

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

**CICLAGEM DE CARBONO E NUTRIENTES EM
FLORESTAS SAZONALMENTE INUNDÁVEIS NO
PANTANAL MATO-GROSSENSE**

VANESSA RAKEL DE MORAES DIAS

**PROF^a DR^a LUCIANA SANCHES
ORIENTADORA**

**Cuiabá-MT
Abril de 2017**

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

**CICLAGEM DE CARBONO E NUTRIENTES EM
FLORESTAS SAZONALMENTE INUNDÁVEIS NO
PANTANAL MATO-GROSSENSE**

VANESSA RAKEL DE MORAES DIAS

*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 Doutora em Física Ambiental.*

**PROF^a DR^a LUCIANA SANCHES
ORIENTADORA**

**Cuiabá-MT
Abril de 2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M827c Moraes Dias, Vanessa Rakel de.
Ciclagem de carbono e de nutrientes em florestas sazonalmente inundáveis no Pantanal Mato-Grossense / Vanessa Rakel de Moraes Dias. -- 2017
xviii, 131 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Luciana Sanches.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2017.
Inclui bibliografia.

1. serrapilheira. 2. carbono e nutrientes no solo. 3. efluxo de CO₂. 4. *Vochysia divergens* Pohl. 5. *Scheelea phalerata* (Mart. Ex Spreng.) Burret. 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: CICLAGEM DE CARBONO E NUTRIENTES EM FLORESTAS SAZONALMENTE INUNDÁVEIS NO PANTANAL MATO-GROSSENSE

AUTORA: VANESSA RAKEL DE MORAES DIAS

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 10 de abril de 2017, pela comissão julgadora:



Profa. Dra. Luciana Sanches
Orientadora

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
UFMT



Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior
Examinador Interno

Universidade de Cuiabá/UNIC



Profa. Dra. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber
Examinadora Interna

Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e
Zootecnia/UFMT



Profa. Dra. Ândrea Carla Dalmolin
Examinadora Externa

Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC –
Ilhéus/Bahia



Profa. Dra. Carla Maria Abido Valentini
Examinadora Externa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo Luciano
Aos meus pais Valdir e Lurdes

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas e instituições que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para o desenvolvimento deste estudo, em especial:

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), pelo incentivo e apoio à qualificação profissional, e à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), pela oportunidade de cursar o doutorado em Física Ambiental.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por financiarem os projetos em que este estudo esteve inserido, recursos financeiros imprescindíveis para realização da mesma (Processo CNPq: 483853/2013-5, Variações dos nutrientes e da matéria orgânica do solo em função da inundação e suas relações com a dinâmica da vegetação em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato-Grossense; Processo CNPq: 457824/2013-1, Mudanças climáticas na Amazônia: reflexo no Pantanal Mato-Grossense; Processo FAPEMAT: 164595/2014, Dinâmica de nutrientes e carbono em área sazonalmente inundável com monodominância de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato-Grossense).

À Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Serviço Social do Comércio (SESC) - Pantanal, por permitir a realização deste estudo dentro de sua área e pelo apoio logístico, imprescindível para a execução dos trabalhos em campo.

À orientadora professora doutora Luciana Sanches pelos ensinamentos, pela oportunidade e pela confiança, assim como pela paciência e amizade.

Ao professor doutor José de Souza Nogueira (prof. Paraná), coordenador do mestrado e doutorado em Física Ambiental, pelo empenho e dedicação à frente do programa.

Ao professor doutor Osvaldo Borges Pinto Júnior pela ajuda nas análises estatísticas e discussões muito pertinentes sobre o tema.

Ao professor doutor George Louis Vourlitis por compartilhar seus conhecimentos em Ecologia de Ecossistemas, e pela oportunidade em participar do curso de campo na RPPN SESC Pantanal.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, prof. Paraná, prof. Campelo, prof. Sérgio, prof. Chico, prof. Geraldo, prof^a. Luciana, prof^a. Marta, prof. George, prof. Carlo

Ralph, prof. Marcelo, prof^a. Carmen, prof^a. Iramaia, prof. Denilton, prof. Osvaldo, por incentivarem, apoiarem e compartilharem seus conhecimentos.

Aos membros da banca de exame de qualificação e defesa de doutoramento pelas significantes contribuições para melhoria do trabalho final.

Aos técnicos-administrativos Soilce e Cezário pelo excelente trabalho junto à secretaria do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental.

Aos amigos Fernando, Cezário e Rafael que sempre me apoiaram auxiliando nas amostragens em campo, pelos momentos de muito trabalho, mas também de descontração.

Aos amigos que também participaram de amostragens em campo: Amanda, Hosana, Francisco, Leone, Magdiel, Rosângela Ventura, meu muito obrigada!

Aos funcionários da RPPN SESC Pantanal, senhores Farid, Nilson, Virgínio, Último, Diogo e outros que nos auxiliaram muito durante a pesquisa.

À amiga Rosângela Ferreira que muito me auxiliou nas análises químicas no laboratório.

Às amigas Larissa e Keylyane pelo carinho de sempre.

Aos alunos de graduação da Unemat, Jéssica, Fernanda, George, Ivo, Daniel e Celso, pela colaboração nos trabalhos de laboratório.

Ao senhor Hélio Ferreira pela identificação das espécies arbóreas nas áreas de estudo.

À Christie pelas análises químicas de carbono e nitrogênio.

Aos colegas do doutorado e mestrado pela convivência enriquecedora.

Aos familiares que sempre me apoiaram incentivando e auxiliando na pesquisa: Valdir, Lurdes, Zuleide, Miguel, Bruna, Dino e Simone.

A minha querida irmã Bruna, pelo apoio emocional e pelo carinho de sempre.

Ao meu amado esposo Luciano, pelo amor, incentivo, compreensão, e pelo apoio de forma direta às pesquisas em campo e laboratório.

Meu muito obrigada a todos!

Na natureza nada se cria, nada se

perde,

tudo se transforma.

(Antoine Lavoisier)

Em todas as coisas da

natureza existe algo de maravilhoso.

(Aristóteles)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE QUADROS	xv
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS.....	xvi
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
3.1 PANTANAL MATO-GROSSENSE	5
3.1.1 Solos na RPPN SESC Pantanal	9
3.2 CICLAGEM DE CARBONO E DE NUTRIENTES EM ÁREAS ÚMIDAS.....	12
3.3 CARBONO E NUTRIENTES NO SOLO DE ÁREAS ÚMIDAS.....	15
3.4 EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO DO SOLO	22
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	24
4.2 MEDIDAS MICROHIDROMETEOROLÓGICAS	26
4.3 AMOSTRAGENS.....	28
4.3.1 Serrapilheira e folhas verdes do dossel.....	29
4.3.2 Solo e efluxo de dióxido de carbono	31
4.4 ANÁLISES QUÍMICAS.....	32
4.4.1 Análise Química das Amostras de Serrapilheira e Folhas Verdes	32
4.4.2 Caracterização Química e Física do Solo	33
4.5 CÁLCULOS E ESTIMATIVAS	35
4.5.1 Conteúdo e Potencial de Transferência de Carbono e de Retorno de Nutrientes da Serrapilheira Produzida.....	35

4.5.2 Coeficiente de Decomposição e Liberação de Nutrientes da Serrapilheira Acumulada.....	36
4.5.3 Conteúdo de Carbono e de Nutrientes no Solo e Indicadores de Fertilidade.....	37
4.6 MEDIDAS DE EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO E TEMPERATURA DO SOLO	37
4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	39
5. RESULTADOS.....	41
5.1 DESCRIÇÃO MICROHIDROMETEOROLÓGICA.....	41
5.2 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA SOBRE O SOLO.....	44
5.2.1 Relação entre a Serrapilheira Produzida e as Variáveis Microhidrometeorológicas.....	50
5.3 CARBONO E NUTRIENTES NA SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E NA ACUMULADA SOBRE O SOLO.....	53
5.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO	63
5.5 CONTEÚDO DE CARBONO E DE NUTRIENTES NO SOLO	69
5.6 TRANSFERÊNCIA DE CARBONO DO SOLO POR MEIO DE EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO.....	76
6. DISCUSSÃO.....	79
6.1 VARIÁVEIS MICROHIDROMETEOROLÓGICAS.....	79
6.2 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA SOBRE O SOLO.....	80
6.2.1 Relação entre a Serrapilheira Produzida e as Variáveis Microhidrometeorológicas.....	84
6.3 CARBONO E NUTRIENTES NA SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA SOBRE O SOLO.....	85
6.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO	90
6.5 CONTEÚDO DE CARBONO E DE NUTRIENTES NO SOLO E EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO.....	95

6.6 EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO DO SOLO	103
7. CONCLUSÕES	105
8. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	107
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
APÊNDICE 1.....	128
APÊNDICE 2.....	129
APÊNDICE 3.....	130
APÊNDICE 4.....	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclagem de nutrientes em ambiente florestal. Fonte: Dahlgren & Turner (2004) (modificado).	13
Figura 2. Mapa do Brasil com destaque para o estado de Mato Grosso e o Pantanal (a) e ambas as áreas de estudo Cambarazal e Acurizal no Pantanal Mato-Grossense (b).	24
Figura 3. Florestas dominantes de (a) <i>Vochysia divergens</i> Pohl (Cambarazal) e (b) <i>Scheelea phalerata</i> (Mart. Ex Sperng.) Burret (Acurizal) (SANCHES et al., 2015), na RPPN SESC Pantanal.....	26
Figura 4. Representação esquemática do delineamento de amostragens.....	28
Figura 5. Marcadores fixos nos pontos de amostragem (P1 a P11) no Cambarazal e no Acurizal.	28
Figura 6. Coletores de serrapilheira produzida instalados no Cambarazal e Acurizal da RPPN SESC Pantanal.....	30
Figura 7. Coletor de serrapilheira acumulada sobre o solo.....	31
Figura 8. Analisador de gás por infravermelho portátil (modelo EGM-4, PP Systems, UK) com câmara de fluxo de CO ₂ do solo (modelo SRC-1, PP Systems, UK) e canos de PVC instalados em cada ponto para as medidas de efluxo CO ₂ do solo.	38
Figura 9. Precipitação acumulada mensal (mm mês ⁻¹) de dez/2013 a dez/2014 obtida pela torre local (barra cinza) e média da precipitação acumulada mensal (mm mês ⁻¹) de 1968 a 2006 da estação hidrológica da ANA (círculo fechado) *(BRASIL, 2016) (a), média mensal (±DP) da umidade do solo pelo método gravimétrico (% , n=11/mês) (barras cinzas) e lâmina d'água (cm, n=11/mês) (barras pretas) no Cambarazal (b) e no Acurizal (c), de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.	42
Figura 10. Média mensal da temperatura do ar (°C) da umidade relativa do ar (%) (a), média mensal (±DP), do déficit de pressão de vapor no ar (kPa) e da velocidade do vento (m s ⁻¹) (b), de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.	43
Figura 11. Porcentagem das frações de serrapilheira produzida no Cambarazal (a) e no Acurizal (b) na RPPN SESC Pantanal. Barras hachuradas representam a	

contribuição das folhas de <i>V. divergens</i> e as outras barras a comunidade de plantas em geral.....	46
Figura 12. Média (\pm EP) da serrapilheira produzida total ($\text{Mg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) (a), da serrapilheira acumulada sobre o solo (Mg ha^{-1}) (b) e do coeficiente de decomposição ($k, \text{mês}^{-1}$) no Cambarazal na RPPN SESC Pantanal, em 2014. Linha tracejada representa a média anual da serrapilheira produzida. Área sombreada representa o período de inundação de fevereiro a meados de junho de 2014.	48
Figura 13. Média (\pm EP) da serrapilheira produzida total ($\text{Mg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) (a), da serrapilheira acumulada sobre o solo (Mg ha^{-1}) (b) e do coeficiente de decomposição ($k, \text{mês}^{-1}$) no Acurizal na RPPN SESC Pantanal, em 2014. Linha tracejada representa a média anual da serrapilheira produzida. Área sombreada representa o período de inundação de março a abril de 2014.....	49
Figura 14. Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis microhidrometeorológicas: Ppt (precipitação pluvial), T_{ar} (temperatura do ar), UR (umidade relativa do ar), DPV (déficit de pressão de vapor no ar) e V_v (velocidade do vento). Os números 1 a 12 representam os meses de janeiro a dezembro, respectivamente.....	51
Figura 15. Média (\pm EP) do conteúdo de carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c), potássio (d), cálcio (e) e magnésio (f) na serrapilheira produzida no Cambarazal, de janeiro a dezembro de 2014.	57
Figura 16. Média (\pm EP) do conteúdo de carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c), potássio (d), cálcio (e) e magnésio (f) na serrapilheira produzida no Acurizal, de janeiro a dezembro de 2014.	58
Figura 17. Média (\pm EP) do conteúdo de fósforo (a), potássio (b), cálcio (c) e magnésio (d) na serrapilheira acumulada sobre o solo no Cambarazal, após o período de inundação em 2014. Área sombreada representa o período de inundação de fevereiro a meados de junho de 2014.....	59
Figura 18. Média (\pm EP) do conteúdo de fósforo (a), potássio (b), cálcio (c) e magnésio (d) na serrapilheira acumulada sobre o solo no Acurizal, após o período de inundação em 2014. Área sombreada representa o período de inundação de março a abril de 2014.....	60

Figura 19. Potencial de transferência de carbono e de retorno de nutrientes da serrapilheira produzida para a superficial do solo no Cambarazal (a) e no Acurizal (b) na RPPN SESC Pantanal.....	62
Figura 20. Classes texturais do solo na profundidade 0-50 cm no Cambarazal e no Acurizal. Média das três épocas de amostragem.	63
Figura 21. Percentual de argila e areia da camada 0-10 cm de profundidade nas três épocas de amostragem.....	64
Figura 22. Conteúdo de carbono total no solo (Mg ha^{-1}) em diferentes profundidades (n=11/transecto para 0-10 cm e n=6 para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.....	69
Figura 23. Conteúdo de carbono total no solo (Mg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm (n=11/transecto) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.....	70
Figura 24. Conteúdo de nitrogênio total no solo (kg ha^{-1}) em diferentes profundidades (n=11/transecto para 0-10 cm e n=6 para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.....	71
Figura 25. Conteúdo de nitrogênio total no solo (kg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm (n=11/transecto) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.....	71
Figura 26. Conteúdo de fósforo disponível no solo (kg ha^{-1}) em diferentes profundidades (n=11/transecto para 0-10 cm e n=6 para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.....	72
Figura 27. Conteúdo de fósforo disponível no solo (kg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm (n=11/transecto) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.....	72
Figura 28. Conteúdo de potássio no solo (kg ha^{-1}) em diferentes profundidades (n=11/transecto para 0-10 cm e n=6 para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.....	73
Figura 29. Conteúdo de potássio no solo (kg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm (n=11/transecto) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.....	74

Figura 30. Conteúdo de cálcio no solo (kg ha^{-1}) em diferentes profundidades (n=11/transecto para 0-10 cm e n=6 para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.....	74
Figura 31. Conteúdo de cálcio no solo (kg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm (n=11/transecto) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.....	75
Figura 32. Conteúdo de magnésio no solo (kg ha^{-1}) em diferentes profundidades (n=11/transecto para 0-10 cm e n=6 para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.....	75
Figura 33. Conteúdo de magnésio no solo (kg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm (n=11/transecto) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.....	76
Figura 34. Efluxo de CO_2 do solo ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) (n=11/transecto) (a), temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) (b) e umidade do solo (%) (c) no Cambarazal. Área sombreada representa o período inundado de fevereiro a meados de junho de 2014.....	77
Figura 35. Efluxo de CO_2 do solo ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) (n=11/transecto) (a), temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) (b) e umidade do solo (%) (c) no Acurizal. Área sombreada representa o período inundado de março a abril de 2014.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Acumulado das médias mensais (\pm EP) do total de serrapilheira produzida, das folhas da comunidade de plantas (FC), das folhas de <i>V. divergens</i> (FV), dos órgãos reprodutivos (OR), dos ramos (R) e da miscelânea (M), no Cambarazal e Acurizal na RPPN SESC Pantanal, em 2014.	45
Tabela 2. Cargas (Autovetores) dos fatores gerados a partir de Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis microhidrometeorológicas.	50
Tabela 3. Correlação de Pearson entre os fatores das variáveis microhidrometeorológicas, gerados por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), e a serrapilheira produzida e suas frações, no Cambarazal e Acurizal.	52
Tabela 4. Média (\pm EP) dos teores e dos conteúdos de carbono total (C), nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serrapilheira produzida no Cambarazal e no Acurizal na RPPN SESC Pantanal, de janeiro a dezembro de 2014.	54
Tabela 5. Média ¹ (\pm EP) de carbono total (C), nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas verdes do dossel no Cambarazal e no Acurizal na RPPN SESC Pantanal.	55
Tabela 6. Média (\pm EP) de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serrapilheira acumulada sobre o solo no Cambarazal e no Acurizal na RPPN SESC Pantanal, no período não inundado.	56
Tabela 7. Média anual das relações C/N e C/P da serrapilheira produzida no Cambarazal e Acurizal da RPPN SESC Pantanal, em 2014.	61
Tabela 8. Potencial de retorno (\pm EP) de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) da serrapilheira produzida para a superfície do solo e liberação de nutrientes da serrapilheira acumulada no solo do Cambarazal e Acurizal.	61
Tabela 9. Média ¹ dos atributos químicos e físicos do solo de 0 a 50 cm de profundidade nos solos no Cambarazal e no Acurizal.	65
Tabela 10. Média (\pm EP) do teor de carbono total (CT), nitrogênio total (NT), fósforo disponível (P), potássio (K ⁺), cálcio (Ca ²⁺) e magnésio (Mg ²⁺) trocáveis, no solo do Cambarazal e Acurizal.	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Meses do ano de 2014 em que ocorreram amostragens de serrapilheira produzida, acumulada sobre o solo e folhas verdes do dossel.	29
Quadro 2. Meses de amostragem de solo, medidas de efluxo de CO ₂ e temperatura do solo.	32

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

Al^{3+}	Íon alumínio
<i>C</i>	Conteúdo
Ca^{2+}	Íon cálcio
CO_2	Dióxido de carbono
CT	Carbono total
CTC	Capacidade de troca catiônica
DP	Desvio padrão
DPV	Déficit de pressão de vapor no ar
D_s	Densidade do solo
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético (do inglês Ethylenediamine tetraacetic acid)
EP	Erro padrão
E_s	Espessura da camada do solo
Fe^{2+}	Íon ferroso
<i>k</i>	Coefficiente de decomposição da serrapilheira
K^+	Íon potássio
KCl	Cloreto de potássio
<i>m</i>	Saturação por alumínio
Mg^{2+}	Íon magnésio
Mn^{2+}	Íon manganoso
<i>N</i>	Nutriente
N_2	Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de sódio
NH_3	Amônia
NH_4^+	Íon amônio
NO_3^-	Íon nitrato
N_2O	Óxido nitroso
NT	Nitrogênio total
<i>P</i>	Fósforo disponível
PCA	Análise de Componentes Principais
pH	Potencial hidrogeniônico
Ppt	Precipitação pluvial
<i>R</i>	Potencial de retorno
SB	Soma de bases
SA	Serrapilheira acumulada sobre o solo
SP	Serrapilheira produzida
<i>T</i>	Capacidade de troca catiônica potencial a pH 7,0
Ta/Tb	Atividade da fração argila
T_{ar}	Temperatura do ar
TFSA	Terra fina seca ao ar
UR	Umidade relativa do ar
<i>V</i>	Saturação por bases
V_v	Velocidade do vento
<i>W</i>	Teste de Wilcoxon

RESUMO

DIAS, V. R. M. Ciclagem de carbono e nutrientes em florestas sazonalmente inundáveis no Pantanal Mato-Grossense. Cuiabá, 2017, 131p. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Os solos e a vegetação de áreas úmidas passam por perturbações quando ocorrem as inundações sazonais. Os efeitos da inundação nesses ambientes são importantes para o entendimento de como essas florestas são organizadas e como ocorrem os ciclos biogeoquímicos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar a ciclagem de carbono e de nutrientes em duas áreas sazonalmente inundáveis no norte do Pantanal Mato-Grossense. Os sítios experimentais localizam-se dentro da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Serviço Social do Comércio (SESC) - Pantanal com estandes florestais dominantes de *Vochysia divergens* Pohl (Cambarazal) e *Scheelea phalerata* (Mart. Ex Spreng.) Burret (Acurizal). Nessas áreas foram coletadas amostras de serrapilheira e de solo para análises químicas de carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. A serrapilheira produzida no Cambarazal foi maior comparada ao Acurizal, sendo que suas folhas compõem a fração principal da serrapilheira. A deposição desse material vegetal no segundo semestre, período não inundado, foi o dobro em relação ao período de inundação no Cambarazal. Houve correlação entre a deposição de serrapilheira e o déficit de pressão de vapor no ar e a velocidade do vento. O potencial de transferência de carbono e de retorno de nutrientes no solo do Cambarazal foi maior em relação ao Acurizal. Porém houve maior acúmulo de serrapilheira do que decomposição, em ambas as áreas, sendo que a decomposição foi maior no Acurizal. A liberação de nutrientes por meio da decomposição foi maior no Cambarazal considerando o montante de serrapilheira produzida, porém no Acurizal a liberação relativa de nutrientes foi maior. O processo de inundação resultou em alteração significativa dos teores de carbono total no solo, fósforo disponível, potássio e alumínio extraíveis. Porém, os teores de nitrogênio total no solo, cálcio e magnésio trocáveis não variaram com a inundação. Os conteúdos de carbono total no solo, fósforo disponível, potássio e alumínio trocáveis foram maiores no Cambarazal, enquanto os conteúdos de cálcio e magnésio no solo e os indicadores de fertilidade, soma de bases, capacidade de troca catiônica potencial e saturação por bases, foram maiores no Acurizal, o que indica que é um solo com maior fertilidade do que o Cambarazal. O efluxo de CO₂ do solo foi maior no Acurizal e os conteúdos de carbono total foram maiores no Cambarazal. Portanto, o estabelecimento de florestas em áreas de pastagens sazonalmente inundáveis na RPPN SESC Pantanal pode conduzir a concentrações de nutrientes e conteúdo de carbono abaixo do dossel das florestas e o desenvolvimento de “ilhas de fertilidade”.

Palavras-chave: Áreas úmidas, serrapilheira, taxa de retorno, efluxo de CO₂, carbono e nutrientes no solo, *Vochysia divergens* Pohl, *Scheelea phalerata* (Mart. Ex Spreng.) Burret.

ABSTRACT

DIAS, V. R. M. Carbon and nutrient cycling in natural wetlands in the Pantanal Mato-Grossense. Cuiabá, 2017, 131p. Thesis (Doctorate in Environmental Physic) – Institute of Physic, Federal University of Mato Grosso.

The soils and vegetation of natural wetlands are disturbed when seasonal flooding occurs. The effects of flooding in these environments are extremely important for the understanding how these forests are organized and how the biogeochemical cycles occur. In this context, the objective of this study was to analyze the carbon and nutrient cycling in two seasonally flooded areas in the northern Pantanal of Mato Grosso. Study sites were located within a protected nature reserve, the Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) of the Serviço Social do Comércio (SESC)-Pantanal, with dominant forest stands of *Vochysia divergens* Pohl (Cambarazal) and *Scheelea phalerata* (Mart. Ex Spreng.) Burret (Acurizal). In these areas, litter and soil samples were collected for chemical analyzes of carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium. The litter produced in Cambarazal was larger compared to Acurizal, and its leaves make up the main fraction of the litter. The deposition of this vegetal material in the second semestre, non-flooded period, was double in relation to the period of flood in Cambarazal. There was a correlation between litter deposition and the vapor pressure deficit in air and wind speed. The potential of carbon input and nutrient return in the soil of Cambarazal was higher than Acurizal. However, there was more litter accumulation than decomposition, in both areas, and the decomposition was greater in Acurizal. The release of nutrients through decomposition was higher in Cambarazal considering the amount of litter produced, but in Acurizal the relative release of nutrients was higher. The flooding process resulted in a significant change in total soil carbon, available phosphorus, extractable potassium and aluminum contents. However, total soil nitrogen, calcium and magnesium contents did not change due to flooding. Total soil carbon, available phosphorus, exchangeable potassium and aluminum stocks were higher in Cambarazal, while the soil calcium and magnesium stocks and the fertility, base sum, potential cation exchange and base saturation Higher in the Acurizal, indicating that it is a soil with greater fertility than the Cambarazal. The efflux of CO₂ from the soil was higher in the Acurizal and the total carbon contents were higher in the Cambarazal. Therefore, establishing forests in areas of seasonally flooded pastures in the SESC Pantanal RPPN can lead to nutrient concentrations and carbon stock below the forest canopy and the development of "fertility islands".

Keywords: Flooded plain, litter production, surface litter pool, soil nutrients, soil carbon, CO₂, *Vochysia divergens* Pohl, *Scheelea phalerata* (Mart. Ex Spreng.) Burret.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há um interesse na ciclagem do carbono e de nutrientes em florestas estimulado por um esforço global para diminuir as taxas de emissões de dióxido de carbono causadas pelas emissões antropogênicas, principalmente pelo desmatamento para substituição por pastagens ou culturas anuais, assim como um interesse pelo dinamismo das florestas em relação a ciclagem de nutrientes que pode contribuir para um aumento ou não da biomassa florestal, interferindo nos conteúdos de carbono nessas áreas florestadas.

Além das florestas terem sua importância inquestionada, aquelas em ecossistemas sazonalmente inundados estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo, bem como exportadores de matéria orgânica por meio de fluxos de água para os ecossistemas aquáticos adjacentes, regulando o armazenamento de água e o controle climático regional, armazenando e fixando carbono, nitrogênio, fósforo, entre outros nutrientes, e contribuindo nos processos de desnitrificação, na decomposição do carbono e liberação ou mineralização de carbono e de nutrientes.

Áreas sazonalmente inundadas tem um grande potencial para sequestrar carbono no solo porque a taxa de decomposição da matéria orgânica é reduzida durante a inundação. Porém, diferenças locais no regime hídrico e no uso da terra podem alterar o conteúdo de carbono no solo.

Como as mudanças no uso da terra em ambientes naturais, como é o caso da pecuária no Pantanal, podem alterar o conteúdo de carbono no solo, conseqüentemente influenciam diretamente na concentração de dióxido de carbono na atmosfera, alterando o balanço de carbono. Alteração de áreas inundáveis resulta em perda significativa do conteúdo de carbono terrestre.

No Pantanal, a inundação é o fenômeno ecológico mais importante que o caracteriza como macro ecossistema peculiar. O pulso de inundação funciona como uma perturbação no solo e na vegetação, uma vez que altera suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Como a dinâmica da inundação tem relação com o transporte de sedimentos, erosão e carreamento de nutrientes do solo, alterando o funcionamento do

ecossistema, a compreensão desses ecossistemas em áreas úmidas é importante para a manutenção de seu equilíbrio.

Diferenças locais da inundação devido a variações topográficas atuam na distribuição e abundância das espécies vegetais no Pantanal. Sendo que diferenças na lâmina d'água ou profundidade do lençol freático, tempo de duração da inundação, água parada ou corrente, origem fluvial ou pluvial, fazem com que haja variações na composição florística no Pantanal, favorecendo ou não determinadas espécies arbóreas.

Com o estabelecimento de espécies arbóreas em áreas úmidas ocorre alteração de uma variedade de propriedades do ecossistema incluindo o microclima, as propriedades químicas e o conteúdo de carbono no solo, a disponibilidade de água e nutrientes, o crescimento de outras espécies, a produtividade, a abundância e a riqueza de espécies.

A variação dos nutrientes é de suma importância para o estabelecimento, distribuição e manutenção da vida dentro dos ecossistemas, porque são processos inter-relacionados em que esses elementos essenciais à vida são utilizados em sucessivos períodos de fixação de energia.

Mudanças na cobertura do solo podem representar uma ameaça à sustentabilidade desses ecossistemas, particularmente quando há conversão de formas de vegetação nativa em áreas de pastagens.

Considerando a importância das áreas úmidas nos fluxos de energia e de massa e sua função no aprisionamento e reprocessamento de nutrientes que contribuem para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos, este estudo surge a partir da necessidade de conhecimento sobre a ciclagem de carbono e de nutrientes, e conteúdos no solo em florestas sazonalmente inundáveis no Pantanal, considerando a inundação sazonal.

Este estudo busca fornecer subsídios para modelagens futuras no que diz respeito à dinâmica de carbono e de nutrientes nas florestas sazonalmente inundadas, assim como os padrões sazonais e a influência da inundação nessa dinâmica.

E pauta-se nas seguintes hipóteses:

- A área com dominância de *Vochysia divergens* Pohl, por apresentar maior tempo de inundação e menor diversidade arbórea, apresenta maior deposição

de serrapilheira produzida, menor taxa de decomposição, menor liberação de nutrientes para o solo e maior conteúdo de carbono no solo;

- A área de *Scheelea phalerata* (Mart. Ex Spreng.) Burret, por apresentar maior diversidade arbórea e menor tempo de inundação, apresenta menor deposição de serrapilheira produzida, maior taxa de decomposição, maior liberação de nutrientes para o solo e menor conteúdo de carbono estocado no solo.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi analisar a ciclagem de carbono e de nutrientes em florestas sazonalmente inundáveis com vegetação dominante de *Vochysia divergens* Pohl e *Scheelea phalerata* (Mart. Ex Spreng.) Burret, sob um Vertissolo e um Planossolo, respectivamente, no Pantanal Mato-Grossense.

Para atender o objetivo geral proposto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a influência das variáveis microhidrometeorológicas na variação temporal da serrapilheira produzida.
- Quantificar e analisar durante o ano o padrão temporal da serrapilheira produzida total e suas frações; e da serrapilheira acumulada sobre o solo e decomposição, durante o período não inundado.
- Quantificar e analisar durante o ano a transferência de carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da serrapilheira produzida para a camada superficial do solo; e a liberação de fósforo, potássio, cálcio e magnésio da serrapilheira acumulada sobre o solo, no período não inundado.
- Quantificar e analisar o padrão temporal do carbono total, nitrogênio total, fósforo disponível, potássio, cálcio e magnésio trocáveis do solo, no período não inundado.
- Analisar a transferência do carbono do solo para a atmosfera por meio do efluxo de dióxido de carbono, no período não inundado.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 PANTANAL MATO-GROSSENSE

As planícies de inundação do Pantanal tornaram-se prioritárias para a conservação biológica por manterem grande biodiversidade vegetal e animal, sendo o encontro dos ecossistemas Cerrado, Floresta Amazônica e Planícies do Chaco (JUNK et al., 2006). Entre as várias funções dessas áreas inundáveis estão: o fluxo hidrológico, regulação do armazenamento de água e controle climático regional; produtividade biológica por meio da produção primária e secundária, armazenamento e fixação de carbono, nitrogênio, fósforo, entre outros; e a decomposição da matéria orgânica e liberação ou mineralização de nitrogênio, carbono, entre outros nutrientes (RICHARDSON, 1996; RICHARDSON et al., 2001), contribuição para o balanço global de dióxido de carbono, metano e enxofre na atmosfera (KIRK, 2004).

Esse ecossistema é considerado patrimônio da humanidade e importante área úmida mundial. Consiste em uma extensa planície sedimentar com cotas altimétricas entre 80 e 150 metros acima do nível do mar. Está localizado no Centro da América do Sul, abrangendo o Brasil, Paraguai e Bolívia, com 55,2% em território brasileiro, inserido na região Centro-Oeste, no interior da Bacia do Alto Paraguai (ADÁMOLI, 1982; JUNK & NUNES DA CUNHA, 2005).

É uma das maiores planícies de sedimentação do planeta, sendo que em território nacional, 65% está no estado de Mato Grosso do Sul e 35% no Mato Grosso (CASTELNOU et al., 2003). Ocupa áreas parciais de 16 municípios, e é constituído por onze sub-regiões fisiográficas: Cáceres, Poconé, Barão de Melgaço, Paraguai, Paiaguás, Nhecolândia, Abobral, Aquidauana, Miranda, Nabileque e Porto Murtinho (SILVA & ABDON, 1998).

O Pantanal, composto por um mosaico de formas de relevo que diferem em aglomerações vegetativas e dinâmicas de inundação (JOHNSON et al., 2013), está sujeito a inundações sazonais decorrentes do acúmulo de águas pluviais provenientes do planalto adjacente que provoca transbordamento dos rios inundando a planície, além de um conjunto de características geomorfológicas que são responsáveis pelos pulsos de inundação (JUNK et al., 1989).

O regime de inundações é considerado o fenômeno ecológico mais importante que caracteriza o Pantanal como macro ecossistema peculiar, determinando os principais processos bióticos e abióticos, bem como as composições específicas das unidades de paisagem (ADÁMOLI, 1982; NUNES DA CUNHA & JUNK, 2004; JUNK & NUNES DA CUNHA, 2005).

Ponce (1995) analisou os picos de inundação do Rio Paraguai, no centro do Pantanal, e registrou quatro tipos: picos de inundação comuns e médios (fase menor que a mediana) que ocorrem em junho ou julho, e picos de inundação extraordinários e excepcionais (fase igual ou superior a mediana) que iniciam de março a início de junho. Já Rebellato & Nunes da Cunha (2005) registraram inundação mínima em 2001 que, segundo os autores, foi inferior à inundação comum definida por Ponce (1995) devido à baixa pluviosidade nos meses de dezembro de 2000, janeiro e fevereiro de 2001.

Segundo Junk et al. (1989), num sistema lótico (cuja a água é corrente) com planície de inundação, a maior parte da produtividade da biota advém diretamente ou indiretamente das trocas laterais com a planície de inundação. Ou seja, os processos biológicos e biogeoquímicos nesse sistema ocorrem pelas trocas laterais entre o rio e suas planícies de inundação bem como as trocas entre as fases terrestre (seca) e aquática (cheia) nessa mesma planície (JUNK, 2001). A importação de material orgânico particulado e dissolvido do curso superior do rio é de pouca importância, devido à pequena quantidade e baixa qualidade em comparação com a produção de matéria orgânica na planície de inundação (JUNK & NUNES DA SILVA, 1999; JUNK, 2001).

A variação sazonal do nível da água na superfície do solo no Pantanal funciona como uma perturbação para o solo e a vegetação, alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (PAROLIN et al., 2010; PEZESHKI & DELAUNE, 2012). Essas alterações, assim como as variações topográficas e as diferenças locais da inundação, podem afetar de maneira positiva ou negativa o funcionamento fisiológico de muitas espécies de plantas, atuando na distribuição das espécies vegetais no Pantanal (ARIEIRA & NUNES DA CUNHA, 2006).

O gradiente espacial da inundação já foi reportado como um dos principais fatores atuantes na distribuição e abundância das espécies vegetais na planície do

Pantanal (CUNHA & JUNK, 2001; ZEILHOFER & SCHESSL, 2000; REBELLATO & CUNHA, 2005; DAMASCENO-JUNIOR et al., 2005, ARIEIRA & CUNHA, 2006).

No norte do Pantanal, foram identificadas unidades fitofisionômicas em função da intensidade e da duração da inundação, duração além da topografia (FANTIN-CRUZ et al., 2010). Esses pesquisadores identificaram as unidades: Campo Inundável, distribuído principalmente em áreas de alta intensidade de inundação e duração e posições topográficas baixas; Cambarazal que predominou em áreas de intensidade média de inundação e duração e elevação intermediária; Landizal se destacou em áreas de alta intensidade e baixa posição topográfica; e Cordilheiras que foram caracterizadas por baixa intensidade de inundação e duração e localização em maiores elevações.

Porém, muitas espécies são indesejáveis do ponto de vista da pecuária, pois apesar de serem nativas, competem com as espécies forrageiras (ALLEN & VALLS 1987). Essas espécies desenvolveram uma ampla gama de estratégias adaptativas que as fazem capazes de tolerar inundações periódicas (DALMOLIN et al., 2012; PEZESHKI & DELAUNE, 2012; DALMAGRO et al., 2013; DALMOLIN et al., 2013).

De acordo com observações dos fazendeiros, a disseminação de plantas invasoras nesses campos começou desde as grandes inundações do início dos anos setenta, incluindo *V. divergens*, *Licania parvifolia* Huber, *Combretum lanceolatum* Pohl ex Eichler, *Byrsonima orbignyana* A. Juss. e *Ipomoea fistulosa* Mart. ex Choisy e, embora sejam nativas, essas espécies são chamadas de espécies invasoras (POTT, 1982; ALLEN & VALLS, 1987).

Algumas espécies são indicadoras de condições ambientais adversas, caso da *V. divergens* (Cambará) que se espalha vigorosamente em pastagens sazonalmente inundadas e pode formar povoamentos monoespecíficos chamados localmente de Cambarazais (PRANCE & SCHALLER, 1982; NASCIMENTO & JOSÉ, 1986; NUNES DA CUNHA & JUNK, 1999; NUNES DA CUNHA & OLIVEIRA, 2000; NUNES DA CUNHA & JUNK, 2004).

A *V. divergens* é uma espécie arbórea nativa do Cerrado brasileiro e Mata Ciliar (LORENZI, 2002), que forma estandes monodominantes, principalmente, em

áreas de solos argilosos, tolera bem às inundações e pode atingir 28 a 30 m de altura (POTT & POTT 1994; SILVA et al., 2000), com densidade arbórea e área basal de 210 ind ha⁻¹ e 50 m² ha⁻¹, respectivamente (SANCHES et al., 2015).

No Pantanal, a fenologia da *V. divergens* é influenciada pelo pulso de inundação, sendo que a emergência de novas folhas ocorre no final do período de inundação coincidindo com o período de maior abscisão de folhas. A floração começa com a diminuição do nível da água e continua até julho e a produção de sementes atinge o máximo durante o período seco, em agosto e setembro, e continua até o início da estação chuvosa em novembro (NUNES DA CUNHA e JUNK, 2004).

A razão para a dominância de *V. divergens* ainda não é bem conhecida, mas interações entre inundação, propriedades físicas do solo e fogo parecem ser as causas para sucessivas invasões (ZEILHOFER & SCHESSL, 2000; NUNES DA CUNHA & JUNK, 2004). Durante os anos com períodos de maiores índices pluviométricos, a inundação prolongada permite o restabelecimento de mudas, antes do período seco quando aumenta a mortalidade das árvores, enquanto nos anos com períodos secos prolongados o fogo é um importante agente que limita a distribuição de cambarás em áreas fora da mata ciliar (NUNES DA CUNHA & JUNK, 2004).

No Estado de Mato Grosso, a maior incidência de *V. divergens* está nos pantanais dos municípios de Poconé, Cáceres, Barão de Melgaço e Santo Antônio do Leverger (NASCIMENTO & JOSÉ, 1986). Segundo o Projeto Radambrasil (1982), a espécie *V. divergens* era encontrada em florestas ciliares dos altos rios Cuiabá e São Lourenço e disseminou-se por meio desses rios sobre as baías, formando povoamentos intercalados na paisagem de savana dessas áreas interfluviais.

Outra espécie indicadora de condições ambientais distintas é a *Scheelea phalerata* (Mart. ex Spreng.) Burret (Acuri) que, geralmente, ocorre em áreas de solo com alta fertilidade (EITEN, 1994). *Attalea phalerata* Mart. é um sinônimo dessa espécie (CNCFLORA, 2017). Esse tipo de floresta foi descrito por Dubs (1992).

A *S. phalerata* é uma formação típica de Cerrado encontrada em terrenos bem drenados, principalmente em áreas de interflúvio, embora possam ser encontradas em solos mal drenados, onde pode haver a formação de galerias acompanhando as linhas de drenagem (EITEN, 1994). Na região do Pantanal Mato-Grossense, sua frequência

em terrenos mais elevados é tão grande a ponto de ser considerada planta daninha (LORENZI, 2002).

Essas formações de *S. phalerata* ocorrem, em geral em meio a uma matriz savânica e são classificadas como Florestas estacionais semidecíduais, podendo perder de 20% a 50% das folhas no período seco (DAMASCENO-JUNIOR et al., 2009), com dossel de 3 a 7 m, com floração a partir do mês de julho, podendo estender-se até fevereiro e frutificação, a partir de abril, prolongando-se até dezembro (CNCFLORA, 2017).

