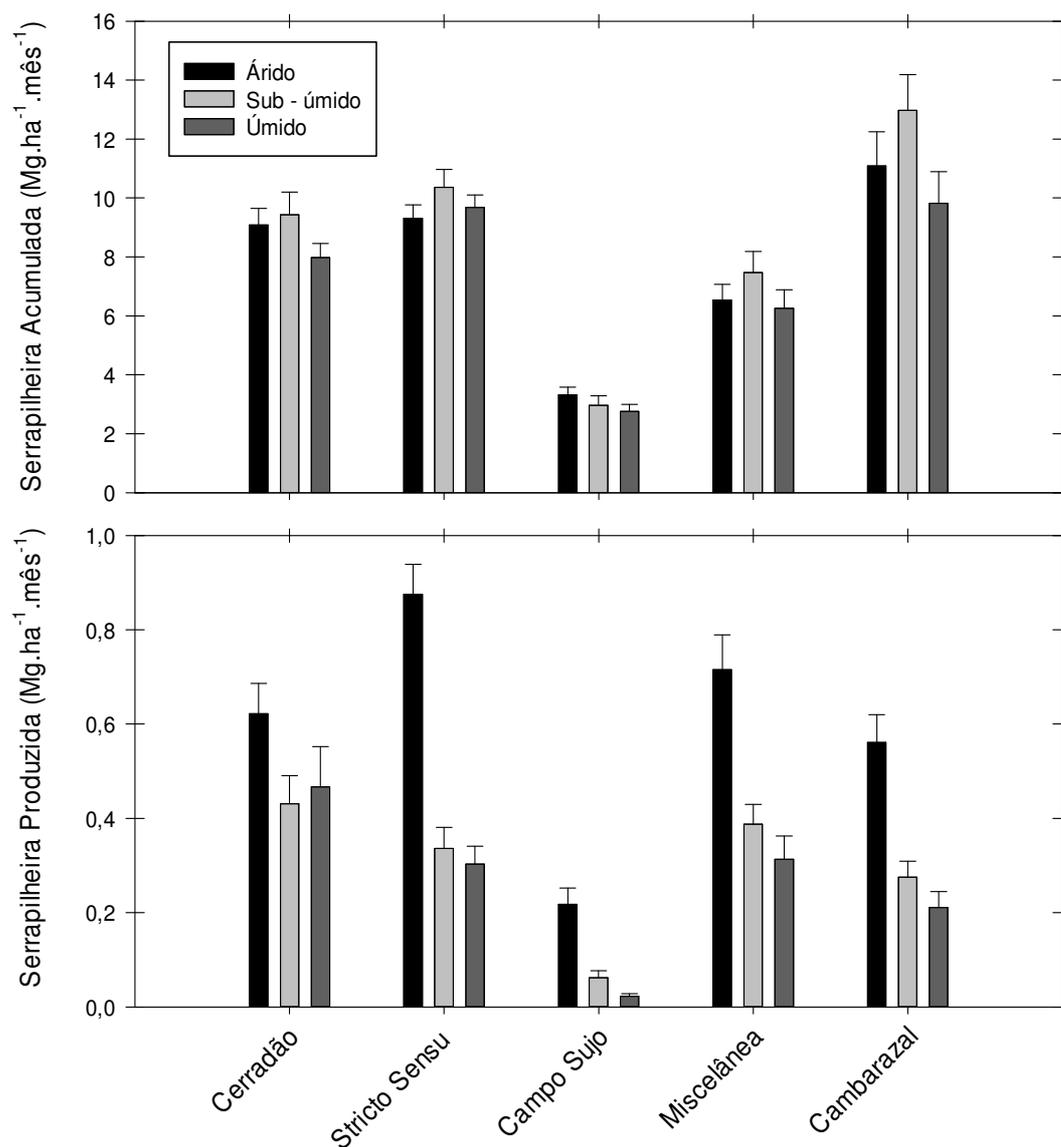


Figura 11. Média (+ DP) da serrapilheira produzida e acumulada sobre o solo na Fazenda Miranda durante o período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

3.3 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA MENSAL

O par ordenado das estimativas mensais da serrapilheira produzida e da serrapilheira acumulada apresentadas nas **Figuras 12 e 13**, foram classificadas pelo quadrante em que os pontos se encontram no plano cartesiano. O primeiro quadrante é

caracterizado pela alta produção e alto acumulado de serrapilheira em relação a média mensal no ano da produção e acumulado de serrapilheira dos pontos de coleta no transecto, em todas as cinco fitofisionomias avaliadas os meses de julho a setembro foram os mais frequentes no primeiro quadrante. Para o terceiro quadrante que tem como característica alto valor da serrapilheira acumulada sobre o solo, nos meses de outubro e novembro têm se destacado nesse quadrante como meses de altos valores de serrapilheira acumulada em praticamente todas as cinco fitofisionomias avaliadas.

Os valores médios da serrapilheira acumulada do Campo Sujo apresentou um valor mínimo de $2762,36 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ e um valor máximo de $3322,36 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$, logo, o Campo Sujo apresentou as menores médias entre as fitofisionomias avaliadas. Já o Pantanal (Cambarazal) foi o que apresentou as maiores médias da serrapilheira acumulada, sendo o valor mínimo de $9823,20 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ e um valor máximo de $12974,79 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$. Nos meses de fevereiro a junho nos dois anos de coletas de dados não foi possível fazer a coleta de serrapilheira acumulada no Cambarazal devido ao alagamento da área que foi instalados os coletores. O percentual de aumento entre o Cambarazal em comparação ao Campo Sujo foi de 255 % no valor de Mínimo e 290 % para o valor de máximo.

As fitofisionomias de Cerradão e de Cerrado *Stricto Sensu* apresentaram serrapilheira acumulada com valores médios sem diferença significativa entre os períodos árido e sub-úmido, mas no período úmido os valores médios têm diferença significativa, sendo que no Cerradão apresentou um valor de $7980,68 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ enquanto o Cerrado *Stricto Sensu* apresenta um valor de $9683,99 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$. O percentual de aumento entre as duas fitofidionomias foi de 21 %; essa diferença pode ser devida à altura entre as florestas e às aberturas entre as árvores (índice de área foliar).

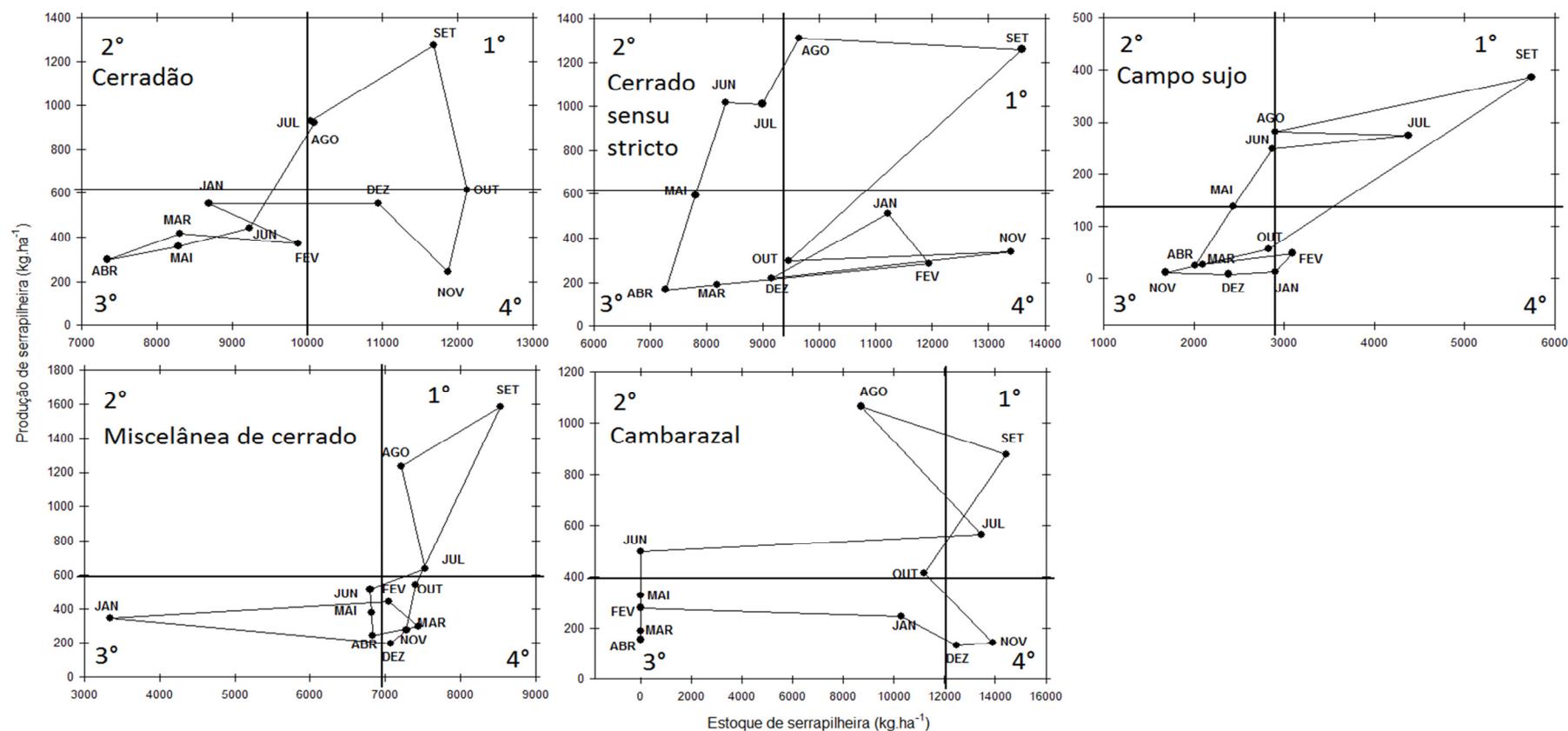


Figura 12. Plano cartesiano composto pela serrapilheira acumulada e produzidas nas cinco fitofisionomias selecionadas na Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2015. (1°) Alta produção e alto acúmulo, (2°) alta produção e baixo acúmulo, (3°) baixa produção e baixo acúmulo, (4°) baixa produção e alto acúmulo. A linha cheia na horizontal é a média de produção e a linha cheia na vertical é a média do acúmulo.

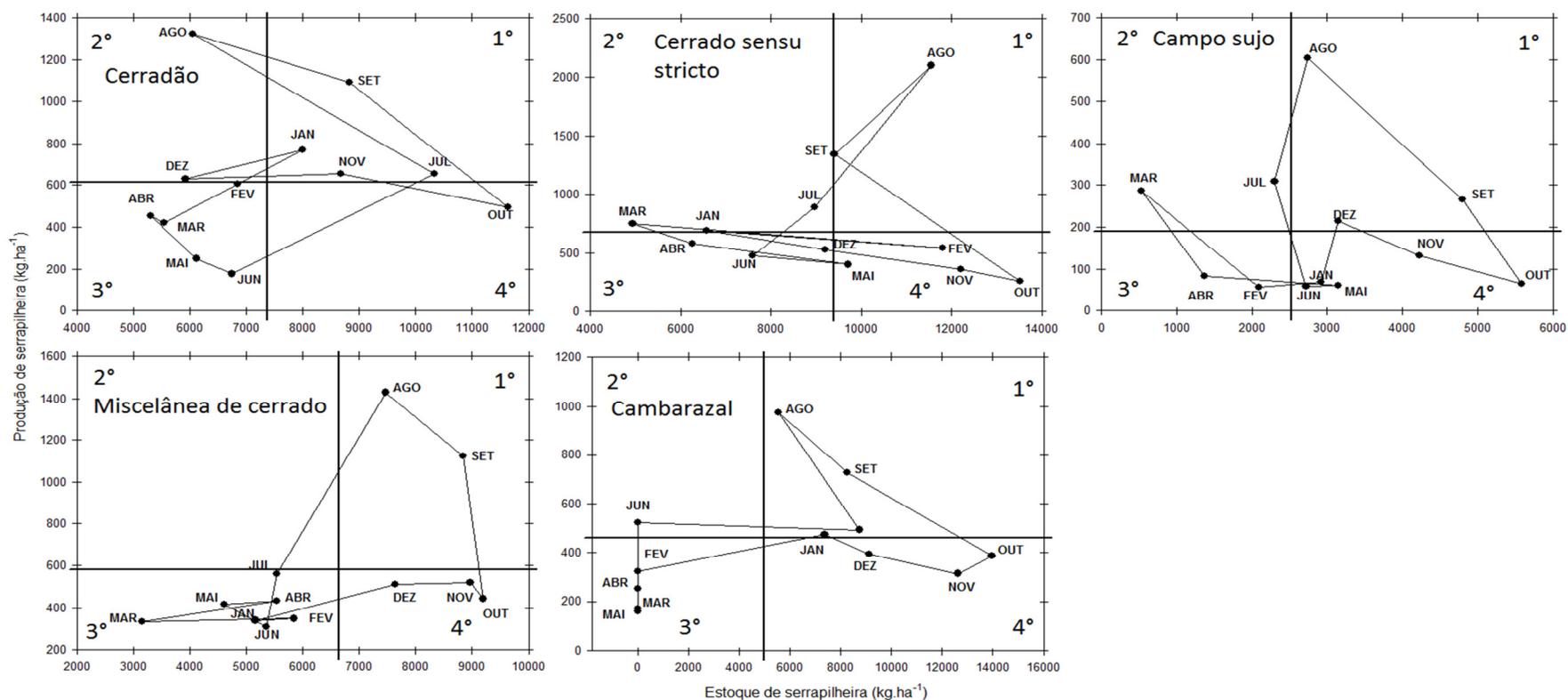


Figura 13. Plano cartesiano composto pela serrapilheira acumulada e produzidas nas cinco fitofisionomias selecionadas na Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2015. (1°) Alta produção e alto acúmulo, (2°) alta produção e baixo acúmulo, (3°) baixa produção e baixo acúmulo, (4°) baixa produção e alto acúmulo. A linha cheia na horizontal é a média de produção e a linha cheia na vertical é a média do acúmulo.

3.3.1 Teor de carbono e nitrogênio da serrapilheira produzida e acumulada

Sobre o teor de nitrogênio da serrapilheira produzida nos transectos avaliados (**Figura 14**), foi observado que o período úmido teve o efeito de aumentá-lo em relação ao período árido, com diferenças significativas. Já entre os transectos, a variação do período árido foi de valor mínimo de $8,57 \text{ g.kg}^{-1}$ no Campo Sujo e valor máximo de $12,15 \text{ g.kg}^{-1}$ no Cambarazal. No período úmido, a variação foi do valor mínimo de $12,71 \text{ g.kg}^{-1}$ no Campo Sujo e valor máximo de $16,96 \text{ g.kg}^{-1}$ na Miscelânea de Cerrado. O teor de carbono da produção de serrapilheira não apresentou diferença significativa entre os períodos e os transectos de Cerradão, do Cerrado *Stricto Sensu*, do Campo Sujo e da Miscelânea de Cerrado, entretanto, no Cambarazal, observou-se diferença significativa do teor de carbono para o período úmido entre os transectos.

O teor de carbono da serrapilheira acumulada sobre o solo, entre os períodos árido e úmido em todos os transectos, apresentou diferenças significativas (**Figura 14**). No período úmido, houve queda no teor de carbono em todos os transectos avaliados, podendo essa diferença ser devida à taxa de decomposição no material vegetal depositado sobre o solo neste período. Já o teor de nitrogênio não teve diferença significativa entre os períodos árido e úmido em todos os transectos, mas teve variação entre as fitofisionomias com valor médio mínimo de $8,69 \text{ g.kg}^{-1}$ no Campo Sujo e o valor médio máximo de $12,62 \text{ g.kg}^{-1}$ no Cambarazal.

O teor de nitrogênio nas folhas totalmente expandidas no período úmido teve valor médio máximo de $20,03 \text{ g.kg}^{-1}$ no Cerradão e um valor médio mínimo de $14,65 \text{ g.kg}^{-1}$ no Campo Sujo; já no período árido, a variação média máxima foi de $13,07 \text{ g.kg}^{-1}$ no Cambarazal e uma variação média mínima de $8,82 \text{ g.kg}^{-1}$ no Campo Sujo (**Figura 14**). O teor de nitrogênio nas folhas no período úmido foi 1,5 vezes maior que o teor dessas no período árido em todos os transectos avaliados (**Figura 14**).

A concentração de nitrogênio nas folhas difere estatisticamente entre os transectos e entre os períodos áridos e úmidos, pois nas folhas totalmente expandidas no período árido a taxa de crescimento tende a diminuir, devido ao estresse hídrico, reduzindo, assim, a concentração de nitrogênio nas folhas. Já no período úmido, ocorrem lançamentos de novas folhas, aumento da taxa de fotossíntese e crescimento

das folhas, podendo ocasionar aumento da realocação de nitrogênio que estava como reserva nas plantas e disponível no solo, gerando entre as partes constituintes das plantas maior deslocamento de nitrogênio inorgânico via xilema para todas as partes das plantas, o que pode estar contribuindo para aumento na concentração de nitrogênio nas folhas no período chuvoso nas diferentes fitofisionomias da Baixada Cuiabana.

No período úmido, variou de um valor mínimo de $451,97 \text{ g.kg}^{-1}$ e um valor de máximo de $481,25 \text{ g.kg}^{-1}$. No Cerradão observa-se que houve diferença significativa em relação aos outros transectos no período árido. Sendo observada a diferença significativa na Miscelânea de Cerrado em relação aos demais transectos no período úmido.

Dessa forma, é possível observar uma relação entre o aumento de matéria seca e a assimilação do carbono e nitrogênio pelas plantas, pois o carbono que não é consumido pela respiração aumenta a matéria seca das plantas, podendo ser utilizado para o crescimento ou reserva.

A remobilização e retranslocação de nutrientes das folhas e dos tecidos senescentes para outros órgãos em crescimento ou de armazenamento podem ser uma estratégia que as espécies dos ecossistemas utilizaram para a redução da perda de nutrientes observados (**Figura 14**), elevando a eficiência no uso do mesmo na planta (VITOUSEK, 1984).

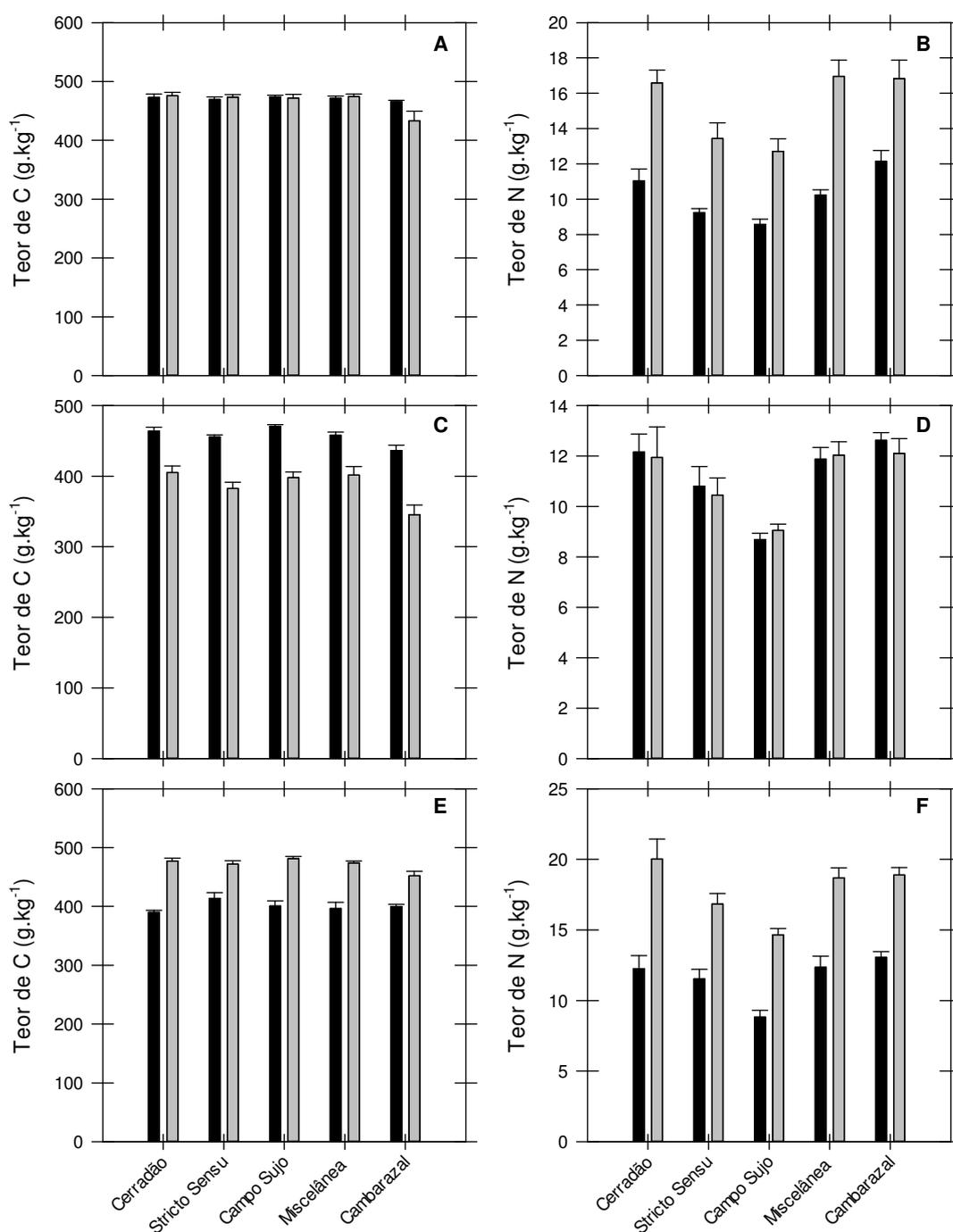


Figura 14. Médias (\pm DP) do teor de C da produção de serrapilheira (A), do teor de N da produção de serrapilheira (B), do teor de C da serrapilheira acumulada sobre o solo (C), do teor de N da serrapilheira acumulada sobre o solo (D), do teor de C da folha (E) e do teor de N da folha (F) para o período árido barra preta e para o período úmido barra cinza.

