
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: BIOLOGIA VEGETAL

DINÂMICA POPULACIONAL DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS EMERSAS

***Spartina alterniflora* LOISELEUR, *Crinum procerum* CAREY E
Scirpus californicus STEUD, NA BACIA DO RIO ITANHAÉM, SP.**

KELLY SAITO LOPES BONOCCHI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Biologia Vegetal).

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro de 2006

DINÂMICA POPULACIONAL DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS EMERSAS

***Spartina alterniflora* LOISELEUR, *Crinum procerum* CAREY E**

***Scirpus californicus* STEUD, NA BACIA DO RIO ITANHAÉM, SP.**

KELLY SAITO LOPES BONOCCHI

Orientador: ***PROF. DR. ANTONIO FERNANDO M. CAMARGO***

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Biologia Vegetal).

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro de 2006

Dedico

Aos meus amores incondicionais

Mariê e Evandro

a minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de tornar pública minha gratidão a todos aqueles que, de uma ou outra maneira, contribuíram para a concretização do presente trabalho, em especial:

- *Ao Professor Antonio Fernando Monteiro Camargo, meu reconhecimento sincero por aceitar orientar-me desde a graduação, quando conheci lugares maravilhosos nas coletas em Itanhaém, passando vários momentos divertidos e de muito aprendizado (vou guardar para sempre em minha memória...) e por ser meu “cupido”, apresentando-me, na época, meu futuro marido Evandro; agradeço também o apoio em todos os momentos de minha formação profissional, os ensinamentos de vida e, principalmente, a paciência por todos esses anos e por acreditar em mim. Meu eterno agradecimento!*
- *Ao técnico e grande amigo Carlos Fernando Sanches, por tornar nossas coletas em campo e análises laboratoriais muito mais divertidas, por mostrar que nas coisas simples é que encontramos a felicidade, pelo seu coração gigante e alma iluminada;*
- *A toda equipe: Alexandre (Cotó), Anete, Anelise, Evandro, Gustavo, José Pedro, Lúcio (Lobinho), Luciana, Maria Carolina (Carol), Marion, Maura, Paulo Lima, Paulo Pereira, Raquel, Roberto e Roseli pelos auxílios em campo, trocas de experiências, pela convivência e pelas risadas;*
- *Aos membros titulares da banca examinadora pela leitura criteriosa da dissertação e pelas valiosas sugestões;*
- *Ao Prof. Dr. Roberto Goitein pela colaboração;*
- *Ao colega Paulo Lima pelo auxílio nas análises de sedimento;*
- *A todos os professores e funcionários do Depto. de Ecologia e Botânica;*

- *A Catalina, Heloísa, Ruth e Sandra da seção de pós-graduação pela atenção concedida;*
- *Aos meus colegas de graduação pelos momentos únicos e inesquecíveis que deixam saudades;*
- *Aos meus colegas Michele, Vitor, Fabrício, Gaúcho, Vinícius, Flávio, Cristiane e Liliam, da Botância;*
- *A CAPES pelo auxílio financeiro nas coletas;*
- *Ao Governo do Estado de São Paulo, em especial a FUNDESP, pelo auxílio e incentivo à Formação Continuada;*
- *A minha mais profunda gratidão aos meus pais e exemplos Rubens e Célia pela educação, por nunca deixarem faltar nada em casa, principalmente amor e carinho, pelos conselhos, pelo “colinho” e aconchego de casa, por amarem e ajudarem a cuidar da Mariê desde seus primeiros dias de vida, enfim, por serem uma bênção diária em minha vida; Este título é pra vocês, meus “mestres”!!!!!!*
- *Aos meus amados irmãos: Christian (valeu pela ajuda na redação do abstract!), Mayra (obrigada por suas orações!), Johnny e Joyce, que sempre estão prontos para ajudar, pela alegria de quando estamos juntos, pela saudade de quando estamos longe e pela união que vem de outras vidas;*
- *A todos meus antepassados, em especial aos meus amados avós Shigekazu (in memorian) & Toshiko (in memorian), Rubens (in memorian) & Florinda (in memorian) por darem, através de suas simplicidade, amor, paciência, dedicação e dignidade que conduziram suas vidas, toda a estrutura sólida, cheia de amor e união que nossa família desfruta;*
- *Aos meus tios e “2^{os} pais”: Laura, Luzia, Mário, Ricardo e Rosemary pelo amor, cuidado e carinho que nunca me faltaram; por me espelhar na pessoa de vocês;*

- *Aos cunhados e "irmãos" queridos Aline, Ângela, Rogério e Sandro por fazerem parte da minha família, por fazerem meus irmãos felizes (conseqüentemente, a mim também!!!), por nossas afinidades e por aceitarem as brincadeiras...*
- *Também agradeço a toda família de meu marido, Bonocchi & Sant'Anna por serem muito atenciosos, prestativos, por todos momentos de alegria e farra que passamos juntos, enfim, por me acolherem como uma filha;*
- *Meu reconhecimento muito mais que especial ao Evandro, meu marido, amigo e companheiro por fazer parte da minha vida, pelas incansáveis ajudas em campo e em laboratório, na escrita deste trabalho, nos afazeres de casa e, finalmente, pela conclusão deste trabalho, me incentivando a todo momento a não desistir do Mestrado. Agradeço pelo maior e melhor de todos os presentes - o perfume mais cheiroso, a jóia mais rara e preciosa, a flor mais bela - nossa filha **Mariê**!!!!!!!*
- *À minha princesinha **Mariê** por ter realizado meu sonho de ser mãe, por preencher tantos corações, pelo prazer de tê-la em meus braços, pela paz que transmite ao dormir, pela ternura do seu olhar e sorriso, por realizar a cada dia algo novo e engraçadinho e pelos muitos momentos que deixamos de estar juntas para conclusão deste trabalho. Muito obrigada filha por me fazer enxergar, ainda mais, como a natureza é perfeita, sentindo-me parceira de Deus!*

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

Cora Coralina

“O mundo é a oficina. O corpo é a ferramenta. A existência é a oportunidade. O dever a executar é a missão a cumprir”.

Emmanuel

“... E se não houver frutos, valeu a beleza das flores; se não houver flores, valeu a sombra das folhas e se não houver folhas, valeu a intenção da semente”.

Henfil

ÍNDICE

	Página
1) RESUMO	1
2) ABSTRACT	2
3) INTRODUÇÃO	3
3.1) AS ESPÉCIES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS.....	7
3.2) ÁREA DE ESTUDO	11
3.3) OBJETIVOS	17
4) MATERIAL E MÉTODOS	18
5) RESULTADOS	22
5.1) BANCOS MONOESPECÍFICOS.....	22
5.2) BANCO PLURIESPECÍFICO.....	35
6) DISCUSSÃO	43
7) CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
8) LITERATURA CITADA	53

1) RESUMO

Resumo: Dinâmica populacional das macrófitas aquáticas emersas *Spartina alterniflora* Loiseleur, *Crinum procerum* Carey e *Scirpus californicus* Steud na bacia do rio Itanhaém, SP. O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica de populações de três espécies de macrófitas aquáticas emersas, *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum* e *Scirpus californicus*, tanto em bancos monoespecíficos (localizados no rio Itanhaém, rio Acima e rio Branco, respectivamente) quanto em um banco pluriespecífico (localizado no rio Itanhaém). Foram fixados 5 quadrados de 0,25 m² em cada banco e, mensalmente (entre agosto/2000 a junho/2001), contados os números de folhas verdes, folhas senescentes, folhas jovens, inflorescências e altura de cada espécie. Paralelamente, foram estudadas algumas variáveis limnológicas da água e do sedimento. Foram observadas variações sazonais em algumas das variáveis, tanto das biológicas quanto das limnológicas. Nos bancos monoespecíficos, *S. alterniflora* e *C. procerum* apresentaram maior número de folhas verdes na primavera e verão (indicando serem estes os períodos favoráveis ao seu desenvolvimento) e maiores quantidades de folhas senescentes durante o outono (indicando ser este o período desfavorável); *S. californicus* não apresentou variação significativa durante o período estudado. No banco pluriespecífico os valores de todas as variáveis biológicas foram menores do que nos monoespecíficos indicando que, provavelmente, ocorreu competição entre as espécies; o padrão sazonal de *S. alterniflora* e *C. procerum* pareceu ser inversamente proporcional, o que evitaria a exclusão competitiva das espécies; o padrão sazonal de *S. californicus* foi concordante com o observado no banco monoespecífico. Provavelmente, as temperaturas mais baixas do inverno limitem o crescimento de *S. alterniflora* e *C. procerum*, enquanto que as maiores temperaturas do verão favoreçam seus desenvolvimentos. A salinidade também é um importante fator limitante às espécies, uma vez que os bancos monoespecíficos das espécies estão localizados ao longo de um gradiente de salinidade; devido a isto se sugere o uso destas espécies como bioindicadoras de salinização da bacia hidrográfica do rio Itanhaém.

Palavras-chave: Macrófitas aquáticas, *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum*, *Scirpus californicus*, Itanhaém, dinâmica populacional, limnologia.

2) ABSTRACT

Abstract: Populational dynamics of emergent aquatic macrophytes *Spartina alterniflora* Loiseleur, *Crinum procerum* Carey and *Scirpus californicus* Steud in Itanhaem River basin, Itanhaem/SP-Brazil. The purpose of this research was to study the populational dynamics of three species of emergent aquatic macrophytes, *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum* and *Scirpus californicus*, both in single-species stands (located at Itanhaem River, Acima River and Branco River, respectively) and a mixed-species stand (located at Itanhaem River). 5 quadrats of 0,25 m² were fixed in each stand and, monthly (between august, 2000 to june, 2001), counted the number of green leaves, dying leaves, young leaves, flowering and height of each species. In parallel, some limnological variables of water and sediment were studied. Seasonal variations in some of the variables were observed, both biologic and limnologic. In the single-species stands, *S. alterniflora* and *C. procerum* showed higher numbers of green leaves in spring and summer (pointing out to be the favorable seasons to their development) and higher numbers of dying leaves in autumn (pointing out to be the unfavorable season); *S. californicus* did not show a significant variation on the biometrical data during the studied period. In the mixed-species stand the values of all biologic variables were lower, indicating that, probably, there was competition among the species; the seasonal pattern of *S. alterniflora* and *C. procerum* apparently was inversely proportional, which would avoid competitive exclusion of the species; the seasonal pattern of *S. californicus* was the same that observed on the single-species stand. Probably, the lowest temperatures during winter limit the growth of *S. alterniflora* and *C. procerum* while the highest values of temperature in summer allow their development. Due to the mono specific stands from these species are located along a salinity gradient, it's suggested the use of those species as bio-indicators of salinity in the Itanhaem River basin.

Key-words: Aquatic macrophytes, *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum*, *Scirpus californicus*, Itanhaém, populational dynamics, limnology.

3) INTRODUÇÃO

A dinâmica de populações analisa as populações como sistemas em atividade e trata das influências ambientais sobre as populações e, por outro lado, trata das influências favoráveis ou adversas de membros da população, uns sobre os outros. O estudo da dinâmica de populações é importante, por exemplo, para a preservação da flora, para o controle de plantas daninhas e para seu cultivo (SOLOMON, 1980).

Os organismos conseguem viver somente dentro de seus limites de tolerância, ou seja, entre os limites inferiores e superiores de uma série de fatores ambientais (ODUM, 1988; ESTEVES, 1998). Um fator

é limitante quando uma variável ambiental, ou a combinação de variáveis, encontra-se em níveis sub-ótimos e impede os organismos de alcançarem plenamente seus potenciais bióticos, inibindo suas taxas de crescimento (GLOSSÁRIO, 1997).