Ao mesmo tempo que determinadas espécies arbóreas se estabelecem no Pantanal, e algumas formam estandes dominantes diminuindo a diversidade vegetal, também ocorrem interferências humanas desmatando áreas para plantio de pastagem.

Uma análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010, por meio de sensoriamento remoto, identificou que houve diminuição das áreas de vegetação arbóreo-arbustiva e aumento das áreas de gramíneas, indicando que o Pantanal passou por processo de desmatamento nesse período, sendo que algumas regiões foram transformadas em áreas de pastagens destinadas à pecuária (PARANHOS FILHO et al., 2014). Segundo esses autores, essa alteração na paisagem pode descaracterizar a planície pantaneira, sendo necessários o manejo e a conservação adequados dos componentes da biodiversidade local.

Considerando a importância da preservação desse ecossistema tão peculiar, em 1996 foi criada a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Serviço Social do Comércio (SESC) - Pantanal, com uma área de 106.644 hectares. Antes de ser implantada pelo SESC era composta de 16 fazendas com pastagens degradadas. Com a retirada do gado, foi estabelecida a regeneração natural da vegetação e o uso de fogo foi proibido na reserva desde 2001 (COUTO et al., 2006). Em 2003, a RPPN SESC Pantanal passou a ser o primeiro sítio Ramsar brasileiro em área privada, que é um tratado de cooperação internacional para proteção das áreas úmidas (RAMSAR, 2007).

3.1.1 Solos na RPPN SESC Pantanal

Na região norte do Pantanal, os solos desenvolveram-se a partir de sedimentos inconsolidados arenosos, argilosos e orgânicos (CORINGA et al., 2012). Solos localizados nas regiões do entorno da bacia pantaneira (que são principalmente da classe dos Latossolos e Neossolos), em áreas mais elevadas, são fontes de sedimentos distintos daqueles que ocorrem no Pantanal. E a antropização desses ambientes que circundam o Pantanal alteram o fluxo dos sedimentos carreados para a planície pantaneira, causando maior assoreamento das paisagens (BEIRIGO, 2008).

A alternância de períodos de inundação e seca resultou no domínio territorial de solos hidromórficos no norte do Pantanal, com predominância de solos com horizonte subsuperficial de textura mais argilosa (AMARAL FILHO, 1986), em que a maioria dos solos foram influenciados por processos redoximórficos, alterando o equilíbrio dos compostos iônicos e moleculares no solo e o potencial eletroquímico, propiciando a alternância de condições de redução e oxidação (LIMA et al., 2005).

Na RPPN SESC Pantanal, os processos pedológicos também desempenham importante papel na determinação da composição química dos solos, além dos processos deposicionais. Com composição mineralógica que se deve principalmente à natureza sedimentar do material de origem desses solos, formados de sedimentos aluviais resultantes de materiais com diferentes estádios de intemperização, assim como à sazonalidade climática, que restringe a drenagem em determinada época do ano, dificultando a saída de bases e sílica do sistema, favorecendo a formação de argilominerais 2:1 (CORINGA et al., 2014).

Nessa região, segundo Couto & Oliveira (2010), são comuns os Gleissolos, Plintossolos, Planossolos, Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos e Vertissolos Hidromórficos.

Ao avaliar as características químicas, morfológicas e mineralógicas de três perfis de solos da RPPN SESC Pantanal (Planossolo, Plintossolo e Gleissolo), Coringa et al. (2012) constataram que os Planossolo e Gleissolo possuem maior fertilidade natural, evidenciada pelos valores expressivos de capacidade de troca de cátions e saturação por bases. Segundo esses autores, os solos hidromórficos, que são comuns na Amazônia e no Pantanal, por estarem sujeitos à alternância natural de períodos de inundação e secamento, são conduzidos a uma formação e características

diferenciadas, são solos que tem estreita relação com a natureza do material de origem e com os processos de deposição e sedimentação.

Em quatro áreas dentro da RPPN SESC Pantanal, Nascimento et al. (2013) registraram quantidade relativa de esmectita na argila fina dos horizontes que cobrem a camada arenosa. Segundo esses autores, os minerais de alta atividade 2:1 conduzem a uma maior fertilidade do solo.

Outros 20 perfis de solos foram avaliados na RPPN SESC Pantanal, esses subdividiram-se em dois tipos geoquímicos segundo Coringa et al. (2014), sendo um grupo composto por textura mais argilosa com teores significativos de minerais 2:1, Al_2O_3 , óxidos de Fe e Mn, bases e elementos-traço.

Dentre os tipos de solos na RPPN SESC Pantanal, estão os Vertissolos e Planossolos das áreas deste estudo. Os Vertissolos são solos constituídos por material mineral com horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil; apresentam mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo; a massa de solo se contrai e fendilha quando seca e se expande quando úmida; possui fendas verticais no período seco; possui teor de argila de no mínimo 300 g kg^{-1} nos 20 cm superficiais; são solos de alta capacidade de troca de cátions e alta saturação por bases (>50%) com teores elevados de cálcio e magnésio; apresentam consistência muito plástica e muito pegajosa devido à presença de argilas expansíveis ou mistura destas com outros argilominerais (EMBRAPA, 2013). Essas argilas de alta atividade que retêm grande quantidade de bases, são condição importante para a ocorrência de florestas estacionais (DAMASCENO-JUNIOR et al., 2009).

Os Planossolos são solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico; tipicamente, um ou mais horizontes subsuperficiais apresentam-se adensados e podem ter teores de argila dispersa, constituindo, por vezes, um horizonte pã; ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suavemente ondulado, com vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração; são hidromórficos nas baixadas, várzeas e depressões sob condições de clima úmido; apresenta restrição de permeabilidade em subsuperfície, que interfere na infiltração e no regime hídrico, com evidências de processos de redução, com ou sem segregação de ferro, podendo ocorrer mobilização e sorção do cátion Na^+ (EMBRAPA, 2013).

3.2 CICLAGEM DE CARBONO E DE NUTRIENTES EM ÁREAS ÚMIDAS

A ciclagem de nutrientes é de suma importância para a manutenção da vida dentro dos ecossistemas. São processos inter-relacionados em que os elementos químicos, inclusive todos os elementos essenciais à vida, são utilizados em sucessivos períodos de fixação de energia, circulando na biosfera em vias características, do ambiente aos organismos e desses novamente ao ambiente. Como essas vias são mais ou menos circulares, são chamadas de ciclos biogeoquímicos (ODUM, 2013).

Primeiramente, os processos de intemperismo sobre a rocha liberam nutrientes da litosfera para a pedosfera. Esses nutrientes são absorvidos pelas plantas e incorporados aos compostos orgânicos (SILVA & MENDONÇA, 2007). E por meio da fotossíntese, assimila o gás carbônico atmosférico o reduzindo a carboidrato, produzindo biomassa, assim como armazena os nutrientes do solo na sua biomassa (COLLINS & KUEHL, 2001). Esses retornam ao solo por meio da deposição de serrapilheira que se acumula e se decompõe na superfície do solo formando a matéria orgânica e, finalmente, ocorrendo a mineralização, a qual torna os nutrientes novamente disponíveis para serem assimilados pela vegetação (COLLINS & KUEHL, 2001) (Figura 1).

A ciclagem dos nutrientes depende além das propriedades de cada elemento químico, da sua interação com a litosfera, a atmosfera e a hidrosfera. O fluxo de energia nos ecossistemas está intimamente relacionado com a circulação dos elementos essenciais à vida (CHARLEY & RICHARDS, 1983).

Cada ciclo pode ser dividido em dois compartimentos ou “pools”: 1) o pool reservatório, que compreende os maiores conteúdos de nutrientes, porém mais lentos e, geralmente, não biológicos, compartimento esse que fica química ou fisicamente afastado dos organismos; e 2) o pool lábil ou de ciclagem, que é o compartimento de menores conteúdos, porém mais ativo e rápido, movendo-se nos dois sentidos, entre o ambiente e os organismos, dos autótrofos aos heterótrofos e desses novamente aos

autótrofos. Esse último compartimento é também chamado de pool “disponível” (ODUM, 2013).

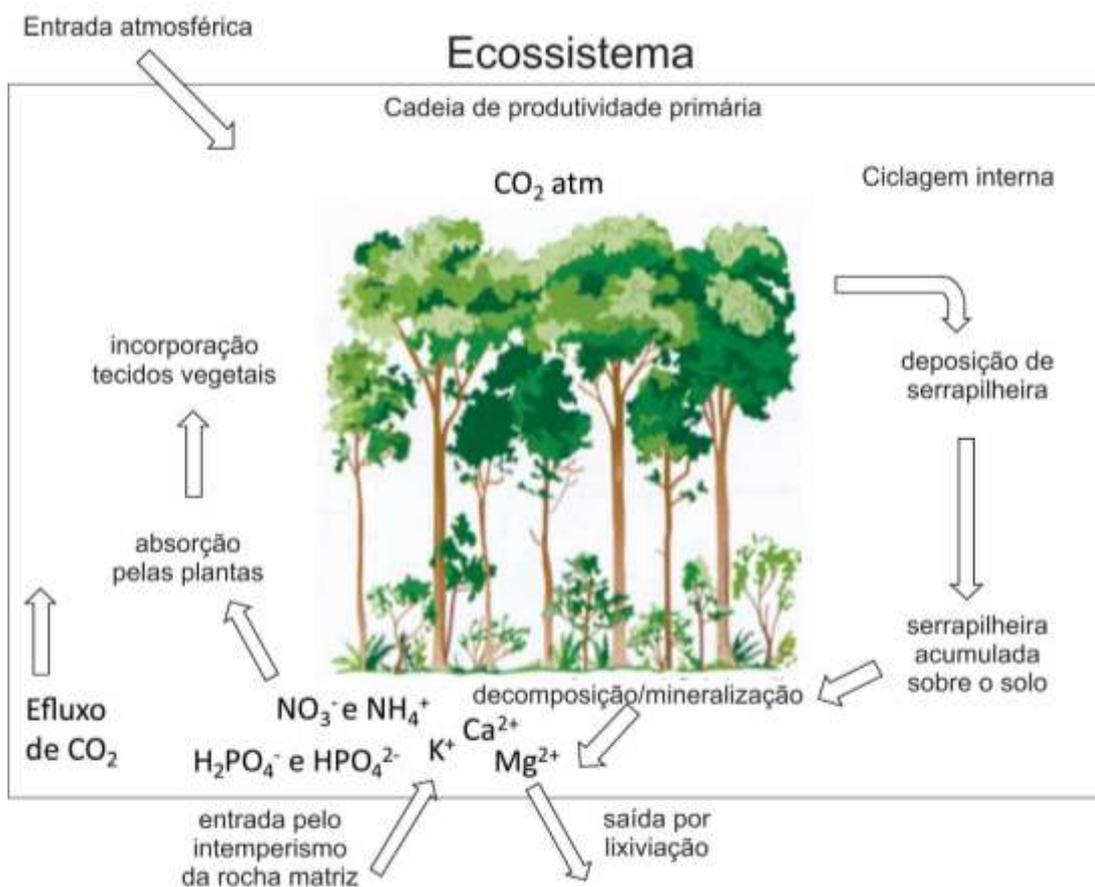


Figura 1. Ciclagem de nutrientes em ambiente florestal. Fonte: Dahlgren & Turner (2004) (modificado).

O compartimento formado pela serrapilheira-solo, onde se concentram os organismos responsáveis pela tarefa de fragmentar as cadeias carbônicas, elaboradas de maneira complexa pelos outros organismos autotróficos, é onde ocorrem todas as etapas da decomposição da matéria orgânica, liberação de nutrientes e fonte de energia para os organismos do solo (SELLE, 2007).

A mineralização de nutrientes da serrapilheira das plantas ocorre via atividade enzimática da comunidade de microrganismos que se estabelecem na serrapilheira acumulada sobre o solo. A decomposição da serrapilheira é um processo crucial para o ecossistema que regula os ciclos de C e P entre as plantas e o solo (SONG et al., 2017).

A serrapilheira tem papel fundamental no funcionamento do ecossistema florestal por representar uma ligação importante no ciclo orgânico de produção-decomposição. É a principal via de transferência de carbono, nitrogênio, fósforo e cálcio. O potássio é devolvido principalmente por meio da precipitação interna e o magnésio é variável entre diferentes florestas (SELLE, 2007).

A dinâmica de serrapilheira (produção, acúmulo e decomposição) é responsável pelas ligações vitais entre a planta, o carbono do solo, a ciclagem e conteúdo de nutrientes (XU & HIRATA, 2002). Cerca de 70% do fluxo de carbono anual total é derivado da decomposição de serrapilheira (SCHLESINGER & BERNHARDT, 2012).

Segundo Vourlitis et al. (2013), há uma correlação entre a estrutura de um estande vegetal e a fertilidade do solo devido em parte às variações na entrada de serrapilheira, e sugere que florestas em comparação às pastagens podem conduzir a um aumento na fertilidade do solo.

O estudo da serrapilheira é importante no sentido de fornecer índices de produtividade da floresta e taxas de decomposição, além de permitir avaliar sua importância nos ciclos de nutrientes (DIDHAM, 1998).

A matéria orgânica que é decomposta por microrganismos libera gás carbônico e água (respiração aeróbia). Em condições de inundações, as metanobactérias decompõem compostos orgânicos produzindo e liberando metano (CH₄), por meio de reações de redução do carbono orgânico. Esse processo de decomposição tem uma velocidade menor comparado a decomposição aeróbia (ODUM, 2013).

A inundação contínua e a baixa temperatura são fatores importantes para o acúmulo de matéria orgânica como, por exemplo, a formação de turfeiras no nordeste da China (SONG et al., 2017).

A taxa de perda de massa da serrapilheira e a taxa de retorno de carbono e nitrogênio em áreas com o mesmo nível de inundação, variam de acordo com a vegetação dominante. E para área com o mesmo tipo de vegetação, a frequência de inundação contribui com os processos de decomposição e transferência de carbono e retorno de nutrientes, o que foi reportado por Liu et al. (2010).

Além do fluxo de energia e massa em que a matéria orgânica tem papel central, a ciclagem de nutrientes recebe subsídios energéticos do transporte de nutrientes pelos elementos do clima, entre eles estão as chuvas e as massas de ar responsáveis pelo transporte desses nutrientes, ou seja, deposição úmida e seca.

O microclima constitui um importante fator a ser analisado e monitorado no processo da dinâmica da inundação e da vegetação. A disponibilidade de dados hidrológicos e climáticos é fundamental para se discutir a manutenção de diversos ecossistemas, para compreender aspectos de suas dinâmicas e também para prever os efeitos de perturbações. Os estresses naturais como, por exemplo, a seca e temperaturas extremas tem efeito depressor sobre a decomposição influenciando na velocidade com que se dá a remineralização da matéria orgânica. (BIANCHI et al., 2016).

3.3 CARBONO E NUTRIENTES NO SOLO DE ÁREAS ÚMIDAS

Como principal meio para o crescimento das plantas, o solo é uma camada de material biologicamente ativo, resultante de transformações complexas que envolvem o intemperismo de rochas e minerais, a ciclagem de nutrientes e a produção e decomposição de biomassa. Em ecossistemas nativos, a ciclagem natural de nutrientes é a grande responsável pela manutenção do bom funcionamento do solo e do ecossistema como um todo. Sendo que essa ciclagem é fundamental para manter o conteúdo de carbono e de nutrientes nos ecossistemas naturais, evitando a perda de fertilidade natural do solo (LOPES & GUILHERME, 2007). Em termos globais, os conteúdos de carbono no solo são 2-3 vezes maiores do que na atmosfera (SANCHES et al., 2008; SCHLESINGER & BERNHARDT, 2012), fazendo do solo um importante dreno de carbono.

A formação de um solo é influenciada pelos fatores: 1) organismos, 2) relevo, 3) clima, 4) material de origem, e 5) tempo. Esses fatores afetam e são afetados pela água. Por exemplo, os microrganismos que se desenvolvem no solo são fortemente influenciados pela presença de água, de forma direta, porque precisam de água para viver e, de forma indireta, porque a quantidade de água no solo influencia a disponibilidade de oxigênio. O relevo, frequentemente, controla o fluxo de água na

superfície e subsuperfície em áreas úmidas. O material de origem do solo afeta o fluxo de água porque forma a matriz pela qual a água se infiltra. A água adiciona material por meio da deposição de sedimentos e a precipitação de materiais dissolvidos, transformando o material do solo por meio de reações de intemperismo. A água transloca materiais sólidos e dissolvidos num fluxo de massas dentro do próprio solo. Ela pode remover o material do solo que está dissolvido por ação de reações do tempo (transformações), ou por meio da erosão da superfície do solo (RICHARDSON et al., 2001).

Um solo mineral considerado ideal deve apresentar, aproximadamente, 50% de porosidade, que é o espaço ocupado por água e ar (fases líquida e gasosa), 45-48% de sólidos minerais e 2-3% e, por vezes, 5% de matéria orgânica (fase sólida). Os espaços porosos devem ser divididos igualmente por ar e água, sendo 25% para a fase gasosa e 25% para a fase líquida, sendo que a retenção de água no solo está associada aos microporos e o ar aos macroporos (NOVAIS & MELLO, 2007).

A fase sólida do solo é constituída da fração mineral e orgânica. Essa fase é formada por agregados, que são partículas unitárias cimentadas entre si por matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, sílica, etc (ROSCOE et al., 2006).

A fração mineral é constituída por partículas de tamanho variado (areia, silte e argila). Nos solos tropicais, a fração argila é dominada por minerais secundários de baixa atividade, como argilas silicatadas do grupo das caulinitas e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, porém no Pantanal predominam argilas de alta atividade 2:1 (CORINGA et al., 2014). A fração areia é dominada por minerais primários resistentes ao intemperismo, como o quartzo e por concreções ferruginosas. A fração silte tem uma composição intermediária (CORINGA et al., 2012).

A fração orgânica corresponde à matéria orgânica do solo, constituída basicamente por carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), enxofre (S) e fósforo (P). A entrada de carbono no solo está relacionada, principalmente, com o aporte da biomassa da serrapilheira e raízes das plantas, com a liberação de exsudados radiculares (substâncias produzidas pelas plantas e liberadas na rizosfera) e com os constituintes das plantas carregados pela chuva. As plantas realizam fotossíntese utilizando CO₂ atmosférico produzindo biomassa que, quando morta e

em processo de decomposição, é responsável por grande parte do carbono e nutrientes que entram no solo (SILVA & MENDONÇA, 2007).

No processo de decomposição ocorre, primeiramente, a formação de detritos particulados por ação física e biológica, liberando a matéria orgânica. A matéria orgânica, por sua vez, está relacionada a processos químicos, físicos e biológicos no solo, como: agregação do solo, dinâmica da água, resistência à erosão, atividade biológica, ciclagem de nutrientes, disponibilidade de nutrientes para as plantas, etc. (ROSCOE et al., 2006).

Dois processos são fundamentais para a decomposição da matéria orgânica: mineralização e humificação. Na mineralização, a matéria orgânica é oxidada por microrganismos que utilizam O_2 como aceptores de elétrons, formando CO_2 e liberando nutrientes para o solo. Em condições de inundação ou saturação do solo, microrganismos e raízes de plantas consomem rapidamente o O_2 dissolvido na água ou preso no solo (PEZESHKI & DELAUNE, 2012).

Com a depleção de O_2 , a decomposição deixa de ocorrer por meio das vias aeróbias e diferentes microrganismos tornam-se ativos ocorrendo decomposição pelas vias anaeróbias, essa menos eficiente do que a decomposição pelas vias aeróbias que obtém mais energia (ATP) e decompõe a matéria orgânica mais rapidamente (CRAFT, 2001).

A decomposição por via anaeróbia utiliza outros aceptores de elétrons ao invés de O_2 : NO_3^- , Mn^{4+} (MnO_2), Fe^{3+} ($Fe(OH)_3$), SO_4^{2-} e CO_2 , e produzem compostos reduzidos: N_2O , NO , formas reduzidas de Mn e Fe , H_2S e CH_4 , respectivamente (KELLER et al., 2009). Teoricamente, nos solos anaeróbios os receptores de elétrons são reduzidos na ordem citada.

Quando ocorre a depleção do O_2 , ocorre a desnitrificação em seguida, sendo uma das mais importantes reações em solo sob condições anaeróbicas, em que NO_3^- é reduzido ao gás nitrogênio. Esses processos de redução em condições anaeróbias removem íons H^+ da solução e fazem com que os valores de pH de solos ácidos aumentem durante o processo de redução (VEPRASKAS & FAULKNER, 2001).

Redução de O_2 também pode ocorrer em solos saturados quando o O_2 está dissolvido na solução do solo. Isso frequentemente ocorre quando choveu recentemente em um solo. Quando ocorre a redução de praticamente todas as

moléculas de O₂ dissolvido, os tecidos orgânicos se decompõem mais lentamente. Se as condições anaeróbias e decomposição lenta são mantidos por um longo período, então C orgânico se acumula (VEPRASKAS & FAULKNER, 2001), favorecendo o conteúdo de carbono, tornando o solo um dreno.

A inundação natural da paisagem em zonas úmidas é o fator responsável pelas fontes e sumidouros de carbono, com importante papel na mitigação das alterações climáticas quando acumula carbono no solo diminuindo, conseqüentemente, a emissão de CO₂ para a atmosfera, como é o caso de solos orgânicos que tem acumulado carbono entre 4000 a 5000 anos (LLOYD, 2006).

A humificação consiste nos processos de: fragmentação dos polímeros como lignina, celulose e biopolímeros; oxidação parcial desses fragmentos; e combinação do material oxidado, com formação de novas configurações de pequenas moléculas. O húmus não tem uma estrutura química específica, ele contém um grande número de diferentes componentes químicos que podem interagir com substâncias orgânicas e inorgânicas (VAN BREEMEN & BUURMAN, 2002).

Porém, Odum (2013) define húmus como substâncias formadas pelas condensações de compostos aromáticos (fenóis) combinados com produtos da decomposição de proteínas e carboidratos.

Por fim, há mineralização do húmus, sendo que esse processo ocorre mais lentamente porque os anéis benzênicos ou fenólicos, anéis cíclicos com nitrogênio, cadeias laterais com nitrogênio, e resíduos de carboidratos, tornam a decomposição das substâncias húmicas difíceis (COLLINS & KUEHL, 2001; ODUM, 2013).

Geralmente, ocorre um balanço dinâmico entre a adição de material vegetal morto e decomposição. Em florestas, onde o revolvimento do solo é mínimo, a preservação da matéria orgânica tende a ser maior comparando com áreas cultivadas. Os resíduos vegetais não são todos decompostos com a mesma velocidade. Os compostos mais facilmente digeridos pelos microrganismos decompositores de matéria orgânica são os carboidratos, as proteínas e os lipídios, mas a celulose, a lignina e a quitina são decompostos muito lentamente (ODUM, 2013).

Enquanto os microrganismos digerem os resíduos das plantas, utilizam o carbono e outros nutrientes para o seu próprio crescimento, sendo que esses ficam indisponíveis temporariamente, imobilizado na biomassa microbiana. Quando os

microrganismos morrem, seus tecidos tornam-se disponíveis para decomposição, liberando energia na forma de calor, formando CO₂ e água, e convertendo os nutrientes, ligados organicamente, em amônio, fosfato, sulfato e outros nutrientes na forma de íons metálicos que são disponibilizados para outros organismos crescerem (COLLINS & KUEHL, 2001).

A biota sobre os solos e nos solos é fortemente influenciada pela presença de água. Sendo que ciclos de saturação do solo seguidos de secagem parecem estimular a decomposição da matéria orgânica do solo. No entanto, em solos de áreas inundáveis, a decomposição é geralmente limitada e a matéria orgânica se acumula. Processos de decomposição em um ecossistema inundável pode ser pensado como um processo contínuo, que se inicia com a entrada da serrapilheira que, eventualmente, conduz à formação de matéria orgânica. Os padrões gerais de decomposição precoce parecem estar relacionados com a qualidade da serrapilheira inicial e fatores ambientais, como umidade e temperatura. Nas áreas úmidas boreais, a decomposição da matéria orgânica é controlada pela umidade, temperatura e fertilidade do solo e qualidade da matéria orgânica (TRETTIN et al., 1995; PAULA & VALLE, 2007).

A matéria orgânica do solo forma diferentes tipos de ligações com partículas de elevada superfície específica, ou seja, argila e silte, favorecendo a proteção coloidal da matéria orgânica. A relação entre silte + argila e o teor de carbono total (CT) é considerada positiva, sendo que esse mecanismo de proteção ocorre mais em camadas mais superficiais, camadas essas onde há maior incorporação de materiais vegetais com processos de decomposição mais ativos. Além disso, nesses solos a floculação das argilas e a formação de agregados estáveis são favorecidos, protegendo a matéria orgânica pela oclusão da mesma dentro dos agregados, que dificultam ou impedem o ataque dos microrganismos (SILVA & MENDONÇA, 2007).

A importância da matéria orgânica nos solos está na liberação de substâncias da fração não humificada e a formação de outra fração húmica que pode afetar o desenvolvimento das plantas, direta ou indiretamente. Diretamente, por melhorar a germinação, o crescimento, a respiração e a absorção das raízes e, indiretamente, por

melhorar o ambiente, por meio da melhoria na estrutura do solo, da capacidade de retenção de água e de troca de cátions (SELLE, 2007).

Além da fase sólida do solo (frações mineral e orgânica), as outras duas fases também são muito importantes: fases líquida e gasosa do solo.

A fase líquida do solo corresponde à solução constituída de água e de solutos provenientes da dissolução de componentes da fração mineral e orgânica. Parte desses componentes são nutrientes, muitos dos quais indispensáveis ao crescimento vegetal. A fase líquida ocupa parte dos espaços vazios existentes nos solos (BRADY & WEIL, 2008). Essa solução varia em volume, proporção e quantidade de seus componentes solúveis, dependendo do tipo de solo e das condições de drenagem e umidade.

A solução do solo é a fonte de nutrientes minerais para todos os organismos terrestres; é a interface entre a fase sólida do solo e outros três compartimentos ambientais ativos: atmosfera, biosfera e hidrosfera, em que ocorrem trocas de energia e massa de um compartimento para outro (BOHN et al., 2001).

Essa solução não é eletricamente neutra e, geralmente, contém mais cátions do que ânions. A carga negativa líquida das partículas de argila da maioria dos solos se estende, eletricamente, para a solução do solo. Essas cargas são balanceadas por um excesso de cátions na solução do solo. Esses cátions pertencem à fase sólida, mas também estão presentes na fase líquida. E como a área da superfície do solo é tão grande, a interação entre a fase líquida e a fase sólida é muito extensa, sendo que a fronteira entre essas duas fases é difusa. Então, a água e os íons da interface pertencem a ambas as fases. Essa camada difusa se estende 50 mm dentro da solução aquosa a partir da superfície da partícula. Para partículas de argila (coloides, $<2\mu\text{m}$) com sua grande área superficial, esta interação é grande o suficiente para afetar a composição da solução do solo próximo às partículas coloidais. Partículas de argila e microrganismos se agregam nessas interações, então a solução do solo interage estreitamente com esses corpos reativos nessas zonas de contato (BOHN et al., 2001).

A fase gasosa corresponde aos gases nos poros do solo. Um solo aerado contém os gases N_2 , O_2 , CO_2 , gases traços, vapor d'água, assim como a atmosfera. A

partir da decomposição orgânica são liberados H_2O e CO_2 , e a partir de compostos de nitrogênio naturais do solo são liberados N_2 e N_2O .

O solo é um compartimento que se destaca nos ciclos do carbono, nitrogênio, enxofre, entre outros elementos. No ciclo do nitrogênio, em ambientes naturais, a principal fonte de nitrogênio são os materiais de origem vegetal e animal, mas também os íons de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) depositados pela chuva que são adsorvidos pelo solo, absorvidos pelas raízes de plantas e microrganismos do solo e convertidos em aminoácidos ou em gases N_2 e N_2O , que difundem de volta para a atmosfera. Amônia é também emitida e adsorvida pelo solo (BOHN et al., 2001). Em solos alagados, ou pouco aerados, ou com alto conteúdo de Al^{3+} , ou $pH < 5$, NH_4^+ tende a ser a fonte mais abundante de nitrogênio, por ocorrer inibição dos microrganismos diminuindo as taxas de nitrificação.

O pH é um importante indicador das condições químicas do solo, por possuir capacidade de interferir na disposição de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, favorecendo ou não suas liberações. A solução do solo em condições muito ácidas, ou seja, abaixo de 4,5 pode resultar em dissolução de alguns compostos de ferro, alumínio e manganês, em proporções que podem ser considerados tóxicos, dificultando o desenvolvimento de algumas plantas. Quando a solução do solo apresenta pH muito elevado, ou seja, acima de 8,0, o ferro, o manganês e o zinco se tornam menos assimiláveis ao vegetal, também interferindo no desempenho das plantas (BRADY & WEIL, 2008). O efeito indireto do pH está na atividade de H^+ , alterando a solubilidade dos demais nutrientes no solo.

Quanto ao crescimento de florestas, a fertilidade do solo pode controlar a distribuição, assim como as árvores também afetam a fertilidade do solo por meio da absorção e imobilização de nutrientes, da eficiência do uso de recursos e da produção de serrapilheira (VITOUSEK & SANFORD, 1986; ter STEEGE et al., 2006; MALHI et al., 2009).

As árvores têm uma capacidade maior do que as gramíneas para acessar os nutrientes que se encontram em camadas mais profundas no perfil do solo por causa de seus sistemas radiculares mais extensos e redistribuem esses nutrientes para a superfície do solo por meio da entrada de serrapilheira rica em nutrientes ou pela

redistribuição hidráulica (TROXLER-GANN et al., 2005; WETZEL et al., 2005; SAHA et al., 2010; VOURLITIS et al., 2011).

No norte do Pantanal, mais especificamente na RPPN SESC Pantanal, com a preservação de áreas que anteriormente eram fazendas destinadas à pecuária, tem regenerado a vegetação arbórea, indicando que essas formações vegetais estão concentrando nutrientes no solo abaixo do dossel (VOURLITIS et al., 2011; VOURLITIS et al., 2013; VOURLITIS et al., 2015).

3.4 EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO DO SOLO

No ciclo do carbono, o solo tem um papel muito importante como reservatório, porque a decomposição orgânica é a maior fonte natural responsável pelas emissões de CO₂ para a atmosfera, quando comparada com a biomassa viva, água doce e superfície do oceano acima da linha de inversão de temperatura a 50 m de profundidade (BOHN et al., 2001).

A taxa de decomposição da matéria orgânica em solos altamente orgânicos é regulada por três variáveis principais: o ambiente físico-químico, a qualidade dos recursos e os organismos decompositores. A maioria dos estudos concentram-se nos efeitos do ambiente físico e químico. Porém, relações entre respiração do solo e o clima ou outras variáveis como temperatura do solo, profundidade do lençol freático, conteúdo de carbono no solo, podem dar uma estimativa da respiração do solo e, conseqüentemente, sendo incorporadas em modelos auxiliando nas previsões futuras. Tais preocupações foram destacadas em Lloyd (2006).

O CO₂ da fase gasosa do solo dissolvido na solução do solo afeta o seu pH, porque o CO₂ se dissolve na água como CO_{2(aq)} e rapidamente estabelece um equilíbrio com a água para formar o ácido fraco ácido carbônico (H₂CO₃). A difusão de um gás em solos inundados é mais lenta, porque os poros do solo estão preenchidos por água (BOHN et al., 2001).

As proporções de O₂ e CO₂ no solo mudam porque ocorre a respiração da biota, consumindo O₂ e liberando CO₂. As moléculas de O₂ são repostas e os

processos de difusão são rápidos removendo o CO_2 de modo que a respiração dos microrganismos do solo e das raízes das plantas não seja inibida. Esse processo de difusão é suficiente para que níveis excessivos de CO_2 não se acumulem no solo. Porém, quando ocorre inundação ou saturação do solo, a difusão do O_2 através da água é insuficiente para manter a respiração aeróbia, porque a difusão de um gás na água é 1/10.000 da taxa da difusão de um gás no ar, ou essencialmente nula em solos inundados e, como o consumo de 1 mol de O_2 durante a respiração rende aproximadamente 1 mol de CO_2 , em solos inundados o CO_2 pode quase que completamente substituir O_2 . Então, os microrganismos aeróbios morrem ou se tornam dormentes e passam a atuar os microrganismos anaeróbios (BOHN et al., 2001).

A hidrologia desempenhou um papel significativo no controle de efluxo de CO_2 do solo em área de interflúvio, entre os Rios Cuiabá e São Lourenço, no Pantanal de Mato Grosso, conforme verificado por Johnson et al. (2013). Segundo esses autores, o potencial de água no solo foi um parâmetro fortemente associado às concentrações de CO_2 no solo, com altos valores de CO_2 quando o potencial de água no solo à profundidade de 10 cm aproxima-se de zero.

No Reino Unido, em solo inundável com controle do nível da água por meio de canais com o objetivo de utilizar o solo na agricultura e pecuária, foi estabelecida uma relação entre a profundidade do lençol freático e a respiração do solo, que aumentou com o aumento da profundidade. Naquele sítio houve uma perda significativa de carbono do solo por emissão de CO_2 em comparação com a absorção histórica de carbono a longo prazo em turfeiras naturais. Segundo o autor, um sistema de gestão dos níveis de água no terreno pode diminuir a respiração anual do solo e, conseqüentemente, ajudar a manter os atuais conteúdos de carbono do solo (LLOYD, 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

O local deste estudo é conhecido como Baía das Pedras, unidade que pertence à Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Serviço Social do Comércio (SESC) - Pantanal, no município de Poconé, Mato Grosso, a cerca de 160 km de Cuiabá (Figura 2). A altitude na RPPN SESC Pantanal varia de 120 a 130 m (HASENACK et al., 2003).

O clima é classificado como Aw-tropical úmido, segundo Köppen, quente e úmido com precipitação pluvial no verão. Na RPPN SESC Pantanal, a precipitação pluvial anual varia entre 1.000 e 1.500 mm, com máxima em janeiro e mínima em agosto. As temperaturas variam entre 23°C com amplitude térmica de 5°C, com temperaturas médias de 27-28°C em janeiro e de 22-23°C em julho.

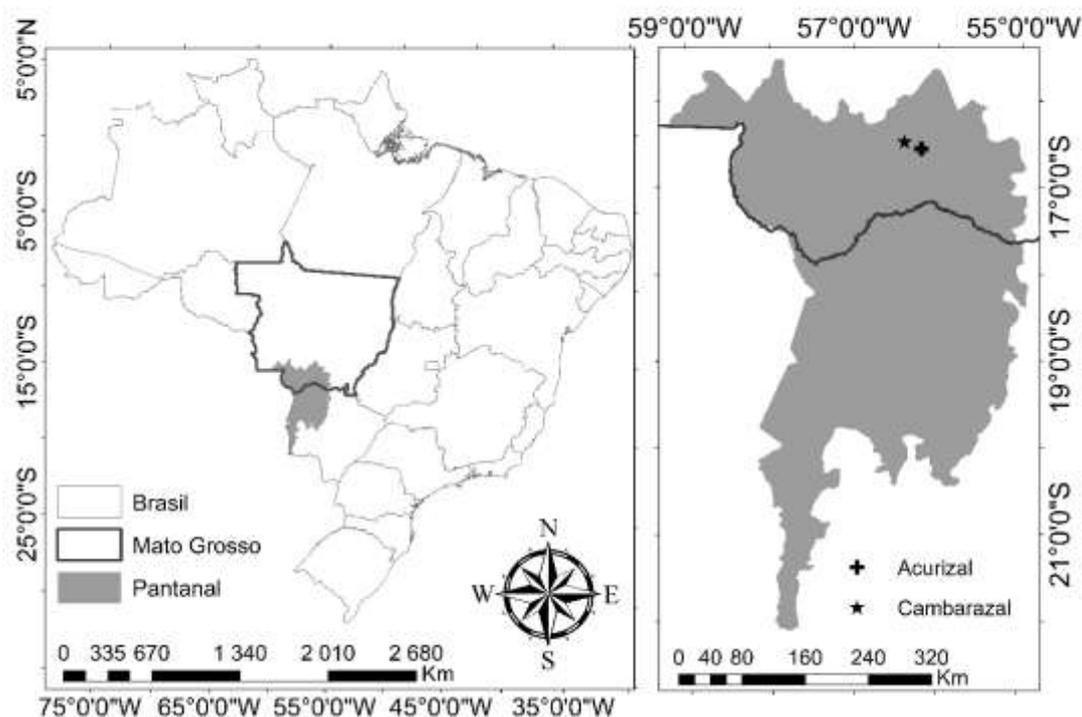


Figura 2. Mapa do Brasil com destaque para o estado de Mato Grosso e o Pantanal (a) e ambas as áreas de estudo Cambarazal e Acurizal no Pantanal Mato-Grossense (b).

Na RPPN SESC Pantanal foram identificadas sete fitofisionomias: Cerrado *stricto sensu*, Cerradão, Cambarazal, Campo com murundus, Floresta Estacional com acuris, Campo e outras fisionomias com ecótonos (HASENACK et al., 2003).

Dessas fitofisionomias, foram selecionadas duas áreas (Figura 3) com distância de 4 km entre ambas, aproximadamente, e com diferenças em amplitude e duração de inundação. A primeira (Figura 3-a), nas coordenadas 16°29'10''S e 56°25'26''O, altitude 127 m, aproximadamente, é uma floresta monodominante de *Vochysia divergens* Pohl, Vochysiaceae (SANCHES et al., 2015), cuja lista de espécies está apresentada no Apêndice 1. Essa área fica sob inundação cinco a seis meses por ano, com um pulso de inundação de até 100 cm, conhecida popularmente como Cambarazal, com áreas de pastagem em seu entorno. Essa floresta de Cambarás tem, aproximadamente, 25 m de altura.

A segunda área selecionada (Figura 3-b), nas coordenadas 16°30'14''S e 56°24'17''O, altitude 129 m, aproximadamente, foi caracterizada com dominância de *Scheelea phalerata* (Mart. ex Spreng.) Burret, Palmae, e em menor grau de dominância de *Combretum leprosum* Mart. e *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg (SANCHES et al., 2015), cuja lista de espécies está apresentada no Apêndice 2. Essa área fica inundada dois a três meses por ano, com lâmina d'água de até 30 cm, conhecida localmente como palmeira Acuri, cujo porte de árvores atinge, aproximadamente, oito metros de altura. O entorno dessa área foi caracterizado por vegetação de Cerrado *stricto sensu*.



Figura 3. Florestas dominantes de (a) *Vochysia divergens* Pohl (Cambarazal) e (b) *Scheelea phalerata* (Mart. Ex Sperng.) Burret (Acurizal) (SANCHES et al., 2015), na RPPN SESC Pantanal.

O solo da primeira área de estudo, com dominância de *V. divergens*, foi classificado, em campo, como Vertissolo (comunicação pessoal, Prof. Dr. Fernando Ximenes T. Salomão, Departamento de Geologia-UFMT). E o solo da segunda área de estudo, com dominância de *S. phalerata*, foi classificado como Planossolo Háptico eutrófico típico (CORINGA et al., 2012) (Apêndices 3 e 4).

4.2 MEDIDAS MICROHIDROMETEOROLÓGICAS

As variáveis microhidrometeorológicas: precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento foram monitoradas de dezembro de 2013 a dezembro de 2014. Essas variáveis foram incluídas neste trabalho para investigar se

havia relação com as variações na serrapilheira produzida e, conseqüentemente, na entrada de carbono e de nutrientes para o solo. Além dessas variáveis, foram monitoradas a lâmina d'água durante a inundação e a umidade do solo no período não inundado.