3.3.1 Qualidade da serrapilheira por meio da relação C e N

A relação C/N reflete a variação sazonal do N na serrapilheira produzida, uma vez que os teores de C se mantiveram relativamente constantes durante os períodos avaliados (**Figura 14**). A relação entre C/N pode ser um indicador da qualidade da serrapilheira, sendo que valores maiores que 25 indicam que a serrapilheira tem uma baixa proporção de N, limitando, assim, o processo de decomposição (LUIZÃO et al., 2004). Os valores avaliados neste trabalho indicam que a baixa qualidade nutricional da serrapilheira pode ser um importante fator limitante da decomposição da serrapilheira depositada (**Tabela 7**).

A qualidade da serrapilheira produzida no período úmido foi melhor em relação ao período árido, essa redução na relação C/N possivelmente contribuiu para que houvesse equilíbrio entre a mineralização e a imobilização dos nutrientes na serrapilheira. Segundo Siqueira & Franco, (1988) quando a serrapilheira apresenta relação C/N superior a 30/1, o nitrogênio fica imobilizado, e como consequência há redução na disponibilidade de N-NH_4^+ (amônio) e N-NO_3^- (nitrato) no solo. Os valores estimados entre os transectos da relação C/N foram todos superiores a 30/1 o que mostra baixa qualidade do material vegetal depositado sobre o solo do Cerrado da Baixada Cuiabana.

Tabela 7. Média (\pm DP) da relação C/N da serrapilheira produzida e da serrapilheira acumulada e das folhas totalmente expandidas nas árvores entre os períodos árido e úmido na Fazenda Miranda.

Fitofisionomias do Cerrado	Serrapilheira produzida		Serrapilheira acumulada		Folhas expandidas	
	Árido	Úmido	Árido	Úmido	Árido	Úmido
Cerradão	44,35 \pm 8,11	29,13 \pm 3,44	39,19 \pm 6,90	36,27 \pm 8,75	33,32 \pm 7,16	24,86 \pm 4,74
Cerrado <i>Stricto Sensu</i>	51,05 \pm 3,56	36,76 \pm 7,50	43,64 \pm 6,45	37,31 \pm 4,57	36,58 \pm 4,89	28,49 \pm 3,54
Campo Sujo	55,61 \pm 4,02	36,10 \pm 3,03	54,53 \pm 4,53	44,11 \pm 2,46	46,38 \pm 6,93	33,03 \pm 2,19
Miscelânea de Cerrado	46,41 \pm 3,81	28,68 \pm 4,65	38,92 \pm 3,18	33,64 \pm 3,24	33,02 \pm 6,23	25,63 \pm 2,50
Cambarazal	39,02 \pm 4,60	26,14 \pm 3,31	34,82 \pm 3,67	28,77 \pm 2,24	30,82 \pm 2,58	24,01 \pm 1,41
Média	47,29 \pm 4,82	31,36 \pm 4,38	42,22 \pm 4,95	36,02 \pm 4,25	36,03 \pm 5,56	27,21 \pm 2,87

3.3.2 Teor de C e N na serrapilheira produzida e acumulada anual

O valor médio do teor do carbono da serrapilheira acumulada sobre o solo não teve diferença significativa nas proporções de carbono da serrapilheira entre os transectos no período árido, sendo estimado o valor de 46,20% do teor de carbono, mas houve diferenças significativas entre os transectos no período úmido, sendo observado que a variação foi de 34,54% a 40,50% do teor de carbono. Em contrapartida, o estoque de carbono da serrapilheira de retorno ao solo foi diferente estatisticamente; entre transectos, os valores estimados variou de 1,28 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Campo Sujo a 4,29 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Cerradão.

Comparando os transectos em relação à devolução média anual de nitrogênio através da serrapilheira para o solo das fitofisionomias avaliadas, observa-se que houve diferenças significativas (**Tabela 8**). Em princípio, foi observado uma grande variação do retorno de nitrogênio, de 0,03 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Campo Sujo e de 0,12 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ no Cerradão. Cerca de 58,50% do nitrogênio que é depositado sobre o solo via serrapilheira ocorre no período úmido, restando 41,50% do retorno do nitrogênio no período árido

Tabela 8. Média (\pm DP) do teor de carbono e de nitrogênio da serrapilheira nos períodos árido, úmido e anual na Fazenda Miranda.

Fitofisionomias do Cerrado	Teor de C na Serrapilheira Produzida (Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)			Teor de N na Serrapilheira Produzida (Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)		
	Árido	Úmido	Acumulado Anual	Árido	Úmido	Acumulado Anual
Cerradão	0,29 \pm 0,03	0,22 \pm 0,04	4,21 \pm 0,18	0,006 \pm 0,00	0,007 \pm 0,00	0,12 \pm 0,01
<i>Stricto Sensu</i>	0,41 \pm 0,03	0,14 \pm 0,02	4,32 \pm 0,26	0,008 \pm 0,00	0,004 \pm 0,00	0,10 \pm 0,01
Campo Sujo	0,10 \pm 0,02	0,01 \pm 0,00	0,91 \pm 0,08	0,001 \pm 0,00	0,000 \pm 0,00	0,02 \pm 0,00
Miscelânea	0,34 \pm 0,03	0,15 \pm 0,02	4,01 \pm 0,26	0,007 \pm 0,00	0,005 \pm 0,00	0,12 \pm 0,01
Cambarazal	0,26 \pm 0,03	0,09 \pm 0,01	2,79 \pm 0,17	0,006 \pm 0,00	0,003 \pm 0,00	0,09 \pm 0,01
Média	0,28 \pm 0,03	0,12 \pm 0,02	3,25 \pm 0,19	0,006 \pm 0,00	0,004 \pm 0,00	0,09 \pm 0,00

Fitofisionomias do Cerrado	Teor de C na Serrapilheira Acumulada (Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)			Teor de N na Serrapilheira Acumulada (Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)		
	Árido	Úmido	Média Anual	Árido	Úmido	Média Anual
Cerradão	4,22 \pm 0,26	3,23 \pm 0,19	4,29 \pm 0,68	0,11 \pm 0,01	0,09 \pm 0,01	0,12 \pm 0,00
<i>Stricto Sensu</i>	4,24 \pm 0,21	3,70 \pm 0,16	4,15 \pm 0,89	0,10 \pm 0,01	0,10 \pm 0,00	0,11 \pm 0,00
Campo Sujo	1,56 \pm 0,12	1,10 \pm 0,09	1,28 \pm 0,48	0,03 \pm 0,01	0,03 \pm 0,00	0,03 \pm 0,01
Miscelânea	2,99 \pm 0,24	2,51 \pm 0,25	2,98 \pm 0,53	0,08 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01	0,08 \pm 0,00
Cambarazal	4,84 \pm 0,51	3,39 \pm 0,37	2,75 \pm 0,08	0,14 \pm 0,01	0,12 \pm 0,00	0,09 \pm 0,00
Média	3,57 \pm 0,27	2,78 \pm 0,21	3,09 \pm 0,68	0,09 \pm 0,01	0,08 \pm 0,01	0,08 \pm 0,00

3.3.3 Taxa de retorno de nutrientes via serrapilheira

As taxas de decomposição diferem dos valores estimados em florestas estacionais semidecíduais, que têm variado de 1,02 a 1,60 ano⁻¹ (SCHLITTLER et al., 1993) (MORELLATO, 1992), e a faixa de 1,10 a 1,70 ano⁻¹ estimada para florestas neotropicais (ANDERSON et al., 1983). Diferenças na taxa de decomposição da serrapilheira entre florestas tropicais podem ser atribuídas ao tipo de cobertura vegetal, à qualidade do material, à atividade da fauna do solo e às condições ambientais, especialmente temperatura e umidade (ANDERSON et al., 1983; CÉSAR, 1993). A baixa taxa de decomposição da serrapilheira indica a lenta liberação e o consequente reaproveitamento dos nutrientes por parte do sistema radicular da vegetação.

A fração foliar é a componente majoritária da serrapilheira total produzida, em média cerca de mais de 76% (**Tabela 9**). O comportamento da constante de decomposição das folhas foi semelhante ao da serrapilheira total, sendo possível, então, inferir-se que a serrapilheira total é governada pela proporção das folhas em cada uma das fitofisionomias, como encontrado no trabalho de Silva et al. (2009). A contribuição da fração foliar na taxa de decomposição pode ser observada na **Tabela 9**, em que a média da constante de decomposição entre os transectos avaliados da fração foliar foi de 0,82 ano⁻¹, que é superior à média da taxa de decomposição da serrapilheira total, que foi de 0,70 ano⁻¹.

A velocidade da ciclagem de nutrientes solo-planta depende da taxa de decomposição da serrapilheira depositada sobre o solo. Da mesma forma, um fator que influencia a decomposição lenta é a baixa umidade do solo do Cerrado, que reduz a atividade dos organismos decompositores da serrapilheira (SANTANA & SOUTO, 2011). A constante de decomposição é alta na Baixada Cuiabana, observa-se neste trabalho que o valor médio é de $K = 0,71$ para o primeiro ano de coleta de dados, e de $K = 0,87$ para o segundo ano de coleta de dados dos transectos (**Tabela 9**). Esses valores indicam que a serrapilheira produzida durante o ano demora aproximadamente um ano e meio para decompôr (**Tabela 9**).

Para outros ecossistemas tem-se diferenças, como a da Floresta Estacional Semidecidual, em que a constante de decomposição foi de $K = 1,71$; nessa floresta, o

tempo de decomposição do total produzido no ano é de 212 dias (VITAL et al., 2004). Nos cinco transectos da Fazenda Miranda, observou-se pouca serrapilheira acumulada na superfície do solo, apresentando uma rápida velocidade de decomposição e, conseqüentemente, rápido aproveitamento de nutrientes por parte da vegetação, o que favorece a ciclagem e o equilíbrio desse ambiente. Logo, para floresta com valor alto da constante de decomposição, tem-se indiretamente alta velocidade para disponibilizar nutrientes por parte da vegetação (OLSON, 1963; PAGANO, 1989). A ciclagem de nutrientes em ecossistemas naturais pode, em médio e longo prazo, fornecer subsídios para um melhor entendimento das relações do meio biofísico. De posse de informações relativas à produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira, é possível entender determinada fitofisionomia (FERREIRA, 2011).

Tabela 9. Taxa de decomposição (K) da serrapilheira, das folhas, dos galhos e outros e o tempo médio de renovação $T(1/K)$ e tempo necessário para decomposição de 50 e

95% da serrapilheira, na Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

Fitofisionomias de Cerrado	Serrapilheira 2014/15				Serrapilheira 2015/16			
	<i>K</i>	<i>T(1/K)</i>	<i>T(0,5)</i>	<i>T(0,05)</i>	<i>K</i>	<i>T(1/K)</i>	<i>T(0,5)</i>	<i>T(0,05)</i>
Cerradão	0,71	1,42	0,98	4,23	1,01	0,99	0,69	2,97
<i>Stricto Sensu</i>	0,73	1,38	0,95	4,11	0,89	1,13	0,78	3,37
Campo Sujo	0,51	1,94	1,36	5,88	0,61	1,65	1,14	4,92
Miscelânea	0,96	1,04	0,72	3,13	1,02	0,98	0,68	2,94
Cambarazal	0,69	1,44	1,00	4,35	0,82	1,22	0,85	3,66
Fitofisionomias de Cerrado	Folhas 2014/15				Folhas 2015/16			
	<i>K</i>	<i>T(1/K)</i>	<i>T(0,5)</i>	<i>T(0,05)</i>	<i>K</i>	<i>T(1/K)</i>	<i>T(0,5)</i>	<i>T(0,05)</i>
Cerradão	0,85	1,17	0,82	3,53	1,14	0,87	0,61	2,63
<i>Stricto Sensu</i>	0,85	1,17	0,82	3,53	0,98	1,02	0,71	3,06
Campo Sujo	0,56	1,78	1,24	5,36	0,56	1,78	1,24	5,36
Miscelânea	1,11	0,89	0,62	2,70	1,13	0,88	0,61	2,65
Cambarazal	0,74	1,35	0,94	4,05	0,87	1,15	0,79	3,45
Fitofisionomias de Cerrado	Galhos 2014/15				Galhos 2015/16			
	<i>K</i>	<i>T(1/K)</i>	<i>T(0,5)</i>	<i>T(0,05)</i>	<i>K</i>	<i>T(1/K)</i>	<i>T(0,5)</i>	<i>T(0,05)</i>
Cerradão	0,47	2,14	1,47	6,38	0,69	1,45	1,00	4,35
<i>Stricto Sensu</i>	0,79	1,26	0,88	3,79	0,81	1,23	0,85	3,70
Campo Sujo	0,29	3,36	2,39	10,34	0,82	1,22	0,85	3,66
Miscelânea	0,59	1,68	1,17	5,08	0,93	1,08	0,75	3,23
Cambarazal	0,69	1,45	1,00	4,35	0,72	1,39	0,96	4,17
Fitofisionomias de Cerrado	Outros 2014/15				2015/16			
	<i>K</i>	<i>T(1/K)</i>	<i>T(0,5)</i>	<i>T(0,05)</i>	<i>K</i>	<i>T(1/K)</i>	<i>T(0,5)</i>	<i>T(0,05)</i>
Cerradão	0,62	1,62	1,12	4,84	0,91	1,10	0,76	3,29
<i>Stricto Sensu</i>	0,12	8,53	5,77	25,00	0,23	4,34	3,01	13,04
Campo Sujo	0,12	8,55	5,77	25,00	0,47	2,13	1,47	6,38
Miscelânea	0,48	2,07	1,44	6,25	0,44	2,27	1,57	6,82
Cambarazal	0,17	6,06	4,08	17,65	0,35	2,88	1,98	8,57

3.3.4 Constante de decomposição e balanço de massa da serrapilheira

O processo mais rápido de decomposição na estação chuvosa é atribuído a um aumento da atividade de microdecompositores e macro-fauna, causado pela disponibilidade de água e nutrientes. Um aumento da taxa de decomposição é o resultado das chuvas iniciais que estimulam a perda de massa e liberação de nutrientes após períodos de seca, resultando em pulsos de nutrientes no solo. Portanto, o maior estoque de carbono, nitrogênio e outros nutrientes na camada de serrapilheira das florestas sazonais pode ser uma consequência da alta entrada de serrapilheira e baixa taxa de decomposição da serrapilheira durante o ano (VILLELA et al., 2006). No entanto, embora as diferenças entre os locais possam influenciar a decomposição, os efeitos da qualidade do substrato e da fauna do solo podem ser cruciais neste processo nas florestas tropicais. Este padrão comum de florestas tropicais sugere que a água é um dos principais fatores que impulsionam a produção de serrapilheira e seus nutrientes nesses ecossistemas (VILLELA et al., 2012; SILVA et al., 2009; SANCHES et al., 2008; VOURLITIS et al., 2014).

A taxa de retorno de carbono por meio da serrapilheira depositada no solo pode ser observada pelos valores mensais da constante de decomposição em cada um dos transectos (**Figura 15**). Os valores estimados da constante podem variar de mês a mês e de uma fitofisionomia para outra, pois a qualidade e a quantidade da serrapilheira depositada sobre a superfície, a biota e umidade do solo são fatores importantes para a decomposição da serrapilheira. O retorno de nutrientes acontece no processo de decomposição da serrapilheira acumulada sobre o solo, a absorção durante o período árido parece ser maior em relação ao período úmido, no qual a quantidade de material vegetal depositado sobre o solo aumenta significativamente, e consequentemente a constante de decomposição também, em relação aos outros períodos avaliados em todas as fitofisionomias.

Em termos de balanço de massa da serrapilheira, existe um aumento médio de 15 % da serrapilheira acumulada e carbono disponível entre os períodos áridos e úmidos, sendo que, em alguns meses do período árido, observa-se que o balanço de massa foi negativo, contribuindo para a fixação de macronutrientes. Desta forma,

principalmente devido à expressiva produção, a serrapilheira parece desempenhar papel fundamental no retorno dos macronutrientes carbono e nitrogênio (**Figura 16**).

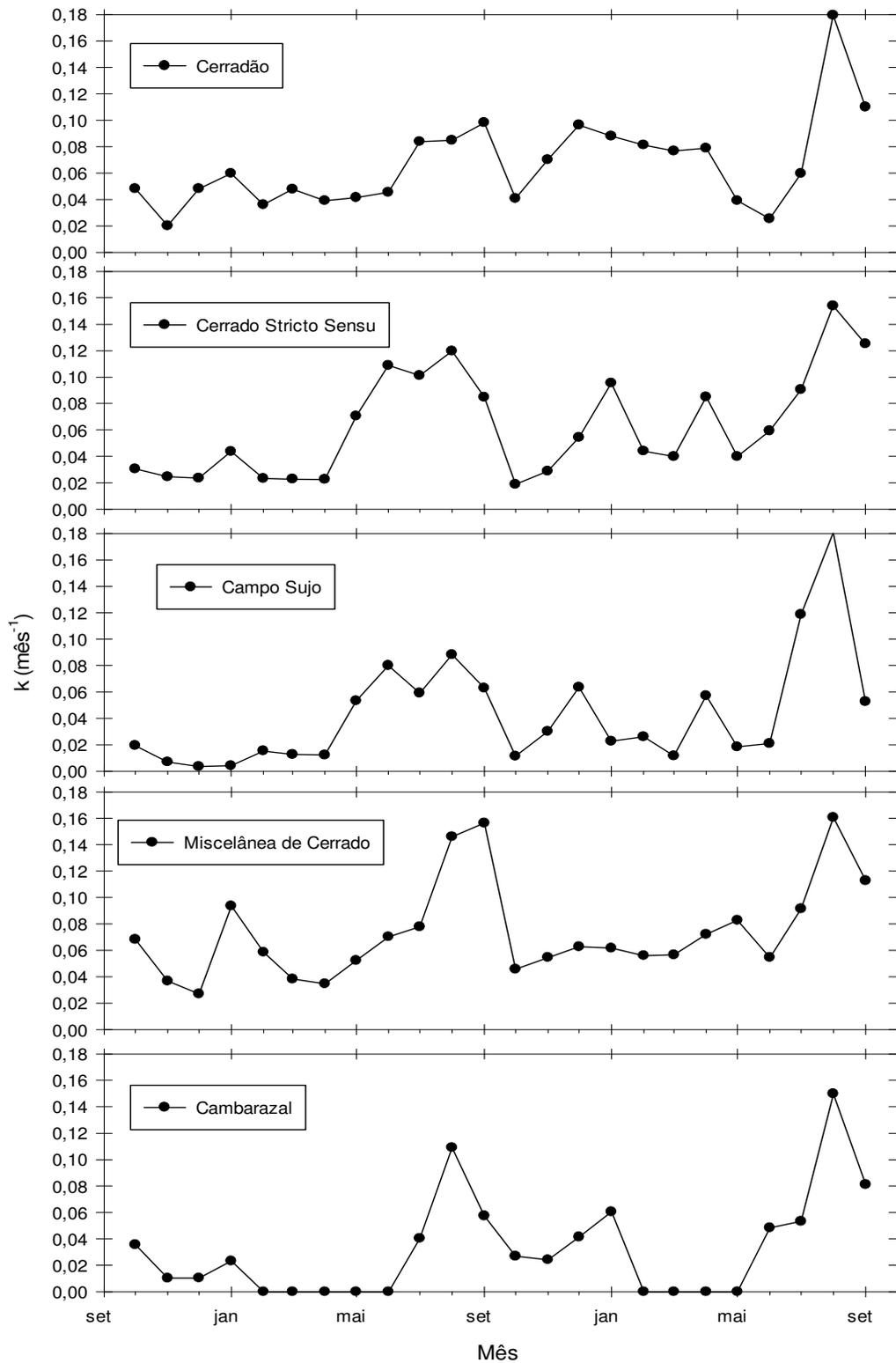


Figura 15. Médias mensais da constante de decomposição da serrapilheira das fitofisionomias avaliadas durante o período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