As macrófitas aquáticas constituem uma das principais comunidades de ecossistemas límnicos por contribuírem para a diversidade biológica e por apresentarem elevada biomassa e alta produtividade (ESTEVES, 1998). Estes vegetais participam da ciclagem de nutrientes e são utilizados como fonte de alimento por diversos animais herbívoros e detritívoros. Além disso, fornecem abrigo para peixes, insetos aquáticos, moluscos e também suporte para o desenvolvimento do perifíton (SCREMIN-DIAS *et al.*, 1999).

No Brasil existem muitos ambientes aquáticos que são propícios ao crescimento de macrófitas aquáticas, tais como, lagos marginais de rios, áreas pantanosas, lagoas costeiras, represas e rios de planície com pequena velocidade de corrente (ESTEVES, 1998).

Estudos que visam avaliar quais são os fatores ambientais, como por exemplo, disponibilidade de nutrientes, radiação solar, velocidade de corrente, temperatura, salinidade e competição, que determinam a presença ou a ausência das macrófitas aquáticas são importantes, pois permitem identificar as condições favoráveis ou desfavoráveis a sua ocorrência e crescimento (CAMARGO *et al.*, 2003).

Do ponto de vista científico, a determinação dos fatores ambientais que controlam a biomassa de macrófitas aquáticas é importante considerando as teorias de dinâmica populacional (efeitos independentes ou dependentes da densidade, tipo de estocasticidade, dinâmica de metapopulação) e as teorias de ecologia de comunidades (influência de processos estocásticos ou determinísticos regionais ou locais) (THOMAZ & BINI, 1998).

Nas últimas décadas, os estudos sobre ecologia de macrófitas têm se intensificado devido à importância ecológica desta comunidade e também em decorrência da proliferação indesejada de algumas espécies em ambientes aquáticos submetidos a alterações antrópicas (PIETERSE & MURPHY, 1990).

Conhecendo as características do crescimento e o comportamento das macrófitas aquáticas, especialmente as bioindicadoras de impactos ambientais ou consideradas daninhas, é possível identificar a ocorrência de distúrbios ambientais ou prever e controlar o crescimento destes vegetais.

Porém, no Brasil, os estudos com macrófitas aquáticas ainda são relativamente escassos, principalmente tratando-se de ambientes lóticos e, os que abordam essas comunidades, dizem respeito a valores de biomassa, produtividade e composição química (RUBIM, 2004).

Visando um maior conhecimento sobre as macrófitas aquáticas em ambientes lóticos, este trabalho foi desenvolvido na bacia do rio Itanhaém, litoral sul de São Paulo. A bacia do rio Itanhaém vem sendo objeto de estudos limnológicos há vários anos, destacando-se os trabalhos de SCHIAVETTI (1991), LUCIANO (1992), SIQUEIRA (1993), CAMARGO *et al.* (1994), CAMARGO *et al.* (1996), CAMARGO *et al.* (1997), SANT'ANNA (1999), CAMARGO & FLORENTINO (2000), TONIZZA-PEREIRA (2002), HENRY-SILVA & CAMARGO (2003), RUBIM (2004), LEUNG & CAMARGO (2005), SANT'ANNA (2006), dentre outros.

Precisamente LOPES (1999) estudou, no rio Itanhaém, os fatores responsáveis pela coexistência entre as mesmas espécies de macrófitas aquáticas deste estudo, porém em apenas um banco pluriespecífico. Com base nos inventários realizados nesses estudos, verificou-se que na bacia do rio Itanhaém existem rios com diferentes tipos de água (brancas, pretas, claras e salobras) que percorrem grandes extensões da planície costeira e apresentam, em áreas de remanso, grande número de espécies de macrófitas aquáticas de diferentes tipos ecológicos: emersas, submersas enraizadas e livres, enraizadas com folhas flutuantes e flutuantes livres.

As espécies de macrófitas aquáticas escolhidas para esse estudo são do tipo ecológico emersa: *Spartina alterniflora* Loiseleur, *Crinum procerum* Carey e *Scirpus californicus* Steud; estas espécies foram selecionadas por ocorrerem tanto em bancos monoespecíficos quanto em pluriespecífico.

O estudo destas espécies, além de gerar conhecimento científico sobre estas macrófitas, já que pouco se sabe sobre seus aspectos ecológicos, pode contribuir para o entendimento da estrutura do ambiente onde se desenvolvem e identificar quais variáveis ambientais podem estar influenciando sua ocorrência e variação sazonal. Por ocorrerem ao longo de um gradiente de salinidade, podem ser bioindicadoras da salinização da bacia hidrográfica.

Portanto, os objetivos deste trabalho foram estudar a dinâmica populacional (via contagem demográfica indireta) destas três espécies de macrófitas aquáticas em ambientes lóticos da bacia, relacionar esta dinâmica com algumas variáveis limnológicas da água e do sedimento e verificar se houve interferência de fatores bióticos; concomitantemente, procurou-se identificar a ocorrência de variações sazonais nos fatores acima citados.

Os resultados obtidos foram trabalhados e são apresentados na forma de publicação científica.

3.1- As espécies de macrófitas aquáticas

Spartina alterniflora - Planta perene, pertencente à família Poaceae, de lâmina foliar plana, possuindo margens ásperas com pequenos pêlos e ápice acuminado, inflorescências em espiga, bissexual de 8 a 50 cm. Esta espécie pode ser encontrada em solos

alcalinos ou em água salobra na região temperada da América, na costa da Europa e África (COOK, 1974). No Rio Grande do Sul é encontrada associada a pântanos salgados e manguezais (IRGANG & GASTAL, 1996). Na bacia do rio Itanhaém é encontrada principalmente em águas sob influência marinha, com valores de salinidade variando de 0 a 3,75 - rio Branco e rio Itanhaém, respectivamente (TONIZZA-PEREIRA, 2002) (Fig. 1a).

Crinum procerum - Herbácea bulbosa da Ásia tropical, pertencente à família Amaryllidaceae, de 50-60 cm de altura, com roseta de folhas ornamentais, longas, carnosas, inflorescência sustentada por haste robusta, com numerosas flores brancas, formadas no verão; não tolera temperaturas muito baixas (COOK, 1974). No Rio Grande do Sul esta espécie é encontrada em ambientes com água salobra (IRGANG & GASTAL, 1996). Na bacia do rio Itanhaém ocorre em águas oligohalinas (salinidade variando de 0 a 0,048) (TONIZZA-PEREIRA, 2002) (Fig. 1b).

Scirpus californicus - Espécie higrófila, perene e rizomatosa, que se estende do sul dos Estados Unidos até a Patagônia (TUR & ROSSI, 1976). Pertence à família Cyperaceae, e possui rizomas horizontais robustos, caules lisos triangulares de cor verde-escura e folhas reduzidas às suas bainhas membranosas (BARROS, 1960). As hastes formadas no outono são floríferas, com inflorescência terminal. A produção de sementes é abundante, mas sua germinação é reduzida, e sua perpetuação se dá principalmente pela forma vegetativa (os rizomas) (TUR & ROSSI, 1976). Esta espécie é

dominante nos sistemas aquáticos da planície costeira do Rio Grande do Sul (HASS, 1996). *S. californicus* é encontrada na bacia do rio Itanhaém em águas euhalinas (salinidade variando de 0 a 3,75), nos rios Aguapeú (a montante da bacia), rio Branco e no rio Itanhaém (a jusante da bacia) (TONIZZA-PEREIRA, 2002) (Fig. 1c).

As espécies de macrófitas aquáticas anteriormente citadas estão distribuídas em **bancos monoespecíficos** ao longo de um gradiente de salinidade na bacia hidrográfica, desde a foz do rio Itanhaém até o rio Branco (Figs. 1a, 1b e 1c, 2a e 2b). Além disso, também são encontradas em um **banco pluriespecífico** no rio Itanhaém (cerca de 1 km a montante de sua foz) (Figs. 1d, 2a e 2b).



Figura 1: Bancos monoespecíficos de *Spartina alterniflora* no rio Itanhaém (a), de *Crinum procerum* no rio Acima (b) e de *Scirpus californicus* no rio Branco (c); banco pluriespecífico das três espécies no rio Itanhaém (d). Todos os bancos estão localizados na bacia do rio Itanhaém, Itanhaém/SP.

3.2 - Área de estudo

A bacia do rio Itanhaém (Fig. 2a) possui aproximadamente 930 km² de área. Localiza-se no litoral sul do estado de São Paulo, sudeste do Brasil, sendo considerada a segunda maior bacia hidrográfica, em área, do litoral paulista (apenas menor que a bacia do rio Ribeira do Iguape); abrange os municípios de Peruíbe, Mongaguá, Praia Grande, São Vicente, São Paulo e Itanhaém, pertencendo a este último a maior parte da área da bacia. É caracterizada como de médio porte e, segundo a classificação de Strahler, de sexta ordem. Sua localização está compreendida entre os paralelos 23°50' e 24°15' de latitude sul e entre os meridianos 46°35' e 47°00' de longitude a oeste de Greenwich (CAMARGO *et al.*, 2002).

A bacia está envolvida por duas regiões metropolitanas, a nordeste a Região Metropolitana da Baixada Santista e ao norte a Região Metropolitana da Grande São Paulo, que necessitam de grande quantidade de água para os abastecimentos doméstico e industrial. A parte superior da bacia, região de serra com altitudes entre 600 e 1000 metros, está contida dentro dos limites de uma Unidade de Conservação, o Parque Estadual da Serra do Mar tendo, portanto, a maioria das nascentes bem preservada. Na porção inferior da bacia está inserida a área urbana, intensamente ocupada, o que causa uma série de impactos antrópicos, dentre eles o lançamento de efluentes urbanos que causam alterações significativas nas características limnológicas dos rios que deságuam no estuário do rio

Itanhaém. A seção intermediária, localizada na planície costeira, está submetida a impactos menos intensos devido a grandes fazendas de cultivo de bananas, pequenas propriedades rurais com culturas de subsistência e mineração de areia no leito de alguns rios (SANT'ANNA, 1999; CAMARGO *et al.*, 2002).

A bacia do rio Itanhaém apresenta grande diversidade de tipos de águas, como preta, branca, clara e salobra (SETZER, 1966; CAMARGO *et al.*, 1997 (a)). As características físicas e químicas dos rios alteram-se de acordo com as diferentes áreas que os cursos d'água drenam, em relação à geologia, tipo de solo e vegetação circundante, assim como aos impactos antrópicos; precisamente as águas salobras ocorrem devido à influência de regimes de micro marés, marés com amplitude abaixo de 2 metros (SUGUIO, 1992 *apud* RUBIM, 2004; CAMARGO *et al.*, 1996; CAMARGO *et al.*, 1997 (a); CAMARGO *et al.*, 2002).

O regime climático influente nesta bacia hidrográfica, segundo a classificação de Köppen, é tipo Af (tropical super úmido, sem estação seca - porém com maior quantidade de chuvas no verão) nas zonas das baixadas litorâneas, passando para tipo Cfa (mesotérmico úmido sem estação seca, com verão quente) na serra costeira (IPT, 1981). A pluviosidade média anual é elevada na região (2000 mm a 2500 mm), permitindo assim o aparecimento de um grande número de rios (SETZER, 1966); a maior quantidade mensal de chuvas ocorre de dezembro a março (primavera e verão) (média de 244,7 mm) e a menor de junho a agosto (outono e inverno) (média de 98,3 mm) (Fig.

