

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

ALMA ISBEL ARIZA RAMÍREZ

**Reconstrução paleoambiental com base em sementes (semi-fósseis) na área  
de proteção ambiental das ilhas e várzeas do  
rio Paraná, Brasil**

Maringá  
2014

ALMA ISBEL ARIZA RAMÍREZ

**Reconstrução paleoambiental com base em sementes (semi-fósseis) na área de proteção ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná, Brasil**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. João Batista Campos

Coorientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux

Maringá  
2014

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

R173r      Ramírez, Alma Isbel Ariza, 1973-  
Reconstrução paleoambiental com base em sementes (semi-fósseis) na área de  
proteção ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná, Brasil / Alma Isbel Ariza Ramírez.  
-- Maringá, 2014.  
66 f. : il. (algumas color.).

Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--Universidade  
Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2014.  
Orientador: Prof. Dr. João Batista Campos.  
Coorientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux.

1. Paleosementes semi-fósseis - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2.  
Geomorfologia - Planície de inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de  
Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de  
Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -561.1409816  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

ALMA ISBEL ARIZA RAMÍREZ

**Reconstrução paleoambiental com base em sementes (semi-fósseis) na área de proteção ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná, Brasil**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. José Cândido Stevaux (Presidente)  
Universidade Estadual de Maringá

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Zuleica Marchetti  
Universidad Nacional del Litoral da Argentina

Prof. Dr. Mauro Parolin  
Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão

Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho  
Universidade Estadual de Maringá

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Conceição de Souza  
Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 07 de março de 2014.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

*Dedico esta tese a minha família porque por eles sou o que sou.*

*Aos meus pais, pelo seu apoio e amor infinitos, e porque eles me deram tudo o que sou como pessoa, meus valores, meus princípios, meu caráter, minha determinação, a minha perseverança e minha coragem para realizar cada um dos meus objetivos ...*

*Lupa e Leo, amo vocês!*

## AGRADECIMENTOS

*A partir dessas linhas quero expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que ao longo dos anos têm trabalhado comigo, amigos, a família e os colegas, e que, de uma forma ou de outra, contribuíram para esta tese vir a ser concretizada.*

*Eu acho que qualquer pessoa que tenha tido qualquer relação comigo durante o desenvolvimento desta tese merece o meu apreço completo, pois eu tenho certeza que em algum momento foi compartilhado com queixas e lamentações, alegrias e satisfações.*

*Ao professor, educador, orientador e, principalmente, amigo, Dr. José Cândido Stevaux, meu muito obrigada de coração. Poucos são tão privilegiados como eu por ter tido a sorte de conviver com uma pessoa tão generosa, dedicada, eficiente, objetiva e diligente. A você professor, muito obrigada mesmo. Sem você este projeto não teria existido.*

*Ao Prof. João Batista pela sua ajuda colaboração e aceite no momento de indicar-me para a bolsa do doutorado.*

*Ao Prof. Mauro Parolin por ter compartilhado as etapas desta pesquisa, pelo exemplo como pesquisador e principalmente pela confiança, apoio e incentivo.*

*A Isabel Terezinha Lely pela sua imensa colaboração durante tudo meu processo, pela bondade de compartilhar seus conhecimentos e pela linda amizade que a gente forjou.*

*A minha estagiaria Carito, por sua ajuda infinita no trabalho de campo e laboratório, e por compartilhar seu entusiasmo pela ciência, seu carisma feliz e o seu amor pela samba.*

*Aos alunos do PEA, meus companheiros de vida acadêmica, e a todos os colegas da turma de doutorado pelo ambiente amigo e fraterno durante todo o curso, amizades que certamente se perpetuarão.*

*Preciso homenagear, ainda, os amigos queridos que de uma forma ou de outra contribuíram com sua força e estímulo para que eu conseguisse completar este percurso, meus meninos Fabrício, Fábio, Flávio, Igor, Diego, Dudu, pela amizade e risadas em todos os momentos. Nunca me esquecerei de vocês.*

*À secretaria do PEA (Aldenir e Josemara) pelo apoio constante.*

*À Maria Salete Ribellatto Arita pelas suas palavras cheias de ânimo na minha estadia no Brasil, a ela e ao João Fábio Hildebrandt obrigada pela grande gentileza no atendimento e colaboração na busca de bibliografia.*

*Ao governo brasileiro e à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.*

*Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, juntamente com toda a coordenação, funcionários e docentes, por disponibilizar toda estrutura para a minha formação*

*Ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura - NUPELIA (Universidade Estadual de Maringá), pelo apoio financeiro e logístico.*

*Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente - GEMA (Universidade Estadual de Maringá), pela infra-estrutura disponibilizada, e muito obrigada a Vanderlei pela sua colaboração. A cada uma das pessoas*

*que com seu carinho e conhecimento fez minha estadia uma ótima experiência, pelas boas lembranças... Fábio, Everton, Karine, Carina, Marcel, Talita, Bruno e Cássia.*

*Ao Laboratório de Estudos Paleoambientais da FECILCAM – LEPAFE, pela recepção cheia de carinho e conhecimentos. Muito obrigada a cada uma das pessoas que fizeram parte de meu processo acadêmico e pessoal... Giliane, Mayara, Leandro, João Cláudio, Renato e o grupo de meninas e meninos que compõem o laboratório.*

*Finalmente, faço questão de agradecer de coração a todas as pessoas que torceram ou intercederam por mim, mesmo que de forma anônima ou discreta. A todos esses amigos e amigas meu muito obrigada de coração.*

*Aqueles não lembrados ou não citados me perdoem a injustiça do esquecimento.*

*Río que bajas del norte,  
con ritmo de samba naces  
y pasas chamameseando  
orillando a los obrajes.  
Las heridas de la tierra  
desangran sobre tu cauce,  
hechas de ríos y arroyos  
que son sangre de tu sangre.*

*Por tus costas se dibuja  
tu silueta interminable,  
eres pan de pescadores  
que llegan todas las tardes.  
Un ronco bramido de luna  
de noche suele buscarte  
y se vuelve sudestada,  
peinando camalotales.*

*Eres hijo de una india  
que te ha dado su linaje,  
botín de conquistadores  
depredando por tus márgenes.  
Sobre tu lomo de espuma  
amarronada es tu carne  
y tu melena de vientos,  
va anunciando temporales*

*Paraná de aguas mansas,  
que a veces ruges salvaje  
cuando llegan tus crecientes  
invadiendo propiedades.  
La paleta de un pintor,  
fue plasmando tu paisaje  
y se quedó por las islas,  
tratando de enamorarte.*

*Paraná que enternecido  
pasas mirando adelante,  
con una carga de vida  
que irán allende los mares.  
Buques que van para Europa  
navegan por tus canales,  
llevando en sus bodegas,  
nuestros sueños a otra parte.*

**RÍO PARANÁ (Jorge Sernoqui)**

## **Reconstrução paleoambiental com base em sementes (semi-fósseis) na área de proteção ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná, Brasil**

### **RESUMO**

A planície aluvial do Alto Rio Paraná estudada é o último trecho do rio Paraná, em território brasileiro, onde ainda existe um ecossistema com interação rio-planície de inundação, sendo o pulso de inundação considerado o principal fator que regula a estrutura das comunidades e o funcionamento deste ecossistema. Embora alterado pela operação dos reservatórios de usinas hidrelétricas a montante, os ciclos hidrossedimentológicos ainda respeitam certa sazonalidade. Os ambientes presentes no processo de formação das ilhas propiciam condições diferentes para a implantação de vegetação e acúmulo de sementes. O projeto avaliou se os processos hidrossedimentares atuantes em uma planície de inundação neotropical influenciam a composição da estrutura da vegetação, através de sementes semi-fósseis preservadas em sedimentos de três ilhas do trecho multicanal do rio Paraná e se existe conexão entre a mudança da vegetação nos últimos 50 anos com as alterações naturais (fenômeno Niño e Niña), e com as alterações antrópicas (barragens), utilizando sementes semi-fósseis como paleobiondicadores. Por meio da análise faciológica dos sedimentos testemunhadas foi determinada a seguinte sucessão ambiental: ilha Mutum: canal aberto, passando a “ressaco”, lagoa atingindo as condições atuais de pântano; ilhas Floresta: a mesma sequência da ilha anterior mais o ambiente terrestre e na ilha Bandeirante, com uma sequência bastante diferenciada indicando o desenvolvimento de planície de inundação. Nos depósitos da ilha Mutum foram coletadas 2826 sementes, de 26 famílias e 34 gêneros; na ilha Floresta foram 319 sementes pertencentes a 37 famílias e 40 gêneros. Na ilha dos Bandeirantes foram 1204 sementes pertencentes a 43 famílias e 43 gêneros. A variação nos tipos de sementes da base para o topo da coluna sedimentar mostra que a vegetação se modifica conforme as condições ambientais atingidas e que as sementes tem um grande potencial como “paleoindicador” em sistemas fluviais. A análise do ciclo hidrológico nos últimos 50 anos para o subsistema Paraná e Baía e o subsistema Ivinhema, permitiu evidenciar que além dos processos naturais os processos antrópicos estão influenciando a composição vegetação.

**Palavras-chave:** Paleo-sementes. Rio Paraná. Gemorfología. <sup>210</sup>Pb. Barragem.

## **Paleo environmental reconstruction based on seeds (semi-fossil) in the area of protection of the islands and floodplains of the Paraná River, Brazil**

### ***ABSTRACT***

The floodplain of the Upper Paraná River is studied in the last stretch of the Paraná River in Brazil, where still there is an ecosystem with river-floodplain interaction, the flood pulse is considered the main factor that regulates the communities' structure and the functioning of this ecosystem. Although changed by the operation of the hydroelectric plants reservoirs upstream, the hydro-sedimentological cycles still respect certain seasonality. The present environments in the formation process of the islands propitiate different conditions for the deployment of vegetation and accumulation of seeds. The project evaluated if the acting hydro-sedimentary processes in a neo-tropical floodplain influence the composition of the vegetation structure through semi-fossils seeds preserved in sediments of three islands of the multichannel stretch of the Paraná River and if there is a connection between the vegetation change in the last 50 years with the natural changes (Niño and Niña phenomenon), and with the anthropogenic alterations (dams), using semi-fossil seeds as paleo-bioindicators. Through facies analysis of sediments sampled by the following environmental succession: Mutum Island: an open channel, which becomes "ressaco", lake reaching the current conditions of the swap; Floresta Island: the same sequence of previous island but over the terrestrial environment and in the Bandeirantes island with a very different sequence indicating the development of floodplain. In the deposits of the Mutum Island were collected 2826 seeds of 26 families and 34 genders, while on the Floresta Island were 319 seeds of 37 families and 40 genders. In the Bandeirantes Island were identified 1204 seeds belonging to 43 families and 43 genders. The variation in the types of seeds from the base to the top of the sedimentary column shows that the vegetation changes according with the affected environmental conditions and that the seeds have great potential as "proxy" in river systems. The analysis of the hydrological cycle over the past 50 years for the Paraná and Baía subsystem and Ivinhema subsystem, allowed us to prove that besides of the natural processes, the anthropogenic processes are influencing the composition of vegetation.

***Keywords:*** Paleo-seeds. Paraná River. Geomorphology. <sup>210</sup>Pb. Dam.

Tese elaborada e formatada conforme as  
normas das publicações científicas:

*Paleontologia*. Disponível em:

<<http://www.sbpbrasil.org/en/revista>> e

*Geomorphology*. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/journal/0169555X>>

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	12
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	14
2	<b>USO DE SEMENTES SEMI-FÓSSEIS COMO ‘PALEO-INDICADOR’ EM SEDIMENTO DE RIO ARENOSO: O CASO DO ALTO RIO PARANÁ.....</b>	16
	<b>RESUMO.....</b>	16
2.1	INTRODUÇÃO.....	18
2.2	AREA DE ESTUDO.....	20
2.3	MATERIAL E METODOS.....	23
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
2.5	CONCLUSÕES.....	37
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	38
3	<b>SEMENTES SEMI-FOSSÉIS E <sup>210</sup>PB NA DETERMINAÇÃO DAS ALTERAÇÕES NA CONECTIVIDADE CANAL-LAGOA NOS ÚLTIMOS 50 ANOS: ALTO RIO PARANÁ, BRASIL.....</b>	42
	<b>RESUMO.....</b>	42
3.1	INTRODUÇÃO.....	44
3.2	ÁREA DE ESTUDO.....	47
3.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
3.5	CONCLUSÕES.....	60
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	61
4	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	65

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As planícies de inundação são conhecidas como ecossistemas com uma elevada diversidade de habitats aquáticos e espécies terrestres (Junk *et al.*, 2000). Devido a sua alta complexidade e mudanças sazonais na físico-química, esses ecossistemas são caracterizados por uma variedade muito grande de ambientes que diferem em riqueza e composição de acordo com a flutuação do nível da água (Ferreira *et al.*, 2011).

A formação da planície aluvial do alto rio Paraná se deve, em grande parte, à modificação do padrão de drenagem, que passou de entrelaçado para um padrão multicanal similar ao anastomosado, devido às mudanças hidrológicas acontecidas ao início do Holoceno (Stevaux & Santos, 1998). Neste processo, houve a migração do canal principal para o lado esquerdo, que se aprofundou, expondo parte do antigo leito na margem direita (planície de inundação atual). À medida que o canal principal foi migrando, canais e ilhas foram sendo formadas, havendo a deposição de material sedimentar sobre e entre estas formas (Souza Filho & Stevaux, 1997). O resultado de todo este processo pode ser evidenciado hoje pela superfície descontínua apresentada pela planície, lhe conferindo uma elevada complexidade paisagística, expressa por uma grande diversidade de habitats que podem ser agrupados em três grandes sistemas hidrológicos, controlados pelos rios Baía, Ivinhema e Paraná.

No alto rio Paraná a vegetação é altamente condicionada pela geomorfologia, onde as árvores dominam as áreas mais elevadas, arbustos as áreas menos elevadas que permanecem livres de cheias em grande parte do ano, enquanto as macrófitas aquáticas crescem em zonas permanentemente inundadas (Souza & Stevaux, 1997, Ferreira *et al.*, 2011). Em muitas partes do mundo, a distribuição atual de plantas e animais fornece importantes pistas sobre as condições ambientais do passado (Bradley, 1985).

A planície de inundação do alto rio Paraná vem sendo impactada por diversas ações antrópicas, em especial os barramentos, os quais modificaram as características naturais do regime hidrológico (Agostinho & Zalewski, 1996; Rocha *et al.*, 1998). Esses empreendimentos modificaram as características fisiográficas da bacia afetando todos os principais afluentes, especialmente aqueles da metade superior do alto rio Paraná, levando a uma supressão de área da planície, de forma que esta se estende hoje por 230 km frente aos 480 km originais (Agostinho *et al.*, 2004).

Outro tipo de impacto corresponde às alterações no regime de cheias e de secas. A amplitude (diferença entre o nível mínimo e máximo de água no canal) é de fundamental importância para a estruturação dos ambientes da planície de inundação. Durante as cheias

ocorre o aumento da conexão entre os ambientes que já possuem ligação com o rio principal. Já valores extremamente baixos do nível do canal propiciam a emersão de superfícies da planície que raramente adquirem tais condições, mas que dependem da exposição subaérea para seu desenvolvimento ecológico.

Com o fim de evidenciar estas alterações ao longo do tempo, o cenário da paleovegetação fornecido pelos dados “proxy” aliados a cronologia do carbono isotópico se converte em uma ferramenta que auxilia em reconstituições de ambientes do Quaternário. Este tipo de análise permite que o registro palinológico preservado em lagos, estuários, planícies de inundação, entre outros ambientes, reflita as mudanças ecológicas locais e/o regionais da vegetação, que têm sido relacionadas principalmente a mudanças climáticas (Bradley, 1999).

Muitos estudos têm sido realizados a partir deste ponto de vista utilizando o pólen e tecidos autóctones de plantas em turfas, mas pouco se conhece sobre sementes, frutas e outros fragmentos de plantas (Wasylikowa, 1986).

São considerados como fóssil (ou subfóssil) os restos vegetais preservados em depósitos quaternários como frutos, sementes, fragmentos de madeira e outras partes de plantas vasculares, musgos e algumas algas. A maioria destes é encontrada em uma condição calcinada; somente a madeira ocorre comumente como carvão, enquanto os frutos carbonizados e sementes são menos comuns em depósitos naturais.

Sementes e frutos preservados nos sedimentos quaternários normalmente não mostram grandes diferenças em relação às formas modernas. Em sedimentos compactos, sua forma pode tornar-se comprimida, não entanto a forma dos fósseis pode ser mais pronunciada do que em espécimes modernos, porque as paredes externas das células epidérmicas são destruídas e o padrão formado pelas paredes laterais torna sua forma mais evidente. Em alguns casos, os caracteres não visíveis em espécimes modernos secos podem ser vistos em fósseis de sementes ou frutos (Wasylikowa, 1986).

Tendo em vista que as plantas fósseis contribuem substancialmente com informações sobre o ambiente passado, o presente trabalho tem como objetivo geral recompor a evolução ambiental da vegetação existente em paleoambientes da planície de inundação do alto rio Paraná, considerando as alterações ambientais e antrópicas que ocorreram associadas a estes processos evolutivos. Para dar a cumprimento a este objetivo foram apresentados dois capítulos:

1. Uso de sementes semi-fósseis como “paleo-indicador” em sedimento de rio arenoso: o caso do alto rio Paraná
2. Sementes semi-fósseis e  $^{210}\text{Pb}$  na determinação das alterações na conectividade canal-lagoa nos últimos 50 anos: Alto rio Paraná, Brasil

## REFERÊNCIAS

---

- Agostinho, A.A. & Zalewski, M. 1996. A planície alagável do alto rio Paraná: importância e preservação. Maringá: EDUEM. 100 p.
- Agostinho, A.A, Thomas S.M & L.C. Gomes. 2004. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Rev. Ecohydrology & Hydrobiology*. Vol. 4 No 3, 255-256.
- Bradley, R.S. 1985. Quaternary paleoclimatology. *Methods of paleoclimatic reconstruction*. Boston: Unwin Hyman. 472 p.
- Bradley, R.S. 1999. *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*. Academic Press, San Diego, 610pp.
- Ferreira, F.A.; Mormul, R.P.; Thomaz, S.M.; Pott, A. & V.J Pott. 2011 Macrophytes in the upper Paraná river floodplain: checklist and comparison with other large South American wetlands. *Rev. Biol. Trop.* 2, 541-556.
- Junk, W.J., J.J. Ohly, M.T.F. Piedade & M.G.M. Soares. 2000. *The Central Amazon floodplain: Actual use and options for sustainable management*. Backhuys, Leiden, The Netherlands.
- Rocha, P. C.; Souza Filho, E. E. & O. V. Q. Fernandez, 1998. Aspectos do controle de descargas efetuado por barramentos no Alto Rio Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 46, p. 117-122.
- Souza-Filho, E.E. & Stevaux, J.C. 1997. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: A. E. A. M. Vazzoler, A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.), *A planície de inundação do alto rio Paraná: Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá, EDUEM. p.3-46.
- Stevaux, J.C. & Santos. M.L. (1998). Palaeohydrological changes in the upper Parana river, Brazil, during the late Quaternary: A facies approach. In: Benito, G., Baker, V.R. and Gregory, K.J. (eds.). *Palaeohydrology and environmental changes.*, John Wiley and Sons Ltd., London, 273-285.

Wasylikowa K. 1986. Plant macrofossils preserved in prehistoric settlements compared with anthropogenic indicators in pollen diagrams, in K-E. Behre (ed.), *Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams*: 173-185. Balkema: Rotterdam.

