
ECOLOGIA

Aline Flores Silveira

DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE *Limnobium laevigatum* NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITANHAÉM, SÃO PAULO

ALINE FLORES SILVEIRA

DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE *Limnobium laevigatum* NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITANHAÉM, SÃO PAULO

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Ecóloga.

Rio Claro
2015

574.5263 Flores Silveira, Aline

F634d Distribuição e abundância de *Limnobium laevigatum* na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, São Paulo / Aline Flores Silveira. - Rio Claro, 2015

33 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro

Orientador: Antonio Fernando Monteiro Camargo

1. Ecologia aquática. 2. Macrófita aquática. 3. Água preta. 4. Água branca. 5. Fósforo total. 6. Condutividade elétrica. I. Título.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente ao Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo, por sua orientação, ensinamentos e toda ajuda que foi necessária para a realização desse trabalho.

Ao pessoal do LEA (Carlinhos, Laís, Amarilis, João) por toda ajuda de campo e no laboratório.

Ao Departamento de Ecologia da Unesp de Rio Claro, pelo apoio concedido, e a todos os colegas e funcionários.

À ECO 2010 por todos os anos de convivência, frustrações, lamentações, risadas, amizades e campos.

Gostaria de agradecer imensamente às Sodinas (Bala, Flora, Kanela e Pits), por tudo que vivemos e por tudo que ainda iremos viver juntas.

À Madrugas (Paks, Terts, Zeca e Demorô), por terem me acolhido tão bem nos primeiros anos de graduação e por manterem essa amizade ainda que limitada pela distância até hoje.

À MOB (Gorfo, Gabilon e todos os outros moradores) por sempre me receberem bem e me tratarem como “da casa”.

Um agradecimento especial pra chinesa mais brasileira que conheço (Zhu!) por todas as risadas e quase choros no GEECAS.

À todos que não foram citados nominalmente, mas que de alguma forma estiveram na minha vida ao longo dessa graduação.

À você leitor(a) que escolheu esse TCC para ler.

E por fim agradeço principalmente à minha família (Flores e Inhasz) que me ajudaram psicologicamente e financeiramente ao longo desses anos de graduação.

Dedico esse TCC à Ecologia!

RESUMO

A distribuição e a abundância das macrófitas aquáticas são determinadas por diversos fatores que limitam a ocorrência e o crescimento destes vegetais. Vários estudos sobre ecologia de macrófitas aquáticas têm sido realizados na bacia hidrográfica do Rio Itanhaém devido à grande abundância e riqueza de espécies de macrófitas aquáticas de água doce e salobra com diferentes formas de vida nos trechos de rios localizados na planície costeira. A macrófita aquática alvo deste estudo é a *Limnobium laevigatum* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Heine que pode crescer enraizada nas margens dos rios ou flutuantes livres em locais com maior profundidade. Os objetivos deste trabalho são: (a) gerar um mapa de distribuição de *L. laevigatum* na planície costeira da bacia do rio Itanhaém; (b) verificar a existência de diferenças na abundância de *L. laevigatum* nos diferentes bancos desta espécie; (c) identificar quais são as variáveis abióticas responsáveis pela distribuição e a abundância de *L. laevigatum* na planície costeira. Para gerar o mapa de distribuição os principais rios da planície costeira foram percorridos em fevereiro de 2013 e em abril de 2015 e os locais de ocorrência foram georreferenciados. Nos locais de ocorrência foram coletadas amostras do vegetal para determinação da biomassa e teores de nitrogênio e fósforo na biomassa. Além disso foram feitas medidas de temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e turbidez e coletas de água e sedimento para a determinação de nitrogênio e fósforo totais. Aos valores de biomassa foi aplicada uma Análise de Variância para verificar a existência de diferenças significativas entre os locais de ocorrência. Aos valores das variáveis abióticas foi aplicada uma Análise de Componentes Principais e aos dados bióticos uma Análise de Componentes Principais. Os resultados obtidos mostraram maior quantidade de locais de ocorrência em 2015 (10) em comparação com 2013 (4). A condutividade elétrica, fósforo no sedimento e fósforo na água são as variáveis que estão mais relacionadas a abundância da espécie. Foi observada uma tendência de maiores valores de biomassa total, volume e comprimento de raiz em locais com maiores concentrações de fósforo. No entanto, *L. laevigatum* pode ocorrer em locais com pequenas disponibilidades de fósforo. A salinidade pode ser um fator que limita a ocorrência desta espécie.

Palavras-chave: Macrófita aquática, água preta, água branca, fósforo total, condutividade elétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVO.....	8
3 MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1 ÁREA DE ESTUDO	9
3.2 CARACTERÍSTICAS DA MACRÓFITA <i>Limnobium laevigatum</i>	11
3.3 DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE <i>L. laevigatum</i>	12
3.4 COLETA E ANÁLISE EM LABORATÓRIO DE VARIÁVEIS ABIÓTICAS	13
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS	14
3.5.1 <i>L. laevigatum</i>	14
3.5.2 <i>Variáveis abióticas</i>	15
4 RESULTADOS.....	16
4.1 DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE <i>L. laevigatum</i>	16
4.2 VARIÁVEIS ABIÓTICAS	22
5 DISCUSSÃO	25
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

O termo “macrófita aquática” é definido de acordo com o Glossário de Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (JUNQUEIRA & SOMMERHÄUSER, 2014) “como plantas aquáticas cujas espécies são geralmente identificáveis a olho nu e desenvolvem brotos segmentados funcionais”. De acordo com essa definição, esse grupo de seres vivos compreende formas macroscópicas de vegetais aquáticos, englobando organismos como: macroalgas, musgos, pteridófitas e angiospermas, que habitam desde ambientes de inundação sazonal até ambientes verdadeiramente aquáticos.

Esses vegetais vivem em lagos, represas, brejos, rios, ambientes salobros como estuários e, ambientes salgados como baías e recifes de corais (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008; ESTEVES & THOMAZ, 2011), além de serem encontrados também em fitotelmos, sendo estes definidos segundo Fish (1983) como depósitos de água pluvial armazenados em estruturas de plantas terrestres, tais como folhas modificadas, axilas foliares, flores, frutos e cavidades e depressões no caule.

As macrófitas aquáticas são classificadas de acordo com sua forma de vida (grupo ecológico ou tipo biológico) o qual reflete sua adaptação ao meio aquático, estes grupos ecológicos são: macrófitas submersas enraizadas, submersas livres, enraizadas com folhas flutuantes, emergentes e flutuantes (ESTEVES & THOMAZ, 2011).

Esses organismos são importantes produtores de biomassa nos ecossistemas aquáticos servindo de base da cadeia alimentar. Esses vegetais atuam no controle do metabolismo de rios e lagos, pois influenciam na ciclagem de nutrientes com importação de matéria particulada e dissolvida, na qual agem diretamente nas características limnológicas dos ambientes aquáticos (BIANCHINI JR. *et al.*, 2002; TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008; THOMAZ & CUNHA, 2010).

Outra função ecológica desses seres é na colaboração do aumento da biodiversidade e na estrutura do habitat em ecossistemas aquáticos em que estão presentes (BORNETTE & PUIJALON, 2009; BORNETTE & PUIJALON, 2011) podendo contribuir para a heterogeneidade espacial, complexidade e estabilidade do ecossistema, aumentando a quantidade de nichos ecológicos que afetam a riqueza e abundância de diversos organismos aquáticos. Além disso podem interferir

diretamente na dinâmica do ecossistema e na manutenção do equilíbrio ecológico dos locais em que são encontradas. (THOMAZ & CUNHA, 2010; KOVALENKO *et al.*, 2012; CUNHA *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2013). Alguns estudos mostram que as macrófitas podem ser bioindicadoras de conectividade de ambientes lóticos e lênticos (MONÇÃO *et al.*, 2012); de ambientes aquáticos modificados por pressões antrópicas (RIIS *et al.*, 2000; LACOUL & FREEDMAN, 2006; GARCÍA-SÁNCHEZ *et al.*, 2012; MARZINA *et al.*, 2014); de integridade biótica (MURRAY-HUDSON *et al.*, 2012; VONDRACEKA *et al.*, 2014) e de integridade ecológica (ÖZKUNDAKCI *et al.*, 2013). Além disso, para uma escala espacial menos abrangente, a variação da composição das assembleias de macrófitas aquáticas pode determinar, por sua vez, os padrões de diversidade de outras assembleias biológicas. (THOMAZ & BINI, 2003).