Essas variáveis foram medidas por equipamentos instalados em uma torre localizada entre as duas áreas de estudo, aproximadamente 1,5 km de cada área, e está acima do dossel da vegetação adjacente que é formada por arbustos e árvores de até 18 m. A precipitação pluvial foi medida por meio de um pluviômetro (modelo TE 525 mm-L, Campbell, USA). A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas por um termohigrômetro (modelo HMP155, Vaisala, USA) instalado a 6 metros do solo. A velocidade do vento foi medida por meio de um anemômetro de concha (modelo A-014, Wind Speed Sensor Met One Instruments, USA) instalado a 18 metros do solo. Os dados foram coletados e armazenados, em intervalos de 15 minutos, em *datalogger* (modelo CR1000, Campbell, USA), conectado a uma bateria de 12V com uma placa solar (45 W).

A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico (EMBRAPA, 2011), em que foram coletadas amostras de solo, mensalmente, no período não inundado de dezembro de 2013 a dezembro de 2014, em cada um dos pontos demarcados para amostragens, no Cambarazal e no Acurizal, conforme descrito no subtítulo "Amostragens". A lâmina d'água sobre o solo foi medida por uma régua graduada, mensalmente, no período inundado, em todos os pontos de amostragens.

O déficit de pressão de vapor no ar (DPV), foi estimado por meio da equação (1):

$$DPV = es - ea \quad (1)$$

onde es é a pressão de vapor saturada e ea é a pressão de vapor atual, ambas em kPa. Sendo que es e ea foram calculadas utilizando-se as equações (2) e (3):

$$es = 0,611 \cdot 10^{\left(\frac{7,5 \cdot Ta}{237,3 + Ta}\right)} \quad (2)$$

$$ea = \frac{UR \cdot es}{100} \quad (3)$$

em que Ta é a temperatura do ar ($^{\circ}C$) e UR é a umidade relativa do ar (%).

4.3 AMOSTRAGENS

Em ambas as áreas de estudo, Cambarazal e Acurizal, foi estabelecido um transecto (Figura 4), com 100 m de comprimento (SILVA et al., 2008; VOURLITIS et al., 2011, 2012, 2015), onde foram fixados marcadores (Figura 5) nos pontos de amostragem (P1 a P11) com distância de 10 m entre si.

Em cada ponto foram feitas amostragens de: 1) serrapilheira produzida, 2) serrapilheira acumulada sobre o solo e 3) folhas verdes do dossel (para análises químicas); 4) solo em até cinco profundidades (para análises químicas e físicas); 5) medidas de efluxo de dióxido de carbono do solo; 6) medidas de temperatura do solo; e 7) medidas de lâmina d'água.

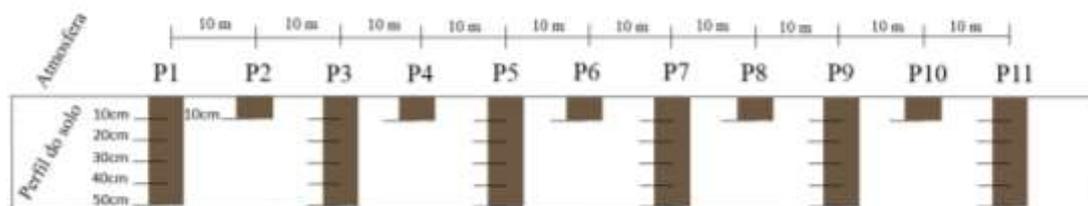


Figura 4. Representação esquemática do delineamento de amostragens.



Figura 5. Marcadores fixos nos pontos de amostragem (P1 a P11) no Cambarazal e no Acurizal.

4.3.1 Serrapilheira e folhas verdes do dossel

A serrapilheira produzida foi amostrada, mensalmente, de janeiro a dezembro de 2014; a serrapilheira acumulada sobre o solo também foi amostrada mensalmente, porém após a inundação devido à lâmina d'água; e as folhas verdes do dossel em fevereiro e setembro de 2014, representando os períodos inundado e não inundado, respectivamente (Quadro 1).

Quadro 1. Meses do ano de 2014 em que ocorreram amostragens de serrapilheira produzida, acumulada sobre o solo e folhas verdes do dossel.

Amostras	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	2014											
Cambarazal												
Serrapilheira produzida	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Serrapilheira acumulada	*	*	*	*	*	X	X	X	X	X	X	*
Folhas do dossel	*	X	*	*	*	*	*	*	X	*	*	*
Acurizal												
Serrapilheira produzida	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Serrapilheira acumulada	*	*	*	*	X	X	X	X	X	X	X	X
Folhas do dossel	*	X	*	*	*	*	*	*	X	*	*	*

Quadrícula sombreada significa que houve inundação naquele mês. (X) significa que houve amostragem e (*) que não houve. Obs: No Cambarazal, a inundação teve duração até a metade do mês de junho, aproximadamente.

Para amostragem de serrapilheira produzida, ao lado de cada ponto demarcado no transecto (Figura 4) foi instalado um coletor metálico de 1 m² de área e 1,5 m de altura, recobertos com malha de nylon de 2 mm de abertura, totalizando 11 coletores por área, instalados de forma a impedir contato do material decíduo com o solo ou a lâmina d'água (Figura 6). Os coletores foram projetados com altura superior àqueles utilizados em pesquisas em áreas não inundadas (SANCHES et al., 2008; VALENTINI et al., 2008; SCORIZA et al., 2012) e similares aos coletores adaptados ao monitoramento de áreas alagáveis (HAASE et al., 1999).



Figura 6. Coletores de serrapilheira produzida instalados no Cambarazal e Acurizal da RPPN SESC Pantanal.

Para amostragem de serrapilheira acumulada sobre o solo foi utilizado um gabarito de madeira de 25 x 25 cm (Figura 7) posicionado sobre o solo num raio de até 50 cm de cada ponto demarcado no transecto (Figura 4), sendo amostrado todo o material vegetal dentro do gabarito.



Figura 7. Coletor de serrapilheira acumulada sobre o solo.

As folhas verdes do dossel foram coletadas acima dos cestos de serrapilheira produzida, nos 11 pontos de amostragem, com auxílio do instrumento denominado tesoura de poda aérea. Essas amostras foram utilizadas para comparar o teor de carbono e de nutrientes na serrapilheira produzida.

4.3.2 Solo e efluxo de dióxido de carbono

Amostras deformadas de solo (para análises químicas e textura) e amostras com estrutura preservada (para análises de densidade e umidade do solo) foram coletadas em ambas as áreas, próximas aos coletores de serrapilheira, num raio de até 50 cm de cada ponto demarcado no transecto, totalizando 11 locais de amostragem em cada floresta (Figura 4). Foram utilizados Trado Holandês para coleta de amostras deformadas e trado de amostras indeformadas e anéis de Kopeck para amostras com estrutura preservada.

As amostras de solo da superfície (0-10 cm) foram coletadas a cada 10 m ao longo de cada transecto totalizando 11 amostras deformadas e 11 com estrutura preservada por mês em cada área, exceto nos meses inundados (Quadro 2). Enquanto a cada 20 m ao longo do transecto foram obtidas amostras de solo nas profundidades 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm em três épocas: a) antes da inundação, em dezembro

de 2013; b) após a inundação, em maio de 2014 no Acurizal e julho de 2014 no Cambarazal; e c) no final do período não inundado, em dezembro de 2014 (Quadro 2), totalizando 35 amostras deformadas e 35 com estrutura preservada por época em cada área, considerando as amostras na camada 0-10 cm de solo a cada 10 m (Figura 4).

As medidas de efluxo de dióxido de carbono e temperatura do solo de cada ponto demarcado no transecto foram registradas, mensalmente, após a inundação em ambas as áreas (Quadro 2).

Quadro 2. Meses de amostragem de solo, medidas de efluxo de CO₂ e temperatura do solo.

Amostras ou medidas	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	2013	2014											
Cambarazal													
Solo (0-10 cm)	X	X	*	*	*	*	*	X	X	X	X	X	X
Solo (0-50 cm)	X	*	*	*	*	*	*	X	*	*	*	*	X
Efluxo de CO ₂ solo	*	*	*	*	*	*	*	X	X	X	X	X	X
Temp. solo	*	*	*	*	*	*	*	X	X	X	X	X	X
Acurizal													
Solo (0-10 cm)	X	X	X	*	*	X	X	X	X	X	X	X	X
Solo (0-50 cm)	X	*	*	*	*	X	*	*	*	*	*	*	X
Efluxo de CO ₂ solo	*	*	X	*	*	*	X	X	X	X	X	X	X
Temp. solo	*	*	X	*	*	*	X	X	X	X	X	X	X

Quadrícula sombreada significa que houve inundação naquele mês. (X) significa que houve amostragem e (*) que não houve. Obs: No Cambarazal, a inundação teve duração até a metade do mês de junho, aproximadamente.

4.4 ANÁLISES QUÍMICAS

4.4.1 Análise Química das Amostras de Serrapilheira e Folhas Verdes

As amostras de serrapilheira produzida, acondicionadas em sacos de papel kraft, foram processadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Unemat, onde foram secas em estufa com circulação e renovação de ar (modelo MA 035, Marconi, Brasil) a uma temperatura de 65°C durante 72 horas ou até massa constante (MALAVOLTA et al., 1997). Cada amostra de serrapilheira produzida foi separada em frações de folhas, ramos, órgãos reprodutivos (flores, frutos e sementes) e miscelâneas (SANCHES et al., 2008). Cada fração foi pesada separadamente em balança de precisão (modelo UX4200H, Shimadzu, Japão). Posteriormente, as amostras de serrapilheira produzida total (com exceção de miscelânea) foram

trituras em moinho de facas (modelo MA 340A, Marconi, Brasil) e acondicionadas em recipientes de vidro para análises químicas posteriores, descritas a seguir.

As amostras de serrapilheira acumulada sobre o solo e as amostras das folhas verdes do dossel foram processadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Unemat, conforme descrito acima para a serrapilheira produzida, porém as amostras de serrapilheira acumulada não foram separadas em frações, sendo que essas amostras foram, primeiramente, lavadas com água destilada para remoção de solo (MALAVOLTA et al., 1997; EMBRAPA, 2009).

Foram feitas análises químicas nas amostras de serrapilheira produzida e nas folhas verdes do dossel: carbono total e nitrogênio total no Laboratório de Ecofisiologia da UFMT; fósforo, potássio, cálcio e magnésio no Laboratório AgroAnálise ®. Nas amostras de serrapilheira acumulada sobre o solo foram feitas análises de: fósforo, potássio, cálcio e magnésio, com exceção de carbono e nitrogênio por problemas técnicos.

As análises de carbono total e nitrogênio total foram feitas pelo Método de Combustão Seca em Analisador Automático CHN (modelo HT 300, Analytik Jena, Jena, Alemanha) e forno Eltra, cuja temperatura se eleva até 1.350 °C, conforme metodologia descrita pelo Soil Survey Staff (2014). Fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram extraídos por digestão nitro-perclórica, sendo fósforo analisado em espectrofotômetro (modelo Q798DP, Quimis, Brasil) e potássio, cálcio e magnésio analisados por espectrometria de absorção atômica (modelo A-20, Varian, EUA) (MALAVOLTA et al., 1997; EMBRAPA, 2009).

4.4.2 Caracterização Química e Física do Solo

Em cada ponto de amostragem foram coletadas amostras de solo deformadas e amostras com estrutura preservada. As amostras deformadas foram utilizadas para análises químicas e textura do solo e as amostras com estrutura preservada para análises de densidade e umidade do solo. Após o transporte, as amostras deformadas foram refrigeradas até o dia seguinte quando foram processadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Unemat, campus de Tangará da Serra.

As amostras de solo deformadas foram destorroadas, passadas em peneira de malha de 2 mm, secas ao ar (denominada terra fina seca ao ar - TFSA) e congeladas para análises químicas posteriores (EMBRAPA, 2009). E as amostras com estrutura preservada foram secas em estufa com circulação e renovação de ar (modelo MA 035, Marconi, Brasil) a uma temperatura de 105°C, durante 72 horas ou até massa constante. As amostras com estrutura preservada foram pesadas separadamente em balança de precisão (modelo UX4200H, Shimadzu, Japão) antes e após o período de secagem em estufa (EMBRAPA, 2011).

Foram feitas análises químicas das amostras de solo: carbono total (CT) e nitrogênio total (NT) no Laboratório de Ecofisiologia da UFMT; fósforo disponível (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) trocáveis, assim como pH em água e acidez potencial no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Unemat, campus de Tangará da Serra. E as análises físicas corresponderam à: granulometria (areia, silte e argila) feitas no Laboratório AgroAnálise ®; densidade aparente e umidade volumétrica feitas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Unemat.

As análises de carbono total e nitrogênio total das amostras de solo foram feitas pelo Método de Combustão Seca, utilizando-se o analisador Automático CHN (modelo HT 300, Analytik Jena, Alemanha) e forno Eltra, cuja temperatura se eleva até 1.350 °C, conforme metodologia descrita pelo Soil Survey Staff (2014).

Fósforo e potássio do solo foram extraídos por solução Mehlich (HCl 0,05 M + H_2SO_4 0,0125 M) em mesa agitadora (modelo MA 376/176, Marconi, Brasil), sendo fósforo disponível determinado em espectrofotômetro (modelo 700 Plus, Femto, Brasil), e potássio trocável determinado em fotômetro de chama (modelo 910, Analyser, Brasil). Cálcio, magnésio e alumínio foram extraídos por solução de KCl 1 mol L^{-1} , sendo que cálcio e magnésio foram determinados pelo método complexométrico com o emprego de $EDTA$ 0,0125 mol L^{-1} , e alumínio pelo método volumétrico por titulação com $NaOH$ 0,025 mol L^{-1} , utilizando-se bureta digital (modelo 182-026, Jencons, UK) (EMBRAPA, 2009; EMBRAPA, 2011).

Para determinação de pH em água foi adicionada água deionizada na proporção 1:2,5 solo/água às amostras de solo, sendo que as medidas de pH foram feitas com auxílio de um potenciômetro com eletrodo combinado de vidro (modelo

HI 2221, Hanna, UK), calibrado com solução tampão (pH: $4,0 \pm 0,05/25^{\circ}\text{C}$ e pH: $7,0 \pm 0,05/25^{\circ}\text{C}$) (EMBRAPA, 2009). Para os cálculos estatísticos envolvendo valores de pH do solo, primeiramente, cada valor foi convertido para H_3O^+ e convertido novamente para valores de pH. A acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), utilizada no cálculo da capacidade de troca catiônica potencial, foi determinada por meio de extração com solução de acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato (EMBRAPA, 2009).

A granulometria (areia, silte, argila) foi analisada pelo método do dispersante NaOH, em amostras deformadas e determinada por densímetro de Bouyoucos. A umidade volumétrica e densidade do solo foram determinadas a partir das amostras com estrutura preservada de solo coletadas com anéis de Kopeck (EMBRAPA, 2011).

4.5 CÁLCULOS E ESTIMATIVAS

4.5.1 Conteúdo e Potencial de Transferência de Carbono e de Retorno de Nutrientes da Serrapilheira Produzida

Foram estimados o conteúdo (C) de carbono e de nutrientes na serrapilheira, assim como o potencial de retorno (R) para o solo por meio da serrapilheira produzida, mensalmente, de janeiro a dezembro de 2014.

O conteúdo (C) (kg ha^{-1}) de carbono ou nutriente na serrapilheira foi calculado como o teor de carbono ou nutriente (N) (g /kg de massa seca) multiplicado pelo valor de massa seca da serrapilheira produzida (SP) (kg massa seca/ha) (VOURLITIS et al. 2015), conforme a equação (4):

$$C = N.SP \quad (4)$$

O potencial de retorno (R) (kg ha^{-1}) de carbono ou nutriente para o solo por meio da serrapilheira produzida mensalmente foi estimado pela soma dos teores dos elementos químicos contidos no material vegetal da serrapilheira nos doze meses, em

cada ponto de amostragem e, posteriormente, feito a média destes onze pontos (VIERA et al., 2013), conforme a equação (5):

$$R = \frac{\sum_{i=0}^{11} (\sum_{j=0}^{12} N)}{11} \quad (5)$$

em que i representa os 11 pontos de amostragem e j os 12 meses.

4.5.2 Coeficiente de Decomposição e Liberação de Nutrientes da Serrapilheira Acumulada

Em função da lâmina de água que se forma no período de inundação, não foi possível coletar amostras de serrapilheira acumulada sobre o solo nesse período, então o coeficiente de decomposição (k) da serrapilheira, assim como a liberação de nutrientes (L), foram calculados considerando apenas o período não inundado, ou seja, a partir de julho de 2014 no Cambarazal e maio de 2014 no Acurizal.

O coeficiente de decomposição (k) (mês^{-1}) da serrapilheira foi estimado a partir da massa da serrapilheira produzida (SP) e acumulada sobre o solo (SA), ambas em Mg ha^{-1} , pelo método de balanço de massa (OLSON, 1963; WIEDER & WRIGHT, 1995; XU & HIRATA, 2002), por meio da equação (6):

$$k = SP / (SP + SA) \quad (6)$$

O coeficiente de decomposição k é amplamente utilizado para quantificar a variação na decomposição da serrapilheira entre espécies ou como uma função de fatores ambientais (AUSTIN & VITOUSEK, 2000).

A liberação de nutrientes (L) (kg ha^{-1}) por meio da decomposição da serrapilheira foi estimada pela equação (7):

$$L = N_{SA_0} + N_{SP_f} - N_{SA_f} \quad (7)$$

em que N_{SA_0} é a quantidade de nutriente na serrapilheira acumulada sobre o solo no início do mês e N_{SP_f} e N_{SA_f} são a quantidade de nutriente na serrapilheira produzida e

na acumulada sobre o solo no final do mês corrente, respectivamente, em kg ha^{-1} (CHATURVEDI & SINGH, 1987; LODHIYAL et al., 2002; VIERA et al., 2013).

4.5.3 Conteúdo de Carbono e de Nutrientes no Solo e Indicadores de Fertilidade

O conteúdo (C) (Mg ha^{-1}) de carbono ou nutriente no solo foi estimado pela multiplicação do teor de carbono ou nutriente (N) no solo (g kg^{-1}), densidade do solo (D_s) (g cm^{-3}) e espessura da camada do solo (E_s) (m) (VOURLITIS et al. 2015), conforme a equação (8):

$$C = N \cdot D_s \cdot E_s \quad (8)$$

Para os cálculos de soma de bases trocáveis (SB) ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), capacidade de troca catiônica potencial a pH 7,0 (T) ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), saturação por bases (V) (%), saturação por alumínio (m) (%) e atividade da fração argila (Ta/Tb) ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (EMBRAPA, 2011), foram utilizadas as equações (9), (10), (11), (12) e (13):

$$SB (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ \quad (9)$$

$$T (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = S + (H^+ + Al^{3+}) \quad (10)$$

$$V(\%) = \left(\frac{S}{T} \right) * 100 \quad (11)$$

$$m(\%) = \left[\frac{Al^{3+}}{S + Al^{3+}} \right] * 100 \quad (12)$$

$$\frac{Ta}{Tb} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = (T * 1000) / \text{teor de argila} \quad (13)$$

4.6 MEDIDAS DE EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO E TEMPERATURA DO SOLO

Para proceder as medidas de efluxo de dióxido de carbono do solo foram instalados canos de cloreto de polivinil (PVC) de 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura no solo nos 11 locais de amostragens (Figura 4) em cada área, sendo instalados 30 dias antes da primeira medida (COSTA et al., 2006).

Para as medidas de efluxo de dióxido de carbono foi utilizado um analisador de gás por infravermelho portátil (modelo EGM-4, PP Systems, UK), sendo conectado a este equipamento uma câmara de fluxo de dióxido de carbono do solo (modelo SRC-1, PP Systems, UK), com 1170 cm³ de volume sobre uma área de solo de 78 cm² (Figura 8), a qual foi colocada dentro de cada PVC para as leituras, sem a retirada da serrapilheira. As medidas ocorreram entre as 11 e 14 horas, mensalmente, após a inundação.

A temperatura da camada superficial do solo foi medida em conjunto com as medidas de efluxo de dióxido de carbono do solo, dentro de cada PVC, utilizando-se um termômetro digital tipo haste (modelo AL-150C, Precision, USA).



Figura 8. Analisador de gás por infravermelho portátil (modelo EGM-4, PP Systems, UK) com câmara de fluxo de CO₂ do solo (modelo SRC-1, PP Systems, UK) e canos de PVC instalados em cada ponto para as medidas de efluxo CO₂ do solo.

4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para comparar a serrapilheira produzida no primeiro e segundo semestres, assim como carbono e nutrientes da serrapilheira entre esses dois períodos, foi utilizado o Teste de Wilcoxon a 5% de probabilidade. E para comparação múltipla entre as três épocas de amostragens de solo até 50 cm de profundidade, foi utilizado o método de separação de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade, que possui a vantagem sobre outros métodos por separar as médias em grupos discretos, sem sobreposição entre os grupos (CANTERI et al., 2001).

Para avaliar as possíveis relações entre as variáveis microhidrometeorológicas (precipitação pluvial, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e déficit de pressão de vapor no ar) e as frações de serrapilheira produzida ao longo do período de estudo, fez-se uso de análises multivariadas. Esses métodos permitem avaliar se as variáveis preditoras (variáveis microhidrometeorológicas) podem explicar a variabilidade das variáveis resposta (total e frações de serrapilheira produzida).

Entre as análises multivariadas estão as análises de ordenação restrita e sem restrição. As análises de agrupamento são consideradas sem restrição, são análises de ordenação simples, são procedimentos heurísticos e não testes estatísticos. Entre os métodos sem restrição está a Análise de Componentes Principais (PCA) que é o principal método baseado em autovetor (eigenvector). Para esse método utiliza-se dados quantitativos, sendo que a distância preservada é a distância euclidiana e as relações detectadas são lineares (BORCARD et al, 2011).

Primeiramente, os dois conjuntos de dados (variáveis microhidrometeorológicas e serrapilheira produzida) foram normalizados no entorno da média e do desvio padrão ficando com média igual a 0 e variância igual a 1 (REVELLE, 2014). Posteriormente, as variáveis microhidrometeorológicas foram submetidas a uma PCA na matriz de correlação para conhecer a estrutura do conjunto de dados e obter um conjunto de vetores independentes não correlacionados, que pudessem ser usados para avaliar a dependência entre as variáveis do clima e a deposição de serrapilheira/frações, explicando o máximo possível da variabilidade dos dados.

Na PCA, os fatores foram gerados utilizando o método Varimax de rotação ortogonal dos fatores, com o objetivo de redistribuir a variância dos primeiros fatores para os demais e atingir um padrão fatorial mais simples (REIS, 2001; MELLO et al., 2015). Os escores dos fatores foram calculados pelo método da regressão e o melhor ajuste foi estimado por qui-quadrado, avaliando-se quantos eixos componentes principais seriam necessários para explicar a variabilidade dos dados (REVELLE, 2014).

Posteriormente, foram analisadas as relações entre os fatores gerados por análise de componentes principais e as frações e total de serrapilheira produzida por meio de correlação de Pearson.

As análises estatísticas foram conduzidas no software R (R Core Team, 2015) e utilizados os pacotes MASS (VENABLES & RIPLEY, 2002), vegan (OKSANEN et al., 2013), psych (REVELLE, 2014), GPArotation (BERNAARDS & HENNRICH, 2005).

5. RESULTADOS

5.1 DESCRIÇÃO MICROHIDROMETEOROLÓGICA

A precipitação pluvial acumulada no ano de 2014, obtida pela torre local, foi 1588 mm, com máxima em fevereiro e mínima em agosto. Deste montante, aproximadamente 1/3 da precipitação ocorreu em janeiro e fevereiro que coincidiu com o início da inundação.

A média anual foi 18% acima da média da precipitação acumulada mensal de 1968 a 2006 obtida pela estação da Agência Nacional de Águas-ANA (BRASIL, 2016) (Figura 9-a). Os meses de menor precipitação pluvial foram de junho a outubro, sendo que agosto houve apenas 0,1 mm de precipitação.

Diferenças na lâmina d'água e tempo de duração da inundação (Figuras 9-b-c), foram observadas no Cambarazal e no Acurizal. No Cambarazal a inundação atingiu um metro no ponto 10 do transecto.

Após a inundação, a umidade do solo no Cambarazal diminuiu gradativamente a cada mês até novembro. Porém, mesmo nos meses mais secos a umidade no solo esteve acima de 20%. No Cambarazal, a diferença em relação ao Acurizal foi 21% maior considerando o período após a inundação (Figuras 9-b-c).

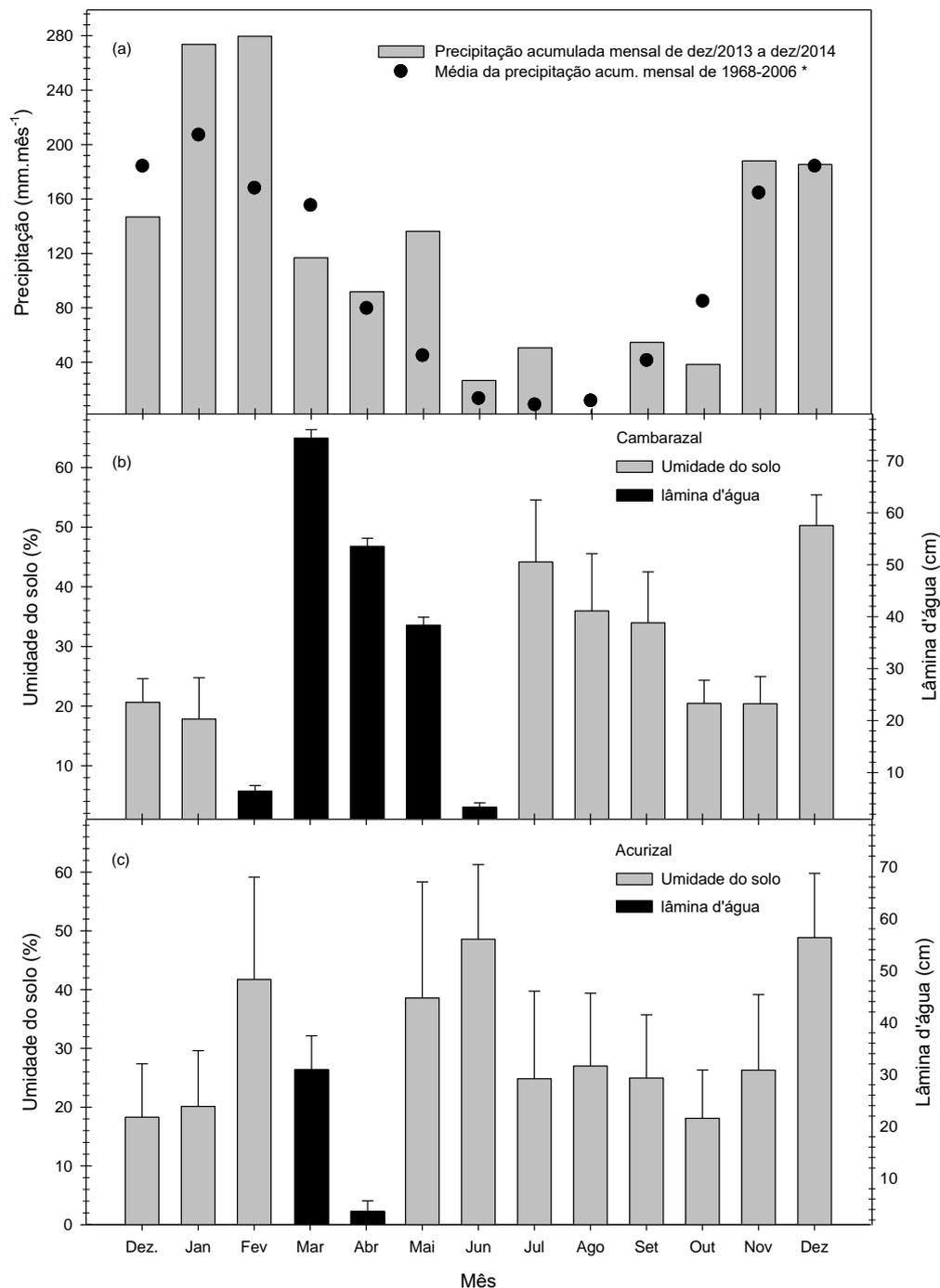


Figura 9. Precipitação acumulada mensal (mm mês⁻¹) de dez/2013 a dez/2014 obtida pela torre local (barra cinza) e média da precipitação acumulada mensal (mm mês⁻¹) de 1968 a 2006 da estação hidrológica da ANA (círculo fechado) *(BRASIL, 2016) (a), média mensal (\pm DP) da umidade do solo pelo método gravimétrico (%), n=11/mês) (barras cinzas) e lâmina d'água (cm, n=11/mês) (barras pretas) no Cambarazal (b) e no Acurizal (c), de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.

A temperatura média mensal do ar, medida na torre local, manteve-se entre 25-26°C de janeiro a abril e de outubro a dezembro, porém houve amplitude térmica de 22°C entre maio e outubro (Figura 10-a). A umidade relativa do ar teve uma amplitude de 22% entre fevereiro e agosto. Com exceção de julho a outubro, nos outros meses ao longo do ano, a umidade relativa do ar foi superior a 75%, que teve um comportamento inverso ao da temperatura do ar, quando nos meses mais secos a umidade foi menor e a temperatura maior (Figura 10-a).

O déficit de pressão de vapor médio mensal teve uma amplitude de foi 0,26 kPa, com picos nos meses de agosto a outubro (Figura 10-b). A velocidade do vento oscilou durante o ano com média mensal máxima em setembro. De agosto a novembro, a velocidade do vento esteve acima da média anual (Figura 10-b).

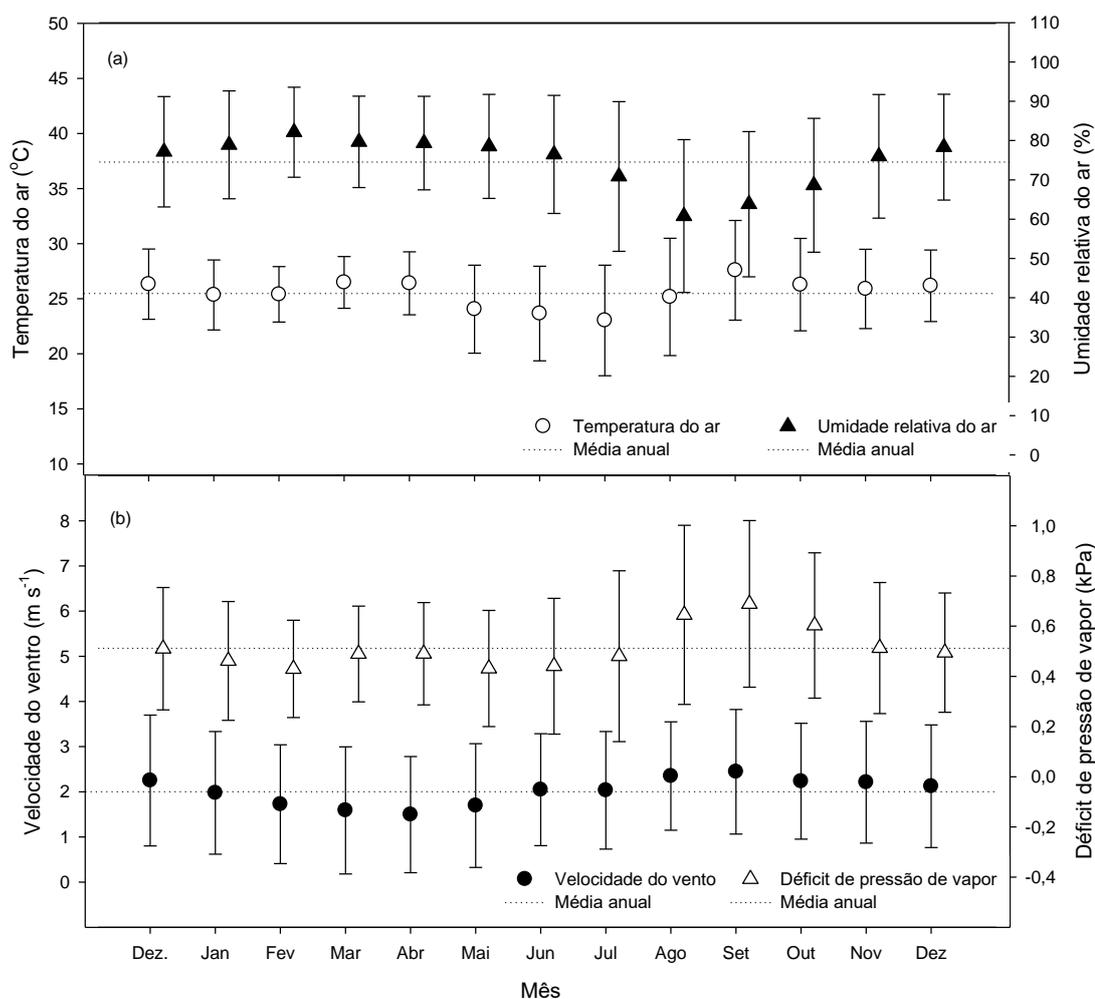


Figura 10. Média mensal da temperatura do ar (°C) da umidade relativa do ar (%) (a), média mensal (\pm DP), do déficit de pressão de vapor no ar (kPa) e da velocidade do vento (m s⁻¹) (b), de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.

5.2 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA SOBRE O SOLO

A entrada de carbono e de nutrientes no solo por meio da serrapilheira compreende os processos de produção, acúmulo sobre o solo e decomposição de serrapilheira. Os resultados dos respectivos processos estão apresentados abaixo.

Na tabela 1, são apresentados os valores acumulados de serrapilheira produzida no primeiro e segundo semestre, assim como o montante durante o ano, tanto no Cambarazal como no Acurizal.

No Cambarazal, do montante durante o ano de serrapilheira produzida (10,46 Mg ha⁻¹), 66% correspondeu à deposição de folhas da comunidade de plantas em geral, incluindo as folhas de *V. divergens*, porém esta espécie foi responsável por 38% do total de serrapilheira. A fração de ramos contribuiu com 21% e órgãos reprodutivos com 0,4% (Tabela 1).

No segundo semestre, a serrapilheira produzida total foi 40% maior (6,15 Mg ha⁻¹) em relação ao primeiro (4,31 Mg ha⁻¹), com deposição 107% maior de folhas de *V. divergens* e 80% de folhas da comunidade de plantas em geral, diferença essa confirmada pelo teste de Wilcoxon ($p < 0,05$).

No Acurizal, do total anual (7,29 Mg ha⁻¹), 55% da serrapilheira produzida correspondeu às folhas, 22% ramos e 5% órgãos reprodutivos. A maior quantidade de serrapilheira produzida ocorreu no segundo semestre (4,50 Mg ha⁻¹), com 60% mais serrapilheira comparada ao primeiro semestre (2,79 Mg ha⁻¹) e 70% maior queda de folhas da comunidade de plantas, diferindo estatisticamente pelo teste de Wilcoxon ($p < 0,05$).

Tabela 1. Acumulado das médias mensais (\pm EP) do total de serrapilheira produzida, das folhas da comunidade de plantas (FC), das folhas de *V. divergens* (FV), dos órgãos reprodutivos (OR), dos ramos (R) e da miscelânea (M), no Cambarazal e Acurizal na RPPN SESC Pantanal, em 2014.

Serrapilheira Produzida (Mg ha ⁻¹)						
Cambarazal						
Período	FC	FV	OR	R	M	Total
1° semestre	2,46 (\pm 0,19)	1,29 (\pm 0,17)	0,03 (\pm 0,03)	1,21 (\pm 0,47)	0,61 (\pm 0,10)	4,31 (\pm 0,79)
2° semestre	4,43 (\pm 0,42)	2,67 (\pm 0,37)	0,01 (\pm 0,00)	1,02 (\pm 0,38)	0,69 (\pm 0,09)	6,15 (\pm 0,89)
W	605,0	741,0	nc	1102,0	695,5	626,5
p-valor	0,001	0,020		0,68	0,049	0,002
Total	6,89 (\pm 0,61)	3,96 (\pm 0,53)	0,03 (\pm 0,03)	2,23 (\pm 0,85)	1,30 (\pm 0,18)	10,46 (\pm 1,68)
Acurizal						
1° semestre	1,47 (\pm 0,34)	-	0,18 (\pm 0,15)	0,64 (\pm 0,34)	0,50 (\pm 0,11)	2,79 (\pm 0,60)
2° semestre	2,51 (\pm 0,39)	-	0,17 (\pm 0,13)	0,97 (\pm 0,57)	0,85 (\pm 0,18)	4,50 (\pm 1,27)
W	646,5	-	nc	744,5	328,5	602,5
p-valor	0,005			0,211	<0,001	0,001
Total	3,98 (\pm 0,74)	-	0,34 (\pm 0,29)	1,61 (\pm 0,91)	1,35 (\pm 0,35)	7,29 (\pm 1,87)

W é o Teste de Wilcoxon entre os dois períodos (jan-jun e jul-dez) a 5% de probabilidade. nc: não calculado.

Considerando o primeiro semestre no Cambarazal, as frações predominantes da serrapilheira produzida foram 30% de folhas de *V. divergens*, 27% de folhas de outras espécies, 28% de ramos e 0,7% de órgãos reprodutivos. E no segundo semestre, 43% de folhas de *V. divergens*, 29% de folhas de outras espécies, 17% de ramos e 0,2% de órgãos reprodutivos (Figura 11-a). No Acurizal, a ordem de produção no primeiro e segundo semestres foi, respectivamente, 53 e 56% de folhas, 23 e 22 % de ramos e 7 e 4% de órgãos reprodutivos (Figura 11-b).

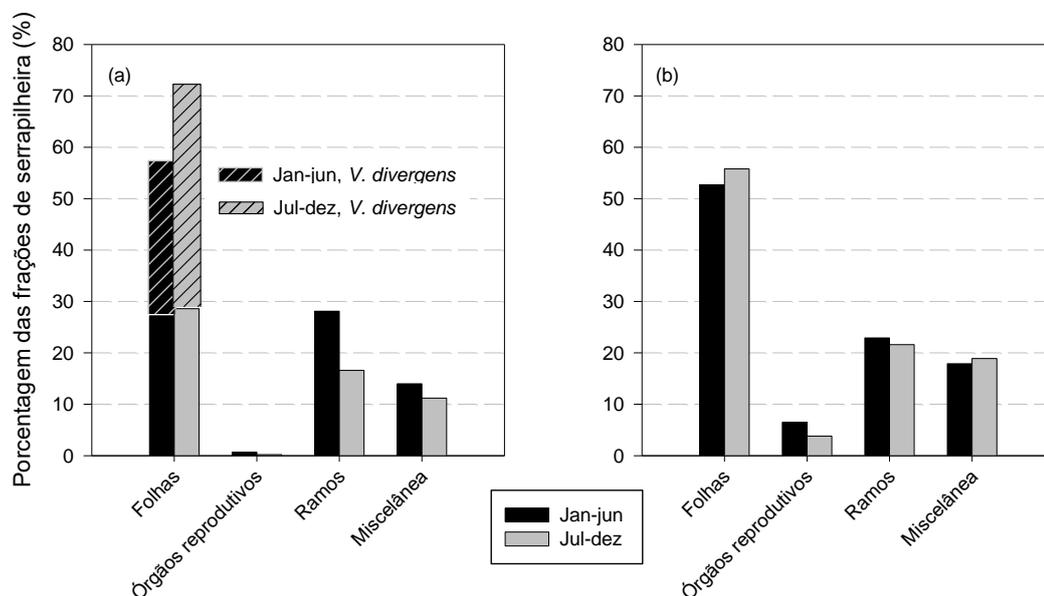


Figura 11. Porcentagem das frações de serrapilheira produzida no Cambarazal (a) e no Acurizal (b) na RPPN SESC Pantanal. Barras hachuradas representam a contribuição das folhas de *V. divergens* e as outras barras a comunidade de plantas em geral.

A produção média mensal de serrapilheira total no Cambarazal em agosto ($1,71 \text{ Mg ha}^{-1}$), mês de menor pluviosidade, foi 3,3 vezes maior comparado ao menor mês de produção, em fevereiro ($0,52 \text{ Mg ha}^{-1}$), sendo que de junho a outubro foram os meses acima da média anual (Figura 12-a).

