

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

**EFEITOS DA INUNDAÇÃO SOBRE O SOLO E  
VEGETAÇÃO COM DOMINÂNCIA DE  
*Vochysia divergens* POHL (VOCHYSIACEAE) NO  
PANTANAL MATO-GROSSENSE**

**NADJA GOMES MACHADO**

**PROFA. DRA. LUCIANA SANCHES**  
**Orientadora**

Cuiabá, MT  
Fevereiro/2013

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

**EFEITOS DA INUNDAÇÃO SOBRE O SOLO E  
VEGETAÇÃO COM DOMINÂNCIA DE  
*Vochysia divergens* POHL (VOCHYSIACEAE) NO  
PANTANAL MATO-GROSSENSE**

**NADJA GOMES MACHADO**

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

**PROFA. DRA. LUCIANA SANCHES**  
**Orientadora**

Cuiabá, MT  
Fevereiro/2013

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

M149e Machado, Nadja Gomes.  
Efeitos da inundação sobre o solo e vegetação com dominância de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) no Pantanal Mato-grossense / Nadja Gomes Machado.  
-- 2013  
xi, 61 f. ; 30 cm.

Orientador: Luciana Sanches.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2013.  
Inclui bibliografia.

1. Ecologia de áreas úmidas. 2. Estrutura de comunidades de plantas. 3. Ecologia florestal. 4. Ecologia geográfica. 5. Crescimento de árvores. 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: EFEITOS DA INUNDAÇÃO SOBRE O SOLO E VEGETAÇÃO COM DOMINÂNCIA DE *Vochysia Divergens* POHL (VOCHYSIACEAE) NO PANTANAL MATO-GROSSENSE**

**AUTORA: NADJA GOMES MACHADO**

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 27 de fevereiro de 2013, pela comissão julgadora:

  
**Profa. Dra. Luciana Sanches - Orientadora**  
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e  
Tecnologia  
UFMT

  
**Profa. Dra. Carmen Eugenia Rodriguez  
Ortíz – Examinadora Interna**  
Instituto de Biociências – UFMT

  
**Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior –  
Examinador Interno**  
Programa Nacional de Pós Doutorado –CAPES

  
**Prof. Dr. José de Souza Nogueira  
Examinador Interno**  
Instituto de Física - UFMT

  
**Prof. Dr. Vinícius Buscioli Capistrano  
Examinador Externo**  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Cideni e Elza, exemplos de pessoas e profissionais;

Ao meu esposo Marcelo, amigo e companheiro de todos os momentos; e

Ao meu irmão Harthur, que me ensina compartilhar.

## **AGRADECIMENTOS**

A Profa. Dra. Luciana Sanches, pela orientação, apoio e confiança, ingredientes que possibilitaram a realização desta tese;

Ao Prof. Dr. Marcelo Sacardi Biudes pela amizade e incentivo na conclusão desta tese;

Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira, pelo grande trabalho feito para a realização deste curso de doutorado;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, que compartilharam seus conhecimentos;

Aos companheiros de campo, Ludymilla Barboza da Silva, Aryadne Márcia Aquino e Jonathan Willian Zangeski Novais pelo trabalho colaborativo e pelos momentos de descontração no campo;

Aos estudantes, Lucas Peres Angelini, Dalila Morgana de Souza Mützenber e Débora Aparecida Souza Guedes do Instituto Federal de Mato Grosso por terem contribuído com a instalação dos transectos na área de estudo;

Ao Sr. Waldir Wolfgang Valutky, Supervisor da Estância Ecológica SESC Pantanal, por autorizar a coleta de dados e pelo apoio na logística de campo no Parque Baía das Pedras;

A todos os trabalhadores do Parque Baía das Pedras por terem ajudado no deslocamento para coleta de dados no período de inundação;

Aos membros da banca examinadora pelos comentários e sugestões apresentados com o objetivo de valorizar a tese;

A todos os colegas da Pós-Graduação em Física Ambiental pelos momentos de alegria no convívio, e em especial, a Victor Hugo de Moraes Danelichen, Maísa Caldas Souza, Geison Jader Mello e Ândrea Carla Dalmolin;

À Soilce e Cesário pela colaboração nos serviços da secretaria que auxiliam o desenvolvimento do doutorado;

Aos meus pais, Cideni e Elza pelo amor, apoio e ensinamentos que foram fundamentais para a conclusão do doutorado;

Ao meu esposo, Marcelo pelo amor, compreensão e incentivo indispensáveis para minha vida pessoal e profissional;

Ao meu irmão, Harthur e minha cunhada, Sue Ellen pelos bons momentos de descontração;

Aos meus familiares que compreenderam minhas ausências por causa da necessidade de dedicação ao doutorado;

Ao Prof. Dr. Wander Miguel de Barros, Prof. MSc. James Moraes de Moura e Prof. MSc. Reinaldo de Souza Bilio por compreenderem minha necessidade de dedicação ao doutorado e colaborarem com minhas atividades profissionais no Campus Cuiabá - Bela Vista do IFMT;

À FAPEMAT e ao CNPq pelo apoio financeiro aos Projetos de Pesquisa “*Influência dos padrões de hidrometeorológicos intra dossel no estoque*” e “*Relação entre a inundação, o microclima e o índice de área foliar em área de Vochysia divergens Pohl no pantanal Matogrossense*”, respectivamente, nos quais essa tese está inserida.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	X
ABSTRACT .....	XI
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	1
1.3 HIPÓTESES .....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 OBJETIVO GERAL .....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 PANTANAL .....	4
2.2 FLORESTAS MONODOMINANTES .....	5
2.3 SOLOS INUNDADOS .....	7
2.4 ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO .....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.2 VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS.....	13
3.3 LÂMINA D'ÁGUA DE INUNDAÇÃO.....	14
3.4 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO.....	14
3.5 ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO .....	15
3.6 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA.....	18
3.7 INCREMENTO DIAMÉTRICO DE <i>VOCHYSIA DIVERGENS</i> .....	18
3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	18
4. RESULTADOS.....	20
4.1 MICROCLIMA E INUNDAÇÃO .....	20
4.2 VARIAÇÕES NAS PROPRIEDADES DO SOLO .....	22
4.3 COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO.....	24
4.4 PRODUÇÃO DE BIOMASSA SECA .....	28
4.5 INCREMENTO DIAMÉTRICO DE <i>VOCHYSIA DIVERGENS</i> .....	28
5. DISCUSSÃO.....	31

<b>5.1 SAZONALIDADE DE MICROCLIMA E INUNDAÇÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2 EFEITOS DA INUNDAÇÃO SOBRE OS NUTRIENTES DO SOLO.....</b>	<b>32</b>
<b>5.3 GRADIENTE DE VEGETAÇÃO COM DOMINÂNCIA DE <i>VOCHYSIA DIVERGENS</i>.....</b>	<b>35</b>
<b>5.4 SAZONALIDADE DO INCREMENTO DIAMÉTRICO DE <i>VOCHYSIA DIVERGENS</i>.....</b>	<b>40</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>43</b>
<b>7. RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>44</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>45</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Localização da floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, Brasil.....	12
<b>Figura 2</b> – Pontos de amostragem ao longo do transecto com a árvore mais próxima do ponto central em cada quadrante (I, II, III, IV).....	16
<b>Figura 3</b> – Média mensal de precipitação (mm) e lâmina d’água (cm) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. Barras representam o desvio padrão. ....	20
<b>Figura 4</b> – Média mensal da temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b) e déficit de pressão de vapor (c) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão. ....	21
<b>Figura 5</b> – Textura do solo em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. ....	23
<b>Figura 7</b> – Regressão entre densidade e diâmetro do caule (a), Densidade de <i>V. divergens</i> e lâmina d’água média (b), ICR de <i>V. divergens</i> e duração da inundação (c) e Índice de Diversidade e ICR de <i>V. divergens</i> (d) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense.....	27
<b>Figura 8</b> – Variabilidade sazonal da produção média de biomassa seca (%) de folhas e flores de indivíduos de <i>V. divergens</i> (a) e de flores (b) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão. ....	28
<b>Figura 9</b> – Variabilidade mensal da taxa média de incremento diamétrico de <i>V. divergens</i> em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão. ....	29
<b>Figura 10</b> – Variabilidade sazonal e anual da taxa média de incremento diamétrico de <i>V. divergens</i> em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão.....	29
<b>Figura 11</b> – Variabilidade sazonal da taxa média de incremento diamétrico de <i>V. divergens</i> por transecto em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão. ....	30
<b>Figura 12</b> – Distribuição da taxa anual de incremento diamétrico de <i>V. divergens</i> por classe de diâmetro em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012.....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Cota topográfica (m) da floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. ....	13
<b>Tabela 2</b> – Média mensal e desvio padrão da lâmina d’água (cm) no período de inundação por transecto em uma floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. T = transecto. * Não houve lâmina d’água. ....	22
<b>Tabela 3</b> – Média e desvio padrão da concentração de nutrientes e textura do solo antes (dezembro/2011) e depois (julho/2012) da inundação e sua variação em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense. ....	23
<b>Tabela 4</b> – Estatística F e graus de liberdade da ANCOVA para diferenças entre tempo (antes e depois da inundação), espaço (transectos), e a interação tempo x espaço nas propriedades do solo em floresta sazonalmente inundável no Pantanal Mato-grossense, 2012. *, p < 0,05; **, p < 0,01; ***, p < 0,001. ....	24
<b>Tabela 5</b> – Correlação entre argila, cota topográfica, duração da inundação e lâmina d’água em floresta sazonalmente inundável no Pantanal Mato-grossense, 2012. *, p < 0,05; **, p < 0,01; ***, p < 0,001. ....	24
<b>Tabela 6</b> – Espécies de plantas e suas abundâncias em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. ....	25
<b>Tabela 7</b> – O diâmetro (cm), a densidade (#/ha), a área basal (m <sup>2</sup> /ha) média de plantas e Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H’) por transecto em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. ....	25
<b>Tabela 8</b> – Espécies de plantas e seus IDR e ICR ao longo de transectos em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. ....	26
<b>Tabela 9</b> – Espécies de plantas e seus IFR e IIR ao longo de transectos em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. ....	27
<b>Tabela 8</b> – Comparação das variações dos nutrientes do solo após a inundação entre esta pesquisa, Vourlitis et al. (2011) e Lima et al. (2005).- não avaliado na pesquisa. ....	33
<b>Tabela 9</b> – Comparação do número de espécies e indivíduos em diferentes pesquisas. ....	36
<b>Tabela 10</b> – Comparação do diâmetro à altura do peito (DAP) em diferentes pesquisas. ....	36
<b>Tabela 11</b> – Comparação da densidade (indivíduos/hectare) média de árvores em diferentes pesquisas. ....	37
<b>Tabela 12</b> – Comparação da área basal (m <sup>2</sup> /hectare) em diferentes pesquisas. ....	37
<b>Tabela 13</b> – Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H’) em 04 artigos. ....	37
<b>Tabela 14</b> – Comparação da taxa de incremento diamétrico (mm) de <i>V. divergens</i> com outras espécies em diferentes pesquisas. ....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS

AB – Área Basal

ANCOVA – Análise de Covariância

ATTZ – Aquatic/Terrestrial Transition Zone (Zonas de Transição Aquática-Terrestre)

CA – Cobertura Absoluta

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

FA – Frequência Absoluta

ICR – Índice de Cobertura Relativa

ICRVd – Índice de Cobertura Relativa de *Vochysia divergens*

IDR – Índice de Densidade Relativa

IFR – Índice de Frequência Relativa

IIR – Índice de Importância Relativa

PCQM – Point-Centered Quarter Method (Método do Quadrante do Ponto Central)

SESC – Serviço Social do Comércio

## RESUMO

MACHADO, N.G. Efeitos da inundação sobre o solo e vegetação com dominância de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) no Pantanal Mato-grossense. Cuiabá, 2013, 74f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

O objetivo desta pesquisa foi compreender os efeitos da inundação sobre o solo e a vegetação com dominância de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) no Pantanal Mato-grossense. A área de estudo está localizada em Poconé/MT. Nela foram estabelecidos cinco transectos de 50 metros cada um com pontos de amostragem em intervalos de 5 metros, perfazendo um total de 11 pontos por transecto. Uma estação meteorológica foi instalada a 2 km ao sul da floresta sazonalmente inundada para medir diariamente a temperatura e umidade do ar e precipitação. As variáveis analisadas foram: lâmina d'água da superfície, umidade e propriedades do solo; densidade, área basal, frequência, valor de importância e diversidade das espécies de plantas; produção de serapilheira; e incremento diamétrico de *V. divergens*. A Análise de Covariância, Regressão Linear Simples, Teste de Shapiro-Wilk e Correlação de Spearman foram utilizados nas análises estatísticas no Programa R. O microclima local apresentou sazonalidade semelhante ao do clima regional. As propriedades químicas do solo mudaram após a inundação e o solo tornou-se mais ácido. Um gradiente de vegetação com dominância de *V. divergens* ocorreu na área de estudo. A densidade de plantas diminuiu com o aumento do diâmetro do caule. A frequência de distribuição das classes de diâmetro revelou que a comunidade de plantas é jovem e a população de *V. divergens* está em transição de árvores jovens para velhas. A densidade e o Índice de Cobertura de *V. divergens* decresceram à medida que a lâmina d'água e a duração da inundação aumentaram, respectivamente. A diversidade de plantas diminuiu com o aumento da densidade de *V. divergens*. A taxa média anual de incremento diamétrico de *V. divergens* foi de 4,89 mm. Este incremento apresentou dinâmica sazonal com maiores valores de janeiro a março (período de inundação com chuva), ausência ou incremento negativo de julho a setembro (estação seca e período reprodutivo), e valores intermediários de incremento de abril a junho e de outubro a dezembro (período de transição entre as estações seca e chuvosa). O incremento seguiu os padrões do clima regional e de mudanças fenológicas da espécie.

Palavras-chave: Ecologia florestal; Estrutura de comunidades de plantas; Crescimento de árvores; Ecologia geográfica; Áreas úmidas.

## ABSTRACT

MACHADO, N.G. Effects of flooding on soil and vegetation with dominance of *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) in Pantanal Mato-grossense. Cuiabá, 2013, 74f. Thesis (Doctorate in Environmental Physic); Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso.

The objective of this research was to understand effects of flooding on soil and vegetation with dominance of *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) in Pantanal, Mato Grosso. The study area is located in Poconé / MT. It was established five transects of 50 meters each with sampling points at intervals of 5 meters. A meteorological station was installed at 2 km to the South of the seasonally flooded forest to measure daily temperature and air humidity and rainfall. The variables analyzed were: surface water depth, humidity and soil properties; density, basal area, frequency, importance value and diversity of plant species; litter production; and increment in diameter of *V. divergens*. Analysis of Covariance, Simple Linear Regression, Shapiro-Wilk test and Spearman Correlation were used to statistical analyzes in the program R. The local microclimate showed similar seasonality to the regional climate. The chemical properties of the soil changed after the flood and soil became more acid. A gradient with dominance of *V. divergens* occurred in the study area. Plant density decreased with increasing in stem diameter. Frequency distribution of diameter classes revealed that the plant community is young and *V. divergens* population is in transition from young to old trees. The density and relative cover index of *V. divergens* decreased as the water depth and flood duration increased, respectively. Plant diversity decreased with increasing of *V. divergens* density. The annual increment in diameter of *V. divergens* was 4.89 mm. This increment showed seasonal dynamics with higher values from January to March (flooding period with rainfall), absence or negative increment from July to September (dry season and reproductive period), and intermediate values from April to June and from October to December (transitional period between the dry and wet season). The increment followed the patterns of regional climate and phenological changes of species.

Keywords: Forestry ecology; Plant community structure; Tree growth; Geographical Ecology; Wetlands.

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 PROBLEMÁTICA**

Florestas tropicais úmidas tem a maior diversidade de árvores do Planeta e distribuições espaciais não randômicas dessas espécies em relação a fatores edáficos poderiam ser um mecanismo responsável por manter essa diversidade (CLARK et al., 1995). Porém, algumas florestas tropicais apresentam mais de 60% do dossel formado por uma única espécie (CONNELL & LOWMAN, 1989; HART et al., 1989). A diversidade de espécies de tais florestas é menor do que as que não apresentam dossel com monodominância (CONNELL & LOWMAN, 1989).

A variação sazonal do nível da água na superfície do solo no Pantanal, denominada de pulso de inundação funciona como uma perturbação para o solo e a vegetação, uma vez que altera as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (PEZESHKI & DELAUNE, 2012), bem como o estabelecimento e desenvolvimento de estandes monodominantes (VAN DER VALK, 1981; NUNES DA CUNHA et al., 2007). Para entender a estrutura e funcionamento dos ecossistemas é necessário determinar como as distribuições e abundâncias dos organismos variam no tempo e no espaço (CLARK et al., 1995), bem como os fatores abióticos que influenciam essas distribuições e abundâncias.

É importante destacar que, os fatores que controlam a monodominância são incertos e podem variar entre florestas, mas podem estar relacionados às hipóteses baseadas no espaço (condições edáficas) ou no tempo (sucessão ecológica) (READ et al., 2006). Sendo assim, entender os padrões e causas da heterogeneidade espacial do solo e da estrutura da comunidade em florestas tropicais úmidas pode contribuir para avaliar o papel ecológico da inundação no Pantanal.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

As planícies de inundação, um tipo de área úmida, tornaram-se prioritárias para conservação biológica por manterem grande biodiversidade (JUNK et al., 2006). Além disso, elas contribuem para o balanço global de dióxido de carbono, metano e enxofre na atmosfera (KIRK, 2004). O Pantanal, maior planície inundável do mundo localizada no centro da América do Sul, tem variação sazonal do nível de água na superfície do solo (JUNK et al., 1989), provocada pela pouca drenagem devido à

topografia e solo argiloso. O pulso de inundação, variação sazonal do nível de água na superfície do solo, modela a paisagem e a distribuição de unidades fitofisionômicas (NUNES DA CUNHA et al., 2007; NEIFF, 2001, 1990).

Solos submersos, presentes nas planícies de inundação, sofrem alterações, decorrentes de processos de transporte que controlam os fluxos de solutos e gases (KIRK, 2004). Após a inundação, o oxigênio é deplecionado pela respiração de microrganismos e raízes e o dióxido de carbono é acumulado (PONNAMPERUMA, 1972; REDDY & PATRICK, 1975; PEZESHKI & DELAUNE, 2012). Então, microrganismos aeróbios são substituídos por anaeróbios que utilizam compostos oxidados em sua respiração (BURESH et al., 2008; PEZESHKI & DELAUNE, 2012). O acúmulo de dióxido de carbono modifica o pH do solo (KIRK, 2004; PONNAMPERUMA, 1972), afetando o potencial redox do solo e transformações dos nutrientes (PONNAMPERUMA, 1972; REDDY & PATRICK, 1975; REDDY & PATRICK, 1976; BURESH et al., 2008; PEZESHKI & DELAUNE, 2012).