3). A umidade relativa do ar é superior a 80% durante todo ano devido à constante influência do oceano Atlântico e das massas de ar equatoriais e marítimas que atuam continuamente na região. A temperatura do ar apresenta máxima média em fevereiro (30,1°C) e mínima média em julho (15,2°C) (CAMARGO *et al.*, 2002).

Em relação à vegetação, a bacia é composta por diferentes associações. Na parte superior da bacia encontra-se a floresta pluvial – a Mata Atlântica, na seção média a transição da Mata Atlântica para restinga e a restinga propriamente dita e, na porção baixa, próxima à foz, encontram-se florestas de mangue (CAMARGO *et al.*, 1997 (b)).

Algumas nascentes dos rios da bacia do rio Itanhaém encontram-se no planalto e outras na serra. Após curta extensão percorrida com alta energia, atingem a planície costeira onde se observam rios meândricos, áreas alagadas, braços abandonados e baixa velocidade de corrente; a planície apresenta baixa declividade, com altitudes de apenas 3 m a 6 km da costa (CAMARGO *et al.*, 1997 (a)). Estas características permitem a ocorrência de várias espécies de macrófitas aquáticas de tipos ecológicos distintos que, freqüentemente, formam bancos monoespecíficos e pluriespecífico (LOPES, 1999).

O **rio Itanhaém** é formado pela confluência dos rios Preto e Branco; compreende a região estuarina da bacia hidrográfica, possuindo águas salobras (a salinidade chega a 3,75). É um rio de sexta ordem, possuindo 7 canais em uma área de drenagem com 26

km². Seu canal principal possui 6 km de extensão e, somado aos seus tributários, apresenta 17 km (CAMARGO *et al.*, 2002). Neste local foi estudado o banco monoespecífico de ***Spartina alterniflora*** (cerca de 500 m a montante da foz do rio Itanhaém - Figs. 1a, 2a e 2b) e o **banco pluriespecífico** (cerca de 1 km a montante - Figs. 1d, 2a e 2b).

O **rio Acima** é um nome localmente usado para denominar um canal meândrico de aproximadamente 6 km de extensão que se projeta do rio Branco até o rio Itanhaém, próximo ao encontro dos rios Branco e Preto. Esta região está localizada aproximadamente 5 km a montante da foz do rio Itanhaém e, portanto, sofre influência do regime de marés devido a uma variação no nível de água em períodos de 6 horas, e por apresentar águas oligohalinas em períodos de preamar (CAMARGO *et al.*, 1994). Neste ponto foi estudado o banco monoespecífico de ***Crinum procerum*** (Figs. 1b, 2a e 2b).

O **rio Branco** origina-se e percorre grande parte de sua extensão em terrenos pré-Cambrianos da Serra do Mar, em altitudes entre 600 e 800 metros, percorrendo posteriormente a planície costeira. Possui águas brancas (barrentas) e, de acordo com a classificação para os rios da região costeira do estado de São Paulo, é um rio de planalto; seu canal principal é de quinta ordem, sendo o de maior extensão da bacia (68 km) e com a segunda maior área de drenagem (289 km²); apresenta o maior número de canais (542) e a soma da extensão total desses canais é 630 km (CAMARGO *et al.*, 2002). Neste local foi estudado o banco monoespecífico de ***Scirpus californicus*** (Figs. 1c, 2a e 2b).



Figura 2: Imagem do satélite LANDSAT TM 5 da bacia do rio Itanhaém indicando os locais de coleta - escala 1:50.000 (a) e detalhes dos locais de coleta de dados nos bancos monoespecíficos e pluriespecífico - escala 1:25.000 (b). Disponíveis em: <http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/>. Acesso em: 21 jul.2005.

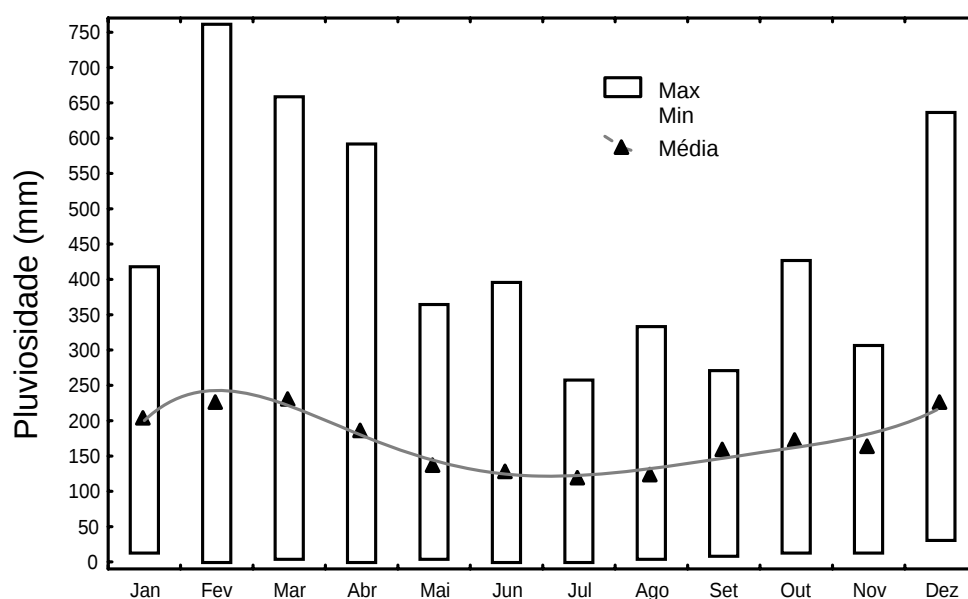


Figura 3: Média histórica dos totais mensais de chuva (milímetros) correspondente aos anos de 1938 a 1999 na estação meteorológica F3-005 localizada a 3 metros de altitude na bacia do rio Itanhaém. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br>>. Acesso em: 21 jul.2001.

3.3- Objetivos

Este estudo teve como objetivo responder as seguintes questões:

- As populações das macrófitas aquáticas emersas *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum* e *Scirpus californicus* variam sazonalmente em bancos monoespecíficos?
- As populações das macrófitas aquáticas emersas *S. alterniflora*, *C. procerum* e *S. californicus* variam sazonalmente em um banco pluriespecífico?
- Quais fatores ambientais (bióticos e abióticos) poderiam influenciar possíveis variações das populações de macrófitas nos bancos monoespecíficos e pluriespecífico?
- As espécies de macrófitas selecionadas neste trabalho podem ser bioindicadoras da salinização da bacia hidrográfica do rio Itanhaém?

4) MATERIAL E MÉTODOS

VARIÁVEIS BIOLÓGICAS

Nos locais de ocorrência das macrófitas aquáticas foram realizada contagens demográficas indiretas de *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum* (via número de folhas) e *Scirpus californicus* (via número de hastes, mas aqui consideradas como folhas para facilitar a explanação dos resultados) fixando-se 5 quadrados de 0,25 m² ao longo do transecto (mantidos durante o período de estudo), tanto em bancos monoespecíficos quanto pluriespecífico.

A área do quadrado foi escolhida com base em estudos anteriores, que mostraram ser de ampla utilização (como GOULDER, 1969; SMART, 1980; BROCK *et al.*, 1983; MENEZES, 1984; DICKERMAN & WETZEL, 1985; CANFIELD & DUARTE, 1988; NOGUEIRA, 1989; SILVA, 1990; CAMARGO, 1991; HAAS, 1996; TONIZZA-PEREIRA, 2002 e RUBIM, 2004). Em uma revisão de estudos publicados entre 1970 e 1984, DOWNING & ANDERSON (1985) encontraram que os ecólogos aquáticos têm usado uma grande variedade de tamanho de quadrados, com valor médio de 0,25 m².

Em cada quadrado foram determinados:

- Número de folhas verdes (mais de 50% da folha constituída de partes clorofiladas);
- Número de folhas senescentes (menos de 50% da folha constituída de partes clorofiladas);
- Número de folhas jovens (folhas verdes com até 0,25 m para *Spartina alterniflora* e *Crinum procerum* e folhas verdes com até 0,50 m para *Scirpus californicus*);
- Número de hastes com inflorescências;
- Altura (medida entre a interface sedimento-água até a porção mais distal) do indivíduo mais alto do quadrado (em metros).

As coletas de dados ocorreram entre agosto/2000 a junho/2001:

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

As variáveis limnológicas foram obtidas em tréplica (pontos superior, médio e inferior do banco de macrófitas em relação a montante do rio), em baixa-mar e preamar. As coletas foram realizadas em fevereiro 2001 (verão) e junho de 2001 (inverno).

Água: As amostras foram obtidas em sub-superfície (10 cm). Foram medidas diretamente nas estações de coleta a temperatura da água, a salinidade, a condutividade elétrica, a turbidez, o pH e o oxigênio dissolvido (O₂) utilizando o aparelho Horiba® Multi-Parameter Water Quality Monitoring System U-20 Series. Em cada réplica dos pontos de coleta, 1000 ml de água foram recolhidos em frascos plásticos previamente lavados com água destilada.

Em laboratório de campo foi determinada a alcalinidade total por titulometria (MACKERETH *et al.*, 1978). Os 500 ml restantes de água foram acondicionados em freezer a -20° C, sendo posteriormente transportados para o Laboratório de Ecologia Aquática (L.E.A.) - Departamento de Ecologia – Instituto de Biociências - Unesp - Campus Rio Claro – onde foram medidos o nitrogênio orgânico total (NO - total) (KJELDAHL segundo MACKERETH *et al.*, 1978) e o fósforo total (P-total) (GOLTERMAN *et al.*, 1978).

SEDIMENTO: Foram recolhidos 100 gramas de sedimento. Em laboratório de campo, utilizando-se aproximadamente 3 gramas de sedimento diluído em 100 ml de água destilada (ALLEN *et al.*, 1974), foram medidos a salinidade (com salinômetro CORNING® PS 18) e o pH (com ph-metro HANNA® HI-8314). O restante das amostras foi acondicionado em freezer a -20° C e transportado para o Laboratório de Ecologia Aquática (L.E.A.) - Departamento de Ecologia- IB - Unesp - Campus Rio Claro, onde foram determinados os teores de nitrogênio orgânico total (NO - total) (KJELDAHL segundo MACKERETH *et al.*, 1978), fósforo total (P-total) (GOLTERMAN *et al.*, 1978) e matéria orgânica por incineração em forno – mufla a 550°C.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Aos resultados das variáveis biológicas foi aplicada a análise não-paramétrica de Kruskal-Wallis ANOVA com o objetivo de detectar variações significativas ($p < 0,05$) entre os valores com o uso de medianas. Às variáveis limnológicas foram aplicadas a Análise de Variância e o Teste de Significância de Tukey com o objetivo de detectar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias. O programa de computador utilizado para a realização das análises foi o Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2000).

5) RESULTADOS

5.1 - Bancos monoespecíficos

Os resultados dos números de folhas verdes, folhas senescentes, folhas jovens, inflorescências e altura das macrófitas em bancos monoespecíficos são apresentados nas figuras 4, 7 e 10, as quais contém os resultados do teste de Kruskal-Wallis, (variações significativas ocorreram quando $p < 0,05$).

Dos dados limnológicos da água e do sedimento são apresentadas apenas as figuras dos resultados que diferiram

significativamente ($p < 0,05$) entre as condições de inverno e verão, em baixa-mar e preamar; no texto é apresentada a média das variáveis entre estas marés (Figs. 5, 6, 8, 9, 11 e 12).