No Acurizal, a média mensal de serrapilheira produzida em setembro ($1,24 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi 3,9 vezes maior quando comparada à menor produção, em fevereiro ($0,32 \text{ Mg ha}^{-1}$). Os meses de julho a outubro a produção ficou acima da média anual (Figura 13-a). O Cambarazal produziu 43% mais serrapilheira ($10,46 \text{ Mg ha}^{-1}$) do que o Acurizal ($7,29 \text{ Mg ha}^{-1}$), quando considerado o montante da produção anual.

A massa seca da serrapilheira acumulada sobre o solo teve um declínio no segundo mês após a inundação, em ambas as florestas (Figuras 12-b e 13-b). Com aumento gradativo a partir de agosto até novembro no Cambarazal. No mês de agosto houve 90% mais serrapilheira acumulada sobre o solo ($6,38 \text{ Mg ha}^{-1}$) em

relação ao mês anterior, julho ($3,38 \text{ Mg ha}^{-1}$). E no mês de setembro houve 110% maior acúmulo ($7,23 \text{ Mg ha}^{-1}$) em relação a julho.

No Acurizal, a serrapilheira acumulada sobre o solo foi 2,5 vezes maior em dezembro ($6,81 \text{ Mg ha}^{-1}$) comparada ao mês de menor acúmulo, junho ($2,68 \text{ Mg ha}^{-1}$), porém teve um aumento com oscilações a cada mês, com 30% mais serrapilheira acumulada sobre o solo em agosto ($3,42 \text{ Mg ha}^{-1}$) em relação a junho ($2,68 \text{ Mg ha}^{-1}$), sendo que setembro o solo teve o dobro de acúmulo de serrapilheira ($5,37 \text{ Mg ha}^{-1}$) em relação a junho, que foi o mês de menor acúmulo.

Apesar do Cambarazal ter sido registrada maior deposição de serrapilheira produzida durante o ano comparada ao Acurizal, no final do estudo havia $6,82 \pm 0,97 \text{ Mg ha}^{-1}$ de serrapilheira acumulada no solo do Cambarazal e $6,81 \pm 1,12 \text{ Mg ha}^{-1}$ no Acurizal, podendo indicar perdas de material vegetal por fluxos laterais durante a inundação.

No Cambarazal, o coeficiente de decomposição k teve um pico em julho ($0,24 \text{ mês}^{-1}$) e diminuiu gradativamente a cada mês até novembro ($0,07 \text{ mês}^{-1}$), ou seja, 3,4 vezes menor em relação a julho (Figura 12-c). E no Acurizal houve um pico em agosto ($0,26 \text{ mês}^{-1}$) diminuindo 4,3 vezes até dezembro ($0,06 \text{ mês}^{-1}$) (Figura 13-c). Nesta floresta, o coeficiente de decomposição diminuiu após a inundação e teve um pico novamente em agosto.

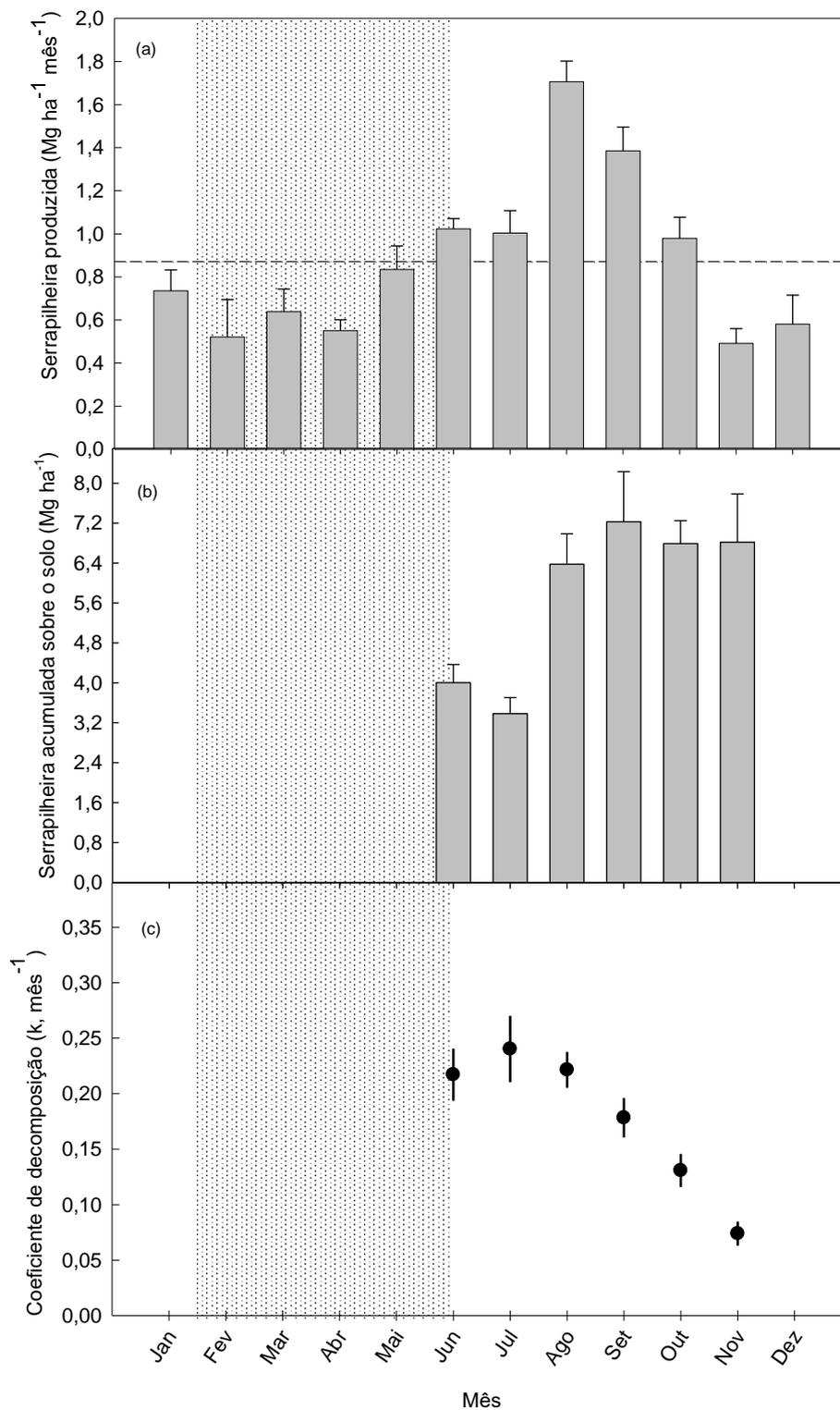


Figura 12. Média (\pm EP) da serrapilheira produzida total ($\text{Mg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) (a), da serrapilheira acumulada sobre o solo (Mg ha^{-1}) (b) e do coeficiente de decomposição ($k, \text{mês}^{-1}$) no Cambarazal na RPPN SESC Pantanal, em 2014. Linha tracejada representa a média anual da serrapilheira produzida. Área sombreada representa o período de inundação de fevereiro a meados de junho de 2014.

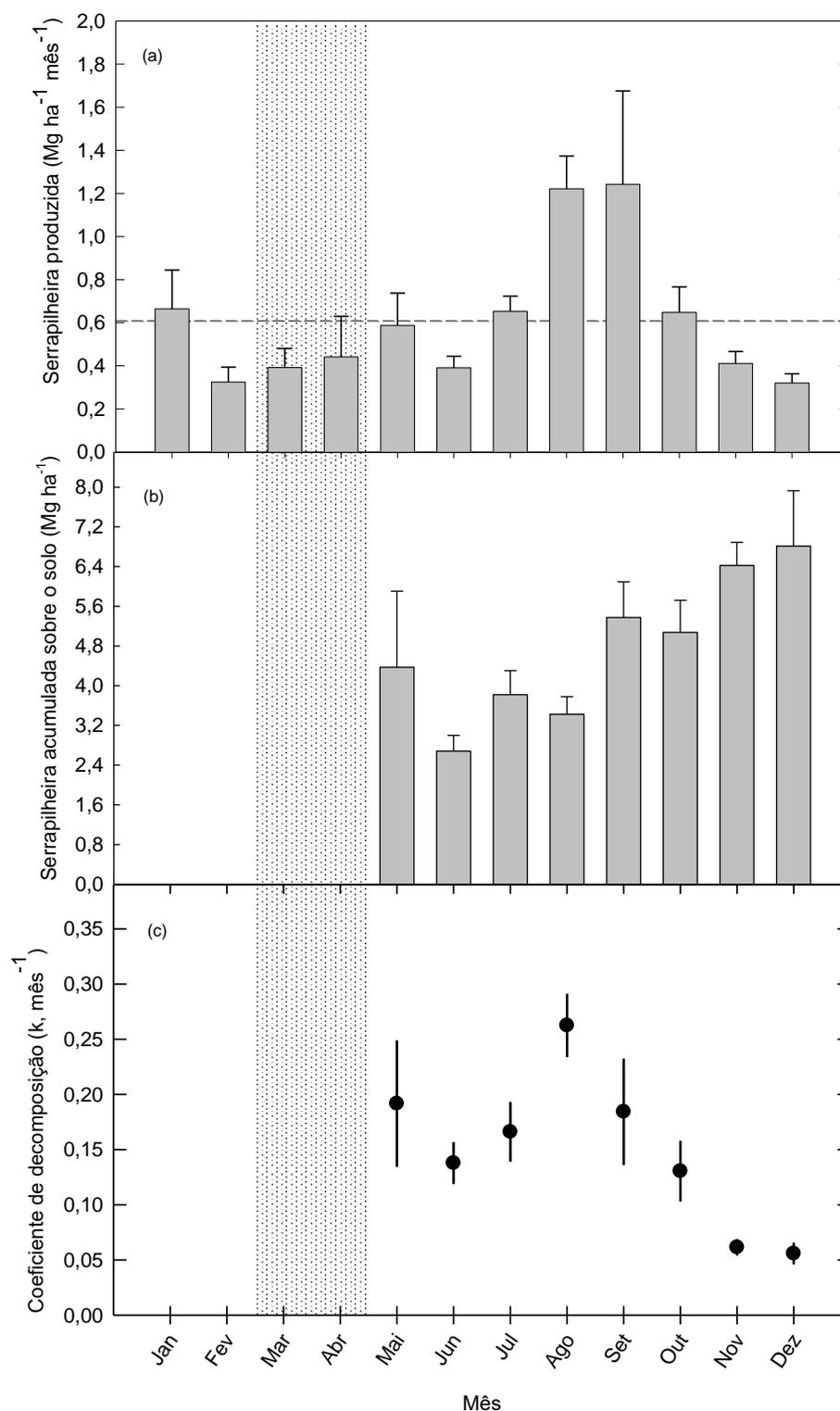


Figura 13. Média (\pm EP) da serrapilheira produzida total ($\text{Mg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) (a), da serrapilheira acumulada sobre o solo (Mg ha^{-1}) (b) e do coeficiente de decomposição ($k, \text{mês}^{-1}$) no Acurizal na RPPN SESC Pantanal, em 2014. Linha tracejada representa a média anual da serrapilheira produzida. Área sombreada representa o período de inundação de março a abril de 2014.

5.2.1 Relação entre a Serrapilheira Produzida e as Variáveis Microhidrometeorológicas

Na análise de Componentes Principais (PCA), com o conjunto de dados de precipitação pluvial (Ppt), temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (UR), déficit de pressão de vapor no ar (DPV) e velocidade do vento (V_v), os dois primeiros componentes principais (PC) explicaram 86% da variância total do conjunto de dados microhidrometeorológicos, sendo que o primeiro eixo sozinho explicou 59% e o segundo 27% (Tabela 2). Os “loadings” dos dois fatores representaram a importância ou o peso de cada variável microhidrometeorológica para a construção de cada eixo.

Tabela 2. Cargas (Autovetores) dos fatores gerados a partir de Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis microhidrometeorológicas.

Variáveis	Fatores PCA		Total
	PC1	PC2	
Ppt	0,81	0,29	
T_{ar}	-0,05	0,97	
UR	0,98	-0,10	
DPV	-0,84	0,52	
V_v	-0,80	0,21	
	Variância explicada		
Proporcional	0,59	0,27	0,86
Percentual	0,69	0,31	1,00

Ppt (precipitação pluvial), T_{ar} (temperatura do ar), UR (umidade relativa do ar), DPV (déficit de pressão de vapor no ar) e V_v (velocidade do vento).

Algumas variáveis correlacionaram-se fortemente e contribuíram com a construção da primeira componente principal (PC1), ou seja, a precipitação pluvial e a umidade relativa do ar foram negativamente correlacionadas ao déficit de pressão de vapor no ar e à velocidade do vento, contribuindo para a construção do PC1. E a temperatura do ar teve a maior contribuição e maior peso na construção do PC2, seguida pelo déficit de pressão de vapor e em menor peso a precipitação e a velocidade do vento (Tabela 2).

Os componentes principais gerados permitiram separar o conjunto de dados em três grupos distintos (Figura 14). Um grupo formado pelos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril, ou seja, o período de maior precipitação

pluvial. Um segundo grupo formado pelos meses de maio, junho e julho, que corresponde aos meses de menores temperaturas do ar. E um terceiro grupo formado pelos meses de agosto, setembro e outubro, que corresponde aos meses de menor precipitação pluvial e, conseqüentemente, maior déficit de pressão de vapor no ar. Porém, o mês de agosto apresentou maior correlação com a velocidade do vento.

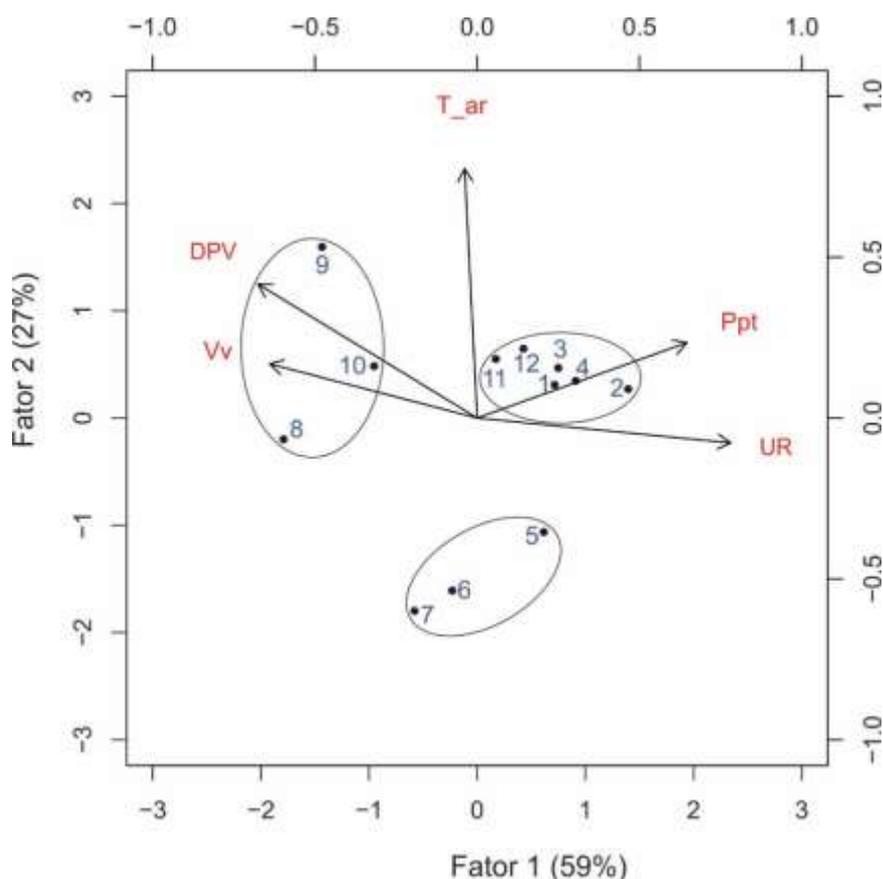


Figura 14. Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis microhidrometeorológicas: Ppt (precipitação pluvial), T_{ar} (temperatura do ar), UR (umidade relativa do ar), DPV (déficit de pressão de vapor no ar) e Vv (velocidade do vento). Os números 1 a 12 representam os meses de janeiro a dezembro, respectivamente.

Apesar de mais de uma variável ser significativa para explicar a deposição de serrapilheira, ela pode estar correlacionada com outra e, por isso, ser redundante. Assim, as cinco variáveis microhidrometeorológicas foram representadas por dois fatores componentes principais.

Os valores dos coeficientes de correlação de Pearson indicaram a correlação entre os fatores das variáveis microhidrometeorológicas, gerados por meio da

Análise de Componentes Principais, e a deposição do total de serrapilheira produzida e suas frações (Tabela 3).

Tabela 3. Correlação de Pearson entre os fatores das variáveis microhidrometeorológicas, gerados por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), e a serrapilheira produzida e suas frações, no Cambarazal e Acurizal.

Variável	PC1	PC2
Cambarazal		
Total de serrapilheira	0,85*	0,37
Total de Folhas	0,79*	0,47
Folhas de <i>V. divergens</i>	0,69**	0,61
Ramos	-0,26	-0,57
Órgãos reprodutivos	-0,27	-0,28
Acurizal		
Total de serrapilheira	0,80*	0,11
Total de folhas	0,71**	0,43
Ramos	0,48	-0,31
Órgãos reprodutivos	0,16	-0,07

* ($p < 0,01$), ** ($p < 0,05$). Valores em negrito representam correlação significativa.

O fator que teve maior correlação com a deposição do total de serrapilheira produzida e de folhas foi o PC1, tanto no Cambarazal como no Acurizal. A maior deposição ocorreu nos meses de agosto e setembro, que corresponderam aos meses de maior déficit de pressão de vapor no ar e maior velocidade do vento, assim como menor precipitação pluvial.

5.3 CARBONO E NUTRIENTES NA SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E NA ACUMULADA SOBRE O SOLO

Os teores (g kg^{-1}) de carbono e de nutrientes na serrapilheira produzida, em geral, foram maiores no segundo semestre em ambas as florestas, Cambarazal e Acurizal. Os conteúdos (Mg ha^{-1} e kg ha^{-1}) de carbono e dos cinco nutrientes avaliados foram todos superiores no segundo semestre, diferença essa confirmada pelo teste de Wilcoxon ($p < 0,05$) (Tabela 4).

No Cambarazal, os conteúdos de carbono foram 40% superiores ao Acurizal, nitrogênio 19%, fósforo 31%, potássio 21%, cálcio 34% e magnésio 13%. Os conteúdos em ambas as florestas seguiram a seguinte ordem: $\text{C} > \text{Ca} > \text{N} > \text{K}, \text{Mg} > \text{P}$.

O teor médio no ano de carbono na serrapilheira correspondeu a 46% ($458,41 \text{ g kg}^{-1}$) da massa seca da serrapilheira produzida no Cambarazal, e no Acurizal 47% ($474,80 \text{ g kg}^{-1}$). O teor médio de nitrogênio na serrapilheira produzida em ambas as florestas ficou abaixo de 1,5% ($11,80 \text{ g kg}^{-1}$ no Cambarazal e $14,25 \text{ g kg}^{-1}$ no Acurizal). E o teor médio de fósforo também ficou abaixo do valor crítico de 0,2% ($1,40 \text{ g kg}^{-1}$ no Cambarazal e $1,58 \text{ g kg}^{-1}$ no Acurizal) (SELLE, 2007).

Os teores de potássio, cálcio e magnésio tiveram valores no intervalo esperado para esses elementos químicos, ou seja, potássio entre 0,2% a 11% ($2,90 \text{ g kg}^{-1}$ no Cambarazal e $3,48 \text{ g kg}^{-1}$ no Acurizal), cálcio 0,02-5% ($15,54 \text{ g kg}^{-1}$ no Cambarazal e $15,93 \text{ g kg}^{-1}$ no Acurizal) e magnésio 0,02-2,5% ($2,82 \text{ g kg}^{-1}$ no Cambarazal e $3,49 \text{ g kg}^{-1}$ no Acurizal) da matéria seca das plantas (SELLE, 2007).

Tabela 4. Média (\pm EP) dos teores e dos conteúdos de carbono total (C), nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serrapilheira produzida no Cambarazal e no Acurizal na RPPN SESC Pantanal, de janeiro a dezembro de 2014.

Carbono e nutrientes na serrapilheira produzida												
Cambarazal												
Período	Teor médio ¹						Conteúdo acumulado ²					
	C	N	P	K	Ca	Mg	C	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹						Mg ha ⁻¹					
Jan-jun	453,81	12,07	1,58	2,70	14,41	2,67	1,95	49,95	7,18	11,67	62,77	11,01
	(\pm 10,64)	(\pm 1,58)	(\pm 0,62)	(\pm 1,04)	(\pm 3,51)	(\pm 0,62)	(\pm 0,26)	(\pm 5,45)	(\pm 0,16)	(\pm 2,05)	(\pm 12,01)	(\pm 1,40)
Jul-dez	463,01	11,33	1,22	3,09	16,67	2,97	2,84	66,81	7,56	18,53	97,14	17,11
	(\pm 11,86)	(\pm 2,04)	(\pm 0,47)	(\pm 1,04)	(\pm 4,49)	(\pm 0,81)	(\pm 0,28)	(\pm 5,99)	(\pm 1,13)	(\pm 2,36)	(\pm 11,17)	(\pm 2,02)
<i>W</i>	367,0	1386,5	1678	608,5	556,5	606,5	606,0	664,0	971,5	558,5	443,0	497,5
<i>p</i> -valor	<0,001	0,073	<0,001	0,010	0,001	0,023	0,001	0,005	0,511	<0,001	<0,001	<0,001
Anual	458,41	11,80	1,40	2,90	15,54	2,82	4,80	116,76	14,74	30,20	159,91	28,12
	(\pm 12,13)	(\pm 1,84)	(\pm 0,58)	(\pm 1,06)	(\pm 4,17)	(\pm 0,74)	(\pm 0,54)	(\pm 11,45)	(\pm 2,88)	(\pm 4,42)	(\pm 23,18)	(\pm 3,43)
Acurizal												
Período	Teor médio ¹						Conteúdo acumulado ²					
	C	N	P	K	Ca	Mg	C	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹						Mg ha ⁻¹					
Jan-jun	471,01	14,84	1,57	3,60	14,50	3,24	1,31	38,74	4,10	9,75	39,97	8,82
	(\pm 18,35)	(\pm 3,50)	(\pm 0,45)	(\pm 1,63)	(\pm 4,00)	(\pm 0,74)	(\pm 0,34)	(\pm 8,93)	(\pm 0,91)	(\pm 2,61)	(\pm 10,50)	(\pm 2,14)
Jul-dez	478,60	13,66	1,59	3,37	17,36	3,73	2,12	59,16	7,19	15,12	79,13	16,14
	(\pm 16,22)	(\pm 3,56)	(\pm 0,66)	(\pm 1,19)	(\pm 4,24)	(\pm 0,96)	(\pm 0,39)	(\pm 10,96)	(\pm 1,29)	(\pm 3,02)	(\pm 19,10)	(\pm 3,09)
<i>W</i>	771,0	1633,5	783,0	1108,0	502,0	557,0	577,0	638,0	608,5	719,0	484,0	465,0
<i>p</i> -valor	0,033	<0,001	0,577	0,496	<0,001	0,002	<0,001	0,002	0,002	0,014	<0,001	<0,001
Anual	474,80	14,25	1,58	3,48	15,93	3,49	3,43	97,90	11,29	24,87	119,10	24,96
	(\pm 17,67)	(\pm 3,56)	(\pm 0,56)	(\pm 1,43)	(\pm 4,35)	(\pm 0,89)	(\pm 0,73)	(\pm 19,89)	(\pm 1,75)	(\pm 5,63)	(\pm 29,60)	(\pm 5,22)

¹ Média do semestre; ² Acumulado das médias mensais em cada período e no ano. *W* é o Teste de Wilcoxon entre os dois períodos (jan-jun e jul-dez) a 5% de probabilidade. n=11/transecto mês.

Os teores de carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas verdes do dossel em relação a matéria seca estão apresentados na Tabela 5. O teor de nitrogênio nas folhas verdes foi maior comparado ao teor na serrapilheira produzida, ou seja, 155% e 94% mais nitrogênio nas folhas verdes do que na serrapilheira no Cambarazal e no Acurizal, respectivamente.

Enquanto o teor de fósforo nas folhas verdes, no Cambarazal e Acurizal, foi 13% e 23% maior do que na serrapilheira, o teor de potássio foi 136% e 64%, respectivamente. O teor de cálcio 9% a mais e magnésio 42%, no Cambarazal. E no Acurizal, cálcio 153% a menos e magnésio 4% a mais.

Tabela 5. Média¹ (\pm EP) de carbono total (C), nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas verdes do dossel no Cambarazal e no Acurizal na RPPN SESC Pantanal.

Teor de carbono e de nutrientes nas folhas verdes do dossel					
C	N	P	K	Ca	Mg
g kg ⁻¹					
Cambarazal					
417,55 (\pm 13,53)	30,05 (\pm 0,81)	1,59 (\pm 0,10)	6,80 (\pm 0,50)	16,99 (\pm 1,19)	4,01 (\pm 0,51)
Acurizal					
449,56 (\pm 8,01)	27,66 (\pm 0,78)	1,95 (\pm 0,13)	5,71 (\pm 0,34)	6,30 (\pm 0,94)	3,61 (\pm 0,22)

¹ média dos meses de fevereiro e setembro. n=11/transecto mês.

Os conteúdos (kg ha⁻¹) de fósforo (7,47 kg ha⁻¹) e potássio (15,04 kg ha⁻¹) na serrapilheira acumulada sobre o solo foram 20% e 13% maiores no Cambarazal comparados ao Acurizal; e cálcio (97,68 kg ha⁻¹) e magnésio (16,63 kg ha⁻¹), 22% e 13% maiores no Acurizal (Tabela 6). Os conteúdos desses nutrientes na serrapilheira acumulada sobre o solo de ambas as florestas seguiu a seguinte ordem: Ca > K, Mg > P.

Tabela 6. Média (\pm EP) de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serrapilheira acumulada sobre o solo no Cambarazal e no Acurizal na RPPN SESC Pantanal, no período não inundado.

Nutrientes na serrapilheira acumulada sobre o solo							
Cambarazal							
Teor médio				Conteúdo médio			
P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				kg ha ⁻¹		
1,65 (\pm 0,04)	2,62 (\pm 0,05)	13,54 (\pm 0,37)	2,48 (\pm 0,06)	7,47 (\pm 0,53)	15,04 (\pm 0,87)	80,36 (\pm 5,37)	14,68 (\pm 0,98)
Acurizal							
Teor médio				Conteúdo médio			
P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				kg ha ⁻¹		
1,29 (\pm 0,04)	2,88 (\pm 0,07)	19,43 (\pm 0,86)	3,33 (\pm 0,09)	6,21 (\pm 0,45)	13,31 (\pm 0,73)	97,68 (\pm 8,72)	16,63 (\pm 1,27)

n=11/transecto.

A distribuição durante o ano dos conteúdos de carbono e de nutrientes na serrapilheira produzida acompanhou o padrão da deposição da serrapilheira produzida, com picos em agosto e setembro (Figuras 15 e 16).

No Cambarazal, o mês de agosto foi o de maior conteúdo de carbono, nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio na serrapilheira produzida, com exceção de potássio que foi em setembro (Figura 15). No Acurizal, os maiores conteúdos de carbono e de nutrientes ocorreram em setembro, com exceção de magnésio em agosto (Figura 16). Entretanto, no mês de julho os conteúdos de nutrientes na serrapilheira no Cambarazal não seguiram o padrão da deposição da serrapilheira produzida. O mesmo ocorreu no Acurizal em junho, indicando redistribuição de nutrientes no final do período de inundação.

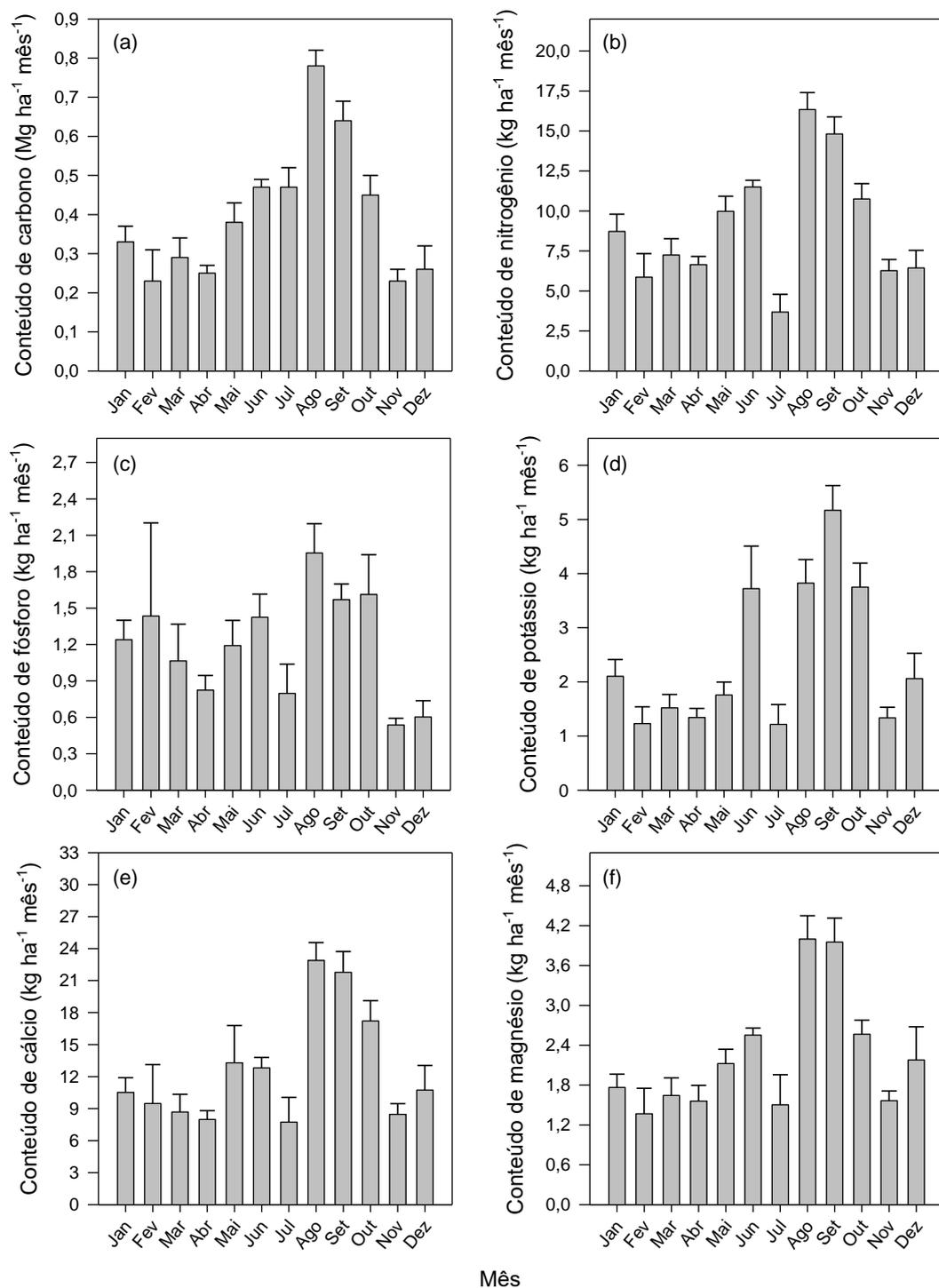


Figura 15. Média (\pm EP) do conteúdo de carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c), potássio (d), cálcio (e) e magnésio (f) na serrapilheira produzida no Cambarazal, de janeiro a dezembro de 2014.

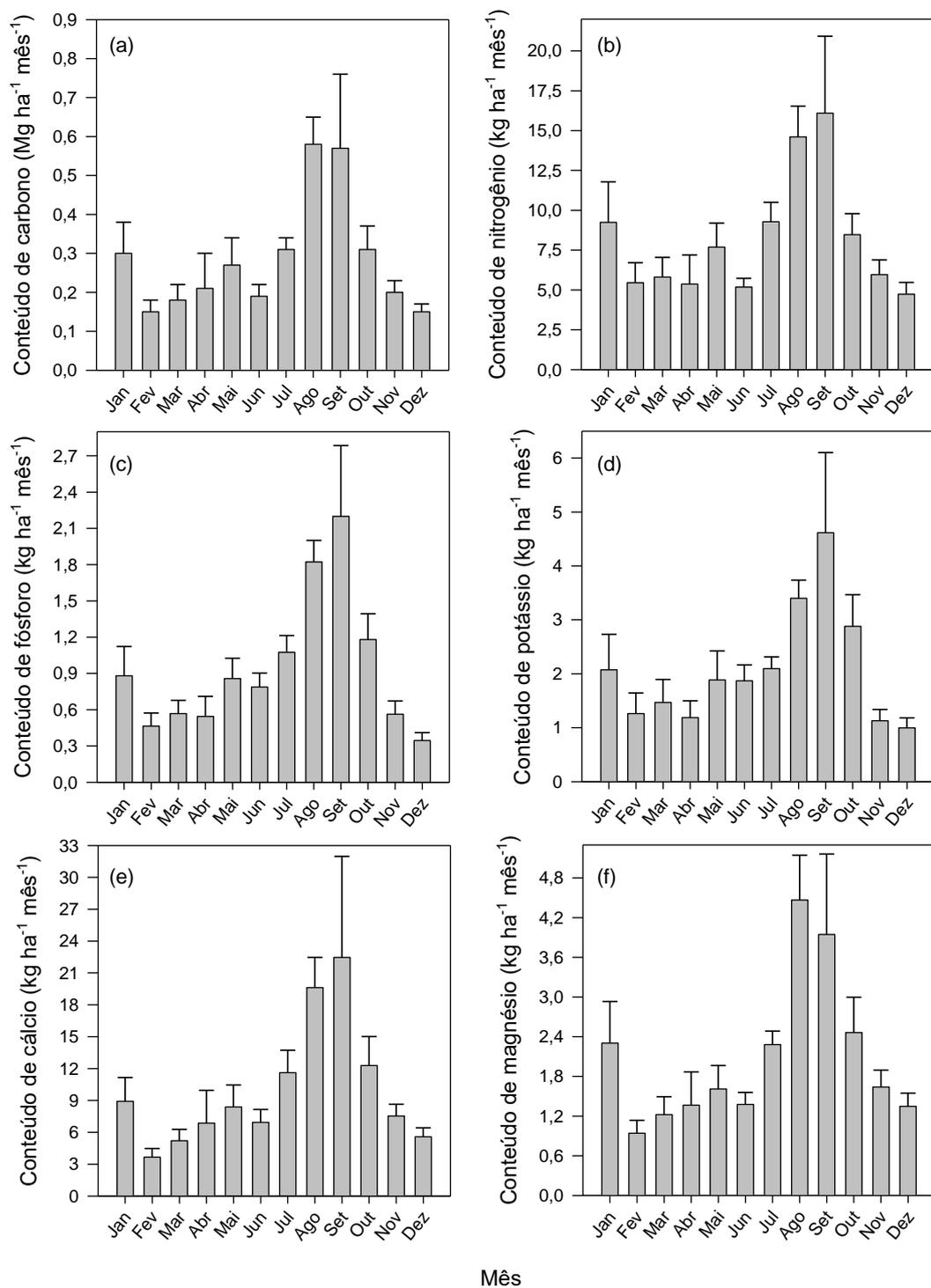


Figura 16. Média (\pm EP) do conteúdo de carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c), potássio (d), cálcio (e) e magnésio (f) na serrapilheira produzida no Acurizal, de janeiro a dezembro de 2014.

O padrão da distribuição dos conteúdos de nutrientes na serrapilheira acumulada sobre o solo foi em função da massa seca da serrapilheira, aumentando até o final do período não inundado, ou seja, até dezembro (Figuras 17 e 18).

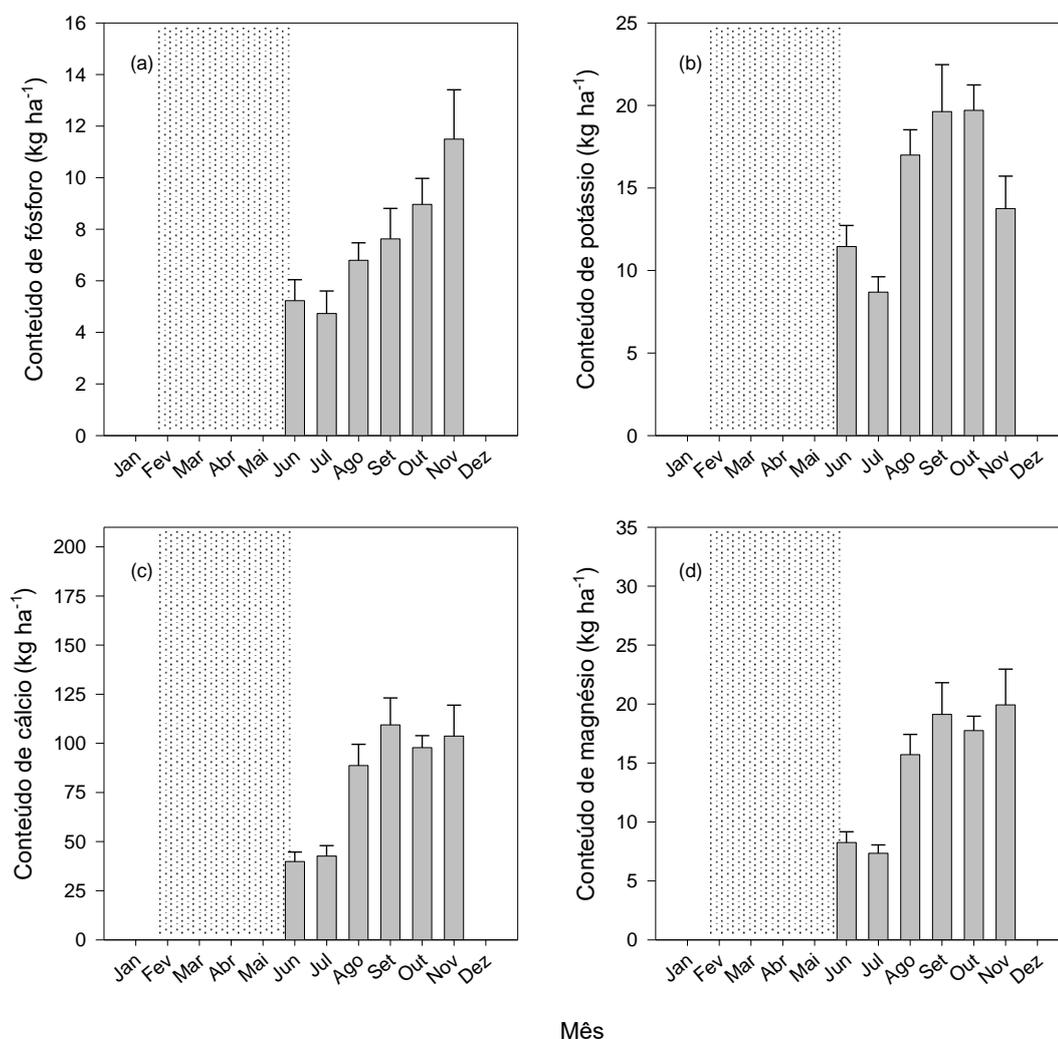


Figura 17. Média (\pm EP) do conteúdo de fósforo (a), potássio (b), cálcio (c) e magnésio (d) na serrapilheira acumulada sobre o solo no Cambarazal, após o período de inundação em 2014. Área sombreada representa o período de inundação de fevereiro a meados de junho de 2014.