Além disso, as variações topográficas e diferenças locais da inundação atuam na distribuição e abundância das espécies vegetais no Pantanal (ZEILHOFER & SCHESSL, 2000; NUNES DA CUNHA & JUNK, 2001; REBELLATO & NUNES DA CUNHA, 2005; DAMASCENO-JÚNIOR et al., 2005; ARIEIRA & NUNES DA CUNHA, 2006). As plantas enfrentam condições de extremo estresse hídrico, seja pela falta ou pelo excesso de água (JUNK & DA SILVA, 1999). Essas condições favorecem a permanência de grande quantidade de espécies pioneiras no Pantanal, que mantem suas populações em altas densidades (POTT & POTT, 1994; SILVA et al., 2000), formando estandes monodominantes como de *Vochysia divergens* (NUNES DA CUNHA et al., 2007). Essa espécie tem invadido campos sazonalmente alagados, tornando-os indisponíveis para as atividades de pastagem (NUNES DA CUNHA et al., 2000).

Portanto, avaliar os efeitos da inundação sobre o solo e vegetação no Pantanal é crítico para o entendimento de como florestas sazonalmente inundadas são organizadas e como elas poderiam ser mantidas no futuro frente às mudanças de uso e ocupação do solo.

### **1.3 HIPÓTESES**

- i. A inundação como fator perturbador modifica a concentração de nutrientes do solo após a inundação no Pantanal;
- ii. A dominância de *Vochysia divergens* afeta a composição e estrutura de uma floresta sazonalmente inundável no Pantanal;
- iii. A dinâmica do incremento diamétrico de *Vochysia divergens* varia com a sazonalidade de fatores hidroclimáticos e fenológicos.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GERAL**

- Compreender efeitos da inundação sobre o solo e vegetação com dominância de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) no Pantanal Mato-grossense.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar as mudanças na concentração de nutrientes do solo após a inundação;
- Analisar a composição e estrutura de vegetação com dominância de *Vochysia divergens*;
- Avaliar a variação sazonal e espacial do incremento diamétrico de indivíduos de *Vochysia divergens*.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PANTANAL

As áreas úmidas são um sistema complexo e permanente de zonas de transição aquática-terrestre (Aquatic/Terrestrial Transition Zone - ATTZ) ao longo das planícies periodicamente inundáveis (JUNK et al., 1989). De acordo com a amplitude, frequência, previsibilidade e força de inundação, sete grandes áreas úmidas no mundo foram definidas, tornando-se áreas prioritárias para conservação biológica por manterem grande diversidade de flora e fauna (JUNK et al., 2006).

Dentre estas áreas, há o Pantanal, maior planície sazonalmente inundável do mundo, localizado no centro do continente Sul-americano (JUNK et al., 2006), na latitude 16°10' a 17°05' S e longitude 56°40' a 57°00' O (ZEILHOFER, 2006), ocupando uma área de, aproximadamente 140.000 km<sup>2</sup> (HAMILTON, 2002). Esta planície foi formada no período quaternário e, é preenchida com depósitos aluviais dos rios da Bacia do Alto Paraguai, cuja área de drenagem é de 500.000 km<sup>2</sup> dos quais dois terços estão no Brasil, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (FANTIN-CRUZ et al., 2010). O Pantanal inclui um mosaico de formações vegetais do chaco, do cerrado do Planalto Central e da Floresta Amazônica (PRANCE & SCHALLER, 1982).

O clima regional é do tipo AW de Köppen, quente e úmido, com a estação chuvosa de outubro a março (verão) e seca de abril a setembro (inverno), com pluviosidade variando de 800 a 1.300 mm ano<sup>-1</sup> (CADAVID GARCIA, 1984). A média anual de temperatura oscila entre um máximo de 29 a 32 °C e um mínimo de 17 a 20 °C (BRASIL, 1997). Os solos são variáveis, mas geralmente contêm mais silte e argila em áreas sujeitas a transbordamento de rios e tendem a conter mais areia nas partes mais altas dos leques aluviais, incluindo áreas sujeitas a inundação por chuva local (HAMILTON, 2002).

A principal característica desse sistema é a variação temporal do nível d'água, denominada de pulso de inundação que regula seus processos ecológicos (JUNK et al., 1989). As características hidrológicas mais salientes do pulso sazonal de inundação são: (i) a frequência, geralmente uma vez por ano; (ii) a profundidade da inundação que varia de 10 cm a 2 m ou mais; e (iii) a duração da inundação variando de 1 a 2 meses ou mais (HAMILTON, 2002).

O regime da inundação é monomodal (CADAVID GARCIA, 1984), começando ao norte da planície com o início de chuvas em dezembro; enquanto na parte central e sul da planície podem ocorrer defasagens de até 3 meses entre o pico das precipitações (fevereiro/março) e o máximo das inundações (FANTIN-CRUZ et al., 2010). Ao longo dos cursos dos rios, a inundação da planície é principalmente mantida pelo transbordamento dos mesmos a partir de canais intermitentes; enquanto em locais distantes ou com pouca influência de curso de rio, elas podem ser provocadas por chuvas locais (PENHA et al., 1999).

A elevação topográfica possibilita a divisão dessa ATTZ em três unidades fisiográficas: (i) o Planalto com altitudes entre 250 e 750 m formado por uma região de cabeceiras, (ii) a Depressão com altitudes entre 180 e 250 m formado por relevo aplainado e uma pequena área com encostas íngremes, e (iii) o Pantanal com altitudes entre 100 a 180 m formado por um relevo baixo e plano com um gradiente hidráulico regional não superior a  $15 \text{ cm km}^{-1}$  (FANTIN-CRUZ et al., 2010).

As variações topográficas e as diferenças locais da inundação (intensidade e duração) modelam a paisagem e, conseqüentemente a distribuição de unidades fitofisionômicas (NEIFF, 1990, 2001; CUNHA et al., 2007), uma vez que atuam na distribuição e abundância das espécies vegetais na planície do Pantanal (NUNES DA CUNHA & JUNK, 2001; ZEILHOFER & SCHESSL, 2000; REBELLATO & NUNES DA CUNHA, 2005; DAMASCENO-JÚNIOR et al., 2005; ARIEIRA & NUNES DA CUNHA, 2006). Das espécies arbóreas encontradas no Pantanal, apenas 5% habitam, exclusivamente, zonas com prolongado alagamento, 30% estão restritas às áreas raramente alagadas e 65% são de ampla distribuição no gradiente de inundação (NUNES DA CUNHA & JUNK, 1999).

## **2.2 FLORESTAS MONODOMINANTES**

A distribuição espacial da biodiversidade é complexa (GASTON, 1996). A tendência da riqueza de espécies em aumentar com a diminuição da latitude é bem conhecida (PIANKA, 1966), mas pouco compreendida (STEVENS, 1989). Portanto, as florestas tropicais são muito mais diversificadas do que as florestas temperadas, e hipóteses têm sido propostas para explicar esta característica geral dos ecossistemas em todo o mundo. Os mecanismos propostos para explicar a maior diversidade

tropical variam de fatores globais, tais como o clima e a latitude (PIANKA, 1966), a processos locais, tais como competição, herbivoria e predação (MENGE & SUTHERLAND, 1976; JANZEN 1970; MACARTHUR 1970).

Embora, as florestas tropicais tenham grande número de espécies, algumas delas apresentam  $\geq 60\%$  do dossel dominado por uma única espécie (CONNELL & LOWMAN, 1989; HART et al., 1989). Tais florestas apresentam significativamente menor diversidade de espécies de árvores do dossel do que em locais onde o dossel não apresenta monodominância (CONNELL & LOWMAN, 1989). As florestas monodominantes ocorrem em cada uma das três regiões de florestas tropicais: na África (PEH et al., 2011; GROSS et al., 2000); na Ásia (TOKUOKA et al., 2011); e nas Américas (NUNES DA CUNHA et al., 2007; NASCIMENTO et al., 1997; ter STEEGE, 1994).

Os fatores que controlam a monodominância são incertos e podem variar entre florestas (READ et al., 2006). Nas hipóteses baseadas no espaço, o dossel monodominante tem sido atribuído principalmente à qualidade do solo com limitação de nutrientes e pouca drenagem (TORTI et al., 2001), enquanto que nas hipóteses baseadas no tempo, o dossel monodominante tem sido atribuído à sucessão ecológica em estágios sucessionais iniciais ou intermediários de espécies de crescimento rápido com requisitos de luz intensa após uma perturbação, ou em estágio sucessional tardio de espécies tolerantes à sombra (TOKUOKA et al., 2011; READ et al., 2006; CONNELL & LOWMAN, 1989; HART et al., 1989; HART, 1990).

No Pantanal, as oscilações sazonais dos níveis de inundação causadas por variação pluviométrica e mudanças na dinâmica sedimentológica (COLLISCHONN et al., 2001), podem funcionar como um filtro ao estabelecimento e desenvolvimento de algumas espécies de plantas (VAN DER VALK, 1981), uma vez que elas enfrentam condições de extremo estresse hídrico, seja pela falta ou pelo excesso de água (JUNK & DA SILVA, 1999). Essas condições favorecem a permanência de grande quantidade de espécies pioneiras no pantanal, que mantêm suas populações em altas densidades (POTT & POTT, 1994; SILVA et al., 2000).

As espécies com altas densidades formam estandes monodominantes, como por exemplo: (i) *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore (Bignoniaceae), (ii) *Copernicia alba* Morong (Arecaceae) e (iii) *Vochysia divergens*

Pohl (Vochysiaceae), localmente chamados de paratudal, carandazal e cambarazal, respectivamente (NUNES DA CUNHA et al., 2007). Atualmente, observa-se que estandes monodominantes de cambará ocupam 6,4% da sub-região do pantanal de Poconé, perfazendo 3,1% da vegetação do Pantanal (SILVA et al., 2000). Esta espécie tem se espalhado rapidamente pelos campos naturais e manejados, formando extensos estandes de cambarazal (NUNES DA CUNHA & OLIVEIRA, 2000; NUNES DA CUNHA & JUNK, 2004). Os proprietários de fazenda de gado no Pantanal foram os primeiros a alertar sobre a “invasão” do cambará em seus campos, tornando-se assim indisponíveis para as atividades de pastagem (NUNES DA CUNHA et al., 2000).

O cambará (*Vochysia divergens* Pohl) se destaca por apresentar características ecológicas e fisiológicas, que favorecem seu rápido espalhamento e dominância em campos sazonalmente inundados (STAFLEU, 1948; PRANCE & SCHALLER, 1982; NUNES DA CUNHA & JUNK, 1999), uma vez que apresenta alta taxa de crescimento sob intensa luminosidade, tolerância à condição de prolongado alagamento, capacidade de suas plântulas em manter suas folhas intactas embaixo da superfície da água e elevada produção de sementes espalhadas pelo vento e água (NUNES DA CUNHA & JUNK, 2004).

### **2.3 SOLOS INUNDADOS**

Os solos e sedimentos submersos ocupam 72% da superfície da Terra (PONNAMPERUMA, 1972). Um tipo de área úmida que apresenta solos submersos por estar temporariamente inundada são as planícies de inundação. Elas são fontes, sumidouros e transformadores de nutrientes e carbono, contribuindo assim para a estabilidade global de dióxido de carbono, metano e enxofre na atmosfera e de nitrogênio disponível e fósforo nas águas de superfície, bem como são importantes sumidouros regionais de poluentes orgânicos e inorgânicos (KIRK, 2004).

O alagamento em áreas úmidas provoca alterações em propriedades físicas, químicas e biológicas no solo (PEZESHKI & DELAUNE, 2012), principalmente determinadas por processos de transporte que controlam os fluxos de solutos e de gases através do solo (KIRK, 2004). O solo torna-se rapidamente anóxico após o alagamento em decorrência do lento transporte de oxigênio através dos poros cheios

de água do solo submerso do que através dos espaços de um solo bem drenado (KIRK, 2004). Vale ressaltar que, as áreas úmidas sofrem duração variável de diversos ciclos de alternância de condições aeróbicas e anaeróbicas, afetando um número importante de processos no solo (REDDY & PATRICK, 1975).

A restrição de difusão do ar atmosférico no solo provoca uma depleção do oxigênio e acumulação de dióxido de carbono no solo (GREENWAY et al., 2006). Logo após o alagamento, o suprimento limitado de oxigênio nos poros do solo é deplecionado rapidamente pelas raízes e microrganismos, provocando a redução do potencial de oxirredução no solo (PEZESHKI & DELAUNE, 2012; REDDY & PATRICK, 1975; PONNAMPERUMA, 1972). Portanto, o fornecimento de oxigênio do ar para o solo é reduzido e vários microrganismos anaeróbios obrigatórios e facultativos utilizam compostos oxidados como aceptores de elétrons para sua respiração, convertendo-os para as formas reduzidas (PEZESHKI & DELAUNE, 2012; BURESH et al., 2008).

O potencial de oxirredução é a mais importante diferença química entre solo submerso e solo bem drenado (PEZESHKI & DELAUNE, 2012; PONNAMPERUMA, 1972). Reações químicas de oxirredução envolvem a transferência de elétrons entre doadores de elétrons que perdem elétrons (agentes redutores), e aceptores de elétrons que ganham elétrons (agentes oxidantes) (KIRK, 2004; PONNAMPERUMA, 1972). Sendo assim, a redução do potencial de oxirredução é a diminuição de reações de oxidação e o aumento das reações de redução, ou seja, o solo passa de um estado oxidado para um estado reduzido.

Após a depleção do oxigênio por respiração de microrganismos e raízes, ocorre a redução do pH (PONNAMPERUMA, 1972), a nitrificação (de  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{N}_2$ ), e a redução de ferro (de  $\text{Fe}^{3+}$  para  $\text{Fe}^{2+}$ ), manganês (de  $\text{Mn}^{4+}$  para  $\text{Mn}^{2+}$ ), e sulfato (de  $\text{SO}_4^{2-}$  para  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{S}^{2-}$  ou  $\text{HS}^-$ ) (PEZESHKI & DELAUNE, 2012), assim como, acumulação de ácidos orgânicos voláteis (acético e butírico) produzidos por metabolismo microbiano (PEZESHKI & DELAUNE, 2012; PONNAMPERUMA, 1972). Os ácidos orgânicos voláteis são ecologicamente importantes, porque eles são intermediários na degradação da matéria orgânica em metano por respiração anaeróbica (PONNAMPERUMA, 1972).

Há um gradiente de potencial de oxirredução no perfil do solo submerso,

formado progressivamente por mais aceptores de elétrons reduzidos (KIRK, 2004). Em maiores profundidades, há presença de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}^+$  como aceptores de elétrons e processos de fermentação e metanogênese, e em profundidades intermediárias, há reações de redução de sulfato, ferro, manganês e denitrificação (KIRK, 2004).

O alagamento também altera propriedades hidráulicas do solo, uma vez que o ar preso no interior dos poros de agregados torna-se comprimido por causa da acumulação de produtos voláteis oriundos da respiração, do inchaço da argila que provoca a ruptura de grandes agregados, e da dissolução da matéria orgânica e óxidos que atuam como agentes de cimentação dos agregados (KIRK, 2004). Inicialmente, a permeabilidade do solo aumenta à medida que os gases se acumulam nos poros, mas quando o solo começa a desagregar, a permeabilidade diminui gradualmente (KIRK, 2004).

## **2.4 ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO**

Um importante aspecto das comunidades biológicas é seu grau de organização que reflete sua estrutura ao traduzir a distribuição das abundâncias específicas das várias espécies presentes que coexistem num mesmo território (BEGON et al., 2006). As comunidades biológicas mudam no tempo e no espaço em resposta às interações bióticas e processos abióticos (EGLER, 1974). Compreender essas mudanças é o primeiro passo para compreender os processos que influenciam a estrutura e o funcionamento dos sistemas ecológicos (RICKLEFS, 2010).

A estrutura da vegetação, a distribuição de biomassa e a taxa de incremento diamétrico variam por diversos fatores, tais como: a) regime hídrico; b) duração e intensidade da estação seca; c) disponibilidade luminosa; d) diferentes distúrbios que podem ocorrer a curto ou longo prazo (taxa de mortalidade, tamanho de clareiras, etc.); e) diferença na composição das espécies (quantidade de espécies de crescimento rápido, densidade média da madeira, taxas de crescimento intrínseco, etc) (VIEIRA, 2003).

Os processos fisiológicos diminuem quando os teores de água disponíveis para a planta decrescem, pois a água exerce um papel fundamental na transferência de nutrientes entre vários compartimentos da planta e na regulação da abertura e fechamento de estômatos nas folhas (PORPORATO et al., 2001). Mudanças no

regime hídrico podem acarretar alterações nas taxas de crescimento arbóreo (CLARK & CLARK, 1994; VETTER & BOTOSO, 1989), uma vez que a precipitação é a maior fonte de umidade do solo e, conseqüentemente a principal fonte de água para a vegetação (LAY et al., 2008; TIMM et al., 2006).

A deficiência de água no solo provoca o fechamento dos estômatos, afetando a capacidade de absorção de CO<sub>2</sub>, o que diminui gradualmente as taxas fotossintéticas (NEPSTAD et al., 2002). Portanto, o crescimento das árvores é limitado mais frequentemente por déficit hídrico (NEPSTAD et al., 2002), o que influencia o crescimento diamétrico das árvores e a distribuição dos diâmetros na floresta.

Além de afetar a taxa de crescimento arbóreo, o déficit hídrico afeta a estrutura da floresta ao aumentar a mortalidade de plantas, provocando clareiras, bem como diminui a atenuação da radiação luminosa que passa pelo dossel e chega ao solo, possibilitando assim a sucessão ecológica. No processo de sucessão ecológica ocorre a substituição de espécies pioneiras por espécies de clímax, provocando mudanças na composição das espécies.

Por outro lado, o excesso de água no solo provocado pela inundação temporária ou contínua do solo é um estresse abiótico que influencia a composição das espécies e produtividade das comunidades de plantas (JACKSON & COLMER, 2005). A inundação promove uma série de processos químicos, físicos e biológicos que alteram a capacidade do solo para suportar o crescimento de plantas (KOLOWSKI, 1997). A inundação ao eliminar o oxigênio do solo, provoca a substituição de organismos aeróbicos por anaeróbicos que causam a desnitrificação e redução de manganês, ferro e enxofre, bem como, o acúmulo de compostos potencialmente tóxicos (PEZESHKI & DELAUNE, 2012; KIRK, 2004; KOLOWSKI, 1997; PONNAMPERUMA, 1972).