5.1.1 – Banco de *Spartina alterniflora*

O número de folhas verdes variou de $156/\text{m}^2$ (outono) a $576/\text{m}^2$ (primavera); o número de folhas senescentes variou entre $52/\text{m}^2$ (verão) e $312/\text{m}^2$ (outono); o número de folhas jovens variou de $48/\text{m}^2$ (inverno) a $396/\text{m}^2$ (outono); medianas diferentes de zero do número de inflorescências foram verificadas nos meses de outono, sendo a maior $32/\text{m}^2$; a altura variou de 1,14m (primavera) a 1,70m (verão) (Fig. 4).

As variáveis limnológicas da água que apresentaram variações sazonais significativas foram: temperatura, $17,7^\circ\text{C}$ (inverno) a $27,8^\circ\text{C}$ (verão); condutividade elétrica, $0,68 \text{ mS.cm}^{-1}$ (verão) a $14,37 \text{ mS.cm}^{-1}$ (inverno); pH, 6,12 (verão) a 6,84 (inverno); turbidez, 18,83 NTU (inverno) a 35,25 NTU (verão); O_2 dissolvido, $6,14 \text{ mg.L}^{-1}$ (verão) a $7,61 \text{ mg.L}^{-1}$ (inverno) e P-total, $40,55 \text{ }\mu\text{g.L}^{-1}$ (verão) a $62,97 \mu\text{g.L}^{-1}$ (inverno) (Fig. 5). Salinidade, alcalinidade total e NO - total não variaram significativamente no período estudado.

No sedimento ocorreram variações significativas na salinidade, 29,33 (verão) a 61,67 (inverno); pH, 6,64 (verão) a 7,39 (inverno) e NO - total, 0,04 %PS (verão) a 0,15 %PS (inverno) (Fig. 6). P-total e matéria orgânica não apresentaram variação significativa.

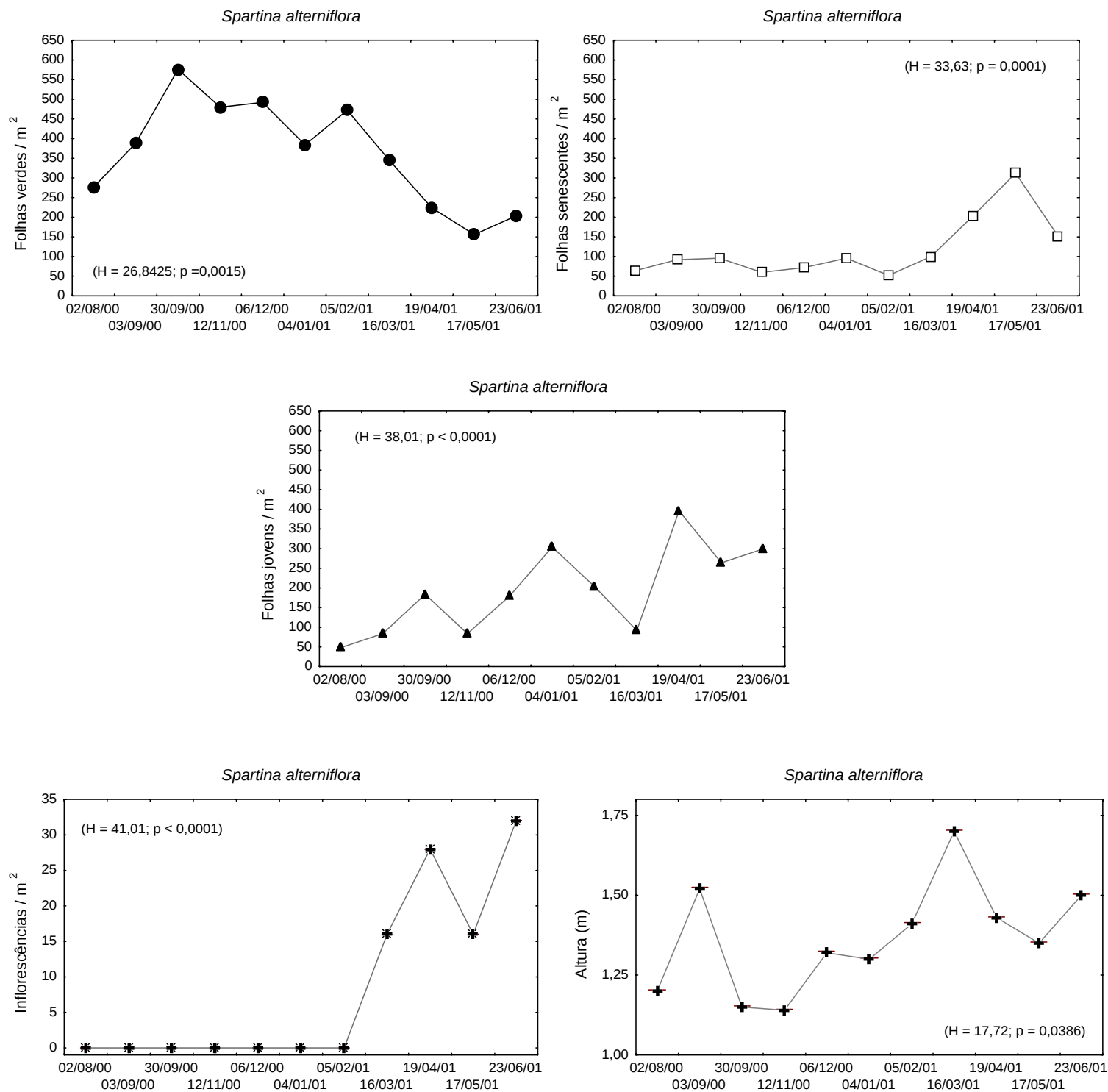


Figura 4: Medianas do número de folhas verdes, folhas jovens, folhas senescentes, inflorescências (por m²) e altura (m) de *Spartina alterniflora* no banco monoespecífico (diferenças significativas p<0,05).

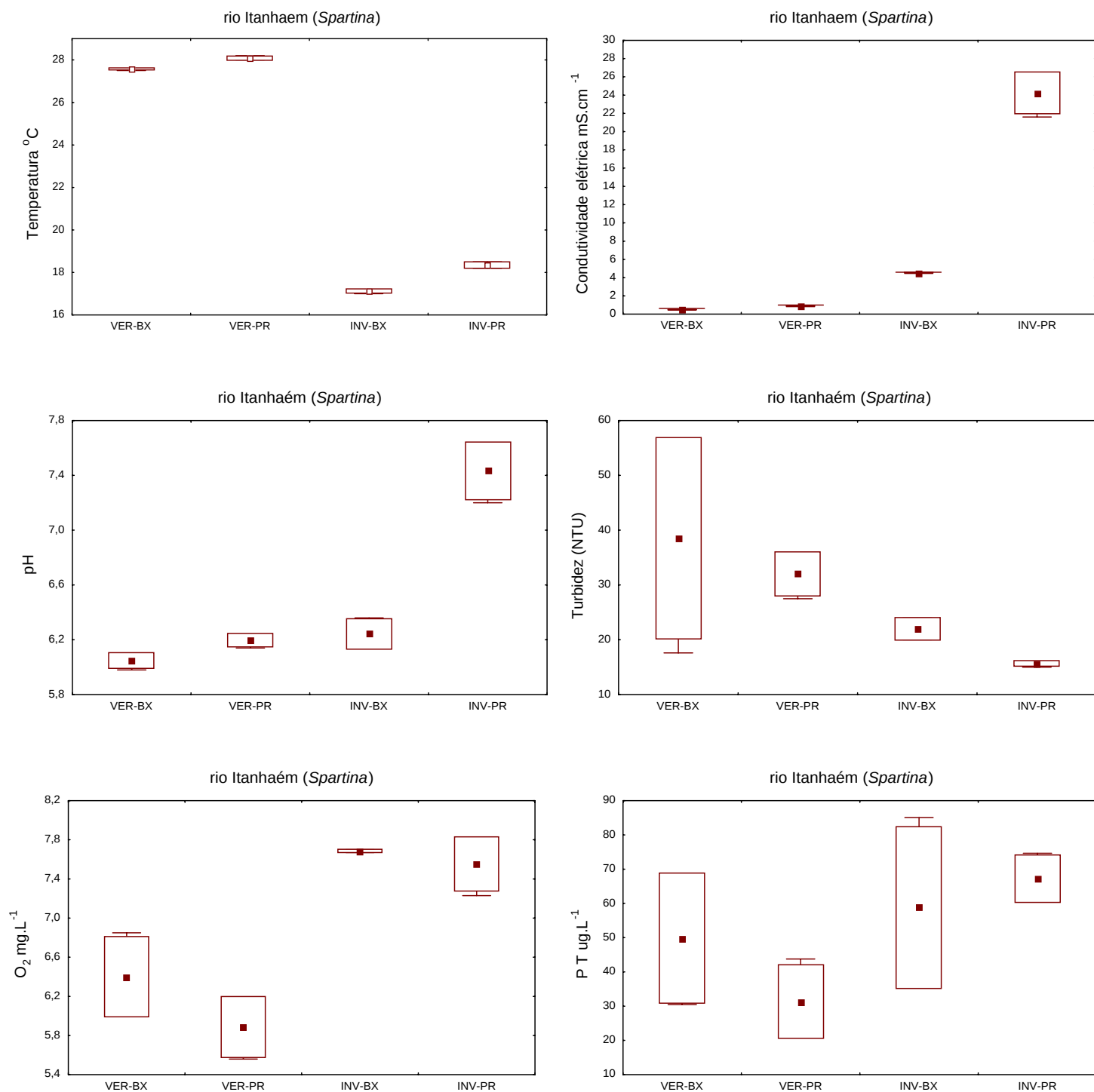


Figura 5: Média (■), desvio-padrão (caixa) e valores máximos e mínimos (barra) das variáveis limnológicas da água do rio Itanhaém no banco de *Spartina alterniflora* (VER=verão; INV=inverno; BX=baixa-mar e PR=preamar).