## **2 USO DE SEMENTES SEMI-FÓSSEIS COMO “PALEO-INDICADOR” EM SEDIMENTO DE RIO ARENOSO: O CASO DO ALTO RIO PARANÁ**

### **RESUMO**

Os ambientes presentes no processo de formação das ilhas propiciam condições diferentes para a implantação de vegetação e acúmulo de sementes. O projeto avaliou se os processos hidrossedimentares atuantes em uma planície de inundação neotropical influenciam a composição da estrutura da vegetação, através de sementes semi-fósseis preservadas em sedimentos de três ilhas do trecho multicanal do rio Paraná. Por meio da análise faciológica dos sedimentos testemunhadas foi determinada a seguinte sucessão ambiental: ilha Mutum: canal aberto, passando a “ressaco”, lagoa atingindo as condições atuais de pântano; ilhas Floresta: a mesma sequência da ilha anterior mais o ambiente terrestre e na ilha Bandeirante, com uma sequência bastante diferenciada indicando o desenvolvimento de planície de inundação. Nos depósitos da ilha Mutum foram coletadas 2826 sementes, de 26 famílias e 34 gêneros; na ilha Floresta foram 319 sementes pertencentes a 37 famílias e 40 gêneros. Na ilha dos Bandeirantes foram 1204 sementes pertencentes a 43 famílias e 43 gêneros. A variação nos tipos de sementes da base para o topo da coluna sedimentar mostra que a vegetação se modifica conforme as condições ambientais atingidas e que as sementes tem um grande potencial como “paleoindicador” em sistemas fluviais.

**Palavras-chave:** Paleo-sementes. Rio Paraná. Geomorfología.

## **USE OF SEMI-FOSSIL SEEDS AS "PROXY" IN RIVER SANDY SEDIMENT: THE CASE OF THE UPPER PARANÁ RIVER**

### ***ABSTRACT***

The present environments in the formation process of the islands propitiate different conditions for the deployment of vegetation and accumulation of seeds. The project evaluated if the acting hydro-sedimentary processes in a neo-tropical floodplain influence the composition of the vegetation structure through semi-fossils seeds preserved in sediments of three islands of the multichannel stretch of the Paraná River. Through facies analysis of sediments sampled by the following environmental succession: Mutum Island: an open channel, which becomes "ressaco", lake reaching the current conditions of the swap; Floresta Island: the same sequence of previous island but over the terrestrial environment and in the Bandeirantes island with a very different sequence indicating the development of floodplain. In the deposits of the Mutum Island were collected 2826 seeds of 26 families and 34 genders; while on the Floresta Island were 319 seeds of 37 families and 40 genders. In the Bandeirantes Island were identified 1204 seeds belonging to 43 families and 43 genders. The variation in the types of seeds from the base to the top of the sedimentary column shows that the vegetation changes with the affected environmental conditions and the seeds have a great potential as "proxy" in river systems.

***Keywords:*** Paleo-seeds. Paraná River. Geomorphology.

## 2.1 INTRODUÇÃO

As planícies aluviais de inundação<sup>1</sup> são conhecidas como ecossistemas com uma elevada diversidade de habitats aquáticos e terrestres (Junk *et al.*, 2000). Devido a sua alta complexidade e mudanças sazonais no regime fluvial, esses ecossistemas são caracterizados por uma variedade muito grande de ambientes que se diferem em riqueza e composição, de acordo com a flutuação do nível da água (Ferreira *et al.*, 2011).

A formação da planície aluvial do alto rio Paraná se deve, em grande parte, à modificação do padrão de drenagem, que passou de entrelaçado para um padrão multicanal similar ao anastomosado, devido às mudanças hidrológicas acontecidas ao início do Holoceno (Stevaux & Santos, 1998). Neste processo, houve a migração e a incisão do canal principal para o lado esquerdo, formando um terraço arenoso de 10 m de altura e construindo uma ampla planície de inundação, ambos na margem direita. À medida que o canal principal foi migrando, canais e ilhas estáveis foram sendo formadas pela contínua aggradação dos depósitos fluviais (Souza & Stevaux, 1997). O resultado deste processo é evidente através dos ambientes descontínuos que a planície apresenta o que lhe confere uma elevada complexidade paisagística, expressa por uma grande diversidade de habitats que podem ser agrupados em três grandes sistemas hidrológicos, controlados pelos rios Baía, Ivinhema e Paraná.

A conectividade entre o regime hidrológico e a distribuição de vegetação é reconhecida por vários pesquisadores. Contudo, pode-se afirmar que a geomorfologia da planície aluvial tem um importante papel na constituição da vegetação riparia. No caso da morfologia da planície aluvial, quando se aborda o sistema fluvial numa escala temporal de milênios, vê-se que a geomorfologia da planície aluvial também depende diretamente do regime hidrológico. Ou seja, tem com este uma relação de conectividade. No alto rio Paraná a vegetação é altamente condicionada pela geomorfologia, onde árvores dominam as áreas mais elevadas, arbustos as áreas menos elevadas que permanecem livres de cheias em grande parte do ano, enquanto as macrófitas aquáticas crescem em zonas permanentemente inundadas (Souza & Stevaux, 1997, Ferreira *et al.*, 2011, Guerreiro *et al.* 2013).

---

<sup>1</sup> Planície aluvial de inundação, conceito utilizados pelos geomorfólogos, o qual abarca canal, ilha e planície de inundação.

A planície aluvial do alto rio Paraná vem sendo impactada por diversas ações antrópicas, em especial os barramentos, os quais modificaram as características naturais do regime hidrológico (Rocha *et al.*, 1998). Esses empreendimentos modificaram as características fisiográficas da rede de drenagem afetando todos os principais afluentes, especialmente aqueles da metade superior do alto rio Paraná, levando a uma supressão de área da planície, de forma que esta se estende hoje por apenas 230 km (Agostinho *et al.*, 2004). Outro tipo de impacto corresponde às alterações no regime de cheias e de secas. A tensão (diferença entre o nível mínimo e máximo de água no canal) é de fundamental importância para a estruturação dos ambientes da planície de inundação. Durante as cheias ocorre o aumento da conexão entre os ambientes que já possuem ligação com o rio principal. Já valores extremamente baixos do nível do canal propiciam a emersão de superfícies da planície que raramente adquirem tais condições, mas que dependem da exposição subaérea para seu desenvolvimento ecológico. Além disso, o aporte de material particulado à planície de inundação foi drasticamente reduzido com os barramentos (Stevaux *et al.*, 2009).

Os estudos de mitigação de ambientes fluviais impactados necessitam, na maioria dos casos, o entendimento a evolução dos processos hidrossedimentares decorridos na construção da estrutura ambiental dos rios. A história ambiental dos rios é obtida por meio de imagens satelitares, fotografias aéreas, mapas e documentos antigos, que alcançam no caso do rio Paraná, a década de 1950. Para além desta data as informações provêm do conteúdo sedimentar legado pelo rio. Com essa finalidade o cenário da paleovegetação fornecido pelos dados “proxy”, aliado à cronologia do carbono isotópico, se convertem em uma ferramenta que auxilia em reconstituições de ambientes do Quaternário. Este tipo de análise permite que o registro palinológico preservado em lagos, estuários, planícies de inundação, entre outros ambientes, reflita as mudanças ecológicas locais e/ou regionais da vegetação, que têm sido relacionadas principalmente às mudanças climáticas (Bradley, 1999). Muitos estudos têm sido realizados a partir deste ponto de vista utilizando o pólen, tecidos de plantas, fitólitos, e pouco se conhece sobre sementes, frutas e outros fragmentos vegetais como paleo-indicadores ambientais (Wasylikowa, 1986).

Tendo em vista que as plantas fósseis contribuem substancialmente com informações sobre o ambiente passado, e na tentativa de auxiliar os estudos de reconstrução vegetal relacionada à geomorfologia fluvial, o presente trabalho tem como objetivo determinar a composição da estrutura da vegetação de uma planície de inundação neotropical através de sementes semi-fósseis preservadas em sedimentos de ilhas do rio Paraná.

## 2.2 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na planície de inundação do alto rio Paraná no trecho entre os reservatórios de Porto Primavera e lago do Itaipu, com uma extensão de aproximadamente 230 km (Souza Filho & Stevaux, 1997; Agostinho, Pelicice & Gomes, 2008) (Figura 1). As coletas foram realizadas na ilha Mutum ( $22^{\circ}45'43.66''\text{S}$ ,  $53^{\circ}17'45.78''\text{W}$ ), ilha dos Bandeirantes ( $23^{\circ}21'25.11''\text{S}$ ,  $53^{\circ}47'32.20''\text{O}$ ) e ilha Floresta ( $22^{\circ}52'48,4''\text{S}$ ,  $53^{\circ}33'46,4''\text{W}$ ).

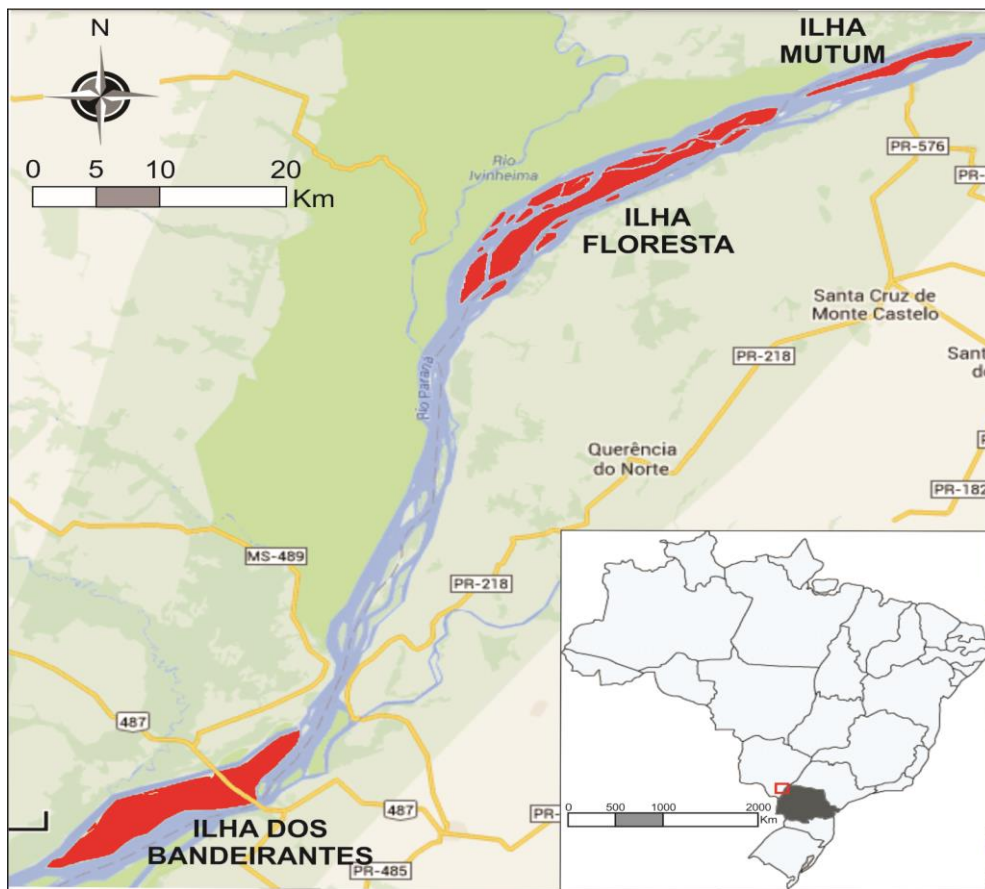


Figura 1. Localização das ilhas Mutum, Floresta e dos Bandeirantes no alto do rio Paraná.

Segundo Stevaux & Souza (2004) apesar de sua origem no Terciário, os registros sedimentares mais antigos da área de estudo foram encontrados no terraço da margem direita atingindo o Pleistoceno Superior  $42,580 \pm 1700$  BP. A construção da presente planície de inundação provavelmente começou no Optimo climático do Holoceno, embora o mais antiga datação obtida com  $^{14}\text{C}$  na base destes depósitos seja de  $4910 \pm 100$  BP (Stevaux & Souza, 2004).

A planície aluvial exibe uma geometria assimétrica, desenvolvendo planície de inundação somente no lado direito do canal fluvial, como uma faixa com cerca de 6 km de largura e de cerca de 3 a 5 m de altura acima do nível médio do rio. Esta planície é drenada

por um sistema anastomosado de canais, formados pelos rios Baía, Curutuba, Araçatuba (que correm sobre antigos canais do rio Paraná) e pelo curso inferior rio Ivinhema. Ao longo da margem esquerda afloram os arenitos cretáceos, formando resistentes paredões com altura média em torno de 6m acima do nível médio do rio. Estes paredões, formados pela erosão fluvial, impedem o desenvolvimento de planície de inundação no lado esquerdo do canal fluvial (Santos, 2010).

O canal atual apresenta uma largura média de 3km no qual ocorrem inúmeras ilhas e barras arenosas em seu interior, que dão ao sistema fluvial uma geometria multicanal. O rio Paraná no seu curso superior retrabalha seus depósitos prévios, formando um sistema fluvial com carga de fundo predominantemente arenosa. As grandes ilhas atingem até dezenas de quilômetros de comprimento e apresentam morfologia, idade, associações de fácies sedimentares e altura em relação ao nível médio do rio, idênticas às da planície (Santos, 2010).

O clima da região é subtropical úmido mesotérmico. A temperatura média anual é de 22 °C e a precipitação média anual de 1200 mm (Fernández *et al*, 1990).

Estudos elaborado por Fernandez (1990), Santos *et al.* (1992), Stevaux (1994), Stevaux *et al.* (2009) discutem detalhadamente a evolução das ilhas do rio Paraná. As ilhas são formadas por processos de coalescência de barras às ilhas (Fernandez, 1990), que se inicia com a formação de uma barra lateral, ao lado da ilha, separada desta por um estreito canal. Essas barras se desenvolvem geralmente depois de cheias maiores, onde grande parte do material de fundo é remobilizado. À medida que a barra começa a ser vegetada, geralmente por gramíneas, há um aumento no potencial de preservação do depósito e esta se estabiliza, formando um canal definido entre a barra e a ilha pré-existente. Como o fluxo de água que percorre o canal tem baixa competência, grande parte da carga de fundo fica acumulada na sua abertura montante e, gradativamente, vai se depositando até fechar totalmente a passagem de água do rio. Nesse momento o canal se transforma num "ressaco", nome regional dado a esse tipo de forma, e adquire características semi-lóticas a lânticas. Há então uma contínua sucessão vegetal associada a uma agradação de sedimentos finos, por decantação no fundo do ressaco e silte-arenosos de dique marginal, sobre a superfície da barra. A vegetação passa de herbácea para arbustiva e finalmente para arbórea, à medida que a superfície da antiga barra se eleva do nível médio do rio. O processo se repete e novas áreas são anexadas às ilhas que passa a crescer lateralmente.

Esse processo dá origem a uma topografia bastante peculiar para as ilhas, em que depressões acanaladas orientadas paralelamente ao alongamento das ilhas, correspondentes a

antigos canais e ressacos, intercalam-se a elevações alongadas que correspondem a antigas barras. As depressões alongadas do antigo canal podem conter água e formar pequenos lagos intermitentes, ou permanecerem totalmente secos encharcando-se apenas pela precipitação local. Nas maiores depressões pode haver comunicação com as águas do canal do rio durante o período de cheia, e, no caso de cheias extremas, essas formas se comportarem com um canal ativo. Nesse momento é possível a formação de deposição de areia nesse ambiente (Corradini *et al.*, 2008, Guerreiro *et al.*, 2013).

Para identificar as diferentes unidades morfoestratigráficas descritas, foram usadas as fácies e suas inter-relações laterais e verticais, como sugeridos por Brierley (1991a, 1991b), e modificadas por Santos & Stevaux (2000) para a realidade do sistema deposicional analisado (Tabela 1).

Tabela 1. Elementos Morfoestratigráficos e Fácies

PALEOAMBIENTE / FACIES		INTERPRETAÇÃO
TRANSIÇÃO PÂNTANO – TERRA Fe, Fm		Fm facies: Composta por corpos lenticulares (0,4 m de espessura) de argila maciça orgânica. É formada pela deposição de carga suspensa em canais isolados ou pequenos poços nas barras.
PÂNTANO Fm, Fl		Fl facies: Composta por camadas de 0,4 m de areia fina interlaminada com argila, com alto teor de matéria orgânica. Estruturas sedimentares principais são cama ondulado e micro ripple laminação cruzada. Processos de deposição deste depósito envolvem processos de ondulação ripple com baixa resistência do fluxo, juntamente com abundantes sedimentos suspensos.
LAGOA Sp, Fl, Fm		Sp facies: Compreende conjuntos de areia fina a média, com bem desenvolvido estratificação cruzada. Na base da barra de estes conjuntos são cerca de 1m de espessura, diluição para cima a 1 ou 2 cm.
RESSACO Fl, Sh		Sh facies: Forma finas camadas de areia laminada. Seu contato inferior com fácies Sp é comumente erosivo. Esta fácies é depositada em regime de fluxo superior, dependendo do nível da água, velocidade de fluxo e tamanho do grão.
CANAL / BARRA Sr, Sm, Fl		Sm facies: Ocorre em camadas de areia fina a media maciça depositado em diques naturais laterais. Em muitos casos é gerada por bioturbação.  Sr facies: Consiste em camadas de até 0,4 m de espessura de arei fina a muito fina com matéria orgânica e filmes de lama. Ocorre isolada e associada a outras fácies ou em seções espessas separadas por superfícies de reativação ângulo baixas. Ondulação cruzada laminar. Esta fácies é gerada em diques frontais e laterais durante o período de inundação terminal.

### 2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Com sonda vibratória, foram retirados testemunhos nas ilhas Mutum, Floresta e Bandeirantes que se distribuem por 70 km ao longo do canal do rio Paraná, de montante para jusante respectivamente (Fig.1). Para reconhecimento do material, os testemunhos foram cortados longitudinalmente e divididos em duas partes, fotografados, descritos. A seguir

foram definidas as fácies sedimentares e interpretados os ambientes deposicionais. Uma das partes do testemunho foi fatiada em intervalos de 10 cm, tomando-se sub-amostras dos 5 cm superiores. O material foi lavado em uma série de peneiras de diferente tamanho de malha (0,59 mm, 0,210 mm, 0,177 mm), para separação do material orgânico. Com um microscópio estereoscópico as sementes presentes em cada sub-amostra foram contadas, identificadas e conservadas em álcool 70 %. Para a identificação das sementes foram utilizadas as obras de Cook (1974, 1990) e Kissmann e Groth (1997, 1999, 2000), bem como, revisão do material depositado no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM). Da segunda metade de cada um dos testemunhos se retiraram amostras das fácies, com o fim de datar com o isótopo  $^{14}\text{C}$  no laboratório BETA ANALYTIC, na Florida e da Universidade da Georgia, Estados Unidos. Com ajuda do software PCORD, foi utilizada a técnica de ordenação multivariada, Análise de Correspondência Destendenciada (DCA, Detrendend Correspondence Analysis) (Causton, 1988), foi empregada com o fim de descrever o nível de associação entre os paleoambientes da ilhas de acordo com a composição da vegetação.

#### 2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise integrada das associações faciológicas e do conteúdo de sementes encontrados nos sedimentos dos testemunhos foram identificados os seguintes paleoambientes:

##### *Ilha Mutum.*

A ilha Mutum tem 15 km de comprimento e largura variando entre 500 a 1000 m, dividindo o fluxo do rio Paraná em dois canais (Fig. 2). Encontra-se recoberta por sedimentos predominantemente argilo-siltosos, associados à areia muito fina. A área é formada por floresta primária alterada, mata ciliar e floresta secundária (em vários estágios de sucessão florestal), além de ambientes alterados (Campos & Souza, 1997). A complexidade vegetacional da ilha engloba áreas com predomínio de vegetação característica de sucessão secundária e áreas alteradas, com muitas goiabeiras (*Psidium* sp.), embaúbas (*Cecropia* sp.) e braquiárias (*Brachiaria* sp.), áreas com bambuzais (Bambuseaceae), áreas com predomínio de palmeira tucum (*Bactris* sp), áreas alagáveis, com macrófitas aquáticas e plantas de inundação, como por exemplo o ingá (*Inga* sp.), além de áreas primárias, com dossel de mais de 30 metros de altura.