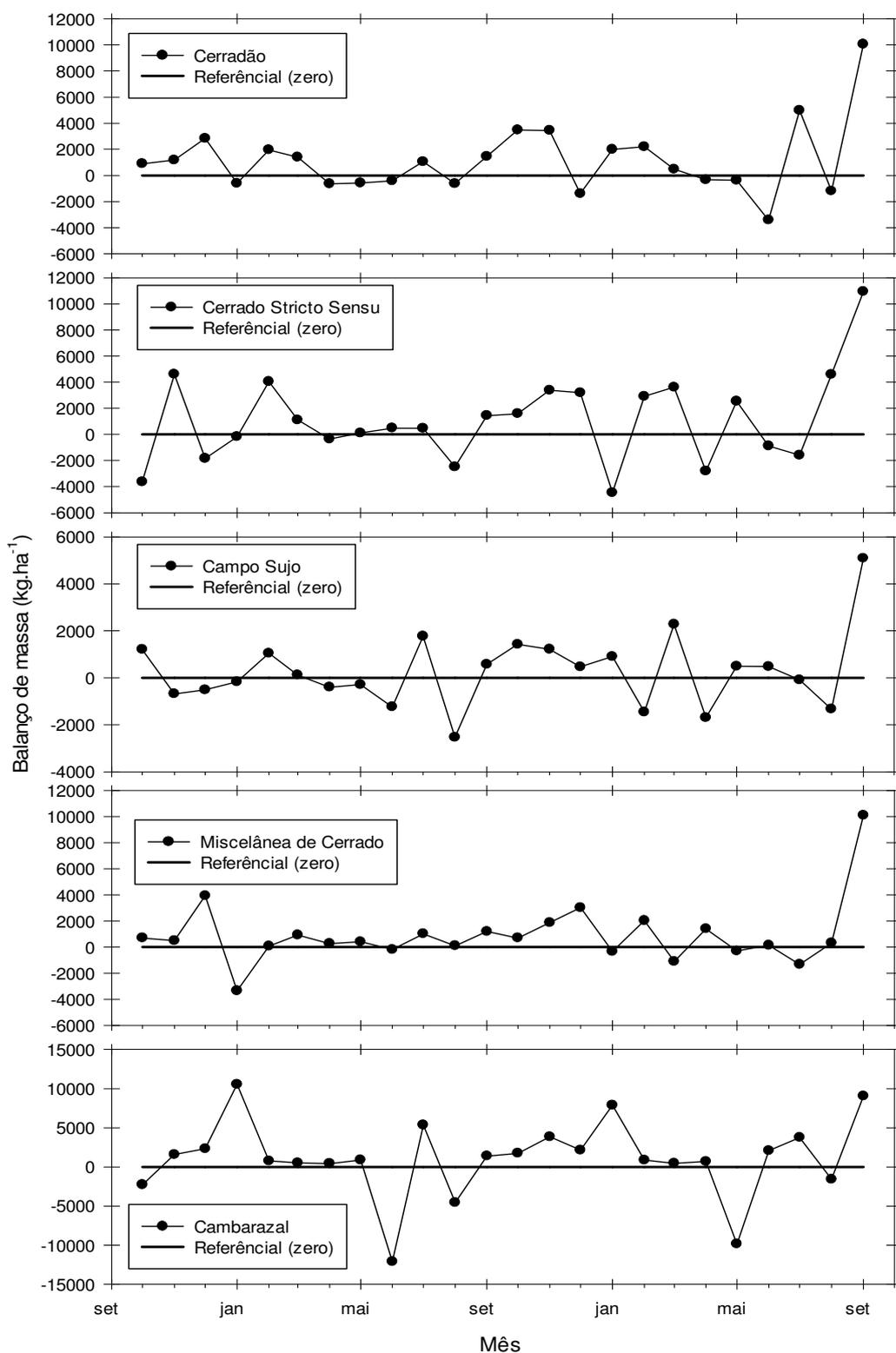


Figura 16. Médias mensais do balanço de massa da serrapilheira dos transectos avaliados durante o período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

3.3.5 Frações da serrapilheira produzida e acumulada

A fração foliar da serrapilheira produzida do Cerradão foi de 4,49 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, do Cerrado *Stricto Sensu* foi de 5,48 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ da Miscelânea de Cerrado foi de 4,99 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ e do Cambarazal foi de 3,61 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ conforme se verifica na **Figura 17**. Esse percentual de 70% sugerido por Meentmeyer et al. (1982) está na faixa de valores obtidos em florestas estacionais semidecíduais, de 62,03% (PAGANO, 1989) a 71,58% (OLIVEIRA, 1997).

A fração material reprodutivo da serrapilheira produzida (flores e frutos) representou menos de 10 % da serrapilheira total, valores semelhantes aos obtidos em florestas estacionais semidecíduais, que normalmente não ultrapassam 10 % (CÉSAR, 1993; SCHLITTLER et al., 1993; DIAS & OLIVEIRA FILHO, 1997; DINIZ & PAGANO, 1997; MARTINS & RODRIGUES, 1999). Este resultado pode ser explicado pela presença de alguns indivíduos de espécies frutíferas com produção de flores e frutos pequenos e leves.

A contribuição da fração de galhos da serrapilheira produzida variou de 4,22 à 21,51 %, percentual situado dentro da faixa de valores obtidos para essa fração em florestas estacionais semidecíduais, nas fitofisionomias do Cerradão, do Cerrado *Stricto Sensu*, da Miscelânea de Cerrado e do Cambarazal foram estimados valores semelhantes. Entretanto, observa-se que a participação dessa fração na serrapilheira total tem sido muito variada em florestas estacionais semidecíduais, com o menor valor de 12,41 % (CARPANEZZI, 1980) e o maior de 32,6 % (PAGANO, 1989).

A contribuição para produção de folhas na composição da serrapilheira tem como destaque o Cerrado *Stricto Sensu*, pois nessa fitofisionomia há grande produção de folhas, destacando-se duas espécies características do Cerrado (**Tabela 1**). Entretanto, mais de 76 % da produção da serrapilheira vêm das folhas nesse transecto; no Cerrado da Baixada Cuiabana, é comum as espécies perderem as folhas como estratégia de sobrevivência das espécies ao estresse hídrico.

No Campo Sujo, apesar do grande percentual de 92,73 % para a produção da fração foliar na composição da serrapilheira, as estimativas da produção foliar em magnitude foram os menores entre os demais transectos. Logo, a produção de

serrapilheira foi menor que nos demais locais. Essas características mencionadas decorrem do tipo de solo no local, que é pedregoso, e devido ao relevo acidentado que acarreta enxurrada no período chuvoso, carreando toda a serrapilheira sobre o solo para as regiões mais baixas do terreno.

O Cambarazal tem como característica a predominância da espécie *V. divergens* (cambará). A produção de folhas, de galhos e de outros nesse transecto apresenta valores inferiores em relação ao Cerradão, ao Cerrado *Stricto Sensu* e à Miscelânea de Cerrado. Entretanto, no local, as espécies que compõem este fragmento têm alturas bem superiores, se comparadas aos tipos de fitofisionomias.

O Cerradão se destaca na produção e no acumulado de galhos (galhos com diâmetro inferior a 1,0 cm, cascas de troncos) frente aos demais transectos avaliados. Os meses de maior produção de galhos são setembro e outubro, devido ao aumento médio da velocidade do vento no fim do período de árido e começo do período sub-úmido. Nesses períodos, os galhos estão expostos à radiação e à ação do vento.

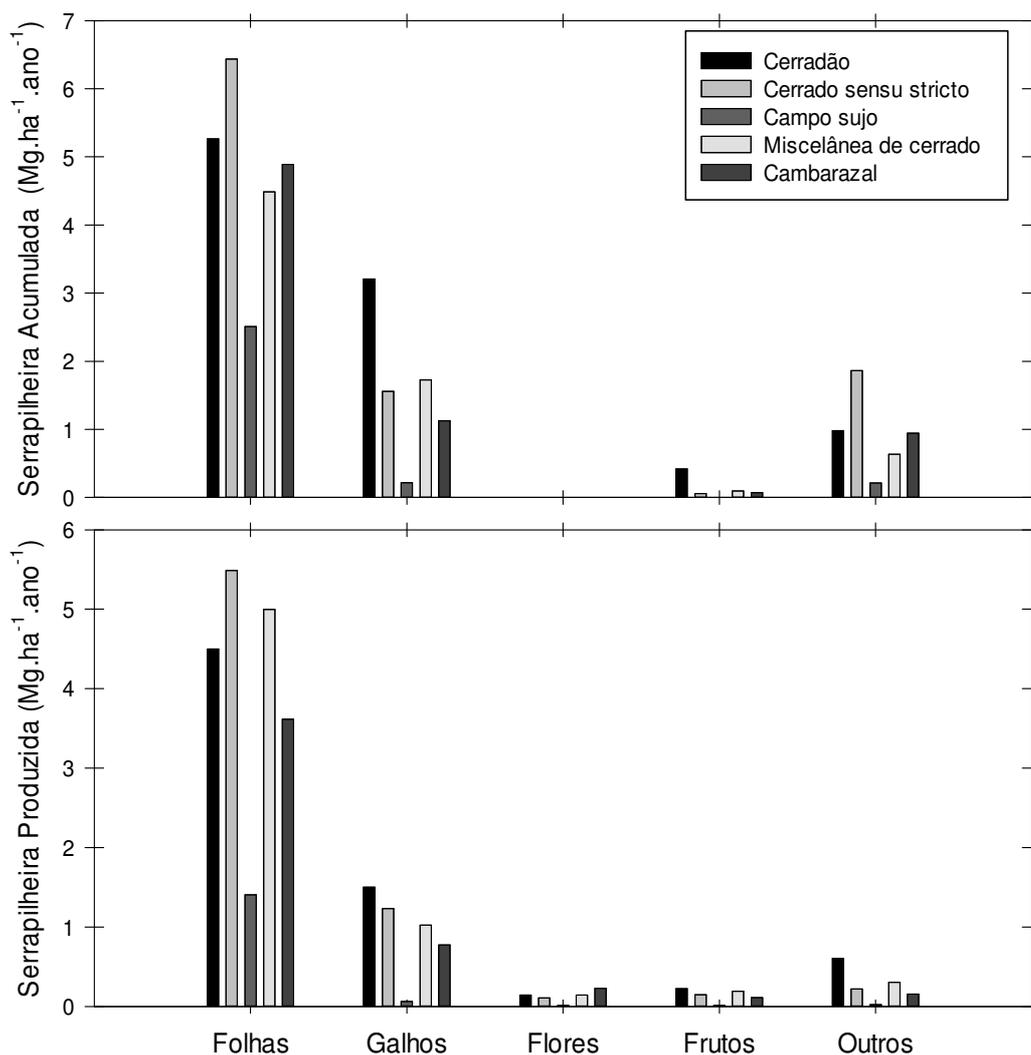


Figura 17. Frações da serrapilheira acumulada e da serrapilheira produzida em cada um dos transectos na Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

A dinâmica de produção de serrapilheira nos transectos avaliados apresenta um padrão semelhante aos de outros biomas como Floresta Amazônica, Mata Atlântica. Logo, o percentual médio foi de 76,50 % para a produção foliar, de 14,83 % para produção de galhos, de 2,21 % para produção de flores, de 2,24 % para a produção de frutos e 4,23 % para a produção de outros (**Tabela 10**). Da mesma forma, nos transectos avaliados, observa-se que o acumulado de serrapilheira é composto majoritariamente por folhas seguidas por galhos e outros. O percentual de folhas

acumuladas foi de 67,51 %. O acumulado de galhos foi de 19,27 %, mas os galhos apresentou-se com mais dificuldade de decompor em relação às folhas, o que observa-se é um percentual de galhos acumulados superior ao produzido durante o ano.

Tabela 10. Percentual das frações de serrapilheira das produções e dos acumulados em cada um dos transectos na Fazenda Miranda, no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

Frações da serrapilheira acumulada sobre o solo (%)					
Fitofisionomias do Cerrado	Folhas	Galhos	Flores	Frutos	Outros
Cerradão	53,29	32,48	0,04	4,24	9,95
<i>Stricto Sensu</i>	64,92	15,72	0,01	0,57	18,77
Campo Sujo	85,22	7,30	0,06	0,20	7,21
Miscelânea	64,63	24,83	0,05	1,39	9,11
Cambarazal	69,49	16,01	0,03	1,03	13,44
Média	67,51	19,27	0,04	1,49	11,69
Frações da serrapilheira produção (%)					
Fitofisionomias do Cerrado	Folhas	Galhos	Flores	Frutos	Outros
Cerradão	64,48	21,51	2,08	3,23	8,70
<i>Stricto Sensu</i>	76,28	17,15	1,48	2,05	3,03
Campo Sujo	92,73	4,22	0,64	0,77	1,64
Miscelânea	74,99	15,40	2,18	2,84	4,58
Cambarazal	73,98	15,87	4,66	2,29	3,20
Média	76,49	14,83	2,21	2,24	4,23

3.3.6 Dinâmica de queda de folhas em função da precipitação

A tendência geral das curvas referentes à queda de folhas em função da precipitação durante os meses pode ser verificada na **Figura 18**. O comportamento geral entre os transectos em termos da produção da fração foliar da serrapilheira tem uma relação de dependência com a precipitação de tal forma que, quando a precipitação foi inferior a 50 mm. mês⁻¹, a produção de serrapilheira teve um aumento exponencial. O ponto de inflexão das curvas em todos os transectos tem como característica os 50 mm de precipitação.

As fitofisionomias de Cerradão e de Miscelânea de Cerrado apresentaram as curvas de ajuste com menor coeficiente de determinação ($R^2 = 0,52$ e $p < 0,0041$) para ambos. Essas curvas, apesar do menor ajuste dos modelos, seguem o comportamento dos demais transectos. As duas fitofisionomias apresentam uma média de 20 g.mês⁻¹ de queda de folhas nos meses em que a precipitação foi superior a 50 mm.mês⁻¹. Já no período que a precipitação foi inferior a 50 mm.mês⁻¹, a queda de folhas duplicou no começo da estiagem e chegou a quadruplicar no fim da estiagem como se observa na **Figura 18**.

As fitofisionomias de Cerrado *Stricto Sensu* de Campo Sujo e do Cambarazal apresentaram os maiores coeficientes de determinação ($R^2 = 0,74$; $R^2 = 0,72$; $R^2 = 0,73$; $p < 0,0001$), respectivamente. No Cerrado *Stricto Sensu*, a queda de folhas se destaca em quantidade e tempo de resposta devido ao estresse hídrico no fragmento. No período de estiagem com precipitação inferior a 50 mm.mês⁻¹, os transectos de Cerrado *Stricto Sensu* e Campo Sujo chegaram a aumentar em cinco vezes a queda de folhas, já o Cambarazal apresentou um aumento de até quatro vezes na média para a queda de folha no período de estiagem.

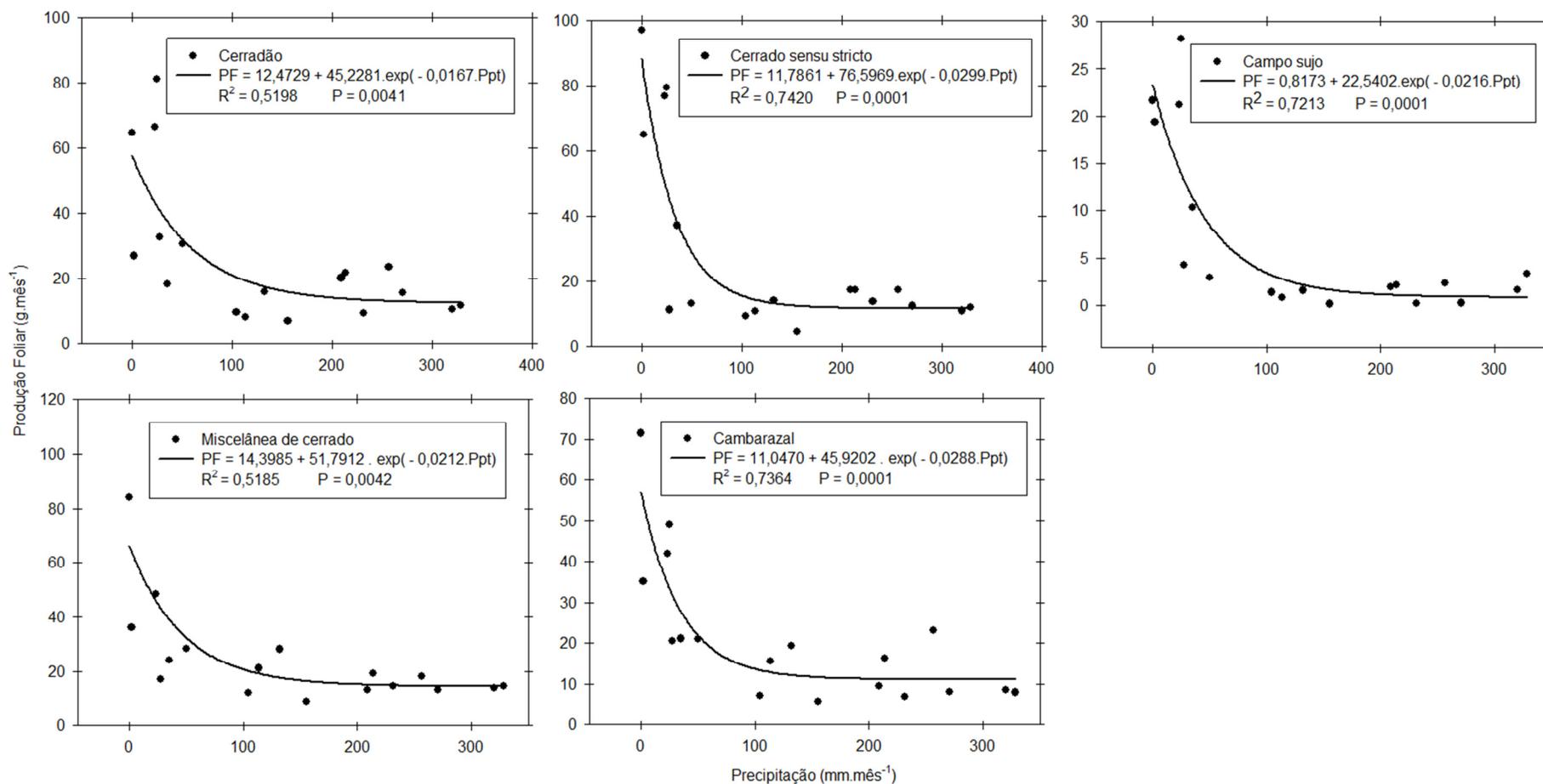


Figura 18. Produção média mensal de folha (PF) em função da precipitação (Ppt) nos transectos da Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

3.3.7 Dinâmica de queda de folhas em função da umidade relativa do ar

A mais notável característica fenológica observada na comunidade arbórea do ecótono Cerrado-Pantanal, com forte correlação das variações mensais da umidade relativa do ar na intensidade da queda foliar (**Figura 19**). A demanda evaporativa da atmosfera é um elemento importante para a renovação de folhas das espécies do Cerrado. A umidade relativa do ar tende a ditar a evapotranspiração real do ecossistema, com base nas médias mensais de umidade relativa do ar pode-se fazer uma prévia previsão de produção da fração foliar da serrapilheira em cada uma das fitofisionomias avaliadas na Fazenda Miranda.