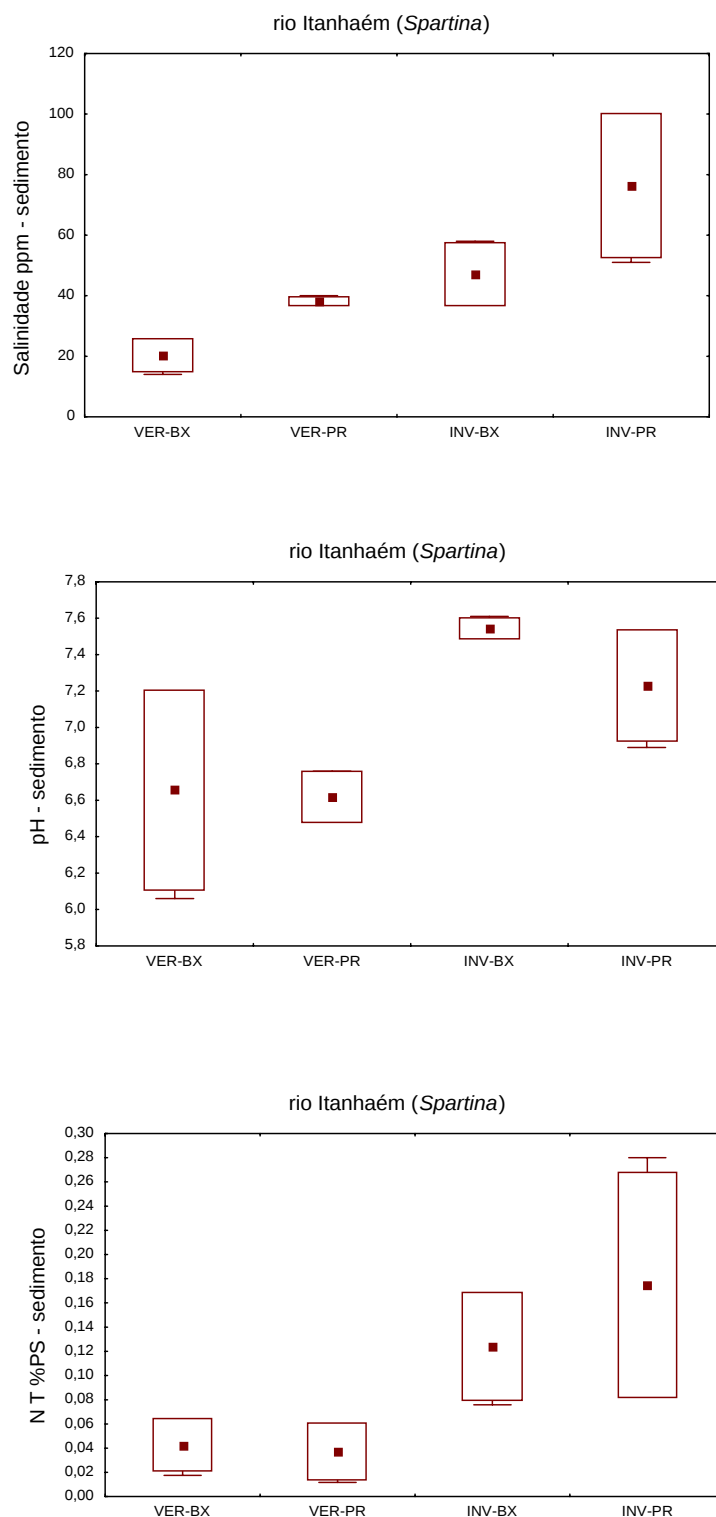


Figura 6: Média (■), desvio-padrão (caixa) e valores máximos e mínimos (barra) das variáveis limnológicas do sedimento do rio Itanhaém no banco de *Spartina alterniflora* (VER=verão; INV=inverno; BX=baixa-mar e PR=preamar).

5.1.2 – Banco de *Crinum procerum*

O número de folhas verdes variou de 68/m² (inverno) a 216/m² (primavera); o número de folhas senescentes variou entre 12/m² (primavera e verão) e 28/m² (outono); o número de folhas jovens variou de 0/m² (primavera) a 28/m² (inverno); quanto às inflorescências, entre os meses de dezembro de 2000 a março de 2001 (verão) as medianas situaram-se entre 4/m² e 8/m², ao contrário dos outros meses que foi 0/m² (Fig. 7). A altura não variou significativamente no período estudado, situando-se em torno da mediana 1,13 m.

Dentre as variáveis limnológicas da água analisadas, os resultados que apresentaram variações sazonais significativas foram: temperatura, 17,2°C (inverno) a 27,9°C (verão); salinidade, 0,18 (verão) a 1,20 (inverno); condutividade elétrica, 2,53 mS.cm⁻¹ (inverno) a 40,07 mS.cm⁻¹ (verão); turbidez, 15,83 NTU (inverno) a 24,92 NTU (verão); alcalinidade, 0,08 meq.L⁻¹ (verão) a 0,45 meq.L⁻¹ (inverno) e P-total, 64,67 µg.L⁻¹ (verão) a 91,06µg.L⁻¹ (inverno) (Fig. 8). pH, O₂ dissolvido e NO - total não variaram significativamente no período estudado.

No sedimento os resultados que apresentaram diferenças significativas foram: salinidade, 6,50 (verão) a 13,33 (inverno); pH, 6,43 (verão) a 7,02 (inverno) e NO - total, 0,03 %PS (verão) a 0,15 %PS (inverno) (Fig. 9). P- total e matéria orgânica não apresentaram variação significativa.

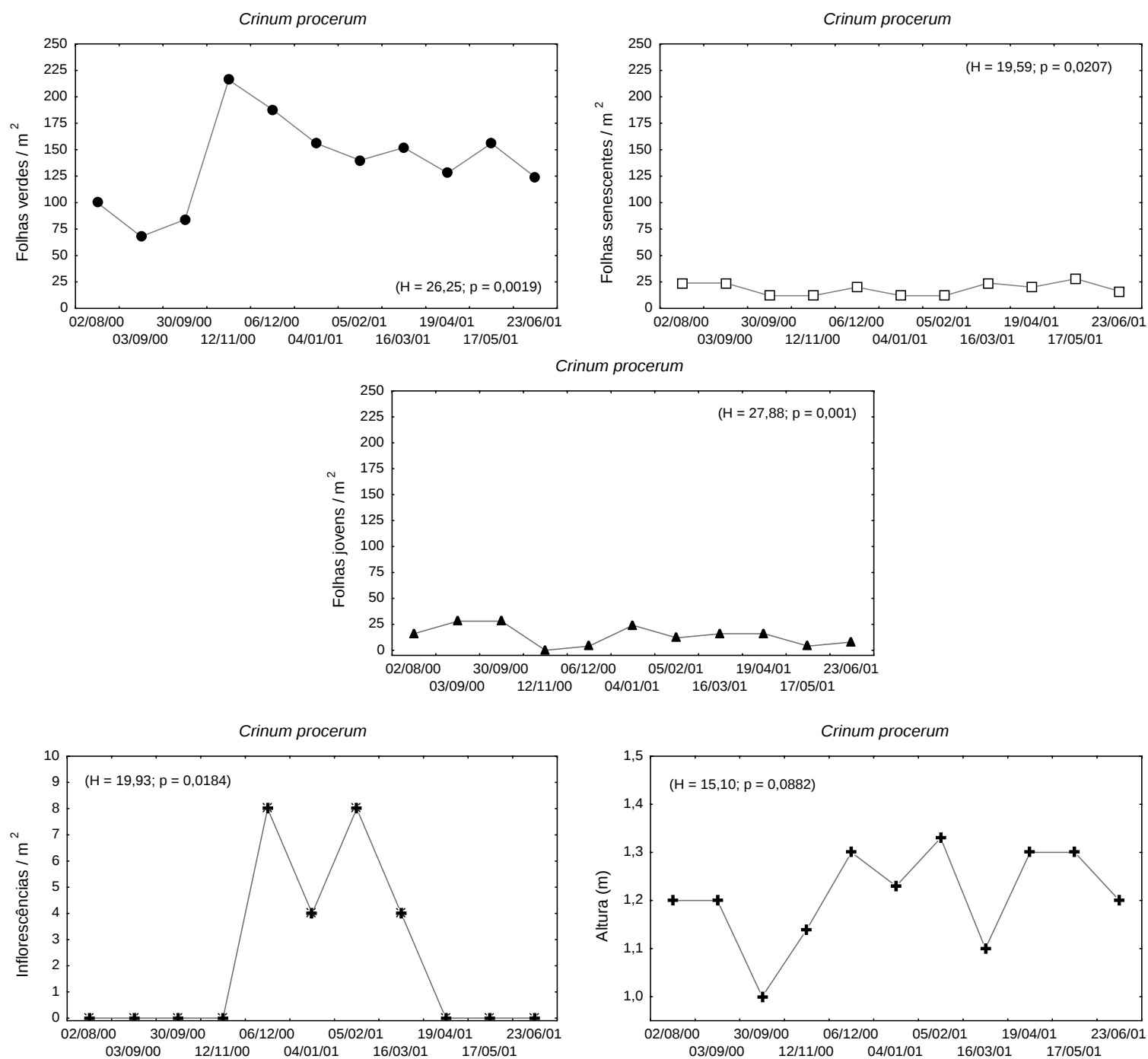


Figura 7: Medianas do número de folhas verdes, folhas jovens, folhas senescentes, inflorescências (por m²) e altura (m) de *Crinum procerum* no banco monoespecífico (diferenças significativas p<0,05).

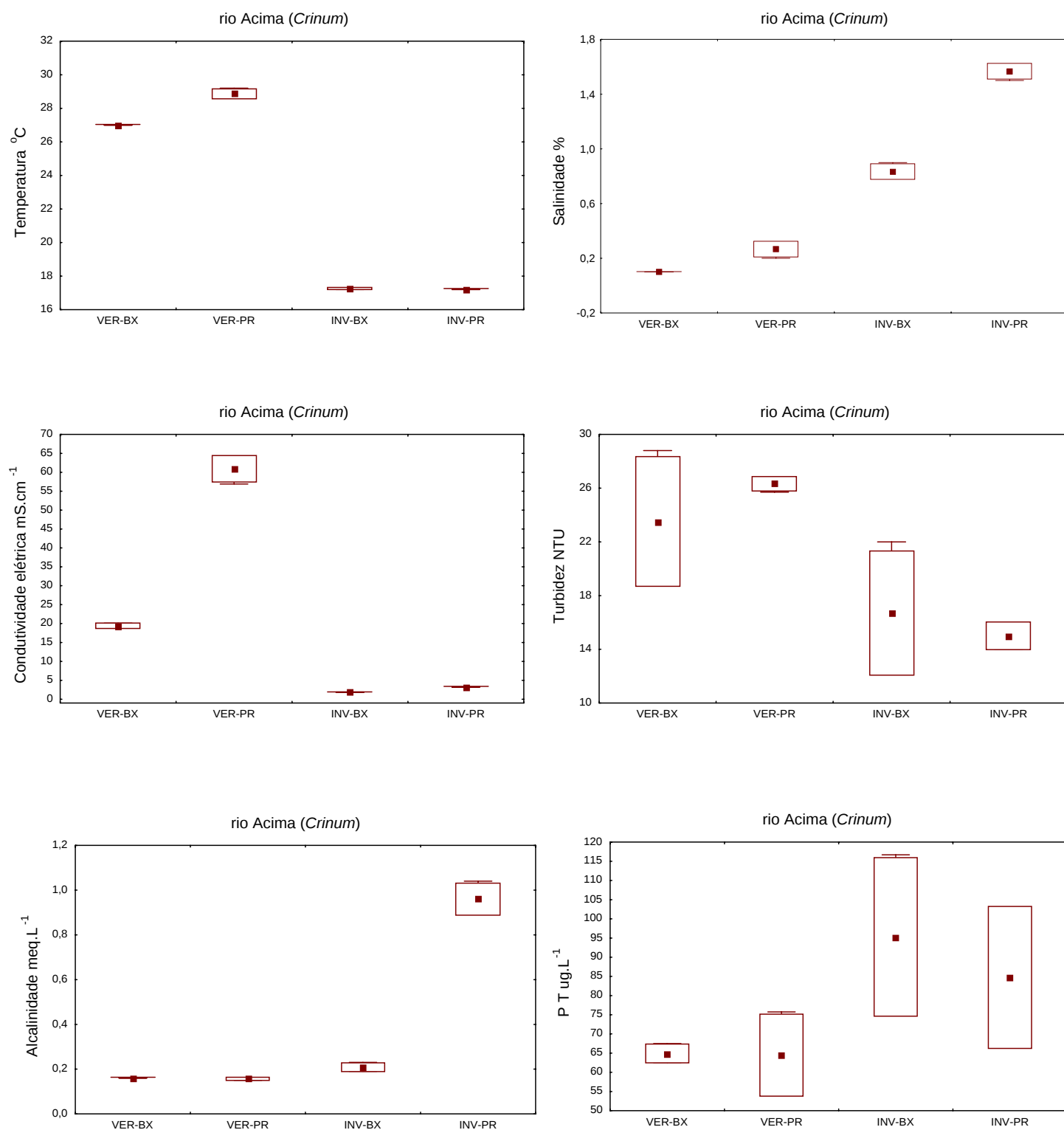


Figura 8: Média (■), desvio-padrão (caixa) e valores máximos e mínimos (barra) das variáveis limnológicas da água do rio Acima no banco de *Crinum procerum* (VER=verão; INV=inverno; BX=baixa-mar e PR=preamar).