Os resultados de estudos sobre ecologia de macrófitas aquáticas colaboram para conservação da biodiversidade e para a gestão de recursos hídricos. Diante desta realidade, entender a distribuição e abundância das macrófitas no ambiente, não só contribui para a importância ecológica destas plantas, nos locais em que ocorrem, mas também para a manutenção da biodiversidade e para benefícios à sociedade humana (BORNETTE & PUIJALON, 2009; HENRY-SILVA *et al.*, 2010; ESTEVES, 2011; BORNETTE & PUIJALON, 2011).

A distribuição e a abundância das macrófitas aquáticas são determinadas por diversos fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento desses vegetais, dentre eles: características climáticas, espaços livres entre outras plantas, ação de herbívoros e fatores que podem afetar todas as formas de vida de macrófitas (ESTEVES & THOMAZ, 2011). A composição dos sedimentos como, por exemplo, a granulometria, a quantidade de nutrientes e de matéria orgânica, influencia principalmente as macrófitas enraizadas. A radiação subaquática é um fator que influencia principalmente plantas submersas, enquanto a velocidade da corrente de água e disponibilidade de nutrientes na água influenciam principalmente as macrófitas flutuantes (BIANCHINI JR, 2003; ESTEVES & THOMAZ, 2011). Além disso, a competição interespecífica, afeta de forma negativa a sobrevivência e o crescimento de determinada espécie, independente do grupo ecológico de macrófita, devido à exploração dos recursos do ambiente por uma segunda espécie (BEGON *et al.*, 2006).

Vários estudos sobre ecologia de macrófitas aquáticas têm sido realizados na bacia hidrográfica do Rio Itanhaém devido à grande abundância e riqueza de espécies de água doce e salobra, de diferentes formas de vida, que ocorrem nos trechos de rios localizados na planície costeira. Podemos destacar os estudos recentes realizados por Amorim et al (2015), que avaliou o efeito de espécies de macrófitas dominantes, uma invasora e uma nativa, sobre a diversidade de espécies de outras macrófitas aquáticas e o estudo de Nunes (2015) que avaliou o efeito da competição sobre a distribuição de duas espécies de macrófitas na região estuarina. Esta bacia hidrográfica está localizada no litoral sul do Estado de São Paulo e possui uma área de aproximadamente 950 Km², é considerada a segunda maior bacia, em área, da costa paulista (a primeira é a Bacia do Rio Ribeira do Iguapé). A maior parte da bacia hidrográfica encontra-se no município de Itanhaém, porém esta abrange outros municípios como Peruíbe, Monguagá, Praia Grande, São Vicente e São Paulo (CAMARGO et al, 2002).

A macrófita aquática alvo deste estudo é *Limnobium laevigatum* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Heine, uma espécie nativa das Américas Central e do Sul (POTT & POTT, 2000; AMARAL et al, 2008). Esta espécie pode crescer enraizada nas margens dos rios, ou em locais onde a profundidade não ultrapasse 30 cm, entretanto, em sua maioria são encontradas como flutuantes livres em muitos ambientes aquáticos continentais de água doce (FASSET, 1972; COOK & URMI-KÖNIG, 1983).

2 OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho são:

- (a) Gerar um mapa de distribuição de *Limnobium laevigatum* ao longo planície costeira da bacia do rio Itanhaém.
- (b) Verificar a existência de diferenças na abundância de *L. laevigatum* nos diferentes bancos desta espécie.
- (c) Identificar quais são as variáveis abióticas responsáveis pela distribuição e a abundância de *L. laevigatum* na planície costeira da bacia do Itanhaém.

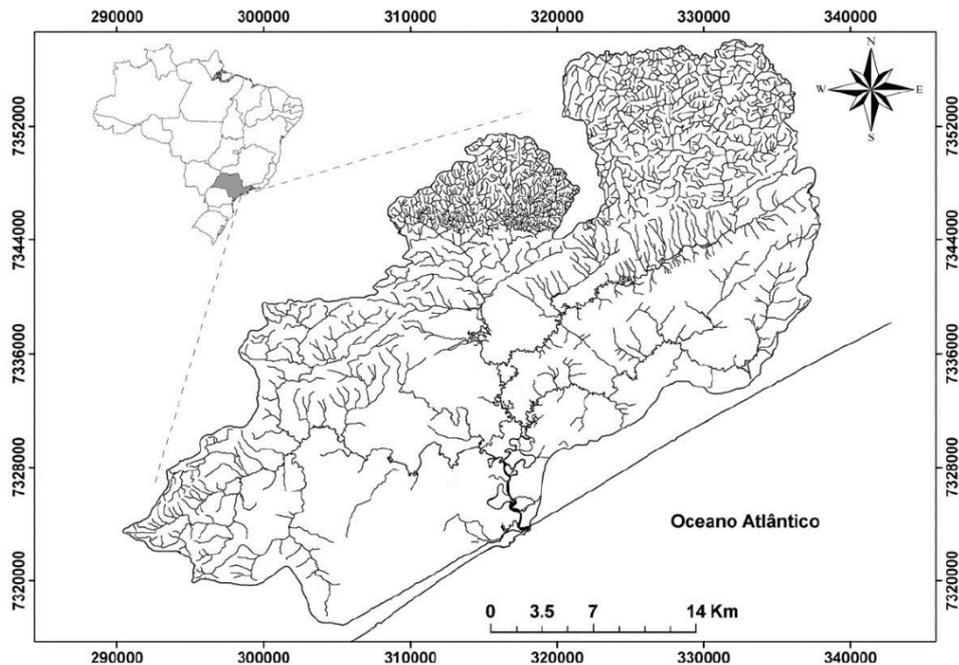
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A região de Itanhaém possui um clima que é classificado de acordo com o sistema de Köeppen como Cfa, subtropical úmido com verão quente e inverno brando, sem meses secos (CAMARGO et al, 2002). A maior parte da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém está localizada na planície costeira que se estende por cerca de 16 Km desde a escarpa da Serra do Mar até a linha de costa (Figura 1). Uma característica da bacia hidrográfica na planície costeira é apresentar rios meandricos que promovem áreas de deposição e remanso as quais favorecem a ocupação e o desenvolvimento das macrófitas aquáticas CANCIAN (2012). Outra característica é a ocorrência de diferentes tipos de águas, tais como: salobra, preta, clara e branca (CAMARGO et al, 2002). Com a finalidade de facilitar a avaliação e interpretação dos resultados, a área de planície costeira pode ser subdividida em três partes: superior, intermediária e inferior como já determinado em estudos realizados por CANCIAN (2012). A porção superior da planície costeira é caracterizada exclusivamente pela presença de água doce em função do terreno mais elevado e os rios possuem maiores velocidades de corrente e maior declividade das margens. As águas claras, encontradas nessa porção, apresentam a maior porcentagem de saturação de oxigênio (em média 98,2%). A vegetação predominante é de Mata Atlântica e de Mata Atlântica de encosta nas áreas da Serra do Mar. O rio Branco, que apresenta águas barrentas com um valor intermediário de saturação de oxigênio (78,6% em média), percorre grande parte de sua extensão na porção superior e posteriormente na porção intermediária da Planície Costeira (CAMARGO et al, 2002). A porção intermediária da planície costeira estende-se dos 5 km até 10 km de distância da linha de costa. Nessa região o sistema hidrológico é composto em sua maioria por água doce, apresentando pouca ou nenhuma influência de salinidade. O rio Preto percorre a maior parte de sua extensão na planície costeira e apresenta água de cor escura decorrente da presença de ácidos orgânicos (CAMARGO et al, 2002). Os rios, nessa porção, estão sujeitos ao regime de marés, que influencia o nível de água, sua vazão e movimentação e fluxo de água. Nessa região predomina a vegetação de restinga diferenciando-se da restinga da porção inferior por apresentar vegetação mais adensada e de maior porte (CANCIAN, 2012). A porção inferior da planície costeira se estende por cerca de 5

km desde o a linha de costa e é uma região caracterizada por grande influência marinha. O sistema hidrológico nessa região é fortemente influenciado pelo regime de marés, apresentando grande mistura de água doce e salgada sendo possível observar um gradiente de salinidade nos rios. O rio Itanhaém apresenta características estuarinas e é formado pela confluência dos rios Preto e Branco. A vegetação da região é tipicamente estuarina predominando a vegetação de manguezal e de restinga (CANCIAN, 2012). O sedimento é o resultado da interação de todos os processos que ocorrem em um ecossistema lacustre. São classificados em sedimentos orgânicos, quando seu teor de matéria orgânica é maior do que 10 % da massa seca e em sedimentos minerais, quando há baixo teor de matéria orgânica. Na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais o sedimento é o compartimento que apresenta maior concentração de nutrientes (ESTEVEVES & CAMARGO, 2011). Entre a Serra do Mar e os terraços arenosos pleistocênicos de Itanhaém ocorre uma ampla faixa de sedimentos argilosos, ricos em matéria orgânica. A ocorrência de mangues na planície está restrita à foz dos rios: Preto e Itanhaém, onde são encontrados sedimentos argilo-arenosos (CAMARGO, 2002).

Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do rio Itanhaém no litoral sul do Estado de São Paulo. Coordenadas em UTM, datum SAD69.



Fonte: Cancian (2012)

3.2 CARACTERÍSTICAS DA MACRÓFITA *Limnobium laevigatum*

A macrófita aquática *L. laevigatum* (Figura 2) pertence à família Hydrocharitaceae, e é uma monocotiledônea totalmente aquática, composta por 18 gêneros e cerca de 120 espécies (CHEN et al, 2012). *L. laevigatum* possui folhas robustas, arredondadas ou cordifoliadas e com um aerênquima adaxial estruturado que contém o ar, o que facilita sua flutuação (FASSET, 1972; COOK & URMI-KÖNIG, 1983; JOLY, 2002). Esses vegetais apresentam flores unisexuadas na mesma planta, seu período de floração acontece entre os meses de maio a fevereiro (POTT & POTT, 2000). As raízes desta espécie são delicadas, longas, finas e cobertas por tricomas em quantidade e tamanho suficientes para deixá-las com um aspecto gelatinoso quando retiradas da água, pois retêm líquido entre si (FASSET, 1972; COOK & URMI-KÖNIG, 1983).

Figura 2- Macrófita aquática *Limnobium laevigatum*.



Fonte: Link da internet:

http://www.calipc.org/ip/management/plant_profiles/Limnobium_laevigatum.php

Acessado em 23/09/2015

3.3 DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE *L. laevigatum*

Para avaliar a distribuição de *L. laevigatum* na planície costeira, os principais rios foram percorridos no mês de fevereiro de 2013 e de abril de 2015. Para percorrer os rios, foi utilizado um barco que se deslocou lentamente acompanhando as margens. Os locais de ocorrência da espécie foram georeferenciados (GPS Garmin map 62sc) e posteriormente plotados em uma carta base da bacia hidrográfica elaborada por CANCIAN (2012). Com esses dados de georreferenciamento um mapa de distribuição, comparando-se os dois anos de georreferenciamento, foi elaborado usando-se o software livre Quantum Gis 2.8. Os bancos de *L. laevigatum* encontrados, em 2015, foram medidos e sua área total (m^2) foi estipulada. Para obtenção da biomassa total ($gMS.m^{-2}$) as amostras da macrófita foram coletadas em triplicata, utilizando-se quadrado de tubo de PVC com 25 x 25 cm de lado ($0,0625m^2$) (Figura 3). As amostras foram pesadas (massa fresca) e colocadas em estufa a $60^\circ C$ até massa constante (cerca de 5 dias) obtendo-se assim a massa seca ($gMS.m^{-2}$). O comprimento máximo de raiz (cm), o volume da raiz (g/L) e os diâmetros da lâmina foliar e do pecíolo foram medidos (cm). As amostras foram divididas em fração aérea (folha e pecíolo) e fração submersa (raiz e rizoma) para análise de fósforo e nitrogênio total na biomassa. Para as análises de fósforo total e nitrogênio total da biomassa utilizou-se os métodos descritos em ALLEN et al (1974). Para o cálculo da área da lâmina foliar e do pecíolo considerou-se a folha como um objeto circular (equação a) e o pecíolo um objeto cilíndrico (equação b), desta forma, as fórmulas utilizadas para os cálculos foram:

- Área do círculo: $A1 = \pi \cdot r^2$ (a)
- Área do cilindro: $A2 = 2 \cdot [\pi \cdot r (h+r)]$ (b)
- Área total: $A1 + A2$ (c) onde: A= área; r= raio; h=altura.

Figura 3- Coleta das amostras de *L. laevigatum* em um banco no rio Preto através de quadrado de 0,0625m².



Fonte: Foto da autora

3.4 COLETA E ANÁLISE EM LABORATÓRIO DE VARIÁVEIS ABIÓTICAS

Com a finalidade de caracterizar as áreas em que os bancos de *L. laevigatum* foram encontrados em 2015, foram coletadas simultaneamente amostras de sedimento, em frascos plásticos de 80 mL, e amostras de água, em garrafas plásticas de 500 mL, ambos em triplicatas. *In situ* foram medidas as variáveis abióticas: condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), turbidez (NTU), pH (sonda multiparâmetros Horiba) e oxigênio dissolvido (mg/L e %) (YSI 55 Dissolved Oxygen Instrument modelo 55- 12Ft). Em laboratório foi realizada a determinação da porcentagem de matéria orgânica dos sedimentos através de queima em forno mufla e as determinações de PT e NT utilizando o método de Allen et al (1974). Para a determinação das concentrações de nitrogênio total, nitrito e nitrato na água utilizou-se o método descrito em Mackereth et al. (1978), para determinação de N-amoniacal

utilizou-se o método descrito em Koroleff (1976) e para ortofosfato e fósforo dissolvido o método descrito em Golterman et al. (1978).

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS

3.5.1 *L. laevigatum*

Para testar a existência de diferenças da biomassa total nos diferentes bancos da macrófita foi aplicada uma Análise de Variância (ANOVA one way) e a *posteriori* o teste de Tukey usando-se o programa Prism (versão 5.0, GraphPad Software, Inc). Antes da aplicação da ANOVA foram testados os pressupostos de normalidade e homogeneidade da variância de acordo com Gotelli (2011). Uma análise multivariada de agrupamento foi realizada com os dados bióticos para gerar um dendrograma (representação de um agrupamento hierárquico dos resultados), utilizando-se a correlação de Pearson e uma matriz euclidiana, para evidenciar os fatores que podem determinar a formação de grupos. As análises de agrupamento são baseadas na similaridade ou dissimilaridade (distância) entre grupos, sendo que a similaridade entre estes consiste na falta de independência entre eles (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012). Uma análise de agrupamento tem como vantagem reconhecer que objetos são suficientemente similares para serem colocados em um mesmo grupo e também identificar distinções ou separações entre grupos de objetos (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012). O agrupamento é uma operação da análise multidimensional que consiste em particionar a coleção de objetos ou descritores. A classificação dos objetos resultados pode ser incluída em partições simples ou vários grupos hierárquicos de objetos ou descritores, dependendo do modelo selecionado de agrupamento, (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012). Para avaliar qual componente está mais relacionado à distribuição da espécie, uma Análise de Coordenadas Principais (PcoA- Principal Coordinates Analysis), análise multivariada de ordenação, também foi aplicada ao dado biótico e posteriormente correlacionada com os dados abióticos.