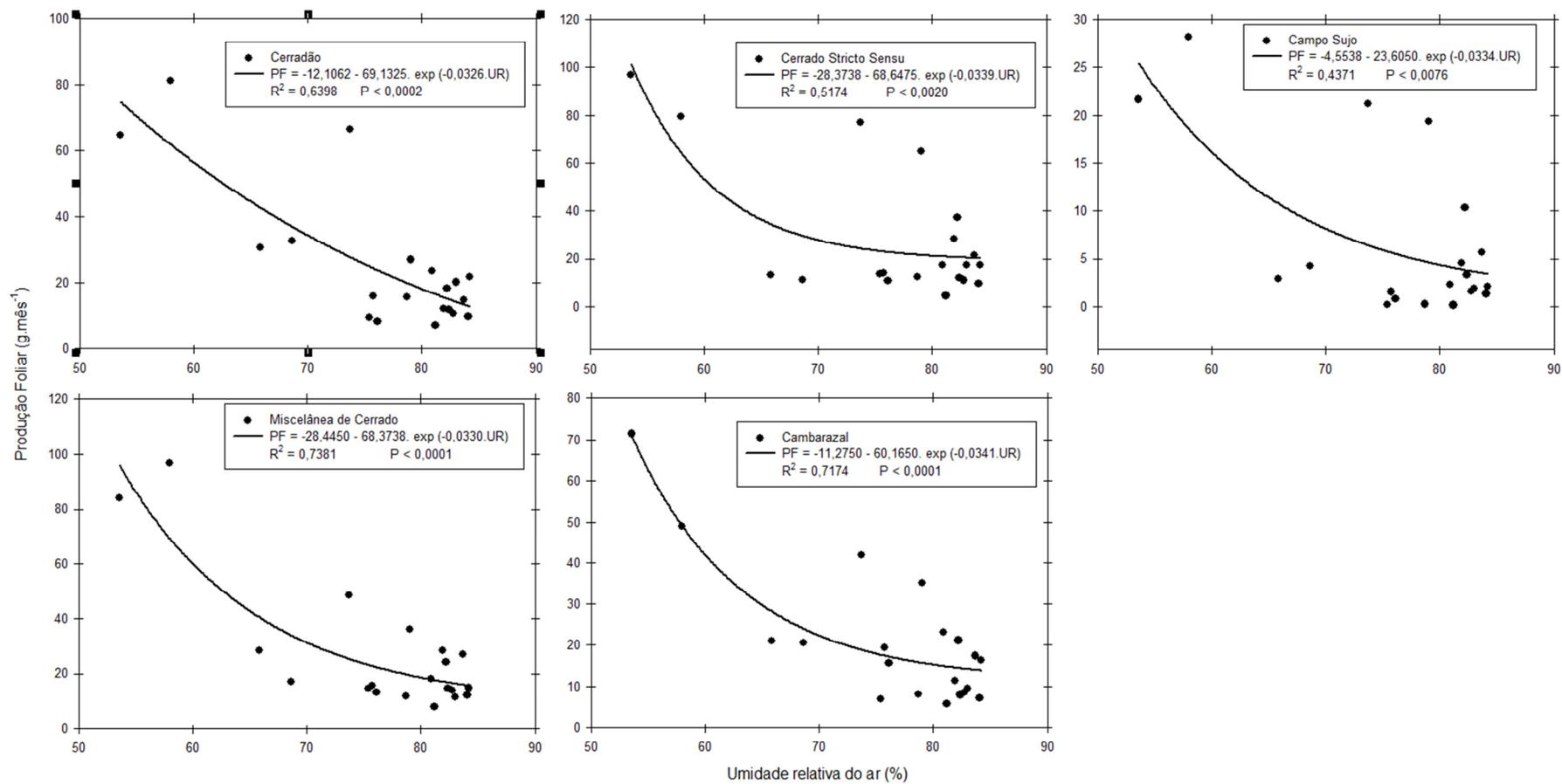


Figura 19. Produção média mensal de folha (PF) em função da umidade relativa do ar (UR) nos transectos da Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

3.4 ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO

Os maiores teores de C e N foram encontrados nas primeiras camadas de 0 a 0,20 m amostradas. Nessa situação, o teor de carbono decresce com a profundidade (**Tabela 12**). Nas camadas mais profundas houve uma redução do estoque de C e N, essas situações descritas acima é semelhante à da vegetação nativa, porque o aporte de resíduos vegetais sobre o solo tende a ter uma decomposição lenta e gradual, a qual pode contribuir com a constante incorporação de material orgânico no solo (FRACETTO et al., 2012). Esse fato pode ter se dado em função da maior liberação do elemento via decomposição da serrapilheira, e sua menor fixação, devido à lixiviação e escoamento por causa das chuvas no período úmido.

As relações C/N na fitofisionomia de Cerradão no período árido foi 4,54; 4,41; 55,41; 88,23; nas camadas de 0 a 0, 20 m, 0,40 a 0,60 m e 0,60 a 0,80 m, respectivamente. Nesse fragmento, as duas primeiras camadas do solo tiveram maior concentração de nitrogênio, proporcionando uma melhor qualidade desse solo (**Tabela 11**).

Nos outros transectos, observa-se que a presença de nitrogênio ocorre somente na primeira camada no período árido. Observou-se que a relação C/N na primeira camada de solo no ecossistema do Cerradão foi de 4,54, no Cerrado *Stricto Sensu* de 112,36, no Campo Sujo de 24,52, na Miscelânea de Cerrado de 25,05, no Cambarazal de 11,07. A facilidade da decomposição do material vegetal está diretamente ligada à relação C/N do solo. As Relações C/N altas podem ser interessantes, porque podem acarretar degradação mais lenta e favorecem o acúmulo de material orgânico e nitrogênio nos agregados do solo (LOSS et al., 2011).

As diferenças observadas nestes valores foram atribuídas aos tipos de Cerrado e de solo (VOURLITIS et al., 2014). Da mesma forma, dos dados em relação C/N pode-se inferir que os fragmentos de menor interferência antrópica tendem a ter valor baixo e favorecer uma menor perda de carbono do ecossistema para a atmosfera (**Tabela 11**).

Tabela 11. Média com intervalo de confiança de 95 % da relação C/N em cada um dos transectos em quatro profundidades no solo da Fazenda Miranda.

Profundidade (cm)	Cerradão	<i>Stricto Sensu</i>	Campo Sujo	Miscelânea de Cerrado	Cambarazal
	Período Úmido				
0 a 20	6,98 bA	23,59 eA	20,99 dC	5,30 aA	12,89 aC
20 a 40	7,43 aB	80,95 eC	13,61 bB	17,45 cB	27,85 dB
40 a 60	11,51 aC	85,22 dD	23,58 cD	19,00 bCB	95,61 eC
60 a 80	24,87 bD	59,75 cB	10,47 aA	SD	95,61 cD
Período Árido					
0 a 20	4,54 a	109,25 d	24,27 bc	24,91bc	11,01b

*SD – sem dados. As letras minúsculas representam diferenças significativas nas linhas e a letras maiúsculas diferenças significativas nas colunas com intervalo de confiança de 95%.

Tabela 12. Média (\pm DP) do estoque de carbono e do estoque de nitrogênio no perfil do solo dos cinco transectos da Fazenda Miranda.

Fitofisionomia do Cerrado	Estoque de C no solo (Mg.ha ⁻¹) Período árido					Estoque de N no solo (Mg.ha ⁻¹) Período árido				
	0-0,20 m	0,20-0,40 m	0,40-0,60 m	0,60-0,80 m	0-0,80 m	0-0,20 m	0,20-0,40 m	0,40-0,60 m	0,60-0,80 m	0-0,80 m
Cerradão	24,23 \pm 9,29	15,10 \pm 6,15	14,96 \pm 9,31	11,48 \pm 6,82	65,77 \pm 31,57	5,34 \pm 2,85	3,43 \pm 1,16	0,28 \pm 0,00	0,14 \pm 0,00	9,18 \pm 4,01
<i>Sensu stricto</i>	28,05 \pm 3,58	14,20 \pm 0,47	8,61 \pm 1,00	10,86 \pm 0,57	61,72 \pm 5,62	0,26 \pm 0,00	SD	SD	SD	0,26 \pm 0,00
Campo Sujo	42,94 \pm 8,99	24,71 \pm 2,58	10,16 \pm 2,16	6,32 \pm 1,81	84,13 \pm 15,55	1,77 \pm 0,29	SD	SD	SD	1,77 \pm 0,29
Miscelânea	75,23 \pm 32,29	20,13 \pm 3,70	9,50 \pm 2,10	5,89 \pm 2,78	110,75 \pm 40,87	3,02 \pm 2,05	SD	SD	SD	3,02 \pm 2,05
Cambarazal	23,77 \pm 9,68	21,21 \pm 7,05	10,10 \pm 4,65	9,35 \pm 4,48	64,43 \pm 25,86	2,16 \pm 2,37	SD	SD	SD	2,16 \pm 2,37
Média	38,84 \pm 19,48	19,07 \pm 3,92	10,67 \pm 2,22	8,78 \pm 2,29	77,36 \pm 23,86	2,30 \pm 1,17	3,43 \pm 1,16	0,28 \pm 0,00	0,14 \pm 0,00	3,28 \pm 1,17
Fitofisionomia do Cerrado	Estoque de C no solo (Mg.ha ⁻¹) Período úmido					Estoque de N no solo (Mg.ha ⁻¹) Período úmido				
	0-0,20 m	0,20-0,40 m	0,40-0,60 m	0,60-0,80 m	0-0,80 m	0-0,20 m	0,20-0,40 m	0,40-0,60 m	0,60-0,80 m	0-0,80 m
Cerradão	41,67 \pm 29,61	21,13 \pm 12,10	12,87 \pm 7,38	13,84 \pm 3,44	89,51 \pm 52,53	5,97 \pm 3,39	2,84 \pm 1,80	1,12 \pm 0,34	0,55 \pm 0,66	10,49 \pm 6,20
<i>Sensu stricto</i>	26,46 \pm 6,81	13,16 \pm 0,82	8,90 \pm 0,49	9,71 \pm 1,00	58,23 \pm 9,13	1,12 \pm 0,45	0,16 \pm 0,18	0,10 \pm 0,13	0,16 \pm 0,12	1,55 \pm 0,89
Campo Sujo	30,22 \pm 8,41	20,19 \pm 4,16	9,47 \pm 2,79	6,51 \pm 3,77	66,40 \pm 19,12	1,44 \pm 0,45	1,48 \pm 0,64	0,40 \pm 0,49	0,62 \pm 0,73	3,95 \pm 2,33
Miscelânea	15,76 \pm 7,51	14,55 \pm 1,73	7,76 \pm 4,02	2,34 \pm 0,79	40,42 \pm 14,05	2,97 \pm 1,76	0,83 \pm 0,65	0,41 \pm 0,45	SD	4,22 \pm 2,86
Cambarazal	12,74 \pm 3,44	9,31 \pm 1,78	7,78 \pm 0,44	7,78 \pm 0,44	37,63 \pm 6,10	0,99 \pm 0,42	0,33 \pm 0,31	0,08 \pm 0,11	0,08 \pm 0,11	1,49 \pm 0,97
Média	25,37 \pm 11,16	15,67 \pm 4,12	9,36 \pm 3,02	8,04 \pm 1,89	58,44 \pm 20,19	2,50 \pm 1,30	1,13 \pm 0,72	0,42 \pm 0,31	0,28 \pm 0,33	4,34 \pm 2,65

*SD

-

sem

dados.

3.5 ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CO₂ VIA SERRAPILHEIRA ACUMULADA TOTALMENTE QUEIMADA

A emissão de CO₂ via serrapilheira acumulada sobre o solo, quando totalmente queimada, contribui para o incremento do efeito estufa. A contribuição das fitofisionomias para uma possível liberação de CO₂ na queima somente do material vegetal depositado sobre o solo, para os transectos Campo Sujo, estimou-se em $(4,69,7 \pm 1,77)$ (Mg.ha⁻¹.a⁻¹) e a do Cerradão estimou-se em $(15,73 \pm 2,48)$ (Mg.ha⁻¹.a⁻¹). Supondo-se que toda a serrapilheira acumulada sobre a superfície fosse integralmente queimada, a contribuição das diferentes fitofisionomias para a emissão de CO₂ para a atmosfera pode ser verificada na **Tabela 13**. Obviamente, seguindo a exata tendência observada para a serrapilheira acumulada sobre o solo (**Tabela 8**), também o Campo Sujo figura como sendo aquele de menor contribuição e o Cerradão o de maior (cerca de três vezes superior ao Campo Sujo).

Previsões sobre o solo reportam que suas propriedades químicas são afetadas pela passagem do fogo, incluindo alterações de características químicas individuais, reações químicas e processos químicos (DEBANO et al., 1998). As características químicas do solo mais comumente afetadas pelo fogo são matéria orgânica, carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), capacidade de troca catiônica, pH e poder tampão. As propriedades físicas como umidade do solo controlam as atividades biológicas associadas às interações químicas durante a formação do solo, e também aceleram o desenvolvimento do solo. Os processos químicos mais comuns que ocorrem em solos que são afetados pelo fogo, no entanto, são os mecanismos que estão envolvidos na disponibilidade de nutrientes e as perdas e adições de nutrientes para o solo.

Tabela 13. Média (\pm DP) possibilidade de emissão de CO₂ via serrapilheira acumulada sobre o solo.

Fitofisionomias De Cerrado	Possível emissão de CO ₂ com a queima total da serrapilheira acumulada sobre o solo (Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)		
	Árido	Úmido	Total
Cerradão	15,45 \pm 0,96	11,85 \pm 0,72	15,73 \pm 2,49
<i>Sensu Stricto</i>	15,57 \pm 0,77	13,58 \pm 0,58	15,22 \pm 3,28
Campo Sujo	57,30 \pm 0,45	4,03 \pm 0,34	4,68 \pm 1,77
Miscelânea	10,98 \pm 0,89	9,21 \pm 0,92	10,95 \pm 1,94
Cambarazal	17,74 \pm 1,85	12,44 \pm 1,35	10,08 \pm 2,99
Média	13,09 \pm 0,98	10,22 \pm 0,78	11,34 \pm 2,49

3.6 INFLAMABILIDADE DA SERRAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO

O valor do parâmetro do comportamento da intensidade do fogo, obtidos depois do processamento das observações, estão apresentados na **Tabela 14**. De acordo com De Ronde et al. (1990), quando a intensidade do fogo é menor do que 40 kW.m⁻¹ e as chamas são menores do que 0,30 m, a propagação do fogo é muito lenta e o fogo geralmente se extingue sozinho. A inflamabilidade interpretada por meio da intensidade do fogo pode ser um parâmetro que quantifica e classificação as inflamabilidades das cinco fitofisionomias de Cerrado da Fazenda Miranda conforme verifica-se na **Figura 20**.

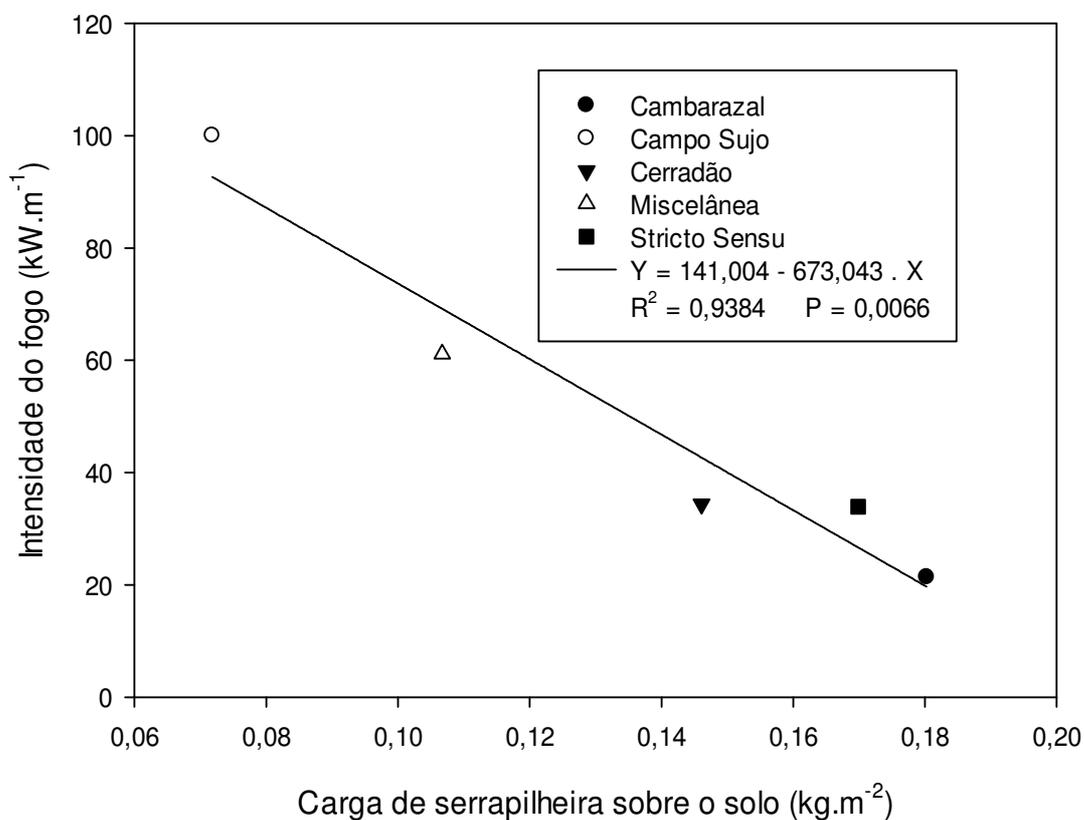


Figura 20. Regressão linear entre a intensidade do fogo pela carga de serrapilheira sobre o solo.

Tabela 14. Média (\pm DP) da altura da chama (h) e da intensidade do fogo (I) entre os cinco transectos da Fazenda Miranda.

Fitofisionomias de Cerrado	h (m)	I (kW.m^{-1})
Cerradão	$0,39 \pm 0,09$	$34,37 \pm 1,58$
Stricto Sensu	$0,39 \pm 0,11$	$33,90 \pm 2,35$
Campo Sujo	$0,65 \pm 0,19$	$100,04 \pm 8,47$
Miscelânea	$0,51 \pm 0,12$	$61,13 \pm 3,29$
Cambarazal	$0,32 \pm 0,19$	$21,39 \pm 8,55$

Média	0,45 ± 0,14	50,16 ± 4,85
--------------	--------------------	---------------------

As inflamabilidades dos transectos avaliados na Fazenda Miranda possuem diferenças significativas (**Tabela 15 e Figura 23**). O Campo Sujo foi o mais inflamável entre os transectos. Essa fitofisionomia possui o maior percentual da área coberta por capim e o menor índice de área foliar avaliados (VOURLITIS et al., 2014), o que contribui para a alta inflamabilidade em relação às demais. Logo, o tempo de ignição e tempo de combustão neste transecto foi o de menor valor devido às características do local.

O Cerradão e o Campo Sujo tiveram como destaque o tempo de ignição sem diferença significativa, mas o tempo de duração da chama no Cerradão foi uma vez e meia maior que o de Campo Sujo. Pode-se concluir que o Cerradão é inflamável e tem a duração de sua queima maior devido a sua carga de serrapilheira, pois sobre o solo estimou-se o dobro de carga em relação ao Campo Sujo. Logo, comparando essas duas fitofisionomias, percebe-se que o Cerradão tem muito a perder em um eventual incêndio, pois nele o solo é um dos que tem maior concentração de carbono e nitrogênio e maior quantidade de serrapilheira acumulada sobre o solo comparando-se às outras fitofisionomias (**Tabelas 6 e 8**).

O Cambarazal teve o tempo de ignição com maior média entre as fitofisionomias, 29,71 s, e de maior variação entre os transectos, variando com limite superior de 41,75 s e o limite inferior de 19,37 s. Essa variabilidade no tempo de ignição deve-se à parte do local (demarcação da linha do transecto) que fica dentro da floresta de predominância de Cambarazal e à outra parte, que fica na borda do fragmento. Nesse local, as outras variáveis de inflamabilidade medidas tiveram o mesmo comportamento dos outros transectos avaliados (**Tabela 15**).

A dinâmica das variáveis de inflamabilidade tem o comportamento médio em função da carga de serrapilheira acumulada, sendo observado que quando há o aumento da carga de material vegetal sobre o solo, aumenta o tempo de ignição e o tempo de combustão, mas para a velocidade esse comportamento é o inverso. O coeficiente de correlação entre a carga de serrapilheira e o tempo de ignição foi de 0,75. Já a correlação entre a carga de serrapilheira e o tempo de duração da chama foi de 0,99.

Mas a correlação entre a carga de serrapilheira e a altura da chama e a velocidade de propagação foi de $-0,98$ e $-0,54$, respectivamente (**Figura 22**).

Na queima da serrapilheira, entre os transectos, não foi possível ter a precisão em relação as medidas de temperatura no momento da queima, o que se pode observar foi que as medidas de temperatura foram igual ou superior a $670\text{ }^{\circ}\text{C}$ de valor máxima nos quarenta pontos avaliados, pois a resolução da máquina térmica não ultrapassa a temperatura de $670\text{ }^{\circ}\text{C}$. Durante incêndios de superfície nas florestas, a temperatura máxima varia entre 200 a 300°C (RUNDEL, 1983), mas o valores observados neste trabalho diferem dos encontrados em outras florestas (**Figura 21**).

Em combustíveis florestais pesados, quando a carga de material vegetal tem valores próximos $400\text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, a temperatura máxima sobre o solo em um incêndio varia entre 500 a 700°C , mas temperaturas instantâneas podem atingir valores próximos de 1500°C (DUNN e DEBANO, 1977). Na pastagem, os valores são inferiores ao extremo em acúmulo de combustível sobre a superfície, valores esses de $1\text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, e geralmente em incêndios em pastagem ao nível do solo as temperaturas mais altas foram medidas com valores de 225°C (RUNDEL, 1983; DEBANO et al., 1998). Esses valores de temperaturas máximas diferem dos observados neste trabalho, pois os valores medidos de temperatura no Campo Sujo comparado com a pastagem foram três vezes superiores aos descritos na literatura especializada (**Figura 21**).