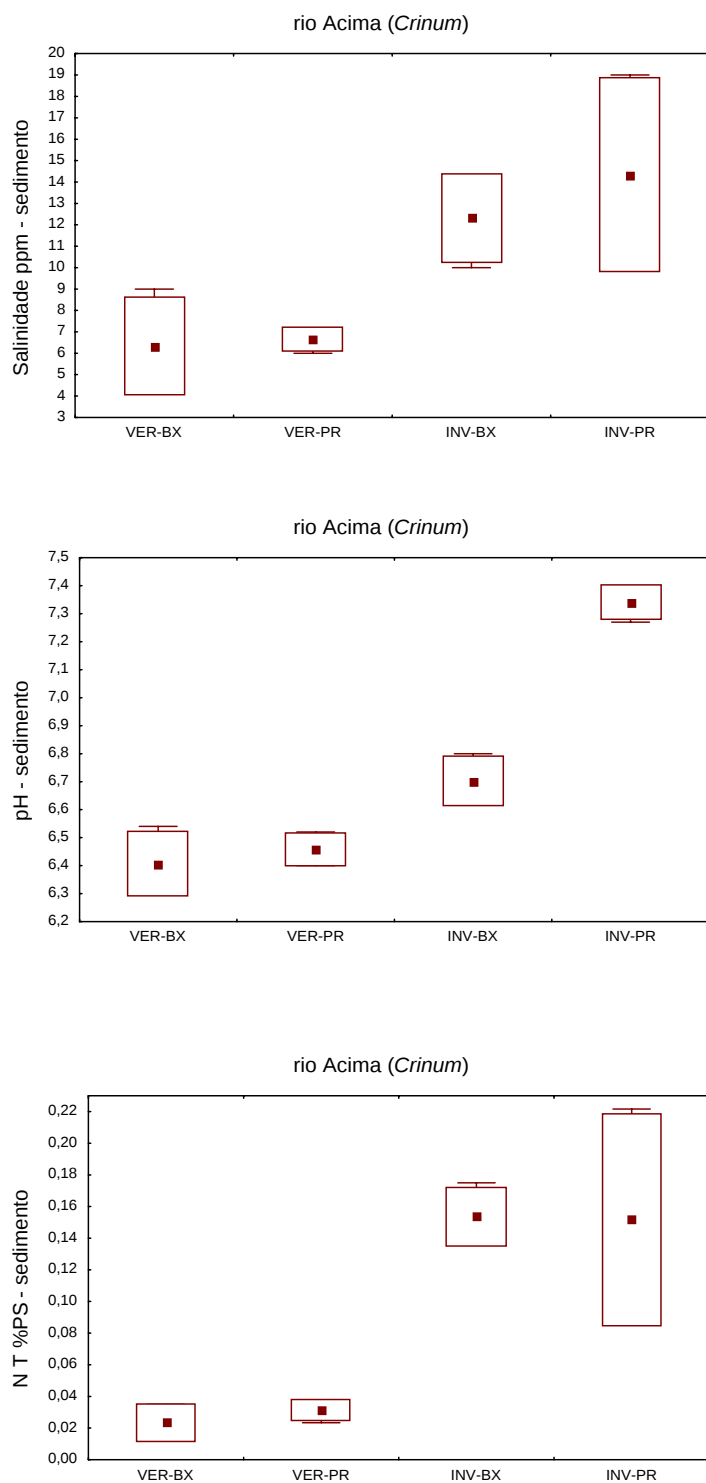


Figura 9: Média (■), desvio-padrão (caixa) e valores máximos e mínimos (barra) das variáveis limnológicas do sedimento do rio Acima no banco de *Crinum procerum* (VER=verão; INV=inverno; BX=baixa-mar e PR=preamar).

5.1.3 – Banco de *Scirpus californicus*

O número de inflorescências foi o único dado que variou significativamente durante o ano no banco monoespecífico de *S. californicus*. Somente nos meses de novembro e dezembro (primavera) as medianas foram diferentes de zero, sendo 16/m² e 12/m², respectivamente; as outras variáveis biológicas não apresentaram variações significativas e seus valores situaram-se em torno das seguintes medianas no período: número de folhas verdes (68/m²), folhas senescentes (28/m²), folhas jovens (16/m²) e altura (2,0 m) (Fig. 10).

Dentre as variáveis limnológicas da água os resultados que apresentaram diferenças sazonais significativas foram: temperatura, 17,4°C (inverno) a 26,3°C (verão); condutividade elétrica, 1,64 mS.cm⁻¹ (inverno) a 3,98 mS.cm⁻¹ (verão); pH, 5,44 (verão) a 6,07 (inverno); turbidez, 15,00 NTU (inverno) a 46,13 NTU (verão); alcalinidade, 0,16 meq.L⁻¹ (verão) a 0,59 meq.L⁻¹ (inverno) e P-total, 42,29 µg.L⁻¹ (verão) a 62,93 µg.L⁻¹ (inverno) (Fig. 11). Salinidade, O₂ dissolvido e NO - total não variaram significativamente no período estudado.

No sedimento os resultados que variaram significativamente foram salinidade, 1,66 (verão) a 7,67 (inverno); pH, 6,29 (verão) a 7,04 (inverno) e NO - total, 0,01 %PS (verão) a 0,10 %PS (inverno) (Fig. 12). P-total e matéria orgânica não apresentaram variação significativa.

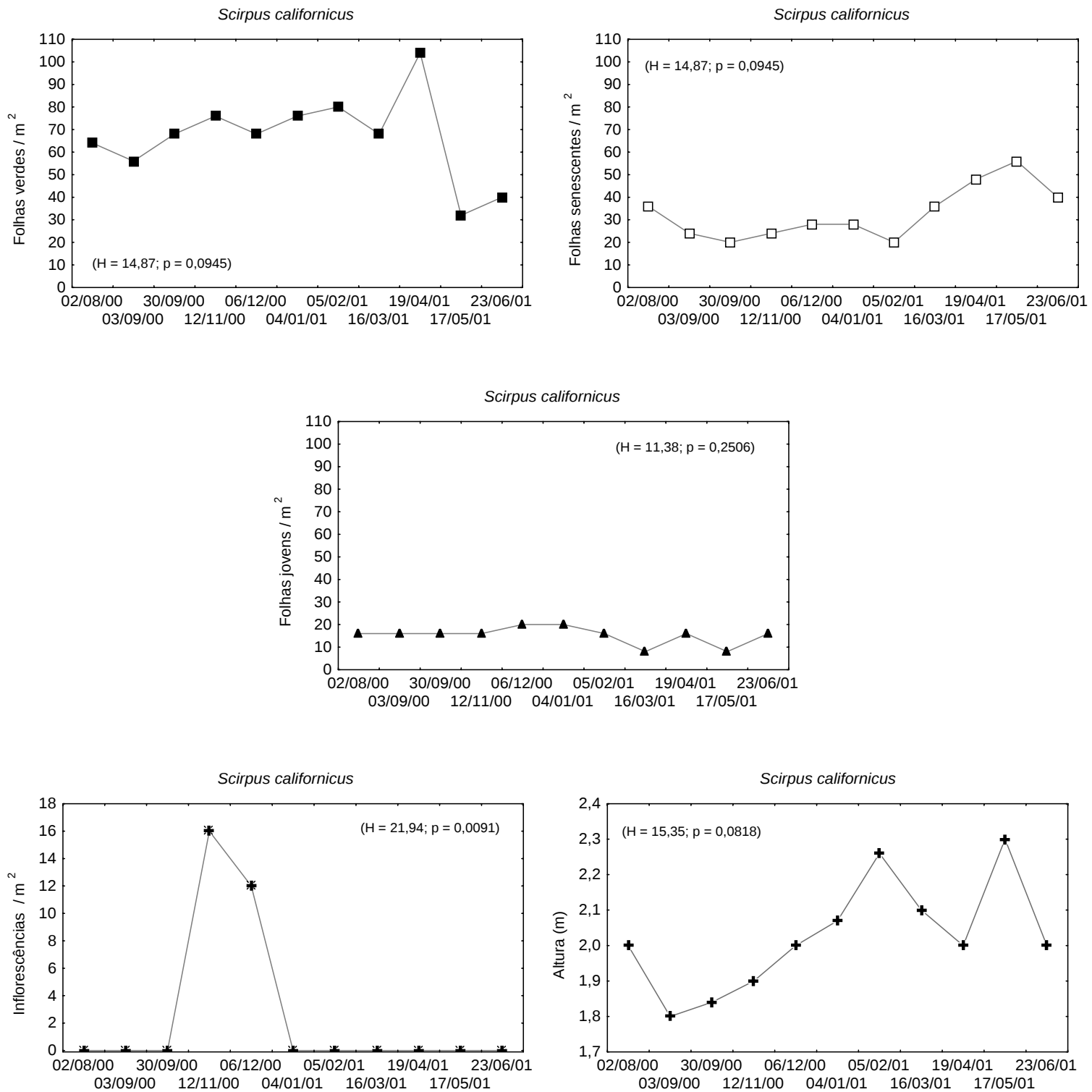


Figura 10: Medianas do número de folhas verdes, folhas jovens, folhas senescentes, inflorescências (por m²) e altura (m) de *Scirpus californicus* no banco monoespecífico (diferenças significativas p<0,05).