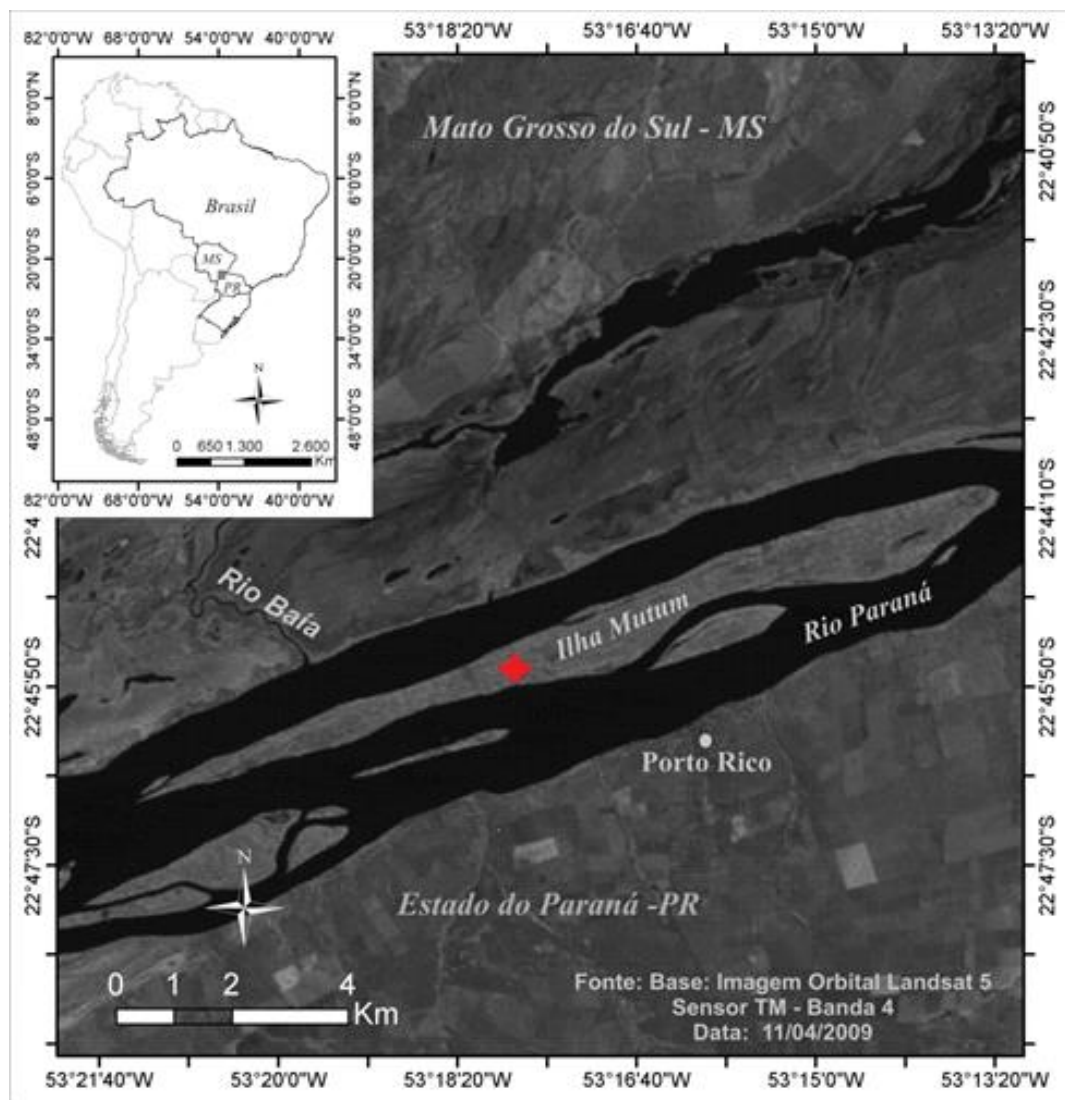


Figura 2. Localização da ilha Mutum no alto do rio Paraná. O ponto em destaque indica a localização onde foi realizada a amostragem do testemunho. (Alves, 2012).

Foram identificadas quatro associações de fácies sedimentares com 2852 sementes pertencentes a 26 famílias e 34 gêneros (Fig.3).

i. 215 cm a 190 cm – ambiente de canal (Sr, Sm), areia amarela acastanhada, apresentando afinamento para o topo (“fining upward”) de muito grossa, com raros grânulos argilosos e pouca argila na base, passando a grossa e média no topo, apresentando micro estratificação cruzada (Fácies Sr) e maciça (Fácies Sm). Esta faciologia foi interpretada por Stevaux *et al.* (2009) como sendo de canal. Neste intervalo se encontraram 180 sementes distribuídas em 14 famílias, predominando Polygonaceae com 71 indivíduos;

ii. 190 a 163 cm – ambiente de ressaco (Fl), constituído de lamito cinza médio a cinza acastanhado, laminado (Fácies Fl) intercalado de areia muito fina e restos de folhas e caules. Foram identificadas 15 famílias, sendo a mais abundante a *Cyperaceae* com 242 indivíduos, seguida pela *Characeae* com 45;

iii. 163 a 96 cm – ambiente de lago (Fl), apresenta no trecho basal fácies de lama orgânica com laminações de 2 a 5 mm (Fácies Fl) cinza escuro a preto rico em matéria orgânica, com fragmentos de folhas e troncos, apresentou 17 famílias e 21 gêneros, teve como família mais representativa a *Cecropiaceae* com 245 indivíduos, seguida pela *Acanthaceae* e *Lentibulariaceae* com 160, respectivamente;

iv. 96 até a superfície – ambiente atual de pântano (Fm), lama argilosa, cinza media maciça, intensamente bioturbada (Fácies Fm), com grande quantidade de restos vegetais predominando galhos e troncos (2 a 3 cm de diâmetro em posição de vida), e precipitação irregular de dióxido de ferro pela variação do freático. Esta fácies foi interpretada por Stevaux *et al.* (2009) como depositada em ambiente de pântano.

Os depósitos de pântano apresentaram maior número de famílias (20) sendo a mais representativa a família *Cyperaceae* com 539 indivíduos, seguida pela família *Onagraceae* com 341.

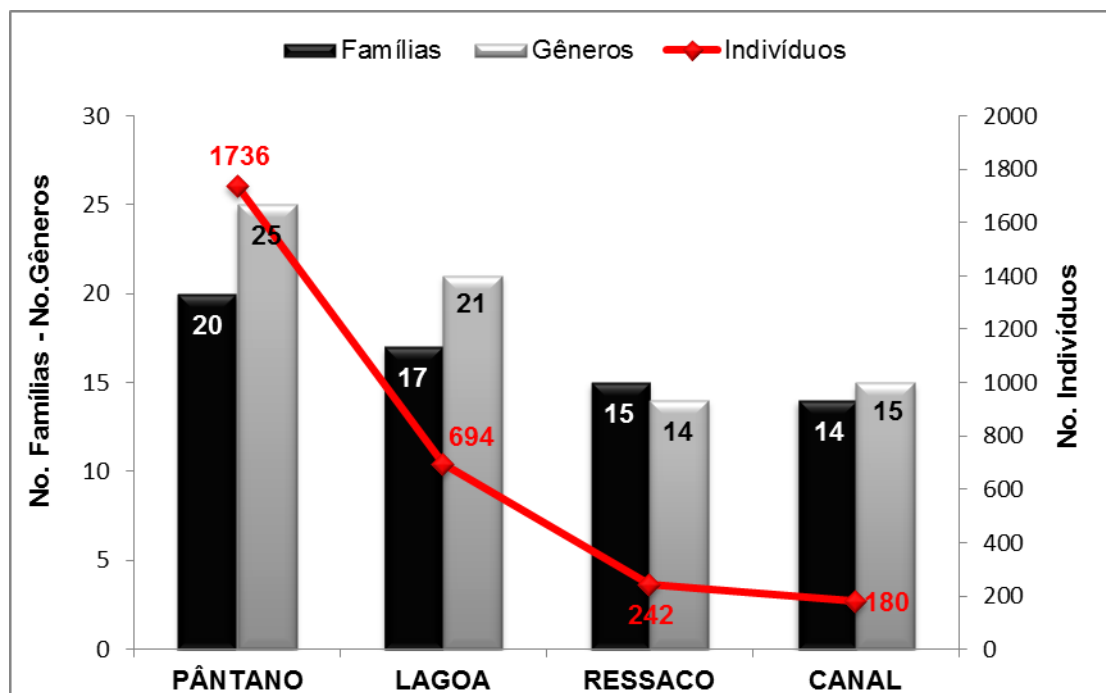


Figura 3. Composição da vegetação nos paleoambientes da ilha Mutum.

Os principais resultados da seção colunar do testemunho da ilha Mutum se encontram na figura 4.

A análise de ordenação dos dados das sementes contidas nos paleoambientes da ilha Mutum pela análise de correspondência destendenciada – DCA (Fig. 5) evidencia a formação

de três grupos. Em relação ao eixo 2, na parte superior, com valores mais altos, foram agrupadas as famílias pertencentes ao paleoambiente ressaco, com a predominância da semente 8 (Sem.8) e das Solanaceae. O eixo 1 separou em dois grupos principais os paleoambientes. No lado direito do diagrama, com maiores valores do eixo 1, estão alocadas as famílias correspondentes ao paleoambiente de lagoa e canal, representado principalmente pela família Fabaceae.

No lado esquerdo do diagrama, com menores valores no eixo 1, foram agrupadas as famílias representantes do paleoambiente pântano, no qual predomina principalmente as Euphorbiaceae, Salviniaceae e a Sem.7.

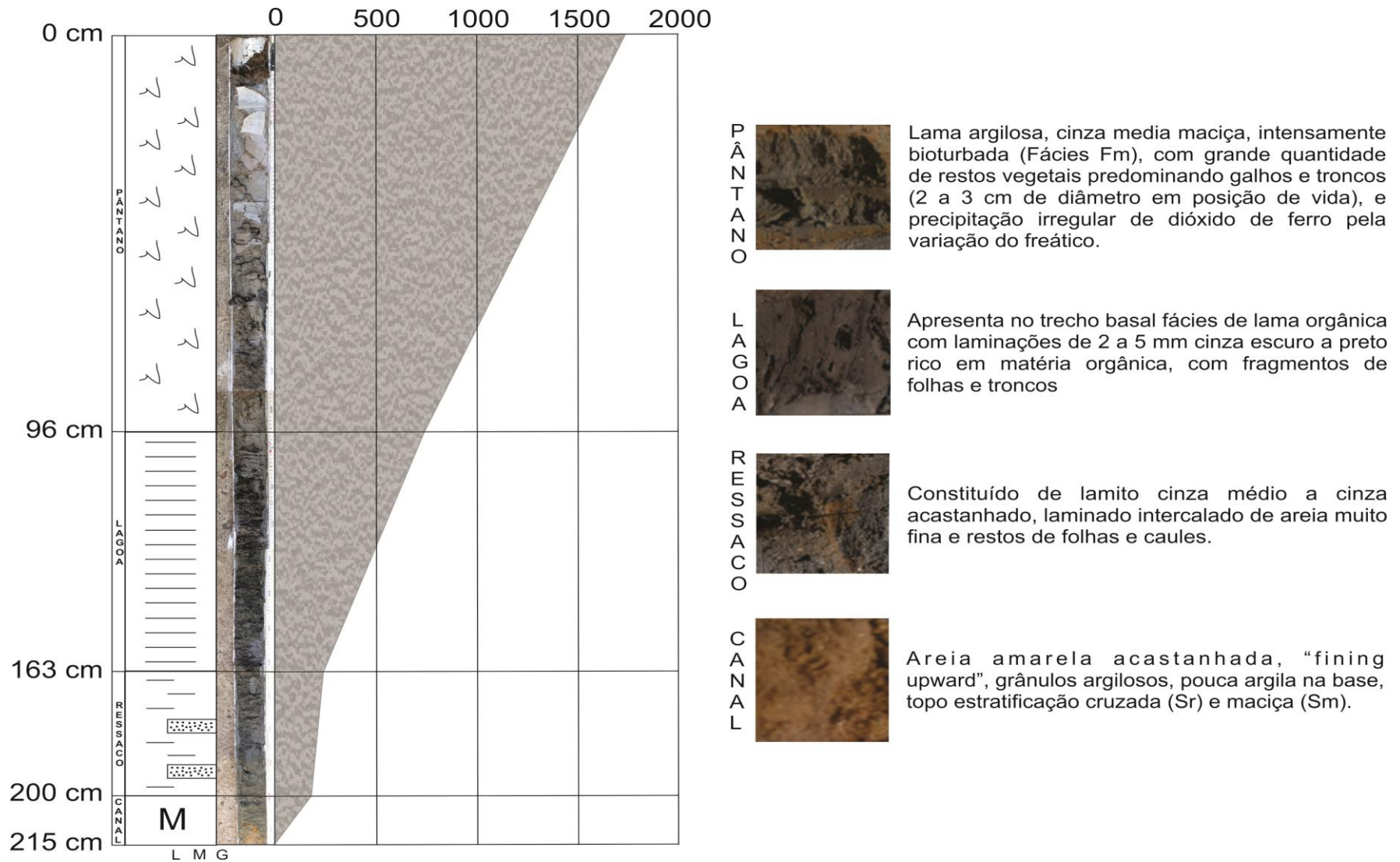


Figura 4. Seção colunar do testemunho e resultados sedimentares das análises de sementes da ilha Mutum.

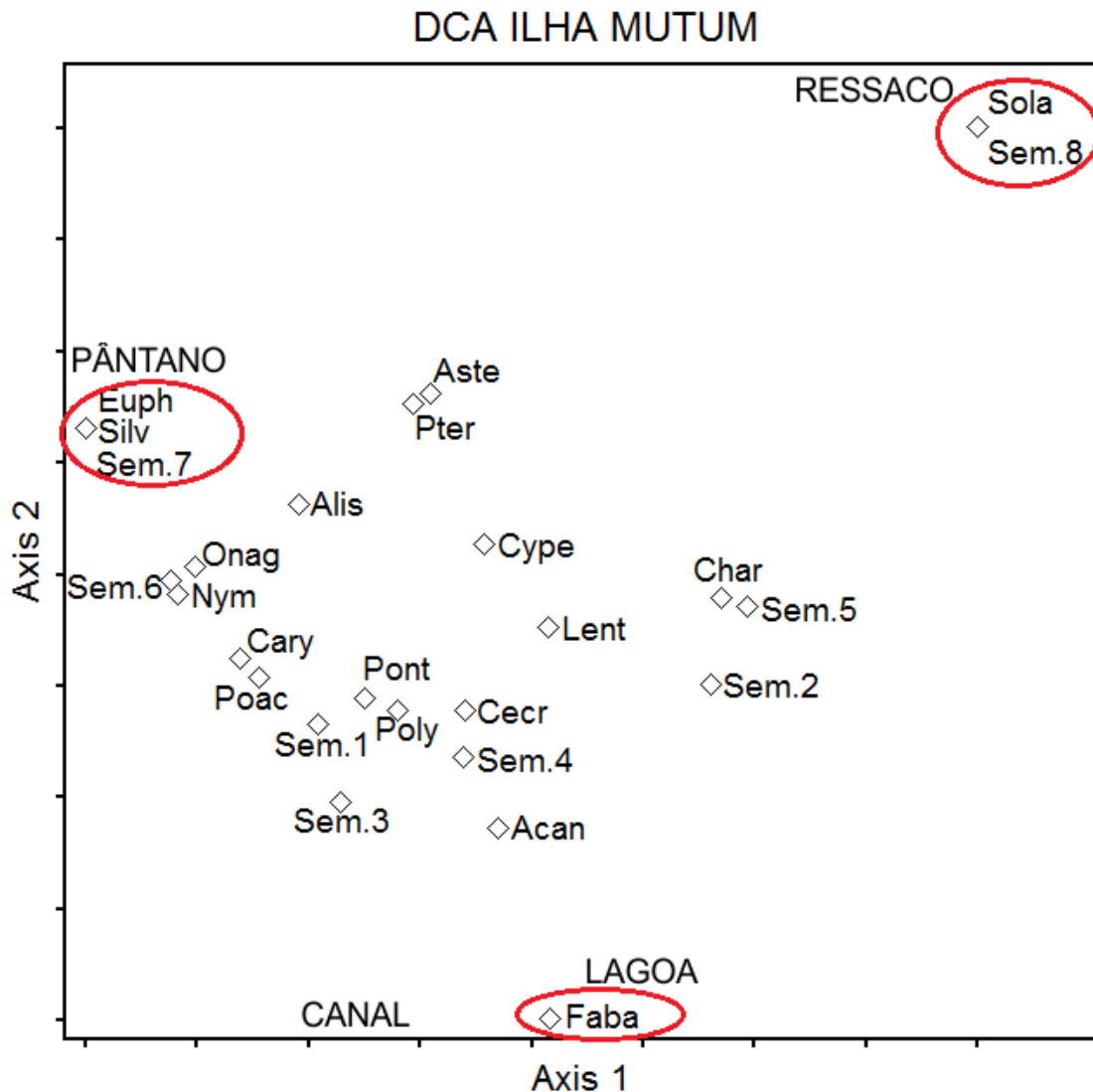


Figura 5. Ordenação da DCA aplicada as sementes encontradas nos paleoambientes da ilha Mutum. Acan=Acanthaceae, Alis=Alismataceae, Aste=Asteraceae, Cary=Caryophyllaceae, Cecr=Cecropiaceae, Char=Characeae, Cype=Cyperaceae, Euph= Euphorbiaceae, Faba=Fabaceae, Lent=Lentibulariaceae, Nym=Nymphaeaceae, Onag=Onagraceae, Poac=Poaceae, Poly=Polygonaceae, Pont=Pontederiaceae, Pter= Pteridophyta, Silv= Salviniaceae, Sola=Solanaceae

#### *Ilha Floresta.*

A ilha Floresta tem 30 km de comprimento e largura variando entre 800 a 2000 m.(Fig.6). O local onde foi a amostragem encontrava-se a uma elevação de 223 msnm, apresenta vegetação alta, fechada, com muita matéria orgânica e a superfície do ponto amostrado estava úmida com folhas em decomposição. As coordenadas correspondem a 22° 52'48,4" S / 53° 33'46,4" W.