As alterações produzidas por uma queimada em serrapilheira podem ser observadas na vegetação de sub-bosque e no solo exposto dos transectos. Por sua vez, estes efeitos dão origem a uma série de mecanismos ao nível do ciclo hidrológico e dos ciclos biogeoquímicos de nutrientes que podem traduzir-se em processos de degradação importantes. A quantidade e duração da transferência de calor por meio de queima da serrapilheira determina a severidade dos impactos sofridos pelo solo, os seus constituintes químicos e componentes biológicos (NEARY et al., 1999).

Perturbações biológicas no solo começam com as temperaturas variando entre 40 a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ com degradação da proteína e morte do tecido da planta. Na temperatura do solo, de 48 a $54\text{ }^{\circ}\text{C}$, raízes podem desidratar, e a mortalidade das sementes ocorre na faixa de 70 a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Geralmente os fungos não resistem a temperaturas na faixa entre 50

a 120 °C, e as bactérias são de maneira geral mais resistente que os outros organismos do solo (DEBANO et al., 1998).

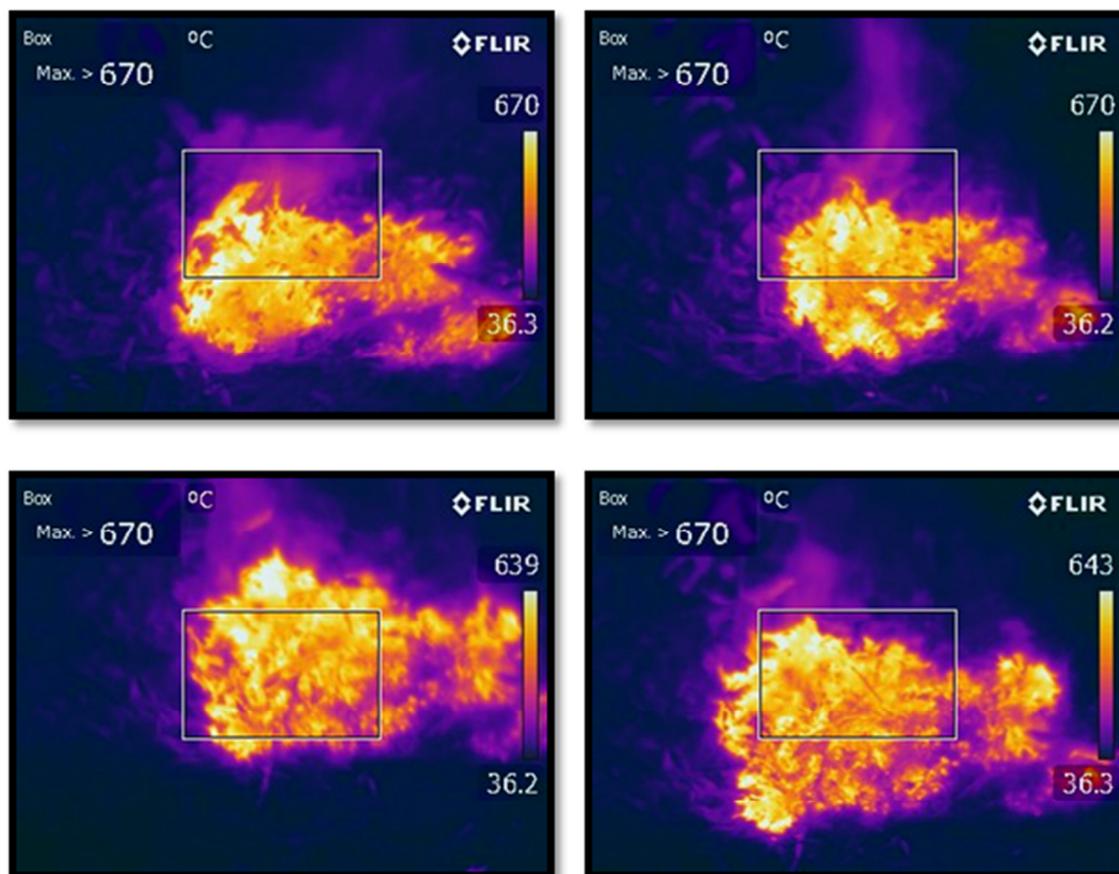


Figura 21. Imagens termais da queima da serrapilheira acumulada sobre o solo dos transectos avaliados na Fazenda Miranda.

A inflamabilidade da serrapilheira acumulada sobre o solo entre os transectos avaliados neste trabalho tem relação com as cargas de serrapilheira sobre o solo (**Figura 22**). Dessas relações entre as variáveis de inflamabilidade, como tempo de ignição dependente da carga de serrapilheira, pode-se inferir que todas as fitofisionomias têm facilidade de começar um incêndio devido à área de borda do fragmento. O tempo de queima da serrapilheira acumulada sobre o solo teve uma forte influência da carga, pois ao avaliar o coeficiente de determinação de ($R^2 = 0,98$ e $p < 0,001$) verificou-se o ajuste com a regressão linear. Logo, a variável de carga de

material vegetal sobre o solo florestal pode ser de suma importância para se entender a dinâmica de queima superficial no interior das fitofisionomias do Cerrado.

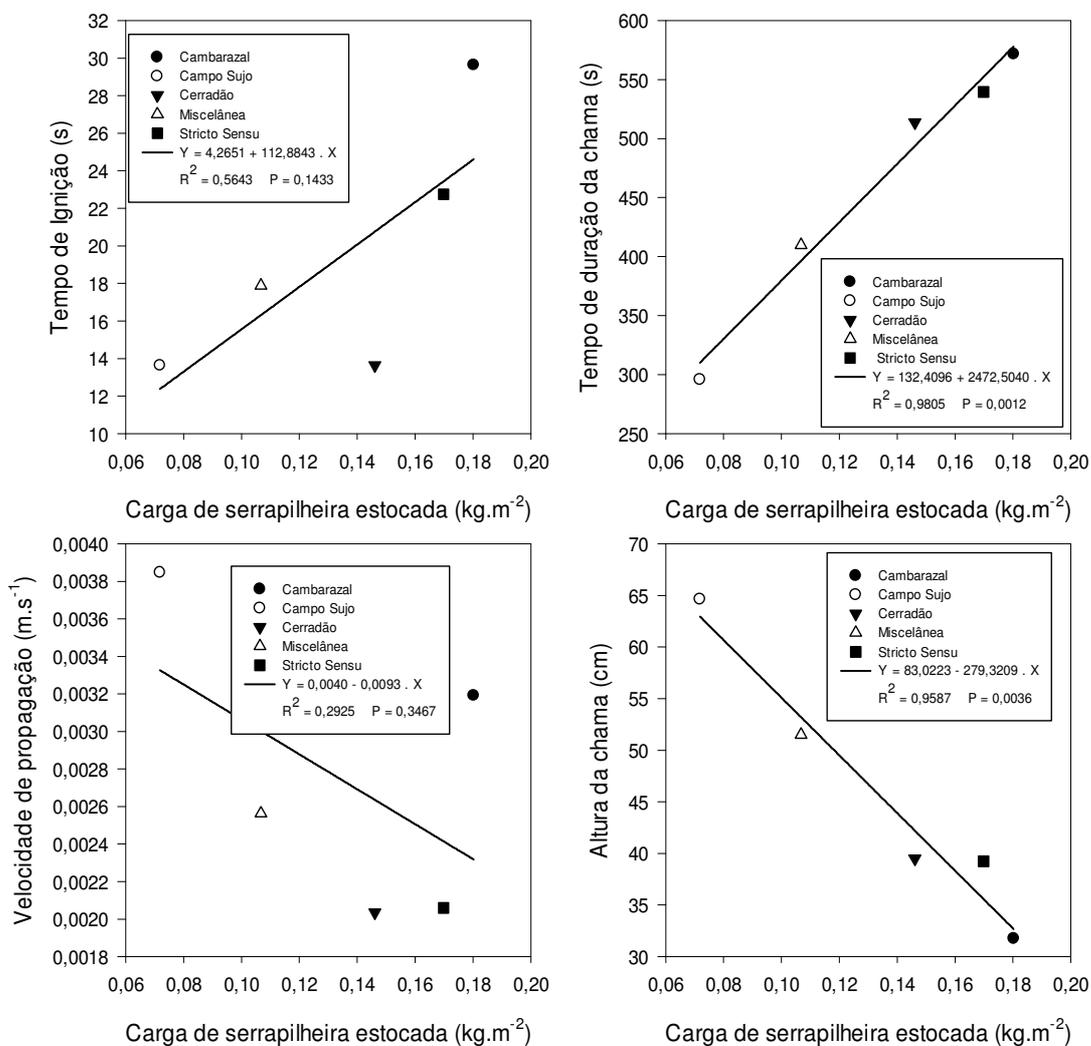


Figura 22. Regressão linear entre carga de serrapilheira acumulada sobre o solo e as respectivas variáveis de inflamabilidade de tempo de ignição, de tempo de duração da chama, da velocidade de propagação e da altura da chama.

Tabela 15. Médias (\pm DP) da carga de serrapilheira acumulada sobre o solo (σ), do tempo de ignição (I), da velocidade de propagação (V), do teor de umidade da serrapilheira (Us), do tempo de queima total da serrapilheira (Tc) na Fazenda Miranda.

Fitofisionomias do Cerrado	σ (kg.m ⁻²)	I (s)	V (m.s ⁻¹)	Us (%)	Tc (s)
Cerradão	0,15 \pm 0,02	13,68 \pm 1,69	0,0020 \pm 0,0001	3,70 \pm 0,75	513,18 \pm 39,54
Cerrado <i>Stricto Sensu</i>	0,17 \pm 0,01	22,85 \pm 3,35	0,0021 \pm 0,0002	3,23 \pm 0,12	537,37 \pm 60,62
Campo Sujo	0,07 \pm 0,01	13,66 \pm 1,92	0,0038 \pm 0,0005	4,19 \pm 0,14	296,73 \pm 37,59
Miscelânea de Cerrado	0,11 \pm 0,02	17,91 \pm 4,16	0,0026 \pm 0,0002	6,44 \pm 0,24	409,67 \pm 34,01
Cambarazal	0,18 \pm 0,04	29,71 \pm 5,87	0,0032 \pm 0,0011	7,94 \pm 2,09	567,32 \pm 106,40
Média	0,14 \pm 0,02	19,56 \pm 3,40	0,0027 \pm 0,0004	5,10 \pm 0,67	464,85 \pm 55,63

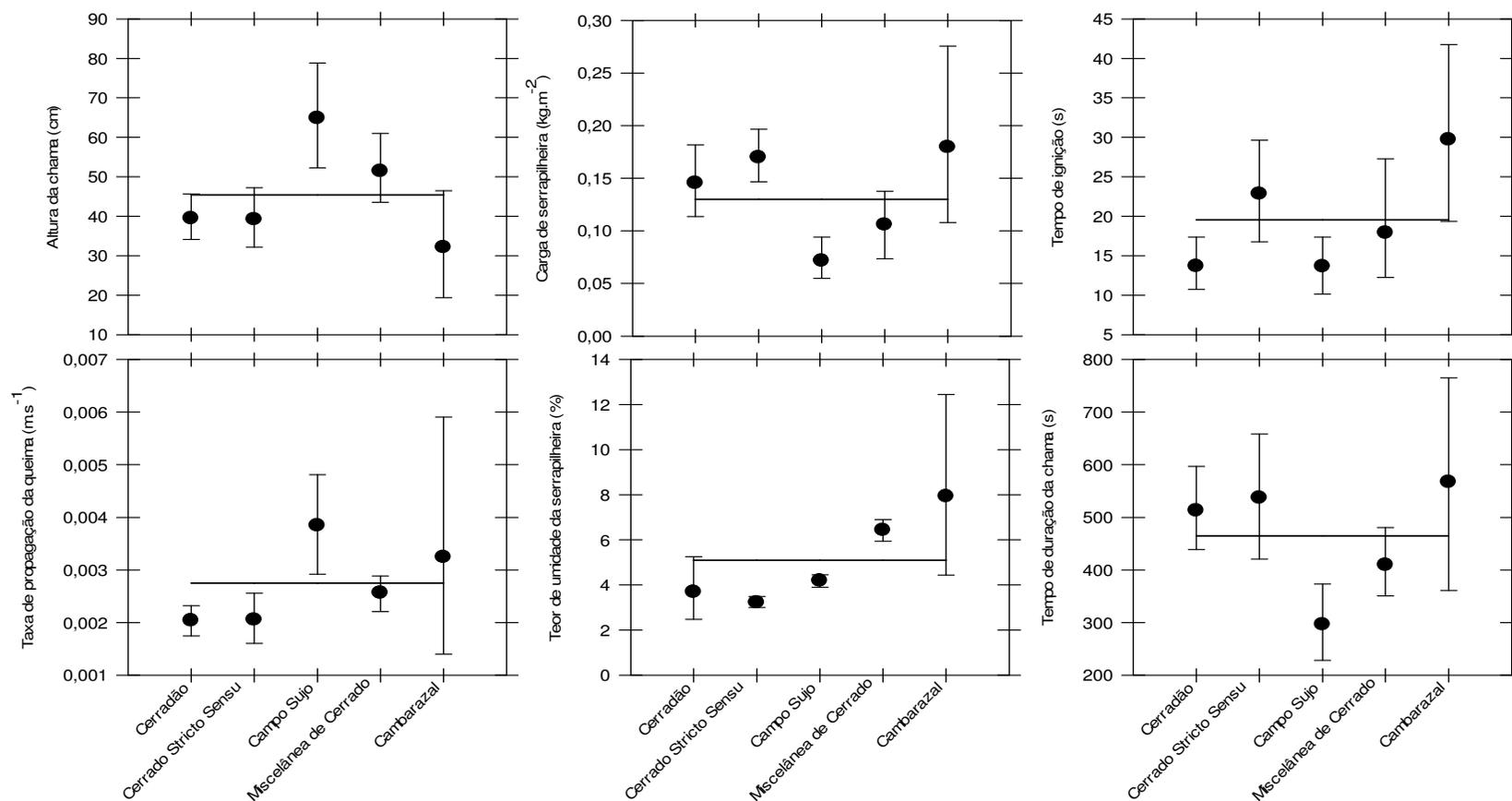


Figura 23. Média com intervalo de confiança de 95 % das variáveis de inflamabilidade da serrapilheira, da altura da chama (cm), da carga de serrapilheira (kg.m⁻²), do tempo da ignição (s), da taxa de propagação da queima (m.s⁻¹), do teor de umidade (%) e tempo de duração da chama (s); a linha cheia na horizontal é a média dos transectos da Fazenda Miranda.

3.6.1 Correlação das variáveis micrometeorológicas com focos de calor

As variáveis micrometeorológicas como velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa do ar apresentaram forte correlação com o evento de queimadas e incêndios (focos de calor) **Tabela 16**. A maior parte dos focos de calor registrado, ocorreram na estação de seca, tendo início normalmente em maio e atingindo o pico nos meses de setembro e outubro, terminando quando iniciam as primeiras chuvas no final de novembro.

Tabela 16. Correlação linear de Pearson (r) entre o total mensal do número de focos de calor e a média mensal da velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar e a precipitação pluvial, o período de análise dos dados foi de outubro de 2014 a setembro de 2015 (r), e outubro de 2015 a setembro de 2016 (r').

Variáveis Micrometeorológicas	r	r'
Velocidade do vento ($m.s^{-1}$)	0,57	0,44
Temperatura do ar ($^{\circ}C$)	0,63	0,61
Umidade relativa do ar (%)	-0,88	-0,90
Precipitação (mm)	-0,19	-0,29

3.6.2 Teor de umidade da serrapilheira acumulada sobre o solo

O teor de umidade da serrapilheira acumulada sobre o solo apresentaram valores médios inferiores a umidade de extinção entre os períodos de cada fragmento conforme observa-se na **Figura 24**. O comportamento entre as fitofisionomias de Cerradão, de Cerrado *Stricto Sensu* e de Miscelânea de Cerrado é bem semelhante durante os anos analisados. Porém, no Campo Sujo, cerca de 76 % do período avaliado o teor de umidade esteve com valores abaixo de 10 %, o que proporciona alta inflamabilidade e alta taxa de propagação de incêndio. O Cambarazal teve a dinâmica bem diferente dos outros fragmentos, pois entre os meses de fevereiro e junho, a área ficou alagada, comportamento característico do Pantanal Mato-Grossense. Mas nos

meses compreendidos entre agosto e outubro, o teor de umidade da serrapilheira permaneceu inferior a 10 %, logo, ficando sujeita a alto risco de incêndio, alta inflamabilidade.

A inflamabilidade do material combustível florestal está relacionada com a capacidade de começar a ignição e a queima do material vegetal. As condições que podem favorecer a ignição e a queima são: a quantidade de material combustível, o tamanho, a forma, o arranjo e o teor de umidade deste (SOARES et al., 2008); logo, o teor de umidade do material combustível é controlado em grande parte pelas condições atmosféricas, tendo o teor de umidade do material vegetal valores superiores a 25 e 30 % , isso significa baixas possibilidades de ignição, sendo essa faixa de umidade caracterizada como umidade de extinção (SOARES et al., 2008). Contudo, os valores de umidade apresentados na **Figura 24** corroboram a compreensão do grau de inflamabilidade do material vegetal depositado sobre o solo das Fitofisionomias de Cerrado da Baixada Cuiabana.

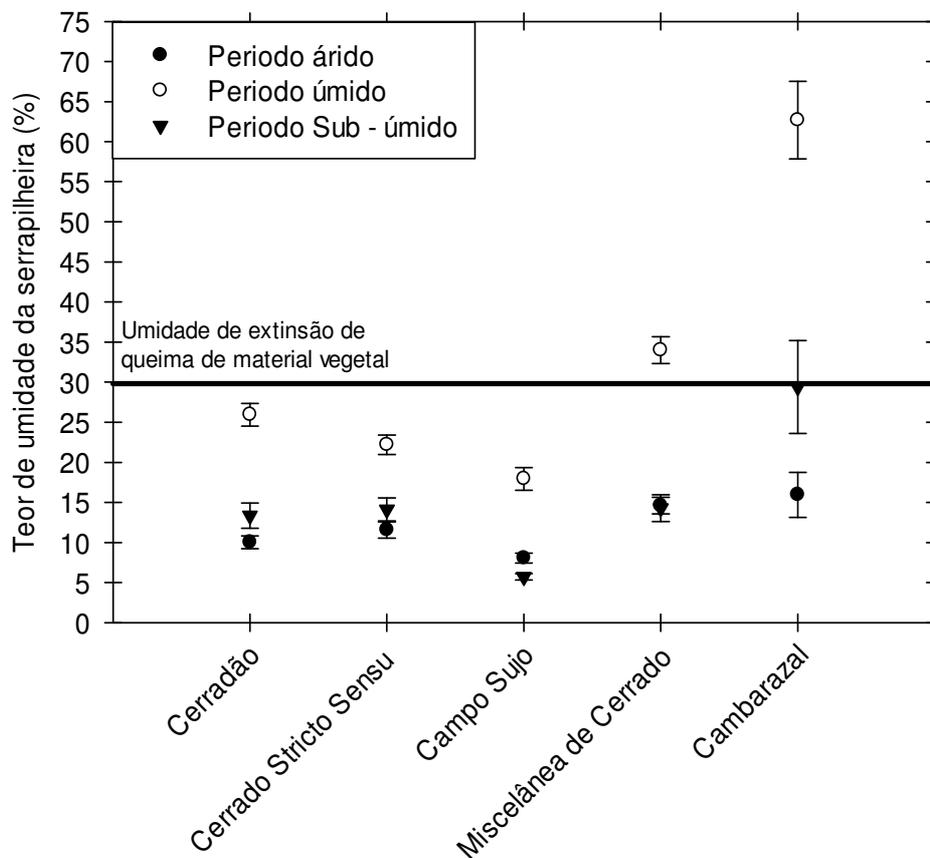


Figura 24. Média (\pm DP) do teor de umidade da serrapilheira acumulada sobre o solo nos transectos da Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

3.6.3 Teor de umidade do solo

O teor de umidade do solo contribui diretamente com a dinâmica da matéria orgânica no solo. Esse teor de água está ligado à velocidade no processo de decomposição. Nos dois tipos de solo (Laterita e Arenoso), situados próximos da torre micrometeorológica da Fazenda Miranda, observa-se que houve pouca retenção de água (**Figura 25**). O teor de umidade da serrapilheira nas fitofisionomias foram baixos em relação a umidade de extinção do material vegetal, no solo o teor de umidade foram baixos também, com essas condições, o solo corrobora a dinâmica da secagem da serrapilheira acumulada sobre o solo.