Todas as mudanças provocadas pela inundação afetam a capacidade da planta sobreviver em tais condições (PARENT et al., 2008). A tolerância à inundação varia muito com a espécie e idade da planta, bem como com a duração da inundação (KOLOWSKI, 1997). As adaptações fisiológicas das plantas ao excesso de água no solo consistem em aumento da resistência estomática, declínio da fotossíntese e condutância hidráulica da raiz, e redução da translocação de fotoassimilados

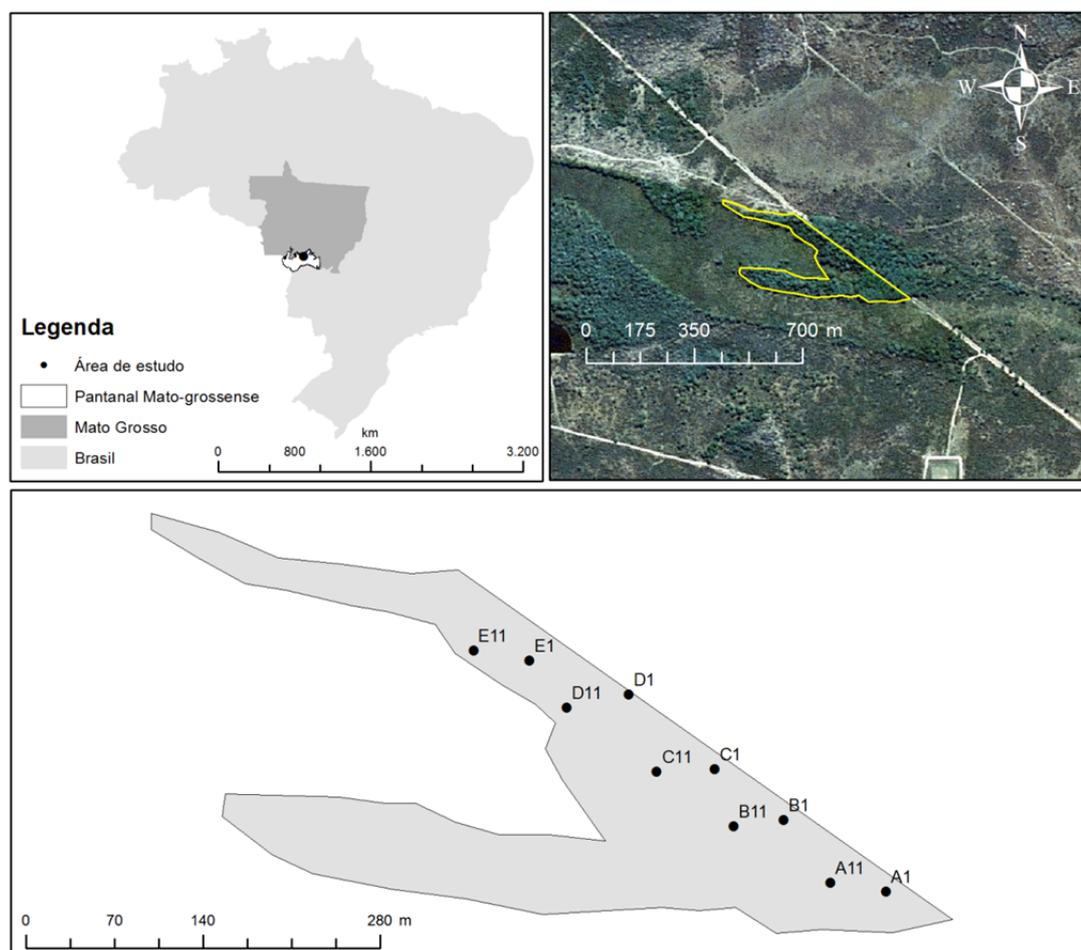
(STRIKER, 2012; PARENT et al., 2008, KOLOWSKI, 1997), o que afeta o crescimento das plantas (PEZESHKI, 2001; SHANKLIN & KOZLOWSKI, 1985). As adaptações estruturais das plantas ao excesso de água no solo consistem em formação de lenticelas, aerênquimas, raízes adventícias, pneumatóforo, raízes tubulares (sapopema), suberização de raízes, transporte pressurizado de gás, fixação de nitrogênio, e rebrota (PAROLIN, 2012). Além disso, ainda existem adaptações fenológicas como perda de folhas, maturação de frutos e liberação de sementes, e adaptações reprodutivas como tolerância a submersão, dormência de sementes, e germinação imediata (PAROLIN, 2012, KOLOWSKI, 1997). Parolin et al. (2010) destacam que a tolerância ao estresse hídrico está relacionada ao fato de muitas das mesmas características que ajudam a planta a sobreviver à seca, tais como: redução da atividade fotossintética e redução da respiração da raiz, também podem auxiliá-la a tolerar os efeitos da inundação.

Vale ressaltar que, o entendimento da dinâmica da floresta e do balanço hídrico é uma base importante para verificar os efeitos das mudanças climáticas e de usos do solo na dinâmica dos ecossistemas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A floresta sazonalmente inundada estudada com 5,87 ha de área está localizada no Parque Baía das Pedras da Estância Ecológica SESC Pantanal, entre latitude 16°29'04'' e 16°29'10'' S e longitude 56°25'25'' e 56°25'36'' O, em Poconé, Mato Grosso (Figura 1).



**Figura 1** – Localização da floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, Brasil.

Nesta área, foram estabelecidos cinco transectos de 50 metros cada um (A, B, C, D e E) com pontos de amostragem em intervalos de 5 metros, perfazendo um total de 11 pontos por transecto. A distância de um transecto para o outro é 80 m. De modo geral, a área de estudo apresenta uma superfície inclinada no sentido SE/NO onde a menor cota topográfica medida foi de 116,52 m (transecto A) e a maior de

116,78 m (transecto C), definindo uma variação topográfica de 26 cm (Tabela 1). A vegetação local apresenta dominância da espécie *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae). O entorno da área de estudo é formado por áreas de pastagem.

**Tabela 1** – Cota topográfica (m) da floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012\*.

<b>Transecto</b>	<b>Cota topográfica (m)</b>
A	116,63
B	116,53
C	116,78
D	116,62
E	116,52

O clima regional é do tipo Aw de Köppen, quente e úmido com chuvas no verão e estiagem no inverno. A precipitação pluviométrica oscila entre 800 e 1400 mm/ano, sendo que 80% ocorre entre novembro e março (FANTIM-CRUZ et al., 2010). A média anual de temperatura do ar oscila entre um máximo de 29 a 32°C e um mínimo de 17 a 20°C (Brasil, 1997). A topografia da planície de inundação é praticamente plana, levando a inundações durante a estação chuvosa (FANTIM-CRUZ et al., 2010). Os solos são de origem sedimentar, ocorrendo em fases argilosa e arenosa de forma alternada e descontínua, com a dominância de solos hidromórficos compondo 92,5% do total (AMARAL FILHO, 1984).

### 3.2 VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS

Uma estação micrometeorológica (modelo WXT520, Vaisala Inc., Helsinki, Finland) foi instalada à 2 km ao sul da floresta sazonalmente inundada. As seguintes variáveis foram monitoradas: temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e precipitação acumulada diária (mm). Os dados foram armazenados, em intervalos de 30 minutos, em um datalogger (modelo CR1000, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA), conectado a uma bateria de 12V com uma placa solar (45 W).

O déficit de pressão de vapor (De) em kPa foi calculado por:

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

em que, *es* é pressão de vapor saturada, e *ea* é a pressão real de vapor (kPa).

\* Comunicação pessoal de Aryadne Márcia Aquino, doutoranda em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso, em 13 de fevereiro de 2013.

A  $e_s$  foi calculada por:

$$e_s = 0,611 \cdot 10^{\left[\frac{7,5 \cdot Tar}{237,3 + Tar}\right]} \quad (2)$$

em que  $Tar$  é a temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ).

A  $e_a$  é calculada por:

$$e_a = \frac{(UR * e_s)}{100} \quad (3)$$

em que UR é a umidade relativa do ar (%).

### 3.3 LÂMINA D'ÁGUA DE INUNDAÇÃO

Durante o período de inundação, a lâmina d'água foi medida por uma trena graduada nos 55 pontos de amostragem, uma vez por mês de janeiro a junho de 2012.

### 3.4 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO

A textura e os nutrientes do solo foram determinados a partir de amostras coletadas a 10 cm de profundidade do solo com um trado nos 55 pontos de amostragem em dezembro/2011 (antes da inundação) e julho/2012 (depois da inundação). As amostras foram analisadas para pH, fósforo (P), potássio ( $K^+$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), alumínio ( $Al^{3+}$ ), hidrogênio ( $H^+$ ), zinco ( $Zn^{2+}$ ), cobre ( $Cu^{2+}$ ), ferro ( $Fe^{3+}$ ), manganês ( $Mn^{2+}$ ), boro ( $B^{3+}$ ), enxofre ( $S^{2-}$ ), conteúdo de matéria orgânica e granulometria do solo por um laboratório de análise comercial de solo (Plante Certo, Inc., Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil).

A granulometria foi realizada por meio da análise granulométrica. O pH foi analisado em extratos de água destilada a partir de 1:2,5 solo/extrato, usando um medidor de pH padrão (474, Micronal, São Paulo, Brasil). O P foi analisado colorimetricamente a partir de extratos de Mehlich 1 (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125N), usando um colorímetro (600s, FEMTO, São Paulo, Brasil). O  $K^+$  foi analisado a partir de extratos de Mehlich 1 (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125N), usando um fotômetro de chama (B262, Micronal, São Paulo, Brasil). O  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  e  $Mn^{2+}$  foram analisados a partir de extratos de Mehlich 1 (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125N) usando um espectrômetro de absorção atômica de chama (AA1275, Intralab, São Paulo, Brasil). O  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  extraível foram analisados a partir de extratos de KCl 1M, utilizando um espectrômetro de absorção atômica de chama

(AA1475, Intralab, São Paulo, Brasil). O  $\text{Al}^{3+}$  trocável foi analisado pelo método volumétrico por titulação com hidróxido de sódio, com uma bureta semi-automática, após extração do solo por  $\text{KCl}$  1 M. A acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ) foi analisada pela extração da acidez potencial de solos com solução de acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato, com uma bureta semiautomática. A matéria orgânica foi oxidada a frio, agitando-se as amostradas de solo em uma solução contendo dicromato de sódio e ácido sulfúrico, na sequência, fez-se leitura colorimétrica da cor do  $\text{Cr}$  (III), reduzido pelo carbono orgânico com um colorímetro (600s, FEMTO, São Paulo, Brasil).

### 3.5 ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO

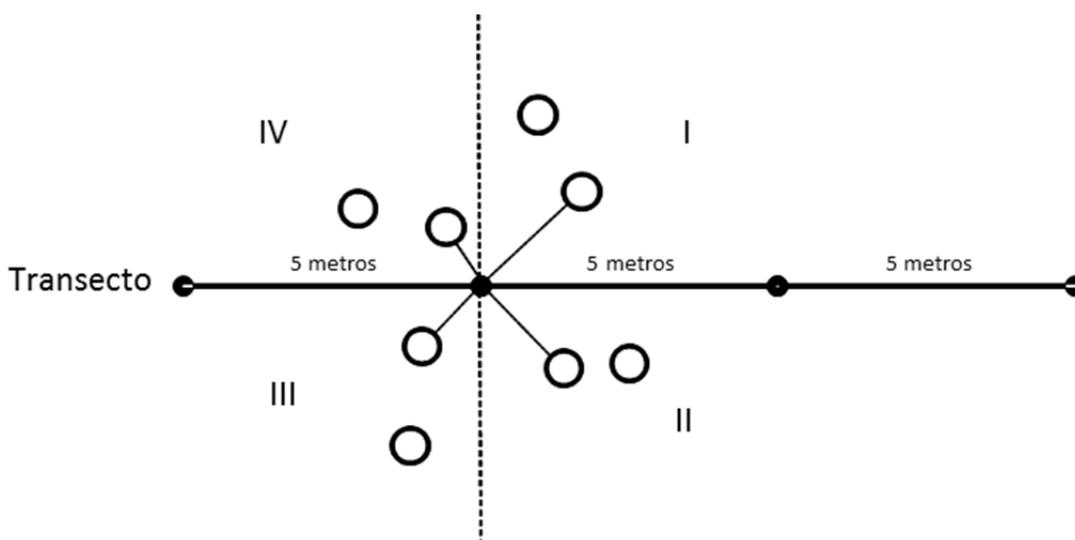
Para caracterizar a estrutura da vegetação em cada transecto foi calculada a densidade absoluta, área basal, frequência, valor de importância e diversidade, utilizando o Método do Quadrante do Ponto Central (Point-Centered Quarter Method – PCQM) (MITCHELL, 2007). Em cada ponto, 04 quadrantes foram estabelecidos e foi mensurada a menor distância do ponto central até a árvore cuja circunferência fosse maior que 20 cm na altura do peito (1,3 m) (Figura 2). Todos os indivíduos amostrados foram identificados e marcados com placas de plástico numeradas para fins de monitoramento em longo prazo. Em casos de plantas com múltiplos caules, cada um deles foi medido separadamente, e a soma de suas áreas basais foi considerada a área basal da planta.

A densidade absoluta ( $\lambda$ ) das árvores foi definida pelo número de árvores por unidade de área. As distâncias medidas usando o PCQM foram utilizadas para estimar a densidade absoluta por ponto. Para tanto, foi necessário calcular a distância média ( $m$ ) para cada ponto a partir da soma das distâncias das árvores dividida pelo número de quadrantes.

A estimativa da densidade média para cada ponto (árvores/hectare), conforme Mitchell (2007) foi dada pela equação:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{r}^2} \times 10.000 \quad (4)$$

em que,  $\lambda$  é a densidade absoluta dos indivíduos em cada ponto no transecto e  $\bar{r}$  é a distância média da árvore até o ponto.



**Figura 2** – Pontos de amostragem ao longo do transecto com a árvore mais próxima do ponto central em cada quadrante (I, II, III, IV).

A densidade absoluta de cada espécie é o número esperado de árvores de cada espécie por hectare. Ela é estimada como uma proporção dos quadrantes na qual a espécie é encontrada e multiplicada pela densidade total de todas as árvores por transecto, conforme a equação:

$$\hat{\lambda} = \frac{\text{quadrantes com a espécie}}{4n} \times \lambda \quad (5)$$

em que,  $\hat{\lambda}$  é a densidade absoluta de cada espécie no transecto,  $n$  é o número de pontos em um transecto, e  $\lambda$  é a densidade absoluta do transecto.

O índice de densidade relativa de cada espécie por transecto é a porcentagem do número total de observações da espécie, conforme a equação:

$$IDR = \frac{\text{quadrantes com a espécie}}{4n} \times 100 \quad (6)$$

em que,  $IDR$  é o Índice de Densidade Relativa da espécie no transecto, e  $n$  é o número de pontos em um transecto.

A cobertura absoluta ou dominância de um indivíduo de árvore é medida pela sua área basal. Para calcular a cobertura absoluta é necessário converter a circunferência (cm) em diâmetro ao dividi-la por  $\pi$  (3,14). Portanto, a área basal ( $m^2$ ) para cada árvore foi dada por:

$$AB = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{10.000} \quad (7)$$

em que,  $AB$  é a Área Basal do indivíduo da espécie no transecto,  $\pi$  é pi (3,14), e  $d$  é

o diâmetro da árvore.

A cobertura absoluta ou dominância de um indivíduo de árvore é expressa como sua área basal ( $m^2$ ) por hectare, conforme a equação:

$$CA = AB \times D \quad (8)$$

em que,  $CA$  é a Cobertura Absoluta do indivíduo da espécie no transecto,  $AB$  é a Área Basal do indivíduo da espécie no transecto, e  $D$  é a Densidade do indivíduo da espécie no transecto.

O índice de cobertura relativa de uma espécie foi calculado por:

$$ICR = \frac{AB_k}{AB_t} \times 100 \quad (9)$$

em que,  $ICR$  é o Índice de Cobertura Relativa de um espécies no transecto,  $AB_k$  é a área basal da espécie no transecto, e  $AB_t$  é a área basal de todas as árvores do transecto.

A frequência absoluta de uma espécie é a percentagem do número de pontos na qual a espécie ocorre, conforme a equação:

$$FA = \frac{\text{número de quadrantes com a espécie}}{\text{número total de quadrantes do transecto}} \times 100 \quad (10)$$

em que,  $FA$  é a Frequência Absoluta da espécie no transecto.

O índice de frequência relativa de uma espécie foi calculado, conforme a equação:

$$IFR = \frac{FA}{FAT} \times 100 \quad (11)$$

em que,  $IFR$  é o Índice de Frequência Relativa da espécie no transecto,  $FA$  é a Frequência Absoluta da espécie no transecto, e  $FAT$  é a Frequência Absoluta Total de todas as espécie do transecto.

O valor de importância de uma espécie foi definido como a soma de três medidas relativas. O índice de importância de relativa de uma espécie por transecto foi obtido por:

$$IIR = IDR + ICR + IFR \quad (12)$$

em que,  $IIR$  é o Índice de Importância Relativa da espécie no transecto,  $IDR$  é o Índice de Densidade Relativa da espécie no transecto,  $ICR$  é o Índice de Cobertura Relativa da espécie no transecto, e  $IFR$  é o Índice de Frequência Relativa da espécie no transecto.

A diversidade de espécies de cada transecto foi calculada com base no Índice

de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) calculado por:

$$H' = - \sum_{j=1}^{\kappa} IIR_j \log(IIR_j) \quad (13)$$

em que,  $IIR_j$  é o Índice de Importância Relativa da  $j$ -ésima espécie ( $j = 1, \dots, \kappa$ ).

### 3.6 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA

A produção de biomassa seca foi estimada pela produção de serapilheira coletada, mensalmente, por um coletor de 1 m<sup>2</sup> (100 x 100 cm) feito com estrutura de ferro e tela de nylon, instalados a 1 m acima do solo. Em cada transecto, foram instalados quatro coletores nos pontos 02, 05, 08 e 11, totalizando 20 coletores. A serapilheira coletada foi seca a 70° por 72 horas em estufa de circulação forçada (Orion 520, FANEM, São Paulo, Brasil), separada manualmente em folhas e flores, e folhas de *Vochysia divergens*, e pesada em balança analítica (AD 500, Marte, Santa Rita do Sapucaí, Brasil).

### 3.7 INCREMENTO DIAMÉTRICO DE *VOCHYSIA DIVERGENS*

O crescimento de indivíduos de *Vochysia divergens* foi monitorado por bandas dendrométricas que fornecem a medida das mudanças na circunferência do tronco das árvores a uma altura de 1,30 m. O incremento diamétrico de cambará foi monitorado em 34 indivíduos no período de janeiro a dezembro de 2012. Os indivíduos monitorados foram os mesmos identificados nos transectos pelo PCQM. A taxa de crescimento diamétrico foi estabelecida pela diferença entre o tempo seguinte e o tempo anterior. O incremento em circunferência foi medido por um paquímetro digital e convertido em incremento diamétrico pela divisão do valor obtido em milímetro (mm) por  $\pi$ .