3.5.2 Variáveis abióticas

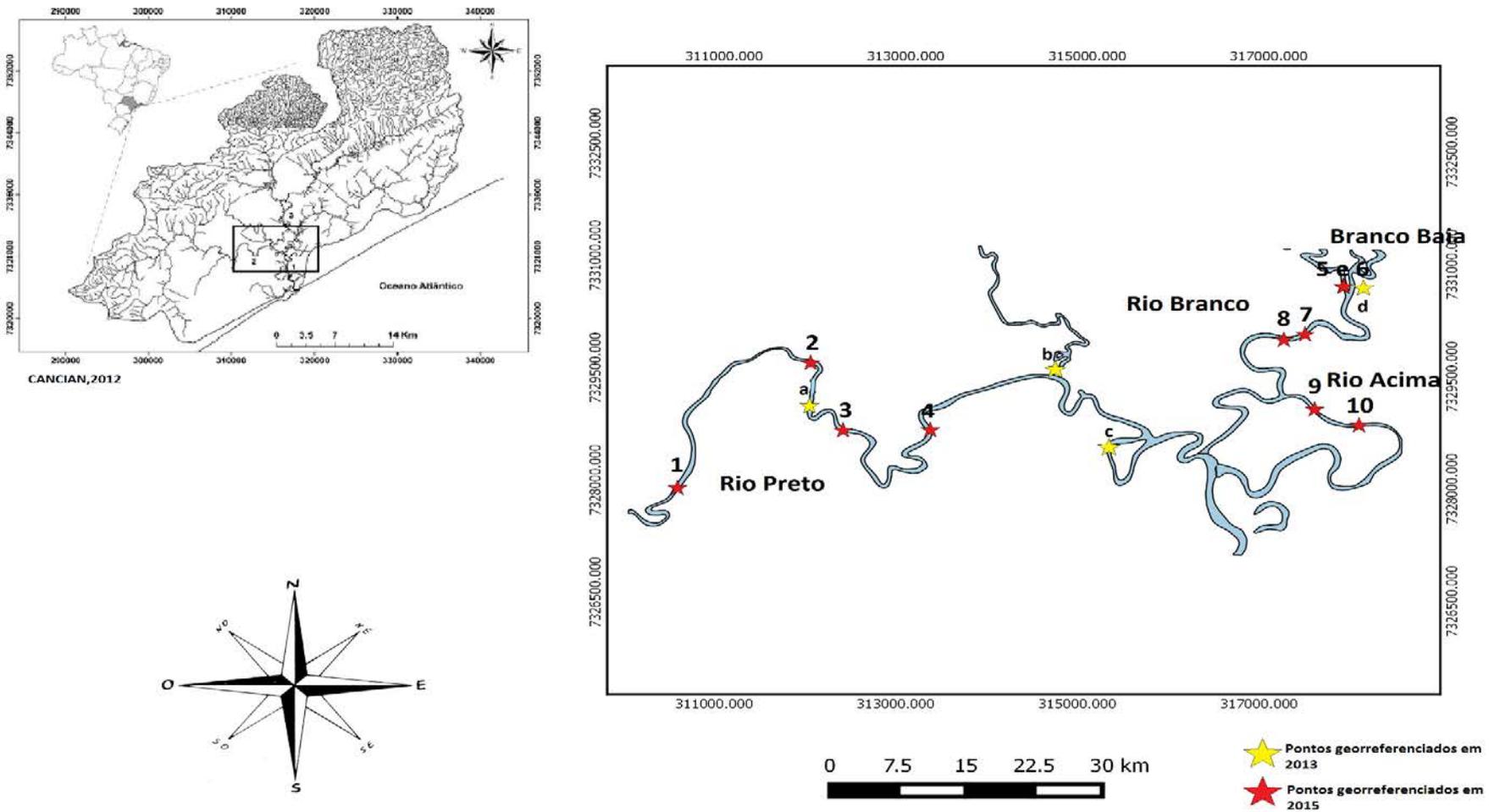
Para avaliar qual fator ambiental está mais relacionado com a diferença entre os locais encontrados, aplicou-se uma Análise de Componentes Principais (PCA- Principal Components Analysis) aos dados abióticos. Após essa análise de ordenação foi aplicado um modelo linear simples aos resultados encontrados para verificar a existência de relação significativa entre os eixos obtidos na PCA e PCoA. Essas análises foram realizadas através do software livre R versão 3.2.2. Optou-se por essas análises estatísticas, pois elas possuem dois objetivos primários, sendo eles: a) reduzir várias variáveis para um número menor de variáveis derivadas que adequadamente resumem a informação original e podem ser usadas para análises posteriores e b) através dessas análises é possível observar padrões nos dados, que poderiam não ser encontrados analisando-se os dados separadamente (QUINN & KEOUGH, 2002). A definição de ordenação, segundo Legendre & Legendre (2012) é a disposição de unidades (objetos) em alguma ordem. Em ecologia, diversos descritores são usualmente observados para cada objeto em estudo e plotar os dados em um gráfico com tantas variáveis torna difícil a interpretação e visualização de todas as dimensões, por isso, a ordenação é geralmente utilizada para estudar posições relativas dos objetos no espaço reduzido, representatividade é geralmente em duas ou três dimensões (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012).

4 RESULTADOS

4.1 DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE *L. laevigatum*

No ano de 2013 foram encontrados quatro locais de ocorrência da espécie, sendo três deles localizados no rio Preto e um no rio Branco, em uma área de remanso. Em 2015 foram encontrados dez locais de ocorrência (Figura 4) em diversos ambientes sendo estes de águas pretas, brancas ou de mistura dos dois tipos de água. Os locais de ocorrência têm características de ambientes lóticos ou de áreas de remanso localizadas nos rios Preto, Branco, Branco Baia e rio Acima. Todos os bancos de *L. laevigatum* continham outras espécies de macrófitas aquáticas, tais como, *Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta* e *Eichhornia azurea* (Figura 5).

Figura 4- Locais de ocorrência de *L. laevigatum* na planície costeira da bacia do rio Itanhaém. a, b, c e d locais de ocorrência em 2013 e números de um a dez locais de ocorrência em 2015. Coordenadas em UTM, datum SAD69, carta base extraída de CANCIAN, 2012.



Fonte: Mapa elaborado pela autora

Figura 5- Bancos de *L. laevigatum* contendo também outras espécies de macrófitas aquáticas, como por exemplo, *Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta* e *Eichhornia azurea*.



Fonte: Fotos da autora

Os bancos com a ocorrência de *L. laevigatum* em 2015 possuíam dimensões que variaram de pequenos ($<10 \text{ m}^2$) a grandes ($\pm 100 \text{ m}^2$) (Tabela 1) com quatro deles localizados no rio Preto, dois no rio Branco, dois no Branco Baia e dois no rio Acima. Os maiores valores de biomassa total ($1093,01 \pm 405,59 \text{ gMS.m}^{-2}$) foram obtidos no Branco Baia (local 5 e 6), bem como, o maior comprimento de raiz (77,3 cm). Os menores valores foram obtidos no rio preto (local 2) ($185,28 \pm 28,73 \text{ gMS.m}^{-2}$) e no rio Acima (local 10) ($182,98 \pm 24,68 \text{ gMS.m}^{-2}$) (Tabela 2). Os valores significativamente maiores de biomassa total ($p < 0,001$) foram observados no local 5 e os menores foram observados nos locais um, dois, três, quatro e nove (Figura 6). Com o resultado do dendrograma, cujo coeficiente cofenético foi de 0,93, foi possível identificar dois conjuntos de locais onde as características da macrófita mais diferem entre si, sendo estes o conjunto de locais de um a quatro, localizados no rio Preto e o conjunto de locais cinco e seis, localizados no Branco Baia (Figura 7). Os maiores valores de fósforo total na fração aérea foram encontrados nas macrófitas coletadas

nos locais 7 e 8, enquanto os maiores valores de fósforo total na fração submersa foram encontrados em plantas coletadas nos locais 9 e 10. Quanto ao nitrogênio total, os maiores valores obtidos foram em plantas coletadas nos locais de 1 a 4 para a fração aérea e 5 e 6 para a fração submersa (Tabela 3). O resultado da análise de ordenação por PCoA revelou que o primeiro eixo das coordenadas é o responsável por 94,11% de toda variação biológica dos dados bióticos amostrados (Tabela 4).

Tabela 1- Dimensões métricas dos bancos de macrófitas aquáticas encontrados em 2015. Os valores são referentes somente a área de *L. laevigatum*.

Local	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Área (m ²)	48	8,75	25	48	+100	+100	20	22	+100	+100

Tabela 2- Valores médios e desvio padrão de massa seca total, volume, comprimento da maior de raiz e área foliar de *L. laevigatum*, nos locais aonde a macrófita foi coletada. Legenda: 1 a 4 = Rio Preto; 5 a 6 = Branco Baia; 7 a 8 = Rio Branco e 9 a 10 = Rio Acima.

Local	Biomassa total (gMS.m ⁻²)	Volume de raiz (mL)	Comprimento máximo raiz (cm)	Área foliar (cm ³)
1	282,66 ± 71,64	145 ± 60,83	56,6 ± 5,15	23,02 ± 6,14
2	185,28 ± 28,73	110 ± 10	60,7 ± 12,99	14,18 ± 2,09
3	270,24 ± 107,73	168,33 ± 31,75	53,9 ± 0,96	10,16 ± 3,54
4	318,88 ± 33,87	128,33 ± 20,2	49,3 ± 2,15	19,12 ± 4,26
5	1093,01 ± 405,59	316,66 ± 104,16	69,86 ± 6,71	18,04 ± 5,41
6	811,2 ± 186,2	466,66 ± 208,16	77,3 ± 1,74	14,43 ± 4,04
7	472,53 ± 84,97	101,66 ± 25,16	39,93 ± 4,16	11,65 ± 3,39
8	436,37 ± 65,21	105 ± 27,83	25,5 ± 6,87	13,74 ± 3,15
9	496,42 ± 64,53	136,66 ± 40,41	53,56 ± 6,68	20,71 ± 6,29
10	182,98 ± 24,68	68,33 ± 32,14	42,76 ± 2,88	12,29 ± 3,4

Figura 6 - Média e desvio padrão da biomassa total das amostras coletadas onde, $F=10,81$ e $R^2= 0,82$. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,001$). Legenda: 1 e 4 = Rio Preto; 5 e 6 = Branco Baia; 7 e 8 = Rio Branco e 9 e 10 = Rio Acima.