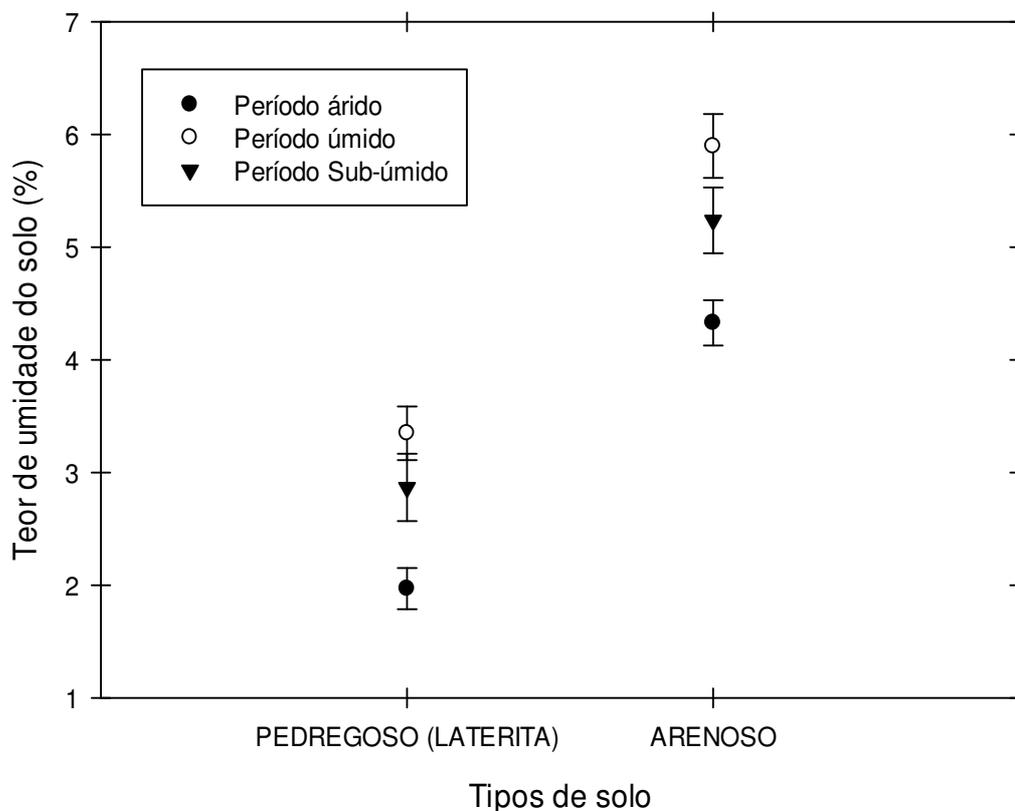


Figura 25. Média (\pm DP) do teor de umidade do solo a 0,20 m de profundidade na Fazenda Miranda no período de outubro de 2014 a setembro de 2016.

3.7 CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIOS

3.7.1 Probabilidade de ocorrência de incêndios

A Fórmula de Monte Alegre tem o comportamento conforme observa-se (**Figura 26**), sendo observado que acima de 86 % dos dados estão entre os graus de perigo médio, alto e muito alto. As estimativas da Fórmula de Monte Alegre na região caracterizam o local com risco de incêndios durante 313 dias do ano.

As características da Baixada Cuiabana, de dias ensolarados e temperaturas altas, são devidas à baixa latitude da região em que se encontra a Fazenda Miranda. Assim, essas duas variáveis ambientais, mais o tipo de vegetação e sua fragmentação, contribuem para manter durante grande parte dos dias do ano os altos índices de

probabilidade de incêndios na região dos transectos avaliados, o que se observa na **Figura 26 e 27**.

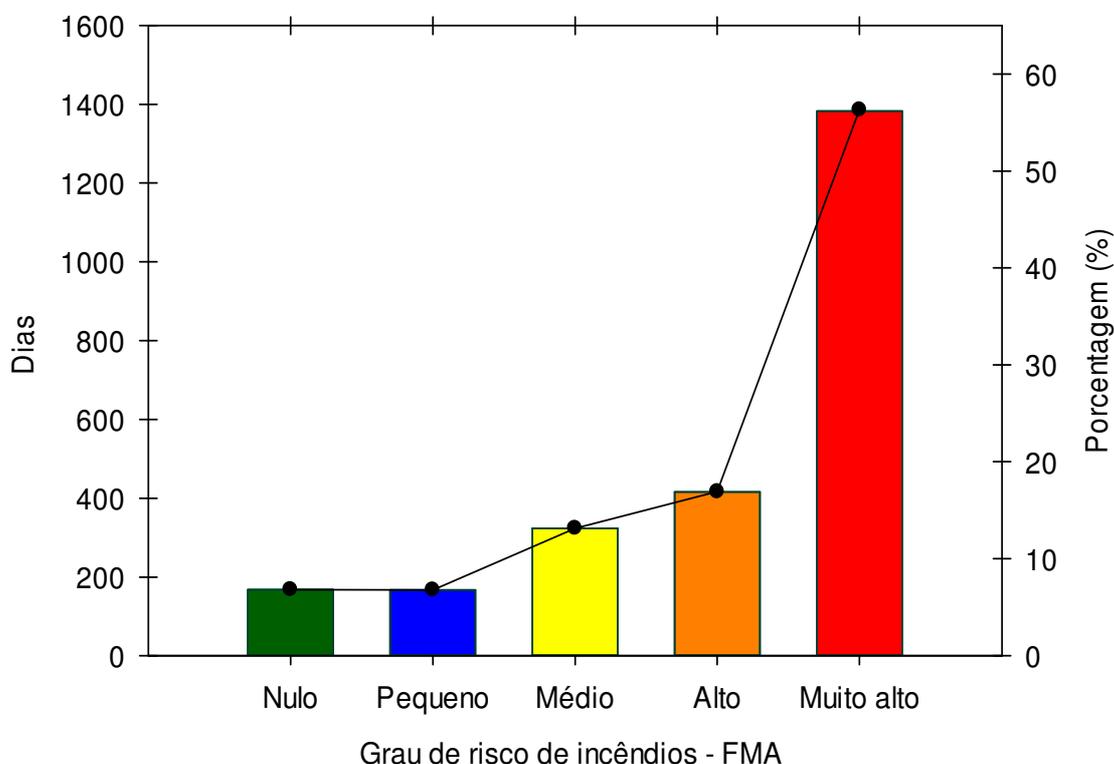


Figura 26. Índice de perigo de ocorrência de incêndio florestal na Fazenda Miranda no período de abril de 2009 a setembro de 2016.

3.7.2 Probabilidade de ocorrência e propagação de incêndios

A Fórmula de Monte Alegre Alterado tem o comportamento conforme se observa na **Figura 27**, sendo observado que acima de 74 % dos dados estão entre as classificações dos graus de perigo médio, alto e muito alto. As estimativas da FMA^+ na região caracterizam o local com risco de incêndios durante 270 dias do ano.

Os índices de propagação indicam o comportamento dos incêndios florestais e utilizam os fatores variáveis como a velocidade do vento e alguns fatores de caráter permanente. Esses índices de propagação, além de indicar as condições de combustão, oferecem uma previsão do comportamento do fogo (SOARES, 1984; VÉLEZ, 2000; MANTA, 2003).

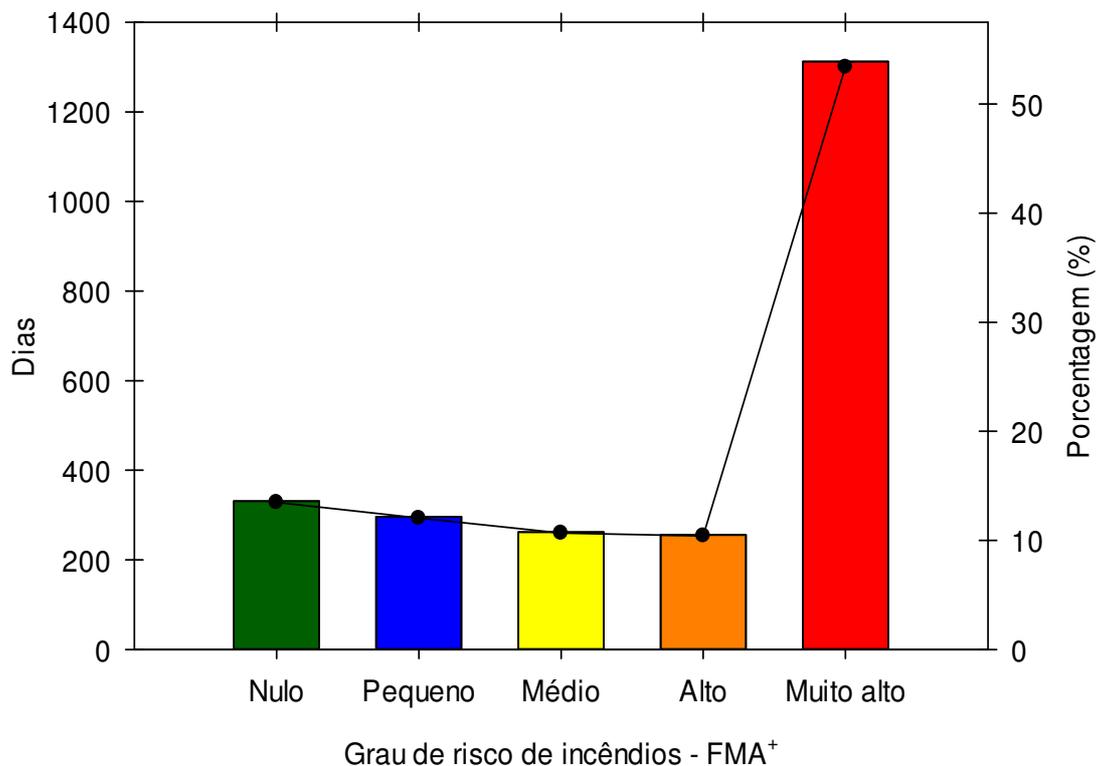


Figura 27. Índice de perigo e propagação de incêndio florestal na Fazenda Miranda no período de abril de 2009 a setembro de 2016.

3.7.3 Classificação mensal da probabilidade de ocorrência de incêndio

A classificação do perigo de incêndio apresenta comportamento sazonal, pois a estimativa se dá em função das variáveis microclimáticas locais. Na Baixada Cuiabana, observou-se marcante distribuição das classes de perigo de incêndio ao longo dos meses (**Figura 28**). A classe de perigo nulo foi a mais frequente de março, enquanto que nos meses de abril a janeiro há predomínio da classe de perigo muito alto. Porém, entre maio e outubro, a região da Baixada Cuiabana é mais suscetível aos incêndios florestais, pois a classe de perigo muito alto foi mais frequente que a soma de todas as outras. Nesta mesma época, a classe de perigo nulo representou valores menores que 10 % dos dias.

O mês de outubro não está teoricamente incluído no período proibitivo de queimada, essa lei que regula questões referentes à autorização para queimada em Mato

Grosso. Já o mês de outubro não está classificado pelo evapopluviograma local como período de estiagem (árido) (**Figura 2**). Neste mês tem-se destacado entre os meses com maiores números de focos de calor, podendo ser devido às influências da lei, do tipo de vegetação que contribui para o grande acúmulo de material vegetal depositado no solo durante o período de estiagem.

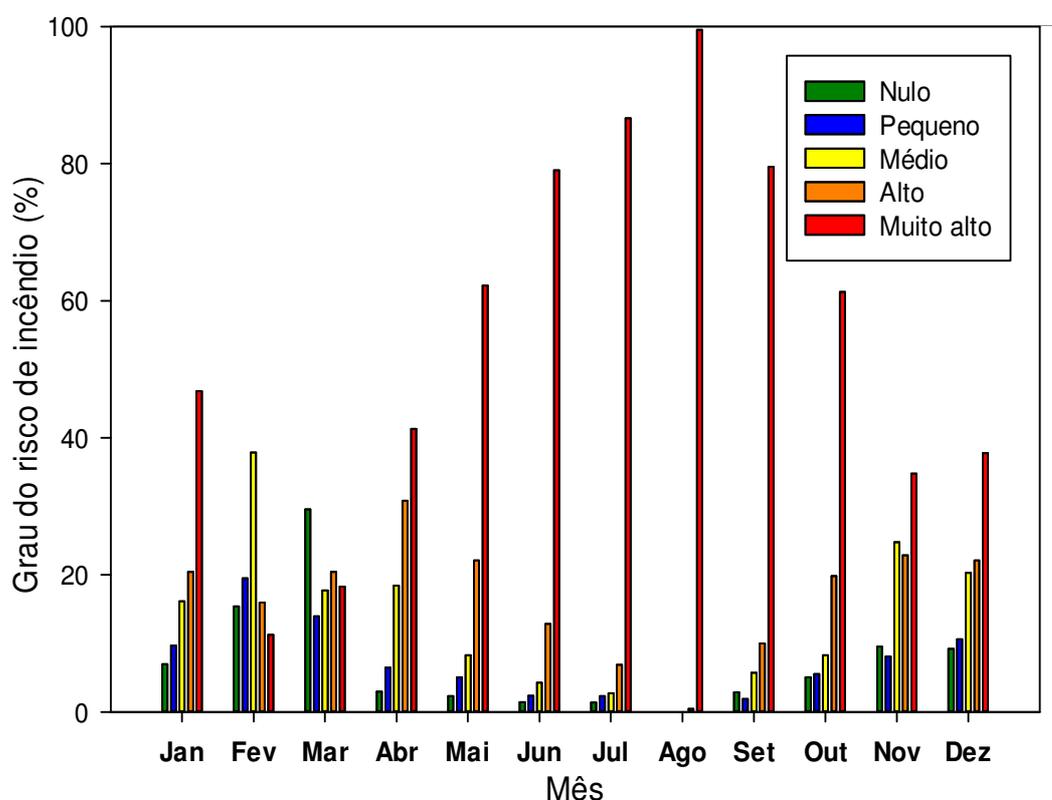


Figura 28. Média mensal das classificações do grau do perigo de incêndio no período de 2009 a 2016 na Fazenda Miranda.

3.7.4 Índice de seca do ecossistema

A dinâmica de seca representada pelo índice de seca na Fazenda Miranda condiz com o observado na Baixada Cuiabana (**Figura 29**). O período de seca (árido) observado no Evapopluviograma local (**Figura 2**) compreende os meses de maio a setembro. Nestes meses, a precipitação é escassa, a umidade relativa do ar e do solo

alcança os menores valores. O aumento da demanda evaporativa da atmosfera faz com que o índice de seca apresente valores superiores a 0,5 em grande parte dos dados nesse período.

O índice de seca pode fornecer informações precisas sobre a condição de seca dos combustíveis da floresta, sendo bem sensível a variações diárias. O índice de seca considera todo o material vegetal da floresta, pois o índice de seca apresenta a real situação de seca da floresta para avaliação do risco de incêndio no local do estudo, conforme verifica-se no trabalho de Snyder et al. (2006). O índice de seca próximo de 0 representa o potencial risco de incêndio baixo, por causa dos altos valores de umidade do ambiente, e quando se aproxima de 1, como a umidade do ambiente é baixa, as chances de incêndio aumentam. Nos dados da **Figura 26, 27 e 28**, observa-se o grau de risco de incêndios elevado, o mesmo se observa na **Figura 29**, pois o índice de seca do local também foi elevado.

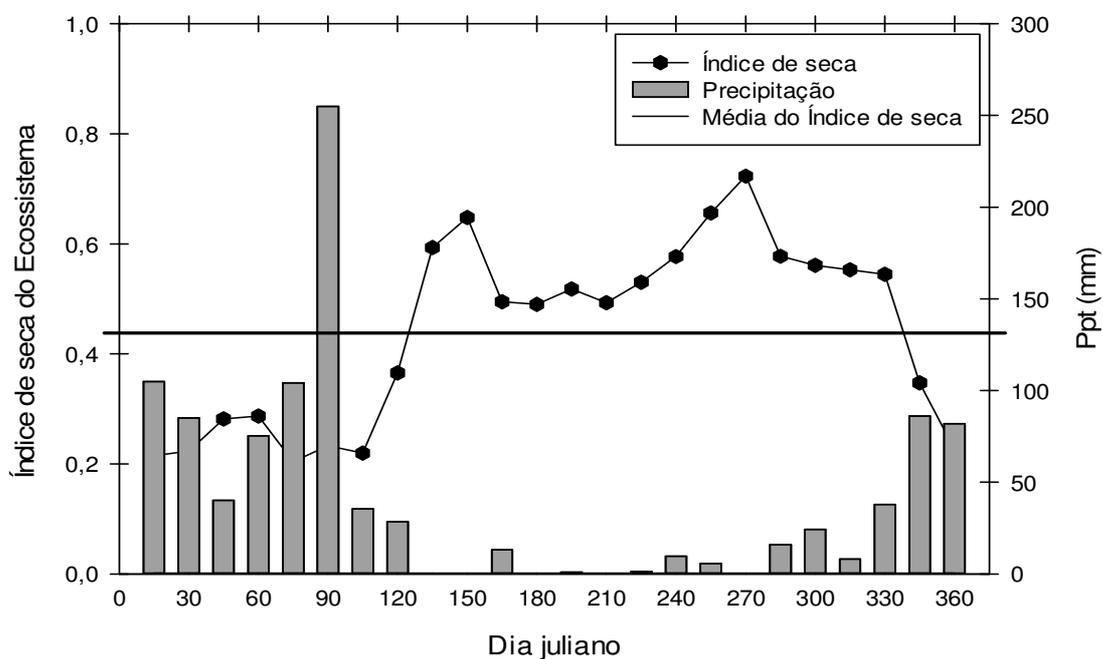


Figura 29. Precipitação quinzenal e da média quinzenal do índice de seca do ecossistema localizado na Fazenda Miranda no ano de 2011.

3.7.5 Focos de calor no Brasil, em Mato Grosso e na Baixada Cuiabana

O Brasil é uma região-chave, sendo uma das áreas globais mais afetadas pelo fogo (BOWMAN et al., 2009). Vários estudos sobre as ocorrências de incêndios no Brasil salientam que as florestas tropicais (especialmente a Floresta Amazônica), Savana (comumente referido como Cerrado), arbustos e gramados apresentam o maior número de eventos de fogo que, principalmente, relacionam o fogo a práticas para converter vegetação natural em pastagens e agricultura (DAVIDSON et al, 2012).

Em particular, as Savanas arbóreas brasileiras foram apontadas como um bioma em vias de extinção devido a práticas de desmatamento e fogo (SPERA et al, 2016; SHLISKY et al, 2009; PIVELLO, 2011). Contudo, nos anos seguintes a 1998, o INPE começou a monitorar os focos de incêndio no Brasil, produzindo assim a estatística Nacional, regional e local para os focos de calor. Os focos de calor analisados na estatística nacional, apresentado na **Figura 30**, mostram que os meses de maior concentração estão entre agosto e outubro.

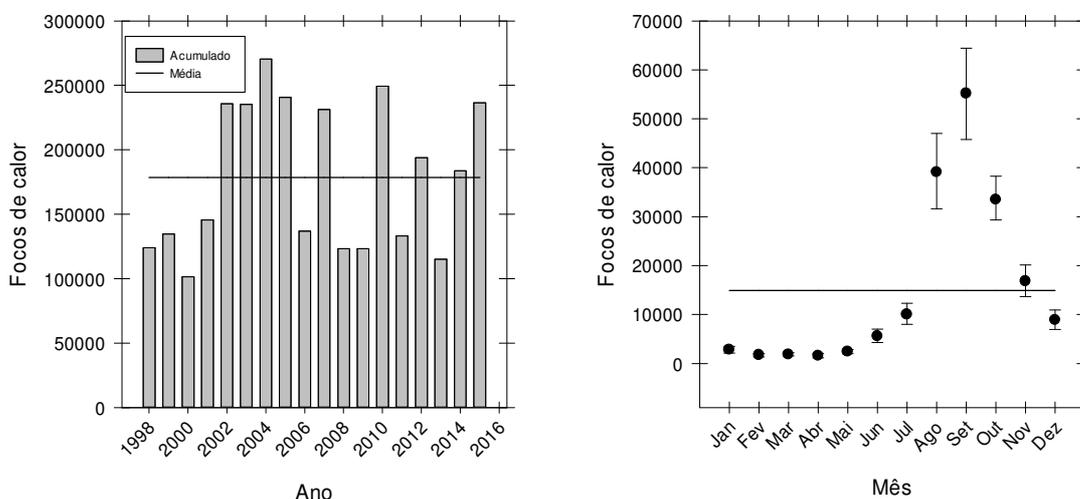


Figura 30. Série histórica do acumulado anual e da média mensal com intervalo de confiança de 95 % dos dados de focos de calor nas cidades do Brasil no período de 1998 a 2016.