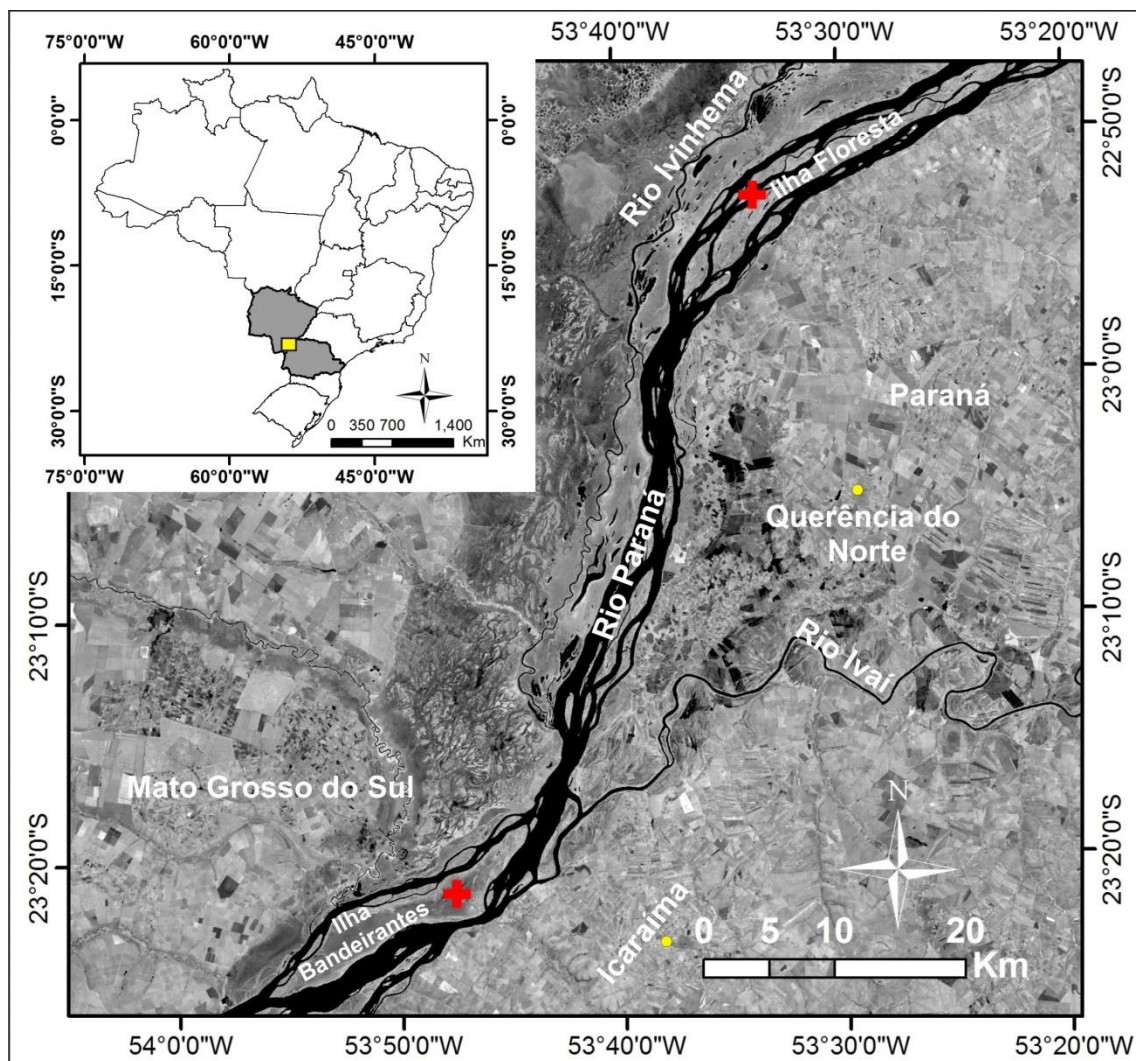


Figura 6. Localização da ilha Floresta e da Ilha Bandeirantes no alto do rio Paraná. O ponto em destaque indica a localização onde foi realizada a amostragem do testemunho. Fonte: imagem na banda 4 do sensor TM-Landsat 5. Data 25/08/2011 (Alves, 2014).

Cinco associações de fácies sedimentares contendo 319 sementes pertencentes a 37 famílias e 40 gêneros foram identificadas na ilha (Fig.7):

i. 300 – 281 cm – barra (F, Fl): laminações paralelas de areia fina e matéria orgânica, paleoambiente com maior número de sementes (143) em 19 famílias, Pteridophytas a mais abundante;

ii. 281 – 252 cm - ressaco (Sh): areia fina e lama plástica, 45 sementes, 12 famílias a mais abundante Cyperaceae;

iii. 252 cm – 116 cm – lagoa (Sp): areia mista com estratificação cruzada, 70 sementes, 17 famílias a mais distintiva Cyperaceae;

iv. 116 cm - 8,0 cm – pântano (Fl): lama plástica oxidada, 38 sementes, 9 famílias predominando Cecropiaceae;

v. 8,0 cm - 0,0 cm - transição pântano – terrestre (Fm): lama plástica com matéria orgânica, 17 sementes, 6 famílias a mais representativa Onagraceae.

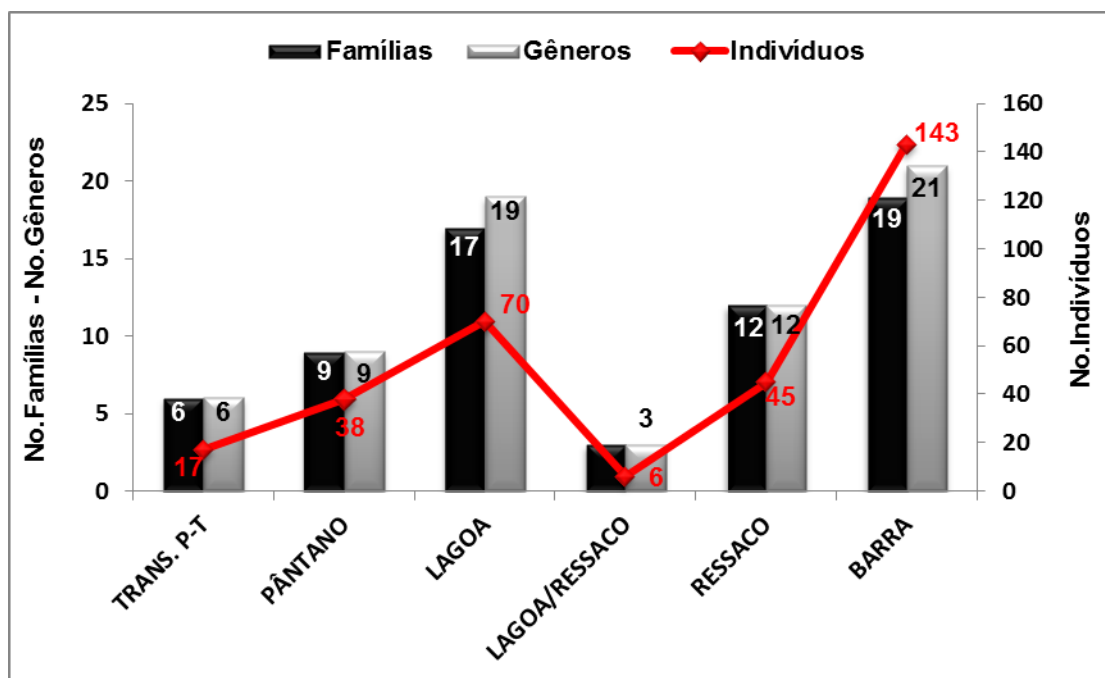


Figura 7. Composição da vegetação nos paleoambientes da ilha Floresta.

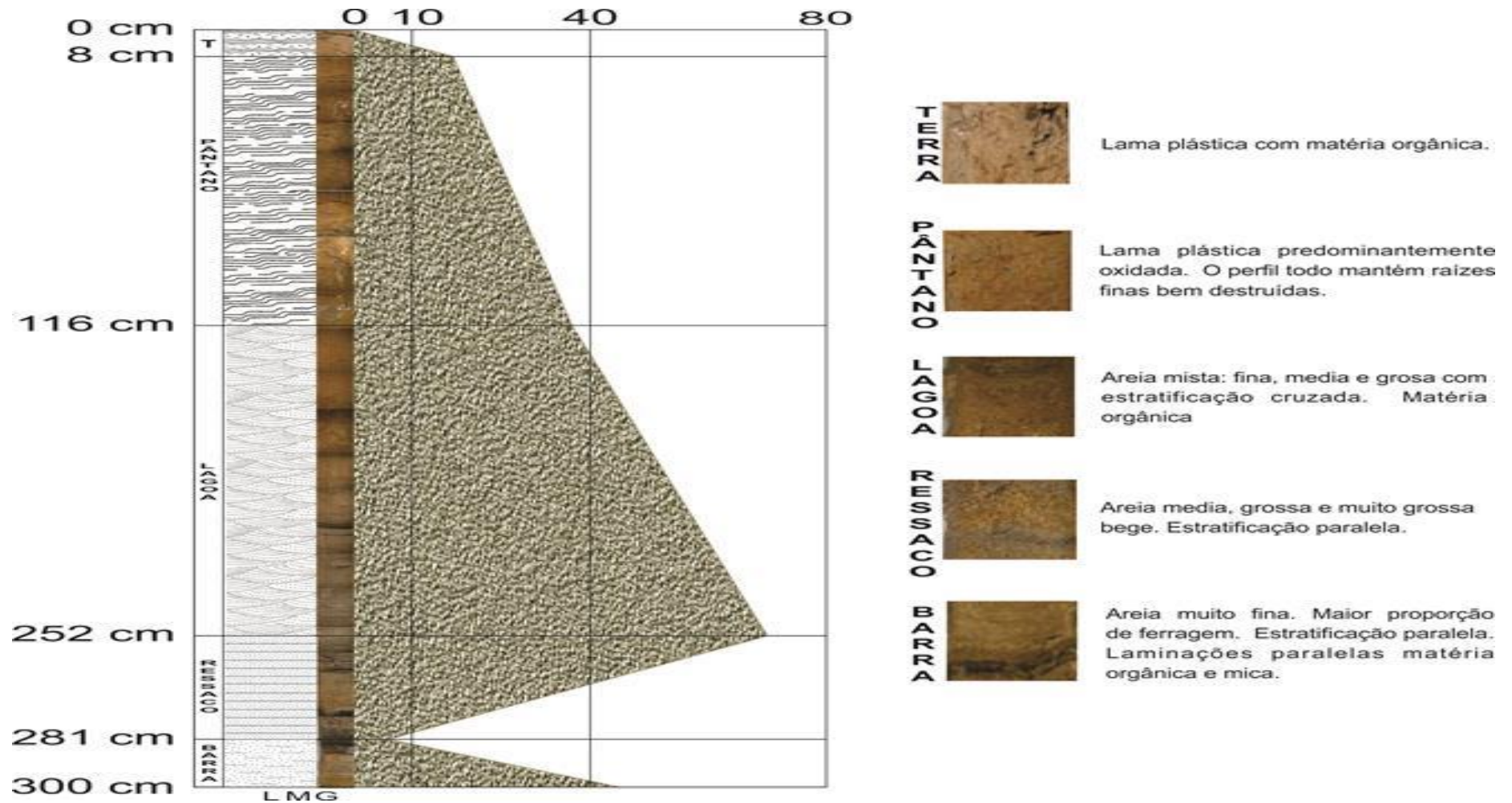


Figura 8. Seção colunar do testemunho e resultados sedimentares das análises de sementes da ilha Floresta.

Através da análise de correspondência destendenciada – DCA se observa que os ambientes apresentam especificidade na composição de espécies (Fig. 9). Uma vez que, formaram grupos distantes no plano da ordenação. Apesar disso, quando se avaliam as distribuídas nos ambientes percebe-se quais foram as espécies que contribuíram para a distribuição dos locais. As Asteraceae e Alismataceae estiveram mais agrupadas e relacionadas com o paleoambiente de pântano; em quanto as Pteridophytas, Haloragaceae e Sementes 33, 36 e 38, se associam no paleoambiente de ressaco.

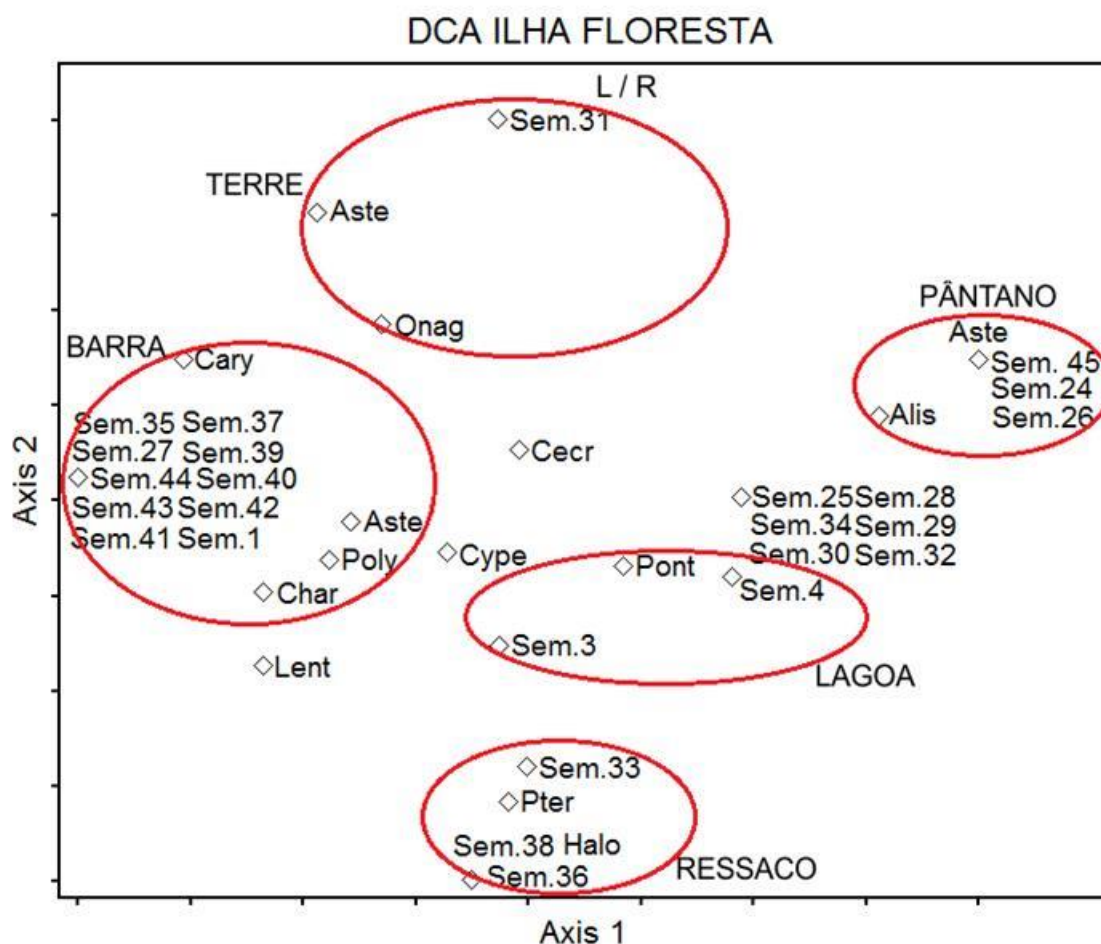


Figura 9. Ordenação da DCA aplicada as sementes encontradas nos paleoambientes da ilha Floresta. Alis=Alismataceae, Aste=Asteraceae, Cary=Caryophyllaceae, Cecr=Cecropiaceae, Char=Characeae, Cype=Cyperaceae, Halo=Haloragaceae, Lent=Lentibulariaceae, Onag=Onagraceae, Poly=Polygonaceae, Pont=Pontederiaceae, Pter=Pteridophyta.

Em relação ao eixo 2, na parte superior, foram agrupadas as famílias pertencentes ao ambiente lago/ressaco e a seguir ambiente terrestre, com a predominância da

Sem.31., Asteraceae, Onagraceae. No lado esquerdo do diagrama, com menores valores no eixo 1, foram agrupadas as famílias representantes do paleoambiente barra, no qual predominam as sementes 1, 27,35, 37, 39-44, Polygonaceae, Caryophyllaceae e Characeae.

*Ilha dos Bandeirantes.*

A ilha dos Bandeirantes tem 23 km de comprimento e largura variando entre 1000 a 4000 m. (Fig.6)

Apresentou sequência deposicional diferente, com intervalos bem marcados de areia (aparentemente de canal), horizontes mais finos de lama, e horizontes muito expressivos de material orgânico, variando entre decomposto a bem preservado. A coluna sedimentar indica que esta ilha tem deposição característica de planície de inundação. A areia na parte mais baixa indica que a planície estava a certa distância do canal, porque os sedimentos mais grosseiros ficam mais próximos do canal, e neste ponto, chegava areia fina. A parte de cima provavelmente estava mais distante, já que o sedimento fino com vegetação é indício de pântanos e secas (Fig. 10).

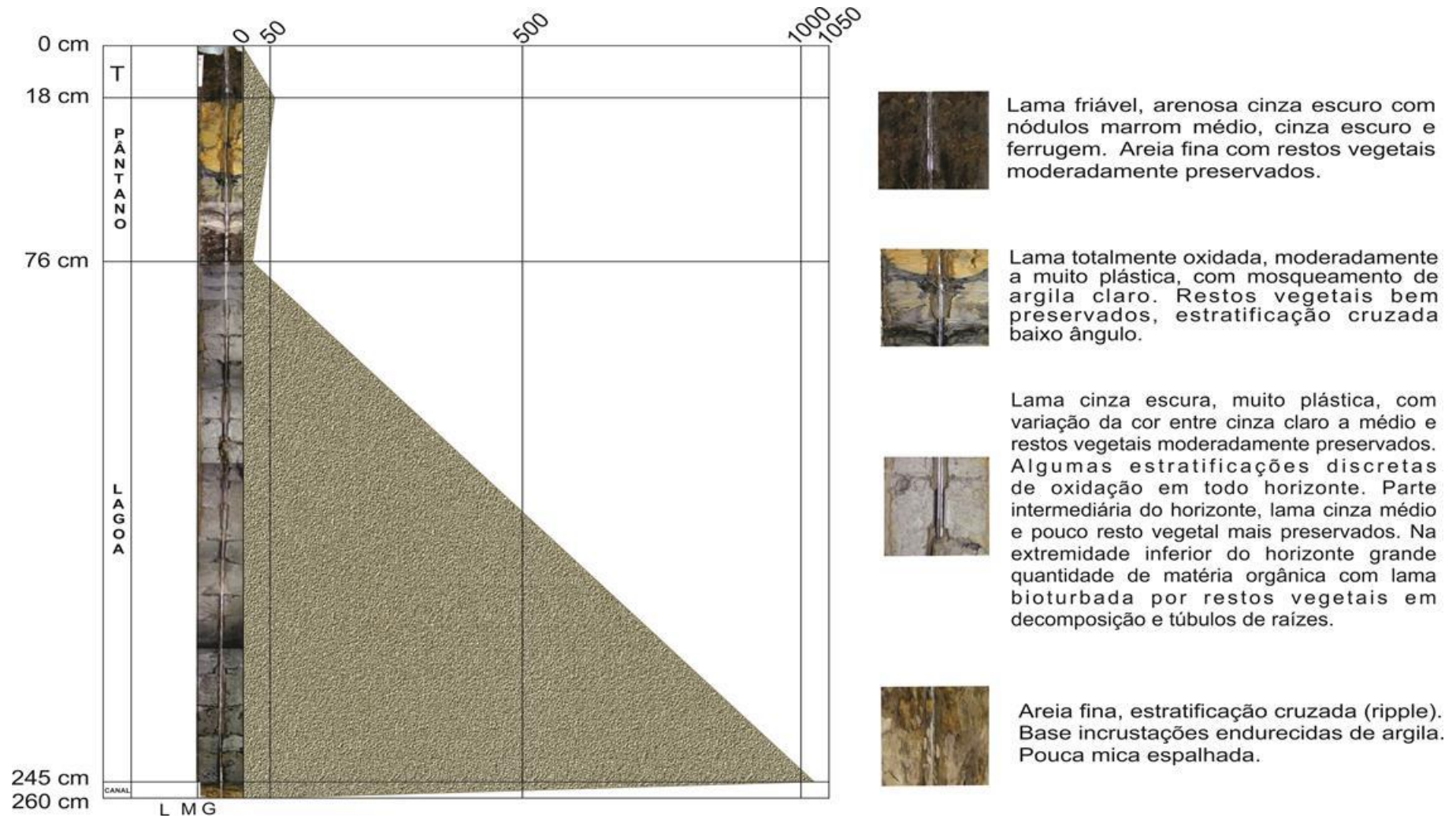


Figura 10. Seção colunar do testemunho e resultados sedimentares das análises de sementes da ilha dos Bandeirantes.

Foram identificados quatro associações de fácies sedimentares, 1204 sementes, 43 famílias e 43 gêneros (Fig.11).

**i.** 260 a 245 cm - abandono do canal (Sr): areia fina, estratificação cruzada, 51 sementes, 6 famílias destacando-se a Cyperaceae;

**ii.** 245 a 76 cm - lagoa (Fm): lama muito plástica, grande quantidade de matéria orgânica com lama bioturbada por restos vegetais em decomposição. 1025 sementes, 19 famílias a mais abundante Characeae; **iii.** 76 cm - 18 cm - pântano (Fm, VFm): lama com inclusões ferrosas, medianamente plástica, restos vegetais bem preservados, estratificação cruzada. 70 sementes, 13 famílias a mais distintiva ainda não identificada;

**iv.** 18 a 0,0 cm – transição pântano - terrestreização (Fm): lama arenosa e maciça e restos vegetais, 58 sementes, 5 famílias predominando Cyperaceae.