### 3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

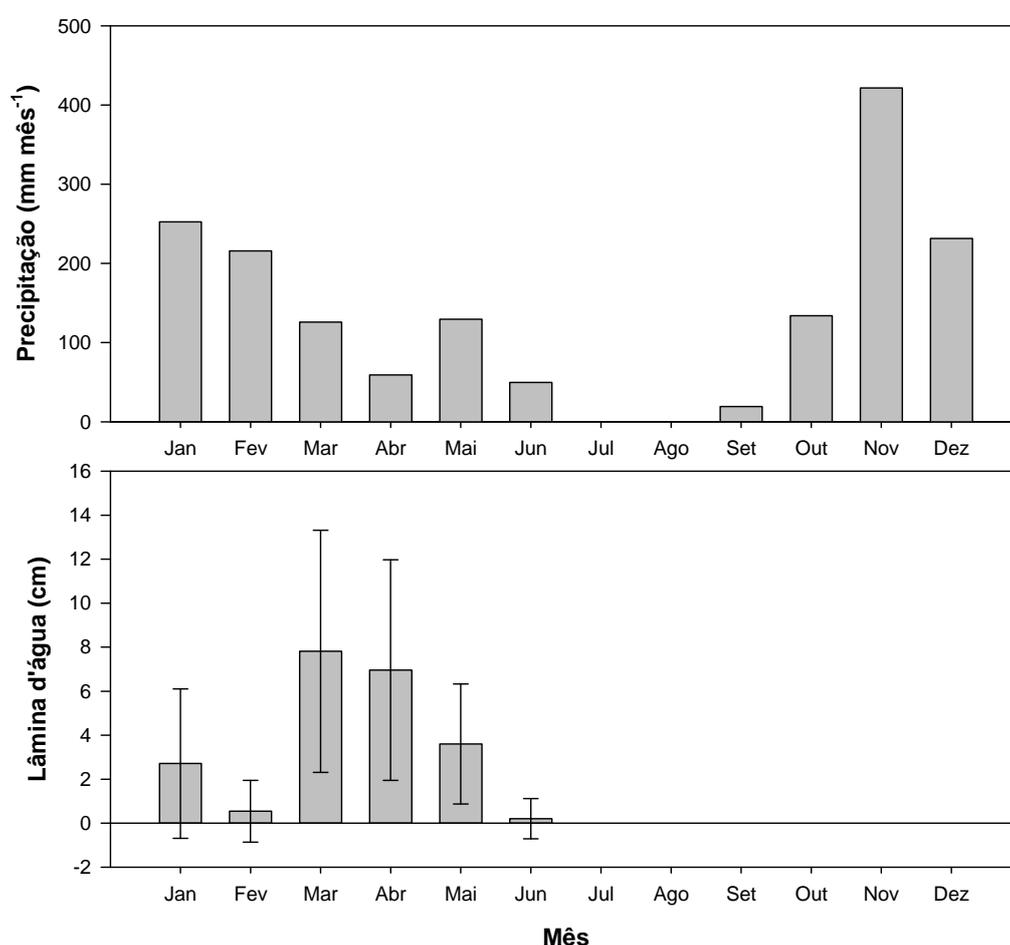
A Análise de Covariância (ANCOVA) foi utilizada para testar se as propriedades químicas do solo variaram no espaço (transectos) e no tempo (antes e depois da inundação). O teor de argila do solo foi utilizado como covariável para limitar o potencial da argila de se confundir com os efeitos de espaço e tempo nas propriedades químicas do solo (SOKAL & ROHLF, 1995). Espaço e tempo foram

tratados como efeitos fixos. A regressão linear foi utilizada para testar se: (i) o diâmetro do caule afetou a densidade de árvores; (ii) a lâmina d'água afetou a densidade de *Vochysia divergens*; (iii) a duração da inundação afetou o ICVd; e (iii) o ICR de *Vochysia divergens* afetou o Índice de Diversidade. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para testar a normalidade dos resíduos dos modelos de ANCOVA e regressão linear simples. O teste de correlação de Spearman foi utilizado para avaliar a relação entre cota topográfica, argila, lâmina d'água e duração da inundação. As análises estatísticas foram realizadas no Programa R (R Core Team, 2012).

## 4. RESULTADOS

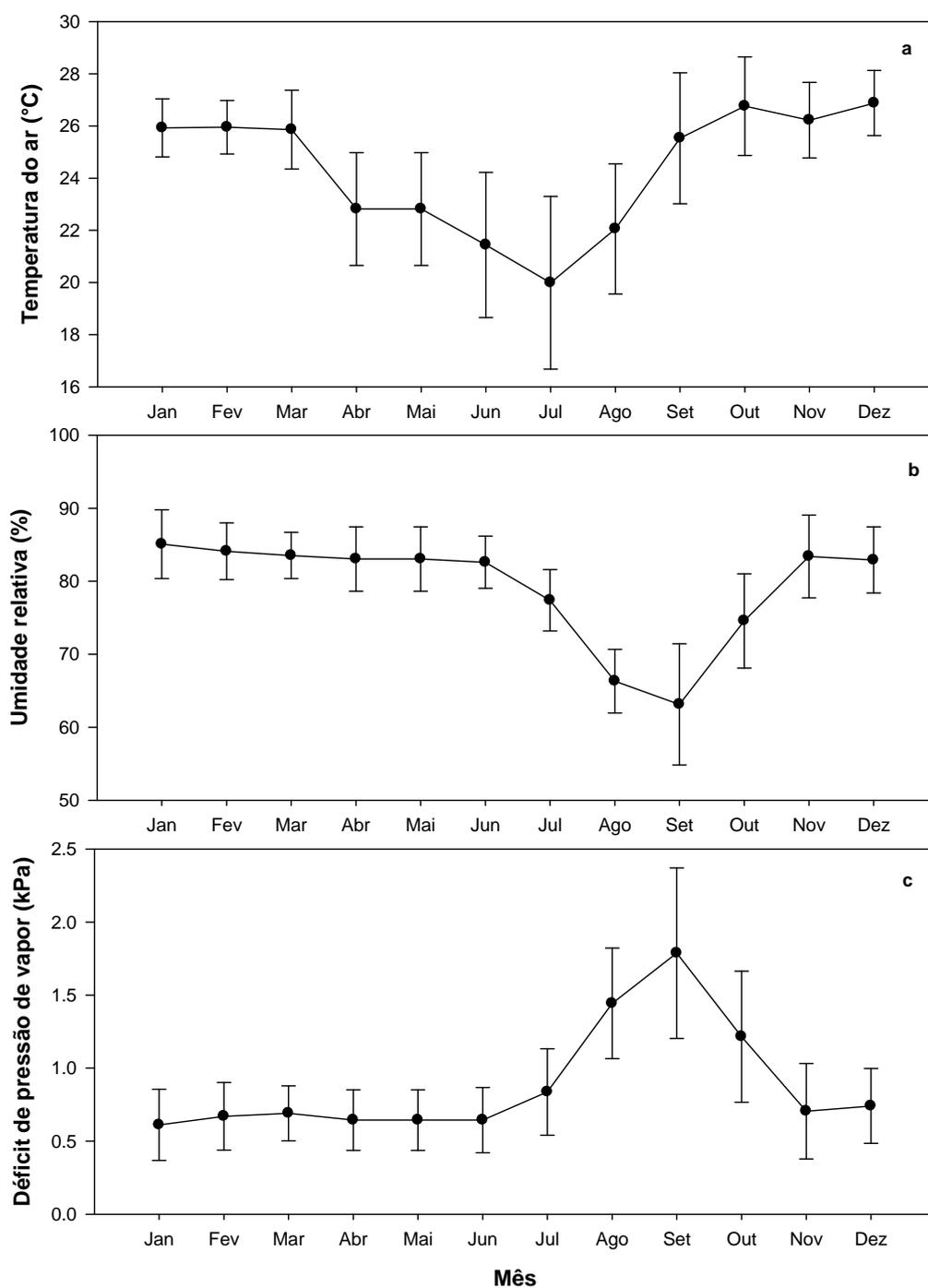
### 4.1 MICROCLIMA E INUNDAÇÃO

A precipitação mensal variou de 0 a 421,34 mm no período de janeiro a dezembro de 2012 (Figura 3). A precipitação anual foi 1637,91 mm, diminuindo de janeiro a junho, e aumentando de setembro a novembro. Não houve precipitação em julho e agosto. A inundação ocorreu de janeiro a junho com lâmina d'água variando de 0,2 (junho) a 7,8 cm (março).



**Figura 3** – Média mensal de precipitação (mm) e lâmina d'água (cm) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. Barras representam o desvio padrão.

O menor valor médio da lâmina d'água foi 1,5 cm no transecto A e o maior valor médio foi 7,0 cm no transecto E (Tabela 2). O menor período de inundação foi 4 meses nos transectos A, B e C e o maior período foi 6 meses no transecto E.



**Figura 4** – Média mensal da temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b) e déficit de pressão de vapor (c) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão.

A temperatura média anual do ar foi 24,6°C, com mínima de 19,9°C em julho e máxima de 26,9°C em dezembro (Figura 4a). A temperatura do ar manteve-se em 26°C de janeiro a março, diminuiu de abril a julho e aumentou de agosto a outubro.

A umidade relativa média anual foi 79,2%, com mínima de 63,1% em setembro e máxima de 85% em janeiro (Figura 4b). A umidade relativa do ar diminuiu de junho a setembro, e aumentou de setembro a novembro. O déficit de pressão de vapor médio anual foi 0,88 kPa, com mínima de 0,61 kPa em janeiro e máxima de 1,78 kPa em setembro (Figura 4c). O déficit de pressão de vapor foi de aproximadamente 0,6 kPa de janeiro a junho, aumentando de junho a setembro, e diminuindo de setembro a novembro.

**Tabela 2** – Média mensal e desvio padrão da lâmina d'água (cm) no período de inundação por transecto em uma floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. T = transecto. \* Não houve lâmina d'água.

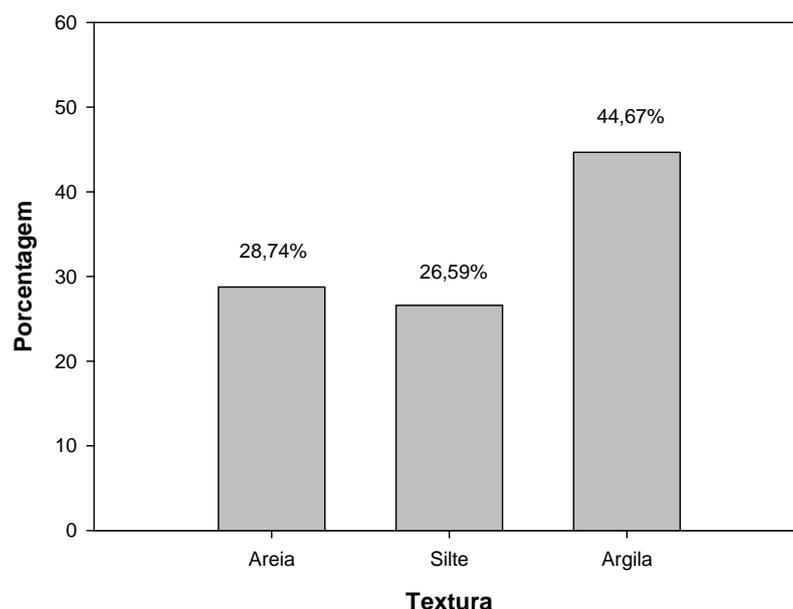
T	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Média
A	1,1±2,1	*	4,3±4,7	2,6±3,6	1,3±1,8	*	1,5±2,9
B	1,7±2,7	*	7,8±3,0	7,6±4,1	3,9±2,1	*	3,5±4,1
C	1,4±2,2	*	6,4±3,2	5,8±3,0	2,9±1,5	*	2,7±3,3
D	2,9±3,9	0,5±1,3	6,0±4,5	6,6±4,4	3,3±2,2	*	3,2±4,0
E	6,3±3,0	2,2±1,1	14,4±5,8	11,9±5,1	6,4±3,0	1,0±1,8	7,0±6,0

## 4.2 VARIAÇÕES NAS PROPRIEDADES DO SOLO

O solo apresentou textura argilo-arenosa (Figura 5). A soma das bases de alumínio e hidrogênio, e as concentrações de areia, ferro, hidrogênio, matéria orgânica, fósforo, alumínio e boro aumentaram depois da inundação (Tabela 3). As concentrações de potássio, enxofre, cobre, pH, zinco, capacidade de troca catiônica, magnésio, cálcio, soma das bases de magnésio e cálcio, manganês, argila e silte diminuíram depois da inundação.

A soma das bases de alumínio e hidrogênio e a concentração de ferro foram significativamente diferentes no tempo (Tabela 4). As concentrações de fósforo, hidrogênio, alumínio, cobre e enxofre foram significativamente diferentes no espaço. O pH, a capacidade de troca catiônica, as concentrações de potássio, cálcio, boro, magnésio, manganês, zinco e a soma das bases de cálcio e magnésio foram significativamente diferentes no tempo e no espaço.

A argila, duração da inundação e lâmina d'água foram correlacionadas positivamente (Tabela 5).



**Figura 5** – Textura do solo em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012.

**Tabela 3** – Média e desvio padrão da concentração de nutrientes e textura do solo antes (dezembro/2011) e depois (julho/2012) da inundação e sua variação em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense.

Variáveis	Antes da inundação	Depois da inundação	Diferença na concentração
Areia (g/kg)	262,49±47,86	312,40±56,34	49,90
Fe (mg/kg)	178,47±31,05	191,67±31,72	13,19
H+Al (meq/kg)	49,25±13,56	54,21±13,13	4,95
H (meq/kg)	48,47±13,62	53,12±13,02	4,64
MO (g/kg)	37,57±14,40	40,96±12,16	3,38
P (mg/kg)	19,59±13,09	21,31±13,15	1,72
Al (meq/kg)	0,78±1,30	1,09±1,38	0,31
B (mg/kg)	0,33±0,14	0,38±0,11	0,05
K (mg/kg)	0,13±0,04	0,12±0,04	-0,01
S (mg/kg)	18,20±5,91	18,17±5,17	-0,02
Cu (mg/kg)	2,19±0,40	2,12±0,50	-0,07
pH	5,77±0,16	5,66±0,15	-0,11
Zn (mg/kg)	6,76±2,95	6,14±2,25	-0,61
CTC (meq/kg)	131,36±33,48	130,35±32,64	-1,01
Mg (meq/kg)	23,07±6,61	21,63±6,69	-1,43
Ca (meq/kg)	55,48±17,27	51,20±15,42	-4,27
Ca+Mg (meq/kg)	78,55±23,40	72,83±21,87	-5,71
Mn (mg/kg)	41,95±20,78	34,76±17,53	-7,19
Argila (g/kg)	452,60±63,04	440,78±53,22	-11,81
Silte (g/kg)	284,90±49,22	246,81±54,40	-38,09

**Tabela 4** – Estatística F e graus de liberdade da ANCOVA para diferenças entre tempo (antes e depois da inundação), espaço (transectos), e a interação tempo x espaço nas propriedades do solo em floresta sazonalmente inundável no Pantanal Mato-grossense, 2012. \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ; \*\*\*,  $p < 0,001$ .

Variáveis	Tempo (1,99)	Espaço (4,99)	Tempo x Espaço (4,99)
Al+H	3,67*	1,75	1,79
Fe	4,34*	1,63	0,94
P	0,16	8,25***	0,78
H	3,27	2,35*	1,94
Al	0,49	12,29***	0,21
Cu	0,21	4,40**	0,69
S	1,53	18,21***	2,14
pH	16,79***	9,41***	1,30
CTC	5,31*	14,17***	0,77
K	10,03**	14,55***	1,36
Ca	15,29***	22,65***	0,45
B	7,61**	4,87**	0,69
Mg	7,61**	15,25***	1,31
Ca+Mg	13,41***	21,29***	0,61
Mn	51,70***	62,67***	1,54
Zn	11,53***	27,52***	1,46

**Tabela 5** – Correlação entre argila, cota topográfica, duração da inundação e lâmina d'água em floresta sazonalmente inundável no Pantanal Mato-grossense, 2012. \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ; \*\*\*,  $p < 0,001$ .

	Duração da inundação	Cota topográfica	Lâmina d'água
<b>Cota topográfica</b>	-0,503		
<b>Lâmina d'água</b>	0,871*	-0,573	
<b>Argila</b>	0,963**	-0,366	0,909*

### 4.3 COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO

Foram encontradas 14 espécies, distribuídas em 13 famílias (Tabela 6). A espécie com maior abundância foi *V. divergens*, seguida por *Licania parvifolia* e *Mouriri elliptica*.

O diâmetro médio foi 28,36 cm, a densidade média foi 839,98 indivíduos/ha, e a área basal média foi 66,16 m<sup>2</sup>/ha (Tabela 7). A vegetação no transecto C apresentou o maior diâmetro médio, o transecto D a maior densidade média, e o transecto E a maior área basal média e o maior Índice de Diversidade.

**Tabela 6** – Espécies de plantas e suas abundâncias em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012.

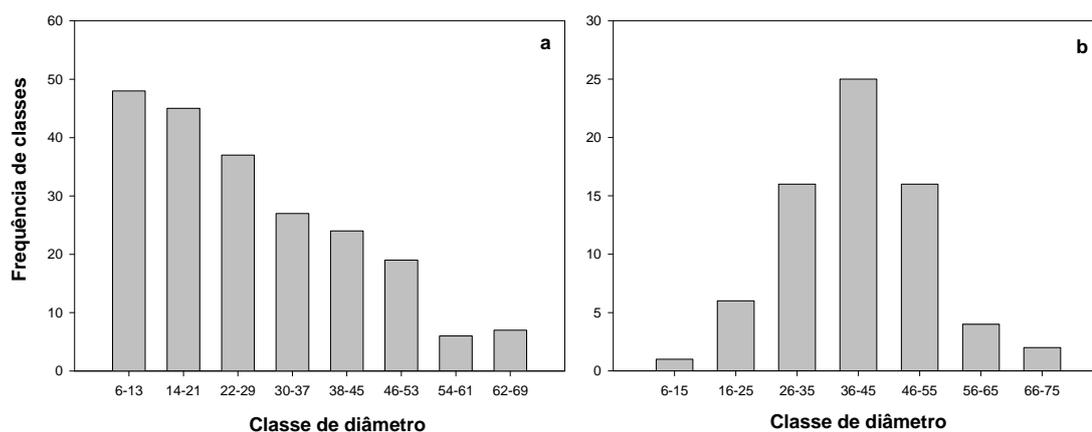
Espécie	Nome popular	Família	Abundância absoluta	Abundância relativa (%)
<i>Vochysia divergens</i> Pohl	Cambará	Vochysiaceae	73	33,18
<i>Licania parvifolia</i> Huber.	Pimenteira	Chrysobalanaceae	39	17,73
<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	Coroa-de-frade	Melastomataceae	34	15,45
<i>Alchornea discolor</i> Poepp.	Uva-brava	Euphorbiaceae	28	12,73
<i>Ocotea suaveolens</i> (Meisn.) Benth. & Hook. f. ex Hieron.	Canela-preta	Lauraceae	20	9,09
<i>Coccoloba ochreolata</i> Wedd.	Canjiquinha	Polygonaceae	10	4,55
<i>Duroia longiflora</i> Ducke	Marmelada-de-pacu	Rubiaceae	5	2,27
<i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C.C. Berg	-	Moraceae	3	1,36
<i>Licania minutiflora</i> (Sagot) Fritsch	Cedro-d'água	Crysobalanaceae	2	0,91
<i>Psidium guineense</i> Sw.	Araçá	Myrtaceae	2	0,91
<i>Banara arguta</i> Briq.	Sardinheira	Flacourtiaceae	1	0,45
<i>Erythroxylum anguifugum</i> Mart.	Pimenteirinha	Erythroxylaceae	1	0,45
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Pau d'arco	Bignoniaceae	1	0,45
<i>Trichilia catigua</i> A. Juss.	Pombeiro	Meliaceae	1	0,45

**Tabela 7** – O diâmetro (cm), a densidade (#/ha), a área basal (m<sup>2</sup>/ha) média de plantas e Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H') por transecto em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012.