O estado de Mato Grosso no cenário nacional tem se destacado ano após ano entre os estados que lideram o ranking em relação aos números de focos de calor. No Brasil, entre os anos de 1998 e 2016, o estado de Mato Grosso esteve entre os cinco primeiros colocados, posição essa que pode ser decorrente da expansão da agricultura, da pecuária e da extração de madeira. No período em que foi analisado o número de focos de calor neste trabalho (**Figura 31**), observa-se que Mato Grosso teve em média 20 % dos focos de calor do Brasil.

O período proibitivo de queimadas e incêndios em Mato Grosso vai de 15 de julho a 15 de setembro, podendo ser prorrogado conforme as condições meteorológicas. Na **Figura 31**, observa-se que as médias com intervalo de confiança de 95% para os focos de calor para cada mês, e os meses que se destacam em relação ao número de focos de calor são os meses entre agosto e outubro. Nesses meses, há as maiores concentrações de focos de calor, representando 72,60 % do total no Estado e diferindo da média durante todo o período.

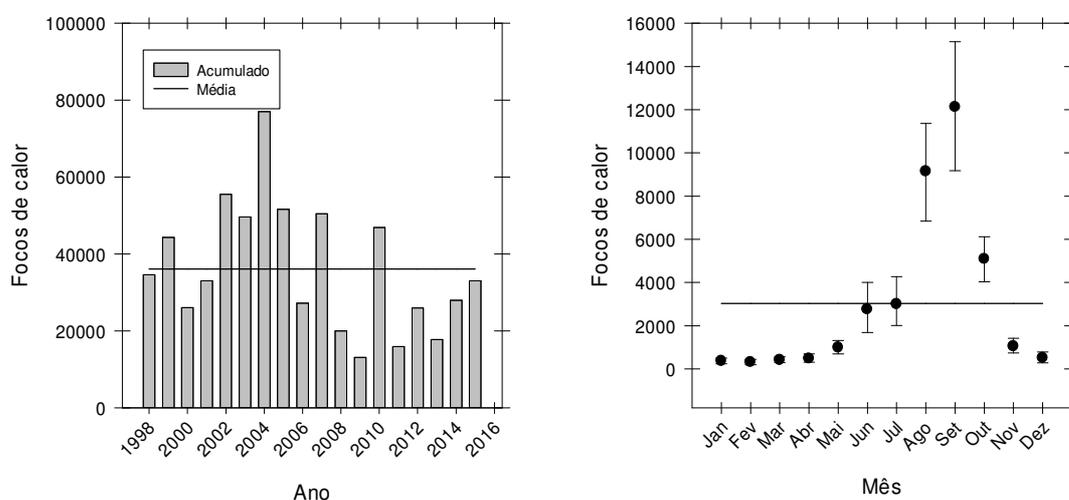


Figura 31. Série histórica do acumulado anual e da média mensal com intervalo de confiança de 95 % dos dados de focos de calor nas cidades de Mato Grosso, no período de 1998 a 2016.

Observa-se que o acumulado de focos de calor na Baixada Cuiabana segue as tendências nacional e estadual, sendo os valores do acumulado muito superiores à média

nos anos de 2004, 2005, 2007, 2010 e 2015 (**Figura 32**). Este padrão nacional, regional e local pode ter forte influência do El Niño; o que se observa nos dados fornecidos pelo INPE é uma forte correlação entre os acumulados de focos de calor durante o ciclo de um ano e variação da temperatura devido ao El Niño.

Os focos de calor na Baixada Cuiabana podem ser observados na **Figura 32**, sendo que os meses de agosto, setembro e outubro são os meses com médias muito superiores à média geral. O mês de agosto foi o que teve maior número de focos de calor entre os meses na região. Já o mês de outubro tem se destacado como sendo um dos meses críticos com números elevados de focos de calor. Entretanto, os meses proibitivos de realização de queimadas não abarcam o mês de outubro, somente em situações excepcionais, pois, conforme a lei, o período de proibição de queimada é de 15 de julho a 15 de setembro.

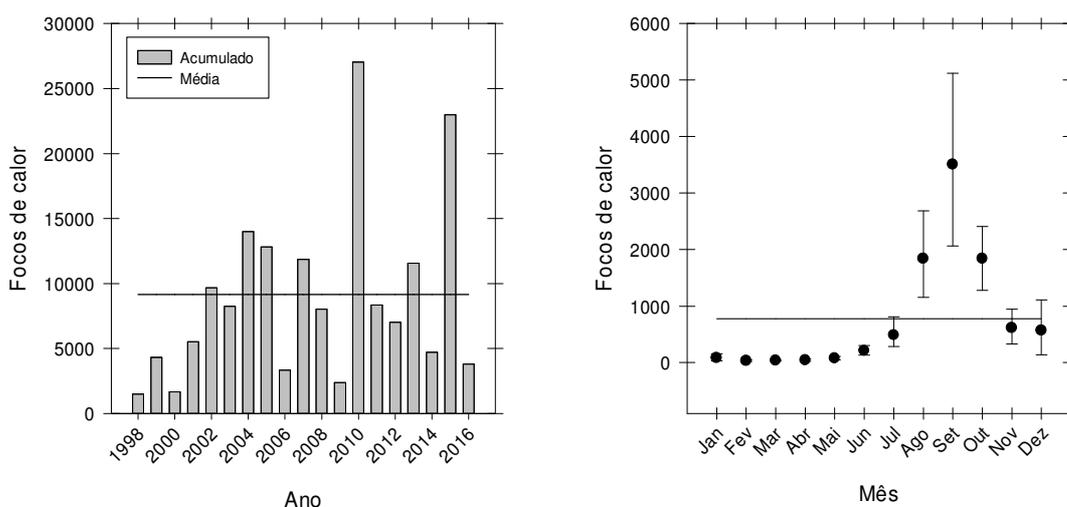


Figura 32. Série histórica do acumulado anual e da média mensal com intervalo de confiança de 95 % dos dados de focos de calor nas cidades da Baixada Cuiabana no período de 1998 a 2016.

As cidades de Barão de Melgaço e Poconé têm como bioma dominante o Pantanal. Nesta região, a pecuária e o turismo são as principais fontes da economia

local, contudo, as grandes áreas de pastagens para a criação do gado determinam um aumento da probabilidade de ocorrência de incêndios florestais no período de seca.

Os dados de focos de calor da **Tabela 17** permitem identificar que Barão de Melgaço e Poconé têm destaque entre as cidades do Pantanal, com alto número de focos de calor na Baixada Cuiabana. Com uma média de 1827 por ano, em torno de 60 % dos focos de calor em Barão de Melgaço se dão no período proibitivo pela legislação Estadual. Um possível fator que contribui para a ocorrência de incêndios são as renovações de pastagem tradicional na região. Em Poconé, contudo, dos 2102 focos de incêndio registrados por ano, cerca de 65 % ocorrem no período de não proibição.

Tabela 17. Valores médios anuais do número de focos de calor, valores médios para os períodos proibitivos e não proibitivo, nas cidades da Baixada Cuiabana nos anos de 1998 a 2016.

Cidades	Número de focos de calor		
	Médio	No período proibitivo	No período não proibitivo
Acorizal	62,00	47,59	14,41
Barão de Melgaço	1826,67	1102,60	724,07
Campo Verde	286,80	230,58	56,23
Chapada dos Guimarães	466,04	320,86	145,19
Cuiabá	482,07	433,56	48,51
Jangada	66,41	47,91	18,50
Nobres	627,36	504,78	122,57
Nossa Senhora do Livramento	585,99	396,12	189,87
Nova Brasilândia	301,63	239,64	61,99
Planalto da Serra	216,70	177,96	38,74
Poconé	2102,39	716,04	1386,34
Rosário Oeste	1090,69	917,37	173,32
Santo Antônio do Leverger	1108,35	816,09	292,27

Várzea Grande	111,39	99,37	12,02
---------------	--------	-------	-------

Fonte: **INPE**-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Entre as cidades de bioma de Cerrado, Rosário Oeste destaca-se em relação ao valor médio anual de focos de calor. Dos 1090 dados de focos de calor anual, acima de 84 % dos dados se concentram no período de proibição de queimadas. A economia local está concentrada na pecuária devido a grandes áreas de substituição do Cerrado em pastagem (campo limpo) e agricultura familiar. O que pode estar influenciando nos altos números de focos são as grandes extensões e vegetação de Cerrado e pastagem na região (ALMEIDA, 2005).

Nas duas cidades com maior número de habitantes – Cuiabá e Várzea Grande –, o destaque não foi a quantidade de focos de calor, mas assim o período de proibição, pois em torno de 89 % dos focos de calor nessas duas cidades concentraram-se no período de 15 de julho a 15 de setembro, apesar de que, nas áreas urbanas, a proibição de queimadas independe do período do ano. Nesse período de estiagem, grande parte da população limpa o quintal e atea fogo nos restos vegetais, podendo ser esta causa uma das mais prováveis responsáveis pelos focos de calor nessas cidades.

O período proibitivo do uso de fogo para limpeza e manejo de áreas está compreendido entre 15 de julho e 15 de setembro, podendo ser prorrogado de acordo com as condições climáticas e outras variáveis que colocam em risco o meio ambiente e a coletividade, com fundamento nos 2º e 3º do artigo 10 da Lei Complementar nº 233, de 21 de dezembro de 2005. Dessa, extrai-se que no perímetro urbano a proibição é durante o ano todo.

3.7.6 Correlação entre a serrapilheira acumulada e focos de calor

O período de maior acúmulo de serrapilheira sobre o solo tem uma forte correlação com o período de maior número de focos de calor, devido à escassez de chuva na região. Ao avaliar os meses de maior produção e acúmulo de serrapilheira, e os meses de maior concentração de focos de calor, pode-se observar que os meses de maior incidência desses focos são os de agosto, setembro e outubro (**Figura 31**).

A correlação observada referente aos números de focos de calor em função da serrapilheira acumulada durante os meses pode ser verificada na **Tabela 18**. Essa Tabela possibilita identificar o grau de associação entre os focos de calor e a serrapilheira acumulada na Baixada Cuiabana. As fitofisionomias de Campo Sujo e Miscelânea de Cerrado apresentaram coeficiente de correlação de valor (0,70 e $p < 0,0008$; 0,68 e $p < 0,0014$), respectivamente.

A serrapilheira acumulada pode contribuir para as condições favoráveis à queimada, fazendo com que qualquer descuido antrópico ou até mesmo fenômenos naturais (raios) acabem produzindo incêndios nos ecossistema como um todo, difíceis de serem controlados (DE MATOS FILHO et al., 2005). Por isso, é de extrema importância o manejo de fogo em áreas protegidas que apresentam propensão natural ao fogo, a exemplo do Cerrado. Para isso, deve-se levar em consideração os efeitos históricos do fogo na biota local e sobre processos ecológicos, e a sua relação com o ambiente atual, além de ser analisado o grau de antropização do entorno (MEDEIROS & FIEDLER, 2011).

Tabela 18. Correlação entre o números de focos de calor da Baixada Cuiabana com a média da serrapilheira acumulada nas cinco fitofisionomias da Fazenda Miranda, no período de setembro de 2014 a outubro de 2016.

Tipos de fitosionomias	r	p
Cerradão	0,485	0,060
<i>Stricto Sensu</i>	0,428	0,401
Campo Sujo	0,702***	0,001
Miscelânea	0,682***	0,001
Cambarazal	0,579**	0,013

*p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001

4 DISCUSSÃO

4.1 DINÂMICA DA PRODUÇÃO E ACUMULADO DE SERRAPILHEIRA

A dinâmica do acumulado e da produção de serrapilheira apresentaram variações sazonais conforme as condições climáticas locais e dos transectos avaliados (**Figura 12 e 13**). As fitofisionomias de Cerrado da Fazenda Miranda apresentaram uma dinâmica característica importante para a queda de folhas, pois essa contribui com produção de serrapilheira, que é ditada pelo acumulado de chuva mensal no local e também da fitosionomia dos transectos (**Figura 18**). Estudos anteriores não estabeleceram relações de causa-efeito entre a precipitação pluviométrica e o acúmulo e a produção de serrapilheira do Cerrado e Pantanal, conforme enfatiza Cianciaruso et al. (2006) e Giácomo et al. (2012). Contudo, observou-se uma forte correlação entre a escassez de precipitação pluviométrica no mês e a queda de folhas nesse mesmo mês, o que pode ser entendido como uma das estratégias das espécies de árvores do Cerrado para reduzir a perda de água, e como a fração de folhas representa em média 76 % do material vegetal produzido da serrapilheira (**Figura 18 e Tabela 10**). Sobre o aumento da queda de serrapilheira no período com déficit hídrico nas fitofisionomias avaliadas, observa-se na (**Figura 25, 12 e 13**) que o teor de umidade do solo durante os períodos do ano não sofreu grandes alterações e não apresentou correlação com a produção de serrapilheira; logo, a grande produção de serrapilheira no período árido pode ser para minimizar a transferência de água do solo para a atmosfera por meio da evapotranspiração (SILVA et al., 2007). Contudo, as espécies arbóreas do Cerrado e Pantanal apresentam estratégia com a queda de folha para reduzir a transferência de água por meio da transpiração e contribuindo também para a redução da perda de água por evaporação e, assim, mantendo a camada superficial com umidade e calor entre a serrapilheira acumulada e o solo.

A partir dos dados do índice de seca do ecossistema, pode-se perceber o quanto a vegetação do local modifica a sua dinâmica do fluxo de água do solo-planta-atmosfera, em resposta ao estresse hídrico. O excesso de água no sistema corrobora com novos lançamentos de folhas pelas espécies do Cerrado da Baixada Cuiabana, pois neste momento tem-se grande disponibilidade de água no solo, e também de radiação solar e

gás carbônico na atmosfera; logo, esses são necessários para que haja aumento na taxa de fotossíntese. Neste momento é que as árvores estão crescendo e estocando suas reservas para a futura estiagem que chegará. Entretanto, no período de déficit hídrico no solo, observa-se que as espécies do Cerrado utilizam de algumas estratégias em resposta à falta de água.

Partindo-se do fato de que as fitofisionomias de Cerrado da Baixada Cuiabana são altamente inflamáveis, dados revelam números expressivos de ocorrências de incêndios durante o período de seca (**Figura 32 e Tabela 17**). O risco de incêndio na localidade do estudo tem classificação de risco de incêndios muito elevada durante grande parte dos anos que foram avaliados, o que se deve em parte às condições climáticas do local, pois no período de seca têm-se vários dias consecutivos sem a ocorrência de chuva.

Os dados observados da *FMA* e *FMA*⁺ revelaram que mais de 60 % dos dias do ano (219 dias por ano) são classificados com um grau muito alto (extremo) para o risco de incêndio no Cerrado da Baixada Cuiabana (**Figura 26, 27 e 28**), corroborando com o entendimento sobre a problemática dos incêndios nas Fitofisionomias de Cerrado. Esses índices de probabilidade de risco de incêndios são bons indicadores para prever novos casos de incêndio nos locais avaliados e mostraram a relação entre o clima e o número de ocorrências de incêndio no Cerrado (**Figura 28 e Tabela 17**).

Para a estação do fogo, que corresponde ao período do ano em que os fatores climatológicos, principalmente a baixo acumulado de precipitação e a umidade relativa do ar, favorecem o grande número de incêndios florestais (SAMPAIO, 1991), há um aumento significativo da produção de serrapilheira e do estoque da serrapilheira (**Figura 12, 13**) sobre o solo, por consequência grandes emissões de carbono e nitrogênio para a atmosfera por meio dos incêndios em florestas, como os registrados no Cerrado e no Pantanal na Baixada Cuiabana (**Figura 28 e 32**). Nos meses de agosto, setembro e outubro, observou-se maiores números de focos de calor. Dessa forma, a variável insolação tem correlação linear e com resposta imediata entre o seu aumento e o número de ocorrências de incêndios, sendo a sua utilização mais indicada para a definição da estação normal do fogo para as regiões onde essas informações estão disponíveis (TORRES et al., 2010).

O material combustível com alto teor de umidade tende a não queimar. Essa característica do material vegetal “umidade de extinção” é dada pelo teor de umidade entre 25 e 30 % do material combustível (serrapilheira acumulada sobre o solo). A umidade acima desse limite impede a combustão e a propagação dos incêndios. O combustível não queima porque é necessária a utilização de grande quantidade de energia para vaporizar a água, reduzindo a quantidade de calor para o processo de combustão (SOARES, 2007). Para os transectos avaliados na Fazenda Miranda, o teor médio de umidade da serrapilheira acumulada sobre o solo apresentou baixo teor de umidade de extinção nos três períodos (árido, sub-úmido e úmido) (**Figura 24**). Da mesma forma, a umidade do ar é elemento decisivo para os incêndios em floresta, tendo efeito direto na inflamabilidade dos combustíveis florestais. O material seco absorve água de uma atmosfera úmida e a libera quando o ar está seco. A quantidade de umidade que o material morto pode absorver e reter do ar depende, basicamente, da umidade relativa do ar (TORRES e RIBEIRO, 2008) (**Figura 24 e 25**).

As florestas nativas (não perturbadas) têm um grande potencial para perder carbono para atmosfera por meio de incêndios na florestas. A intervenção humana tem feito com que as florestas fiquem cada vez mais fragmentadas, o que aumenta o grau de inflamabilidade dos fragmentos, pois os sub-bosques têm menor carga de serrapilheira acumulada sobre o solo, facilitando o início de um eventual incêndio em floresta (**Tabela 15; Figura 20 e 22**) (ALENCAR et al., 2004). Essa tendência de inflamabilidade foi observada nas queimadas realizadas em cada um dos transectos avaliados (**Figura 22 e 23**). Da mesma forma, a probabilidade de ocorrer incêndios e de sua propagação é função da probabilidade de haver uma fonte de ignição e da probabilidade de haver condições propícias para a propagação do incêndio (SOARES; BATISTA, 2007). Em escalas mais amplas, os incêndios respondem às variações do tipo de combustível, estrutura da vegetação, características topográficas e as condições climáticas da região (BOWMAN et al., 2009). Nos transectos avaliados, observou-se que entre os meses de maio a outubro os índices de probabilidade de ocorrer incêndios foram acima de 60 % (acima de 18 dias do mês), sendo que durante o ano observou-se o mesmo tipo de comportamento nos anos de avaliação deste trabalho (**Figura 26, 27 e 28**). O tipo de vegetação associado ao acumulado de serrapilheira depositado sobre o solo e ao período de estiagem pode elevar o risco de incêndio durante grande parte do

ano devido a essas características do local. Desta forma, os dois modelos *FMA* e *FMA*⁺ avaliados por meio dos resultados mostram ser uma ferramenta útil, que pode auxiliar na previsão de focos de calor para o período em estudo na Baixada Cuiabana.

4.2 DINÂMICA DO CARBONO E NITROGÊNIO

O carbono foi o elemento mais expressivo na serrapilheira produzida, pois é o principal elemento da matéria orgânica. Para o teor de C, não apresentaram diferenças nos períodos árido e úmido, e nem entre as fitofisionomias avaliadas. Mas o teor de nitrogênio tem um aumento significativo no período úmido em relação ao árido em todos os transectos (**Figura 14**). No que se refere à qualidade da serrapilheira produzida, em todos os transectos está foi de baixa qualidade, pois a relação (C/N) apresentados na **Tabela 7** evidência essa qualidade, para os transectos essa qualidade representa que o material vegetal depositado sobre o solo ficará mais de um ano para decompor o que foi produzido durante o ano anterior, e assim têm-se que a velocidade de decomposição mais lenta devido em partes a qualidade da serrapilheira.

Nos ecossistemas naturais, a fonte de carbono orgânico do solo tem uma única origem, ou seja, os resíduos vegetais da vegetação nativa, enquanto nos ecossistemas antropizados, a maior parte do carbono do solo apresenta no mínimo duas fontes: a remanescente da vegetação nativa e a produzida pela decomposição dos resíduos vegetais de uma ou mais culturas introduzidas (BERNOUX et al., 1999). Dessa forma, os teores de carbono e nitrogênio do solo dos transectos avaliados (**Figura 14**) apresentaram comportamento característico para o tipo de solo estudado, maiores teores em superfície e decréscimo com o aumento da profundidade (**Tabela 12**) (NETO et al., 2009; SISTI et al., 2004). Nesses transectos, os estoques de carbono e nitrogênio diferem entre os períodos árido e úmido; no período árido o estoque de carbono teve tendência a ter valores superiores em relação ao período úmido. Entretanto, para o período úmido, o estoque de nitrogênio teve tendência a ter valores maiores em relação ao período árido. Avaliando a qualidade da matéria orgânica do solo no local de estudo, observou-se que, na camada de 0 a 20 cm, em todos os transectos no período úmido, a relação C/N foi inferior a 25, o que mostra uma boa qualidade desses solos. Já no período árido, a relação C/N foi inferior a 25 nas fitofisionomias de Cerradão, de

Campo Sujo, de Miscelânea de Cerrado e Cambarazal na camada de 0 a 20 cm de profundidade. A fitofisionomia de Cerrado *Sensu stricto* teve uma baixa qualidade do material vegetal na primeira camada avaliada no período árido (**Tabela 11**).