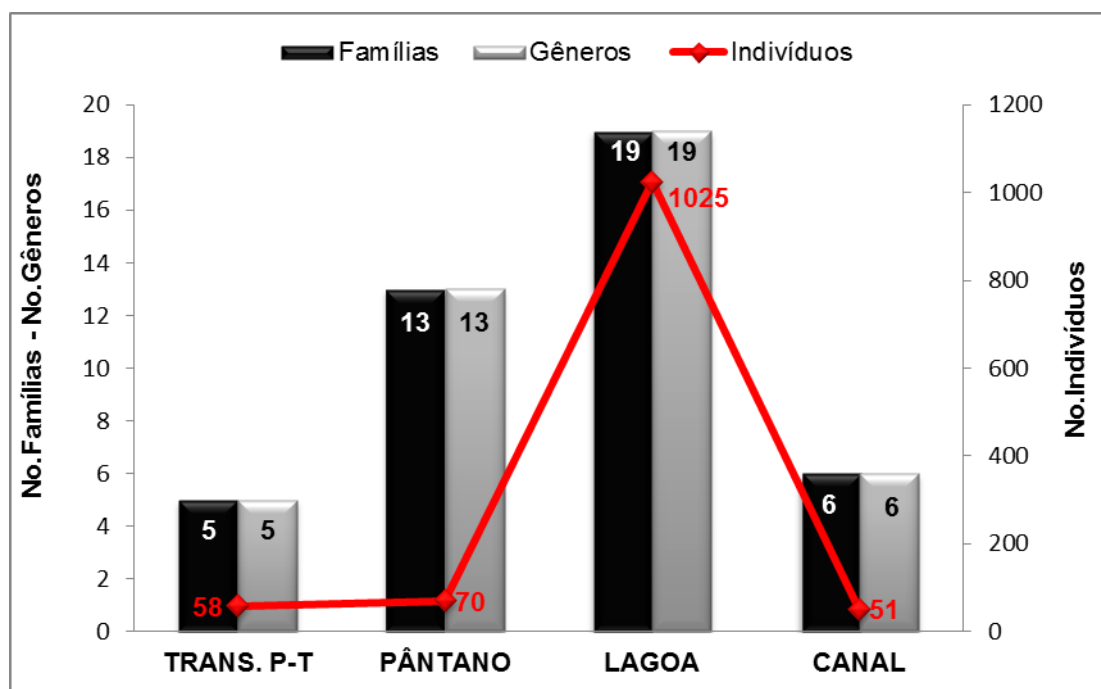


Figura 11. Composição da vegetação nos paleoambientes da ilha dos Bandeirantes.

Através da análise de correspondência destendenciada – DCA se observa que os ambientes apresentam especificidade na composição de espécies (Fig. 12). No plano da ordenação, pode-se perceber quais foram as espécies que contribuíram para a distribuição dos locais. As espécies das famílias Asteraceae, Alismataceae, Lentilabulariaceae, Caryophyllaceae, Characeae, Fabaceae foram agrupadas e relacionadas com o paleoambiente de lagoa; em quanto as sementes 12, 22 e 23, se

associam no paleoambiente de canal. No paleoambiente de pântano foram agrupadas as famílias pertencentes a semente 3, e sementes de 9-15.

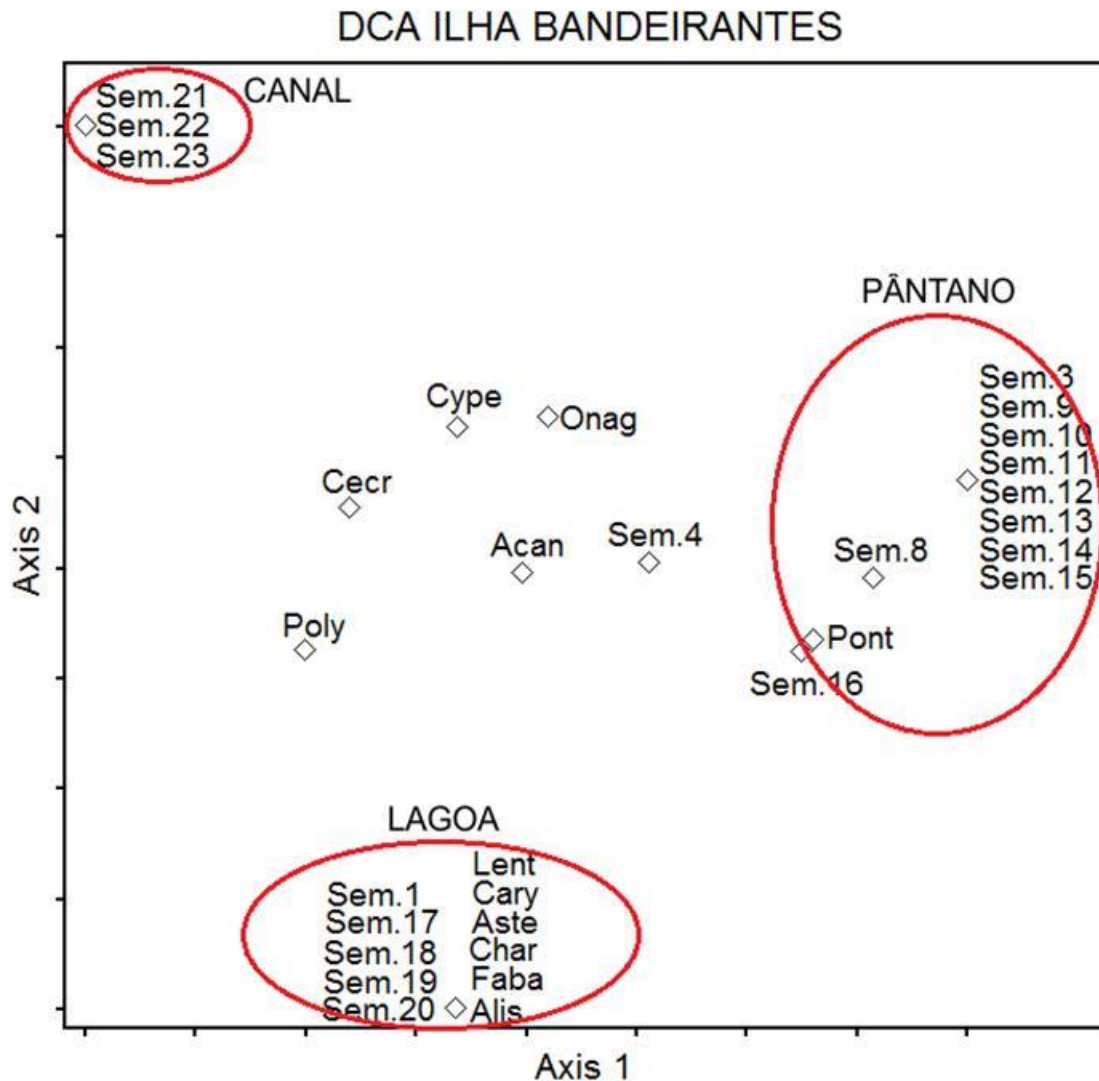


Figura 12. Ordenação da DCA aplicada as sementes encontradas nos paleoambientes da ilha dos Bandeirantes. Acan=Acanthaceae, Alis=Alismataceae, Aste=Asteraceae, Cary=Caryophyllaceae, Cecr=Cecropiaceae, Char=Characeae, Cypc=Cyperaceae, Faba=Fabaceae, Lent=Lentibulariaceae, Onag=Onagraceae, Poly=Polygonaceae, Pont=Pontederiaceae

## 2.5 CONCLUSÕES

As mudanças de vegetação ocorrem em curtos períodos de tempo, sendo em décadas ou alguns anos, resultando que a paisagem nunca atinge o seu estágio de "clímax" (Franceschi & Lewis, 1979) e a sucessão que ocorre nas formas do relevo e na

vegetação que as cobre, não pode ser interpretado em um sentido definido como a concepção de Clements (Neiff, 2003).

O processo de formação das ilhas é evidenciado nos diferentes ambientes que apresentam características sedimentológicas próprias (associações de fácies) que condicionam a composição da vegetação.

Em ecossistemas como as ilhas, que se encontram influenciados pelas condições de cheias e secas, ocorre seleção da vegetação, permitindo apenas a permanência das melhores bioformas adaptadas. Nas cheias extraordinárias, parte das ilhas do Alto Paraná fica submersa, e quando o solo fica descoberto de água, os bancos são colonizados por plantas pioneiras, cujo efeito protetor é eficaz para a permanência do depósito e evolução da paisagem do canal.

A presença de algumas famílias pode ser indicadora destas alterações, mas as mudanças na vegetação podem ser interpretadas como resposta aos processos atuantes no ambiente deposicional, resultado do complexo sistema evolutivo da ilha revelando a heterogeneidade nos diferentes paleoambientes.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem às seguintes instituições e pessoas: Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (NUPÉLIA), Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro para a execução desse projeto, Fernando Ferreira pela sua dedicação no começo do projeto e acompanhamento no processo, além de sua imensa dedicação ensinando a identificar as sementes, Fabio Nascimento e Sandra Bos Mikich (Embrapa) pela sua colaboração na identificação das sementes, e a todas e cada uma das pessoas que fizeram parte do processo.

### **REFERÊNCIAS**

Agostinho, A. A., Pelicice, F. M., & Gomes, L. C. (2008). Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4), 1119-1132.

Agostinho, A.A, Thomas S.M & L.C. Gomes. (2004). "Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams". *Rev. Ecohydrology & Hydrobiology*. Vol. 4 No 3, 255-256.

Bradley, R.S. (1999). *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*. Academic Press, San Diego, 610pp.

Brierley, G.J. (1991a). Floodplain sedimentology of Squamish River, British Columbia: relevance of element analysis. *Sedimentology*, 38: 735-750.

Brierley, G.J. (1991b). Bar sedimentology of the Squamish River. British Columbia: definition and application of morphostratigraphic units. *Jour. of Sed. Petrology*, 61(2): 211-225.

Campos, J.B.; Souza, M.C. *Vegetação*. In: Vazzoler, A.E.A.M.; Agostinho, A.A.; Hahn, N.S. (Eds). (1997). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá, EDUEM: Nupélia, p.371-394.

Causton, D.R. (1988). *An introduction to vegetation analysis, principles and interpretation*. London: Unwin Hyman, 342 p.

Cook, C.D.K. (1990). Origin, autecology, and spread of some of the world's most troublesome aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Ed.). *Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. Oxford: Oxford University Press. Cap. 3, p. 31-38.

Cook, C.D.K.; Gut, B.J.; Rix, E.M.; Schneller, J. & M. Seitz. (1974). *Water plants of the world*. The Hague, The Netherlands: Dr. Junk B.V. Publishers. 561p.

Corradini, F.A., Stevaux, J.C., & Fachini, M.P. (2008). Geomorfologia e distribuição da vegetação ripária na ilha mutum, rio Paraná-PR/MS. *Geociências (São Paulo)*, 27(3), 345-354.

Fernandez, O.V.Q. (1990). *Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico, PR*. Dissertação de Mestrado, Inst. Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro. Inédito. 96p.

Fernandez, O.V.Q., Santos, M.L. dos & Stevaux, J.C. (1990). Evolução de conjunto de ilhas no Rio Paraná região de Porto Rico, PR. In: *Congresso Brasileiro de Geologia 36, Natal, Bol. De Resumos do... Natal*, p. 82.

Ferreira, F.A.; Mormul, R.P.; Thomaz, S.M.; Pott, A. & V.J Pott. (2011). "Macrophytes in the upper Paraná river floodplain: checklist and comparison with other large South American wetlands". *Rev. Biol. Trop.* 2, 541-556.

Franceschi, E.A. & Lewis, J.P. (1979). "Notas sobre la vegetación del valle santafesino del río Paraná (R.A.)". *Ecosur. Buenos Aires*, 6,55-82. In: Casco, S.L Bastera de Chiozzi, N.I. & Neiff, J.J. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 6, Nº 1 (2005) 123-136

Guerreiro, R. L.; J. C. Stevaux, M. Parolin & M. L. Assine. (2013). Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of upper

Paraná river, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 16(1): 39-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.4072/rbp.2013.1.03>.

Junk, W.J., J.J. Ohly, M.T.F. Piedade & M.G.M. Soares. (2000). *The Central Amazon floodplain: Actual use and options for sustainable management*. Backhuys, Leiden, The Netherlands. 584pp.

Kissmann, K.G. & Groth, D. (2000). *Plantas Infestantes e Nocivas*. Tomo III – 2a Edição. São Paulo: BASF. 726p.

Kissmann, K.G. & Groth, D. (1999). *Plantas Infestantes e Nocivas*. Tomo II – 2a Edição. São Paulo: BASF. 978p.

Kissmann, K.G. & Groth, D. (1997). *Plantas Infestantes e Nocivas*. Tomo I – 2a Edição. São Paulo: BASF. 825p.

Neiff, J.J. (2003). Planícies de inundação são ecótonos? In: Henry, R.(ed.). *Ecotonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*, Cap. 2. San Carlos, Brasil. 32-47.

Rocha, P. C.; Souza Filho, E. E. & O. V. Q. Fernandez. (1998). “Aspectos do controle de descargas efetuado por barramentos no Alto Rio Paraná”. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 46, p. 117-122.

Santos, M. L. (2010). Unidades geomorfológicas e depósitos sedimentares associados no sistema fuvial do Rio Paraná no seu curso superior. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 6(1).

Santos, M.L., Fernandez, O.V.Q., Stevaux, J.C., 1992. Aspectos morfogenéticos de barras de canal do rio Paraná. *Boletim de Geografia da Universidade Estadual de Maringá* 10 (1), 11-24.

Santos, M.L. & Stevaux, J.C. (2000). Facies and architectural analysis of channel sandy macroforms in the upper Parana river. *Quaternary International*, 72, pp87-94.

Souza-Filho, E.E. & Stevaux, J.C. (1997). Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: A. E. A. M. Vazzoler, A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.), *A planície de inundação do alto rio Paraná: Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá, EDUEM. p.3-46.

Stevaux, J.C. (1994). The upper Paraná river (Brazil): geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. *Quaternary International*, 21, 143-161.

Stevaux, J. C., Martins, D. P., & Meurer, M. (2009). Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. *Geomorphology*, 113(3), 230-238.

Stevaux, J.C. & Santos. M.L. (1998). Palaeohydrological changes in the upper Parana river, Brazil, during the late Quaternary: A facies approach. In: BENITO, G.,

BAKER, V.R. and GREGORY, K.J. (eds.). *Palaeohydrology and environmental changes.*, John Wiley and Sons Ltd., London, 273-285.

Stevaux, J. C., & Souza, I. A. (2004). Floodplain construction in an anastomosed river. *Quaternary International*, 114(1), 55-65.

Wasylikowa, K. (1986). Plant macrofossils preserved in prehistoric settlements compared with anthropogenic indicators in pollen diagrams. In: K-E. Behre (ed.), *Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams*: 173-185. Balkema: Rotterdam.

### **3 SEMENTES SEMI-FÓSSEIS E $^{210}\text{Pb}$ NA DETERMINAÇÃO DAS ALTERAÇÕES NA CONECTIVIDADE CANAL-LAGOA NOS ÚLTIMOS 50 ANOS: ALTO RIO PARANÁ, BRASIL**

#### **RESUMO**

A planície aluvial do Alto Rio Paraná estudada é o último trecho do rio Paraná, em território brasileiro, onde ainda existe um ecossistema com interação rio-planície de inundação, sendo o pulso de inundação considerado o principal fator que regula a estrutura das comunidades e o funcionamento deste ecossistema. Embora alterado pela operação dos reservatórios de usinas hidrelétricas a montante, os ciclos hidrossedimentológicos ainda respeitam certa sazonalidade. O projeto avaliou se existe conexão entre a mudança da vegetação nos últimos 50 anos com as alterações naturais (fenômeno Niño e Niña), e com as alterações antrópicas (barragens), utilizando sementes semi-fósseis como paleobiondicadores. A análise do ciclo hidrológico nos últimos 50 anos para o subsistema Paraná e Baía e o subsistema Ivinhema, permitiu evidenciar que além dos processos naturais os processos antrópicos estão influenciando a composição vegetação.

**Palavras-chave:** Paleo-sementes, rio Paraná,  $^{210}\text{Pb}$ , geomorfologia, barragem

## **SEEDS SEMI-FOSSIL AND $^{210}\text{Pb}$ IN DETERMINING THE CHANGES IN CONNECTIVITY-CHANNEL POND IN THE LAST 50 YEARS: THE UPPER PARANÁ RIVER, BRAZIL**

### ***ABSTRACT***

The floodplain of the Upper Paraná River is studied in the last stretch of the Paraná River in Brazil, where still there is an ecosystem with river-floodplain interaction, the flood pulse is considered the main factor that regulates the communities structure and the functioning of this ecosystem. Although changed by the operation of the hydroelectric plant reservoirs upstream, the hydro-sedimentological cycles still respect certain seasonality. The project evaluated if there is a connection between the vegetation change in the last 50 years with the natural changes (Niño and Niña phenomenon), and with the anthropogenic alterations (dams), using semi-fossil seeds as paleo-bioindicators. The analysis of the hydrological cycle over the past 50 years for the Paraná and Baía subsystem and Ivinhema subsystem, allowed us to prove that besides of the natural processes, the anthropogenic processes are influencing the composition of vegetation.

***Keywords:*** Paleo-seeds, Paraná River,  $^{210}\text{Pb}$ , geomorphology, dam

### 3.1 INTRODUÇÃO

A planície aluvial do Alto Rio Paraná se localiza no segmento entre o lago do reservatório da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera, a região superior do rio Ivinhema e o início do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu em Guaíra (22°32'S e 22°59'S) e (53°08'W a 53°40'W, 250 m de altitude) (Campos & Costa-Filho 1994). A planície aluvial do Alto Rio Paraná é o último trecho do rio Paraná, em território brasileiro, onde ainda existe um ecossistema com interação rio-planície de inundação (Junk *et al.* 1989, Neiff, 1990), possui considerável variabilidade de habitats, conservando grande diversidade de espécies terrestres e aquáticas, sendo o pulso de inundação considerado o principal fator que regula a estrutura das comunidades e o funcionamento deste ecossistema. Embora alterado pela operação dos reservatórios de usinas hidrelétricas a montante, os ciclos hidrossedimentológicos ainda respeitam certa sazonalidade, contribuindo para a manutenção de várias espécies adaptadas a esse ecossistema (Agostinho & Zaleswiski 1996, Thomaz *et al.* 1997). A sazonalidade dos pulsos de inundação é influenciada principalmente pelo fenômeno climático El Niño, que aumenta a precipitação na bacia de drenagem da planície aluvial do Alto Rio Paraná (Rao & Hada 1990, Grimm *et al.* 1998).

Outro tipo de impacto corresponde às alterações no regime de cheias e de secas. A amplitude (diferença entre o nível mínimo e máximo de água no canal) é de fundamental importância para a estruturação dos ambientes da planície de inundação. Durante as cheias ocorre o aumento da conexão entre os ambientes que já possuem ligação com o rio principal. Já valores extremamente baixos do nível do canal propiciam a emersão de superfícies da planície que raramente adquirem tais condições, mas que dependem da exposição subaérea para seu desenvolvimento ecológico. Além disso, o aporte de material particulado à planície de inundação foi drasticamente reduzido com os barramentos (Stevaux *et al.*, 2009).

Os estudos de mitigação de ambientes fluviais impactados necessitam, na maioria dos casos, o entendimento a evolução dos processos hidrossedimentares decorridos na construção da estrutura ambiental dos rios. A história ambiental dos rios é obtida por meio de imagens satelitares, fotografias aéreas, mapas e documentos antigos, que alcançam no caso do rio Paraná, a década de 1950.