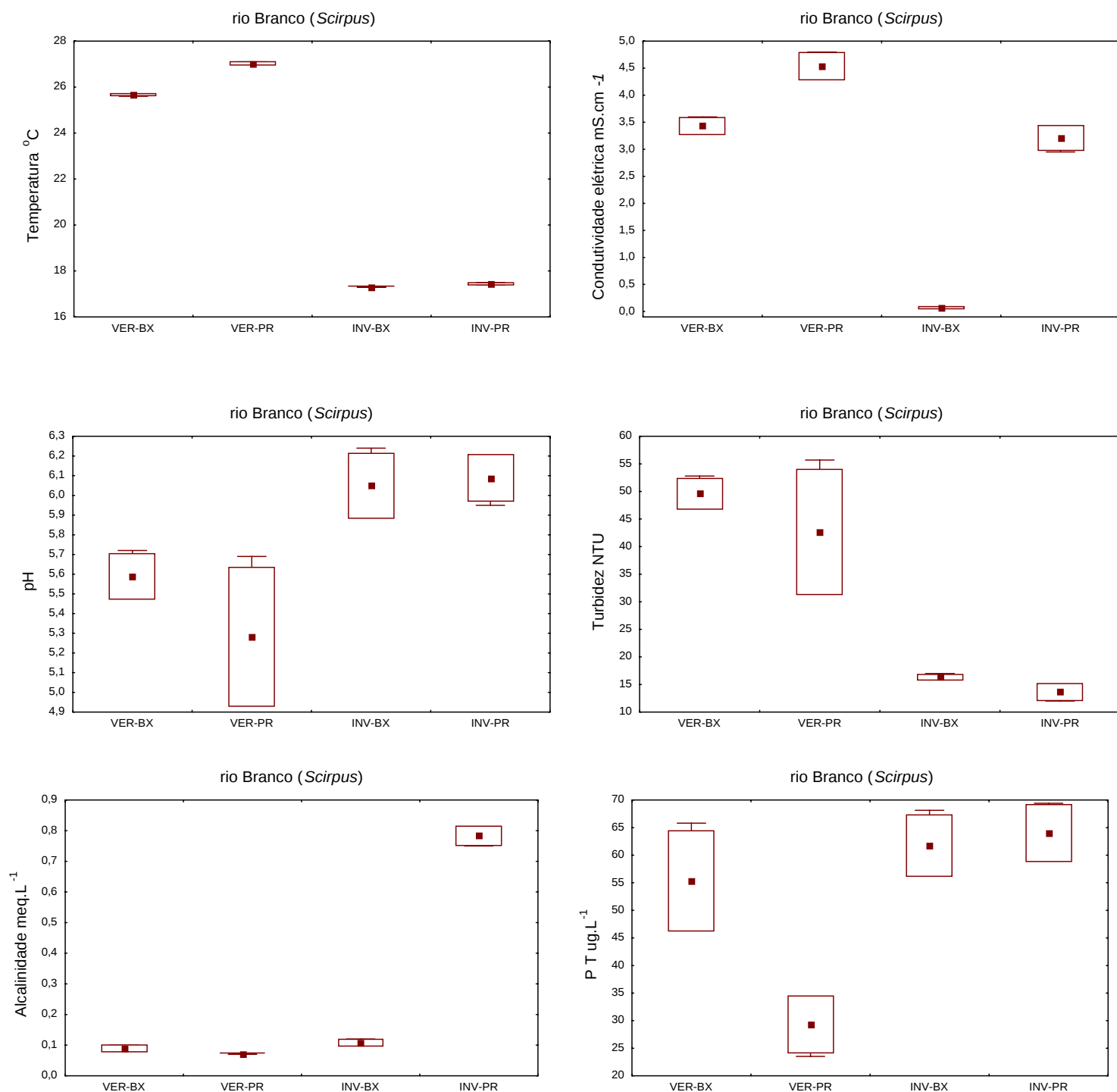


Figura 11: Média (■), desvio-padrão (caixa) e valores máximos e mínimos (barra) das variáveis limnológicas da água do rio Branco no banco de *Scirpus californicus* (VER=verão; INV=inverno; BX=baixa-mar e PR=preamar).

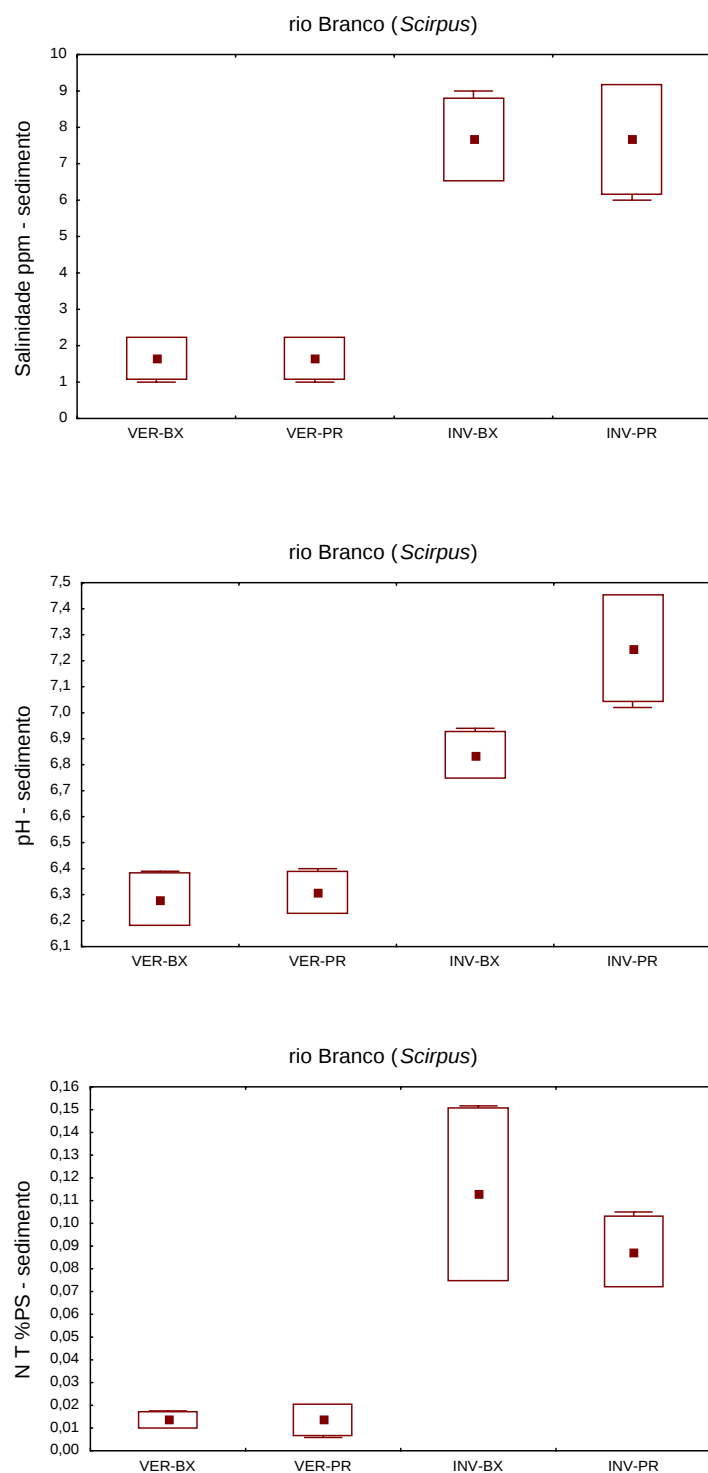


Figura 12: Média (■), desvio-padrão (caixa) e valores máximos e mínimos (barra) das variáveis limnológicas do sedimento do rio Branco no banco de *Scirpus californicus* (VER=verão; INV=inverno; BX=baixa-mar e PR=preamar).

5.2 - Banco pluriespecífico

Todas as variáveis biológicas de *S. alterniflora*, *C. procerum* e *S. californicus* apresentaram variações significativas entre as diferentes estações do ano estudadas.

Os valores das medianas das folhas verdes variaram de 56/m² (fim do verão) a 124/m² (início do verão) para *S. alterniflora*, de 44/m² (inverno) a 132/m² (primavera) para *C. procerum* e de 0/m² (outono) a 16/m² (primavera e verão) para *S. californicus* (Fig. 13).

Os valores das medianas das folhas senescentes variaram de 12/m² (primavera) a 56/m² (outono) para *S. alterniflora*, de 0/m² (primavera) a 16/m² (outono e inverno) para *C. procerum* e de 0/m² (primavera) a 20/m² (inverno) para *S. californicus* (Fig. 14).

Os valores das medianas das folhas jovens variaram de 0/m² (inverno) a 84/m² (outono) para *S. alterniflora*, de 4/m² (primavera) a 20/m² (inverno) para *C. procerum* e de 0/m² (outono) a 8/m² (inverno) para *S. californicus* (Fig. 15).

Os valores das medianas de inflorescências foram zero para *C. procerum* e *S. californicus* em todos os meses; para *S. alterniflora* os valores foram 0/m² na maioria dos meses, exceto no outono que foi 4/m² (Fig. 16).

Os valores das medianas da altura das macrófitas aquáticas variaram de 1,00 m (primavera) a 1,40 m (verão) para *S. alterniflora*, de 0,86 m (primavera) a 1,08 m (verão) para *C. procerum* e de 0,81 m (outono) a 1,43 m (inverno) para *S. californicus* (Fig. 17).

Dentre as variáveis limnológicas da água analisadas neste local, os resultados que apresentaram diferenças sazonais significativas foram: temperatura, 17,6°C (inverno) a 27,5°C (verão) e pH, 5,98 (verão) a 6,44 (inverno) (Fig. 18). Salinidade, condutividade elétrica, turbidez, O₂ dissolvido, alcalinidade total, NO - total e P-total não variaram significativamente no período estudado.

No sedimento os resultados que apresentaram diferenças significativas foram: salinidade, 22,00 (verão) a 49,67 (inverno); pH, 6,50 (verão) a 7,33 (inverno) e NO - total, 0,02 %PS (verão) a 0,12 %PS (inverno) (Fig. 19). P-total e matéria orgânica não apresentaram variação significativa.

Nas tabelas I, II e III são feitas comparações das variáveis biométricas medidas de cada espécie nos dois tipos de bancos.

S. alterniflora apresentou, tanto no banco monoespecífico quanto no pluriespecífico, concordância de períodos com maiores valores de folhas senescentes (outono), menores valores de folhas jovens (inverno), maior número de inflorescências (inverno) e menores e maiores alturas (primavera e verão, respectivamente). Por outro lado, os menores e maiores valores de folhas verdes ocorreram no

outono e primavera, respectivamente, no banco monoespecífico e nos meses de verão no banco pluriespecífico (Tab. I).

C. procerum apresentou, nos dois bancos estudados, concordância de períodos com menores e maiores valores de folhas verdes (inverno e primavera, respectivamente), menores valores de folhas senescentes (primavera), maiores valores de folhas jovens (inverno) e menores e maiores alturas (primavera e verão, respectivamente) (Tab. II).

S. californicus apresentou, nos dois bancos, concordância de períodos com menores valores de folhas verdes (outono), menores valores de folhas senescentes (primavera), menores valores de folhas jovens (verão) e menores alturas (inverno). Por outro lado, observa-se a ocorrência de menores e maiores valores de certas variáveis biológicas em um mesmo período do ano como, por exemplo, o número de folhas verdes no outono (banco monoespecífico) (Tab. III).

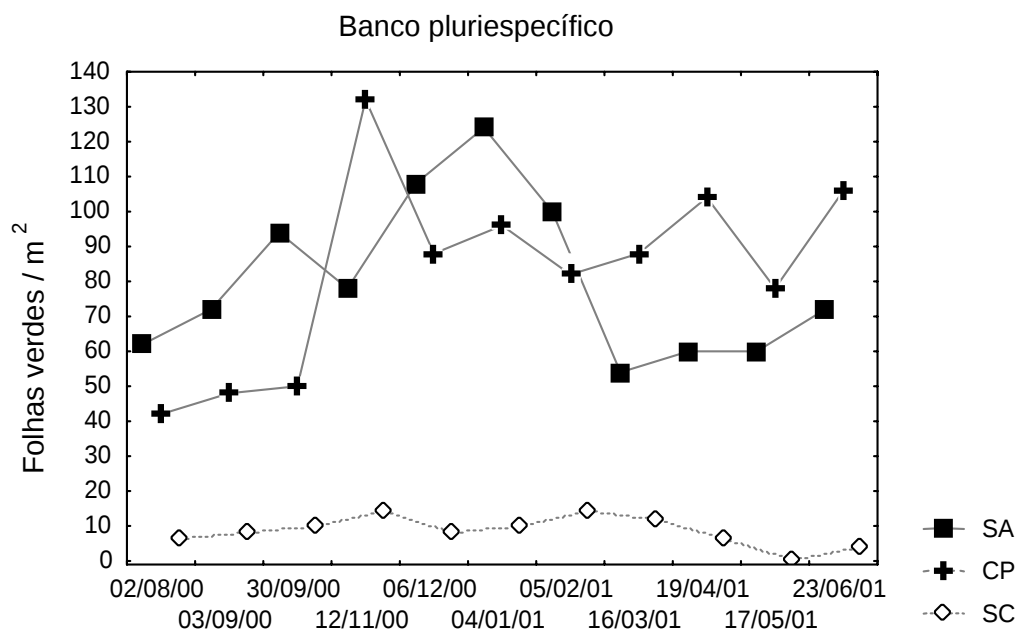


Figura 13: Medianas do número de **folhas verdes** por m² no banco pluriespecífico (SA = *S. alterniflora*, CP = *C. procerum* e SC = *S. californicus*) (H=381,01; p<0,001; diferenças significativas p<0,05).