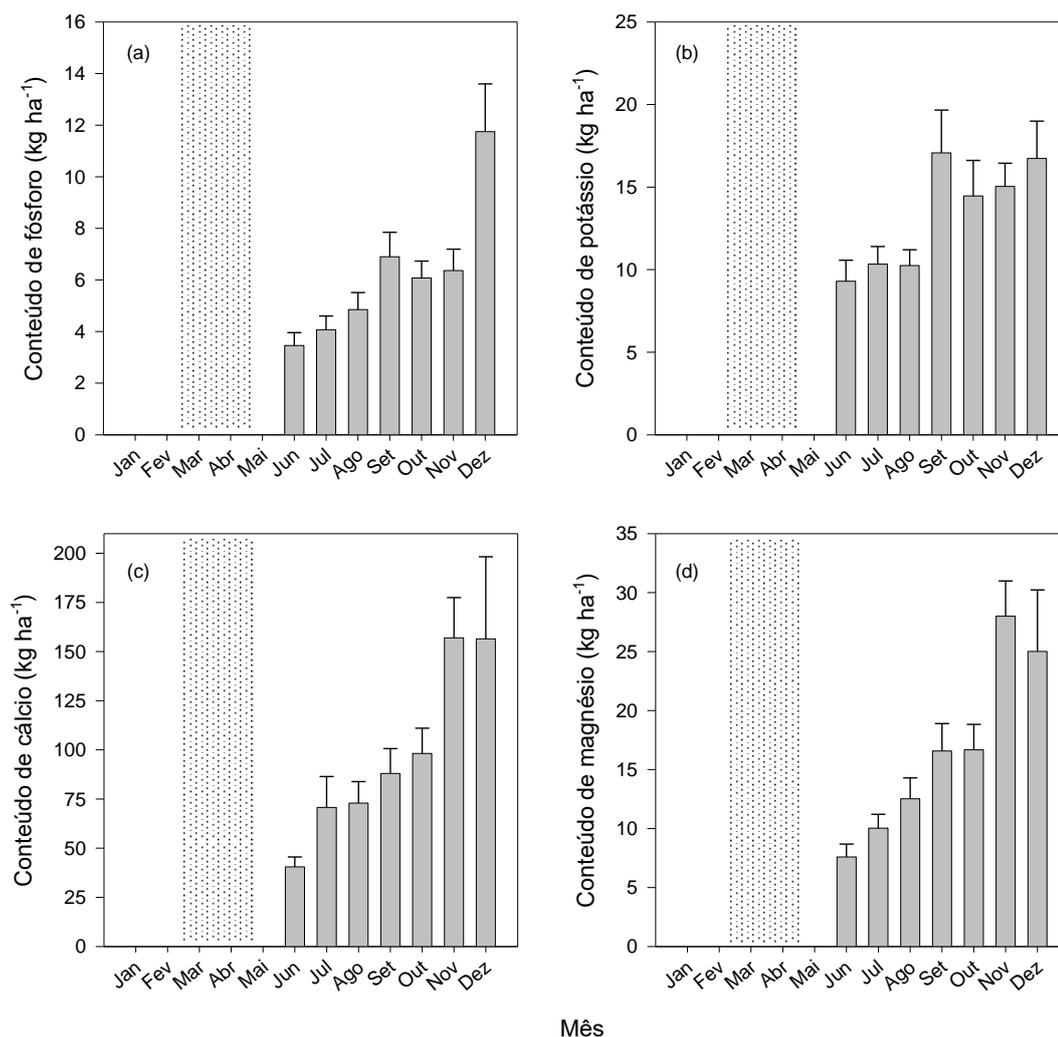


Figura 18. Média (\pm EP) do conteúdo de fósforo (a), potássio (b), cálcio (c) e magnésio (d) na serrapilheira acumulada sobre o solo no Acurizal, após o período de inundação em 2014. Área sombreada representa o período de inundação de março a abril de 2014.

A relação C/N e C/P da serrapilheira, por ser um indicativo da taxa de decomposição e, conseqüentemente, da liberação ou não de nutrientes para o solo (CANTARELLA, 2007), foi calculada e os referidos valores apresentados a seguir (Tabela 7). Sendo que no Cambarazal, a média anual das relações C/N e C/P foram maiores do que na floresta de acuris. Tanto no Cambarazal como no Acurizal, a relação C/N e C/P ficaram acima de 30 e 200, respectivamente, valores esses segundo Cantarella, 2007.

Tabela 7. Média anual das relações C/N e C/P da serrapilheira produzida no Cambarazal e Acurizal da RPPN SESC Pantanal, em 2014.

	C/N	C/P
Cambarazal	39,71	370,96
Acurizal	35,25	343,17

O potencial de transferência de carbono e de retorno de nutrientes para o solo, por meio da serrapilheira produzida, foi maior no Cambarazal comparado ao Acurizal. A maior contribuição de carbono, de nitrogênio, de fósforo, de potássio, de cálcio e de magnésio foi, respectivamente, 40%, 19%, 31%, 21%, 34% 13% (Tabela 8).

A liberação mensal de fósforo, de potássio, de cálcio e de magnésio, no período não inundado no Cambarazal, correspondeu a, respectivamente, 1%, 9%, 3% e 2% em relação ao acumulado no ano desses nutrientes na serrapilheira produzida. No Acurizal, a liberação de fósforo, de potássio, de cálcio e de magnésio foi 1%, 7%, 2,5%, 0,2%, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8. Potencial de retorno (\pm EP) de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) da serrapilheira produzida para a superfície do solo e liberação de nutrientes da serrapilheira acumulada no solo do Cambarazal e Acurizal.

Cambarazal				
	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹			
Acumulado no ano (da serrapilheira produzida)	14,74 (\pm 2,88)	30,20 (\pm 4,42)	159,91 (\pm 23,18)	28,12 (\pm 3,43)
Acumulado da liberação¹ (da serrapilheira acumulada)	0,69 (\pm 0,83)	14,17 (\pm 1,51)	22,53 (\pm 7,56)	3,25 (\pm 1,18)
Percentual da liberação em relação ao retorno	4,7%	46,9%	14,1%	11,6%
Acurizal				
	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹			
Acumulado no ano (da serrapilheira produzida)	11,29 (\pm 1,75)	24,87 (\pm 5,63)	119,10 (\pm 29,60)	24,96 (\pm 5,22)
Acumulado da liberação¹ (da serrapilheira acumulada)	0,72 (\pm 0,67)	11,09 (\pm 1,46)	18,88 (\pm 10,76)	0,32 (\pm 1,74)
Percentual da liberação em relação ao retorno	6,4%	44,6%	15,8%	1,3%

¹ Acumulado das médias mensais do período não inundado.

Considerando os períodos de janeiro a junho e de julho a dezembro, o potencial de transferência de carbono e de retorno de nutrientes no Cambarazal foi maior no segundo semestre em relação ao primeiro, sendo que o conteúdo de carbono na serrapilheira produzida foi 50% maior, nitrogênio 30%, fósforo 10%, potássio, cálcio e magnésio 60% maiores no segundo semestre (Figura 19-a). No Acurizal, o segundo semestre também teve maior potencial de transferência dos elementos citados, em que o retorno de carbono foi 60% maior, nitrogênio 50%, fósforo 80%, potássio 60%, cálcio 100% e magnésio 80% (Figura 19-b).

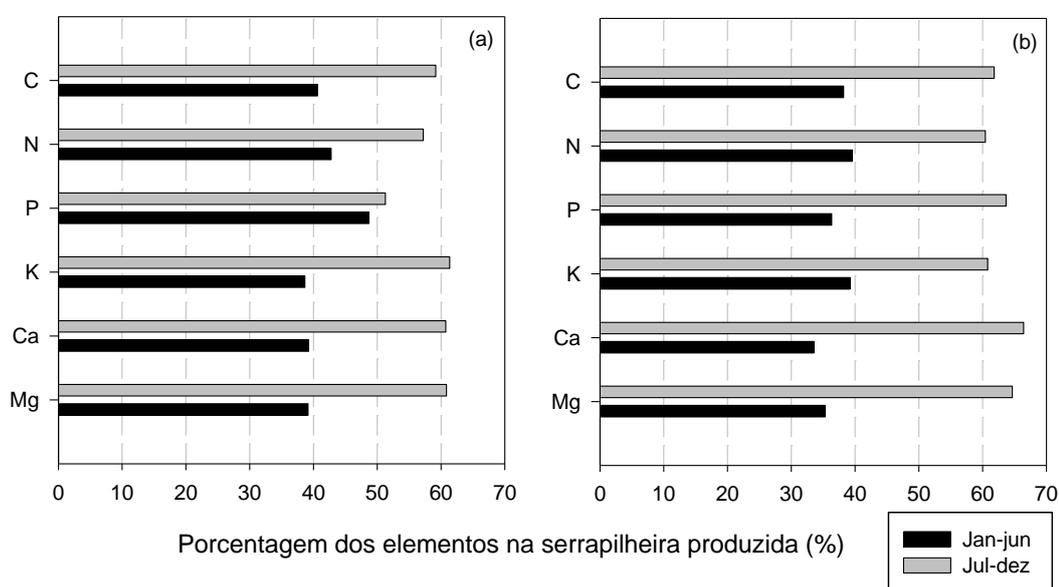


Figura 19. Potencial de transferência de carbono e de retorno de nutrientes da serrapilheira produzida para a superficial do solo no Cambarazal (a) e no Acurizal (b) na RPPN SESC Pantanal.

5.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

A textura dos solos no Cambarazal e no Acurizal foi considerada argilosa na profundidade 0-50 cm, considerando a média de todas as amostras das três épocas (Figura 20), com aumento de argila em profundidade. Os maiores teores de argila foram na profundidade 30-50 cm e areia nas camadas superficiais.

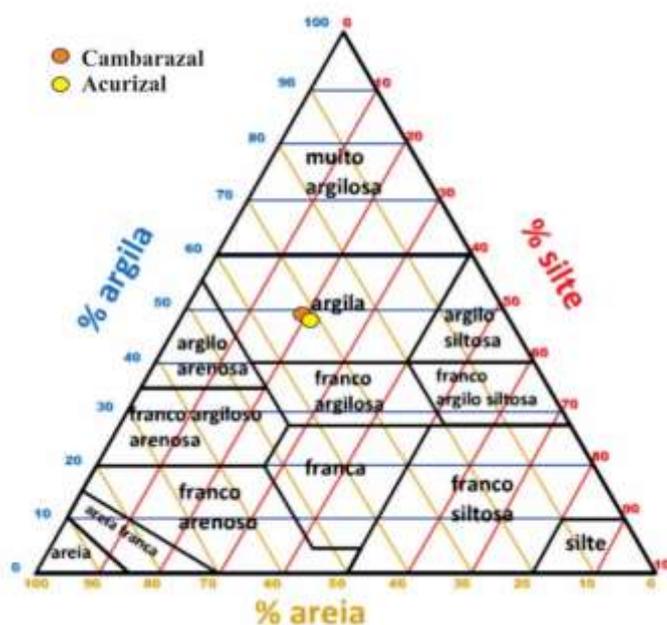


Figura 20. Classes texturais¹ do solo na profundidade 0-50 cm no Cambarazal e no Acurizal. Média das três épocas de amostragem.

Considerando apenas a camada superficial do solo (0-10 cm), no Acurizal houve maior variação quanto ao percentual de argila e areia comparados ao Cambarazal (Figura 21).

¹Fonte: <http://www.quoos.com.br/index.php/geografia/solos/4-triangulo-textural-solos-argila-areia-silte>

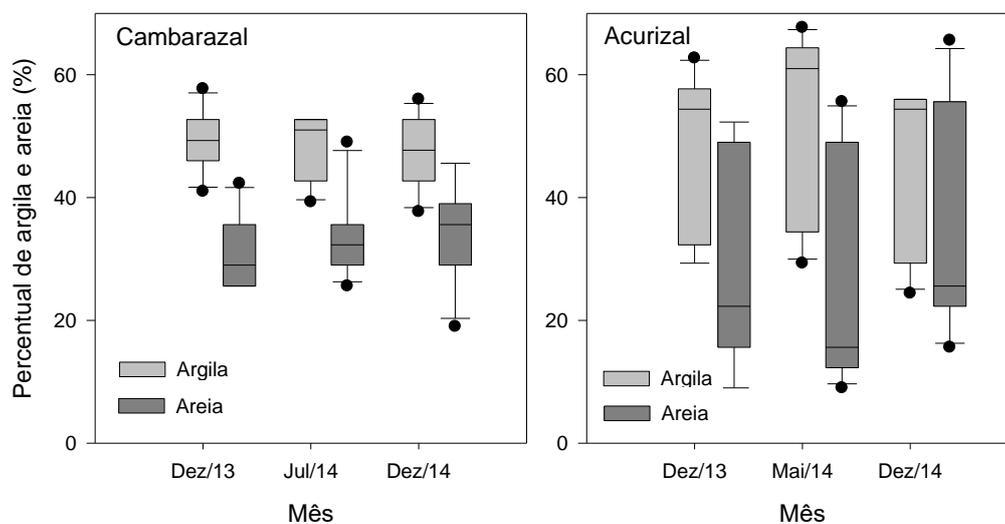


Figura 21. Percentual de argila e areia da camada 0-10 cm de profundidade nas três épocas de amostragem.

Na tabela 9 são apresentados os atributos químicos e físicos do solo de 0 a 50 cm de profundidade, dos solos no Cambarazal e no Acurizal.

No Cambarazal, os valores médios de pH em água no solo, considerando a média das três épocas analisadas, comparados com os valores de referência de Sousa & Lobato (2004) até 0-20 cm de profundidade, ficaram dentro da faixa de pH considerado médio e adequado² para o desenvolvimento de plantas.

² pH em água: baixo: $\leq 5,1$; médio: 5,2 a 5,5; adequado: 5,6 a 6,3; alto: 6,4 a 6,6; muito alto: $\geq 6,7$, de 0-20 cm de profundidade (SOUSA & LOBATO, 2004).

Tabela 9. Média¹ dos atributos químicos e físicos do solo de 0 a 50 cm de profundidade nos solos no Cambarazal e no Acurizal.

Prof. cm	Composição granulométrica			Ds kg dm ⁻³	pH água	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	T	Ta/Tb	V %	m	CT g kg ⁻¹	NT	P mg kg ⁻¹
	Areia	Silte	Argila														
Cambarazal, Vertissolo																	
0-10 ¹	314	207	478	1,28	5,6	4,55	2,30	0,40	7,25	0,21	13,99	29,38	51,84	3,12	34,29	2,19	23,96
10-20	351	175	472	1,74	5,5	3,98	2,64	0,32	6,93	0,62	12,35	27,05	56,00	8,34	14,83	0,93	7,81
20-30	343	161	494	1,74	5,6	3,94	2,89	0,25	7,04	0,96	12,29	25,03	57,19	11,91	9,66	0,59	4,61
30-40	302	168	528	1,77	5,6	3,76	3,30	0,17	7,23	2,22	13,70	25,99	52,51	23,22	8,19	0,51	2,86
40-50	262	176	561	1,77	5,6	3,67	3,70	0,12	7,49	3,52	15,36	27,56	48,44	32,03	7,13	0,41	1,82
Média	314	190	494	1,49	5,6	4,23	2,67	0,31	7,22	0,94	13,74	28,04	52,60	10,21	23,34	1,48	15,10
Acurizal, Planossolo Háptico eutrófico típico																	
0-10 ¹	330	194	475	1,48	5,6	6,32	3,98	0,27	10,59	0,18	15,93	36,81	66,00	1,93	28,52	2,09	11,95
10-20	302	210	486	1,72	5,6	6,58	5,18	0,26	12,01	0,59	16,20	37,42	73,53	5,06	10,78	0,96	8,63
20-30	280	204	514	1,79	5,9	6,86	6,21	0,22	13,29	0,70	17,20	35,91	77,57	4,92	9,03	0,75	6,91
30-40	291	205	502	1,80	5,8	7,22	7,71	0,20	15,13	0,42	18,41	39,64	82,19	2,80	6,51	0,59	5,01
40-50	291	207	500	1,80	6,1	8,01	8,78	0,20	16,99	0,19	19,18	39,98	88,48	1,14	5,43	0,48	4,58
Média	315	199	485	1,59	5,7	6,64	5,10	0,26	12,00	0,29	16,60	37,34	71,39	2,51	20,84	1,57	9,83

Densidade do solo (Ds), potencial hidrogeniônico (pH_{água}), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺) e alumínio (Al³⁺) trocáveis, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica potencial a pH 7,0 (T), atividade da fração argila (Ta/Tb), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), carbono total (CT), nitrogênio total (NT), fósforo disponível (P). ¹ 0 a 10 cm: média dos meses não inundados (n=11/mês); as outras camadas de solo: média das três épocas de amostragem (n=6/época).

Os teores de CT foram considerados altos na camada superficial a 0-10 cm e médio³ a 10-20 cm. Os teores de P disponível foram considerados alto na camada superficial e médio⁴ a 10-20 cm. Os teores de K⁺ foram maiores após a inundação, com teores considerados altos⁵ nas duas camadas superficiais. Ca²⁺ e Mg²⁺ tiveram teores considerados adequados⁶ e altos⁷, respectivamente (SOUSA & LOBATO, 2004).

No Cambarazal e no Acurizal, os valores de SB e T⁸ foram superiores a 6 e 10 cmol_c.dm⁻³, respectivamente, considerados altos. V⁹ foi superior a 50% em ambas as áreas, sendo considerados solos eutróficos. No Cambarazal, o valor de m¹⁰ foi maior comparado ao Acurizal, mas inferior a 15% (SOUSA & LOBATO, 2004).

Os teores de P foram considerados adequados após a inundação e baixo nas outras duas épocas. Os teores de CT variaram entre baixo e médio. Os teores de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foram considerados altos.

No Cambarazal, a atividade da fração argila (T_a/T_b), com exceção da camada superficial 0-10 cm, apresentou valores próximos de 27 cmol_c kg⁻¹. Abaixo desse valor indica argila de atividade baixa (CORINGA et al., 2012). Entretanto, a média do perfil foi 28,04 cmol_c kg⁻¹. Enquanto no Acurizal, a atividade da fração argila foi superior a 36 cmol_c kg⁻¹ até 50 cm de profundidade.

Houve variação de atributos químicos do solo no decorrer das três épocas, principalmente em função da inundação, tanto no Cambarazal como no Acurizal (Tabela 10).

No Cambarazal, os teores de CT, P e K⁺ tiveram aumento significativo após a inundação pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). E NT, Ca²⁺ e Mg²⁺ não diferiram estatisticamente após a inundação.

³ CT foi transformado para Matéria Orgânica (MO) pelo fator 1,724, para comparação. Teor de MO baixo: < 2,4%; médio: 2,4 a 3,0%; adequado: 3,1 a 4,5%; alto: > 4,5, em solos argilosos de 0-20 cm.

⁴ Teor de P muito baixo: 0-3,0 mg/kg; baixo: 3,1 a 5,0; médio: 5,1 a 8,0; adequado: 8,1 a 12,0; alto: > 12,0, em solos argilosos de 0-20 cm. P extraído pelo extrator Mehlich 1.

⁵ Teor de K⁺ baixo: ≤ 0,06 cmol_c/dm³; médio: 0,07 a 0,13; adequado: 0,13 a 0,20; alto: > 0,20, de 0-20 cm.

⁶ Teor de Ca²⁺ baixo: < 1,5 cmol_c/dm³; adequado: 1,5 a 7,0; alto: > 7,0, de 0-20 cm.

⁷ Teor de Mg²⁺ baixo: < 0,5 cmol_c/dm³; adequado: 0,5 a 2,0; alto: >2,0, de 0-20 cm.

⁸ T (CTC a pH 7) baixa: < 7,2 cmol_c/dm³; média: 7,2 a 9,0; adequada: 12,1 a 18,0; alta > 18,0, em solos argilosos de 0-20 cm.

⁹ V baixa: ≤ 20%; média: 21 a 35%; adequada: 36 a 60%; alta: 61 a 70%; muito alta: ≥ 71, de 0-20 cm.

¹⁰ m baixo: < 20%; alto: 20 a 60%; muito alto: > 60%, de 0-20 cm (SOUSA & LOBATO, 2004).

No Acurizal, das variáveis químicas analisadas no solo, apenas P apresentou teor significativamente maior após a inundação ($p < 0,05$).

Tabela 10. Média (\pm EP) do teor de carbono total (CT), nitrogênio total (NT), fósforo disponível (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis, no solo do Cambarazal e Acurizal.

Profundidade (cm)	Cambarazal			Acurizal		
	Dez 2013	Jul 2014	Dez 2014	Dez 2013	Mai 2014	Dez 2014
CT ($g\ kg^{-1}$)						
0-10	27,63b ($\pm 2,54$)	42,53a ($\pm 4,07$)	30,43b ($\pm 2,88$)	26,91a ($\pm 3,05$)	20,85b ($\pm 3,00$)	29,71a ($\pm 3,94$)
10-20	11,99b ($\pm 1,15$)	19,07a ($\pm 3,54$)	13,43b ($\pm 1,22$)	9,57a ($\pm 0,73$)	10,40a ($\pm 1,13$)	12,36a ($\pm 2,00$)
20-30	8,27b ($\pm 1,07$)	11,78a ($\pm 1,17$)	8,93b ($\pm 0,55$)	8,32a ($\pm 1,04$)	8,38a ($\pm 0,44$)	10,38a ($\pm 2,38$)
30-40	7,77a ($\pm 0,78$)	9,77a ($\pm 1,25$)	7,02a ($\pm 0,57$)	5,82a ($\pm 0,60$)	6,12a ($\pm 0,63$)	7,58a ($\pm 1,66$)
40-50	6,67a ($\pm 0,46$)	8,03a ($\pm 0,65$)	6,68a ($\pm 0,51$)	5,05a ($\pm 0,58$)	5,52a ($\pm 0,36$)	5,72a ($\pm 0,83$)
NT ($g\ kg^{-1}$)						
0-10	2,08a ($\pm 0,19$)	2,31a ($\pm 0,05$)	2,13a ($\pm 0,23$)	2,23a ($\pm 0,21$)	1,89a ($\pm 0,20$)	1,96a ($\pm 0,27$)
10-20	0,94a ($\pm 0,06$)	1,05a ($\pm 0,15$)	0,81a ($\pm 0,13$)	0,93b ($\pm 0,07$)	1,27a ($\pm 0,12$)	0,67b ($\pm 0,09$)
20-30	0,62a ($\pm 0,13$)	0,65a ($\pm 0,14$)	0,49a ($\pm 0,07$)	0,85a ($\pm 0,10$)	1,00a ($\pm 0,06$)	0,40b ($\pm 0,14$)
30-40	0,63a ($\pm 0,10$)	0,60a ($\pm 0,11$)	0,30a ($\pm 0,07$)	0,64a ($\pm 0,07$)	0,81a ($\pm 0,06$)	0,31b ($\pm 0,08$)
40-50	0,50a ($\pm 0,06$)	0,34a ($\pm 0,11$)	0,38a ($\pm 0,10$)	0,52b ($\pm 0,06$)	0,74a ($\pm 0,04$)	0,18c ($\pm 0,10$)
P ($mg\ kg^{-1}$)						
0-10	20,17b ($\pm 3,98$)	32,59a ($\pm 3,31$)	15,22b ($\pm 3,03$)	7,04b ($\pm 1,35$)	17,05a ($\pm 8,13$)	14,26a ($\pm 4,15$)
10-20	6,22b ($\pm 1,82$)	11,41a ($\pm 3,41$)	5,79b ($\pm 0,74$)	2,54b ($\pm 0,52$)	13,47a ($\pm 6,88$)	9,89a ($\pm 3,67$)
20-30	3,93b ($\pm 1,33$)	7,61a ($\pm 1,55$)	2,29b ($\pm 0,43$)	2,01b ($\pm 0,36$)	13,60a ($\pm 7,14$)	5,11b ($\pm 1,67$)
30-40	2,79b ($\pm 0,63$)	4,39a ($\pm 0,64$)	1,41b ($\pm 0,32$)	1,65b ($\pm 0,26$)	11,23a ($\pm 6,06$)	2,14b ($\pm 0,49$)
40-50	2,33a ($\pm 0,31$)	2,20a ($\pm 0,51$)	0,93b ($\pm 0,05$)	1,20b ($\pm 0,13$)	10,87a ($\pm 6,06$)	1,68b ($\pm 0,34$)

Continuação...

Continuação.

Profundidade (cm)	Cambarazal			Acurizal		
	Dez 2013	Jul 2014	Dez 2014	Dez 2013	Mai 2014	Dez 2014
K⁺ (mg kg⁻¹)						
0-10	187,12b (±26,39)	238,53a (±17,95)	153,13b (±14,12)	145,45a (±19,35)	159,35a (±23,96)	156,55a (±18,02)
10-20	91,46b (±17,15)	178,08a (±32,33)	103,31b (±15,68)	82,27a (±12,95)	116,30a (±16,69)	100,57a (±29,63)
20-30	60,45b (±17,34)	145,50a (±26,95)	88,13b (±14,57)	75,37a (±9,09)	103,52a (±16,43)	83,12a (±26,80)
30-40	37,69b (±5,82)	110,25a (±16,07)	56,26b (±8,51)	65,11a (±6,63)	103,38a (±19,11)	70,51a (±12,34)
40-50	34,35b (±3,45)	63,12a (±7,46)	39,64b (±5,67)	58,63a (±6,71)	102,19a (±26,44)	77,00a (±14,40)
Ca²⁺ (cmol_c dm⁻³)						
0-10	4,82a (±0,28)	4,55a (±0,22)	4,75a (±0,30)	7,00a (±0,66)	7,25a (±0,93)	6,68a (±0,67)
10-20	4,06a (±0,62)	3,53a (±0,34)	4,35a (±0,43)	6,72a (±1,45)	7,50a (±1,15)	5,51a (±0,81)
20-30	4,06a (±0,52)	4,56a (±0,36)	4,19a (±0,50)	6,55a (±0,61)	7,85a (±1,03)	6,20a (±0,64)
30-40	4,10a (±0,45)	3,41a (±0,37)	3,78a (±0,64)	6,90a (±0,63)	8,01a (±0,49)	6,74a (±0,73)
40-50	4,12a (±0,43)	3,14a (±0,30)	3,74a (±0,66)	7,67a (±0,35)	9,21a (±0,58)	7,15a (±0,81)
Mg²⁺ (cmol_c dm⁻³)						
0-10	2,48a (±0,16)	2,35a (±0,16)	2,53a (±0,13)	4,92a (±0,91)	4,33a (±0,62)	4,05a (±0,42)
10-20	2,73a (±0,21)	2,51a (±0,11)	2,67a (±0,10)	5,21a (±0,76)	5,06a (±0,37)	5,27a (±0,61)
20-30	2,82a (±0,12)	3,00a (±0,41)	2,84a (±0,06)	6,47a (±0,80)	5,49a (±0,74)	6,65a (±0,49)
30-40	3,34a (±0,23)	3,45a (±0,37)	3,11a (±0,38)	7,23a (±0,74)	8,05a (±1,30)	7,85a (±0,49)
40-50	3,71a (±0,34)	3,86a (±0,33)	3,54a (±0,39)	9,15a (±0,98)	8,38a (±1,20)	8,81a (±0,64)

Médias seguidas pela mesma letra na linha, em cada floresta, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; n=11 para a profundidade 0-10 cm e n=6 para as outras profundidades do solo. Três épocas de amostragem: antes da inundação em dezembro de 2013; após a inundação em maio de 2014 no Acurizal e julho de 2014 no Cambarazal; e no final do período não inundado em dezembro de 2014.

5.5 CONTEÚDO DE CARBONO E DE NUTRIENTES NO SOLO

No Cambarazal e no Acurizal, a distribuição dos conteúdos de CT, NT, P disponível, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis nos solos variou conforme aumentou a profundidade (Figuras 22, 24, 26, 28, 30 e 32), ou seja, os seus perfis verticais (0-50 cm), e também em função da inundação (Tabela 10), quando comparadas as três diferentes épocas de amostragens. Também foi observada variação na camada superficial do solo (0-10 cm) durante o ano (Figuras 23, 25, 27, 29, 31 e 33).

Os conteúdos de CT no Cambarazal tiveram diferença significativa até 30 cm de solo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) e no Acurizal apenas na camada superficial do solo houve diferença significativa ($p < 0,05$) (Tabela 10 e Figura 22). Em ambas as florestas, os maiores conteúdos diminuíram com o aumento da profundidade.

Na camada superficial de 0 a 10 cm, o conteúdo médio de CT foi 47% maior ($51,09 \text{ Mg ha}^{-1}$) do que a 0-50 cm ($34,77 \text{ Mg ha}^{-1}$) no Cambarazal, e no Acurizal, 33%, ($45,34 \text{ Mg ha}^{-1}$ a 0-10 cm e $33,13 \text{ Mg ha}^{-1}$ a 0-50 cm). No Cambarazal, os conteúdos foram em média maiores do que no Acurizal, 5% a 0-50 cm e 13% a 0-10 cm de profundidade (Figuras 22 e 23).

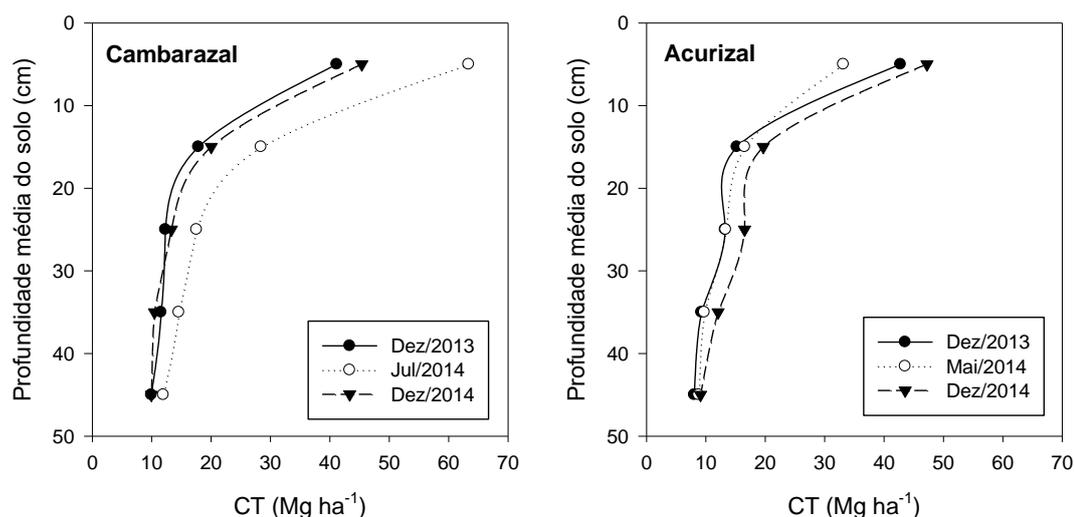


Figura 22. Conteúdo de carbono total no solo (Mg ha^{-1}) em diferentes profundidades ($n=11/\text{transecto}$ para 0-10 cm e $n=6$ para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.

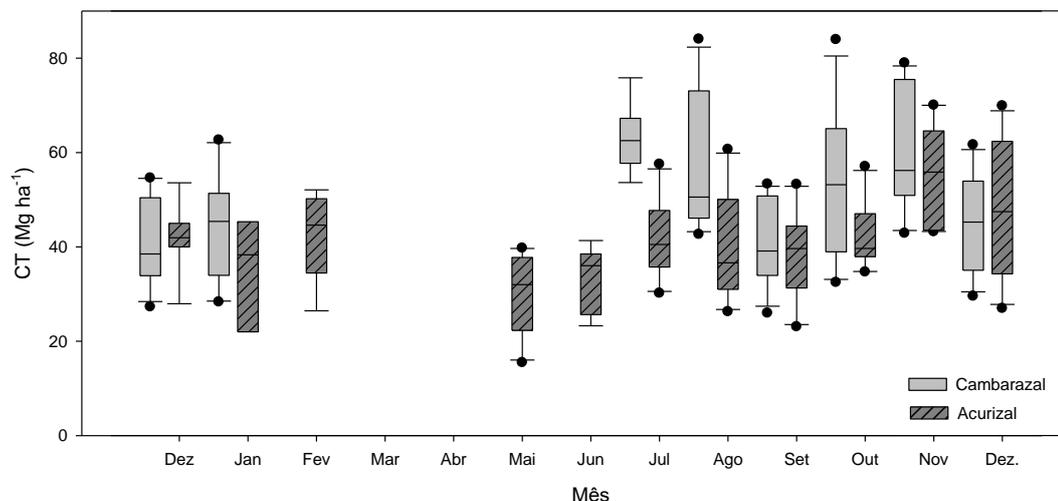


Figura 23. Conteúdo de carbono total no solo (Mg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm ($n=11/\text{transecto}$) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.

No Cambarazal, os conteúdos de NT não diferiram entre as três épocas avaliadas ($p>0,05$). Já no Acurizal, houve diferença nas camadas subsuperficiais do solo ($p<0,05$), com aumento dos conteúdos em função da inundação (Tabela 10). Os conteúdos de NT no solo a 0-10 cm ($3256,41 \text{ kg ha}^{-1}$) no Cambarazal foram 48% maiores do que a 0-50 cm ($2199,32 \text{ kg ha}^{-1}$), e no Acurizal os conteúdos de 0-10 cm ($3319,18 \text{ kg ha}^{-1}$) foram 33% maiores do que a 0-50 cm ($2491,87 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figuras 24 e 25).

Os maiores conteúdos de NT ocorreram na camada superficial e diminuíram conforme aumentou a profundidade do solo. No Acurizal, os conteúdos de NT foram em média maiores do que no Cambarazal, 13% a 0-50 cm e 2% a 0-10 cm de profundidade.

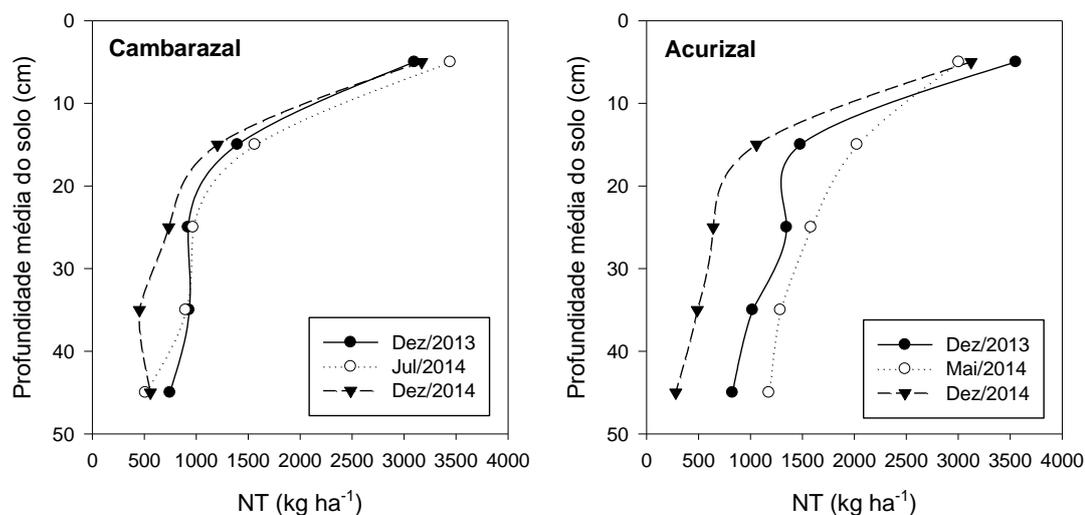


Figura 24. Conteúdo de nitrogênio total no solo (kg ha^{-1}) em diferentes profundidades ($n=11/\text{transecto}$ para 0-10 cm e $n=6$ para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.

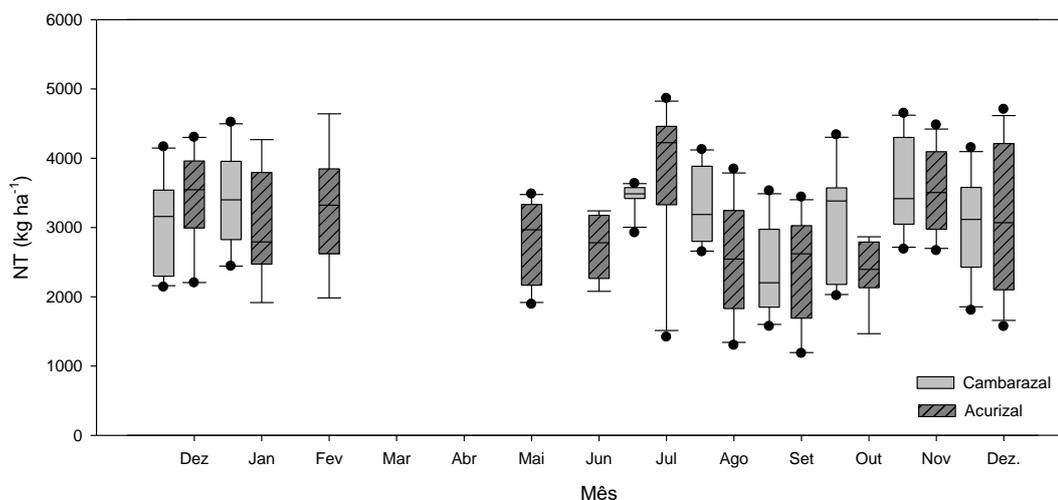


Figura 25. Conteúdo de nitrogênio total no solo (kg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm ($n=11/\text{transecto}$) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.

Os conteúdos de P disponível variaram significativamente em função da inundação (Tabela 10). No Cambarazal, houve diferenç a significativa em todas as camadas de solo ($p<0,05$) e no Acurizal, apenas nas camadas subsuperficiais ($p<0,05$). Os maiores conteúdos de P ocorreram na camada superficial a 0-10 cm e diminuiram com a profundidade (Figura 26).

Os conteúdos de P disponível nos solos foram 59% maiores de 0 a 10 cm

(35,70 kg ha⁻¹) no Cambarazal quando comparados a 0-50 cm (22,50 kg ha⁻¹). O mesmo ocorreu no Acurizal, os conteúdos foram 21% maiores a 0-10 cm (19,00 kg ha⁻¹) do que a 0-50 cm (15,64 kg ha⁻¹). No Cambarazal, os conteúdos foram em média maiores do que no Acurizal, 44% a 0-50 cm e 88% a 0-10 cm de profundidade (Figuras 26 e 27).

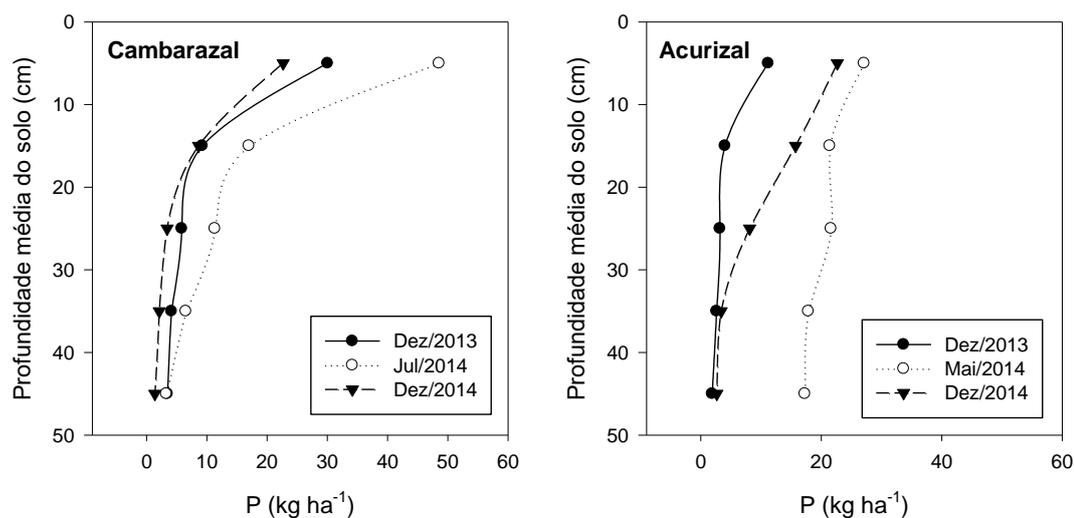


Figura 26. Conteúdo de fósforo disponível no solo (kg ha⁻¹) em diferentes profundidades (n=11/transecto para 0-10 cm e n=6 para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.