Os depósitos aluviais resultantes das atividades dinâmicas de rios modernos compreendem os sedimentos depositados em leitos fluviais em planícies de inundação e em lagos associados, além dos relacionados a leques aluviais. Os aluviões antigos resultam de processos físicos pretéritos de deposição de sedimentos ao longo de um curso fluvial.

Apesar de existirem no Brasil várias bacias hidrográficas incluídas entre as maiores do mundo em extensão, ainda os estudos sistemáticos sobre os depósitos quaternários dos rios são relativamente escassos. Os estudos mais sistemáticos, embora em trecho reduzido, provavelmente foram executados no rio Paraná, durante as últimas décadas (Thomaz *et al.*, 2004a). As primeiras ideias sobre unidades geomorfológicas e depósitos sedimentares no Alto Paraná foram sumariadas por Suguio *et al.* (1984) e mais tarde por Nogueira Júnior (1988) na proposta pioneira de um modelo de sedimentação. Stevaux (1993) identificou diversas fácies sedimentares, características de diversos subambientes deposicionais, nos depósitos aluviais da Aloformação Paraná, Stevaux *et al.* (2004) pesquisaram o alto vale do rio Paraná.

Entre os trabalhos mais recentes se encontra o desenvolvido por Santos (2005), no qual descreve a associação das diferentes formas de relevo com as respectivas fácies de seus depósitos, na planície aluvial do rio Paraná.

As fácies sedimentares são uma resposta aos processos que atuam no ambiente deposicional que as geraram, nas colunas sedimentares encontra-se o registro, com grande resolução temporal, das variações e das oscilações climáticas, bem como dos impactos das atividades humanas ocorridas no decorrer de períodos históricos, os quais induziram grandes modificações (Poletto, 2008); portanto, a relação dos efeitos antrópicos com a ocorrência natural de deposição desses sedimentos pode ser identificada através da determinação da taxa de acumulação de sedimentos que possui grande importância para o entendimento dos processos geoquímicos ocorridos ao longo dos anos (Robbins & Edgington, 1975; Sabaris, 2010) os quais permitiram prever e no manejo de ambientes atuais, entender as formas de respostas a estas alterações no futuro (Poletto, 2008; Suguio & Bigarella, 1990).

A quantificação de taxas de sedimentação é um aspecto importante nas investigações biogeoquímicas em ambientes marinhos e de água doce, pois, os

sedimentos se comportam como fornecedores e depósitos de componentes químicos e biológicos (Sabaris, 2010).

A técnica de datação com o  $^{210}\text{Pb}$  é utilizada amplamente, e com grande sucesso, para a cronologia de sedimentos com idades de até cerca de 150 anos, e possui grande importância no estabelecimento do histórico ambiental, ganhando maior relevância, ainda, quando aplicada em regiões de intensas atividades antrópicas, uma vez que os sedimentos de estuários e lagos guardam um registro valioso com informações históricas sobre alterações ambientais em razão da atividade industrial (Alexander *et al.*, 1993).

O isótopo  $^{210}\text{Pb}$  é utilizado em estudos sobre dinâmicas de sedimentação, fornecimento de nutrientes e contaminantes em ambientes como lagos (Mortensen *et al.* 2004; Trabelsi *et al.* 2012), mares (Barsanti *et al.*, 2011), estuários (Díaz-Asencio *et al.* 2009), e planícies aluviais (Tamtam *et al.*, 2011; Navratil *et al.*, 2012). Em planícies aluviais a sedimentação regula o acúmulo de nutrientes e contaminantes nos ambientes sazonalmente inundados pelos pulsos de inundação. Isto causa enriquecimento e remobilização de elementos traços para o sistema, em eventos futuros (Walling e Owens 2003).

Na área de estudo o trabalho pioneiro de Remor (2013) versou sobre a taxa de sedimentação e de acumulação de nutrientes e contaminantes em lagoas sazonalmente inundados pelos pulsos de inundação na Planície Aluvial do Alto rio Paraná. Nesse trabalho o autor identificou a presença desses contaminantes com tendências de aumento para os últimos 100 anos. Os dados cronológicos obtidos por Remor (2013) que foram aproveitados para o desenvolvimento deste trabalho.

O objetivo deste estudo foi determinar o conteúdo de sementes semi-fossilizadas contidas no sedimento de duas lagoas da planície de inundação nos últimos 100 anos. Tentou-se dessa forma uma correlação entre famílias, gêneros e número de sementes, com as alterações naturais (El Niño e La Niña) e antrópicas, principalmente o fechamento da barragem de Porto Primavera (fechada em 1998). A regulamentação da usina de Porto Primavera modificou a dinâmica por meio de alterações que incluem o aumento do controle de débito, corte de vazões elevadas, aumento das vazões mínimas, supressão do suprimento de carga de fundo, e acentuada diminuição da carga suspensa (Souza Filho & Stevaux, 2003).

A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná se encontra submetida a distúrbios naturais associados à ocorrência do fenômeno “Niño e Niña”, que provocam inundações de amplitude e duração consideravelmente grandes, com periodicidade de aproximadamente 14 anos, e que reestruturam as comunidades bióticas (Seeliger *et al.*, 2006).

### 3.2 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na planície de inundação do alto rio Paraná no trecho entre os reservatórios de Porto Primavera e Itaipu, com uma extensão de aproximadamente 230 km (Souza Filho & Stevaux, 1997; Agostinho *et al.*, 2008).

A planície aluvial exibe uma geometria assimétrica, desenvolvendo planície de inundação somente no lado direito do canal fluvial, como uma faixa com cerca de 6 km de largura e de cerca de 3 a 5 m de altura acima do nível médio do rio. Esta planície é drenada por um sistema anastomosado de canais, formados pelos rios Baia, Curutuba, Araçatuba (que correm sobre antigos canais do rio Paraná) e pelo curso inferior rio Ivinheima. Ao longo da margem esquerda afloram os arenitos cretáceos, formando resistentes paredões com altura média em torno de 6 m acima do nível médio do rio. Estes paredões, formados pela erosão fluvial, impedem o desenvolvimento de planície de inundação no lado esquerdo do canal fluvial (Santos, 2005).

O canal atual apresenta uma largura média de 3 km no qual ocorrem inúmeras ilhas e barras arenosas em seu interior, que dão ao sistema fluvial um padrão anastomosado. O rio Paraná no seu curso superior retrabalha seus depósitos prévios, formando um sistema fluvial com carga de fundo predominantemente arenosa. As grandes ilhas atingem até dezenas de quilômetros de comprimento e apresentam morfologia, idade, associações de fácies sedimentares e altura em relação ao nível médio do rio, idênticas às da planície (Santos, 2005).

O clima da região é subtropical úmido mesotérmico. A temperatura média anual é de 22 °C e a precipitação média anual de 1200 mm (Fernández *et al.*, 1990).

A vegetação original da região é floresta estacional semidecidual que foi reduzida a pequenos fragmentos localizados em áreas próximas ao rio Paraná e suas ilhas. A paisagem da planície aluvial do Alto Rio Paraná é um mosaico complexo que inclui remanescentes florestais, trechos de vegetação ciliar, florestas de pântano, pomares de

buriti, vegetação arbustiva, pastagens e zonas úmidas. Além dos segmentos de grandes rios como o Paraná, Ivinhema e Baía, sendo este último situado interior da planície de inundação, são encontrados na região lagos de várzea, canais secundários, mais de 100 ilhas, praias arenosas e pantanosas (Campos & Souza, 1997).

As coletas foram realizadas na Lagoa das Garças ( $22^{\circ}43'30.98''\text{S}$  -  $53^{\circ}13'18.09''\text{W}$ ) e na Lagoa dos Patos ( $22^{\circ}49'27.74''\text{S}$  -  $53^{\circ}33'13.33''\text{W}$ ) (Figura 1).

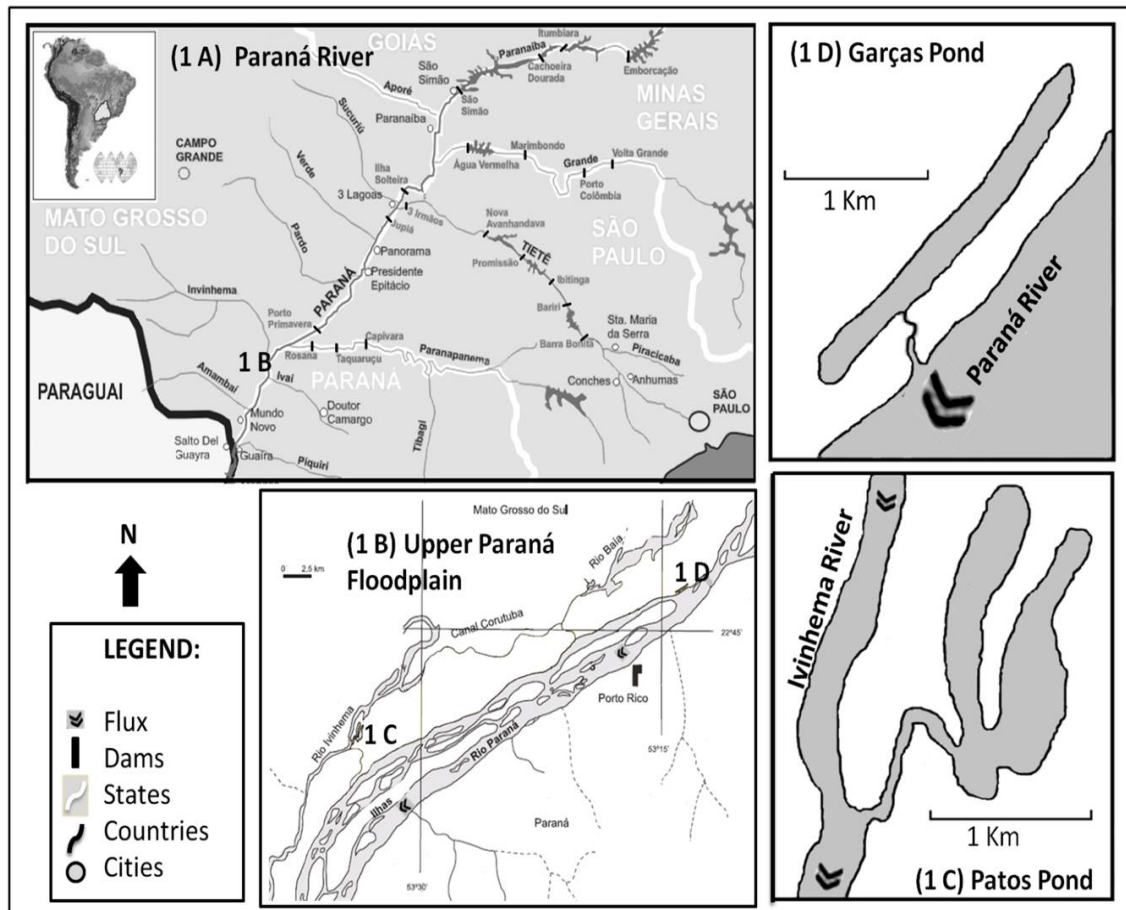


Figura 1. Localização das estações de amostragens associadas aos rios: rio Paraná (Lagoa das Garças), rio Ivinhema (Lagoa Patos). (Remor, 2013).

A Lagoa das Garças localizada margem direito do rio Paraná, com a qual está conectada permanentemente por um canal. Tem profundidade média de 2,0 m, comprimento de 2.120 m, área de 14,0 ha e perímetro de 4.300 m. Possui vegetação ripária arbórea em grande densidade e poucos bancos de macrófitas de *Eichhornia azurea*. Suas margens são cobertas por gramíneas, com o entorno composto de vários

estratos de vegetação ripária (Souza Filho & Stevaux, 2000). A lagoa No local de coleta a profundidade da coluna da água era de 3,5 m.

A Lagoa dos Patos localizada com uma área de aproximadamente 114 ha, com comprimento de 2.060 m e perímetro de 14.700 m. Apresenta uma forma de “luva”, com entradas constituindo pequenas Baías e com uma profundidade média de 2,4 m. Sua área é de distancia-se do rio Ivinhema por 10 m, com um dique de 0,5 m de altura. Apresenta apenas uma conexão com o rio, de 8 m de largura (Souza Filho & Stevaux 1997). Sua vegetação ripária é composta predominantemente por gramíneas com muitos bancos de *Polygonum sp.* e alguns *Eichhornia crassipes*. (Ragonha, 2012), A profundidade da coluna da água no ponto de coleta era de 4,5 m.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

#### Coleta das Amostras

A coleta foi realizada na região mais profunda de cada lagoa, donde foi selecionado um metro quadrado, de onde foram extraídos seis *corers* com 80 mm de diâmetro e 1,2 m de comprimento. Os seis *corers* de sedimento extraídos da Lagoa das Garças e dos Patos foram fatiados em intervalos uniformes de 2 cm e 2,2 cm para a formação das sub-amostras, as quais foram secas a temperatura ambiente e pesadas em balança de precisão para determinação da taxa de sedimentação. Esta metodologia se encontra descrita em Remor (2013).

Cada uma das sub-amostras de um dos *corers* de cada uma das lagoas, foram lavadas em uma série de peneiras de diferente tamanho de malha (0,59 mm, 0,210 mm, 0,177 mm), para separação do material orgânico. Com ajuda de um microscópio estereoscópico as sementes presentes em cada sub-amostra foram contadas, identificadas e conservadas em álcool 70 %. Para a identificação das sementes foram utilizadas as obras de Cook (1974, 1990) e Kissmann & Groth (1997, 1999, 2000), bem como, revisão do material depositado no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM).

### Análise Cronológica

De acordo a Remor (2013) a análise cronológica dos *corers* de sedimento pelo isótopo  $^{210}\text{Pb}$  foi realizada no Laboratório de Radiometria Ambiental do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, pelo método radioquímico, segundo Moreira *et al.* (2003). A medição da atividade do isótopo  $^{210}\text{Pb}$  foi utilizada para determinar as datas de formação de cada fatia do *corer* de sedimento das lagoas, e a atividade do isótopo foi determinada somente nas sub-amostras ímpares dos *corers* de sedimento de cada ponto (Remor, 2013).

### Regime Hidrossedimentológico do rio Paraná

Os níveis hidrométricos diários do rio Paraná foram fornecidos por Itaipu Binacional e Agência Nacional das Águas (ANA). Como referência, foi considerado o nível do rio Paraná, sendo que acima de 3,5 m tem início o processo de inundação dos ambientes dos subsistemas Paraná e Baía, e com nível acima de 4,5 m, o rio Paraná influencia os ambientes do subsistema Ivinhema (Thomaz *et al.*, 2004b).

Para cada ano da serie foram estimados os atributos do pulso utilizando o Software PULSO (Neiff & Neiff, 2003). Foram calculados a amplitude da limnofase (número de dias que o nível hidrométrico esteve abaixo do nível de referência), amplitude da potamofase (número de dias que o nível hidrométrico esteve acima do nível de referência) e índice de conectividade (taxa do número de dias entre potamofase e limnofase) (Neiff, 1990).

A datas dos anos do fenómeno Niño e Niña foram tomados do site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos CPTEC (<http://www.cptec.inpe.br/>).

## 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise Cronológica

De acordo com Remor (2013), a análise cronológica dos *corers* de sedimento pelo isótopo  $^{210}\text{Pb}$  para as lagoas datou como resultado para o *corer* de sedimento da Lagoa das Garças de 76 cm até 1912 (99 anos) (Figura 2), e para o *corer* da Lagoa dos Patos de 84 cm até 1876 (135 anos) (Figura 3).

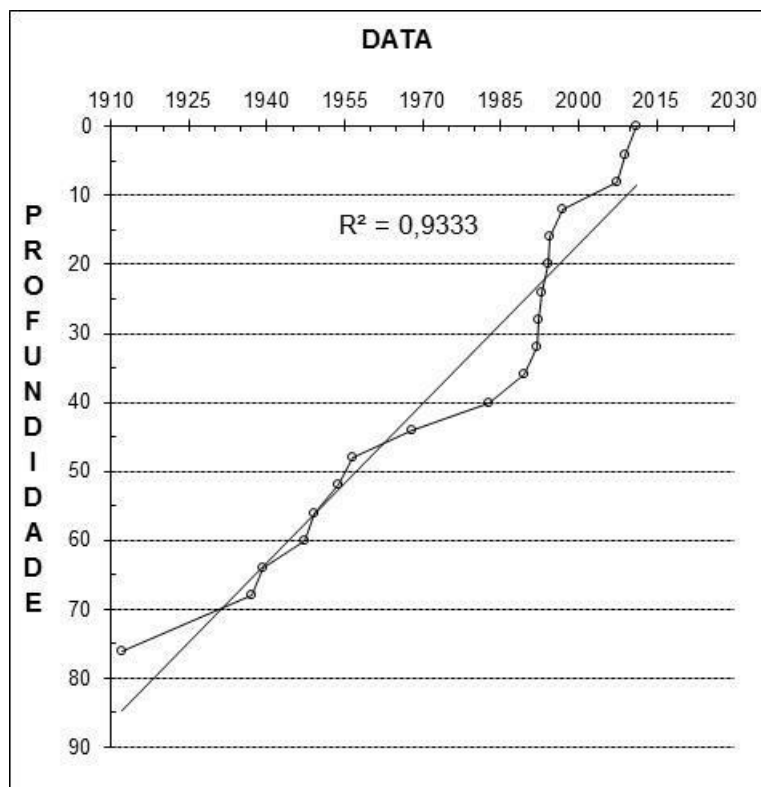


Figura 2. Análise de datação por  $^{210}\text{Pb}$  em função da profundidade do corer de sedimento da Lagoa das Garças. (Remor, 2013).

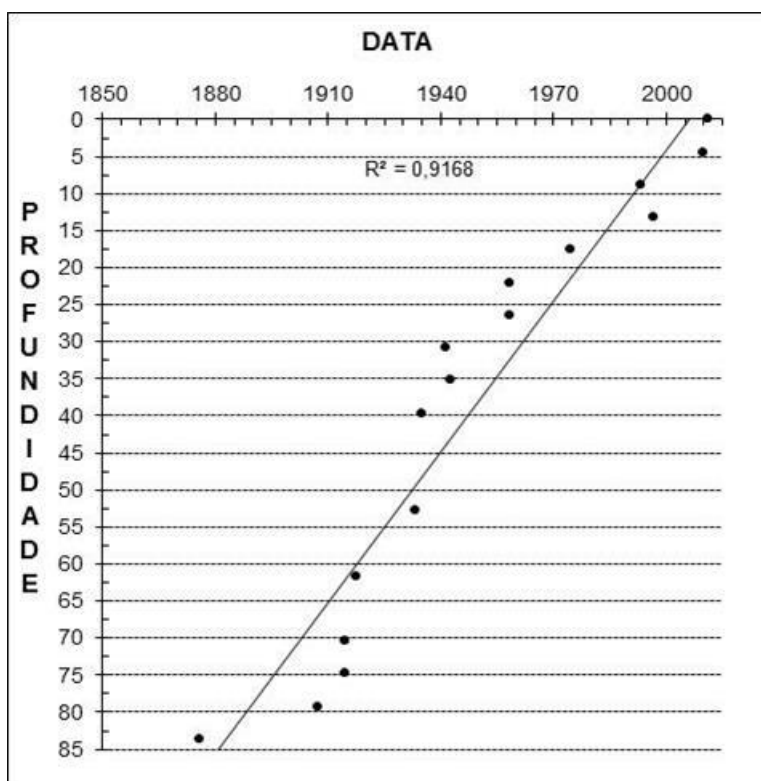


Figura 3. Análise de datação por  $^{210}\text{Pb}$  em função da profundidade do corer de sedimento da Lagoa dos Patos. (Remor, 2013).

De acordo a Remor (2013), ambos os corers amostram material sedimentado datado do período pré-industrial brasileiro, anterior a 1937, podendo ser essas amostras consideradas *background* das atividades antrópicas (Förster *et al.*, 1993).