A camada de material vegetal depositado sobre o solo libera CO₂ para a atmosfera por dois meios, sendo um dos caminhos a respiração e o outro, os incêndios florestais, pois nesse segundo caso a liberação ocorre no momento da queima do material vegetal, sendo então liberado CO₂ para a atmosfera. Como as fitofisionomias do Cerrado da Baixada Cuiabana apresentam grande variabilidade no acúmulo de serrapilheira sobre o solo, esse acumulado revela e quantifica o quanto pode ser liberado de CO₂ em um eventual incêndio na superfície. Logo, o transecto de Campo Sujo produz um acumulado de carbono em média 1,3 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ e pode liberar em torno de 5 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ de CO₂, sendo que o Cambarazal produz uma média anual três vezes maior do acumulado de carbono via serrapilheira acumulada sobre o solo em relação ao Campo sujo e a proporção de liberação de CO₂ segue também três vezes superior ao emitido pelo Campo Sujo (**Tabela 8 e 13**).

O papel dos incêndios florestais tem sido pesquisado por Fontan (1993), Eiten (1972) entre outros. Os incêndios não só causam perdas de minerais, mas também contribuem de forma significativa para a carga atmosférica de gases infravermelhos que causam o efeito estufa (CO₂, CO, CH₄, O₃). Frequentes incêndios provocados pelo homem expõem a superfície do solo para a radiação solar, o que leva à oxidação e queima de húmus e lixiviação após chuva. Portanto, no Cerrado da Baixada Cuiabana no período de seca, o fogo é sempre prejudicial.

O fogo no período úmido em Cerrado pode ser benéfico, mas somente quando há água disponível no solo, para que após a ocorrência do fogo as árvores utilizem a água de reserva das espécies e a do solo. Quando o incêndio ocorre antes do início da estação chuvosa, as árvores que resistiram ao fogo conseguem viver futuramente, pois neste momento pode haver no solo e sobre o solo minerais e água à disposição para as espécies. Para o incêndio que ocorre no início da estação seca, o novo crescimento subsequente usa reservas de água e morre antes do início da estação chuvosa, e todas as plantas podem secar totalmente.

As árvores de Cerrado são particularmente resistentes ao fogo; estima-se que somente árvores com casca de espessura menor que 5 mm podem ser mortas por incêndios no Cerrado (MIRANDA et al., 1993). Algumas árvores, em áreas onde a queima regular, podem restringir a formação de suas raízes para abaixo do solo, onde gemas dormentes são protegidos e podem facilmente produzir novo crescimento após um incêndio.

5 CONCLUSÃO

Confirma-se a hipótese de que na Baixada Cuiabana a serrapilheira acumulada contribui para o aumento do risco de incêndios, pois no período de seca houve um acréscimo no acúmulo da serrapilheira. Algumas situações nas fitofisionomias do Cerrado avaliadas favorecem a combustibilidade do material vegetal depositado sobre o solo, pois, observou-se quantidades elevadas sobre o solo; Nesses locais, também observa-se que os índices de probabilidades de incêndios com classificações elevadas e extremas se dão praticamente em todos os meses no ano; da mesma forma, o teor de umidade da serrapilheira acumulada sobre o solo apresentou valores médios mensais inferiores à umidade de extinção em material vegetal e o índice de seca na região corrobora o entendimento da maior combustibilidade nos meses de estiagem no local.

Como o esperado a Baixada Cuiabana acumula grande quantidade de serrapilheira, mas contrariando a hipótese de que a grande produção de serrapilheira aumentaria a taxa de decomposição não foi observado nos fragmentos, pois a taxa de decomposição anual foi inferior à encontrada em outras florestas; ao mesmo tempo, a taxa de decomposição parece contribuir para o equilíbrio do acumulado de serrapilheira sobre o solo no período de um ano comparado ao ano seguinte.

Contrariando o esperado, o Campo Sujo se destacou entre as fitofisionomias com maior estoque de carbono no solo e valores baixos da relação carbono e nitrogênio, sendo que no Campo Sujo se destaca por ter menores valores da produção e do acumulado de serrapilheira.

Contrário ao esperado, o maior estoque de carbono foi no período árido em relação ao período úmido, mas não observou-se diferença estatística. Entretanto, o maior estoque de carbono está na camada de 0 a 20 cm, que teve diferença entre os

períodos árido de maior valor e o período úmido com menor valor. Já o estoque de nitrogênio se mostrou como elemento importante no processo de decomposição, pois sua maior concentração foi no período úmido, nesse momento, a alta na umidade e temperatura nos transectos associados contribuíram para a decomposição da serrapilheira acumulado sobre o solo no local do estudo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERTS, R.; DE CALUWE, H. Initial litter respiration as indicator for long-term leaf litter decomposition of Carex species, *Oikos* 80 (2) 353–361, 1997.

ALENCAR, A. C.; SOLÓRZANO, L. A.; NEPSTAD, D. Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. *Ecological Applications*, 14(4) Supplement, 2004, pp. S139–S149 by the Ecological Society of America, 2004.

ALMEIDA, R. A. Do tempo da terra comum ao espremimento: estudo sobre a lógica e o saber camponês na baixada cuiabana. 2005. 211f., il. Dissertação (Mestrado em Antropologia)– Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

ANDERSON, J. M.; PROCTOR, J.; VALLACK, H. W. Ecological studies in four contrasting lowland rain forest in Gunung Mulu National Park, Sarawak. III. Decomposition processes and nutrient losses from leaf litter. *Journal of Ecology*, v. 71, n. 3, p. 503-527, 1983.

AUSTIN, A. T.; BALLARÉ, C. L. Dual role of lignin in plant litter decomposition in terrestrial ecosystems, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (10) 4618–4622, 2010.

BATISTA, A. C.; BEUTLING, A.; PEREIRA, J.F. Estimativa do comportamento do fogo em queimas experimentais sob povoamentos de *Pinus elliottii*. *Rev. Árvore* vol.37 no.5 Viçosa Sept./Oct., 2013.

BEMETRIEUX, R.; LE BORGNE, E.; MONNIER, G. Évolution de certains propriétés du sol sous l'influence du chauffage. C.R. Acad. Sci. 251, 2753-2755, 1996.

BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; GERALDES, A. P. A.; FERNANDES, S. A. P. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronosequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas. Sci. agric. vol.56 n.4 Piracicaba Oct./Dec. 1999.

BYRAM, G. M. Combustion of forest fuels. In: Davis, K.P. (Ed.) Forest fire: control and use. New York: McGraw Hill. p 77-84, 1959.

CAMPOS, M. M. S. Ecofisiologia do uso de nitrogênio em espécies arbóreas da floresta ombrófila densa das terras baixas, Ubatuba, SP / Marina Merlo Sampaio de Campos - São Paulo, 2009.

CARPANEZZI, A. A. Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de Eucalyptus no interior do Estado de São Paulo. 1980. 107 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1980.

CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. Revista Brasileira de Biologia, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993.

CHRISTIE, D. Resampling with Excel. Teaching Statistics, v.26, n.1, p.9-14, 2004.

CIANCIARUSO, M. V. et al. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão da Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, v.20, n.1, p. 49-59, 2006.

COBO, J. G.; BARROS, E.; KASS, D. C. L.; THOMAS, R. J. Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure on a tropical volcanic-ash soil. *Biol. Fert. Soil*, 2002.

COUTINHO, L. M. As queimadas e seu papel ecológico. *Brasil Florestal* (44). p 7- 23, 1990.

DE MATOS FILHO, H. J. S. M. et al. Carta de Combustível no Bioma Cerrado, Utilizando Imagens do Satélite CBERS-2. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, 2005.

DEBANO, L.F., DUNN, P.H., CONRAD, C.E. Fire's effect on physical and chemical properties of chaparral soils. In: Mooney, H.A., Conrad, C.E. (Technical Coordinators), *Proceedings of the Symposium on the Environmental Consequences of Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems*, August 4±5, 1988, Palo Alto, CA. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-3, Washington, D.C. pp. 65±74, 1977.

DEBANO, L.F., NEARY, D.G., FFOLLIOTT, P.F. *Fire Effects on Ecosystems*. John Wiley & Sons, New York, 1998.

DE RONDE, C.; GOLDAMMER, J. G.; WADE, D. D.; SOARES, R. V. Prescribed Fire in Industrial Pine Plantations. Goldammer, J. G. (ed.). Fire in the Tropical Biota – Ecosystem process and Global Challenges. Berlin: Springer-Verlag. 1990. p. 216-272.

DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras-MG. Revista Árvore, v. 21, n. 1, p. 11-26, 1997.

DIBBLE, A. C.; WHITE, R. H.; LEBOW, P. K. Combustion characteristics of north-eastern USA vegetation tested in the cone calorimeter: invasive versus non-invasive plants. Int J Wildland Fire 16:426–443, 2007.

DINIZ, S.; PAGANO, S. N. Dinâmica de folhedo em floresta mesófila semidecídua no município de Araras, SP. I – Produção, decomposição e acúmulo. Revista do Instituto Florestal, v. 9, n. 1, p. 27-36, 1997.

FEARNSIDE, P. M. Biomassa das florestas amazônicas brasileiras. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CVRD/FBDS, p.95-124, 1994.

FERREIRA, C. D. Deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira em área de caatinga preservada [monografia]. Campina Grande: Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba; 2011.

FINZI, A. C.; ALLEN, A.S.; DELUCIA, E.H.; ELLSWORTH, D.S.; SCHLESINGER, W.H. Forest litter production, chemistry, and decomposition following 2 years of free-air CO₂ enrichment, *Ecology* 82 (2) 470–484, 2001.

FRACETTO, F. J. C.; FRACETTO, G. G. M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J & NETO, M. S. Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na caatinga. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2012.

GARBIN, V. H.; SILVA, M. J.; OLIVAL, A. Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável território Baixada Cuiabana-MT. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, 2006. 61 p. Disponível em: . Acesso em: 13 abril, 2014.

FONTAN, J. *La pollution atmosphérique sous les tropiques*, (1993).

GIÁCOMO, G.; RÔMULO; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerradão e mata mesofítica na estação ecológica de Pirapitinga - MG *Ciência Florestal*, vol. 22, núm. 4, outubro-diciembre, pp. 669-680, 2012.

GIOVANNINI, G. The effect of fire on soil quality. En: *Soil erosion as a consequence of forest fires*, Geoderma. Logroño. España, pp. 15-27, 1994.

KETTERINGS, Q.M., BIGHAM, J.M., LAPERCHE, V. Changers in soil mineralogy and texture caused by slash and burn fires in Sumatra, Indonesia. *Soil Sci Soc Am J.* 64,1108-1117, 2000.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima 531 p. , 2000.

LENTILE, L. B. et al. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire*, v.15, p.319-345, 2006.

LOPES, M. I. M. S.; VUONO, Y. S.; DOMINGOS, M. Serapilheira acumulada na Floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. *Hoehnea* 17: 59-70, 1990.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. *Idesia, Arica*, v. 29, n. 2, p. 11-19, 2011.

LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F.J.; PAIVA, R.Q.; MONTEIRO, T.F.; SOUSA, L.S. & KITS, B. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central amazonian forest. *Global Change Biology* 10: 592-600, 2004.

MANTA, M. I. Estudio de la estructura y funcionamiento de dos índices de peligro meteorológico de Incendios forestales. Aplicación a tres zonas climáticas de España Peninsular. Tesis doctoral - Madrid, 2003. 355 p. Departamento de Ingeniería Forestal - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes - Universidad Politécnica de Madrid, 2003.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999.

MCMILLEN, R. T. An eddy correlation technique with extended applicability to nonsimple terrain, *Boundary Layer Meteorology*, 43, 231– 245. DOI 10.1007/BF00128405, 1988.

MEDEIROS, M. B. & FIEDLER, N. C. Heterogeneidade de Ecossistemas, Modelos de Desequilíbrio e Distúrbios. *Biodiversidade Brasileira*, Ano I, n. 2, p. 4-11, 2011.

MEENTMEYER, V.; BOX, E. O.; THOMPSON, R. World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. *BioScience*, v. 32, p. 125-128, 1982.

MORAES, R. M.; DE VUONO, Y. S.; DOMINGOS, M. Aspectos da decomposição da serapilheira em florestas preservadas e sujeitas à poluição atmosférica, no Estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 22: 91-100, 1995.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; RINALDI, M. C. S. & REBELO, C. F. Ciclagem mineral em Mata Atlântica de encosta e Mata sobre restinga: nutrientes na serrapilheira acumulada. Pp. 71-77. In: *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*. v. 2., Águas de Lindóia, São Paulo, ACIESP. 1998.

MORELLATO, L. P. C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forests. I- Litterfall and litter standing crop. *Journal of Tropical Ecology*, v. 8, p. 205-215, 1992.

MOTULSKY, H.; CHRISTOPOULUS, A. 2003. *Fitting Models to Biological Data Using Linear and Nonlinear Regression. A practical Guide to Curve Fitting*. GraphPad Software Inc., San Diego, CA. 351 p.

MYERS, R. J. K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I. U. N. BROSSARD, M. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J., eds. The biological management of tropical soil fertility. New York, Wiley-Sayce Publications, 1994.

NEARY, D. G., KLOPATEK, C. C., DEBANO, L. F., FFOLLIOTT, P. F. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis Forest Ecology and Management 122 ,51-71, 1999.

NETO, A. M.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A.; GLERIANI, J. M. Banco de sementes do solo e serapilheira acumulada em floresta restaurada. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.38, n.4, p.609-620, 2014.

NETO, M. S.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; JUNIOR, C. C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

NUNES, J. R. S. FMA+ - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná – Brasil. 150f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná. In: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES EM PROTEÇÃO FLORESTAL, 2., 2005, Blumenau - SC. Anais do ... Blumenau: UFPR/FURB/FUPEF, 2005.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA+ - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná – Brasil. Revista Floresta, Curitiba, v.36, n. 1, p. 75-91 , 2006.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Ajuste da Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA+ para o estado do Paraná. Revista Floresta, v. 37, n. 1, p. 1-14, 2007.

OLIVEIRA, R. E. Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba-SP: silvigênese e ciclagem de nutrientes, 79 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1997.

OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology, 44 (2): 322-331, 1963.

PAGANO, S. N. Nutrientes minerais no folhedo produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. Revista Brasileira de Biologia, v. 49, p.641-647, 1989.

PAGANO, S. N. Produção de folhedo em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. Revista Brasileira de Biologia, v. 49, n. 3, p. 633-639, 1989.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em Cerrado *sensu stricto* do Distrito Federal. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.527-538, 2011.

PAN, K. W.; HE, J.; WU, N. Effect of forest litter on microenvironment conditions of forestland, *Chinese Journal of Applied Ecology* 15 (1) 153–158, 2004.

PHILIPP, M. M. - Análise do Perigo de Incêndio em Municípios do Estado de Mato Grosso Por Meio Fórmula de Monte Alegre (FMA). Dissertação. (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. 90 p. Cuiabá, MT, 2006.

PIRES, L. A.; BRITZ, R. M.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. *Acta bot. bras.* 20(1): 173-184. 2006.

PULROLNIK, K.; DE BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequetinhonha – MG. *Revista Bras. Ci. Solo*, 2009.

ROTHERMEL, R. C. How to predict the spread and intensity of forest range fires. Ogden: USDA. Forest Servicep 1161 (INT General Technical Report, 143), 1983.

ROTHERMEL, R. C.; Deeming, J. E. Measuring and interpreting fire behavior for correlation with fire effects. Ogden: USDA. Forest Servicep.1-4 (INT General Technical Report, 93), 1980.

RUBIO, C. M. Short-term change in the thermal conductivity of a loam soil after a forest fire. *European Journal of Environmental and Safety Sciences* 2(2): 28-36 ISSN 1339-472X European Science and Research Institute, 2014.

RUNDEL, P.W. Impact of fire on nutrient cycles in Mediterranean-type ecosystems with reference to chaparral. In: Kruger, F.J., Mitchell, D.T., Jarvis, J.U.M. (Eds.), *Mediterranean-Type Ecosystems: The Role of Nutrients*, Springer-Verlag, New York, NY. pp. 192±2207, 1983.

SAMPAIO, O. B. Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos - SP. 157f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

SAMPAIO, O. B. Estudo comparativo de índices, para previsão de incêndios florestais, na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.

SANTOS, S. A. et al. Pecuária no Pantanal: em busca da sustentabilidade. In: Albuquerque, A.C.S. e Silva, A.G. *Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas*. V.II, cap.3, p.535-570, 2008.

SANTOS, S.A. et al. Pecuária no Pantanal: em busca da sustentabilidade. In: Albuquerque, A.C.S. e Silva, A.G. *Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas*. V.II, cap.3, p.535-570, 2008.

SCHLITTLER, F. H. M.; DE MARINIS, G.; CÉSAR, O. Decomposição da serrapilheira produzida na floresta do Morro do Diabo (região do Pontal do Paranapanema, Estado de São Paulo). *Naturalia*, v. 18, p. 149-156, 1993.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serrapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore*, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

SHANKS, R.; OLSON, J. S. First year breakdown of leaf litter in Southern Appalachia *Forest Science*, v.134, p.194-195, 1961.

SILVA, C. J.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A.; NOGUEIRA, J. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. *ACTA AMAZONICA*, 2007.

DA SILVA, C. J.; LOBO, F. A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. *ACTA AMAZONICA*, 2009.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. *Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas*. Lavras: ESAL/FAEP, 1988.

SISTI, C. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 76, n. 1, p. 39-58, 2004.

SNYDER, R. L.; SPANO, D.; DUCE, P.; BALDOCCHI, D.; XU, L.; PAW U, K. T. A fuel dryness index for grassland fire-danger assessment. *Agricultural and forest meteorology*, 2006.

SOARES, R. V. *Prevenção e controle de incêndios florestais*. ABEAS, 120 p. 1984.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. *Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo*. 1 rd ed. Curitiba. 264 p. 2007.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais** - Controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba: Independentes, 2007.

SONG, X. Z.; JIANG, H.; ZHANG, H. L.; YU, S. Q.; ZHOU, G. M.; MA, Y.D.; CHANG SCOTT, X. A review on the effects of global environment change on litter decomposition, *Acta Ecologica Sinica* 28 (9) 4414–4423, 2008.

SORIANO, B. M. A.; DANIEL, O.; SANTOS, S. A. EFICIÊNCIA DE ÍNDICES DE RISCO DE INCÊNDIOS PARA O PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 809-816, out.-dez., 2015.

RODRIGUES, T.R. *Análise de parâmetros biofísicos que controlam o fluxo de calor latente em área de Cerrado Campo Sujo*. 2014. 94p. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A. Índices de risco de incêndios florestais em Juiz de Fora/MG. *Seropédica: Floresta e Ambiente*, v.15 n.2, p.30-39, 2008.

ULERY, A.L. YGRAHAM, R.C. Forest fire effects on soil color and texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57,135-140, 1993.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, p.175-180, 1994.

VÉLEZ, R. *La Defensa Contra Incendios Forestales. Fundamentos y experiencias.* Editado por A. García. Madrid, España. Mc. Graw Hill. 2000.

VILLELA, D. M.; MATTOS, E. A.; PINTO, A. S.; VIEIRA, S. A.; MARTINELLI, L. A. Carbon and nitrogen stock and fluxes in coastal Atlantic Forest of southeast Brazil: potential impacts of climate change on biogeochemical functioning. *Braz. J. Biol.*, 2012.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *R. Árvore, Viçosa-MG*, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

VOURLITIS, G. L.; LOBO, F. A.; LAWRENCE, S.; HOLT, K.; ZAPPIA, A.; PINTO JR, O. B.; NOGUEIRA, J. S. Nutrient resorption in tropical savanna forests and woodlands of central Brazil. Springer Science Business Media Dordrecht, 2014.

WEBB, E. K.; PEARMAN, G. I.; LEUNING, R. Corrections of flux measurements for density effects due to heat and water vapor transfer, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.106, pp.85-100, 1980.

WHITE RH, ZIPPERER WC Testing and classification of individual plants for fire behaviour: plant selection for the wildland–urban interface. *Int J Wildland Fire* 19:213–227, 2010.

X.Z. SONG, H. JIANG, H.L. ZHANG, S.Q. YU, G.M. ZHOU, Y.D. MA, X. CHANG SCOTT, A review on the effects of global environment change on litter decomposition, *Acta Ecologica Sinica* 28 (9) 4414–4423, 2008.