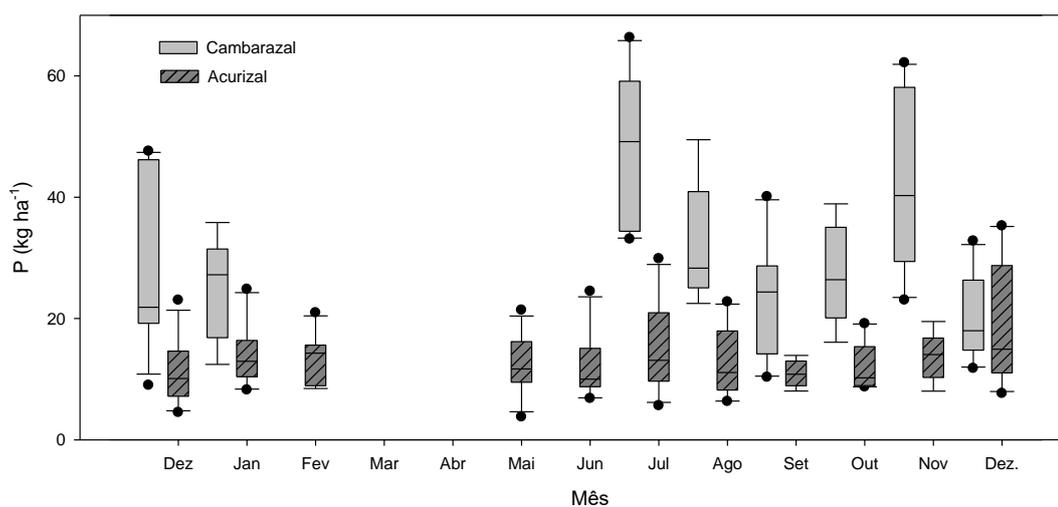


Figura 27. Conteúdo de fósforo disponível no solo (kg ha⁻¹) na profundidade 0-10 cm (n=11/transecto) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.

Os conteúdos de K⁺ trocável no Cambarazal, ao contrário do Acurizal,

aumentaram significativamente em decorrência da inundação ($p < 0,05$) (Tabela 10). Ambas as florestas, com maiores conteúdos na camada superficial a 0-10 cm e menores na camada de solo de 40-50 cm de profundidade. Os conteúdos de K^+ no solo no Cambarazal foram 26% maiores a 0-10 cm ($230,64 \text{ kg ha}^{-1}$) do que a 0-50 cm ($183,19 \text{ kg ha}^{-1}$), assim como no Acurizal a camada superficial 0-10 cm ($179,26 \text{ kg ha}^{-1}$) também apresentou 10% maior conteúdo do que a 0-50 cm ($163,69 \text{ kg ha}^{-1}$). No Cambarazal, os conteúdos foram em média maiores do que no Acurizal, 12% a 0-50 cm e 29% a 0-10 cm de profundidade (Figuras 28 e 29).

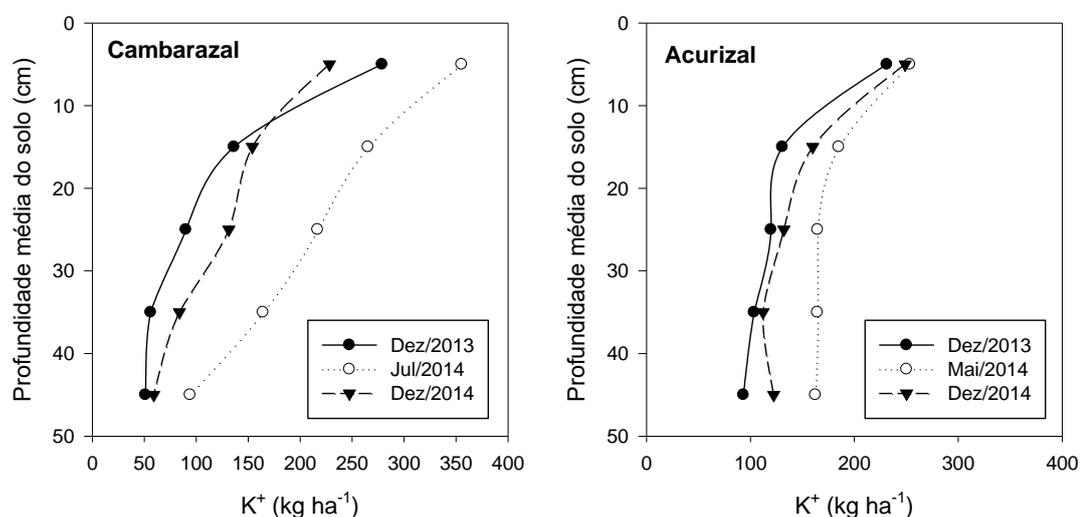


Figura 28. Conteúdo de potássio no solo (kg ha^{-1}) em diferentes profundidades ($n=11/\text{transecto}$ para 0-10 cm e $n=6$ para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.

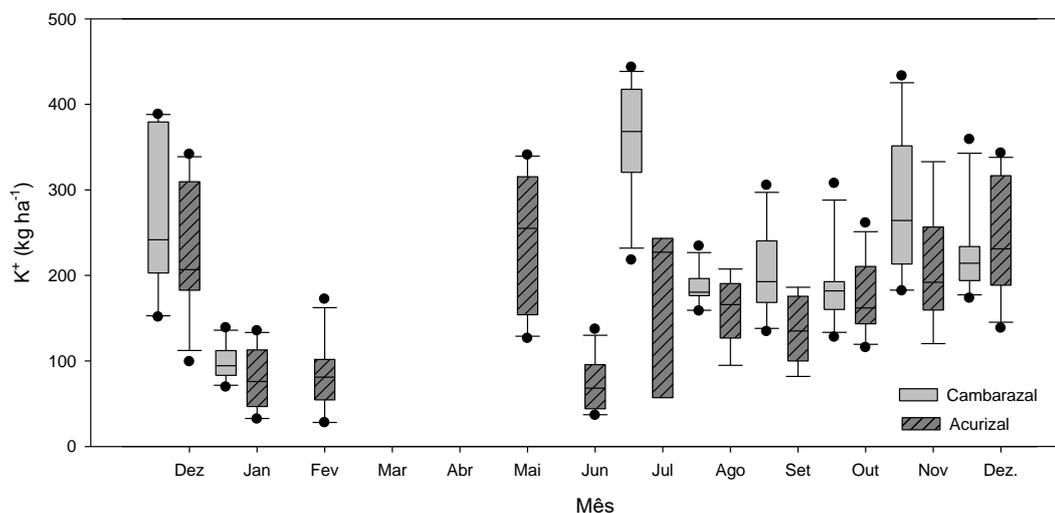


Figura 29. Conteúdo de potássio no solo (kg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm ($n=11/\text{transecto}$) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.

Os conteúdos de Ca^{2+} e Mg^{2+} , tanto no Cambarazal como no Acurizal, não diferiram estatisticamente em função da inundação ($p>0,05$), quando comparadas as três épocas de amostragem de solo a 0-50 cm (Tabela 10). Os conteúdos de Mg^{2+} nos solos de ambas as áreas seguiram o padrão típico do perfil vertical para este íon. Sendo que os conteúdos de Ca^{2+} são, normalmente, mais elevados nos horizontes superficiais, enquanto Mg^{2+} mais elevados nos horizontes subsuperficiais (Figura 30 e 32).

As médias anuais dos conteúdos de cálcio no solo do Cambarazal nas profundidades de 0-50 e 0-10 cm foram, respectivamente, 1263,43 e 1359,90 kg ha^{-1} . E no Acurizal, 2114,44 e 2013,73 kg ha^{-1} . Magnésio no solo do Cambarazal nas profundidades de 0-50 e 0-10 cm foram, respectivamente, 484,44 e 416,75 kg ha^{-1} . E no Acurizal, 985,14 e 769,93 kg ha^{-1} .

No Acurizal, os conteúdos de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram maiores do que no Cambarazal. Cálcio, 67% a 0-50 cm e 48% a 0-10 cm; magnésio, 103% a 0-50 cm e 85% a 0-10 cm de profundidade (Figuras 30 a 33). Os conteúdos de Mg^{2+} foram maiores nas camadas subsuperficiais no Acurizal devido ao processo de lixiviação.

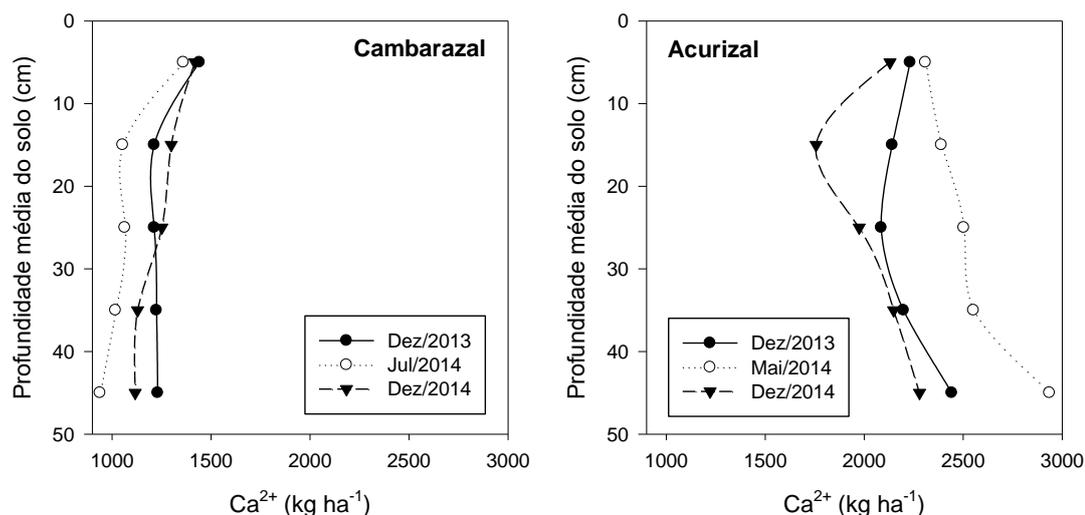


Figura 30. Conteúdo de cálcio no solo (kg ha^{-1}) em diferentes profundidades ($n=11/\text{tansecto}$ para 0-10 cm e $n=6$ para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.

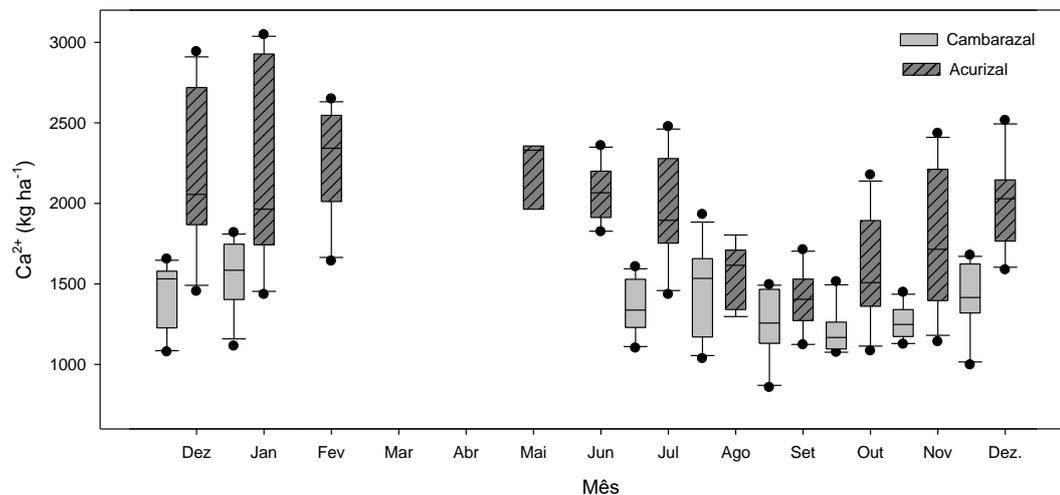


Figura 31. Conteúdo de cálcio no solo (kg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm ($n=11/\text{tansecto}$) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.

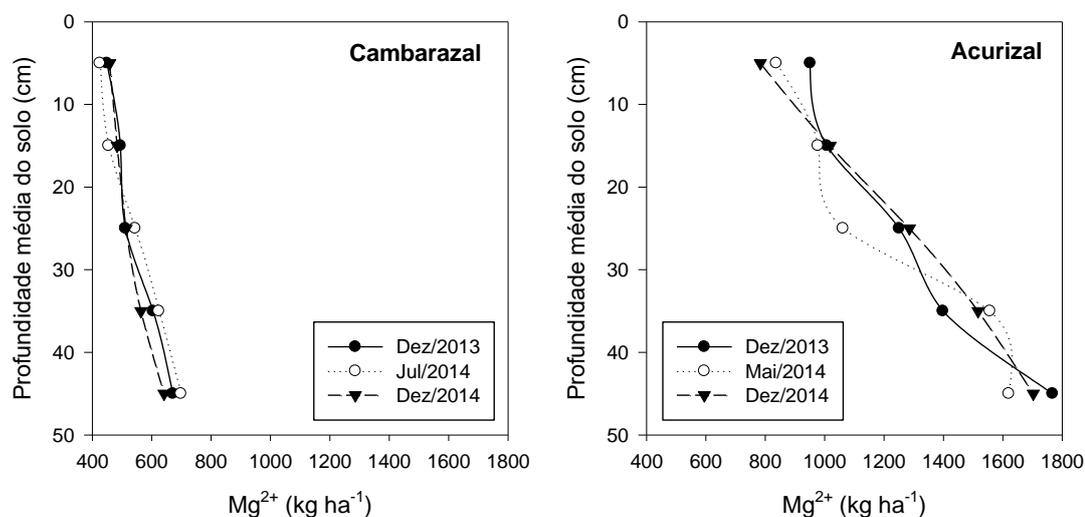


Figura 32. Conteúdo de magnésio no solo (kg ha^{-1}) em diferentes profundidades ($n=11/\text{tansecto}$ para 0-10 cm e $n=6$ para as outras profundidades), antes da inundação, após a inundação e no final do período não inundado.

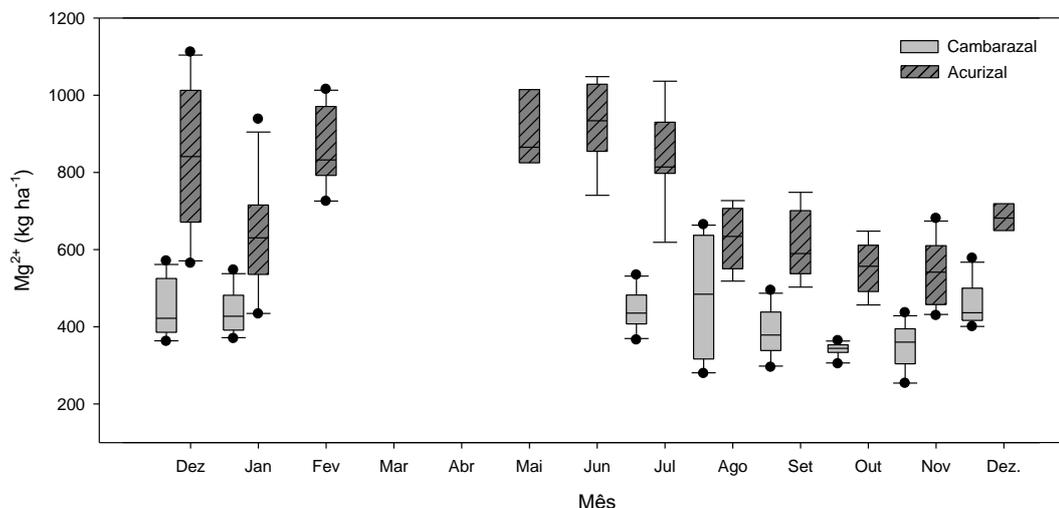


Figura 33. Conteúdo de magnésio no solo (kg ha^{-1}) na profundidade 0-10 cm ($n=11/\text{tansecto}$) no Cambarazal e Acurizal, de dezembro de 2013 a dezembro de 2014.

5.6 TRANSFERÊNCIA DE CARBONO DO SOLO POR MEIO DE EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO

O efluxo de CO_2 do solo, no segundo semestre, variou ao longo do tempo com média de $0,84 \pm 0,26 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ e $0,70 \pm 0,30 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ no Cambarazal e Acurizal, respectivamente.

Considerando os valores médios mensais, no Cambarazal o mês de maior efluxo de CO_2 do solo foi novembro com emissão 51% maior do que o mês de julho, quando a temperatura média do solo (26°C) foi 16% superior e a umidade média do solo (20%) foi 54% menor que a umidade em julho (Figura 34). No Acurizal, o mês de dezembro teve maior efluxo de CO_2 do solo com 127% maior emissão do gás do que julho, sendo que a temperatura do solo (26°C) foi 20% maior e a umidade (26%) foi 12% menor do que no mês de julho (Figura 35).

Com umidade do solo acima de 30% o efluxo de CO_2 foi menor; e acima de 40% teve uma maior variação espacial, verificada nos valores medidos ao longo do transecto. Quando a umidade esteve em torno de 20-26% ocorreram os maiores valores de efluxo do gás.

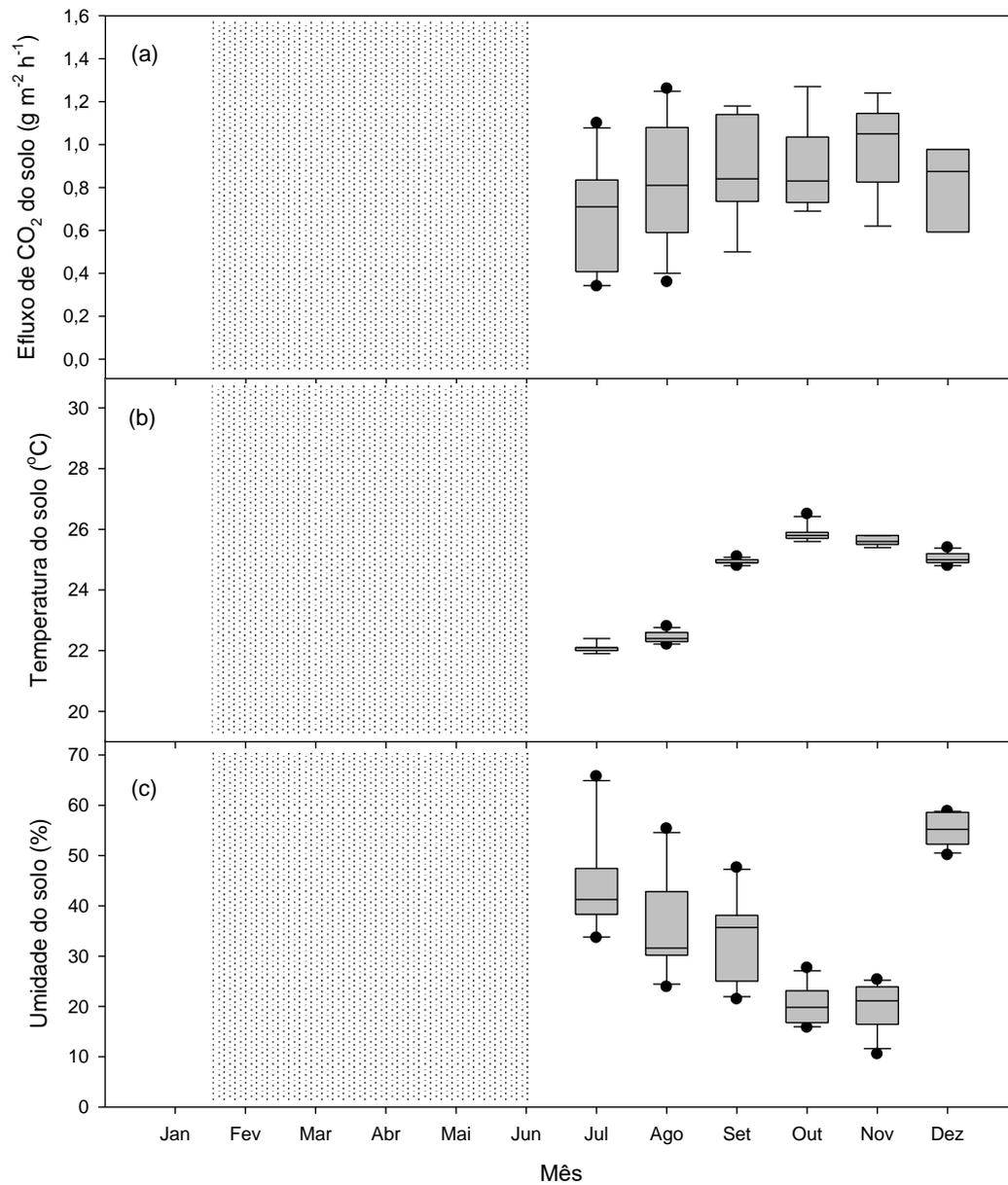


Figura 34. Efluxo de CO₂ do solo (g m⁻² h⁻¹) (n=11/transecto) (a), temperatura do solo (°C) (b) e umidade do solo (%) (c) no Cambarazal. Área sombreada representa o período inundado de fevereiro a meados de junho de 2014.

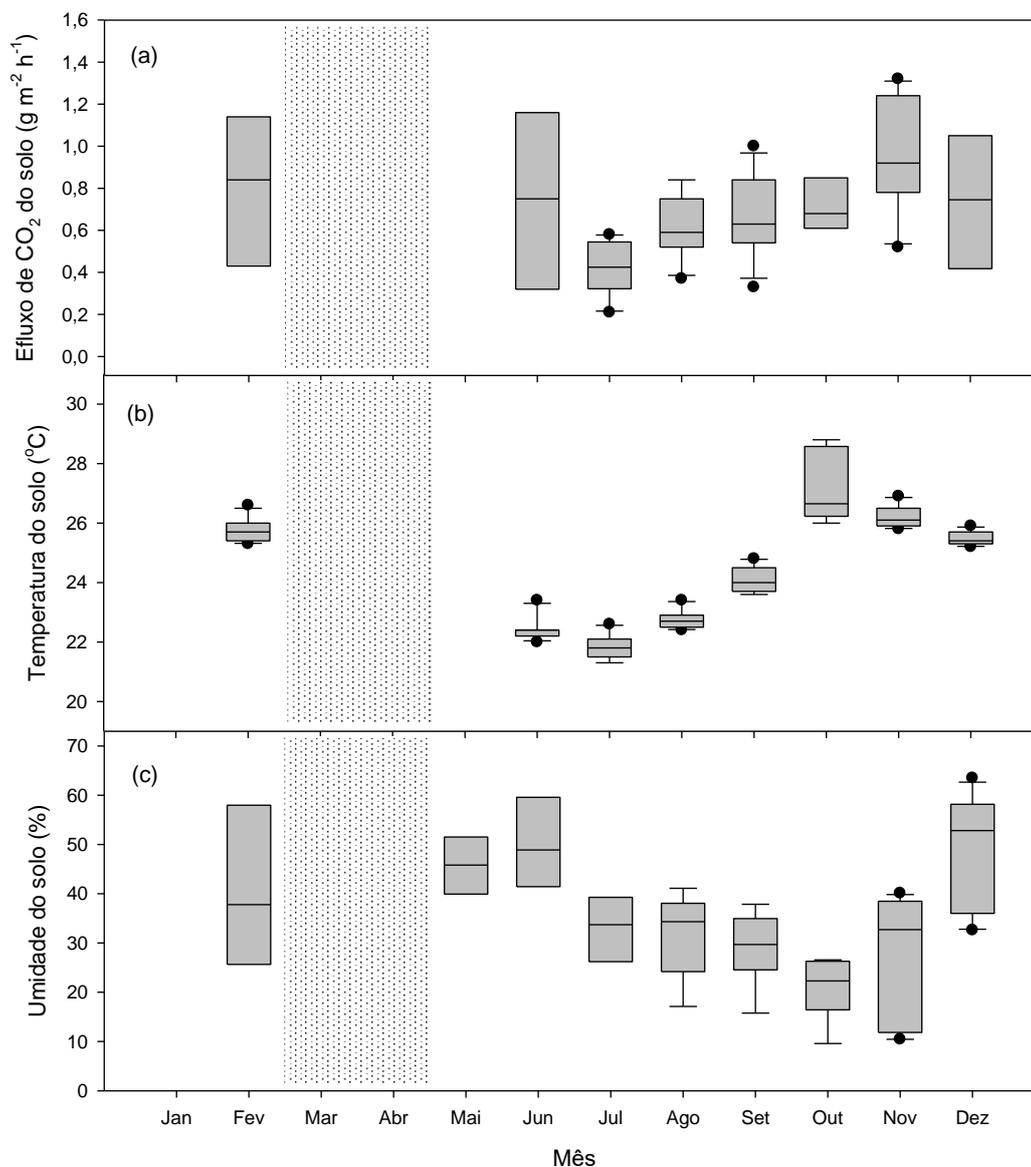


Figura 35. Efluxo de CO₂ do solo (g m⁻² h⁻¹) (n=11/transecto) (a), temperatura do solo (°C) (b) e umidade do solo (%) (c) no Acuzal. Área sombreada representa o período inundado de março a abril de 2014.

No Cambarazal, o efluxo de CO₂ do solo correlacionou-se negativamente com a umidade do solo ($r=-0,81$, $p<0,05$) e positivamente com a temperatura do solo ($r=0,73$, $p<0,05$), e no Acuzal, houve apenas correlação positiva do efluxo com a temperatura do solo ($r=0,68$, $p<0,05$).

6. DISCUSSÃO

6.1 VARIÁVEIS MICROHIDROMETEOROLÓGICAS

Os menores registros de precipitação no intervalo de junho e outubro corroboraram com os resultados de Hasenack et al. (2003) e Rosa et al. (2007). O aumento da precipitação a partir desse período, segundo Rosa et al. (2007), pode estar relacionado ao enfraquecimento da massa polar atlântica e o aumento da atuação da massa de ar Equatorial Continental, quando aumentam os índices de precipitação.

As diferenças na lâmina d'água e no tempo de duração da inundação entre ambas as florestas ocorreram devido à topografia das áreas e os tipos de solo (ZEILHOFER & SCHESSI, 2000), o que pode ser confirmado pela diferença de altitude entre o Cambarazal e o Acurizal de, aproximadamente, dois metros.

Apesar da umidade do solo no Cambarazal ter diminuído gradativamente no decorrer do período não inundado, a umidade do solo permaneceu acima de 20%, o que pode ser atribuído ao fato do solo ser argiloso e ao alto índice de área foliar da *V. divergens* registrados por Sanches et al. (2011).

Os valores da temperatura do ar obtidos neste estudo corroboram com os registrados por Biudes et al. (2015) em outro sítio experimental com dominância de *V. divergens* dentro da reserva. Esses valores estão na faixa dos valores medidos na RPPN SESC Pantanal por Hasenack et al. (2003).

Em geral, no Pantanal Mato-Grossense, o trimestre de setembro a novembro é caracterizado por temperaturas altas por causa do aquecimento no equinócio da primavera (outubro–novembro) (ROSA et al., 2007).

Hasenack et al. (2003) argumenta que as matas mais densas na RPPN SESC Pantanal tem umidade relativa do ar maior que 70%, valores esses semelhantes aos observados na torre local durante o ano deste estudo.

O déficit de pressão de vapor no ar foi semelhante aos registrados por Biudes et al. (2015) em outra floresta monodominante de *V. divergens* na RPPN SESC Pantanal. Esses autores argumentam que o déficit de pressão de vapor é menor em vegetação com índice de área foliar maior.

O maior valor de déficit de pressão de vapor médio mensal correspondeu ao período com menores índices de precipitação pluvial e, conseqüentemente, menores valores de umidade relativa do ar. O mês que ocorreu maior velocidade do vento média mensal correspondeu ao maior déficit de pressão de vapor no ar.

6.2 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA SOBRE O SOLO

A *V. divergens* foi a espécie arbórea que mais contribuiu com folhas na serrapilheira produzida no Cambarazal. As folhas foram as maiores responsáveis pela serrapilheira produzida assim como constatado por Silva (2013) em Cambarazal, que verificou que a fração de serrapilheira correspondente às folhas foi a que teve maior contribuição na serrapilheira total. Assim como foi verificado no Acurizal na cordilheira adjacente a este estudo, onde a maior fração também correspondeu às folhas, com maior deposição em agosto (CARVALHO, 2013).

Silva (2013) justificou que a maior fração da serrapilheira composta pelas folhas no Cambarazal deve-se à fenologia da *V. divergens* que, quando em decorrência do período seco, reduz sua área transpirativa em condições de déficit de vapor de água.

A maior contribuição das folhas na serrapilheira produzida no Cambarazal pode ser devido as plantas de *V. divergens* estarem em área que permanece inundada por mais tempo, o que promove maior estresse, levando a maior queda de folhas. Outro fator que, provavelmente, contribuiu foi a maior evapotranspiração das plantas de *V. divergens*, tendo em vista que essa vegetação apresenta uma profundidade maior de raízes e um índice de área foliar significativamente mais elevado em relação às pastagens ou matas que elas substituem pela sua colonização (VOURLITIS & ROCHA, 2010; SANCHES et al., 2014).

Os valores de serrapilheira produzida registrados no Acurizal foram superiores a outros estudos na RPPN SESC Pantanal em cordilheiras com vegetação predominante de *S. phalerata* (CARVALHO, 2013; CARNEIRO, 2015). Essa diferença foi, provavelmente, porque esses pesquisadores analisaram a deposição de serrapilheira em Acurizal numa cordilheira e o Acurizal deste estudo foi em área

sazonalmente inundável, adjacente à cordilheira, diferindo quanto à diversidade de espécies e topografia.

Segundo Haase (1999), a serrapilheira produzida em florestas sazonalmente inundáveis, geralmente, é maior comparada às florestas adjacentes em áreas mais elevadas, o que indica que a produção da floresta inundada é, geralmente, maior do que as florestas de terras altas no mesmo local.

Contudo, os valores de serrapilheira produzida anual observados neste estudo foram similares a outros, tanto de florestas semidecíduas sazonalmente inundadas ou de terra firme (HAASE, 1999; VITAL et al., 2004; SANCHES et al., 2008; VALENTINI et al., 2008; NOGUEIRA et al., 2011; MATA et al., 2012).

Além da topografia, a composição da vegetação é um fator importante que pode explicar as diferenças entre as florestas quanto à produção de serrapilheira (MALHI et al., 2009), o que ocorreu entre as florestas de cambarás e acuris deste estudo.

O período de estiagem foi o de maior deposição de serrapilheira produzida em ambas as áreas, sendo que os meses de agosto e setembro ocorreram picos de produção. Esses meses corresponderam ao período de estiagem na RPPN SESC Pantanal. Nos meses de novembro e dezembro houve diminuição na quantidade de serrapilheira produzida, o que pode estar relacionada ao início do período chuvoso.

Os valores da massa seca da serrapilheira acumulada sobre o solo no Cambarazal com, aproximadamente, o dobro em agosto em relação ao mês anterior foi em decorrência do início do período de senescência das folhas quando os picos de deposição ocorreram em agosto e setembro.

Os valores de serrapilheira acumulada sobre o solo foram menores que os registrados por Vourlitis et al. (2011) e Silva (2013). Esses conduziram suas pesquisas na RPPN SESC Pantanal, sendo que um dos estudos foi em duas áreas: uma com estande monoespecífico de *V. divergens* e outro com invasão de cambarás (VOURLITIS et al., 2011); e o outro estudo foi em área com um gradiente de *V. divergens* (SILVA, 2013).

No Acurizal, os valores de serrapilheira acumulada sobre o solo também foram inferiores aos registrados por Carvalho (2013) em floresta de acuris, porém na cordilheira adjacente ao presente estudo. A autora registrou valores com amplitude

de 18 Mg ha⁻¹ durante o ano, enquanto neste estudo foi registrada uma amplitude de 4 Mg ha⁻¹.

O montante de serrapilheira acumulada sobre o solo no final do ano, em ambas as florestas deste estudo, ficou no intervalo daqueles descritos em floresta tropical de terra firme no norte do estado de Mato Grosso (SANCHES et al., 2008; VALENTINI et al., 2008), provavelmente, porque parte da serrapilheira foi incorporada a camada superficial do solo devido a inundação.

As diferenças entre as áreas, provavelmente, podem ser atribuídas as diferenças de idade da vegetação arbórea, a diversidade (riqueza e abundância) de espécies (VOURLITIS et al., 2012), a quantidade de material vegetal que cai da parte aérea de cada floresta e a taxa de decomposição da serrapilheira (VALENTINI et al., 2008).

Os coeficientes de decomposição, tanto do Cambarazal quanto do Acurizal, foram maiores ao de floresta sazonalmente inundada no oeste da Austrália (QIU et al., 2012), e semelhantes ao registrado em Cambarazal na RPPN SESC Pantanal (SILVA, 2013).

Os coeficientes de decomposição aqui descritos ficaram no intervalo daqueles reportados para serrapilheira acumulada em floresta de terra firme no norte de Mato Grosso (VALENTINI et al., 2008; SANCHES et al., 2008). Porém, segundo esses autores, o fator que regulou a decomposição naquela floresta foi a precipitação, sendo que os valores declinaram exponencialmente à medida que a precipitação aumentou. Isso indica que as florestas deste estudo tiveram comportamento semelhante quanto à decomposição no período em que não há inundação.

Porém, a topografia, o tempo de inundação e a formação vegetal influenciaram a taxa de decomposição. Isso foi constatado por Liu et al. (2010), que registrou diferenças da velocidade de decomposição da serrapilheira entre áreas com diferentes tipos de vegetação dominante, porém com o mesmo nível de inundação. Esses autores verificaram que outras três áreas com frequências de inundação distintas também tiveram efeitos diferentes nos processos de decomposição devido à topografia, conforme este estudo.

Além desses fatores, topografia, tempo de inundação e formação vegetal, deve-se destacar a influência do pH do solo, a densidade da população de organismos

decompositores, as condições ambientais do local como precipitação, umidade e temperatura do ar bem como umidade do solo, entres outros fatores (CALDEIRA et al., 2007).

Em agosto no Acurizal, o maior valor do coeficiente de decomposição pode ser explicado pela maior deposição de serrapilheira produzida e pela umidade do solo que ainda era suficiente para promover a atividade dos microrganismos responsáveis pela decomposição (MELLO et al., 2015). Ou seja, a maior quantidade de matéria prima a ser decomposta, somada as condições favoráveis, levaram a maiores valores de decomposição.

Os maiores valores do coeficiente de decomposição no primeiro mês após a inundação estão associados à rápida decomposição inicial de material lábil que é composto, geralmente, pela fração foliar, sendo que em seguida a decomposição torna-se mais lenta porque o material ainda não decomposto, ou seja, galhos, são mais resistentes, e por isso há uma diminuição da decomposição nos meses seguintes (FERNANDES et al., 2006).

A maior velocidade de decomposição das folhas em relação aos galhos e outros materiais pode ser explicada porque os principais componentes das folhas são carboidratos solúveis de maior velocidade de decomposição que os demais constituintes da serrapilheira (SONGWE et al., 1995).

Provavelmente, os menores valores de decomposição no Cambarazal devem-se a composição das folhas de *V. divergens* que devem possuir mais lignina; e também devido à taxa de decomposição do material vegetal morto que é menor em áreas com período de inundação estendido e baixa hidrodinâmica (CRAFT, 2001).

Esse fato pode ser explicado devido, provavelmente, a decomposição da serrapilheira de uma floresta que é muito influenciada pelo conteúdo de lignina, assim como pelas condições climáticas (ODUM, 2013). Os componentes mais lábeis são, preferencialmente, decompostos e os componentes mais refratários, como a lignina, são acumulados ao longo do tempo, e a taxa de decomposição diminui quando o material orgânico envelhece (COLLINS & KUEHL, 2001). Além desses fatores, a inundação prolongada e a baixa temperatura diminuem consideravelmente a decomposição da serrapilheira e da matéria orgânica do solo acumulando material orgânico sobre esse (SONG et al., 2017).

Apesar das duas áreas deste estudo não apresentarem temperaturas baixas, a duração da inundação foi um importante fator, pois o solo do Cambarazal ficou sob inundação por cinco meses e o do Acurizal por dois meses, período em que as taxas de decomposição são reduzidas devido à depleção do O₂.

6.2.1 Relação entre a Serrapilheira Produzida e as Variáveis Microhidrometeorológicas

Quando a precipitação pluvial e a umidade do ar diminuíram no segundo semestre de 2014, o déficit de pressão de vapor no ar aumentou, e a deposição da serrapilheira produzida total e da fração folhas aumentou. Os maiores valores de déficit de pressão de vapor coincidiram com os picos de deposição de serrapilheira nos meses de agosto e setembro.

Pela Análise de Componentes Principais, houve correlação entre os meses de agosto, setembro e outubro e o menor déficit de pressão de vapor no ar, sendo que o mês de agosto também se correlacionou com a maior velocidade do vento que ocorreu nesse mês.

O ciclo da precipitação é um componente importante que define o microclima local (NUNES DA CUNHA & JUNK, 2004; ARIEIRA & NUNES DA CUNHA, 2006), caracterizado por um período típico de inundação na reserva, geralmente, de janeiro a junho dependendo da topografia de cada área (NUNES DA CUNHA & JUNK, 2001) e um período não inundado, de estiagem. A relação da precipitação com a deposição de serrapilheira total e de folhas foi em decorrência desse período de estiagem, com menores índices pluviométricos e, conseqüentemente, maiores déficits de pressão de vapor no ar.

A maior deposição de folhas no período de estiagem está relacionada à estratégia das plantas em diminuir a área da superfície transpirativa, quando a precipitação e a umidade relativa do ar diminuíram e, conseqüentemente, o déficit de pressão de vapor do ar aumentou (AUBINET et al., 2001; REICHARDT & TIMM, 2004).

A senescência das folhas da planta, promovida pelo aumento dos níveis de etileno e ácido abscísico (hormônios endógenos) (DIAS et al., 2002), deve-se a um

estímulo ambiental. Ou seja, a menor precipitação pluvial promove a produção de ácido abscísico, que está relacionado ao fechamento estomático, e o hormônio etileno promove a queda de folhas.

Algumas espécies vegetais podem desenvolver estratégias para suportar vários meses de inundação seguida por um período de estiagem, como é o caso da *V. divergens* que suporta um período prolongado de inundação no primeiro semestre do ano (NUNES DA CUNHA & JUNK, 2004) e apresenta maiores valores de produção de serrapilheira no segundo semestre, principalmente em agosto e setembro.

Além da maior deposição de serrapilheira no período de estiagem, foram relatadas outras estratégias da *V. divergens* nesse período, ou seja, ocorre o incremento negativo do tronco (MACHADO et al., 2015; SALLO et al., 2017), a redução na condutância estomática e a limitação na etapa fotoquímica da fotossíntese (DALMOLIN et al., 2012; DALMOLIN et al., 2013), que demonstram aspectos importantes dessa espécie.

Os fatores climáticos explicaram em parte a variação sazonal da deposição de serrapilheira relacionada à fenologia das plantas, mas a variação não explicada deve-se a outros fatores, que pode ser devido a uma estratégia selecionada ao longo do processo evolutivo do ecossistema, segundo Pagano (1985).

6.3 CARBONO E NUTRIENTES NA SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA SOBRE O SOLO

O teor médio anual de carbono na serrapilheira produzida no Cambarazal e no Acurizal ficou acima do intervalo esperado para tecidos vegetais que, segundo Selle (2007), é da ordem de 40 a 45%. Contudo, o teor de carbono nas folhas verdes do dossel em ambas as florestas ficou no intervalo esperado. Essa diferença entre o teor na serrapilheira produzida e nas folhas verdes pode ser explicada devido à composição do material vegetal na serrapilheira, composto por folhas, ramos e órgãos reprodutivos, o que pode ser confirmado pelo percentual de ramos na serrapilheira produzida.

Porém, a média anual do teor de carbono total na serrapilheira produzida foi similar aos valores reportados por Song et al. (2017) no nordeste da China, em ambiente continuamente inundado.

Os teores de carbono na serrapilheira produzida nas florestas deste estudo justificam-se pela presença de espécies lenhosas. Segundo Liao et al. (2008), a ocupação de algumas espécies no Pantanal tem aumentado significativamente o conteúdo de carbono na planta, na serrapilheira e nas raízes, além dos conteúdos no solo nessas áreas.