Transecto	Diâmetro (cm)	Densidade (#/ha)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	H'
A	23,85	1026,53	51,88	1,24
B	29,81	635,85	61,46	1,35
C	33,01	741,66	67,26	1,54
D	23,79	1043,74	70,33	1,73
E	31,35	752,11	79,87	1,84

A comunidade de plantas teve uma distribuição de diâmetros de caule negativamente inclinada (Figura 6a) e a população de *V. divergens* teve uma distribuição de diâmetros de caule em forma de gaussiana (Figura 6b).

As espécies presentes em todos os transectos foram *V. divergens*, *L. parvifolia* e *M. elliptica* (Tabelas 8 e 9).



**Figura 6** – Distribuição de frequência do diâmetro do caule da comunidade de plantas (a) e da população de *Vochysia divergens* (b) da floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012.

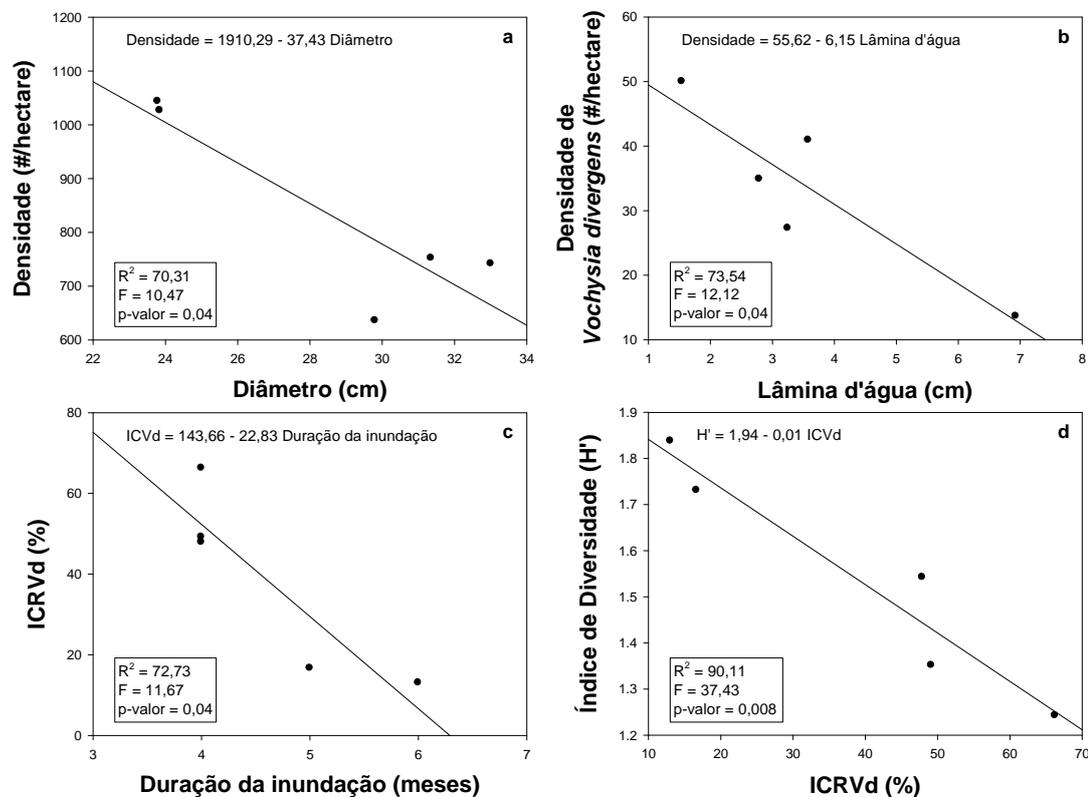
**Tabela 8** – Espécies de plantas e seus IDR e ICR ao longo de transectos em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012.

Espécie	IDR (%)					ICR (%)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
<i>A. discolor</i>	6,8		4,7	27,3	25,0	3,0		0,5	69,3	28,2
<i>B. arguta</i>					2,3					0,2
<i>B. lactescens</i>				2,3	4,5				0,03	0,7
<i>C. ochroleata</i>		13,6	7,0	2,3			10,5	0,3	0,1	
<i>D. ducke</i>	2,3	2,3	2,3	4,5		0,07	0,08	0,03	0,2	
<i>E. anguifugum</i>			2,3					0,03		
<i>L. minutiflora</i>					4,5					1,6
<i>L. parvifolia</i>	9,1	9,1	27,9	11,4	29,5	2,1	2,9	29,3	9,0	50,0
<i>M. elliptica</i>	29,5	31,8	2,3	9,1	4,5	28,4	37,2	0,7	2,1	1,1
<i>O. suaveolens</i>		2,3	18,6	13,6	11,4		0,1	21,2	2,4	4,5
<i>P. guineense</i>					4,5					0,5
<i>T. serratifolia</i>				2,3					0,02	
<i>T. catigua</i>	2,3					0,12				
<i>V. divergens</i>	50,0	40,9	34,9	27,3	13,6	66,2	49,1	47,9	16,6	13,0

Os maiores IDR e ICR foram de *V. divergens* nos transectos A, B, e C, enquanto que *Alchornea discolor* foi no transecto D, e *L. parvifolia* no transecto E (Tabela 8). Os maiores IFR e IIR foram de *V. divergens* nos transectos A, B, e C, enquanto que os maiores valores dos referidos índices foram de *Alchornea discolor* no transecto D (Tabela 9). O maior IFR foi de *Alchornea discolor*, *L. parvifolia* e *Ocotea suaveolens* no transecto E, e o maior IIR foi de *L. parvifolia* no transecto E.

**Tabela 9** – Espécies de plantas e seus IFR e IIR ao longo de transectos em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012.

Espécies	IFR (%)					IIR (%)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
<i>A. discolor</i>	11,1		6,7	21,4	17,9	21,0		11,9	118,0	71,1
<i>B. arguta</i>					3,6					6,0
<i>B. lactescens</i>				3,6	7,1				5,9	12,4
<i>C. ochreolata</i>		16,7	6,7	3,6			40,8	14,0	6,0	
<i>D. ducke</i>	3,7	3,3	3,3	7,1		6,0	5,7	5,7	11,9	
<i>E. anguifugum</i>			3,3					5,7		
<i>L. minutiflora</i>					7,1					13,4
<i>L. parvifolia</i>	11,1	13,3	23,3	14,3	17,9	22,3	25,4	80,5	34,7	97,4
<i>M. elliptica</i>	33,3	33,3	3,3	10,7	7,1	91,3	102,3	6,3	21,9	12,8
<i>O. suaveolens</i>		3,3	20,0	17,9	17,9		5,7	59,8	33,9	33,7
<i>P. guineense</i>					7,1					12,2
<i>T. serratifolia</i>				3,6					5,9	
<i>T. catigua</i>	3,7					6,1				
<i>V. divergens</i>	37,0	30,0	33,3	17,9	14,3	153,3	120,1	116,1	61,8	41,0

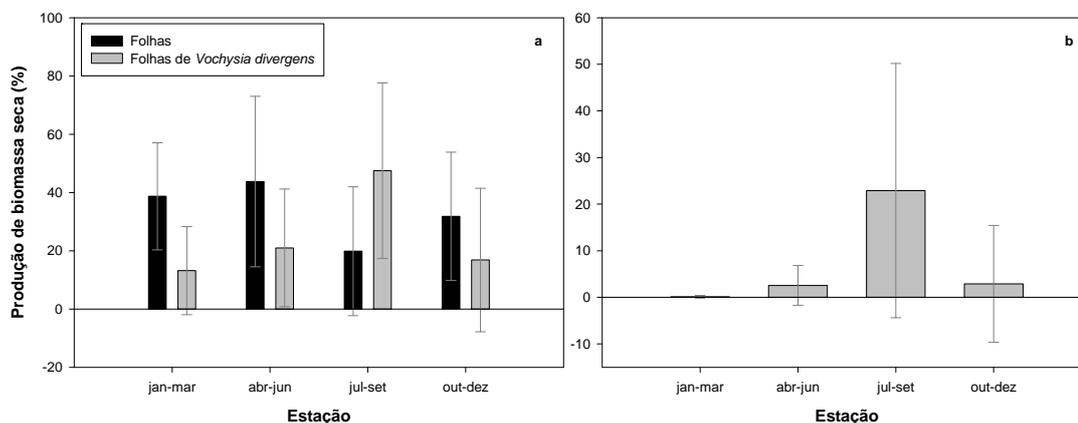


**Figura 7** – Regressão entre densidade e diâmetro do caule (a), Densidade de *V. divergens* e lâmina d'água média (b), ICR de *V. divergens* e duração da inundação (c) e Índice de Diversidade e ICR de *V. divergens* (d) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense.

A densidade de indivíduos da floresta diminuiu com o aumento do diâmetro das árvores (Figura 7a). A densidade de *V. divergens* diminuiu com o aumento da lâmina d'água (Figura 7b). O ICR de *V. divergens* diminuiu com o aumento da duração da inundação (Figura 7c). O Índice de Diversidade diminuiu com o aumento do ICR de *V. divergens* (Figura 7d).

#### 4.4 PRODUÇÃO DE BIOMASSA SECA

A maior produção de biomassa seca de folhas foi entre abril e junho e de folhas de *V. divergens* foi entre julho e setembro (Figura 8a). A maior produção de biomassa seca de flores foi entre julho e setembro (Figura 8b).

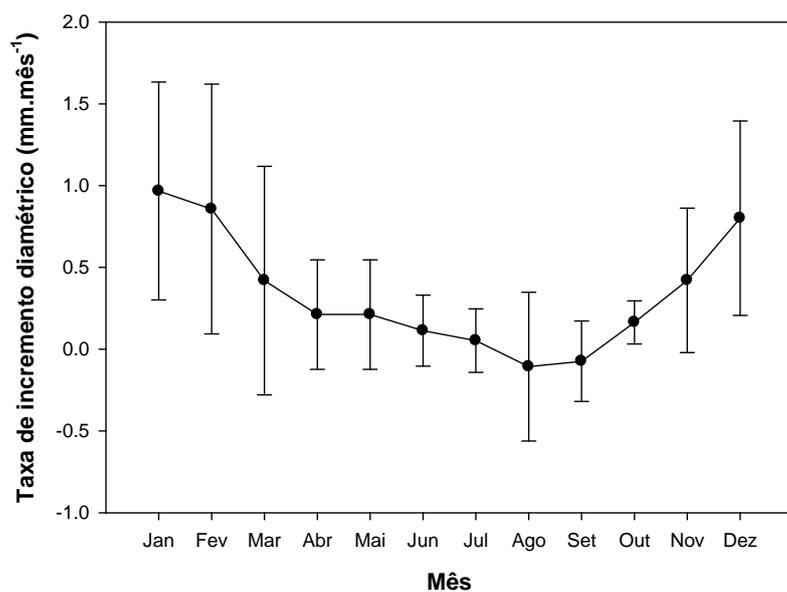


**Figura 8** – Variabilidade sazonal da produção média de biomassa seca (%) de folhas e folhas de indivíduos de *V. divergens* (a) e de flores (b) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão.

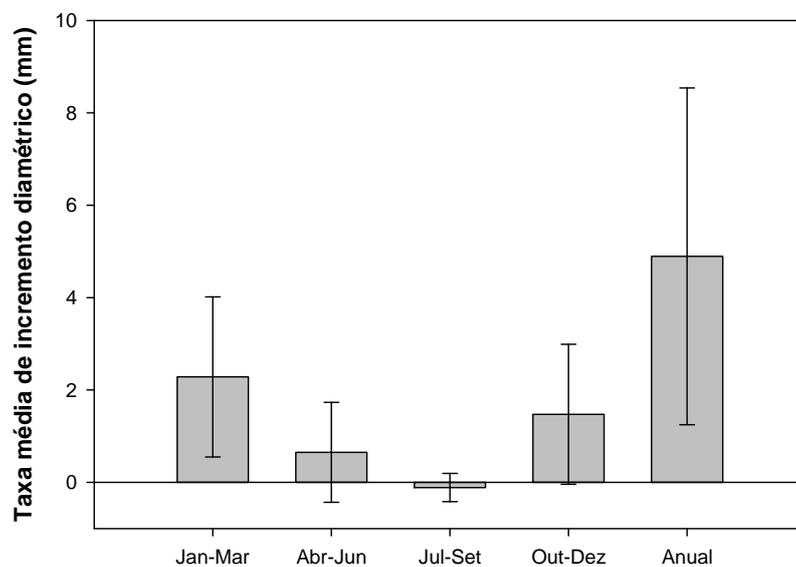
#### 4.5 INCREMENTO DIAMÉTRICO DE *Vochysia divergens*

De janeiro a setembro, a taxa média de incremento diamétrico mensal de *V. divergens* diminuiu, e de outubro a novembro aumentou (Figura 9). O mês de janeiro teve a maior taxa média de incremento diamétrico com 0,94 mm, e o mês de setembro a menor taxa com -0,07 mm. Os valores negativos da taxa de incremento diamétrico podem estar associados ao erro de medição.

A taxa média de incremento diamétrico anual de *V. divergens* foi 4,89 mm em uma floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense (Figura 10). A maior taxa de incremento diamétrico de *V. divergens* foi 1,87 mm de janeiro a março e, a menor taxa foi -0,10 mm de julho a setembro.

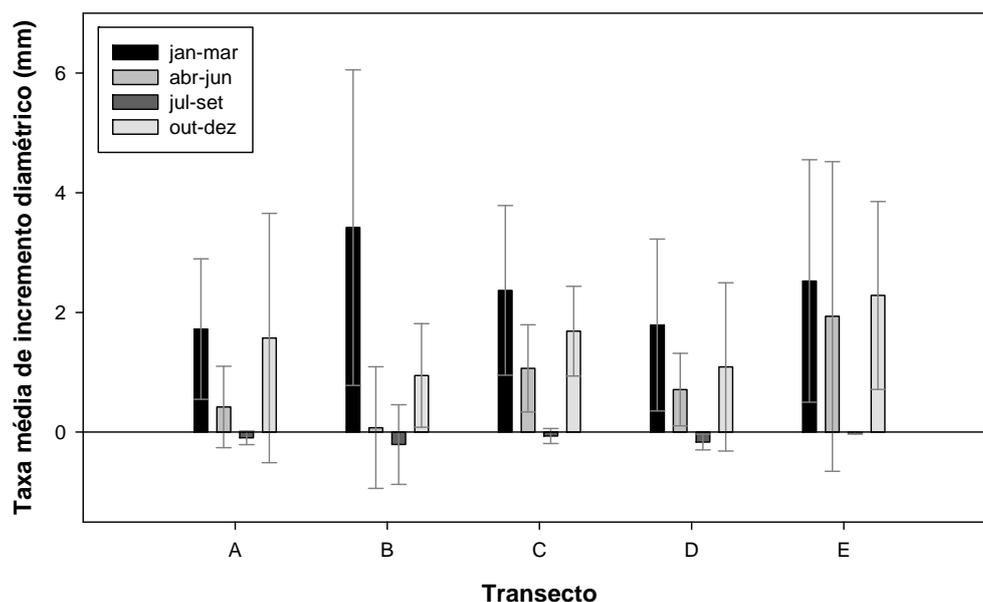


**Figura 9** – Variabilidade mensal da taxa média de incremento diamétrico de *V. divergens* em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão.



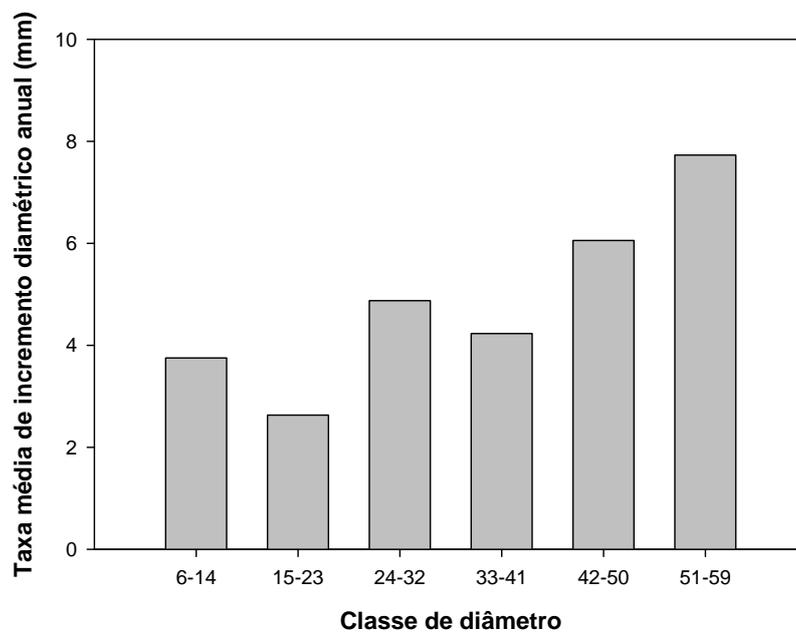
**Figura 10** – Variabilidade sazonal e anual da taxa média de incremento diamétrico de *V. divergens* em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão.

A taxa de incremento diamétrico dos transectos apresentou o mesmo padrão da variabilidade sazonal (Figura 11).



**Figura 11** – Variabilidade sazonal da taxa média de incremento diamétrico de *V. divergens* por transecto em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão.

As maiores classes de diâmetros apresentaram uma maior taxa anual de incremento diamétrico (Figura 12).



**Figura 12** – Distribuição da taxa anual de incremento diamétrico de *V. divergens* por classe de diâmetro em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012.

## **5. DISCUSSÃO**

### **5.1 SAZONALIDADE DE MICROCLIMA E INUNDAÇÃO**

A precipitação anual de aproximadamente 1400 mm está de acordo com SESC (2010), apontando um gradiente de precipitação anual no Pantanal de oeste do Pantanal em direção ao nordeste, e de leste a sudeste, em que na região centro-oeste, a precipitação varia de 1000 a 1300 mm. A inundação de janeiro a junho e pico em março também foi encontrada em outra área sazonalmente inundada no município de Poconé por Sanches et al. (2010).