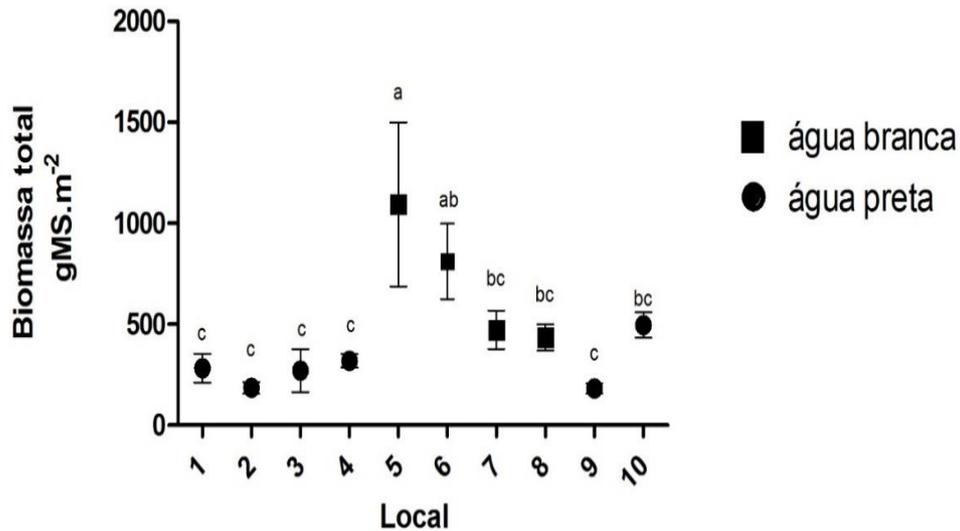


Figura 7- Agrupamento dos locais de coleta de acordo com a similaridade das variáveis bióticas (biomassa, comprimento e volume de raiz e área foliar) de *L. laevigatum*. Legenda: 1 e 4 = Rio Preto; 5 e 6 = Branco Baia; 7 e 8 = Rio Branco e 9 e 10 = Rio Acima. Os locais circulados são os menos similares entre si.

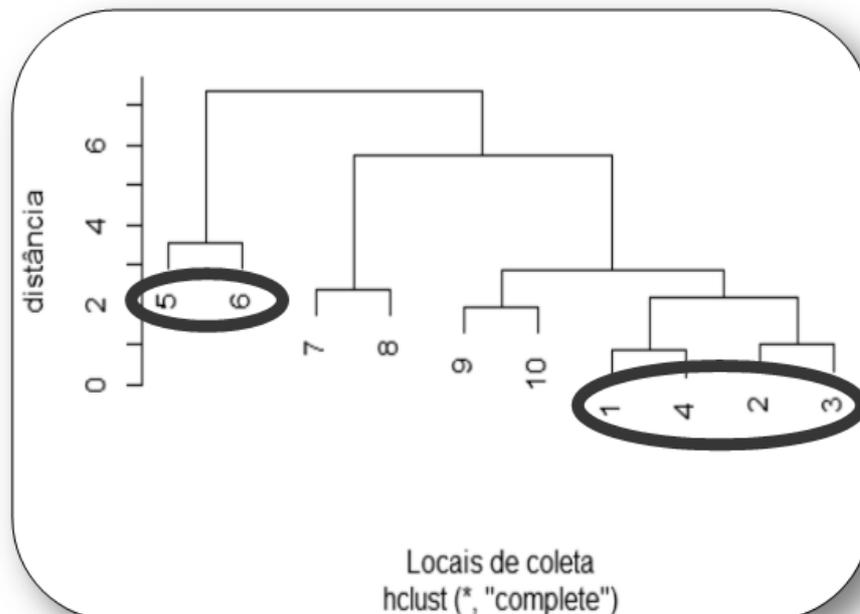


Tabela 3- Média e desvio padrão de Fósforo e Nitrogênio total das frações aéreas, submersa de *L. laevigatum*.

Local	PT da fração aérea (% MS*)	PT da fração submersa (% MS)	NT da fração aérea (% MS)	NT da fração submersa (% MS)
1	0,084 ± 0,0049	0,067± 0,002	1,866 ± 0,446	1,25 ± 0,05
2	0,084 ± 0,0049	0,067± 0,002	1,866 ± 0,446	1,25 ± 0,05
3	0,084 ± 0,0049	0,067 ± 0,002	1,866 ± 0,446	1,25 ± 0,05
4	0,084 ± 0,0049	0,067 ± 0,002	1,866 ± 0,446	1,25 ± 0,05
5	0,067 ± 0,002	0,064 ± 0,009	1,601± 0,712	1,361 ± 0,179
6	0,067± 0,002	0,063 ± 0,009	1,601 ± 0,712	1,361 ± 0,179
7	1,791 ± 0,053	0,004 ± 0,105	0,105 ± 0,001	1,105 ± 0,008
8	1,791 ± 0,053	0,004 ± 0,105	0,105 ± 0,001	1,105 ± 0,008
9	0,108 ± 0,0006	1,891 ± 0,078	1,891 ± 0,078	1,214 ± 0,061
10	0,1088 ± 0,0006	1,847± 0,031	1,85 ± 0,031	1,179 ± 0,009

*% em massa seca

Tabela 4: Eixos e escores da PCoA.

Local	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
1	-225,392	-20,3635	-21,7167
2	-374,884	-44,3324	27,0913
3	-263,999	-86,7357	34,82086
4	-180,014	9,474174	-7,9863
5	862,4686	77,39728	22,66104
6	484,9722	-211,389	-21,5803
7	23,80812	96,70264	6,965336
8	-20,3444	85,99095	-37,1215
9	-363,701	29,73792	-7,59435
10	57,08473	63,51755	4,46057

4.2 VARIÁVEIS ABIÓTICAS

Os dois primeiros eixos da PCA (Figura 8) explicaram 67,88% da variação dos dados abióticos sendo, a condutividade, PT no sedimento, PT na água e pH as variáveis que mais influenciaram na ordenação dos locais de amostragens. A tabela 5 mostra os resultados dos loadings e em destaque estão as variáveis com maiores valores de correlação com os eixos. A tabela 6 mostra as médias e desvio padrão destas variáveis em cada local de coleta. A condutividade e fósforo total na água foram maiores no rio Acima e menor no rio Preto. O valor de pH mais ácido foi observado no rio Preto e valor menos ácido no Rio Branco. Os valores de fósforo total no sedimento foram maiores no rio Acima seguido pelo rio Branco. Após realizar uma análise estatística com um modelo linear simples, onde a variação biológica (resumida pelo eixo um da PCoA) foi modelada em função da maior variação abiótica (resumida pelo eixo um e dois da PCA) obteve-se um valor de $p=0,0345$, $R^2=0,6178$ e $F=5,65$ o que indica que há uma relação significativa entre as variáveis bióticas e abióticas.

Figura 8- PCA com os valores médios das variáveis abióticas: nitrogênio e fósforo total do sedimento; pH, condutividade elétrica (cond), oxigênio dissolvido (oxd), temperatura (temp), turbidez (turb), N-amoniaco (Nam), nitrogênio total (Nt), nitrito (ni), nitrato (nit), ortofosfato (Port), fósforo dissolvido e fósforo total da água.

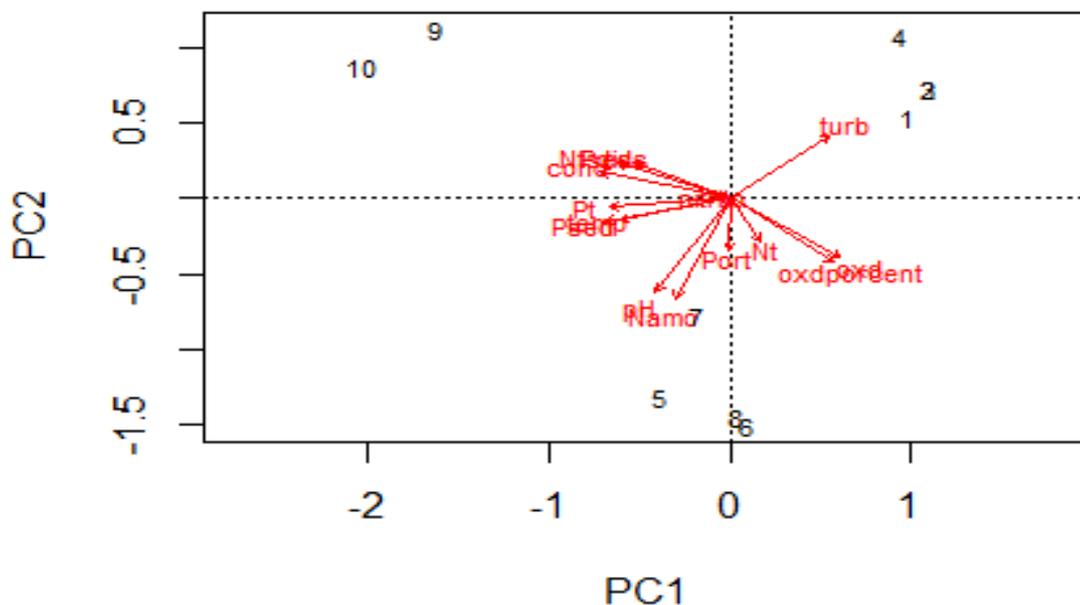


Tabela 5- Loadings das variáveis originais nos eixos de 1 a 3.