Os teores de nitrogênio e fósforo na serrapilheira produzida foram menores do que nas folhas verdes amostradas diretamente do dossel, o que indica a redistribuição dos nutrientes antes da deposição das folhas. Essa diferença deve-se ao fato de que os nutrientes nas folhas em senescência são redistribuídos para outras partes da planta, antes da deposição. Porém, para atender às necessidades dos microrganismos decompositores sem que esses precisem recorrer ao nitrogênio do solo, o material vegetal deve ter pelo menos 1,5 a 1,7% de nitrogênio e abaixo deste valor acarreta no consumo de nitrogênio do solo pelos microrganismos, sendo que o teor de nitrogênio na serrapilheira produzida foi 1,2% no Cambarazal e 1,4% no Acurizal (CANTARELLI, 2007).

Os teores de fósforo na serrapilheira produzida, no Cambarazal e no Acurizal, apesar de ficarem abaixo do valor crítico necessário para manterem os processos de mineralização e imobilização em equilíbrio no solo, estão dentro da faixa dos padrões conforme Selle (2007) que é de 0,1 a 0,3% da matéria seca. Acima do valor crítico (0,2%) predomina a mineralização no solo e abaixo, a imobilização (NOVAIS et al., 2007).

Contudo, neste estudo os teores de nitrogênio e fósforo foram superiores aos relatados em ambiente constantemente inundado na China (SONG et al., 2017). Essas diferenças podem ser explicadas, segundo Liao et al. (2008), devido a composição da vegetação de cada área, e ao fato das espécies lenhosas terem um sistema radicular que consegue explorar um maior volume de solo e retornar mais serrapilheira rica em nitrogênio para o solo. Esse fato também concorda com Selle (2007) que argumenta que a quantidade e qualidade de nutrientes fornecidos ao solo

pela deposição da serrapilheira varia de acordo com as espécies que compõem a formação florestal, assim como a disponibilidade de nutrientes no solo.

O padrão de teor de potássio, cálcio e magnésio na matéria seca da serrapilheira produzida ficou no intervalo esperado (SELLE, 2007). No Cambarazal, os teores de cálcio e magnésio nas folhas verdes foram superiores à serrapilheira produzida, porém no Acurizal cálcio das folhas verdes de *S. phalerata* foi inferior aos teores na serrapilheira.

Essa diferença entre os teores de cálcio nas folhas verdes e na serrapilheira produzida no Acurizal, provavelmente, foi devido ao fato do material vegetal depositado nos cestos coletores de serrapilheira não corresponderem apenas às folhas de acuris, e sim das folhas da comunidade das espécies arbóreas, o que foi constatado *in situ*.

Além da redistribuição de nutrientes das folhas durante o processo de senescência e antes da deposição, a precipitação pluvial pode ser um fator importante que promove perdas de nutrientes das folhas. Esse fato foi constatado por Ernani et al. (2007) em um estudo com plantas de milho, em que o potássio foi lavado da parte aérea das plantas pela precipitação pluvial tão logo as plantas entraram em senescência.

Em agosto e setembro, tanto no Cambarazal como no Acurizal, os maiores conteúdos de carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na serrapilheira produzida podem ser justificados em função da maior deposição de serrapilheira produzida nesses meses de menor precipitação pluvial, já que os conteúdos são calculados em função da massa seca da serrapilheira produzida, ou seja, quanto maior a deposição, conseqüentemente, maiores os conteúdos de carbono e de nutrientes.

Entretanto, em junho no Acurizal e em julho no Cambarazal, os conteúdos de nutrientes na serrapilheira produzida não seguiram o padrão da deposição da serrapilheira, observado nos gráficos de distribuição mensal, provavelmente, porque, de acordo com Haase (1999) e Nunes da Cunha & Junk (2004), ocorreu redistribuição de nutrientes das folhas em processo de senescência, conduzindo esses nutrientes para a produção de flores e novas folhas tão logo terminou a inundação.

Contudo, os conteúdos de nutrientes na serrapilheira produzida ficaram dentro da faixa de valores esperados para florestas semidecíduas no Pantanal (HAASE, 1999). Segundo esse autor, as florestas semidecíduas e aquelas sempre verdes no Pantanal apresentaram conteúdos de nutrientes maiores do que as decíduas.

Na serrapilheira acumulada sobre o solo, os conteúdos de fósforo e potássio foram maiores no Cambarazal e cálcio e magnésio maiores no Acurizal. Essas diferenças podem ser compreendidas analisando-se os teores de fósforo disponível e potássio trocável que também foram maiores no solo do Cambarazal, assim como cálcio e magnésio trocáveis maiores no Acurizal. Porque o limite entre a camada de serrapilheira e a matéria orgânica do solo não estavam bem definidos, conforme observados *in situ*.

Os teores dos nutrientes fósforo, potássio e cálcio na serrapilheira acumulada sobre o solo foram superiores aos registrados em fitofisionomias de cerrado, tanto em áreas de terra firme como sazonalmente inundadas (VOURLITIS et al., 2013), indicando que naqueles ambientes a decomposição e a liberação de nutrientes foi mais acelerada, ou por não serem sazonalmente inundadas ou pela diferença entre o tempo de inundação com as áreas do presente estudo.

As relações C/N e C/P maiores no Cambarazal do que na floresta de acurizal, indicou que a velocidade de decomposição do material vegetal das *V. divergens* foi mais lenta, o que pode ser confirmado pelos valores de coeficientes de decomposição. Estas relações C/N e C/P demonstraram uma tendência de menor decomposição do material vegetal no Cambarazal, sendo importante ressaltar que outros fatores também influenciam no processo como, por exemplo, o microclima, o ambiente físico e químico, a qualidade dos recursos vegetais e os organismos decompositores (LLOYD, 2006).

As relações C/N e C/P das duas florestas da RPPN SESC Pantanal deste estudo foram inferiores aos valores registrados em um ambiente constantemente inundado e com baixas temperaturas na China (SONG et al., 2017), ou seja, naquele ambiente a velocidade de decomposição foi ainda mais lenta devido a inundação permanente e às baixas temperaturas, sendo que no Pantanal a inundação é sazonal permitindo maior decomposição no período não inundado.

Como as relações C/N e C/P da serrapilheira são reconhecidas como índices dos efeitos da qualidade do material vegetal nas taxas de decomposição da matéria orgânica, pode-se entender que C/N e C/P maiores significam que os teores de nitrogênio e fósforo na serrapilheira foram menores e carbono maior (SONG et al., 2017), o que indica menores taxas de decomposição. E como C/N e C/P foram maiores no Cambarazal comparado ao Acurizal, indica que a velocidade de decomposição foi menor no Cambarazal, o que é coerente com os menores valores de k registrados e os maiores conteúdos de carbono no solo.

Como em ambas as florestas as relações C/N e C/P foram superiores a 30 e 200, respectivamente, isso indica que a mineralização líquida de nitrogênio e fósforo foi desfavorecida tanto no Cambarazal como no Acurizal (SILVA & MENDONÇA, 2007).

Porém, se a relação C/N ficasse no intervalo de 25 a 30, seria considerado que os teores de nitrogênio atenderiam as necessidades dos microrganismos decompositores sem que recorressem ao nitrogênio do solo (CANTARELLA, 2007), o que não aconteceu em ambas as florestas.

Segundo Cantarella (2007), no decorrer do processo de decomposição, C/N tem uma tendência a abaixar, sobrando nitrogênio no sistema e ocorrendo a mineralização líquida e a liberação de N inorgânico no solo. Todavia, a velocidade de decomposição decresce quando C/N se aproxima de 10 a 12, estabilizando a matéria orgânica no solo.

As relações C/N altas no Cambarazal e Acurizal podem indicar que o material vegetal tem muita lignina e pouco nitrogênio, que pode não resultar em substancial imobilização do nitrogênio do solo por ser a lignina uma fonte pobre de energia para os microrganismos (CANTARELLA 2007). Assim como a relação C/N afeta a mineralização do nitrogênio, a relação C/P afeta a mineralização do P e a imobilização do fosfato em decomposição na serrapilheira, ou seja, quando C/P aumenta, as taxas de mineralização do fósforo diminuem (SONG et al., 2017).

Como C/N e C/P foram maiores do que os valores indicados por Silva & Mendonça (2007) (30 e 200, respectivamente), significa que a decomposição da serrapilheira foi mais lenta, que segundo Song et al (2017), desacelera a ciclagem de carbono e de nutrientes, indicando que em ambas as áreas, Cambarazal e Acurizal,

provavelmente, a imobilização de nitrogênio e de fósforo prevaleceu sobre a mineralização.

Apesar do potencial de transferência de carbono e de retorno de nutrientes para o solo por meio da serrapilheira produzida ter sido maior no Cambarazal do que no Acurizal, cabe ressaltar que esses valores não indicam um retorno ao solo, pois existem ainda outros fatores não considerados aqui, tais como a perda desses elementos para a atmosfera em forma de compostos moleculares gasosos e perdas laterais pelos fluxos devido à inundação, assim como também ocorrem entradas no ecossistema pela deposição seca e a contribuição relativa da precipitação pluvial no processo de enriquecimento quando ocorre a lavagem das folhas do vegetal e a transferência desse para o solo.

Esses fluxos laterais de massa em áreas inundadas, com entradas e saídas de nutrientes de áreas adjacentes, ou seja, detritos da serrapilheira ou nutrientes dissolvidos na água transportados pela inundação para outras áreas vizinhas, ou o carreamento de material orgânico e nutrientes das áreas adjacentes, não foram investigados neste estudo.

6.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

Os solos do Cambarazal e do Acurizal foram considerados argilosos até 50 cm de profundidade. Porém, na camada superficial do solo (0-10 cm) do Acurizal houve maior variação quanto ao percentual de argila e areia comparados ao Cambarazal, provavelmente, devido às diferenças das cotas topográficas entre ambas as áreas, mais evidentes no Acurizal que está adjacente a uma cordilheira.

Solos com teores de argila mais elevados possuem maior área superficial de sua matriz mineral e maior potencial de estabilização da matéria orgânica, se houver sítios de ligação livres (PARTON et al., 1987).

A textura do solo é um importante fator que influencia a dinâmica da matéria orgânica, uma vez que esse atributo condiciona diferentes características do solo, tais como a distribuição do tamanho e continuidade dos poros, tamanho e estabilidade de agregados, disponibilidade de água, difusão de gases e o acesso microbiano à matéria orgânica, características essas que modulam em maior ou menor graus os processos

de decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo (LEITE & MENDONÇA, 2003).

A variação dos atributos químicos do solo no decorrer do ano ocorreu, principalmente, devido a inundação, o que também foi registrado por Lima et al. (2005), Vourlitis et al. (2011) e Machado et al. (2015).

Essas variações eram esperadas por se tratar de áreas sazonalmente inundadas onde, geralmente, ocorrem diversas transformações químicas e físicas no solo após a inundação, sendo as principais o aumento de pH de solos ácidos, aumento dos teores de Mn^{+2} e Fe^{+2} , redução do Mn^{+4} e do Fe^{+3} , redução de sulfatos a SO_3^{-2} , aumento da disponibilidade de PO_4^{-3} e Si^{+2} , aumento do teor de cátions na solução por troca com Fe^{+2} , NH_4^+ , Mn^{+2} do complexo, formação de produtos orgânicos, como CH_4 , aldeídos, ácidos orgânicos, etc. (RICHARDSON, 1996; BOHN et al., 2001; COLLINS & KUEHL, 2001; CRAFT, 2001; RICHARDSON et al., 2001; VEPRASKAS & FAULKNER, 2001; BRADY & WEIL, 2008).

As alterações nos teores de variáveis químicas do solo após o período de inundação também podem ter sido influenciadas pelo carreamento dos compostos dissolvidos na água de áreas adjacentes (observadas *in situ*), ou seja, pelos fluxos laterais durante a inundação, porém não investigados neste estudo.

A média do pH foi semelhante aos valores registrados em áreas nativas de cerrado e floresta semidecídua no Pantanal Sul-Mato-Grossense, sub-região de Nhecolândia (CARDOSO et al., 2011). Porém foram superiores ao pH do solo em área constantemente inundada na China (SONG et al., 2017). E em área com solo arenoso e com dominância de *Tabebuia aurea* no Pantanal sul-Mato-Grossense, o pH teve um intervalo de variação maior do que este estudo, com valores menores na camada superficial, provavelmente, por serem solos arenosos com menor poder tampão (SOARES & OLIVEIRA, 2009).

No Cambarazal, valores mais ácidos de pH antes da inundação podem indicar o poder da lixiviação de bases causada por precipitações pluviais intensas, que ocorreram a partir de outubro de 2013, na RPPN SESC Pantanal. Os valores mais altos após a inundação podem ser explicados pela redução de compostos do solo, aumentando o pH, da mesma forma que devem aumentar os teores de Fe^{2+} e Mn^{2+} em solução (LIMA et al., 2005). Os valores maiores, tanto no Cambarazal como

Acurizal, no final do período de estudo podem estar relacionados à diminuição dos teores de Al^{3+} .

Quanto ao Al^{3+} , no solo do Cambarazal os teores foram superiores ao Acurizal, assim como foram superiores aos valores registrados em florestas nativas de cerrado e floresta semidecídua no Pantanal Sul-Mato-Grossense (CARDOSO et al., 2011), porém, foram semelhantes aos teores de Al^{3+} no solo de outra floresta de *V. divergens* na RPPN SESC Pantanal, caracterizada pela presença de Gleissolos, onde os teores de Al^{3+} foram superiores comparados a outras três fitofisionomias investigadas por Mello et al. (2015).

O aumento do teor de Al^{3+} em solução pode estar diretamente relacionado com o aumento dos teores de ferro e manganês, ou seja, quando ocorre a solubilização dos compostos de ferro e manganês, o alumínio associado a esses óxidos pode ser liberado em solução, aumentando sua mobilização (OLIVIE-LAUQUET et al., 2001).

Outro fato importante se deve aos altos teores de alumínio nas folhas de *V. divergens*, indicando que o cambará é uma espécie aluminófila (NASCIMENTO & JOSÉ, 1986). Segundo esses autores, o solo sob florestas com dominância de cambarás apresentou altos teores de Al^{3+} , o que eles indicaram como uma das possíveis causas da diminuição da riqueza de espécies arbóreas e da dominância do cambará.

Também foram relatados teores significativamente altos de alumínio na serrapilheira de floresta com dominância de *V. divergens*, tanto na fração composta por folhas como por ramos, comparadas a outras sete florestas analisadas por Haase (1999) que, segundo esse autor, o acúmulo de alumínio por essa espécie arbórea nos seus tecidos ocorre assim como reportado para outras espécies do cerrado, especialmente espécies da família Vochysiaceae.

No Cambarazal e no Acurizal, os indicadores da fertilidade do solo: soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica a pH 7 (T) foram altos e a saturação por bases (V) foi superior a 50% (SOUSA & LOBATO, 2004), o que significa que ambos os solos podem ser considerados eutróficos. Porém, o Acurizal está sob um tipo de solo mais fértil do que o Cambarazal, porque apresentou os valores de T e V superiores, o que justifica a presença de palmeiras acuris naquele local, que é uma

espécie típica de cerrado encontrada em solos com altos níveis de fertilidade (DUBS, 1992; POTT & POTT, 1994; DAMASCENO-JUNIOR et al., 2009).

No Cambarazal, o valor de saturação por alumínio (m) apesar de alto foi inferior a 15%, que é considerado um valor crítico, pois valores superiores podem aumentar a probabilidade de toxicidade às plantas (SOUSA & LOBATO, 2004).

Coringa et al. (2012; 2014), Nascimento et al. (2013; 2015) também verificaram diferenças na fertilidade do solo em fitofisionomias distintas na RPPN SESC Pantanal, e justificaram essas diferenças devido aos tipos de minerais predominantes naqueles solos, o que pode justificar os valores constatados neste estudo, sendo que esses valores de SB, V e T altos podem indicar a presença de esmectita e vermiculita nos solos do Acurizal e Cambarazal (Planossolo e Vertissolo, respectivamente), como verificado por esses autores em outros solos na RPPN SESC Pantanal.

Os resultados deste estudo são coerentes com os valores constatados por Coringa et al. (2012), que avaliaram as características químicas, morfológicas e mineralógicas dos perfis de um Planossolo, um Plintossolo e um Gleissolo na RPPN SESC Pantanal, e constataram que os Planossolos (sob vegetação predominante de *S. phalerata*) e Gleissolos possuíam maior fertilidade natural, evidenciada pelos valores expressivos de T e V. Segundo esses autores, o Planossolo apresentou na fração argila os minerais esmectita e illita/esmectita interestratificada, com maior SB trocáveis e T, enquanto o Plintossolo e o Gleissolo, cujo mineral predominante foi a caulinita, apresentaram baixo teor de bases trocáveis e menor capacidade de troca catiônica.

Os resultados das propriedades químicas de solos obtidos na RPPN SESC Pantanal por Nascimento et al. (2013) evidenciaram diferenças nos solos de outras quatro áreas com vegetação composta por *V. divergens*, próximas ao Rio Cuiabá e São Lourenço. Segundo esses autores, em três desses solos foi detectada quantidade relativa de esmectita na argila fina dos horizontes que cobrem a camada arenosa, com maiores valores de saturação por bases e capacidade de troca catiônica.

Coringa et al. (2014) que analisaram vinte tipos de solos na RPPN SESC Pantanal e verificaram que aqueles com textura mais argilosa apresentaram teores de esmectita e vermiculita com hidróxi entrecamadas que, segundo esses autores, deve-

se principalmente à natureza sedimentar do material de origem, formados por sedimentos aluviais, e à sazonalidade climática que restringe a drenagem no período de inundação e dificulta a saída de bases e sílica, favorecendo a formação de argilominerais 2:1.

Nascimento et al., (2015) também verificaram que uma porção de solo sob palmeiras acuriz tinha maiores valores de SB, V e CTC, comparada a outros solos sob diferentes tipos de vegetação. Esses autores caracterizaram e identificaram nos diferentes solos além dos minerais caulinita e mica, também esmectita.

O solo do Cambarazal e do Acurizal foram classificados como Vertissolo e Planossolo, respectivamente. Sendo que é típico encontrar nos Vertissolos presença de vermiculita e esmectita (minerais 2:1) e, com alguma frequência, em solos com impedimento à drenagem, como Gleissolos e Planossolos (AZEVEDO & VIDAL-TORRADO, 2007). Segundo esses autores, esses minerais tem a capacidade de expandir-se e expor o espaço entrecamadas ao meio, o que aumenta a sua área superficial específica e, conseqüentemente, sua reatividade, adesão e coesão, com valores altos de capacidade de troca catiônica, plasticidade e pegajosidade do solo.

Porém, a atividade da fração argila (T_a/T_b) no solo do Cambarazal, de 10 a 50 cm de profundidade, ficou no limite de $27 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo que abaixo desse valor indica que a argila é de baixa atividade, ou seja, 1:1 (CORINGA et al., 2012). Entretanto, no Acurizal a atividade da fração argila foi superior a esse limite indicando argilas de alta atividade 2:1 até 50 cm de profundidade.

Entre os fatores que podem influenciar o tipo de formação vegetal no Pantanal, as questões relacionadas ao solo e a inundação são determinantes. Como foi verificado por POTT & POTT (1994) em áreas com o mesmo nível de inundação que o tipo de solo determinou a composição florística, ou seja, no Pantanal em solos argilosos ácidos, segundo os autores, há influência fitogeográfica amazônica ou dos cerrados, como de *V. divergens* e *Curatella americana*. Já em solos argilosos alcalinos estabelecem-se elementos de floresta decídua e em solos arenosos ocorrem plantas de cerrado.

Porém, José (1986) analisou os nutrientes de um solo sob Cambarazal, em Poconé no norte do Pantanal, e verificou que os teores de nutrientes foram semelhantes aos solos de outros tipos de vegetação tropical e concluíram que o solo

era propício ao estabelecimento de inúmeras espécies vegetais, não devendo ser os teores de nutrientes no solo um fator limitante, e sim a saturação hídrica do solo na época da inundação.

Entretanto, em quatro florestas pesquisadas com presença de *S. phalerata*, todas estavam sobre solos eutróficos, porém de natureza arenosa, cuja maior fertilidade refletiu na estrutura das espécies arbóreas (CARVALHO FILHO et al., 2000). Segundo esses autores, *S. phalerata* foi mais abundante nos blocos com maiores porcentagens de V (saturação por bases). Em geral, segundo os autores, as quatro florestas estavam dentro do padrão típico das florestas estacionais em termos de atributos químicos e físicos do solo, com altos teores de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, baixos níveis de Al³⁺ e altos teores de areia nas camadas superficiais.

Apesar da lâmina d'água e do tempo de duração serem fatores determinantes para a dominância de *V. divergens*, que pode suportar até três metros de lâmina d'água (ARIEIRA & NUNES DA CUNHA, 2006), o tipo de solo é um fator importante para a dominância de outras espécies arbóreas, o que já foi constatado em pesquisas de solos sob vegetação de *S. phalerata* que é uma espécie indicadora de solos mais férteis (DUBS, 1992; POTT & POTT, 1994; DAMASCENO-JUNIOR et al., 2009).

Ambos os fatores, inundação e propriedades químicas e físicas do solo, tem influência direta sobre a composição florística no Pantanal, em especial, segundo Carvalho Filho et al. (2000), na dinâmica de ocupação e colonização de espécies no Pantanal, algumas das quais merecem destaque como indicadoras de condições ambientais.

6.5 CONTEÚDO DE CARBONO E DE NUTRIENTES NO SOLO E EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Os teores de carbono total (CT) no solo foram maiores no Cambarazal após a inundação, enquanto no Acurizal a inundação influenciou apenas a camada superficial. Esta diferença entre as áreas pode ser devido à lâmina d'água e ao tempo de inundação diferenciado, sendo que o solo do Cambarazal ficou sob inundação por cinco meses enquanto o do Acurizal por dois meses, assim como devem ser

consideradas as diferenças entre a composição da vegetação e a quantidade de material vegetal depositado durante o ano.

Essas diferenças na composição da vegetação foram constatadas quanto aos conteúdos de CT na camada superficial no Cambarazal e no Acurizal que foram superiores aos de áreas de interflúvio na RPPN SESC Pantanal (MELLO et al., 2015) e aos de florestas nativas de cerrado e floresta semidecídua no Pantanal de Nhecolândia (CARDOSO et al., 2011). Além das diferenças na composição florística, são importantes fatores as diferenças topográficas, a textura e a composição química do solo.

O aumento de CT na camada superficial do solo (0-10 cm) também foi observado por Vourlitis et al. (2011) e Machado et al. (2015) em floresta com *V. divergens* na RPPN SESC Pantanal. No primeiro estudo, os autores observaram aumento da matéria orgânica de um ano para o outro e, no segundo, foram constatados aumento da matéria orgânica no solo a 0-10 cm após a inundação.

Vourlitis et al. (2011) observaram que na área com dominância de cambarás, a matéria orgânica no solo e os nutrientes foram significativamente maiores do que em floresta de transição e em pastagem nativa, mas apontaram que as variações entre as áreas foram devido às diferenças de vegetação.

O tipo de vegetação é um fator importante que influencia os conteúdos de carbono no solo, o que foi observado por Liu et al. (2010) em áreas com a mesma frequência de inundação, porém com vegetação distinta. Segundo esses autores, as taxas de perda de massa da serrapilheira e o retorno de carbono da serrapilheira da *Phragmites australis* acumulada sobre o solo foram menores que aquelas da *Suaeda salsa* em áreas inundáveis na China, comprovando o efeito dos diferentes tipos vegetacionais.

A influência da vegetação e da textura do solo também foi observada por Mello et al. (2015) em solos de interflúvio no norte do Pantanal Mato-Grossense, em que um Cambarazal, caracterizado pela presença de Gleissolos de textura argilosa, apresentou teores de matéria orgânica e reserva de nutrientes mais elevados do que os solos de outras formações vegetais: Espinheiral, Cordilheira e Floresta Ripária.

Os maiores conteúdos de CT na camada superficial do solo neste estudo podem ser justificados em consequência da deposição e acúmulo da serrapilheira em

decomposição sobre a superfície do solo e também, provavelmente, pelo material vegetal carreado pelos fluxos laterais durante a inundação. Assim como os maiores conteúdos de CT após a inundação podem ser explicados pela inércia no início da vazante, diminuindo a partir do momento em que a pressão parcial de O₂ aumenta (MELLO et al., 2015).

No Cambarazal, os maiores conteúdos de CT podem também resultar de diferenças nas condições ambientais da superfície do solo, especialmente no conteúdo de água, sendo que a decomposição é substancialmente mais lenta em solos mais úmidos (SOTTA et al., 2004; VALENTINI et al., 2008). Em geral, a decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbicas é mais lenta do que em condições aeróbicas, porque a energia livre é menor para as reações envolvidas (KIRK, 2004).

Quando comparadas as três épocas de amostragem a 0-50 cm de profundidade no Cambarazal deste estudo, as alterações nos conteúdos de CT foram, provavelmente, influenciadas pela inundação, com maior tempo de duração e maior lâmina d'água do que no Acurizal. Segundo Troxler-Gann et al. (2005) e Vourlitis et al. (2011), a inundação é um fator importante que influencia o processo de decomposição da serrapilheira em áreas úmidas.

Além das mudanças no conteúdo de água no solo e o nível de inundação, os fatores ambientais como temperatura do solo, disponibilidade de nutrientes, pH, concentração de oxigênio dissolvido, salinidade (LIU et al., 2010), entre outros fatores, também podem ter conduzido a variações na decomposição da serrapilheira entre as áreas.

Apesar da *V. divergens* ser considerada uma espécie invasora, principalmente em campos de pastagens e sob inundação sazonal, um aumento da biomassa da serrapilheira e das raízes nessas áreas ocupadas por essa espécie arbórea, tem contribuído significativamente para um aumento do conteúdo de carbono no solo (LIU et al., 2011), o que provavelmente está ocorrendo nas formações florestais na RPPN SESC Pantanal onde a pastagem tem sido substituída pela vegetação arbórea em regeneração ou pela ocupação de outras espécies arbóreas (NUNES DA CUNHA et al., 2007).

A importância dessas espécies arbóreas para o solo, quando em substituição

ao sistema de pastagem que é atividade econômica ainda comum no Pantanal, tem sido demonstrada quando comparadas com áreas de remanescentes de floresta nativa com pastagens, sejam cultivadas ou nativas, submetidas ao sistema de pastejo contínuo (CARDOSO et al., 2010). Segundo esses autores, a conversão de florestas em pastagens promoveu diminuição nos conteúdos de carbono orgânico e carbono microbiano no solo, principalmente em pastagens cultivadas há mais tempo. Os autores concluíram que as pastagens cultivadas e nativas, sob pastejo contínuo, não foram capazes de acumular mais carbono no solo do que os ecossistemas naturais.

A textura do solo foi outro fator importante a se considerar no Cambarazal e no Acurizal. O solo com maior teor de argila, sob condições ambientais semelhantes, geralmente, tem maior teor de carbono, devido ao fato da capacidade da matéria orgânica do solo formar diferentes tipos de ligações com partículas de elevada superfície específica, argila e silte, favorecendo a proteção coloidal da matéria orgânica (SILVA & MENDONÇA, 2007).

Os conteúdos de nitrogênio total (NT) maiores na camada superficial (0-10 cm) coincidiram com os resultados obtidos por Vourlitis et al. (2012) na RPPN SESC Pantanal. Segundo esses autores, os maiores conteúdos na camada superficial do solo podem estar relacionados com o teor de matéria orgânica devido à decomposição da serrapilheira que desempenha papel fundamental na ciclagem de nutrientes.

Assim como no Cambarazal deste estudo, não houve alteração no conteúdo de NT em função da inundação em ecossistemas naturais no Pantanal Sul-Mato-Grossense (CARDOSO et al., 2010). Esse fato pode ser explicado, segundo Sousa et al. (2009), porque solos inundados apresentam condições propícias a perdas de nitrogênio por vários mecanismos, especialmente por desnitrificação do NO_3^- a N_2 .

Em condições de inundação, as perdas de nitrogênio por desnitrificação nos solos podem ser muito altas se houver NO_3^- disponível, sendo que a maior parte do NO_3^- desaparece em poucos dias dependendo da desnitrificação, pois a inundação desloca o ar do solo e o pouco O_2 dissolvido na água é consumido rapidamente (SOUSA et al., 2009). Segundo esses autores, com a redução do O_2 e com o abaixamento do potencial de oxirredução, o NO_3^- é o composto presente no meio que é reduzido mais facilmente a N_2O ou a N_2 , que são perdidos para a atmosfera, pois

seu potencial de redução é da ordem de 220 mV.

Na RPPN SESC Pantanal, o potencial redox, monitorado na área adjacente ao Acurizal, chegou a -341 mV no período de um mês de inundação (MESSIAS et al., 2013), o que significa que o NO_3^- foi reduzido a N_2 e perdido para a atmosfera, diminuindo o teor desse composto iônico no solo. Esse processo pode explicar porque o conteúdo de NT em ambas as áreas deste estudo não aumentou após a inundação.

Porém, parte do N-NO_3^- pode ser reduzido a amônio (NH_4^+), absorvido por microrganismos ou incorporado à matéria orgânica do solo antes de ser reduzido a N_2 (CANTARELLA, 2007; SOUSA et al., 2009).

O teor de N-NO_3^- deveria diminuir com a inundação, porém no norte do Pantanal há dois períodos bem definidos: um quando o ambiente está sob condições anaeróbicas com compostos reduzidos; e outro sob condições aeróbicas em que a decomposição da matéria orgânica e a mineralização podem ocorrer novamente liberando nitrogênio inorgânico para a solução do solo, mantendo os teores de nitrogênio constantes antes e depois da inundação.

Outro fato importante que se deve considerar é que as análises laboratoriais foram de NT, o que também pode explicar porque não houve diminuição após a inundação, pois apesar de haver perdas de nitrogênio por processos de redução, há também nitrogênio orgânico na matéria orgânica que se acumula.

Quanto aos conteúdos de fósforo disponível (P) após a inundação, valores semelhantes a este estudo também foram registrados por Cardoso et al. (2011), em solo de floresta semidecídua no Pantanal de Nhecolândia. Outro resultado semelhante ocorreu em floresta de cambarás na RPPN SESC Pantanal, onde o conteúdo de P aumentou na camada superficial (0-10 cm) após a inundação (MACHADO et al., 2015), corroborando os resultados deste estudo.

Mello et al. (2015) comparou os conteúdos de P nos solos em diferentes fitofisionomias na RPPN SESC Pantanal, sendo que esses autores observaram conteúdo de P superior em solo sob uma floresta de *V. divergens*, como também foi constatado neste estudo em que os conteúdos de P foram maiores no Cambarazal em relação ao Acurizal.

Vourlitis et al. (2011) também verificaram que o conteúdo de fósforo no solo

de um Cambarazal foi 10 vezes maior quando comparado a uma pastagem natural e a uma floresta de transição. Resultado semelhante a esse último foi registrado em ecossistema alagado na Flórida, Everglades, onde houve acúmulo de P nas florestas na ordem de 10 a 100 vezes maior do que nas pastagens (TROXLER GANN et al., 2005). Segundo esses autores, os nutrientes se acumulam sob estantes de grandes árvores que estão distribuídas num mosaico de área úmida dominado por gramíneas.

Também em solos de várzea na Amazônia foi observado por Lima et al. (2005) aumento nos teores de fósforo no decorrer de 180 dias de inundação. Segundo esses autores, a elevação do pH influenciou de forma direta a solubilização do fósforo.

Os maiores conteúdos de P disponíveis no Cambarazal em relação ao Acurizal podem ser explicados também pelo mecanismo de evapotranspiração que, segundo Vourlitis et al. (2011), bombeia nutrientes a partir de águas subterrâneas, assim como pelas variações sazonais da chuva e da evapotranspiração que, segundo Messias et al. (2013), causam a flutuação do lençol freático e propiciam, dessa forma, a alternância nas condições de redução e oxidação.

Além do que, Haase (1999) constatou que em florestas de cambarás os conteúdos de P foram significativamente maiores na fração lenhosa da serrapilheira quando comparados a outras florestas inundadas e não inundadas, decíduas e semidecíduas, apesar do autor não encontrar diferenças estatísticas nos conteúdos de P na fração folhas.

Apesar dos fosfatos orgânicos e inorgânicos não participarem diretamente das reações redox, mudanças nas características químicas do solo resultantes dessas reações influenciam o comportamento do P em solos sazonalmente inundados, entre essas mudanças está a elevação do pH (KOSKI-VÄHÄLÄ et al., 2001). Segundo esses autores, o aumento do pH é resultado da redução de vários compostos e influencia diretamente a disponibilidade do P.

Reações formando fosfatos de Al, Fe, Ca, Mg, K e Mn podem controlar a solubilidade e, portanto, a disponibilidade do P nos solos. Dentre as reações dos íons ortofosfato com esses cátions, são de grande importância no controle da solubilidade de fósforo aqueles que envolvem Al, Fe e Ca. Com o aumento de uma unidade no pH do solo a solubilidade do fósforo tende a diminuir 100 vezes e as atividades de Al^{3+} e

Fe^{3+} diminuem 1000 vezes, portanto, o resultado líquido é que a solubilidade do fósforo tende a aumentar 10 vezes. Assim, a solubilidade do fósforo aumenta com o pH até certo valor, como consequência do aumento da solubilidade dos fosfatos de Fe e Al, e depois diminui devido à menor solubilidade dos fosfatos de Ca a valores de pH elevados. Sendo que os valores de pH próximos de 6 são quando há disponibilidade máxima de fósforo em solos tropicais (MELLO & PEREZ, 2009). O que pode justificar os maiores conteúdos de P disponível no Cambarazal.

Quanto aos conteúdos de K^+ trocáveis nos solos, foram maiores após a inundação e altos comparados aos registrados por Cardoso et al. (2011) em florestas nativas no Pantanal. Em outras regiões do Pantanal, conteúdos de K^+ e carbono foram superiores na camada superficial (0-5 cm) e, à medida que a profundidade aumentou, os conteúdos diminuíram (SOARES & OLIVEIRA, 2009), corroborando os resultados deste estudo.

Os conteúdos de K^+ trocáveis foram maiores em ambas as florestas, Cambarazal e Acurizal, quando comparados aos registrados por Mello et al. (2015) em floresta com dominância de *V. divergens* e outras fitofisionomias, todas na mesma região de interflúvio entre os Rios Cuiabá e São Lourenço, porém na floresta com cambarás os conteúdos de K^+ foram superiores as demais fitofisionomias.

Diferentemente dos nutrientes N e P, o conteúdo de K^+ na matéria orgânica do solo é extremamente pequeno, pois se restringe ao potássio na fração orgânica viva, ou seja, é lavado do material orgânico logo após a morte das células, segundo Ernani et al. (2007).

A decomposição das frações orgânicas mais estáveis do solo, ou seja, as substâncias húmicas e resíduos parcialmente decompostos, não contribui de modo importante para o suprimento de potássio às plantas. Assim, a quantidade de potássio na solução do solo poderia se esgotar em alguns dias caso não houvesse a reposição pela fase sólida feita pelo K^+ trocável (ERNANI et al., 2007).

O aumento da disponibilidade de K^+ trocável após a inundação e os conteúdos maiores no Cambarazal em relação ao Acurizal também podem ser compreendidos caso haja minerais do tipo 2:1 no Cambarazal. Porque o potássio não-trocável provavelmente esteja quimissorvido na forma de complexo de esfera-interna nas entrecamadas de argilominerais do tipo 2:1, como na vermiculita, por

exemplo, que poderá estar disponível para as plantas a curto, médio e longo prazos (MEURER, 2006). Porém, ainda não foi analisada a mineralogia do solo no Cambarazal para confirmar quais os tipos de minerais compõem aquele solo.

Os conteúdos de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis nos solos deste estudo não tiveram influência da inundação, porém foram altos comparados aos registrados por Cardoso et al. (2011) em florestas nativas no Pantanal. Estes resultados foram maiores que os conteúdos de Ca^{2+} e Mg^{2+} registrados em cinco fisionomias de cerrado analisadas por Vourlitis et al. (2013), sendo que uma das áreas era sazonalmente inundada, com a espécie *V. divergens*, porém um estande arbóreo mais jovem.

Ao contrário, em solos de várzea da Amazônia, a inundação influenciou os conteúdos de Ca^{2+} e Mg^{2+} assim como K^+ em solução, que foram diretamente influenciados por seus respectivos teores trocáveis, bem como pela cinética do ferro e do manganês, segundo Lima et al. (2005).

Vourlitis et al. (2011) e Machado et al. (2015) registraram alteração nos conteúdos de Ca^{2+} e Mg^{2+} em florestas de cambarás na RPPN SESC Pantanal, ao contrário do observado neste estudo. Enquanto os conteúdos de Ca^{2+} e Mg^{2+} analisados em quatro fitofisionomias (Cambarazal, Floresta Ripária, Cordilheira e Espinheiral), no interflúvio dos rios Cuiabá e São Lourenço na RPPN SESC Pantanal, foram inferiores aos deste estudo, sendo que os conteúdos naquele Cambarazal foram intermediários entre as outras três fitofisionomias comparadas (MELLO et al., 2015).

Assim como no Acurizal deste estudo, na região de Miranda no Pantanal Sul-Mato-Grossense, algumas áreas foram caracterizadas por Soares & Oliveira (2009) que verificaram dominância da espécie arbórea *Tabebuia aurea* com níveis altos de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Segundo esses autores, a dominância pode ser atribuída ao solo (fator edáfico), à inundação (fator hidrométrico) e/ou à ação antrópica. Eles argumentam que essa espécie deve apresentar mecanismos fisiológicos que permite sobreviver com níveis altos de cálcio e magnésio e enfrentar o estresse hídrico da inundação e de períodos de seca e mudanças no pH do solo.

Como os cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} não estão sujeitos a reações de oxirredução em condições ambientais, não são diretamente influenciados pela inundação. Porém, grandes quantidades dos cátions NH_4^+ , Fe^{2+} e Mn^{2+} , liberados durante a inundação,

podem deslocar quantidades consideráveis de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} dos sítios de troca, aumentando seus teores em solução. Como os cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} são divalentes e competem com o Fe^{2+} solúvel e, em solos fortemente reduzidos, o teor de Fe^{2+} em solução pode ser muito elevado, esse processo de trocas provavelmente acelera a liberação desses cátions para a solução (SÁNCHEZ, 1981), justificando os altos teores desses cátions nos solos do Cambarazal e Acurizal.

Porém, os conteúdos de Mg^{2+} foram menores do que de Ca^{2+} porque, segundo Vitti et al. (2006), o primeiro não é adsorvido tão fortemente pelas argilas e pela matéria orgânica, estando mais sujeito à lixiviação.

6.6 EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO DO SOLO

O valor médio de efluxo de CO_2 foi maior no Cambarazal, porém o Acurizal permaneceu sem inundação por dez meses no ano, enquanto o Cambarazal por sete meses, indicando que no Acurizal o efluxo de CO_2 foi maior durante o ano, o que pode ser confirmado pelos maiores teores de CT no solo do Cambarazal (Tabela 10).

Os valores de efluxo de CO_2 corresponderam aos intervalos já registrados na RPPN SESC Pantanal (BRANDÃO, 2012; CARVALHO, 2013; SILVA, 2013), porém em diferentes tipos de solos e formações vegetais, sendo que correlações entre o efluxo de CO_2 do solo com a umidade e a temperatura do solo também foram registradas por esses autores.

A título de comparação, em florestas de terra seca no ecótono floresta amazônica/cerrado, as médias de efluxo de CO_2 do solo obtidas por Coelho (2005) e Valentini et al. (2008) foram maiores do que este estudo, indicando que em áreas úmidas deve haver um acúmulo de matéria orgânica no solo comparado com áreas de terra firme.

Porém, os ciclos de saturação e secagem do solo, analisados em um sítio experimental caracterizado por ser uma “ilha de árvores” na RPPN SESC Pantanal, com dossel dominado por *Curatella americana* e *Dipteryx alata* e sub-bosque dominado por *Scheelea phalerata*, resultaram em elevadas taxas de renovação de carbono no solo, indicando que os conteúdos de carbono naquele solo foram suscetíveis a perda (JOHNSON et al., 2013). Esses autores observaram que o

potencial de água no solo foi o parâmetro mais fortemente associado às concentrações de CO₂ no solo, com altos valores observados somente quando o potencial de água no solo à profundidade de 10 cm aproximou-se de zero.