Remor (2013) determinou que a taxa de sedimentação para a Lagoa das Garças foi de 7,7 mm ano<sup>-1</sup> e de 6 mm ano<sup>-1</sup> na Lagoa dos Patos, dados que achou coerentes com o estudo de Fávoro *et al.* (2006) que encontram taxa de sedimentação de 6,1 mm ano<sup>-1</sup> na Lagoa Salina do Meio (0,126 km<sup>2</sup> de área) no Pantanal brasileiro, ambiente semelhante a planície aluvial do Alto Rio Paraná. Outros estudos apresentam taxas de sedimentações menores, como no Pantanal brasileiro, donde Godoy *et al.* (2002) encontraram taxa de sedimentação de 4,1 e 3,7 mm ano<sup>-1</sup> em dois lagos do Rio Taquari. A taxa de sedimentação tende a ser menor em lagos maiores, pois nesses ambientes sofre menor influência do arraste de partículas de suas margens (Remor, 2013).

#### Identificação de sementes

De acordo a medição da atividade do isótopo <sup>210</sup>Pb foram determinadas as datas de formação de cada fatia do *corer* de sedimento das lagoas e em cada uma das fatias identificadas as sementes. No total foram identificadas 722 sementes pertencentes a 12 famílias e 16 gêneros.

Na Lagoas das Garças o resultado do isótopo <sup>210</sup>Pb datou 12 anos pertencentes aos últimos 57 anos, nos quais foi possível identificar 404 sementes pertencentes a 12 famílias e 14 gêneros (Tabela 1).

Na figura 4 pode se observar que a partir do ano 1957 (ano sob influência de La Niña), se observa uma diminuição na deposição das sementes até o ano 1992, onde se apresenta um ciclo irregular prolongado de deposição das sementes, que se encontra sob influência de El Niño. A partir do ano 1995 começa uma diminuição das sementes coincidindo com o fenômeno de La Niña (CPTEC, 2012).

Tabela 1. Famílias presentes na Lagoa das Garças nos últimos 57 anos.

FAMILIA	ANÁLISES CRONOLÓGICA POR $^{210}\text{Pb}$											
	1957	1968	1983	1990	1992	1993	1994	1995	1997	2007	2009	2011
Alismataceae												
Asteraceae												
Cecropiaceae												
Cyperaceae												
Pteridophyta												
Haloragaceae												
Lentibulariaceae												
Nymphaeaceae												
Onagraceae												
Polygonaceae												
Pontederiaceae												
Salviniaceae												

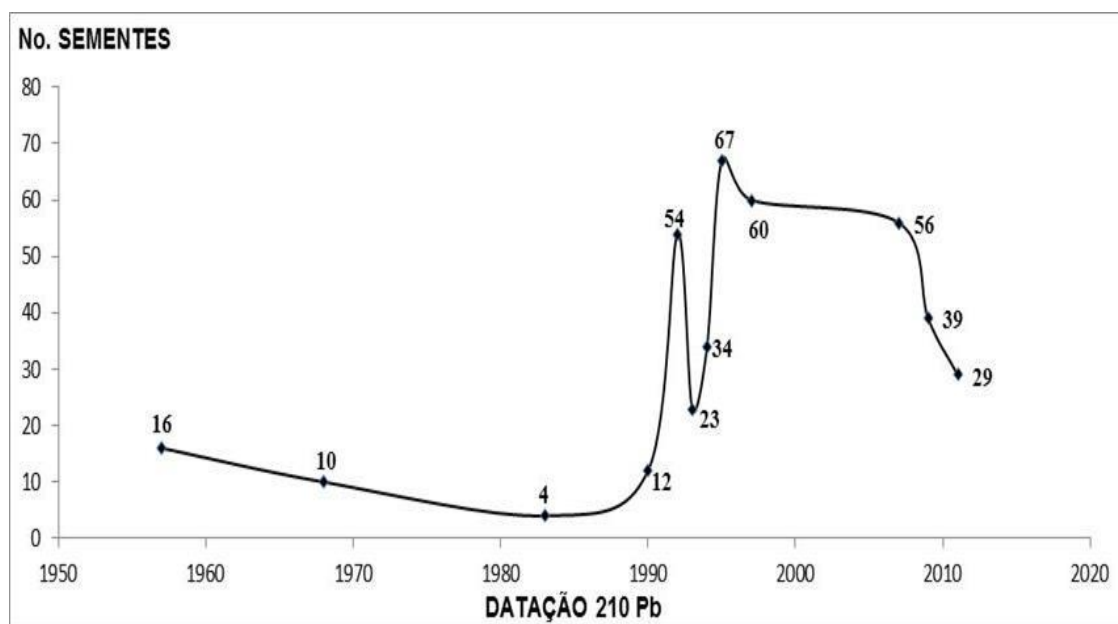


Figura 4. Variação no número de sementes da Lagoa das Garças nos últimos 57 anos.

Na Lagoa dos Patos o resultado do isótopo  $^{210}\text{Pb}$  datou 10 anos pertencentes aos últimos 81 anos, nos quais foi possível identificar 318 sementes pertencentes a 9 famílias e 10 gêneros (Tabela 2, Figura 5).

Tabela 2. Famílias presentes na Lagoa dos Patos nos últimos 81 anos.

FAMILIA	ANÁLISES CRONOLÓGICA POR $^{210}\text{Pb}$									
	1933	1935	1941	1943	1958	1975	1993	1997	2010	2011
Alismataceae										
Asteraceae										
Cecropiaceae										
Characeae										
Cyperaceae										
Lentibulariaceae										
Onagraceae										
Polygonaceae										
Pontederiaceae										

Na Figura 5 se observam três picos correspondentes aos anos 1958, 1993 e 1997 os quais coincidem em estar sob influencia de El Niño. Apresenta-se uma diminuição prolongada na deposição das sementes a partir de 1960 até o 2011. É importante ter em conta que durante esta serie de tempo, na década dos 70, se apresentou uma forte influencia do fenômeno de La Niña (CPTEC, 2012).

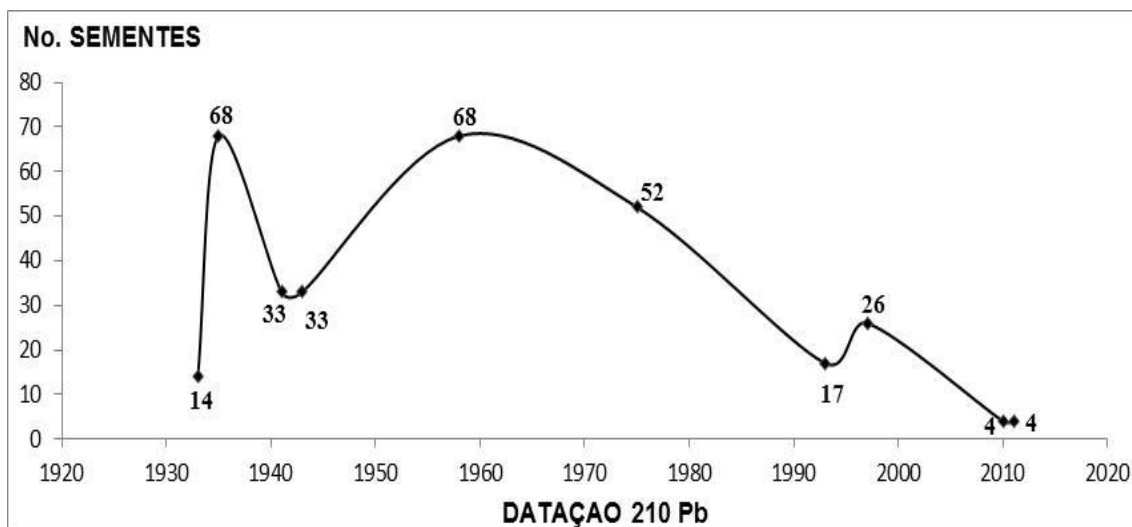


Figura 5. Variação no número de sementes da Lagoa dos Patos nos últimos 81 anos.

#### Nível hidrométrico

Na figura 6 pode se observar que nos últimos cinquenta anos, têm ocorrido ciclos hidrossedimentológicos irregulares no rio Paraná, resultantes de extrema seca como na década de 1970, anos sob influência de La Niña, e cheias intensas em 1976, 1983, 1990 e 2010 anos sob influência de El Niño (CPTEC, 2012).

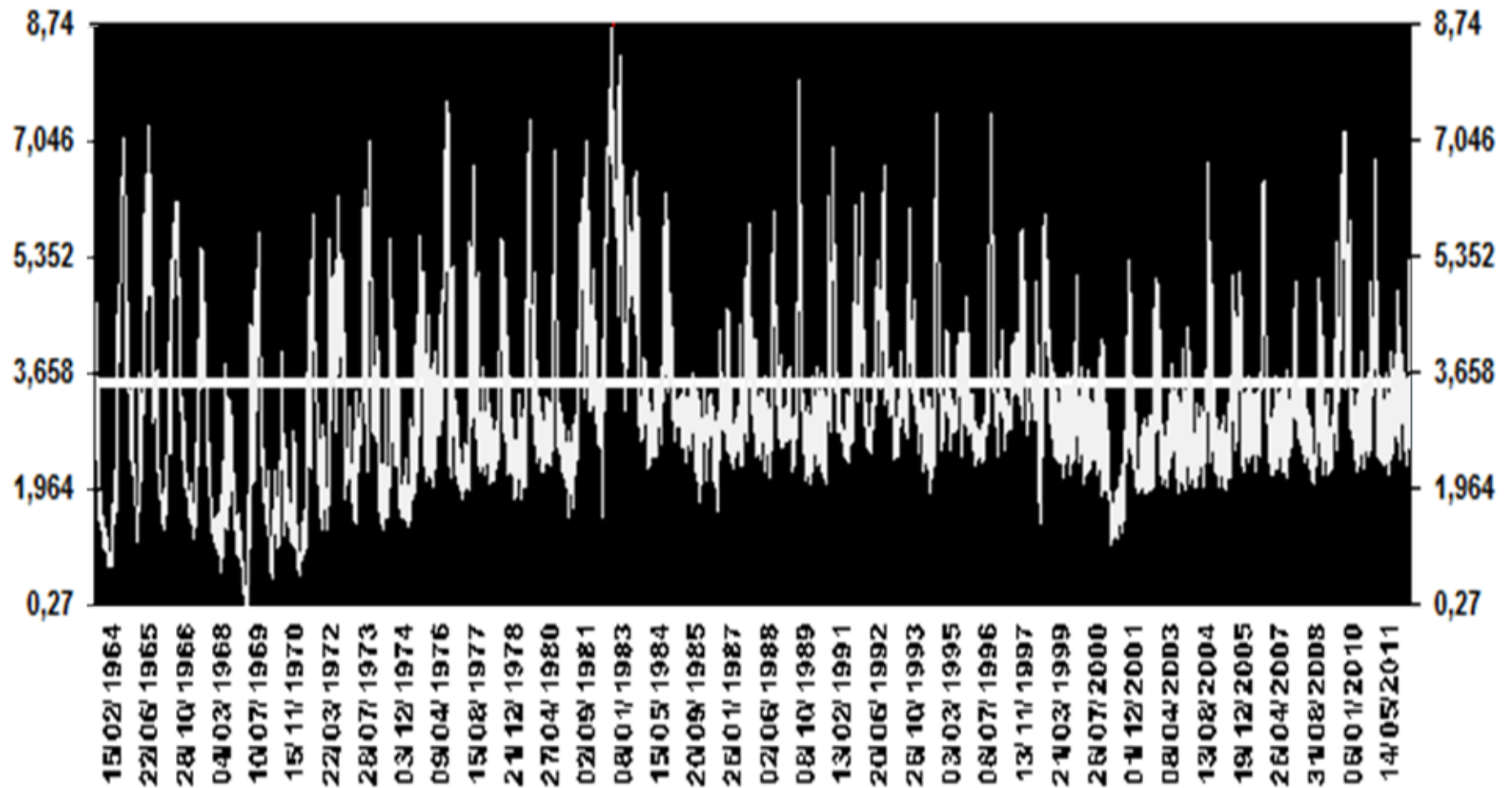


Figura 6. Nível hidrométrico diário do rio Paraná com seus valores de referência para a inundação dos diferentes subsistemas entre os anos de 1964 e 2011.

Trabalhos anteriores já mostram o comportamento dos dados hidrológicos, no qual apresenta a ocorrência de dois ciclos de cheias (1953-1965 e 1968-1983) caracterizados pelo aumento gradativo da magnitude dos eventos, que culminaram com duas grandes enchentes (1965 e 1983) (Souza Filho & Stevaux, 2001)

Os ciclos hidrológicos do rio Ivinhema durante os últimos cinquenta anos (Figura 7), apresenta picos nos anos 1976, 1979, 1982 e 1993 resultantes das cheias, sendo anos sob influencia de El Niño, sendo o mais notório o ano 1982. Os anos de extrema seca podem ser observados final dos 60 e a década dos 70, datas sob influência de La Niña, (CPTEC, 2012).

O período de potamofase nos subsistemas Paraná e Baía (nível de referência acima de 3,5 m) e Ivinhema (nível de referência acima de 4,5 m) teve maior duração nos anos de 1982 e 1983, anos que de acordo a Bortolini (2013), coincidem com o período posterior a formação da maior parte dos reservatórios (após 1982). O período de isolamento dos ambientes foi maior em 1969, 1986 e 2001 para os subsistemas Paraná e Baía, sendo os últimos dos anos após 1982, período posterior à formação da maior parte dos reservatórios (Bortolini, 2013). Para os ambientes lênticos do subsistema Ivinhema o período de maior isolamento foi em 1969, 1986, 2001 e 2004, sendo os anos após de 1982, anos posteriores à formação da maior parte dos reservatórios. Tanto para o subsistema Paraná e Baía, e o subsistema Ivinhema, o ano 1969 faz parte do período natural, anterior a 1972, sem influência de barragens (Bortolini, 2013). Os índices de conectividade entre os ambientes lênticos e lóticos foi maior para os subsistemas Paraná e Baía, e para o subsistema Ivinhema no ano 1983, ano que coincide com o final do fenômeno Niño e começo do fenômeno Niña (Tabela 3).

De acordo a Bortolini, o fechamento de Porto Primavera complicou um pouco mais o quadro do sistema a partir do final de 1998, pois a formação do reservatório ocorreu em duas fases, no período de chuvas 1998-1999, e no período 2000-2001. Nestes dois intervalos o sistema foi privado de sua cheia natural pela barragem, e no período 1999-2000, o regime de chuvas teve baixa intensidade. Os níveis fluviométricos que ocorreram desde 1999 estão ilustrados na Figura 6 e 7, e do mesmo jeito que no trabalho de Bortolini (2013), demonstram a inexistência de débitos com nível acima de 500 cm no período e a ocorrência de débitos com níveis inferiores a 200 cm apenas em abril de 2001, em plena crise de energia.

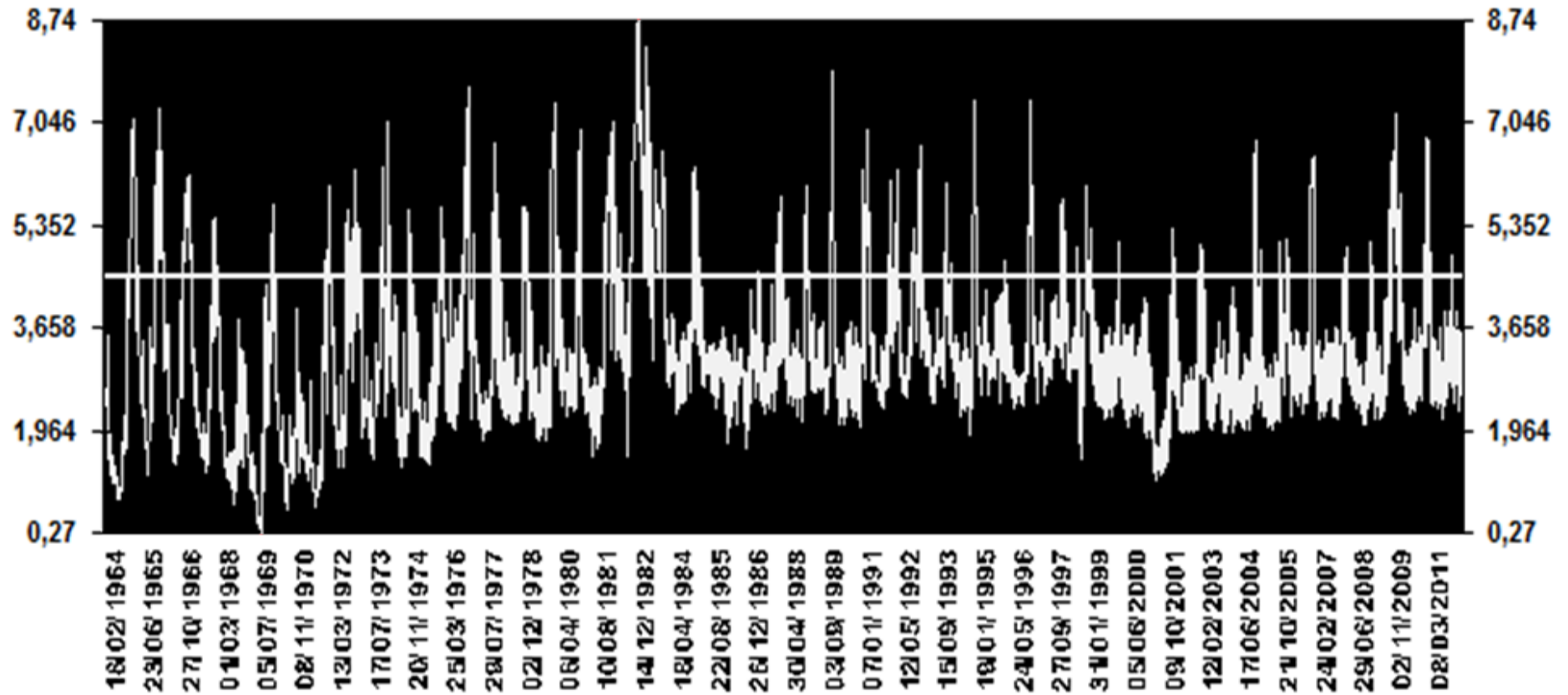


Figura 7. Nível hidrométrico diário do rio Ivinhema com seus valores de referência para a inundação dos diferentes subsistemas entre os anos de 1964 e 2011.

Tabela 3. Atributos do Pulso dos níveis hidrométricos diários do rio Paraná na planície de inundação do alto rio Paraná ( $\Sigma AA$  = número de dias de potamofase,  $\Sigma AB$  = número de dias de limnofase, IC = índice de conectividade) para cada ano de estudo, com influência nos subsistemas Paraná, Baía e Ivinhema.