Na área de estudo, a inundação foi provavelmente provocada por chuvas locais devido à textura predominante de argila do solo e pouca variação da cota topográfica. Os transectos com as maiores lâminas d'água tenderam a apresentar as maiores durações de inundação, assim como encontrado por Fantin-Cruz et al. (2010). A quantidade de argila variou com a lâmina d'água (intensidade) e duração da inundação. Por outro lado, a argila, duração da inundação e lâmina d'água não seguiram a cota topográfica. Fantin-Cruz et al. (2010) apontaram que a topografia pouco explicou a variabilidade espacial da intensidade e duração da inundação em uma área sazonalmente inundada no município de Nossa Senhora do Livramento, Pantanal Mato-grossense.

Pesquisas em planícies de inundação indicaram que sua complexidade geomorfológica (presença de paleocanais, diques marginais e vegetação) afeta a dinâmica espacial da inundação (POOLE et al., 2002; GIRARD et al., 2010), cuja consequência é a ocorrência de locais de mesma cota topográfica com intensidade, duração e frequência de inundação diferentes (FANTIN-CRUZ et al., 2010). Para compreender melhor a dinâmica de inundação no Pantanal é fundamental que estudos sejam realizados sobre a cota topográfica de áreas adjacentes a área de estudo, o que permite entender o fluxo da água e seu sentido de escoamento no solo, bem como a produção, transporte e deposição de sedimentos.

A sazonalidade da precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e déficit de pressão de vapor foi consistente com a climatologia da região, em que a estação de seca foi de junho a setembro com menor precipitação, temperatura do ar mais baixa, menor umidade relativa do ar e maior déficit de pressão de vapor, e a estação chuvosa de outubro a abril com mais de 80% da precipitação, maior

temperatura e umidade relativa do ar e menor déficit de pressão de vapor (SANCHES et al., 2011; BIUDES et al., 2012). Esse padrão da estação seca e chuvosa pode ser explicado por mudanças no saldo de radiação líquida provocadas pelos solstícios de inverno e verão, respectivamente (SANCHES et al., 2010; DA ROCHA et al., 2009).

## **5.2 EFEITOS DA INUNDAÇÃO SOBRE OS NUTRIENTES DO SOLO**

As propriedades químicas do solo variaram depois da inundação, assim como encontrado por Vourlitis et al. (2011) em uma floresta com dominância de *Vochysia divergens* no Pantanal Mato-grossense e Lima et al. (2005) com solos de várzea da Floresta Amazônica (Tabela 8). A redução da concentração de potássio, cálcio e magnésio foi corroborada por Vourlitis et al. (2011) e Lima et al. (2005), enquanto que, o aumento de fósforo e ferro foi corroborado por Lima et al. (2005), e a redução de pH e CTC por Vourlitis et al. (2011).

Vourlitis et al. (2011) observaram variações nas propriedades químicas do solo em uma área florestada com dominância de *Vochysia divergens*, de transição, e de campo no Pantanal em Poconé depois da inundação, mas ressaltaram que as variações ocorridas entre as áreas foram em função do tipo de vegetação. Porém, eles reconheceram que significantes interações espaço x tempo poderiam indicar a dependência das diferenças espaciais com o tempo. É importante destacar que, as diferenças encontradas nas propriedades químicas do solo entre esta pesquisa e a realizada por Vourlitis et al. (2011) podem ser explicadas pelas diferenças de delineamento experimental de coleta dos dados. Enquanto nesta pesquisa, as amostras de solo foram coletadas antes e depois da inundação, as amostras de Vourlitis et al. (2011) foram coletadas com um ano de intervalo. Sendo assim, o solo coletado no referido artigo sofreu efeitos da chuva com inundação, seca e chuva sem inundação.

Lima et al. (2005) apontaram que em solos ácidos, os fosfatos de ferro e de alumínio são formas predominantes, os quais liberam fósforo quando o pH do solo aumenta com a inundação. Eles ressaltaram ainda que, o pH aumenta com a redução de compostos do solo pela inundação, da mesma forma que aumentam os teores de

ferro e manganês em solução. Por outro lado, os teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio foram diretamente influenciados por seus respectivos teores trocáveis, bem como pela cinética do ferro e manganês (LIMA et al., 2005).

**Tabela 8** – Comparação das variações dos nutrientes do solo após a inundação entre esta pesquisa, Vourlitis et al. (2011) e Lima et al. (2005).- não avaliado na pesquisa.

Variáveis	Esta pesquisa	Vourlitis et al. (2011)	Lima et al. (2005)
Areia	Aumentou	-	-
Matéria orgânica	Aumentou	Diminuiu	-
P	Aumentou	Diminuiu	Aumentou
Al	Aumentou	Diminuiu	Diminuiu
H	Aumentou	Diminuiu	-
Al+H	Aumentou	-	-
Fe	Aumentou	-	Aumentou
B	Aumentou	-	-
Argila	Diminuiu	-	-
Silte	Diminuiu	-	-
pH	Diminuiu	Diminuiu	-
CTC	Diminuiu	Diminuiu	-
K	Diminuiu	Diminuiu	Diminuiu
Ca	Diminuiu	Diminuiu	Diminuiu
Mg	Diminuiu	Diminuiu	Diminuiu
Ca+Mg	Diminuiu	-	-
Zn	Diminuiu	-	-
Cu	Diminuiu	-	-
Mn	Diminuiu	-	Aumentou
S	Diminuiu	-	-

As transformações dos nutrientes acompanham mudanças no potencial redox do solo que é reduzido pela inundação (PONNAMPERUMA, 1972; REDDY & PATRICK, 1975; REDDY & PATRICK, 1976; BURESH et al., 2008; PEZESHKI & DELAUNE, 2012). Após a inundação, há a restrição de difusão do ar atmosférico para o solo e, então o oxigênio é rapidamente deplecionado pela respiração de microrganismos e raízes e ocorre o acúmulo de dióxido de carbono (PONNAMPERUMA, 1972; REDDY & PATRICK, 1975; PEZESHKI & DELAUNE, 2012). A depleção do oxigênio do solo faz com que microrganismos aeróbios sejam substituídos por anaeróbios que passam a utilizar compostos oxidados como aceptores de elétrons para sua respiração ao invés do oxigênio (BURESH et

al., 2008; PEZESHKI & DELAUNE, 2012).

O acúmulo de dióxido de carbono decorrente da respiração aeróbia diminui o pH de solos alcalinos e aumenta o pH de solos ácidos, cujo resultado é a convergência do pH de todos os solos entre 6,5 e 7 (PONNAMPERUMA, 1972; KIRK, 2004). O pH de solos ácidos aumenta, por causa do consumo de íons de hidrogênio nos processos de redução (KIRK, 2004). Porém, existem alguns fatores que diminuem o pH em solos ácidos, tais como: (i) solos ácidos pobres em matéria orgânica atingem pH inferior a 6,5; (ii) solos ricos em sulfuretos e pobres em ferro podem não atingir pH superior a 5; e (iii) baixa temperatura e a presença de nitratos retardam o aumento do pH (PONNAMPERUMA, 1972).

Em termos gerais, a decomposição de matéria orgânica em condições anaeróbias é mais lenta do que em condições aeróbias (REDDY & PATRICK, 1975, KIRK, 2004), porque a energia livre é menor para as reações envolvidas (MCLATCHEY & REDDY, 1998; KIRK, 2004). Em um primeiro momento, a decomposição envolve a formação de ácidos (acético, propiônico e butírico), seguida pela conversão dos ácidos orgânicos em gases como o metano (KIRK, 2004). A grande quantidade de argila no solo reduz a taxa de decomposição da matéria orgânica do solo, provocando aumento na quantidade de matéria orgânica do solo (CHAPIN et al., 2002). Portanto, o aumento do conteúdo de matéria orgânica é resultado da diminuição da quantidade da atividade de enzimas microbianas provocadas pelo gradual decréscimo de biomassa microbiana devido à redução da energia capturada pelos microrganismos ao usar um aceptor alternativo em sua respiração (MCLATCHEY & REDDY, 1998).

Embora, os transectos com maior tempo de inundação e maior lâmina d'água apresentaram maior quantidade de argila, a quantidade de argila nos transectos não seguiu a cota topográfica provavelmente, porque deve estar relacionada ao transporte e deposição de sedimentos. Sendo assim, o efeito do espaço pode refletir à variabilidade de deposição de sedimentos no solo por meio da água. Destaca-se que, períodos mais longos de inundação resultam em condições anaeróbias por mais tempo (KIRK, 2004).

Vale ressaltar que, mais estudos sobre o efeito das condições anaeróbias e da produção, transporte e deposição de sedimentos pela inundação na variação sazonal

de propriedades químicas do solo são fundamentais para compreender as implicações ambientais da inundação no Pantanal.

### **5.3 GRADIENTE DE VEGETAÇÃO COM DOMINÂNCIA DE *Vochysia divergens***

Todas as espécies estudadas, exceto *Mouriri elliptica*, *Brosimum lactescens* e *Psidium guineense* foram encontradas por Arieira & Nunes da Cunha (2006). Por outro lado, Martins et al. (2008) também encontraram as espécies *Vochysia divergens*, *Erythroxylum anguifugum* e *Tabebuia serratifolia*, Damasceno-Jr et al. (2005) encontraram *Vochysia divergens* e *Alchornea discolor*, Nascimento & Nunes da Cunha (1989) encontraram *Vochysia divergens* e *Psidium guineense*. É importante destacar que, o número de indivíduos e de espécies nesta área de estudo foi menor do que os encontrados por Arieira & Nunes da Cunha (2006), Martins et al. (2008), Damasceno-Jr et al. (2005) e Nascimento & Nunes da Cunha (1989), provavelmente por causa dos critérios de inclusão de indivíduos (tamanho do diâmetro à altura do peito) e do método de coleta (Tabela 9). Porém, Keogh et al. (1999) apontaram que a área não parece ter um forte efeito na riqueza de espécies em áreas úmidas florestadas.

As espécies *Vochysia divergens* e *Licania parvifolia* formam estandes monodominantes em habitats inundados com profundidades intermediárias no Pantanal (NUNES DA CUNHA et al., 2007), o que pode explicar a maior abundância dessas espécies na área de estudo. Ambas as espécies se espalham rapidamente em períodos pluviais úmidos, invadindo áreas de pastagens (NUNES DA CUNHA et al., 2007; POTT & POTT, 1994). Porém, a expansão do cambará é combatida pelas queimadas em anos mais secos (NUNES DA CUNHA et al., 2007).

O diâmetro médio na área de estudo foi maior do que Brito et al. (2008), mas próximo do valor encontrado por Everson & Boucher (1998), e menor do que os valores encontrados por Baker et al. (2002) e Pinto-Júnior et al. (2008) (Tabela 10).

**Tabela 9** – Comparação do número de espécies e indivíduos em diferentes pesquisas.

Variáveis	Esta pesquisa	Arieira & Nunes da Cunha (2006)	Martins et al. (2008)	Damasceno-Jr et al. (2005)	Nascimento & Nunes da Cunha (1989)
Local	Pantanal de Poconé	Pantanal de Poconé	Florestas inundáveis em Tocantins	Pantanal de Corumbá	Pantanal de Poconé
Nº de espécies em comum	-	11	3	2	2
Nº de indivíduos	220	3149	1472	695	631
Nº de espécies	14	83	95	37	23
DAP	20 cm	5 cm	15 cm	15 cm	-
Método	5 transectos (55 pontos)	4 parcelas de 100 x 100 m	-	108 plotes de 10 x 10 m	3 seções de 10 x 50 m

**Tabela 10** – Comparação do diâmetro à altura do peito (DAP) em diferentes pesquisas.

Artigos	DAP (cm)	Local
Esta pesquisa	28,36	Pantanal Mato-grossense
Brito et al. (2008)	20,44	Florestas inundáveis no Tocantins
Everson & Boucher (1998)	26,8	Área ao longo do rio Potomac nos EUA
Baker et al. (2002 )	30,5	Floresta tropical em Gana
Pinto-Júnior et al. (2009)	62,79 a 90,31	Floresta de transição Amazônia-Cerrado

A densidade média da área de estudo foi maior do que os valores encontrados por Campbell et al. (1992), Ferreira & Prance (1998), Ratter et al. (1988), Damasceno-Jr et al. (2005), Nascimento & Nunes da Cunha (1989), Arieira & Nunes da Cunha (2006), Shanmughavel et al. (2001); mas foi menor do que os valores encontrados por Klinge et al. (1996) e Nascimento & Saddi (1992) (Tabela 11). Embora, a área de estudo tenha densidade intermediária quando comparada com outras áreas, ela apresentou composição de espécies mais pobres.

A área basal média da área de estudo foi maior do que os valores encontrados por Campbell et al. (1992), Klinge et al. (1996), Pinto-Júnior et al. (2008), Ferreira & Prance, (1998), Ratter et al. (1988) e Shanmughavel et al. (2001) (Tabela 12).

O Índice de Diversidade de Shannon-Wiener na área de estudo foi menor do que os valores encontrados por Nascimento & Saddi (1992), Campbell et al. (1992), Damasceno-Jr et al. (2005), e Moreno et al. (2003) (Tabela 13).

**Tabela 11** – Comparação da densidade (indivíduos/hectare) média de árvores em diferentes pesquisas.

<b>Pesquisas</b>	<b>Densidade</b>	<b>Local</b>
Esta pesquisa	839,98	Pantanal Mato-grossense
Campbell et al. (1992)	573,33	Floresta de várzea (Amazônia)
Ferreira & Prance (1998)	337,33	Floresta de igapó (Amazônia)
Ratter et al. (1988)	573	Floresta semi-decídua (Pantanal)
Damasceno-Jr et al. (2005)	643,5	Floresta ripária (Rio Paraguai)
Nascimento & Nunes da Cunha (1989)	631	Cambarazal (Pantanal)
Arieira & Nunes da Cunha (2006)	644,5	Cambarazal (Pantanal)
Shanmughavel et al. (2001)	386	Floresta tropical sazonal (China)
Klinge et al. (1996)	1086	Floresta Amazônica
Nascimento & Saddi (1992)	1686	Cerrado

**Tabela 12** – Comparação da área basal (m<sup>2</sup>/hectare) em diferentes pesquisas.

<b>Artigos</b>	<b>Área basal</b>	<b>Local</b>
Esta pesquisa	66,16	Pantanal Mato-grossense
Campbell et al. (1992)	25,5	Floresta de várzea (Amazônia)
Klinge et al. (1996)	45	Floresta de várzea (Amazônia)
Pinto-Júnior et al. (2008)	41,96	Floresta de transição Amazônia-Cerrado
Ferreira & Prance (1998)	5,8	Floresta de igapó (Amazônia)
Ratter et al. (1988)	26,1	Floresta semi-decídua (Pantanal)
Shanmughavel et al. (2001)	30,03	Floresta tropical sazonal (China)

**Tabela 13** – Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H') em 04 artigos.

<b>Artigo</b>	<b>H'</b>	<b>Local</b>
Esta pesquisa	1,84	Pantanal Mato-grossense
Nascimento & Nunes da Cunha (1989)	2,60	Cerrado
Campbell et al. (1992)	2,98	Floresta de várzea (Amazonia)
Damasceno-Jr et al. (2005)	2,9	Floresta ripária (Rio Paraguai)
Moreno et al. (2003)	4,25	Mata Atlântica (RJ)

O desenvolvimento de florestas é influenciado pela regra do auto-desbaste que relaciona a sobrevivência de plantas com mortalidade dependente da densidade, em que há o declínio da densidade de plantas à medida que a biomassa aumenta com o tempo (MOHLER et al., 1978; WHITE, 1981). Portanto, árvores com diâmetros menores são jovens e com diâmetros maiores são mais maduras. À medida que uma árvore em uma floresta cresce, árvores começam a competir por água, luz e

nutrientes, provocando a morte de algumas árvores com a intensificação da competição (TANG et al., 1994). A distribuição da frequência de diâmetros por classes descreve o desenvolvimento de florestas, então a distribuição negativamente indica florestas jovens, e a distribuição em forma de gaussiana indica florestas em transição por apresentar a maior frequência de diâmetros intermediários. Sendo assim, a comunidade de plantas na área de estudo é jovem, enquanto que a população de *Vochysia divergens* está em transição de árvores jovens para maduras. Além disso, o decréscimo da densidade com o aumento do diâmetro também pode ser explicada pela regra do auto-desbaste.

O alto valor de importância de uma espécie é influenciado pelos altos valores de densidade e dominância. Por isso, a espécie *Vochysia divergens* apresentou alto valor de importância nos transectos A, B e C, e as espécies *Banara arguta*, *Erythroxylum anguifugum*, *Licania minutiflora*, *Psidium guineense*, *Tabebuia serratifolia* e *Trichilia catiguá* apresentaram baixo valor de importância. No entanto, *Alchornea discolor* e *Licania parvifolia* apresentaram os maiores valores de importância nos transectos D e E, respectivamente, devido suas densidades e dominância terem sido maiores nestes transectos. Arieira & Nunes da Cunha (2006) também encontraram os maiores valores de importância para as espécies *Vochysia divergens*, *Alchornea discolor* e *Licania parvifolia* em uma floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, e os menores valores de importância para as espécies *Banara arguta*, *Licania minutiflora* e *Tabebuia serratifolia*. Damasceno-Jr et al. (2005) também encontraram a *Vochysia divergens* com um dos maiores valores de importância, mas a espécie *Alchornea discolor* apresentou um dos menores valores de importância.

A inundação influencia a distribuição de espécies, funcionando ora como estressor para comunidades de plantas, ora como promotor de diversidade de habitats e espécies (ARIEIRA & NUNES DA CUNHA, 2006), sendo um fator importante para a dinâmica da vegetação no Pantanal. Fantin-Cruz et al. (2010) destacam que a distribuição das unidades fitofisionômicas foi influenciada mais fortemente por aspectos ligados à inundação e não à topografia. A densidade de *Vochysia divergens* decresceu à medida que a lâmina d'água aumentou, e o Índice de Cobertura de *Vochysia divergens* (ou dominância) decresceu à medida que a duração da inundação

aumentou. Porém, Arieira & Nunes da Cunha (2006) encontraram relação positiva entre a dominância de *Vochysia divergens* e lâmina d'água. Para compreender melhor as relações entre *Vochysia divergens* e a inundação são fundamentais desenvolver estudos sobre a taxa de mortalidade de *Vochysia divergens*, uma vez que, a comunidade de plantas da floresta é jovem e a população de *Vochysia divergens* está em transição de jovem para velha, revelando se *Vochysia divergens* como espécie dominante é persistente. Fantin-Cruz et al. (2010) apontaram que, o Cambarazal predomina em áreas de intensidade média (20-40 cm), duração alta (130-190 dias) e topografia alta (>114,0 m) em um Sítio de Amostragem de Longa Duração (SALD) no norte do Pantanal.