Variáveis	PC1	PC2	PC3
Nitrogênio total no sedimento	-0,734	0,277	0,079
Fósforo total do sedimento	-0,812	-0,178	0,044
pH	-0,486	-0,773	-0,105
Condutividade elétrica	-0,846	0,208	0,080
Turbidez	0,643	0,489	0,257
Oxigênio dissolvido	0,670	-0,492	0,298
Temperatura	0,716	-0,454	0,255
Nitrito	-0,724	-0,171	0,430
Nitrogênio amoniacal	-0,092	0,009	0,792
Nitrogênio total na água	-0,363	-0,736	-0,002
Orto-fosfato	0,193	-0,338	-0,740
Fósforo dissolvido	-0,006	-0,403	0,418
Fósforo total na água	-0,636	0,277	0,013
Fósforo total na água	-0,791	-0,068	-0,126

Tabela 6- Média e desvio padrão das variáveis abióticas que mais influenciam a distribuição da *L. laevigatum* na Bacia do Rio Itanhaém.

Locais	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$)	Fósforo total na água ($\mu\text{g}/\text{L}$)	pH	Fósforo total no sedimento (%MS*)
1	0,02	23,16 \pm 9,63	4,71 \pm 0,05	0,02 \pm 0,01
2	0,02	19,12 \pm 9,63	4,62 \pm 0,05	0,011 \pm 0,01
3	0,02	19,12 \pm 9,63	4,62 \pm 0,05	0,011 \pm 0,01
4	0,02	39,365 \pm 9,63	4,58 \pm 0,05	0,032 \pm 0,01
5	0,037 \pm 0,004	42,53	5,72 \pm 0,13	0,067 \pm 0,003
6	0,03 \pm 0,004	42,53	5,91 $\pm\pm 0,13$	0,063 \pm 0,003
7	0,03	73,50 $\pm 3,41$	5,88 \pm 0,02	0,056 \pm 0,017
8	0,03	78,33 \pm 4,41	5,91 \pm 0,02	0,031 \pm 0,017
9	0,069 \pm 0,42	78,23 \pm 23,33	5,28 \pm 0,11	0,08
10	0,095 \pm 0,42	111,23 \pm 23,33	5,44 \pm 0,11	0,08

*% em massa seca

5 DISCUSSÃO

Comparando-se a ocorrência de *L. laevigatum* em 2013 com a ocorrência em 2015 observou-se que houve aumento de seis locais de ocorrência (2,5 vezes) dessa espécie na planície costeira. Em 2013 a ocorrência da espécie estava limitada ao rio Preto (três locais) e ao Branco Baia. Em 2015 a macrófita foi encontrada em quatro locais no rio Preto, três locais no rio Branco e em dois locais distintos no rio Acima. A área de ocorrência em 2015 se expandiu um pouco para montante no rio Preto e em direção à foz da bacia, mas permaneceu aproximadamente na mesma região da planície costeira. As causas do aumento de locais de ocorrência podem ser a movimentação de água na bacia. Em bacias hidrográficas costeiras os rios podem se movimentar tanto no sentido cabeceira-foz, como no sentido inverso nos períodos de marés enchentes (SOUZA & COUTO, 2002). *L. laevigatum* foi encontrada exclusivamente na sua forma flutuante na bacia do rio Itanhaém, o que permite seu deslocamento tanto para áreas superiores quanto inferiores e a ocorrência de galhos, troncos ou espécies emergentes servem de ancoradouro para espécies flutuantes (BIANCHINI et al, 2010). As condições favoráveis ao crescimento da espécie nos locais em que esta se ancorou, sejam estes: águas brancas, pretas, ambientes lóticos, áreas de remanso e/ou com diferentes concentrações de nutrientes, permitem a formação de bancos. Com apenas duas avaliações não podemos concluir se esta espécie está em expansão na planície costeira ou se a ocorrência em mais ou menos locais se deve a variações temporais cíclicas.

De acordo com Esteves & Thomaz (2011), para espécies flutuantes livres, os principais fatores abióticos que limitam sua distribuição são as concentrações de nutrientes e a movimentação e fluxo de água. Outros estudos sobre a distribuição de espécies de macrófitas aquáticas mostram que algumas espécies possuem uma distribuição bastante ampla por outro lado para outras espécies essa distribuição é um pouco mais restrita (BINI et al, 1999; CARVALHO et al, 2009). De fato, os resultados de Camargo & Biudes (2006) indicam que a distribuição de duas espécies flutuantes, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*, é determinada principalmente pela concentração de fósforo na água. Neste estudo também realizado na Bacia Hidrográfica do rio Itanhaém os pesquisadores chegaram a conclusão de que a macrófita *P. stratiotes* ocorre em locais com maiores concentrações deste nutriente,

enquanto a *S. molesta* ocorre em locais cuja concentração de fósforo na água é menor. Por outro lado, os resultados de um estudo mais recente realizado por Victorio (2009) sobre a ecologia de *P. stratiotes* e *S. molesta*, indicam que essas duas espécies podem ocorrer em um mesmo ambiente, porém para *P. stratiotes* o fósforo é considerado um fator que controla a sua ocorrência no ambiente. Sendo assim, para que esta espécie ocorra a concentração de fósforo deve ser maior. Neste contexto, *L. laevigatum* possui características semelhantes à de *S. molesta* e responde aos fatores abióticos de forma similar podendo ocorrer em ambientes que possuam concentrações variadas, altas ou baixas, de fósforo. Provavelmente, *L. laevigatum* possui menores necessidades de nutrientes o que permite seu crescimento mesmo em ambientes com pequenas concentrações de nutrientes na água, como o rio Preto. No entanto, os maiores valores de biomassa total tendem a ser encontrados em locais cuja concentração de fósforo é maior.

De fato, uma variável abiótica que se mostrou relevante para explicar a diferença entre os locais de ocorrência da espécie foi o fósforo tanto do sedimento quanto na água. A concentração de fósforo na água pode ser um resultado da relação direta entre as concentrações de fósforo que está contida no sedimento que são liberados em condições de turbulência na água, ocasionada pelo vento e/ou pela velocidade da corrente (ESTEVES & THOMAZ, 2011). Trabalhos desenvolvidos em diferentes regiões do mundo tem mostrado que a concentração de fósforo é um fator importante para a distribuição e abundância de algumas macrófitas aquáticas (CLARKE & WHARTON, 2001; SCHNEIDER & MELZER, 2004; PULIDO *et al.*, 2012) tendo em vista que esses vegetais absorvem o fósforo dissolvido na água e este se torna uma importante fonte de nutriente utilizada para o crescimento desses organismos (ESTEVES & THOMAZ, 2011). Além disso, o aumento das concentrações de nutrientes dos ambientes aquáticos, já observada em alguns afluentes à jusante do rio Itanhaém, em outros pontos do estuário atuam sobre o metabolismo e desenvolvimento dos seres vivos (BIUDES & CAMARGO, 2006), sendo também um fator de seleção de espécies (BEGON *et al.*, 2006). Já foi demonstrado que, na planície costeira em estudo, o aumento da concentração de nutrientes, devido ao lançamento de esgotos domésticos, aumenta os valores de biomassa de *S. alterniflora* (Biudes & Camargo, 2006). Além disso, estes autores também demonstraram que no rio com maiores concentrações de nutrientes os teores de nitrogênio e fósforo na biomassa de *S. alterniflora* também foram maiores.