Ano	PARANÁ E BAIA			IVINHEMA		
	$\Sigma AA$	$\Sigma AB$	IC	$\Sigma AA$	$\Sigma AB$	IC
1964	25	296	0,08	13	305	0,04
1965	171	194	0,88	100	265	0,38
1966	140	225	0,62	111	254	0,44
1967	117	248	0,47	93	272	0,34
1968	87	279	0,31	25	341	0,07
1969	10	355	0,03	0	365	0,00
1970	64	301	0,21	39	326	0,12
1971	21	344	0,06	3	362	0,01
1972	150	216	0,69	81	285	0,28
1973	125	240	0,52	50	315	0,16
1974	141	224	0,63	70	295	0,24
1975	53	312	0,17	15	350	0,04
1976	179	187	0,96	72	294	0,24
1977	113	252	0,45	74	291	0,25
1978	80	285	0,28	33	332	0,10
1979	86	279	0,31	58	307	0,19
1980	137	229	0,60	71	295	0,24
1981	79	286	0,28	47	318	0,15
1982	254	111	2,29	158	207	0,76
1983	359	6	59,83	317	48	6,60
1984	82	284	0,29	37	329	0,11
1985	119	246	0,48	59	306	0,19
1986	12	353	0,03	0	365	0,00
1987	50	315	0,16	4	361	0,01
1988	122	244	0,50	40	326	0,12
1989	104	261	0,40	50	315	0,16
1990	56	309	0,18	33	332	0,10
1991	114	251	0,45	65	300	0,22
1992	197	169	1,17	109	257	0,42
1993	114	251	0,45	48	317	0,15
1994	86	279	0,31	29	336	0,09
1995	150	215	0,70	46	319	0,14
1996	66	300	0,22	2	364	0,01
1997	150	215	0,70	46	319	0,14
1998	168	197	0,85	46	319	0,14

1999	99	266	0,37	40	325	0,12
2000	27	339	0,08	4	362	0,01
2001	11	354	0,03	0	365	0,00
2002	50	315	0,16	12	353	0,03
2003	39	326	0,12	11	354	0,03
2004	24	342	0,07	0	366	0,00
2005	66	299	0,22	35	330	0,11
2006	87	278	0,31	16	349	0,05
2007	77	288	0,27	57	308	0,19
2008	58	308	0,19	10	356	0,03
2009	117	248	0,47	35	330	0,11
2010	118	247	0,48	74	291	0,25
2011	119	246	0,48	42	323	0,13
2012	67	162	0,41	8	168	0,05

■ Anos Niño

■ Anos Niña

De acordo ao comportamento da deposição das sementes na escala de tempo, os anos influenciados por os fenômenos Niño ou Niña, e o ciclo hidrológico apresentado para o rio Paraná e o rio Ivinhema, é evidente a influencia dos eventos naturais sobre os processos hidrossedimentológicos; além disso, o curso superior do rio Paraná, é um dos trechos fluviais mais barrados em nível mundial. A bacia hidrográfica possui em torno de 120 barragens de grande porte, instaladas em sua grande maioria a partir da década de 60. A operação dos reservatórios formados pelos barramentos é feita de modo que parte do excesso de água que entra na bacia hidrográfica nos períodos de chuva é acumulada para permitir a geração de energia na estação seca (Souza Filho & Stevaux, 2001). Por tanto a interferência antrópica no sistema fluvial deve afetar as condições de fluxo natural dos rios de várias maneiras, ditas construções de barragens nos rios maiores interferem no sistema como um todo, tanto nas taxas de agradação ou degradação de determinados trechos, como na alteração do ecossistema devido às mudanças no suprimento de nutrientes e nas profundas alterações dos pulsos de cheia e vazante.

Nos anos de 2000 e 2001, quando ocorreu grave crise energética devido à seca prolongada, os reservatórios retiveram grande parte da água para a produção de energia elétrica, bem como para o enchimento final do reservatório de Porto Primavera que estava em fase final de formação (Souza-Filho *et al.*, 2004; Bortolini, 2013). O contrário ocorreu com as cheias pronunciadas nos anos de 2005, 2007, 2010 e 2011, quando

também houve a regulação da vazão do alto rio Paraná. Entretanto, nesse período quando os reservatórios atingiram cotas máximas, foi liberada a água pelos vertedouros, o que conseqüentemente promoveu o aumento do nível hidrométrico do rio Paraná a jusante (Souza Filho *et al.*, 2004; Bortolini, 2013).

Flutuações nos níveis hidrométricos dos canais principais exercem importância fundamental na estruturação, função e integridade dos ambientes da planície adjacente, sendo que a inundaçã dos ambientes laterais pode ocorrer em curta ou longa duração de tempo, como observado pela variabilidade interanual da amplitude dos períodos de potamofase e limnofase na planície de inundaçã do alto rio Paraná. A intensidade do distúrbio está diretamente relacionada à sua intensidade, frequência e amplitude, bem como ao seu grau de conectividade (Neiff, 2001). Assim, o sinergismo desses atributos, com a alternância dos períodos de potamofase e limnofase determinou uma gama de efeitos sobre os distintos hábitats e conseqüentemente na deposição das sementes na planície de inundaçã.

Assim, grandes amplitudes de potamofase foram observadas em 1982 e 1983 nos subsistemas, em contraste às menores amplitudes registradas nos anos de 2000 e 2001. De tal modo, os índices de conectividade refletiram marcadamente as diferenças limnológicas entre os cinquenta ciclos hidrossedimentológicos e influenciaram a deposição do numero de sementes (Thomaz *et al.*, 2007).

Os pulsos de inundaçã na planície aluvial do Alto Rio Paraná podem ser magnificados pelo fenômeno climático El Niño; a alteraçã dos pulsos pelas obras de engenharia podem afetar os processos de feed-back nos grandes rios de planície, como o que acontece entre a hidrodinâmica do rio (qualidade do pulso) e a vegetaçã (estrutura e dinâmica) com mecanismos de interdependência que resultam mais evidentes durante as inundações. No primeiro caso, a vegetaçã depende do tipo de solo, a disponibilidade de água e nutrientes fornecidos pelo escoamento e armazenamento de água na paisagem. Cada unidade de paisagem é regulada em parte pelo fluxo de água no solo nas fases de seca e de inundaçã.

### 3.5 CONCLUSÕES

A Planície de inundaçã tem flutuações hidrométricas muito importantes, devido à geomorfologia plana e variações do nível hidrométrico do rio, o qual determinou um

processo de seleção natural favorecendo aqueles organismos que possam absorver a variação de amplitude do ambiente. A bacia hidrográfica do rio Paraná apresenta em períodos de ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña variabilidade pluviométrica, pois os anos de máximos e mínimos, na sua maioria, são considerados anos relacionados a tais fenômenos. Os resultados mostraram que ditos fenômenos causam anomalias tanto nos sistemas atmosféricos que atuam na região como nas chuvas, alterando a dinâmica do regime hidro-sedimentológico do rio Paraná, fator que influencia a composição da vegetação nos ambientes da sub-bacia do rio Paraná e Baía, e o subsistema Ivinhema; além disso, os resultados amostram que distúrbios antrópicos associados com a barragem de Porto Primavera, também estão apresentando incidência na composição das sementes.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem às seguintes instituições e pessoas: Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (NUPÉLIA), Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro para a execução desse projeto, a todos integrantes do 5º Grupamento do Corpo de Bombeiros do Paraná em especial ao Sargento Raimundo Aparecido de Souza e ao Soldado Maycon Leandro Cardoso Peixe. A Fernando Ferreira, Fabio Nascimento, Carolina Pinheiro e Sandra Bos Mikich (Embrapa) pela sua colaboração na identificação das sementes, a Jascieli Bortolini pela sua ajuda no momento certo, e a todas e cada uma das pessoas que fizeram parte do processo.

### **REFERÊNCIAS**

Agostinho, A.A., Pelicice, F.M. & L.C. Gomes. (2008). Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4), 1119-1132.

Agostinho, A.A., Thomas S.M. & L.C. Gomes. (2004). Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Rev. Ecohydrology & Hydrobiology*. Vol. 4 No 3, 255-256.

Agostinho, A.A. & M. Zalewski. (1996). A planície alagável do alto rio Paraná: Importância e preservação. Eduem, Maringá.

Alexander, C.R., Smith, R.G. & F.D. Calder. (1993). The historical record of metal enrichment in two Florida estuarines. *Estuarines*, 16(3B): p. 627 – 637.

Barsanti, M., Delbono, I., Schirone, A., Langone, L., Miserocchi, S., Salvi, A. & R. Defanti. (2011). Sediment reworking rates in deep sediments of Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment* 409:2959-2970. DOI 10.1016/j.scitotenv.2011.04.025.

Bortolini, J. C. (2013). Estudo de longa duração sobre a composição e diversidade alfa, beta e gama fitoplanctônica na planície de inundação do alto rio Paraná. EGQ (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia.

Campos, J.B. & M.C. Souza. Vegetação. In: Vazzoler, A.E.A.M.; Agostinho, A.A.; Hahn, N.S. (Eds). (1997). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá, EDUEM: Nupélia. p.371-394.

Campos J.B & L.V. Costa-Filho. (1994). Proposta técnica de implantação da área de proteção ambiental do Arquipélago de ilha Grande. SEMA/IAP, Curitiba.

Cook, C.D.K. (1990). Origin, autecology, and spread of some of the world's most troublesome aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Ed.). *Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. Oxford: Oxford University Press. Cap. 3, p. 31-38.

Cook, C.D.K., Gut, B.J., Rix, E.M., Schneller, J. & M. Seitz. (1974). *Water plants of the world*. The Hague, The Netherlands: Dr. Junk B.V. Publishers. 561p.

CPTEC. (2012). Centro de Previsão do tempo e estudos climáticos. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/>.

Díaz-Asencio M., Alonso-Hernández C.M., Bolanos-Álvarez Y., Gómez-Batista M., Tamtam, F., Bot, B.L., Dinh, T., Mompelat, S., Eurin, J., Chevreuil, M., Bonté, P., Mouchel, J.M. & S. Ayrault. (2011). A 50-year record of quinolone and sulphonamide antimicrobial agents in Seine River sediment. *J Soils Sediments* 11:852-859. DOI 10.1007/s11368-011-0364-1.

Fávaro, D.I.T., Damatto, S.R., Silva, P.S.C., Riga, A.A., Sakamoto, A.Y. & B.P. Mazzilli. (2006). Chemical characterization and <sup>210</sup>Pb dating in wetland sediments from the Nhecolândia Pantanal Pond, Brazil. *J Radioanal Nucl Chem* 269:719-726

Fernandez, O.V.Q., Santos, M.L. dos & J.C. Stevaux. (1990). Evolução de conjunto de ilhas no Rio Paraná região de Porto Rico, PR. In: Congresso Brasileiro de Geologia 36, Natal, Bol. De Resumos do... Natal, p. 82.

Förster, U., Ahlf, W. & W. Calmano. (1993) Sediment quality objectives and criteria development in Germany. *Wat Sci Tech* 28:307-316.

Godoy, J.M., Padovani, C., Guimarães, J.R.D., Pereira, J.C.A., Vieira, L.M., Carvalho, Z.L. & S. Galdino. (2002) Evaluation of the Siltation of River Taquari,

Pantanal, Brazil, through  $^{210}\text{Pb}$  Geochronology of Floodplain Lake Sediments. *Journal Brazilian Chemical Society* 13:71-77.

Grimm, A.; S.E.T. Ferraz, & J. Gomes. (1998). Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño e La Niña events. *Journal of Climate*, 11:2863-80.

Junk, W.J., Bayley, P.B. & R.E. Sparks. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can Spec Publ Fish Aquat Sci* 106:110-127

Kissmann, K.G. & D. Groth. (2000). *Plantas Infestantes e Nocivas*. Tomo III – 2a Edição. São Paulo: BASF. 726p.

Kissmann, K.G. & D. Groth. (1999). *Plantas Infestantes e Nocivas*. Tomo II – 2a Edição. São Paulo: BASF. 978p.

Kissmann, K.G. & D. Groth. (1997). *Plantas Infestantes e Nocivas*. Tomo I – 2a Edição. São Paulo: BASF. 825p.

Moreira, S.R.D., Fávoro, D.I.T., Campagnoli, F. & B.P. Mazzilli. (2003). Sedimentation rates and metals in sediments from the reservoir Rio Grande - São Paulo/Brazil. In: Warwick P (Ed) *Environmental Radiochemical Analysis II*, The Royal Society of Chemistry Cambridge, pp 383-391

Mortensen, P.B., Schlüter, L., Jensen, A., Aaser, H.F. & K.S. Hansen. (2004) Historical development and past ecological state of two Danish Sallow Lakes. *J Soils Sediments* 4:101-106

Navratil, O., Evrard, O., Esteves, M., Ayrault, S., Lefèvre, I., Legout, C., Reyss, J.L., Gratiot, N., Nemery, J., Mathys, N., Poirel, A. & P. Bonté. (2012) Core-derived historical records of suspended sediment origin in a mesoscale mountainous catmint: the River Bléone French Alps. *J Soils Sediments* 12:1463-1478. DOI 10.1007/s11368-012-0565-2.

Neiff, J.J. (2003). Planícies de inundação são ecótonos? In: Henry, R.(ed.). *Ecotonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*, Cap. 2. San Carlos, Brasil. 32-47.

Neiff, J.J. & Neiff, M. 2003. PULSO, software para análisis de fenómenos recurrentes. Dir. Nac. de Derecho de Autor N° 236164 (Argentina) Buenos Aires, 17 de febrero. <http://www.neiff.com.ar>.

Neiff, J.J. (2001). Biodiversity in some tropical wetlands systems of South America. In: Gopal, B., Junk, W. J. & Davis, J.A. (Ed.). *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*. The Netherlands: Backhuys publishers, 119-139.

Neiff, J.J. (1990) Ideas para la interpretacion ecológica del Paraná. *Interciencia*, 15:424-441.

Poleto, Cristiano. (2008). (Org.). Ambiente e Sedimentos. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH. 404 p.

Ragonha, F. H., (2012). O efeito de diferentes morfometrias das lagoas conectadas sobre a assembleia de Oligochaeta (Annelida) em uma planície de inundação neotropical. Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia.

Rao, V.B. & K. Hada. (1990). Characteristics of rainfall over Brazil, annual variation e correlation with the southern oscillation. Theoretical e Applied Climatology 2:81-91.

Remor, M. B., (2013). Histórico de contaminação por elementos-traços na planície aluvial do Alto Rio Paraná. Dissertação (mestrado)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

Rocha, P.C., Souza Filho, E.E. & O.V.Q. Fernandez. (1998). “Aspectos do controle de descargas efetuado por barramentos no Alto Rio Paraná”. Boletim Paranaense de Geociências, v. 46, p. 117-122.

Robbins, J.A. & D.N. Edgington. (1975). Determination of recent sedimentation rates in Lake Michigan using Pb-210 and Cs-137. Geochim. Cosmochim. Acta 39, p. 285-304.

Sabaris, T. (2010). O método geocronológico do Pb-210 aplicado no estudo da taxa de sedimentação em uma porção da bacia do Rio Atibaia (SP). Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP.

Santos, M.L. (2005). Unidades geomorfológicas e depósitos sedimentares associados no sistema fluvial do rio Paraná no seu curso superior. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 6, N 1 (2005) 85-96.

Santos, M.L. & Stevaux, J.C. (2000). Facies and architectural analysis of channel sandy macroforms in the upper Parana river. Quaternary International, 72, pp87-94.

Seeliger, U.; C. Cordazzo & F. Barbosa. (2002). Os sites e o programa brasileiro de pesquisas ecológicas de longa duração. Belo Horizonte, MG. p.184.

Souza-Filho, E.E. & Stevaux, J.C. (1997). Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: A. E. A. M. Vazzoler, A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.), A planície de inundação do alto rio Paraná: Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá, EDUEM. p.3-46.

Souza-Filho, E.E. & J.C. Stevaux. (2000). O componente físico da Planície Alagável do Alto Rio Paraná. In: RELATÓRIO PELD. Disponível em <<http://www.peld.uem.br/Relat2003>> Acesso em 1º de fevereiro de 2014.

Souza-Filho, E.E. & J.C. Stevaux. (2001). O componente físico da Planície Alagável do Alto Rio Paraná. In: RELATÓRIO PELD. Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/Relat2003>> Acesso em 1º de fevereiro de 2014.

Souza-Filho, E.E. & J.C. Stevaux. 2003. A Planície Alagável do Alto Rio Paraná: Aspectos geológico e geomorfológico. In: RELATÓRIO PELD. Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/Relat2003>> Acesso em 12 ago. 2011.

Souza Filho, E. E., P. C. Rocha, E. Comunello & J.C. Stevaux, 2004. Effects of the Porto Primavera Dam on physical environment of the downstream floodplain. In Thomaz, S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.), The Upper Paraná River floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Backhuys Publishers, Leiden: 55-74.

Stevaux, J. C., Martins, D. P., & Meurer, M. (2009). Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. *Geomorphology*, 113(3), 230-238.

Stevaux, J.C.; Souza Filho, E.E.; Medeanic, S. & G. Yamskikh. 2004. The Quaternary history of the Paraná river and its floodplain. In: Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Netherlands: Backhuys Publishers. p. 31-53.

Stevaux, J.C. 1993. O Rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária de seu curso superior (região de Porto Rico, PR). 242 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Suguio, K. & J.J. Bigarella. 1990. Ambientes Fluviais. Ed. UFSC, Florianópolis, p. 183.

Suguio, K.; Nogueira J.R., J.; Taniguchi, H. & M.I. Vasconcellos. 1984. Quaternário no Rio Paraná em Pontal do Paranapanema: proposta de um modelo de sedimentação. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, 1984, Rio de Janeiro. Anais, 1, p. 10-18.

Tamtam F, Bot BL, Dinh T, Mompelat S, Eurin J, Chevreuil M, Bonté P, Mouchel JM, Ayrault S (2011) A 50-year record of quinolone and sulphonamide antimicrobial agents in Seine River sediment. *J Soils Sediments* 11:852-859. DOI 10.1007/s11368-011-0364-1.

Thomaz, SM., LM. Bini & RL. Bozelli, (2007). Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* 579: 1-13.

Thomaz, S.M.; Agostinho, A.A. & Hahn, N.S. (eds). (2004a). The Upper Paraná River and its floodplain: Physical Aspects, Ecology and Conservation. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands. 393p.

Thomaz, S.M., Bini, L.M., Pagioro, T.A., Murphy, K.J., Santos, A.M. & D.D. Souza. (2004b). Aquatic macrophytes: diversity, biomass and decomposition. In Thomaz, SM., AGOSTINHO, AA. and HAHN, NS. (Eds.). The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. The Netherlands: Backhuys Publishers. pp 331-352.

Thomaz, S.M., Roberto, M.C., L.M. Bini. (1997) Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: Vazzoler AEAM, Agostinho AA, Hahn NS (eds.) A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, químicos, biológicos e sócio-econômicos, Eduem, Maringá, pp 73-102

Trabelsi, Y., Gharbi, F., Ghali, A.E., Oueslati, M., Samaali, M., Abdelli, W., Baccouche, S., Tekaya, M.B., Benmansour, M., Mabit, L., M\*Barek, N.B., Reguigui, N. & J.M. Abril. (2012) Recent sedimentation rates in Garaet El Ichkeul Lake, NW Tunisia, as affected by the construction of dams and a regulatory sluice. *J Soils Sediments* 12:784-796 DOI 10.1007/s11368-012-0496-y.

Walling, D.E. & P.N. Owens. (2003). The role of overbank floodplain sedimentation in catchment contaminant budgets. *Hydrobiologia* 494:83-91.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os processos hidrossedimentares atuantes na planície de inundação influenciam a composição da estrutura da vegetação num gradiente longitudinal, a vez que o processo de formação das ilhas é evidenciado nos diferentes paleoambientes que apresentam características sedimentológicas próprias que condicionam a composição da vegetação.

Em ecossistemas como as ilhas que se encontram influenciados pelas condições de cheias e secas, ocorre a seleção da vegetação, permitindo apenas a permanência das melhores bioformas adaptadas. Durante as cheias extraordinárias, grande parte das ilhas do Alto Paraná ficam submersas, e quando o solo fica descoberto de água, os bancos são colonizados por plantas pioneiras, cujo efeito protetor é eficaz.

A presença de algumas famílias pode ser indicadora destas alterações, mas as mudanças na vegetação podem ser interpretadas como resposta aos processos atuantes no ambiente deposicional, resultado do complexo sistema evolutivo da ilha revelando a heterogeneidade nos diferentes paleoambientes.

A bacia hidrográfica do rio Paraná apresenta em períodos de ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña variabilidade pluviométrica, pois os anos de máximos e mínimos, na sua maioria, são considerados anos relacionados a tais fenômenos. Os resultados mostraram que ditos fenômenos causam anomalias tanto nos sistemas atmosféricos que atuam na região como nas chuvas, alterando a dinâmica do regime hidro-sedimentológico do rio Paraná, fator que influencia a composição da vegetação nos ambientes da sub-bacia do rio Paraná e Baía, e o subsistema Ivinhema; além disso, os resultados amostram que distúrbios antrópicos associados com a barragem de Porto Primavera, também estão apresentando incidência na composição das sementes.