Outro resultado controverso para área úmida, ocorreu no Reino Unido em área com atividades de agricultura e pecuária, com o controle do nível de inundação por meio de canais, onde houve perda significativa de carbono do solo em comparação com os conteúdos de carbono registrados a longo prazo em turfeiras naturais (LLOYD, 2006). Segundo esse autor, a gestão da inundação por meio de canais, visando as atividades de agricultura e pecuária, não contribui para um aumento do conteúdo de carbono no solo. Segundo ele, deve ocorrer um controle do nível do lençol freático e não dos canais.

Entretanto, em locais de áreas úmidas onde o lençol freático se mantém ao nível do solo na maior parte do ano, ocorre maior acúmulo de carbono no solo (CHIMNER & COOPER, 2003), o que foi constatado no Cambarazal em julho, com maior conteúdo de carbono no solo e menor efluxo de CO₂. Segundo esses autores, o acúmulo de carbono no solo se deve à saturação do solo que limita a difusão de oxigênio atmosférico o que diminui a atividade microbiana e, conseqüentemente, a taxa de decomposição.

O alto conteúdo de água no solo diminui a difusão dos gases CO₂ e O₂ pelos poros do solo até a interface solo-atmosfera, o que provoca redução na emissão dos gases e, conseqüentemente, o efluxo de CO₂ (BUNNELL et al., 1977). O excesso de umidade é um fator que influencia o efluxo de CO₂ do solo porque reduz a atividade respiratória aeróbica que é a principal responsável pelo processo de emissão do gás, assim como pelo efeito físico de diminuição da difusão do gás. Em solos inundados os processos aeróbicos de produção de CO₂ são substituídos por produção anaeróbica de metano (LLOYD, 2006).

No período seco, a menor disponibilidade de água no solo intensifica o fluxo do CO₂ armazenado no solo, e no período de maior umidade há diminuição da difusividade dos gases na superfície do solo por formar meniscos de água bloqueando os poros do solo (MAIER et al., 2011). Porém, o déficit de água no solo pode reduzir a taxa de respiração (LLOYD, 2006).

7. CONCLUSÕES

A serrapilheira produzida durante o ano de 2014 seguiu um padrão sazonal, com maior produção no período seco. As folhas de *V. divergens* compuseram a fração principal da serrapilheira no Cambarazal. A deposição das folhas no segundo semestre no Cambarazal foi o dobro em relação ao período de inundação. O potencial de produção de serrapilheira foi maior no Cambarazal.

A produção de serrapilheira total e a fração folhas correlacionaram com as variáveis microhidrometeorológicas: déficit de pressão de vapor no ar e velocidade do vento. Agosto e setembro foram os meses de maior deposição de serrapilheira produzida e corresponderam aos meses de maior déficit de pressão de vapor no ar e maior velocidade do vento.

Tanto no Cambarazal como no Acurizal, houve maior acúmulo de serrapilheira sobre a camada superficial do solo do que decomposição. Porém, no Acurizal o coeficiente de decomposição foi maior do que no Cambarazal.

Os processos de produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira contribuíram para a transferência de carbono e retorno de nutrientes no solo das áreas deste estudo.

O potencial de transferência de carbono e de retorno de nutrientes no solo do Cambarazal foi maior em relação ao Acurizal.

A liberação de nutrientes por meio da decomposição foi maior no Cambarazal. Entretanto, considerando os valores da liberação de nutrientes relativos ao montante anual de serrapilheira produzida, os valores percentuais foram maiores no Acurizal;

Os conteúdos de carbono total no solo, fósforo disponível e potássio trocável foram maiores no Cambarazal.

Os conteúdos de cálcio e magnésio no solo e os indicadores de fertilidade, soma de bases, capacidade de troca catiônica potencial e saturação por bases, foram maiores no Acurizal.

O processo de inundação resultou em alteração significativa dos teores de carbono total no solo, fósforo disponível, potássio e alumínio extraíveis.

Os teores de nitrogênio total no solo, cálcio e magnésio trocáveis não variaram em função da inundação.

Os teores de carbono total e capacidade de troca catiônica potencial indicaram a capacidade de retenção de cátions nos solos do Cambarazal e Acurizal.

O efluxo de dióxido de carbono do solo foi em média maior no Cambarazal comparado ao Acurizal. Porém, maior no Acurizal considerando o maior período sem inundação.

O estabelecimento de florestas em ambientes que eram de pastagens inundáveis na RPPN SESC Pantanal pode conduzir a concentrações de nutrientes e estoques de carbono abaixo do dossel das florestas e o surgimento de “ilhas de fertilidade”.

8. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Algumas são as sugestões para futuras pesquisas:

- Monitorar os fluxos laterais, durante a inundação, de detritos, de nutrientes na água e no sedimento.
- Investigar a mineralogia do solo no Vertissolo com vegetação dominante de *V. divergens*, assim como a atividade da fração argila abaixo de 50 cm de profundidade, o que pode indicar a presença de minerais 2:1.
- Analisar a retranslocação de nutrientes a partir de folhas verdes e senescentes, que pode indicar a maior disponibilidade ou não de nutrientes no solo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. **Revista Brasileira de Geografia**, 1:9-57, 1988.

ADÁMOLI, J. **O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados: Discussão sobre o conceito de complexo do Pantanal**. In Anais do 32º Congresso nacional da Sociedade Botânica do Brasil, Teresina, Universidade Federal do Piauí, p. 109-119, 1982.

ALLEN, A. C.; VALLS, J. F. M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense**. Documento 8, EMBRAPACENARGEN, Brasília, BR. 1987.

AMARAL FILHO, Z. P. **Solos do Pantanal Mato-Grossense**. In: Anais do 1º Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa agropecuária do Pantanal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Corumbá, MS, 1984. Departamento de Difusão de Tecnologia, Brasília, DF, pp. 91-103, 1986.

AQUINO, A. M. **Efeitos do alagamento, das características físicas e das propriedades hidráulicas do solo sobre o desenvolvimento da Vochysia divergens Pohl no Pantanal-MT**. 2016. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2016.

ARIEIRA, J.; NUNES DA CUNHA C. Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil, **Acta Botanica Brasilica**, 20(3):569-580, 2006.

AUBINET, A.; CHERMANNE, B.; VANDENHAUTE, M.; LONGDOZ, B.; YERNAUX, M.; LAITAT, E. Long term carbon dioxide exchange above a mixed forest in the Belgian Ardennes. **Agricultural and Forest Meteorology**, 108: 293-315, 2001.

AUSTIN, A. T.; VITOUSEK, P. M. Precipitation, decomposition and litter decomposability of *Meterosideros polymorpha* in native forests on Hawai'i, **Journal of Ecology**, 88(1):129-138, 2000.

BEIRIGO, R. M. **Sistema pedológico Planossolo-Plintossolo no Pantanal de Barão de Melgaço - MT**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

BERNAARDS, C. A.; JENNRICH, R. I. Gradient Projection Algorithms and Software for Arbitrary Rotation Criteria in Factor Analysis, **Educational and Psychological Measurement**, 65, 676-696, 2005.

BIANCHI, M. O.; SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F. Influência do clima na dinâmica de serrapilheira em uma floresta estacional semidecidual em Valença, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, 14(2):97-101, 2016.

BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; C, ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; LOBO, F. A.; CHRISTOPHER MICHAEL USHER NEALED, C. M. U.; NOGUEIRA, J. S. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climategradient in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**. 202:112-124, 2015.

BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil Chemistry**. 3^a. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001, 307p.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology with R**. New York: Spring Science+Business Media, LLC, 2011, 306p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The Nature and Properties of Soils**. 14^a. ed. New York: Macmillan Publishing, 2008, 992p.

BRANDÃO, A. A. **Dinâmica temporal do efluxo de CO₂ do solo em área de Cerrado no Pantanal Mato-Grossense**. 2012. 74f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2012.

BRASIL. **Agência Nacional de Águas – ANA**. Hidroweb, Estação: 1656001. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em 17 de abril de 2016. 2016.

BUNNELL, F. L.; TAIT, D. E. N.; FLANAGRAN, P. W.; VAN CLEVE, K. Microbial respiration and substrate weight loss-I: A general model of the influences of abiotic variables. **Soil Biology and Biochemistry**, 9:33-40, 1977.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serrapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Rev. Acad.**, Curitiba, 5(2):101-116, abr./jun. 2007.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: eds. NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, p. 375-470, 2007.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, É. A.; GODOY, C. V. SASM-AGRI - Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, 1(2):18-24, 2001.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira do solo**, 35:613-622, 2011.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. Conteúdos de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45(9):1028-1035, 2010.

CARVALHO FILHO, A.; CARDOSO, E. L.; NAIME, U. J.; MOTTA, P. E. F.; OLIVEIRA, H.; BRANCO, O. D.; SANTOS, R. D. **Solos como fator de diferenciação fitofisionômica na sub-região da Nhecolândia-Pantanal Matogrossense**. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 3., 2000. Corumbá: Embrapa Pantanal. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, p. 59-60, 2000.

CARVALHO, P. V. **Estudo do fluxo de CO₂ e do conteúdo de carbono do solo em área de interflúvio no Pantanal município de Poconé**. 69p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

CASTELNOU, M. N.; FLORIANI, D.; VARGAS, I. A.; DIAS, J. B. Sustentabilidade sociambiental e diálogo de saberes: o Pantanal Mato-Grossense e seu espaço vernáculo como referência. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, 7:41-67, 2003.

CHATURVEDI, O. P.; SINGH, J. S. The structure and function of pine forest in central Himalaya. II. Nutrient dynamics. **Annals of Botany**, 60: 253-267, 1987.

CHIMNER, R. A.; COOPER, D. J. Influence of water table levels on CO₂ emissions in a Colorado. subalpine fen: an in situ microcosm study. **Soil Biology & Biochemistry**, 35:345-351, 2003.

CNCFLORA. *Attalea phalerata*. Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Attalea phalerata](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Attalea_phalerata)>. Acesso em 27 março 2017.

COELHO, M.M. **Estudo da respiração do solo em floresta de transição do sudoeste**

da Amazônia. 46p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

COLLINS, M. E.; KUEHL, R. J. **Organic Matter Accumulation and Organic Soils.** In: (Eds.) RICHARDSON, J. L.; VEPRASKAS, M. J. *Wetland Soils: Genesis, Hydrology, Landscapes and Classification.* Boca Raton: CRC Press, p. 137-162, 2001.

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. **Acta Amazônica**, 42(1):19-28, 2012.

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; TORRADO, P. V. Geoquímica de solos do Pantanal Norte, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 38:1784-1793, 2014.

COSTA, F. S.; GOMES, F. S.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação das emissões de gases do efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Ciência Rural**, 36(2):693-700, 2006.

COUTO, E. G.; CHIG, L. A.; NUNES DA CUNHA, C.; LOUREIRO, M. F. **Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPN SESC Pantanal.** Serviço Social do Comércio, Departamento Nacional, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 56P., 2006.

COUTO, E. G.; OLIVEIRA, V. A. **The Soil Diversity of the Pantanal.** In: JUNK, W. J.; DA SILVA, C. J., NUNES DA CUNHA, C., WANTZEN, K. M. (Eds). *The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland.* pp. 71-102, 2010.

CRAFT, C. B. **Biology of wetland soils**. In: (Eds.) RICHARDSON, J. L.; VEPRASKAS, M. J. *Wetland Soils: Genesis, Hydrology, Landscapes and Classification*. Boca Raton: CRC Press, p. 107-136, 2001.

DALMAGRO, H. J.; LOBO, F. A.; VOURLITIS, G.; DALMOLIN, A. C.; ANTUNES JUNIOR, M. Z. A.; ORTÍZ, C. E. R.; NOGUEIRA, J. S. Photosynthetic parameters of two invasive tree species of the Brazilian Pantanal in response to seasonal flooding. **Photosynthetica**, 51(2):281-294, 2013.

DALMOLIN, A. C.; DALMAGRO, H. J.; LOBO, F. A.; ANTUNES JUNIOR, M. Z. A.; ORTÍZ, C. E. R.; VOURLITIS, G. Effects of flooding and shading on growth and gas exchange of *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) of invasive species in the Brazilian Pantanal. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 24(2):75-84, 2012.

DALMOLIN, A. C.; DALMAGRO, H. J.; LOBO, F. A.; ANTUNES JUNIOR, M. Z. A.; ORTÍZ, C. E. R.; VOURLITIS, G. Photosynthetic light and carbon dioxide response of the invasive tree, *Vochysia divergens* Pohl, to experimental flooding and shading. **Photosynthetica**, 51(3):379-386, 2013.

DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; POTT, A.; POTT, V. J.; SILVA, J. S. V. Florestas estacionais no Pantanal: considerações florísticas e subsídios para conservação. **Geografia**, 34: 697-707, 2009.

DIAS, H. C. T.; FIGUEIRA, M. D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG. **Cerne**, 8(2):11-16, 2002.

DUBS, B. **Observations on the differentiation of woodland and wet savanna habitats in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil**. In: (Ed.) FURLEY, P. A.;

PROCTOR, J.; RATTER, J. A. Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. London: Chapman and Hall, p. 431-449, 1992.

EITEN, G. **Vegetação do Cerrado** In: PINTO, M. N. Coord. Cerrado: caracterização, ocupação e perspectiva. 2. ed. Brasília: UnB/SEMATEC, p.9-65, 1994.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. Ed. ver. ampl. Ed. Téc. Fábio Cesar da Silva. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Org. Guilherme Kangussú Donagema [et al.]. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. ver. ampl. Eds. Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. **Potássio**. In: eds. NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, p. 551-594, 2007.

FANTIN-CRUZ, I.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; COLLISCHONN, W.; NUNES DA CUNHA, C. Unidades fitofisionômicas em mesoescala no Pantanal Norte e suas relações com a geomorfologia. **Biota Neotropica**, 10(2):31-38, 2010.

FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S. CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serrapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de Sabiá (*Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth.) e Andiroba (*Carapa Guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, 16(2):163-175, 2006.

HAASE, R. Litterfall and nutrientes return in seasonally flooded and non-flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *Forest. Ecology and Management*, 117:129-147, 1999.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; HOFMANN, G. S. **O Clima da RPPN SESC Pantanal**. Relatório técnico. Porto Alegre: UFRGS. 31p., 2003.

JOHNSON, M. S.; COUTO, E. G.; PINTO JR., O. B.; MILESI, J.; AMORIM, R. S. S.; MESSIAS, I. A. M.; BIUDES, M. S. Soil CO₂ Dynamics in a Tree Island Soil of the Pantanal: The Role of Soil Water Potential. *PLoS ONE*, 8(6):1-14, e64874, 2013.

JOSÉ, D. M. V. **Aspecto da dinâmica de nutrientes em *Vochysia divergens* Poh no Pantanal de Poconé**. Monografia de especialização em Biologia de Ambientes Inundáveis. UFMT. Cuiabá-MT. 54p., 1986.

JUNK, W. J.; BROWN, M.; CAMPBELL, I. C.; FINLAYSON, M.; GOPAL, B.; RAMBERG, L.; WARNER, B.G. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: A synthesis. *Aquatic Sciences*, 68(3):400-414, 2006.

JUNK, W. J.; NUNES DA CUNHA, C. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. *Ecological Engineering*, 24(4):391-401, 2005.

KELLER, J. K.; WEISENHORN, P. B.; MEGONIGAL, J. P. Humic acids as electron acceptors in wetland decomposition. *Soil Biology & Biochemistry*, 41:1518-1522, 2009.

KIRK, G. **The Biogeochemistry of Submerged Soils**. Chichester: John Wiley & Sons, 2004, 304p.

KOSKI-VÄHÄLÄ, J. K.; HARTIKAINEN, H.; TALLBERG, P. Phosphorus Mobilization from various sediment pools in response to increased pH and silicate concentration. **Journal of Environmental Quality**, 30:546-552, 2001.

LAL, R. **Management impact on compaction in forest soils**. In: KIMBLE, J. M.; HEATH, L. S.; BIRDSEY R. A.; LAL, R. (Eds). *The Potential of U.S. Forest Soils to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. Boca Raton: CRC/Lewis Publishers, 239-256, 2002.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S. Modelo century de dinâmica da matéria orgânica do solo: Equações e pressupostos. **Ciência Rural**, 33(4):679-686, 2003.

LIAO, C.; PENG, R.; LUO, Y.; ZHOU, X.; WU, X.; FANG, C.; CHEN, J.; LI, B. Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: A meta-analysis. **New Phytol.** 177:706–714, 2008.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazônica**, 35(3):317-330, 2005.

LIU, F.; WU, X. B.; BAI, E.; BOUTTON, T. W.; ARCHER, S. R. Quantifying soil organic carbon in complex landscapes: An example of grassland undergoing encroachment of woody plants. **Global Change Biology**, 17:1119-1129, 2011.

LIU, P.; WANG, Q.; BAI, J.; GAO, H.; HUANG, L.; XIAO, R. Decomposition and return of C and N of plant litters of *Phragmites australis* and *Suaeda salsa* in typical wetlands of the Yellow River Delta, China. **Procedia Environmental Sciences**, 2:1717-1726, 2010.

LLOYD, C. R. Annual carbon balance of a managed wetland meadow in the Somerset Levels, UK. **Agricultural and Forest Meteorology** 138:168-179, 2006.

LODHIYAL, N.; LODHIYAL, L. S.; PANGTEY, Y. P. S. Structure and function of Shisham Forests in central Himalaya, India: Nutrient Dynamics. **Annals of Botany**, 89: 55-65, 2002.

LOPES, A. S.; GUILHERME L. R. G. **Fertilidade do solo e produtividade agrícola**. In: (Eds.) NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, p. 1-64, 2007.

MACHADO, N. G.; SANCHES, L; SILVA, L. B.; NOVAIS, J. W. Z.; AQUINO, A. M.; BIUDES, M. S.; PINTO-JUNIOR, O. B.; NOGUEIRA, J. S. Soil nutrients and vegetation structure in a neotropical seasonal wetland. **Applied Ecology and Environmental Research**, 13(2):289-305, 2015.

MAIER, M.; SCHACK-KIRCHENER, H.; HILDEBRAND, E. E.; SCHINDLER, D. Soil CO₂ efflux vs. Soil respiration: Implications for flux models. **Agricultural and Forest Meteorology**, 151:1723-1730, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fostato, 1997, 319p.

MALHI, Y.; SAATCHI, S.; GIRARDIN, C.; ARAGÃO, L. E. O. C. The production, storage, and flow of carbono in Amazonian forests. In: Amazonia and Global Change (eds M. Keller, M. Bustamante, J. Gash, P. Silva Dias), American Geophysical Union. **Geophysical Monograph Series 186**, 355-371, 2009.

MATA, D. I.; MORENO-CASASOLA, P.; MADERO-VEJA, C. Litter Litterfall of tropical forested wetlands of Veracruz in the coastal floodplains of the Gulf of Mexico. **Aquatic Botany**, 98:1-11, 2012.

MELLO, J. M.; COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; CHIG, L. A.; JOHNSON, M. S.; LOBO, F. A. Dinâmica dos atributos físico-químicos e variação sazonal dos conteúdos de carbono no solo em diferentes fitofisionomias do Pantanal Norte Mato-Grossense. **Revista Árvore**, 39(2): 325-336, 2015.

MELLO, J. W. V.; PEREZ, D. V. **Equilíbrio químico das reações no solo**. In: (Eds.) MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. Química e Mineralogia do Solo. Parte I – Conceitos básicos. Viçosa: SBCS, p. 151-249, 2009.

MESSIAS, I. A. M.; COUTO, E. G.; AMORIN, R. S. S.; JOHNSON, M. S.; PINTO JUNIOR, O. B. Monitoramento contínuo do potencial redox e de variáveis complementares em ambiente hipersazonal no Pantanal Norte. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 37:632-639, 2013.

MEURER, E. J. **Potássio**. In: (Ed.) FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: SBCS, p. 281-298, 2006.

NASCIMENTO, M. T.; JOSÉ, D. V. O Cambarazal no Pantanal de Mato Grosso. **Boletim FBCN**, 116-123, 1986.

NASCIMENTO, A. F.; FURQUIM, S. A. C.; COUTO, E. G.; BEIRIGO, R. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; CAMARGO, P. B.; VIDAL-TORRADO, P. Genesis of textural contrasts in subsurface soil horizons in the northern pantanal-Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 37:1113-1127, 2013.

NASCIMENTO, A. F.; FURQUIM, S. A. C.; GRAHAM, R. C.; BEIRIGO, R. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; COUTO, E. G.; VIDAL-TORRADO, P. Pedogenesis in a Pleistocene fluvial system of the Northern Pantanal, Brazil. **Geoderma**, 255-256: 58-72, 2015.

NOGUEIRA, J. S.; SANCHES, L.; PINTO JR., O. B.; ALMEIDA, E. D. Seasonal patterns of nitrogen and phosphorus in the litter and soil surface of transitional

Amazon Cerrado forest, Brazil. **Journal of Environmental Science and Engineering**, 5:5-14, 2011.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. **Relação solo-planta**. In: (Eds.) NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, p. 133-204, 2007.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. **Fósforo**. In: (Eds.) NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, p. 471-550, 2007.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J. **Composição florística de capões e cordilheiras: localização de espécies lenhosas quanto ao gradiente de inundação no Pantanal de Poconé-MT**. In: II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Corumbá. Brasília: Embrapa, 134-148, 1999.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J. Distribution of woody plants communities along the flood gradient in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, 27:63–70, 2001.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J. Year-to-year change in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* in the pantanal grasslands. **Applied Vegetation Science Journal**, 7:103–110, 2004.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J.; LEITÃO-FILHO, H. F. Woody vegetation in the Pantanal of Mato Grosso, Brasil: a preliminary typology. **Amazoniana**, 19(3-4):159-184, 2007.

NUNES DA CUNHA, C.; OLIVEIRA, E. V. R. **Influência da seca na dinâmica de população de indivíduos juvenis de *Vochysia divergens* Pohl Fazenda Retiro Novo – Pantanal de Poconé, MT**. 12 p. In: Anais do III Simpósio sobre Recursos

Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal - os desafios do novo milênio. Corumbá, 2000. Brasília, Embrapa – CPAP, 2000.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Tradução: Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013, 460p.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, H. H.; WAGNER, H. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.0-10. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan> . 2013.

OLIVIE-LAUQUET, G.; GRUAU, G.; DIA, A.; RIOU, C.; JAFFREZIC, A.; HENIN, O. Release of trace elements in wetlands: role of seasonal variability. **Water Resources**, 35(4): 943-952. 2001.

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

PARANHOS FILHO, A. C.; MOREIRA, E. S.; OLIVEIRA, A. K. M.; PAGOTTO, T. C. S.; MIOTO, C. L. Análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010 através de sensoriamento remoto. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Edição Especial, 69-76, 2014.

PAROLIN, P., LUCAS, C., PIEDADE, M. T. F.; WITTMANN, F. Drought responses of flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. **Annals of Botany** 105:129-139, 2010.

PARTON, W. J.; SCHIMEL, D. S.; COLE, C. V.; OJIMA, D. S. Analysis of factors controlling soil organic levels of grasslands in the Great Plains. **Soil Science Society of America Journal**. 51:1173-1179, 1987.

PAULA, T. A.; VALLE, C. M. **Quantificação do conteúdo de carbono no solo e a mitigação da mudança climática**. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa-PB. 2007.

PEZESHKI, S. R.; DELAUNE, R. D. Soil Oxidation-Reduction in Wetlands and Its Impact on Plant Functioning. **Biology** 1:196-221, 2012.

PONCE, V. M. 1995. **Hidrologic and enviromental impact of the Paraná-Paraguay waterway on the Pantanal of Mato Grosso, Brazil**. San Diego State University. Disponível em: http://ponce.sdsu.edu/hidrovia_report.html (Acesso em 27 de março de 2017).

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1994, 320p.

QIU, S.; MCCOMB, A. J.; BELL, R. W. Leaf Litter Decomposition and Nutrient Dynamics in Woodland and Wetland Conditions along a Forest to Wetland Hillslope. **International Scholarly Research Network** – seção: Soil Science. v.2012, 2012.

PAGANO, S. N. **Estudo florístico, fitossociológico e de ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro, SP**. 201 f. Tese (Livre-docência em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1985.

PRANCE, G. T.; G.B. SCHALLER. Preliminar study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Brittonia** 34: 228-251, 1982.

RADAMBRASIL (Ministério das Minas e Energia). **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, 27, 1982, 452p.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2015.

REBELLATO, L.; NUNES DA CUNHA, C. Efeito do “fluxo sazonal mínimo da inundação” sobre a composição e estrutura de um campo inundável no Pantanal de Poconé, MT, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, 19(4):789-799, 2005.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004.

REIS, E. **Estatística multivariada aplicada**. 2ª. ed. Lisboa: Silabo, 2001, 343p.

REVELLE, W. **psych: Procedures for Personality and Psychological Research**, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <http://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.4.3. 2014.

RICHARDSON, J. L.; ARNDT, J. L.; MONTGOMERY, J. A. **Hydrology of Wetland and Related Soils**. In: (Eds.) RICHARDSON, J. L.; VEPRASKAS, M. J. *Wetland Soils: Genesis, Hydrology, Landscapes and Classification*. Boca Raton: CRC Press, p. 35-84, 2001.

RICHARDSON, C. J. **Wetlands**. In: MAYS, L. W. (Ed.) *Water Resources Handbook*, Mc. Graw-Hill, New York: Professional Book Grow, p. 13-44, 1996.

ROSA, D. B.; SOUSA, R. R.; NASCIMENTO, L. A.; TOLEDO, L. G.; TOPANOTTI, D. Q.; NASCIMENTO, J. A. A distribuição especial das chuvas na porção Centro-Oeste do estado de Mato Grosso-Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Seção Três Lagoas, 1:(5), 2007.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. **Sistemas de Manejo e Matéria Orgânica do Solo**. In: (Eds.) ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C.

Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas. Dourados: EMBRAPA, 281p., 2006.

SANCHES, L.; DIAS, V. R. M.; SALLO, F. S.; PALÁCIOS, R. S.; VALENTINI, C. M. A.; NOGUEIRA, J. S. **Composição florística e estrutura da comunidade vegetal nas fitofisionomias Cambarazal e Acurizal no Norte do Pantanal**. In: (Org.) CORETTE, P. M. Múltiplos Olhares sobre a Biodiversidade IV. Cuiabá: Carlini & Carniato Editorial, 368p., 2015.

SANCHES, L.; SILVA, L. B.; LIMA, S. D.; PEREIRA, O. A.; CARRILHO S, F. J.; NOGUEIRA, J. S. Conteúdo de energia na biomassa e no ar do dossel de *Vochysia divergens* Pohl. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18(9):955-962, 2014.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; JUNIOR, O. B. P.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S.; SILVA, C. J.; BAMBI, P.; LOBO, F. A. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. **Journal of Geophysical Research**, 113: 1-9, 2008.

SANCHES, L.; VOURLITIS, G. L.; ALVES, M. C.; PINTO JR, O. B.; NOGUEIRA, J. S. Seasonal Patterns of Evapotranspiration for a *Vochysia divergens* Forest in the Brazilian Pantanal. **Wetlands**, 31:1215-1225, 2011.

SÁNCHEZ, P. A. **Suelos del trópico: características y manejo**. San José: IICA, 1981, 634p.

SCHLESINGER, W. H.; BERNHARDT, E. S. **Biogeochemistry: An Analysis of Global Change**, 3ª. ed. San Diego: Academic Press publications, 688p., 2012.

SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta & Ambiente**, 2:1-18, 2012.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, 23(4):29-39, 2007.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. **Matéria Orgânica do Solo**. In: (Eds.) NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, p. 275-374, 2007.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 33:1703-1711, 1998.

SILVA, L. B. **Relações entre aporte de serrapilheira, nutrientes e efluxo de dióxido de carbono em floresta inundável de Vochysia divergens Pohl no Pantanal Mato-Grossense**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental: Cuiabá, 2013.

SILVA, L. C. R.; STERNBERG, L. S. L.; HARIDASAN, M.; HOFFMANN, W. A.; MIRALLES-WILHELM, F.; FRANCO, A. C.; Expansion of gallery forests into central Brazilian savannas. **Global Change Biology**, 14:2108–2118, 2008.

SILVA, M. P.; MAURO, R. A.; MOURÃO, G. M.; COUTINHO, M. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, 23(2), 2000.

SOARES, J. J.; OLIVEIRA, A. K. M. O Paratudal do Pantanal de Miranda, Corumbá-MS, Brasil. **Revista Árvore**, 33(2):339-347, 2009.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 12th ed. USDA–NRCS. 2014.

SONG, Y.; SONG, C.; MENG, H.; SWARZENSKI, C. M.; WANG, X.; TAN, W. Nitrogen additions affect litter quality and soil biochemical properties in a peatland of Northeast China. **Ecological Engineering**, 100:175-185, 2017.

SONGWE, N. C.; OKALI, D. U. U.; FASEHUN, F. E.; Litter decomposition and nutrient release in a tropical rainforest, Southern Bakundu Forest Reserve, Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, 11(3):333-350, 1995.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed., Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 416p.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVERIA, S. A. **Acidez do solo e sua correção**. In: (Eds.) NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, p. 205-274, 2007.

SOUSA, R. O.; VAHL, L. C. & OTERO, X.L. **Química de solos alagados**. In: (Eds.) MELLO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. Química e mineralogia do solo. Parte II - Aplicações. Viçosa: SBCS, p. 485-528, 2009.

SOTTA, E. D.; MEIER, P.; MALHI, Y.; NOBRE, A. D.; HODNETT, M.; GRACE, J. Soil CO₂ efflux in a tropical forest in central Amazon. **Global Change Biology**, 10: 601-617, 2004.

TROXLER GANN, T. G.; CHILDERS, D. L.; RONDEAU, D. N.. Ecosystem structure, nutrient dynamics, and hydrologic relationships in tree islands of the southern Everglades, Florida, USA. **For. Ecol. Manage.** 214:11–27, 2005.

VALENTINI, C. M. A.; SANCHES, L.; DE PAULA, R. B.; VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. S.; PINTO JR., O. B.; LOBO F. A. Soil respiration and aboveground litter dynamics of a tropical transitional forest in northwest Mato Grosso, Brazil. **Journal of Geophysical Research**, 113:1-11, 2008.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics** with S. 4^a. ed. New York: Springer, 2002.

VEPRASKAS, M. J.; FAULKNER, S. P. **Redox chemistry of hydric soils**. In: (Eds.) RICHARDSON, J. L.; VEPRASKAS, M. J. *Wetland soils: Genesis, hydrology, landscapes, and classification*. Boca Raton, CRC Press, p.85-105, 2001.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Dinâmica de Decomposição e Nutrientes em Plantio de Eucalyptus Urophylla × Eucalyptus Globulus no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, 20(3): 351-360, 2013.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. **Cálcio, Magnésio e Enxofre**. In: (Ed.) FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, p. 299-325, 2006.

VOURLITIS, G. L.; LOBO, F. A.; BIUDES, M.S.; ORTÍZ, C.E.R.; NOGUEIRA, J.S. Spatial variations in soil chemistry and organic matter content across a Vochysia divergens invasion front in the Brazilian Pantanal. **Soil Science Society of America Journal**, 75:1554–1561. 2011.

VOURLITIS, G. L.; LOBO, F. A.; LAWRENCE, S.; LUCENA, I. C.; DALMAGRO, O. B. P. Jr.; ORTÍZ, C. E. R.; NOGUEIRA, J. S. Variations in Stand Structure and Diversity along a Soil Fertility Gradient in a Brazilian Savanna (Cerrado) in Southern Mato Grosso. **Soil Science Society of American Journal**, 10.2136/sssaj2012.0336, 2013.

VOURLITIS, G. L.; LOBO, F. A.; PINTO JR., O. B.; ZAPPÍA, A.; DALMAGRO, H. J.; ARRUDA, P. H. Z.; NOGUEIRA, J. S. Variations in aboveground vegetation structure along a nutriente availability gradiente in the Brazilian pantanal. **Plant Soil**, 389: 307-321, 2015.

VOURLITIS, G. L.; ROCHA, H. R. **Flux dynamics in the cerrado and cerrado-forest transition of Brazil**. In: HILL, M. J.; HANAN, N. P. Ecosystem function in global savannas: measurement and modeling at landscape to global scales. Florida: CRC Press, p.97-116, 2010.

WIEDER, R. K.; WRIGHT, S. J. Tropical forest litter dynamics and dry season irrigation on Barro Colorado Island, Panama. **Ecology**, 76(6), 1971–1979. 1995.

XU, X. N.; HIRATA, E. Forest floor mass and litterfall in *Pinus luchuensis* plantations with and without broad-leaved trees. **Forest Ecology and Management**, 157:165-173, 2002.

ZEILHOFER, P.; SCHESSL, M. Relationship between vegetation and environmental conditions in the Northern Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Journal Biogeography**, 27(1): 159-168, 2000.

APÊNDICE 1

Na floresta com dominância de *V. divergens*, as famílias mais representativas em número de indivíduos foram Vochysiaceae com 51,19%, Melastomataceae com 26,19%, Chrysobalanaceae com 9,52% e Lauraceae com 5,95% de indivíduos amostrados, e as outras famílias com menos de 5% cada uma (SANCHES et al., 2015).

Densidade absoluta de uma espécie no transecto ($\hat{\lambda}_k$, ind/ha), área basal (AB , $m^2 ha^{-1}$) e Índice de Valor de Importância (IVI , %) das principais espécies no Cambarazal.

Espécie	Família	$\hat{\lambda}_k$	AB	IVI
<i>Vochysia divergens</i> Pohl	Vochysiaceae	347,07	51,99	49,43
<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	Melastomataceae	177,57	34,60	24,67
<i>Licania parvifolia</i> Huber	Chrysobalanaceae	64,57	79,73	13,44
<i>Ocotea suaveolens</i> Benth. & Hook.f. ex Hieron.	Lauraceae	40,36	5,67	5,51
<i>Duroia longiflora</i> Ducke	Rubiaceae	16,14	7,66	2,39
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	Meliaceae	16,14	16,45	2,24
<i>Alchornea discolor</i> Poepp. & Endl.	Euphorbiaceae	8,07	9,99	1,19
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Moraceae	8,07	15,18	1,14
Total				100

APÊNDICE 2

Na floresta com dominância de *S. phalerata*, as espécies mais representativas foram Palmae com 36,90% de indivíduos amostrados, Combretaceae com 8,33%, Leguminosae-Mimosoideae e Polygonaceae com 5,95% cada uma, e as outras famílias menos de 5% cada (SANCHES et al., 2015).

Densidade absoluta de uma espécie no transecto ($\hat{\lambda}_k$, ind./ha), área basal (AB , m² ha⁻¹) e Índice de Valor de Importância (IVI , %) das principais espécies no Acurizal.

Espécie	Família	$\hat{\lambda}_k$	AB	IVI
<i>Scheelea phalerata</i> (Mart. Ex Spreng.) Burret	Palmae	362,40	37,27	37,68
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Combretaceae	81,83	24,99	8,01
<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	Leguminosae- Mimosoideae ou Mimosaceae	58,45	58,25	6,25
<i>Rheedia brasiliensis</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	46,76	16,95	5,47
<i>Vitex cymosa</i> Bert. Ex Spreng.	Lamiaceae	35,07	7,80	4,24
<i>Coccoloba kujabensis</i> Wedd.	Polygonaceae	58,45	34,90	4,20
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anacardiaceae	35,07	19,78	4,05
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Leguminosae	35,07	49,92	3,51
<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	Melastomataceae	35,07	36,69	3,20
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	23,38	21,19	2,72
<i>Tabebuia aurea</i> Benth. & Hook.f. ex S.Moore	Bignoniaceae	23,38	65,39	2,36
<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Toledo	Bignoniaceae	23,38	22,48	2,13
<i>Psidium kennedyanum</i> Morong	Myrtaceae	23,38	36,78	2,00
<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	23,38	12,38	1,80
<i>Spondias lutea</i> L.	Anacardiaceae	11,69	37,27	1,47
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Mull.Arg.	Apocynaceae	11,69	65,39	1,42
<i>Cordia glabrata</i> A.DC.	Boraginaceae	11,69	65,39	1,37
<i>Aspidosperma australe</i> Mull.Arg.	Apocynaceae	11,69	16,95	1,33
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Vochysiaceae	11,69	28,01	1,31
<i>Cupania castaneaifolia</i> Mart.	Sapindaceae	11,69	87,16	1,15
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Moraceae	11,69	16,95	1,10
<i>Brosimum lactescens</i> (S.Moore) C.C.Berg	Moraceae	11,69	87,16	1,08
<i>Triplaris americana</i> L.	Polygonaceae	11,69	16,95	1,08
<i>Emmotum nitens</i> Miers	Icacinaceae	11,69	16,95	1,07
Total				100

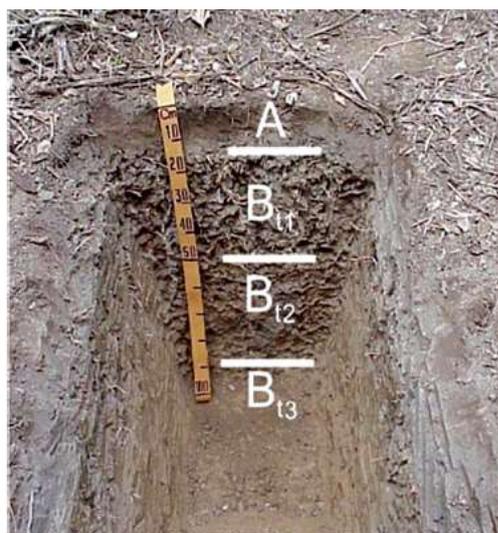
APÊNDICE 3

Perfil do Vertissolo na floresta com dominância de *V. divergens* (16°29'10''S e 56°25'27''O) (AQUINO, 2016) a uma distância de, aproximadamente, 5 m do transecto deste estudo.



Perfil do Vertissolo. Fonte da foto: Aryadne Aquino.

Perfil do Planossolo Háptico eutrófico típico (16°30'13,6''S e 56°24'18,7''O) (CORINGA et al., 2012) a uma distância de, aproximadamente, 100 m do transecto deste estudo.



Perfil do Planossolo Háptico eutrófico típico
Fonte da foto: Coringa et al. (2012).

APÊNDICE 4

Atributos químicos e físicos do Planossolo Háptico eutrófico típico (CORINGA et al., 2012).

Hor.	Prof. cm	Composição granulométrica			pH água	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺	T	V	m	CT g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³
		Areia	Silte	Argila													
A	0-14	471	346	183	5,3	4,7	2,3	0,21	0,1	7,3	0,1	4,4	11,8	62	1	14	-
Bt1	15-50	292	317	391	6,1	7,2	8,1	0,23	0,5	16	0,2	3	19,2	83	1	3,7	-
Bt2	51-93	353	319	328	6,8	5,8	7,7	0,17	0,6	14,2	0,1	1,5	15,8	90	1	2,6	-
Bt3	94-103+	586	191	224	8,1	4,1	5,9	0,1	0,5	10,6	0	0,5	11,1	95	0	1,1	-

(-) significa não analisados.

Atributos químicos e físicos do Vertissolo (AQUINO, 2016).

Prof. cm	Composição granulométrica			pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺	T	V	m	CT g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³
	Areia	Silte	Argila													
0-15	-	-	-	4,9	5,2	2,5	0,05	-	7,8	0,3	6,4	14,4	53,7	3,7	-	41,2
15-30	-	-	-	4,2	4,3	3,6	0,001	-	7,9	0,9	2,8	11,6	68,3	9,7	-	1,5
30-120	-	-	-	4,2	7,3	6,0	0,04	-	13,3	2,2	2,8	18,3	72,8	13,9	-	2,2
120-170	-	-	-	4,1	4,7	5,3	0,02	-	10,0	0,4	1,1	11,5	87,1	3,5	-	2,7

(-) significa não analisados.