Os resultados obtidos no presente estudo também mostraram uma relação positiva entre as concentrações de nitrogênio e fósforo na água e sedimento com os teores na biomassa de *L. laevigatum*. De fato, nos locais 9 e 10 localizados no Rio Acima foram observadas as maiores concentrações de nitrogênio e fósforo na água, no sedimento e também os maiores teores destes dois elementos na biomassa submersa do vegetal. Os resultados de biomassa, volume e comprimento de raiz nos diferentes locais de ocorrência de *L. laevigatum*, além do tamanho dos bancos, mostraram que a abundância desta espécie é maior nos locais 5 e 6. Estes dois locais possuem maiores concentrações de fósforo na água e no sedimento em comparação com os locais do rio Preto. Além disso, estes pontos estão localizados em uma área de remanso do rio Branco (Branco Baia) que são locais em que o fluxo de água é menos intenso. Provavelmente os locais 5 e 6 sejam mais propícios para a formação dos bancos dessa macrófita. A abundância desta espécie possui uma tendência de ser maior quando a concentração de fósforo é maior e o fluxo de água foi menor, quando comparados os resultados obtidos no rio Preto com os do rio Branco.

A condutividade elétrica também teve grande correlação com o componente 1 da PCA e foi uma variável importante para agrupar os locais de coleta. Segundo Esteves et al (2011) a condutividade elétrica pode fornecer informações relevantes, tanto sobre o metabolismo do ecossistema aquático, como para explicar alguns fenômenos que possam ocorrer em uma bacia de drenagem. Os íons mais diretamente responsáveis pelos valores da condutividade elétrica em águas interiores são os macronutrientes tais como, cálcio, magnésio e potássio. Um estudo recente mostrou que a condutividade foi o fator mais importante na distribuição de macrófitas em lagos em diversas altitudes (CHAPPIUS et al., 2014). Provavelmente a condutividade representa uma pressão seletiva que ajuda a manter a diversidade e a manutenção das espécies nos ecossistemas (CHAPPIUS et al., 2014). Porém os valores da condutividade elétrica podem ser também utilizados para caracterizar a influência marinha sobre rios e lagoas costeiras (ESTEVES et al, 2011). Este é o caso de alguns rios da bacia hidrográfica do rio Itanhaém que podem sofrer influência direta de água marinha. Assim, a salinidade seria o fator limitante à distribuição das espécies na porção inferior do estuário enquanto que as características do canal seriam limitantes na porção superior (CANCIAN, 2012). O rio Acima recebe águas do rio Itanhaém, sendo que este possui grande influência

marinha (CAMARGO et al, 2002). Sabe-se também que durante o período de inverno nesse rio há um aumento da salinidade, o que provavelmente é um fator limitante para o crescimento de algumas espécies de macrófitas (CAMARGO & FLORENTINO, 2000). Neste contexto, relacionando-se os locais de ocorrência da espécie com as variáveis abióticas fósforo e condutividade foi possível observar que apesar da alta concentração de fósforo nos locais nove e dez, onde se esperava um maior valor de biomassa total, provavelmente a influência salina foi um fator limitante para o crescimento de *L. laevigatum*. Desta forma é possível inferir que provavelmente, exista uma tendência de se observar maiores valores de biomassa total em locais cuja concentração de fósforo é maior, com exceção de locais cuja salinidade seja um fator limitante. Sendo assim, fósforo provavelmente pode ser considerado uma variável abiótica que influencia a abundância desta espécie, no entanto, pequenas concentrações de fósforo não limitam a sua ocorrência.

No local 1 (Rio Preto) a área foliar foi maior do que a observada nos outros locais, porém os valores de biomassa foram os menores. Provavelmente, o tamanho da folha não esteja relacionado positivamente com as variáveis abióticas, mas sim com a quantidade de espaço livre entre as macrófitas. Esse fato pode ser explicado segundo Begon et al (2006), como resultado da competição intraespecífica. Em locais com grande disponibilidade de nutrientes o vegetal cresce mais e acumula mais biomassa, assim o espaço entre as folhas diminui e a área das folhas é menor. Em locais menos favoráveis ao crescimento a biomassa é menor e o espaço entre as folhas é maior levando ao aumento da área foliar.

Um ponto a ser citado é que os bancos encontrados de *L. laevigatum* não são monoespecíficos, em todos havia presença de outras macrófitas aquáticas como, por exemplo, de *P. stratiotes*, *S. molesta* e *E. azurea*, o que pode explicar a diferença das áreas de cada banco encontrado, pois segundo Milne et al (2007), *P. stratiotes* e *S. auricularia*, disputam recursos com a *L. laevigatum* e que a *L. laevigatum* é uma melhor competidora somente quando comparada a *S. auricularia*. Desta forma, além de fatores abióticos, o tamanho dos bancos de *L. laevigatum* pode ser influenciado pela competição que ocorre entre *L. laevigatum* e as outras espécies de macrófitas aquáticas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, S. E.; GRIMSHAW, H. M.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C. *Chemical Analysis of Ecological Materials*. Oxford: Blackwell, ISBN: 978-0632017423, 1974.

AMARAL, M. C. E., BITTRICH, V., FARIA, A. D., ANDERSON, L. O., AONA, L. Y. S., *Guia de Campo para Plantas Aquáticas e Palustres do Estado de São Paulo*, Ribeirão Preto, 452p, ISBN: 9788586699641, 2008.

AMORIM, S. R, UMETSU, C. A., TOLEDO, D., CAMARGO, A. F. M., Effects of a nonnative species of Poaceae on aquatic macrophyte community composition: A comparison with a native species 191-196 *Journal of Aquatic Plant Management – Volume 53*, 2015.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R; HARPER, J.L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. Blackwell Publishing, 2006.

Bianchini Jr., I. ; Cunha-Santino, M. B. ; Fushita, A. T. ; Almeida, D.A.A. ; Maia, A. . Monitoramento das macrófitas aquáticas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Estado de Tocantins, Brasil). *Augm Domus*, v. 2, p. 38-48, 2010.

BIANCHINI, I. JR.; PACOBAHYBA, L.D; CUNHA-SANTINO, M.B, Aerobic and anaerobic decomposition, of *Montrichardi arborescens* (L.) Schott. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 14, n. 3, p. 27 – 34, 2002.

BIANCHINI JR, I., Capítulo 4: Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas 85-126p. In THOMAZ, S. M. & BINI, M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**, Maringá: EDUEM, 341p, ISBN: 8585545909, 2003.

BINI, L. M. ; THOMAZ, S. M.; MURPHY, K. J.; CAMARGO, A. F. M. . Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*. *Hydrobiologia* (The Haguev. 415, p. 147-154, 1999.

BIUDES, J. F. V ; CAMARGO, A. F. M. . Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the basin of the River Itanhaém (SP, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 66, n.2, p. 781-789, 2006.

BORNETTE, G.; PUIJALON, S, *Macrophytes: Ecology of Aquatic Plants*. In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 10.1002/9780470015902.a0020475, 2009.

BORNETTE, G.; PUIJALON, S. Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquat Sci*. vol. 73, p. 1–14. DOI: 10.1007/s00027-010-0162-7, 2011.

CAMARGO, A. F. M. ; BIUDES, J. F. V. . Influence of limnological characteristics of water in the occurrence of *Salvinia molesta* and *Pistia stratiotes* in rivers from the Itanhaém River Basin (SP, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, v. 18, n.2, p. 239-246, 2006.

CAMARGO, A. F. M., PEREIRA, L. A., PEREIRA, A.M.M., Capítulo 12: Ecologia da bacia hidrográfica do Rio Itanhaém. In: Alexandre Schiavetti; Antonio Fernando Monteiro Camargo. (Org.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações**. 1ed. Ilhéus: Editus-Editora da UESC, v. 1, 239-256p, 2002.

CANCIAN, L. F., Elaboração de modelos preditivos para ocorrência de macrófitas aquáticas na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, litoral Sul-paulista, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG), Tese de Doutorado, UNESP-Rio Claro, 90p, 2012.

CARMOUZE, J. P., Caracterização dos ciclos do C, N, e P por modelos de compartimentos múltiplos. In: **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. Editora Edgard Blücher: FAPESP, p. 39-50, 1994.

CARVALHO, P. ; BINI, L. M.; Diniz-Filho, J.A.F.; MURPHY, K. J. . A macroecological approach to study aquatic macrophyte distribution patterns. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 21, p. 169-174, 2009.

CARVALHO, P.; THOMAZ, S.M.; KOBAYASHI, J.T.; BINI, L.M, Species richness increases the resilience of wetland plant communities in a tropical floodplain. *Austral Ecology*. vol. 38, p. 592–598. DOI: 10.1111/aec.12003, 2013.