A dominância (ou outro parâmetro, como densidade e valor de cobertura) em estandes florestais é determinada quando uma única espécie forma mais de 50% do dossel (CONNELL & LOWMAN, 1989; HART et al., 1989). A espécie dominante na área de estudo foi *Vochysia divergens*, e a diversidade de espécies diminuiu à medida que a dominância de *Vochysia divergens* aumentou. As florestas monodominantes apresentam menor diversidade do que aquelas em que o dossel não apresenta dominância (CONNELL & LOWMAN, 1989). Os mecanismos que controlam a monodominância ainda não são totalmente conhecidos, mas podem estar relacionados às hipóteses baseadas no espaço ou no tempo (READ et al., 2006).

Na África Central, Torti et al. (2001) propuseram que o retorno de nutrientes nas florestas monodominantes de *Gilbertiodendron dewevrei* é retardado pela reduzida taxa de decomposição de serapilheira, impedindo o estabelecimento de espécies com pequenas sementes. Por outro lado, Peh et al. (2011) argumentam que o mecanismo proposto por Torti et al. (2001) para explicar monodominância não é consistente, uma vez que seus dados empíricos sugerem que os solos, ou as interações solo-vegetação, não são a causa da diferença de vegetação entre a floresta monodominante e mista. Porém, Peh et al. (2011) reconheceram que seus resultados mostram que o mecanismo proposto por Torti et al. (2001) por si só não é suficiente para explicar a dominância de *Gilbertiodendron dewevrei* nas florestas da África Central.

No Pantanal Mato-grossense, Arieira & Nunes da Cunha (2006) propuseram o pulso de inundação como um fator que afeta a estrutura e a composição da

vegetação em uma floresta monodominante de *Vochysia divergens*, favorecendo ou limitando o estabelecimento e desenvolvimento de espécies. As variações sazonais dos níveis de inundação são consideradas distúrbios que afetam o desenvolvimento sucessional, permitindo que espécies pioneiras mantenham altas densidades no Pantanal (POTT & POTT, 1994; SILVA et al., 2000).

Portanto, para compreender o estabelecimento e desenvolvimento de espécies de plantas no Pantanal é necessário estudar as taxas de mortalidades de espécies dominantes, pois revela se as espécies dominantes são persistentes.

#### 5.4 SAZONALIDADE DO INCREMENTO DIAMÉTRICO DE *Vochysia divergens*

A taxa média anual de incremento na área de estudo foi maior que os valores encontrados por Dong et al. (2012), Vieira et al. (2004) e Clark & Clark (1995), mas menor do que os valores encontrados por da Silva et al. (2002) (Tabela 14). A espécie *Vochysia divergens* apresentou uma taxa anual de incremento diamétrico intermediária quando comparada a outras espécies.

**Tabela 14** – Comparação da taxa de incremento diamétrico (mm) de *V. divergens* com outras espécies em diferentes pesquisas.

<b>Pesquisas</b>	<b>Taxa de Incremento Diamétrico</b>	<b>Local</b>
Esta pesquisa	4,89	Pantanal Mato-grossense
Dong et al. (2012)	0,65 a 2,1	04 florestas tropicais
da Silva et al. (2002)	1,64	Floresta Amazônica (Manaus)
Vieira et al. (2004)	1,7	Floresta Amazônica (Manaus)
Clark & Clark (1995)	1,9 a 5,2	05 espécies das planícies atlânticas da Costa Rica
Vieira et al. (2004)	3,1	Floresta Amazônica (Santarém)
Vieira et al. (2004)	3,9	Floresta Amazônica (Rio Branco)
da Silva et al. (2002)	5,28 a 11,41	Espécies comerciais da Amazônia

A taxa média de incremento diamétrico de *Vochysia divergens* apresentou dinâmica sazonal com maiores valores de janeiro a março, com ausência ou incremento diamétrico negativo de julho a setembro, e com valores intermediários de incremento de abril a junho e de outubro a dezembro. O período de janeiro a março é caracterizado como um período de altas temperaturas, muita precipitação com

acúmulo de água no solo devido a grande quantidade de argila provocando pouca drenagem do solo, alta umidade relativa do ar e baixo déficit de pressão de vapor. O período de abril a junho é caracterizado por diminuição da temperatura, pouca precipitação com saturação do solo e diminuição da radiação solar. Vale ressaltar que, há maior produção de folhas jovens no período de março a maio (DALMAGRO, et al., in press). O período de julho a setembro é caracterizado por temperaturas mais baixas, pouca precipitação, e umidade relativa, e do aumento do déficit de pressão de vapor, bem como coincide com o aumento da queda de folhas de folhas velhas e da produção de estruturas reprodutivas de *Vochysia divergens*. Vale ressaltar que, Sanches et al. (2011) encontraram os menores valores de umidade do solo nos meses de agosto e setembro no Pantanal em Poconé. O período de outubro a dezembro é caracterizado por aumento da radiação solar, temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e umidade do solo, bem como pela diminuição do déficit de pressão de vapor. Pott & Pott (1994) apontaram que o período de produção de estruturas reprodutivas de *Vochysia divergens* ocorre de julho a setembro. Sendo assim, o incremento diamétrico de *Vochysia divergens* seguiu os padrões do clima regional e de mudanças fenológicas da espécie.

Callado et al. (2004) observaram maior crescimento diamétrico em *Tabebuia umbellata* no período de inundação e de chuva, e ausência ou crescimento negativo no período de seca que coincide com perda de folhas e produção de estruturas reprodutivas em uma floresta inundada na Mata Atlântica no Rio de Janeiro. Portanto, *Tabebuia umbellata* é uma espécie tolerante à inundação por manter incremento diamétrico durante a inundação, assim como *Vochysia divergens*. Portanto, a inundação não foi fator determinante para redução de atividade cambial ou dormência cambial em *Tabebuia umbellata* (CALLADO et al., 2004).

Por outro lado, Schöngart et al. (2002) apontaram que o incremento diamétrico de árvores na planície amazônica é maior na estação seca do que no período de inundação, uma vez que a inundação causa queda de folhas que leva a dormência cambial. Vale ressaltar que, as árvores desenvolvem uma variedade de mecanismos para compensar a limitação da condutância estomática na inundação, tais como: redução no fornecimento de adenosina trifosfato (ATP) (EPSTEIN & BLOOM, 2005), o acúmulo de ácido lático e acidificação do citoplasma

(CRAWFORD, 1992; DREW, 1997; OLIVEIRA & JOLY, 2010), uma redução na permeabilidade e condutividade hidráulica da raiz, e um aumento na síntese do ácido abscísico (WILKINSON & DAVIES, 2002).

Schöngart et al. (2004) destacaram também que menor disponibilidade de água para vegetação decorrente de menor precipitação causada por El Niño torna os anéis de crescimento de *Piranhea trifoliata* mais largos na Floresta Amazônica Venezuelana, ou seja, as árvores tem maior crescimento na estação seca. Portanto, a variação interanual de incremento diamétrico é maior em florestas tropicais do que em florestas temperadas por causa da variação no padrão de precipitação nos trópicos (Worbes et al., 2003), o que demanda estudos a longo prazo.

Dalmolin et al. (2012) conduziram um experimento com plântulas de *Vochysia divergens* em que a inundação reduziu as taxas de produção de folhas, altura da planta, e as trocas gasosas. Porém, essas plântulas apresentaram crescimento positivo e ganho de carbono, indicando tolerância à inundação. No entanto, Dalmagro et al. (IN PRESS) destacaram em seu estudo que *Vochysia divergens* não apresentou diferenças significativas de taxa fotossintética líquida, de condutância estomática, de velocidade máxima de carboxilação de rubisco, de transporte de elétrons em luz saturante, e de ponto de compensação de dióxido de carbono entre a estação seca e o período de inundação. Eles justificaram que este resultado é decorrente da suficiência de água durante a estação seca oriunda do acesso a fontes de águas profundas pelas árvores de *Vochysia divergens* durante a estação seca, apesar do baixo conteúdo de água da superfície do solo (HAASE, 1999; BIUDES, 2008; SANCHES et al., 2011; VOURLITIS et al., 2011). No entanto, é importante enfatizar que no período estudado por Dalmagro et al. (IN PRESS) não houve estação seca pronunciada, uma vez que choveu em todos os meses.

A estação seca que provoca decréscimo de umidade do solo leva à redução da fotossíntese, aumento da taxa de respiração e redução da produtividade primária (TIAN et al., 1998). Portanto, o incremento diamétrico de *Vochysia divergens* foi mais afetado pela estação seca do que pela inundação, por causa da baixa umidade do solo, perda de folhas e produção de estruturas reprodutivas.

Para compreender melhor a dinâmica sazonal do incremento diamétrico de *Vochysia divergens* é importante desenvolver pesquisas à longo prazo.

## 6. CONCLUSÕES

- i. O solo tornou-se mais ácido depois da inundação;
- ii. As concentrações de fósforo, alumínio, hidrogênio, ferro e boro aumentaram depois da inundação, mas as concentrações de potássio, cálcio, magnésio, zinco, cobre, manganês e enxofre diminuíram;
- iii. A lâmina d'água e o tempo de inundação afetaram negativamente a densidade e dominância de *Vochysia divergens*, respectivamente;
- iv. A dominância de *Vochysia divergens* afetou negativamente a diversidade de espécies;
- v. O incremento diamétrico de *Vochysia divergens* foi mais afetado na estação seca, por causa da baixa umidade do solo, perda de folhas e produção de estruturas reprodutivas.

## 7. RECOMENDAÇÕES

- i. Para compreender melhor a dinâmica de inundação no Pantanal é fundamental estudar a cota topográfica de áreas adjacentes à área de estudo, o que permite entender o fluxo da água e sua direção de escoamento no solo, bem como a produção, transporte e deposição de sedimentos;
- ii. Mais estudos sobre o efeito das condições anaeróbias e da sedimentação na variação das propriedades químicas do solo depois da inundação são fundamentais para compreender as implicações ambientais da inundação no Pantanal;
- iii. Para compreender o estabelecimento e desenvolvimento de espécies de plantas no Pantanal é necessário estudar as taxas de mortalidades de espécies dominantes, pois revela se as espécies dominantes são persistentes;
- iv. É importante desenvolver pesquisas em longo prazo para compreender melhor a sazonalidade do incremento diamétrico de *Vochysia divergens*.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL FILHO, Z.P. 1984. Solos do Pantanal Mato-Grossense. In **Anais do 1º Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal**. EMBRAPA-CPAP-UFMS, 265p. (EMBRAPA-CPAP, Documentos, 5).

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

BAKER, T.R.; AFFUM-BAFFO, K., BURSLEMA, D.F.R.P. & SWAINE, M.D. 2002. Phenological differences in tree water use and the timing of tropical forest inventories: conclusions from patterns of dry season diameter change. **Forest Ecology and Management** 171: 261–274.

BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWHSEND, C.R. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 592p.

BIUDES, M.S. 2008. **Balço de energia em vegetação monodominante em área de Camará e Pastagem no norte do Pantanal**. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso.

BIUDES, M.S. et al. 2012. Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de camará em pastagem no norte do Pantanal. **Revista de Ciências Agro-Ambientais** 10 (1): 61-68.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP)**: diagnóstico dos meios físico e biótico. Brasília, 1997. 433p.

BRITO, E.R., MARTINS, S.V., OLIVEIRA-FILHO, A.T., SILVA, E., SILVA, A.F. 2008. Estrutura fitossociológica de um fragmento natural de floresta inundável em área de Campo Sujo, Lagoa da Confusão, Tocantins. **Acta Amazonica** 38 (3): 379-386.

BURESH, R.J., REDDY, K.R. & KESSEL, C.V. 2008. Nitrogen transformations in

submerged soils. In 'Nitrogen in agricultural systems'. (Eds JS Schepers, WR Raun) **Agronomy Monograph** 49. pp. 401-436.

CADAVID GARCIA, E.A. **O clima no Pantanal Mato-grossense**. Corumbá: EMBRAPA-UEPAE de Corumbá, 1984. 39p. (EMBRAPA-UEPAE de Corumbá. Circular técnica, 14).

CALLADO, C.K., SILVA NETO, S.J., SCARANO, F.B. & COSTA, C.G. 2004. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Bignoniaceae), a flood-tolerant tree from the atlantic forest swamps in Brazil. **IAWA Journal** 25 (2): 175-183.

CAMPBELL, D.G., STONE, J.L., ROSAS JR, A., 1992. A comparison of the phytosociology and dynamics of three floodplain (Várzea) forests of known ages, rio Juruá, western Brazilian Amazon. **Botanical Journal of the Linnean Society** 108: 213-237.

CHAPIN, F.S., MATSON, P.A. & VITOUSEK, P.M. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. 2nd ed. Springer, New York, 529p. 2002.

CLARK, D.A. & CLARK, D.B. 1994. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in Costa Rica tropical rain forest. **Journal of Ecology** 82: 865-872.

CLARK, D.A. & CLARK, D.B. 1995. Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forest. **Forest Ecology and Management** 80 (1-3): 235-244.

CLARK, D.A., CLARK, D.B., SANDOVAL, R., CASTRO, M.V. 1995. Edaphic and human effects on landscape-scale distributions of tropical rain-forest palms. **Ecology** 76: 2581-2594.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. & CLARKE, R.T. 2001. Further evidence of changes in the hydrological regime of the river Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change? **Journal of Hydrology** 245: 218-238.

CONNELL, J.H. & LOWMAN, M.D. 1989. Low-density tropical rain forests: some possible mechanism for their existence. **The American Naturalist** 134: 88-119.

CRAWFORD, R.M.M. Oxygen availability as an ecological limit to plant distribution. In **Advances in Ecological Research**, vol. 23, (eds. M. Begon and A.H. Fitter). Academic Press, New York, p. 93-185, 1992.

DA ROCHA, H.R., MANZI, A.O., CABRAL, O.M., MILLER, S.D., GOULDEN, M.L., SALESKA, S.R., COUPE, N.R., WOFSEY, S.C., BORMA, L.S., ARTAXO, P., VOURLITIS, G., NOGUEIRA, J.S., CARDOSO, F.L., NOBRE, A.D., KRUIJT, B., FREITAS, H.C., VON RANDOW, C., AGUIAR, R.G., & MAIA, J.F. 2009. Patterns of water and heat flux across a biome gradient from tropical forest to savanna in Brazil. **Journal of Geophysical Research** 114(G00B12): 1-8.

DA SILVA, R.P., SANTOS, J., TRIBUZY, E.S., CHAMBERS, J.Q., NAKAMURA, S. & HIGUCHI, N. 2002. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management** 166 (1-3): 295-301.

DALMAGRO, H.J., LOBO, F.A., VOURLITIS, G.L., DALMOLIN, A.C., ORTIZ, C.E.R., & NOGUEIRA, J.S. (IN PRESS) Photosynthetic parameters for two invasive tree species of the Brazilian Pantanal in response to seasonal flooding. **Photosynthetica**, 2013.

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

DAMASCENO-JUNIOR, G.A.; SEMIR, J.; SANTOS, F.A.M. & LEITÃO FILHO, H.F. 2005. Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. **Flora** 200 (2): 119-135.

DONG, S.X., DAVIES, S.J., ASHTON, P.S., BUNYAVEJCHEWIN, S., SUPARDI, M.N., KASSIM, A.R, TAN, S. & MOORCROFT, P.R. 2012. Variability in solar radiation and temperature explains observed patterns and trends in tree growth rates across 4 tropical forests. **Proceeding of the Royal Society Biological Science** 279:

3923-3931.

DREW, M.C. 1997. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under under hypoxia and anoxia. **Annual Review of Plant Physiology** 48: 223-250.

DUNCAN, R.P. 1993. Flood disturbance and the coexistence of species in a lowland podocarp forest, south Westland. **New Zealand. Journal of Ecology** 81: 403-416.

EGLER, F.E. 1974. Vegetation Science Concepts I. Initial floristic composition, a factor in old field vegetation development. **Vegetation** 4: 412-417.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives**. 2<sup>a</sup> edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts. pp. 313-370, 2005.

EVERSON, D.A. & BOUCHER, D.H. 1998. Tree species-richness and topographic complexity along the riparian edge of the Potomac River. **Forest Ecology and Management** 109: 305-314.

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

FERREIRA, L.V. & PRANCE, G.T. 1998. Species richness and floristic composition in four hectares in the Jaú National Park in upland forests in Central Amazonian. **Biodiversity and Conservation** 7 (10): 1349-1364.

GASTON, K.J. 1996. Biodiversity – latitudinal gradients. **Progress in Physical Geography** 20 (4): 466-476.

GIRARD, P.; FANTIN-CRUZ, I.; OLIVEIRA, S.M.L. & HAMILTON, S.K. 2010. Small-scale spatial variation of inundation dynamics in a floodplain of the Pantanal (Brazil). **Hydrobiologia** 638(1):223-233.

GREENWAY, H.; ARMSTRONG, W. & COLMER, T.D. 2006. Conditions leading

to high CO<sub>2</sub> (>5 kPa) in waterlogged flooded soils and possible effects on root growth and metabolism. **Annals of Botany** 98: 9-32.

GROSS, N.D.; TORTI, S.D.; FEENER JR., D.H. & COLEY, P.D. 2000. Monodominance in an African Rain Forest: Is Reduced Herbivory Important? **Biotropica** 32 (3): 430-439.

HAASE, R. 1999. Litterfall and nutrient return in seasonally flooded and non-flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Forest Ecological Management** 117: 29-147.

HAMILTON, S.K. 2002. **Hydrological controls of ecological structure and function in the Pantanal wetland** (Brazil). The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands. IAHS Special Publication, n. 6.

HART, T.B. 1990. Monospecific dominance in tropical rain forests. **Trends in Ecology and Evolution** 5: 6-11.

HART, T.B.; HART, J.A. & MURPHY, P.G. 1989. Monodominant and species-rich forests in the humid tropics: causes for their co-occurrence. **The American Naturalist** 133: 613-633.

JACKSON, M.B. & COLMER, T.D. 2005. Response and Adaptation by Plants to Flooding Stress. **Annals of Botany** 96: 501-505.

JANZEN, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist** 104: 501-528.

JUNK, W.J. & DA SILVA, C.J. O Conceito de Pulso de Inundação e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. 17-28 pp. In: **Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação**. Corumbá - MS, 1999. Brasília, Embrapa - CPAP.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river - floodplain systems. p. 110-127. In: D.P. Dodge (ed.). **Proceedings International Large River Symposium** (LARS), Canadian Special Publication of

Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa, v. 106, p. 110-127, 1989.

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

KEOGH, T.M., KEDDY, P.A. & FRASER, L.H. 1999. Patterns of tree species richness in forested wetlands. **Wetlands** 19(3): 639-647.

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

KLINGE, H., ADIS, J., WORBES, M., 1996. The vegetation of a seasonal várzea in the lower Solimões river, Brazilian Amazonia. **Acta Amazonica** 25, 201-220.

KOZLOWSKI, T.T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph** 1: 1-29.