CHAPPUIS, E.; GACIA, E.; BALLESTEROS, E., Environmental Factors Explaining the Distribution and Diversity of Vascular Aquatic Macrophytes in a Highly Heterogeneous Mediterranean Region. *Aquatic Botany*. vol. 113, p. 72–82. DOI: 10.1016/j.aquabot.2013.11.007, 2014.

CHEN, L.Y., CHEN, J.M., GITIRU, R.W, WANG, Q.F, Generic phylogeny, historical biogeography and character evolution of the cosmopolitan aquatic plant family Hydrocharitaceae, *BMC Evolutionary Biology* 12-30p, 2012.

CLARKE, S.J.; WHARTON, G. Sediment nutrient characteristics and aquatic macrophytes in lowland English rivers. *Sci. Total Environ*. vol. 266, p. 103-112. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00754-3, 2001.

COOK, C.,D.,K. & URMI-KÖNIG, K., A revision of de genus *Limnobium* including *Hydromystria* (Hydricharitaceae) , *Aquatic Botany*, 17, 1983.

CUNHA, E.R.; MICHELAN, T.S.; KOVALENKO, K.E.; THOMAZ, S.M. Flying over water: how on bird species diversity” influenced aquatic ecology. *Hydrobiologia* 685:19–26 DOI: 10.1007/s10750-011-0859-1, 2012.

ESTEVEZ, F.A., FIGUEIREDO-BARROS, M.P., PETRUCIO, M.M, CAP. 17 Principais Cátions e Ânions In: **Fundamentos de limnologia**, 3ªed., Rio de Janeiro, 836p, ISBN:9788571932715, 2011.

ESTEVEES, F.A. & THOMAZ, S. M, Cap 23. Comunidade de Macrófitas Aquáticas In: **Fundamentos de limnologia**, 3ªed., Rio de Janeiro, 836p, ISBN:9788571932715, 2011.

FASSET, N.C., *A manual of aquatic plants*, 405p, ISBN: 9780299014544, 1972.

FISH, D. Phytotelmata; flora and fauna. In: FRANK, J.H. & LOUNIBOS, L.P. Phytotelmata: terrestrial plants as hosts for aquatic insect communities. Medford: Plexus. p.1-27, 1983

GARCÍA-SÁNCHEZ, M.; PÉREZ-RUZAFÁ, I.M.; MARCOSA, C.; PÉREZ-RUZAFÁ, A., Suitability of benthic macrophyte indices (EEI, E-MaQI and BENTHOS) for detecting anthropogenic pressures in a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, Spain). **Ecological Indicators**. vol. 19, p. 48–60. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.07.023, 2012.

GOLTERMAN, H. L.; CLYNO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M., *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. 2 ed. Blackwell, Oxford, ISBN: 9780632004591, 1978.

GOTELLI, N. J., **Princípios de estatística em ecologia**; Porto Alegre: Artmed, 527p. ISBN: 9788536324326, 2011.

HENRY-SILVA, G.G.; MOURA, R.S.T.; DANTAS, L.L.O, Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2010, vol. 22, no. 2, p. 147-156. DOI: 10.4322/actalb.02202004, 2010.

KOVALENKO, K.E.; THOMAZ, S.M.; WARFE, D.M. Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia*. v. 685, p. 1-17, 2012.

LACOUL, P., FREEDMAN, B., Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Environ. Rev.* vol. 14, p. 89–136. DOI: 10.1139/a11-016, 2006.

LEGENDRE, P., LEGENDRE, L., **Numerical Ecology**, 3 ed., ISBN: 9780444538680, 2012.

MARZINA, A.; ARCHAIMBAULT, V.; BELLARD, J.; CHAUVIN, C.; DELMASB, F.; PONT, D., Ecological assessment of running waters: Do macrophytes, macroinvertebrates, diatoms and fish show similar responses to human pressures? *Ecological Indicators*. vol. 23, p. 56–65. DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.03.010, 2012.

MACKERETH, F. I. F.; HERON, J.; TALLING, J. F, *Water analysis: some revised methods for limnologists*. London: Freshwater Biological Association, 1978.

MORI, G., B., Distribuição de macrófitas aquáticas em relação a um gradiente ambiental na bacia do rio Itanhaém, SP, Dissertação de mestrado, UNESP- Rio Claro, 96p, 2014.

MILNE, J.M., LANG, P., MURPHY, K.J., Competitive interactions between *Salvinia auriculata* Aubl., *Limnobium laevigatum* (Humb. and Bonpl. ex Willd.) Heine, and other free-floating aquatic macrophytes under varying nutrient availability. *Fundam. Appl. Limnol.* 169 a 176p, 2007.

MONÇÃO, F.S.; SANTOSA, A.M. DOS, SANTOSA; BINI, L.M., Aquatic macrophyte traits and habitat utilization in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Aquatic Botany.* 102 50– 55. DOI: 10.1016/j.aquabot.2012.04.008, 2012.

NUNES, L.S.C; Variação temporal da biomassa e da composição química da macrófita aquática *Crinum procerum*. Trabalho de Conclusão de Curso. UNESP Rio Claro, 2012.

ÖZKUNDAKÇIA, D.; HAMILTONA, D.P.; KELLY, D.; SCHALLENBERG, M.; WINTONF, M.; VERBURG, P.; TROLLE, D., Ecological integrity of deep lakes in New Zealand across anthropogenic pressure gradients. *Ecological Indicators.* vol. 37, part A, p. 45–57. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.10.005, 2014.

PEREIRA, L., Análise ambiental da bacia do rio Itanhaém baseada na relação entre aspectos limnológicos com fisiografia, uso da terra e sistema hidrológico - SP. 2002. 78 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

POTT, V. J.& POTT, A., **Plantas Aquáticas do Pantanal**, Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuário do Pantanal (Corumbá MS), 404p, ISBN:8573830913, 2000.

PULIDO, C.; SAND-JENSEN, K.; LUCASSEN, E.C.H.E.T.; ROELOFS, J.G.M.; BRODERSEN, K.P.; PEDERSEN, O., Improved prediction of vegetation composition in NW European softwater lakes by combining location, water and sediment chemistry. *Aquat. Sci.* vol. 74, p. 351-260. DOI: 10.1007/s00027-011-0226-3, 2012.

QUINN, G., P., & KEOUGH, M., J., Capítulo 17: Principal Components and correspondence analysis In: **Experimental Design and Data Dnalyse for Biologists**, 2002.

RIIS, T.; SAND-JENSEN, K.; VESTERGAARD, O, Plant communities in lowland Danish streams: species composition and environmental factors. *Aquat. Bot.* vol. 66, p. 255–272. DOI: 10.1016/S0304-3770(99)00079-0, 2000.

SCHNEIDER, S.; MELZER, A, Sediment and water nutrient characteristics in patches of submerged macrophytes in running waters. *Hydrobiologia.* vol. 527, p. 195-207. DOI: 10.1023/B:HYDR.0000043301.50788.36, 2004.

SCHULZ, M., KOZERSKI, H., P., PLUNTKE, T., RINKE, K., The influence of macrophytes on sedimentation and nutrient retention in the lower River Spree (Germany), *Water Research* 37 569–578 , 2003.

SOUZA, M. F. L & COUTO, E. C. G. Capítulo 10: Caracterização Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Piauí (SE) In: Alexandre Schiavetti; Antonio Fernando Monteiro

Camargo. (Org.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações**. 1ed. Ilhéus: Editus-Editora da UESC, v. 1, 239-256p, 2002.

THOMAZ, S. M. & BINI, L.,M., Capítulo 1 : Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**, Maringá: EDUEM, 341p, ISBN: 8585545909, 2003.

THOMAZ, S.M.; CUNHA, E.R, The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 22, n. 2, p. 218-236. DOI: 10.4322/actalb.02202011, 2010.

TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T., **Limnologia**, Oficina de Textos, São Paulo, 632p, ISBN: 9788586238666, 2008.

VILELA, T., R., 2012, Distribuição da macrófita aquática *Cyperus giganteus* Vahl. na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, litoral sul do Estado de São Paulo 23p, Trabalho de Conclusão de Curso, UNESP Rio Claro.

VICTÓRIO, S.S, Interação Ecológica entre duas espécies de macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* (Michell), Dissertação de Mestrado, Unesp- Rio Claro, 2009

VONDRACEKA, B.; KOCHB, J.D.; BECKB, M.W. A comparison of survey methods to evaluate macrophyte index of biotic integrity performance in Minnesota lakes. *Ecological Indicators*. vol.36, p. 178–185. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.07.002, 2014.