LAY, J.F., SCARPATI, O. & CAPRIOLO, A. 2008. Precipitation variability and soil water content in Pampean Flatlands (Argentina). **Geofísica Internacional** 47 (4): 341-354.

LIMA, H.N., MELLO, J.W.V., SCHAEFFER, C.E.G.R. & KER, J.C. 2005. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazonica** 35: 317-330.

MACARTHUR, R. H. 1970. Species packing and competitive equilibrium for many species. **Theoretical Population Biology** 1:1-11.

MARTINS, S.V.M., BRITO, E.R., OLIVEIRA FILHO, A.T., SILVA, A.F. & SILVA, E. 2008. Floristic composition of two wetland forests in Araguaian Plain, State of Tocantins, Brazil, and comparison with other areas. **Revista Árvore** 32 (1) 129-141.

MCLATCHEY, G.P. & REDDY, K.R. 1998. Regulation of organic matter decomposition and nutrient release in a wetland soil. **Journal of Environmental**

**Quality** 27 (5): 1268-1274.

MENGE, B.A. & SUTHERLAND, J.P. 1976. Species Diversity Gradients: Synthesis of the Roles of Predation, Competition, and Temporal Heterogeneity. **The American Naturalist** 110 (973): 351-369.

MITCHELL, K. 2007. **Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method**. Disponível em: [people.hws.edu/mitchell/PCQM.pdf](http://people.hws.edu/mitchell/PCQM.pdf). Acesso em: 12 ago 2011.

MOHLER, C.L., MARKS, P.L. & SPRUGEL, D.G. 1978. Stand Structure and Allometry of Trees During Self-Thinning of Pure Stands. **Journal of Ecology** 66 (2): 599-614.

MORENO, M.R., NASCIMENTO, M.T. & KURTZ, B.C. 2003. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região do Imbê, RJ. **Acta Botanica Brasilica** 17(3): 371-386.

NASCIMENTO, M.T. & NUNES DA CUNHA, C. 1989. Estrutura e composição florística de um cambarazal no Pantanal de Poconé-MT. **Acta Botanica Brasilica** 3(1): 3-23.

NASCIMENTO, M.T. & SADDI, N. 1992. Structure and floristic composition in an area of cerrado in Cuiabá-MT, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 15(1): 47-55.

NASCIMENTO, M.T.; PROCTOR, J. & VILLELA, D.M. 1997. Forest structure, floristic composition and soils of an Amazonian monodominant forest on maracá Island, Roraima, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** 54 (01): 1-38.

NEIFF, J.J. 1990. Ideas for an ecological interpretation of the Paraná River. **Interciencia** 15 (6): 424-441.

NEIFF, J.J. 2001. Humedales de la Argentina: sinopsis, problemas y perspectivas futuras. In **El Agua en Iberoamerica, Funciones de los humedales, calidad de vida y agua segura** (A.F. Cirelli, ed.). CYTED, Argentina, p. 83-112.

NEPSTAD, D.C., MOUTINHO, P., DIAS, M.B., DAVIDSON, E., CARDINOT, G., MARKEWITZ, D., FIGUEIREDO, R., VIANNA, N., CHAMBERS, J., RAY, D., GUERREIROS, J.B., LEFEBVRE, P., STERNBERG, L., MOREIRA, M., BARROS, L., ISHIDA, F.Y., TOHLVER, I., BELK, E., KALIF, K. & SCHWALBE, K. 2002. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of an Amazon Forest. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres** 107: D20-8085.

NUNES DA CUNHA, C. & JUNK, W.J. 1999. Composição florística de capões e cordilheiras: localização das espécies lenhosas quanto ao gradiente de inundação no Pantanal de Poconé, MT, Brasil. 387-406. In: **Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal** - manejo e conservação. Corumbá, MS, 1996. Embrapa - CPAP.

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

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

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.

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

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W.J.; FALESSA, O., COSTA, C.P. & ALMEIDA, L. 2000. Influences of dry and flooding periods on phenology and the dynamic of seedlings and saplings of *Vochysia divergens* Pohl, in the Pantanal of Poconé. Pp.

871-874. In: **German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems - Achievements and Prospects of Cooperative Research**. Hamburg.

OLIVEIRA, V.C.; JOLY, C.A. 2010. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth response. **Trees** 24: 185-193.

PARENT, C., CAPELLI, N., BERGER, A., CRÈVECOEUR, M. & DAT, J.F. 2008. An overview of plant responses to soil waterlogging. **Plant Stress** 2 (1): 20-27.

PAROLIN, P. 2012. Diversity of adaptations to flooding in trees of Amazonian floodplains. **Pesquisas-Botânica** 63: 7-28.

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

PEH, K.S-H.; SONKÉ, B.; LLOYD, J.; QUESADA, C.A. & LEWIS, S.L. 2011. Soil does not explain Monodominance in a Central African Tropical Forest. **PLoS ONE** 6(2): 1-9.

PENHA, J.M., DA SILVA, C.J. & BIANCHINI, I. 1999. Productivity of the aquatic macrophytes *Pontederia lanceolata* Nutt. (Pontederiaceae) on the floodplains of the Pantanal Mato-grossense, Brazil. **Wetland Ecology and Management** 7: 155-163.

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

PEZESHKI, S.R. 2001. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany** 46: 299-312.

PIANKA, E.R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. **The American Naturalist** 100:33-43.

PINTO-JUNIOR, O.B. et al. 2009. Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem. **Acta Amazonica** 39 (4): 813-822.

PONNAMPERUMA, F.N. 1972. The chemistry of submerged soil. **Advances in Agronomy** 24: 29-96.

POOLE, G.C.; STANFORD, J.A.; FRISSEL, C.A. & RUNNING, S.W. 2002. Three-dimensional mapping of geomorphic controls on floodplain hydrology and connectivity from aerial photos. **Geomorphology** 48(4): 329-347.

PORPORATO, A.; LAIO, F.; RIDOLFI, L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. 2001. Plants in water-controlled ecosystems: active role in hydrologic processes and response to water stress - III. Vegetation water stress. **Advances in water resources** 24 (7): 725-744.

POTT, A. & POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá, Embrapa - CPAP. 1994.

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

R Core Team. 2012. **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RATTER, J.A., POTT, A., POTT, V.J., NUNES DA CUNHA, C.N., HARIDASAN, M., 1988. Observations on woody vegetation types in the Pantanal and at Corumbá, Brazil. **Notes from the Royal Botanic Garden, Edinburgh** 45, 503-525.

READ, J., JAFFRÉ, T., FERRIS, J.M., MCCOY, S. & HOPE, G.S. 2006. Does soil determine the boundaries of monodominant rain forest with adjacent mixed rain forest and maquis on ultramafic soils in New Caledonia? **Journal of Biogeography** 33: 1055-1065.

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

REDDY, K.R. & PATRICK JR., W.H. 1975. Effect of alternate aerobic and anaerobic conditions on redox potential, organic matter decomposition and nitrogen

loss in a flooded soil. **Soil Biology and Biochemistry** 7 (2): 87-94.

REDDY, K.R. & PATRICK, W.H. 1976. Effect of Frequent Changes in Aerobic and anerobic conditions on redox potential and nitrogen loss in a flooded soil. **Soil Biology & Biochemistry** 8: 491-495.

RICKLEFS, R.E. 2010. **The Economy of Nature**. 6th ed. WH Freeman, New York, NY. 700p.

SANCHES, L., ALVES, M.C., CAMPELO JÚNIOR, J.H., NOGUEIRA, J.S. & DALMAGRO, H.J. 2010. Estimativa do coeficiente Priestley-Taylor em floresta monodominante cambarazal no Pantanal. **Revista Brasileira de Meteorologia** 25 (4): 448-454.

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

SCHONGART, J., JUNK, W.J., PIEDADE, M.T.F., AYRES, J.M., HUTTERMANN, A, & WORBES, M. 2004. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño – Southern Oscillation effect. **Global Change Biology** 10: 683-692.

SERVIÇO SOCIAL DO COMÉRCIO (SESC). **O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural SESC Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 84p.

SHANKLIN, J. & KOZLOWSKI, T.T. 1985. Effect of Flooding of Soil on Growth and Subsequent Responses of *Taxodium distichum* Seedlings to SO<sub>2</sub>. **Environmental Pollution** (Series A) 38: 199-212.

SHANMUGHAVEL, P., ZHENG, Z., LIQING, S. & MIN, C. 2001. Floristic structure and biomass distribution of a tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna, southwest China. **Biomass and Bioenergy** 21: 165-175

SILVA, M.P.; MAURO, R.; MOURÃO, G. & COUTINHO, M. 2000. Distribuição e

quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica** 23 (2): 143-152.

SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1995. **Biometry**: The principles and practice of statistics in biological research. 3rd ed. W.H. Freeman and Co, New York.

STAFLEU, F.A. 1948. A monograph of the Vochysiaceae. I. Salvertia and Vochysia. **Recueil des Travaux Botaniques Néerlandais** 41: 398-540.

STEVENS, G.C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. **The American Naturalist** 133 (2): 240-256.

STRIKER, G.G. 2012. **Flooding Stress on Plants: Anatomical, Morphological and Physiological Responses** In: J.K Mworira (ed.) Botany (ISBN 979-953-307-502-9), InTech–Publisher, Rijeka-Croatia, pp 3-28.

TANG, S., MENG, C.H., MENG, F.R. & WANG, Y.H. 1994. A growth and self-thinning model for pure even-age stands: theory and applications. **Forest Ecology and Management** 70: 67-73.

TER STEEGE, H. 1994. Flooding and drought tolerance in seeds and seedlings of two Mora species segregated along a soil hydrological gradient in the tropical rain forest of Guyana. **Oecologia** 100: 356-367.

TIAN, H., J. M. MELILLO, D. W. KICKLIGHTER, A. D. MCGUIRE, J. V. K. HELFRICH III, B. MOORE III & C. J. VOROSMARTY. 1998. Effect of interannual climate variability on carbon storage in Amazonian ecosystems. **Nature** 396: 664–667.

TIMM, L.C., PIRES, L.F., ARTHUR, R.C.J., REICHARDT, K., OLIVEIRA, J.C.M. & BACCHI, O.O.S. 2006. Field spatial and temporal patterns of soil water content and bulk density changes. **Scientia Agricola** 63 (1): 55-64.

TOKUOKA, Y., OHIGASHI, K. & NAKAGOSHI, N. 2011. Limitations on tree seedling establishment across ecotones between abandoned fields and adjacent broad-leaved forests in eastern Japan. **Plant Ecology** 212(6): 923-944.

TORTI, S.D., COLEY, P.D. & KURSAR, T.A. 2001. Causes and Consequences of Monodominance in Tropical Lowland Forests. **The American Naturalist** 157 (2): 141-153.

VAN DER VALK, A.G. 1981. Succession in wetlands: a Gleasonian approach. **Ecology** 62(3): 689-696.

VETTER, R.E; BOTOSSO, P.C. 1989. El Niño may affect growth behaviour of Amazonian tree. **GeoJournal** 19: 419-421.

VIEIRA, S.A. 2003. **Mudanças globais e taxa de crescimento arbóreo na Amazônia**. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

VOURLITIS, G.L.; LOBO, F.A.; BIUDES, M.S.; ORTÍZ, C.E.R.; NOGUEIRA, J.S. 2011. Spatial variations in soil chemistry and organic matter content across a *Vochysia divergens* invasion front in the Brazilian Pantanal. **Soil Science Society of American Journal** 75: 1554-1560.

WHITE, J. 1981. The Allometric Interpretation of the Self-thinning Rule. **Journal of Theoretical Biology** 89 (3): 475-500.

WILKINSON, S.; DAVIES, W.J. 2002. ABA-based chemical signaling: the coordination of responses to stress in plants. **Plant, Cell & Environment** 25: 195-210.

WORBES, M., STASCHEL, R., ROLOFF, A. & JUNK, W.J. 2003. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. **Forest Ecology and Management** 173: 105-123.

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

ZEILHOFER, P. 2006. Soil mapping in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil, using multitemporal Landsat TM data. **Wetlands Ecology and Management** 14: 445-461.

## 8. ANEXOS

Anexo 1 – Quadro resumo de equipamentos, métodos e escalas temporal e espacial de coleta de dados.

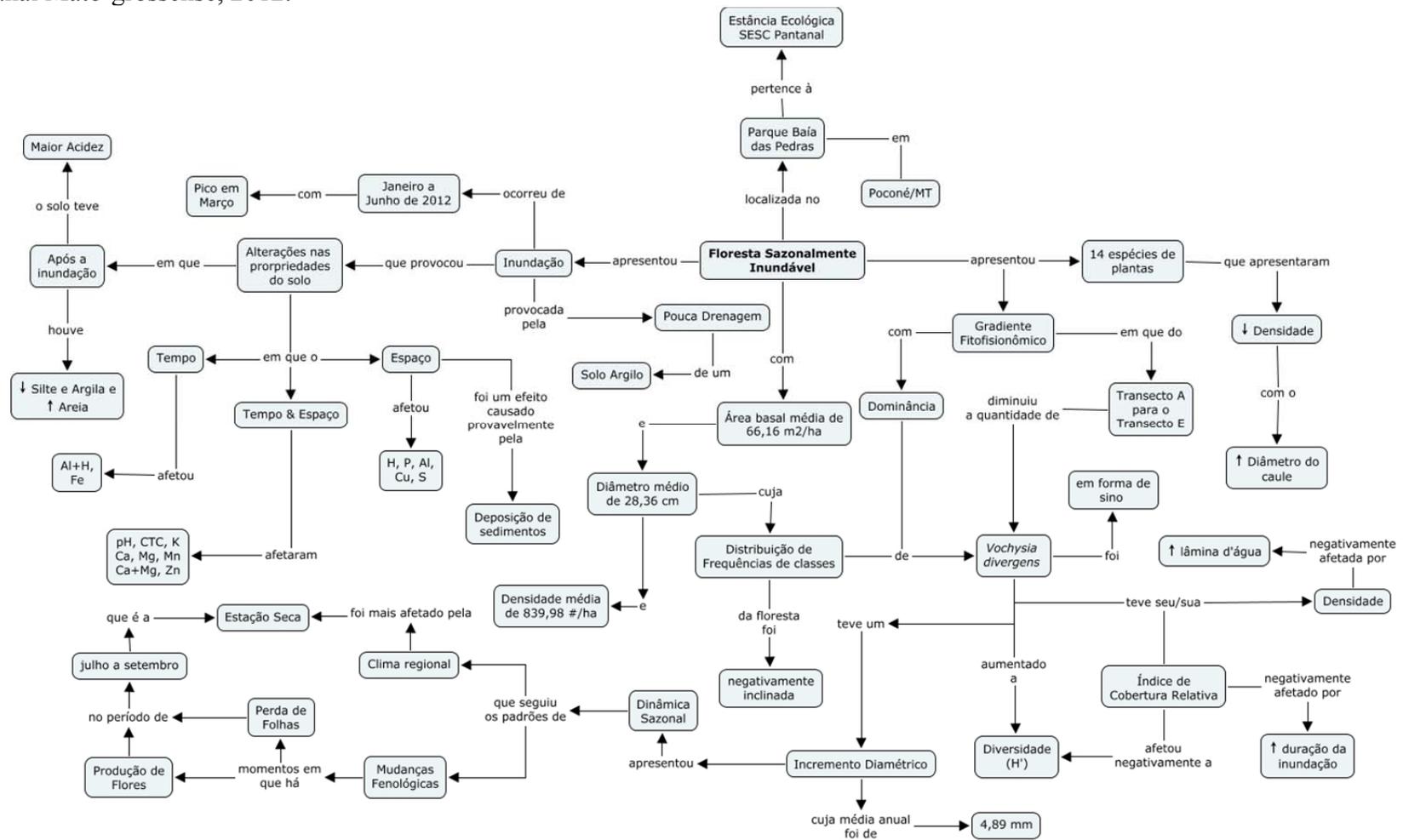
Anexo 2 – Representação esquemática dos efeitos da inundação sobre o solo e vegetação com dominância de *Vochysia divergens* no Pantanal Mato-grossense, 2012.

Anexo 3 – Script ANCOVA e Regressão Linear Simples e Correlação de Spearman para o Programa R.

## Anexo 1 – Quadro resumo de equipamentos, métodos e escalas temporal e espacial de coleta de dados.

Variável	Dado	Equipamento / Método	Escala espacial	Escala temporal
Temperatura do ar / UR / Precipitação	Medido	Estação meteorológica (WXT520, Vaisala)	Fora da floresta inundada	Janeiro a dezembro/2012
Lâmina d'água	Medido	Trena graduada	55 pontos	Janeiro a junho/2012
Textura do solo	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
pH	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Fósforo (P)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Potássio (K+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Cálcio (Ca2+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Magnésio (Mg2+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Alumínio (Al3+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Hidrogênio (H+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Zinco (Zn2+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Cobre (Cu2+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Ferro (Fe3+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Manganês (Mn2+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Boro (B3+)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Enxofre (S2-)	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Matéria orgânica	Análise laboratorial	Laboratório Plante Certo	55 pontos	Dezembro/2011 e julho/2012
Índice de Densidade Relativa	Calculado	Point-Centered Quarter Method – PCQM	55 pontos	Junho/2012
Índice de Cobertura Relativa	Calculado	Point-Centered Quarter Method – PCQM	55 pontos	Junho/2012
Índice de Frequência Relativa	Calculado	Point-Centered Quarter Method – PCQM	55 pontos	Junho/2012
Índice de Importância Relativa	Calculado	Point-Centered Quarter Method – PCQM	55 pontos	Junho/2012
Índice de Shannon-Winner	Calculado	Point-Centered Quarter Method – PCQM	5 transectos	Junho/2012
Biomassa de folhas e flores	Estimado	Produção de serapilheira - coletor de 1 m <sup>2</sup>	20 pontos (pontos 2, 5, 8 e 11 de cada transecto)	Janeiro a dezembro/2012
Taxa de Incremento diamétrico	Calculado	Diferença entre o tempo zero e o tempo seguinte	34 indivíduos de <i>Vochysia divergens</i>	Janeiro a dezembro/2012

Anexo 2 – Representação esquemática dos efeitos da inundação sobre o solo e vegetação com dominância de *Vochysia divergens* no Pantanal Mato-grossense, 2012.



## Anexo 3 – Script ANCOVA e Regressão Linear Simples para o Programa R.

```
#ANCOVA
```

```
objeto2<-aov(resposta~c(covariável)+explicativa1*explicativa2,data=objeto1)
```

```
objeto2$call
```

```
summary(objeto2)
```

```
shapiro.test(objeto2$residuals)
```

```
#Regressão linear simples
```

```
objeto<-lm(resposta~explicativa)
```

```
summary(objeto)
```

```
objeto$coefficients
```

```
shapiro.test(objeto$residuals)
```

```
#Correlação Spearman, instale ‘Hmisc package’, apresenta nível de significância
```

```
rcorr(x1,x2, type="spearman")
```