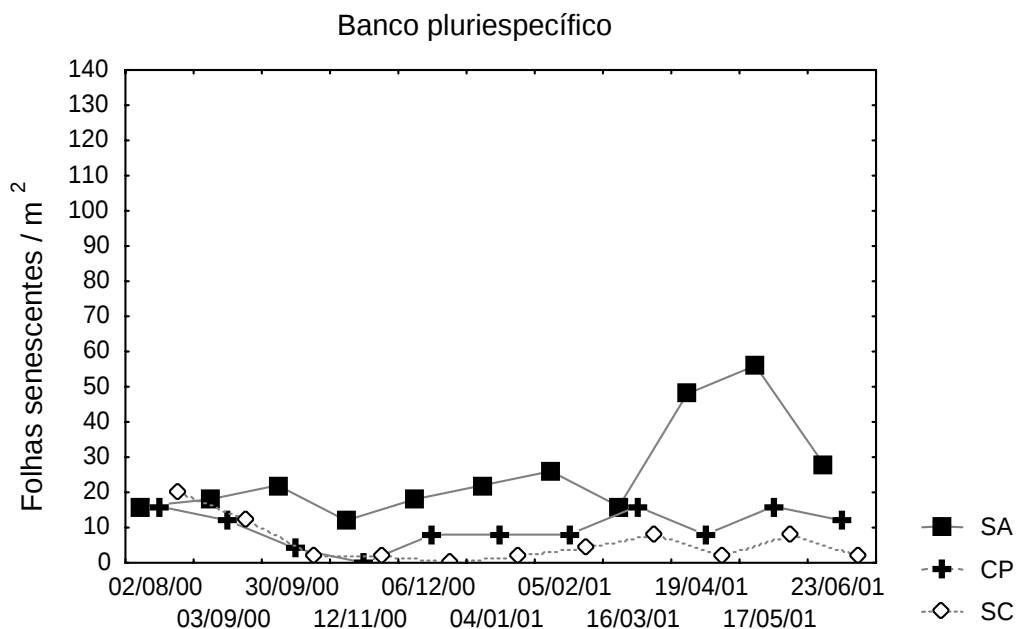


Figura 14: Medianas do número de **folhas senescentes** por m² no banco pluriespecífico (SA = *S. alterniflora*, CP = *C. procerum* e SC = *S. californicus*) (H=11168,48; p<0,001; diferenças significativas p<0,05).

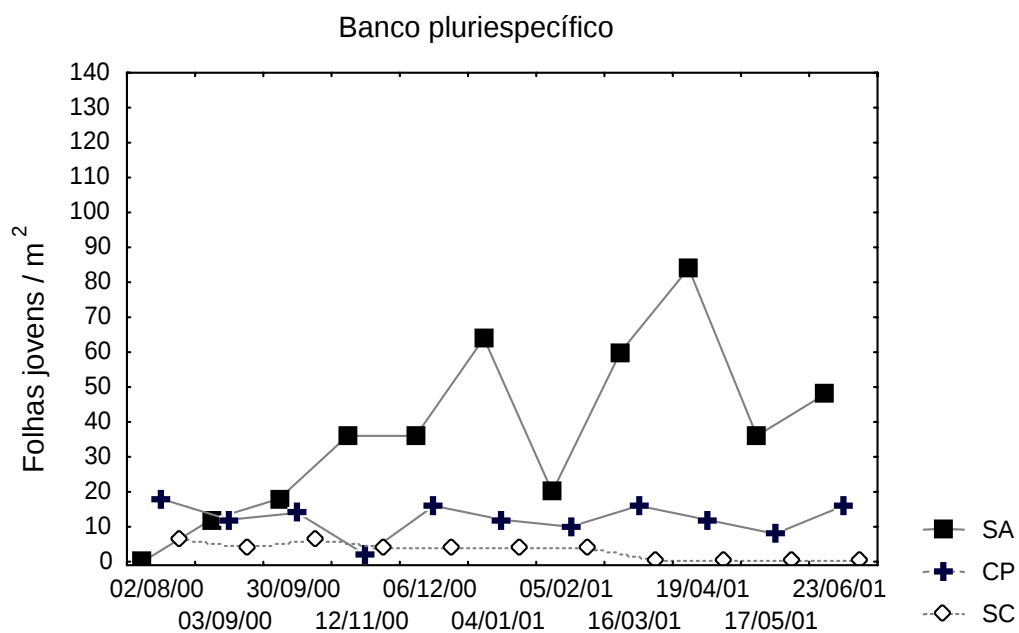


Figura 15: Medianas do número de folhas jovens por m² no banco pluriespecífico (SA = *S. alterniflora*, CP = *C. procerum* e SC = *S. californicus*) (H=212,23; p<0,001; diferenças significativas p<0,05).

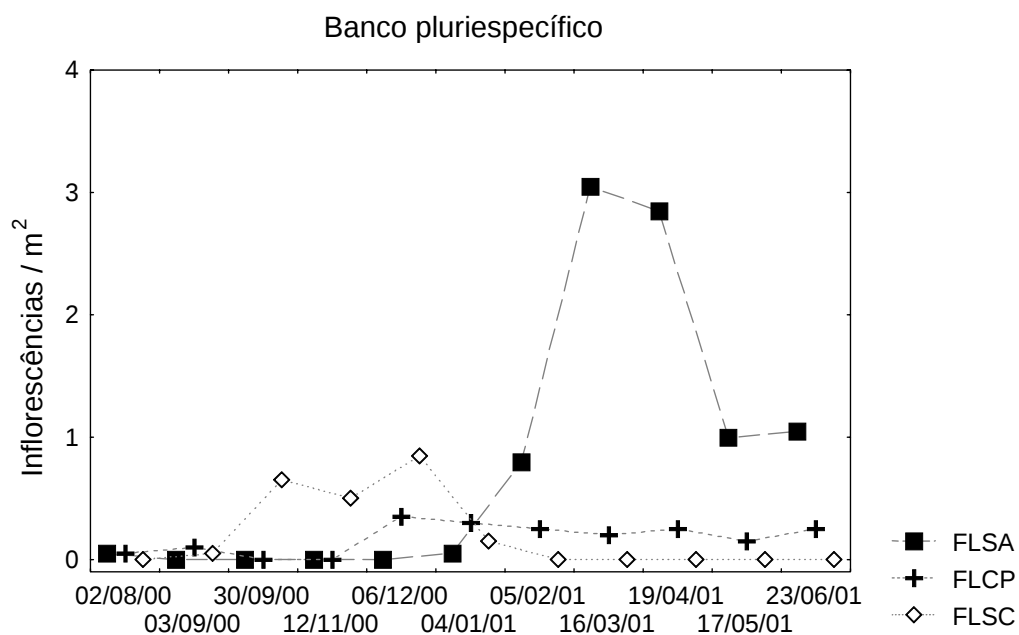


Figura 16: Médias do número de inflorescências por m² no banco pluriespecífico (SA = *S. alterniflora*, CP = *C. procerum* e SC = *S. californicus*) (H=19,68; p<0,001; diferenças significativas p<0,05).

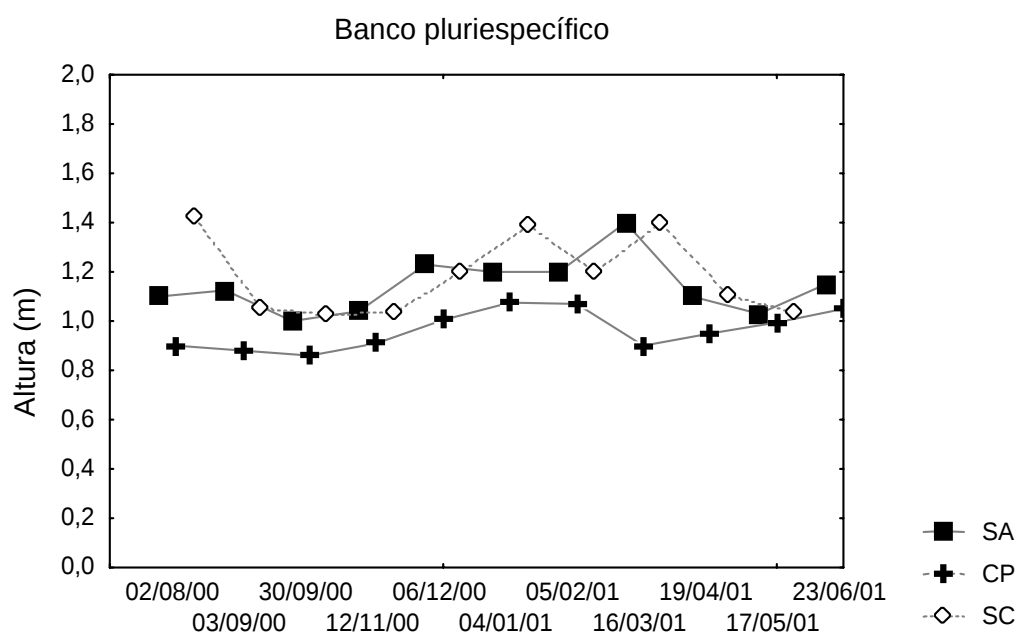


Figura 17: Medianas da **altura** das macrófitas aquáticas do banco pluriespecífico (SA = *S. alterniflora*, CP = *C. procerum* e SC = *S. californicus*) (H=46,00; $p<0,001$; diferenças significativas $p<0,05$).

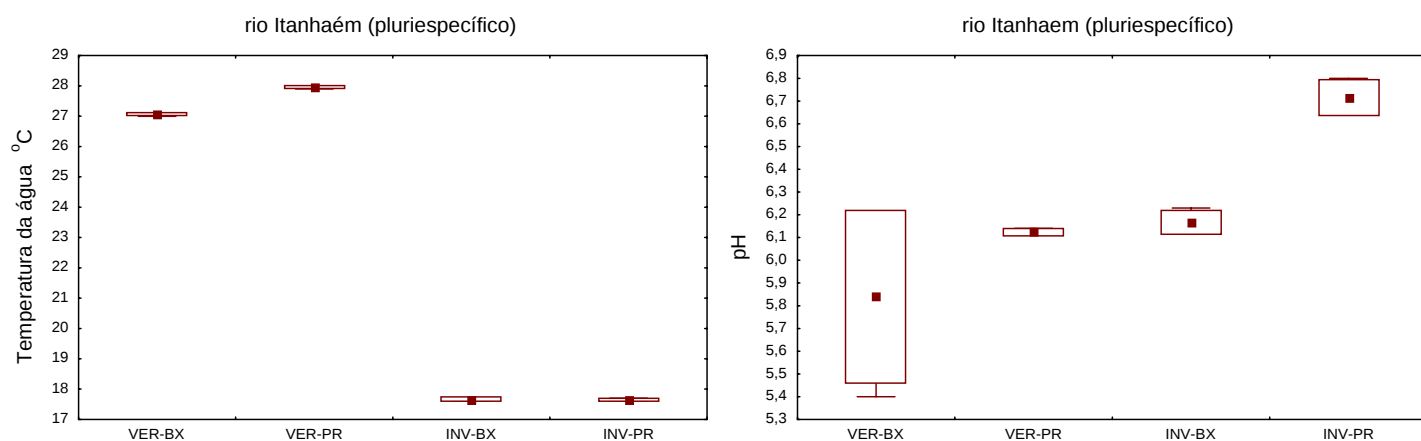


Figura 18: Média (■), desvio-padrão (caixa) e valores máximos e mínimos (barra) das variáveis limnológicas da água do rio Itanhaém no banco pluriespecífico (VER=verão; INV=inverno; BX=baixa-mar e PR=preamar).

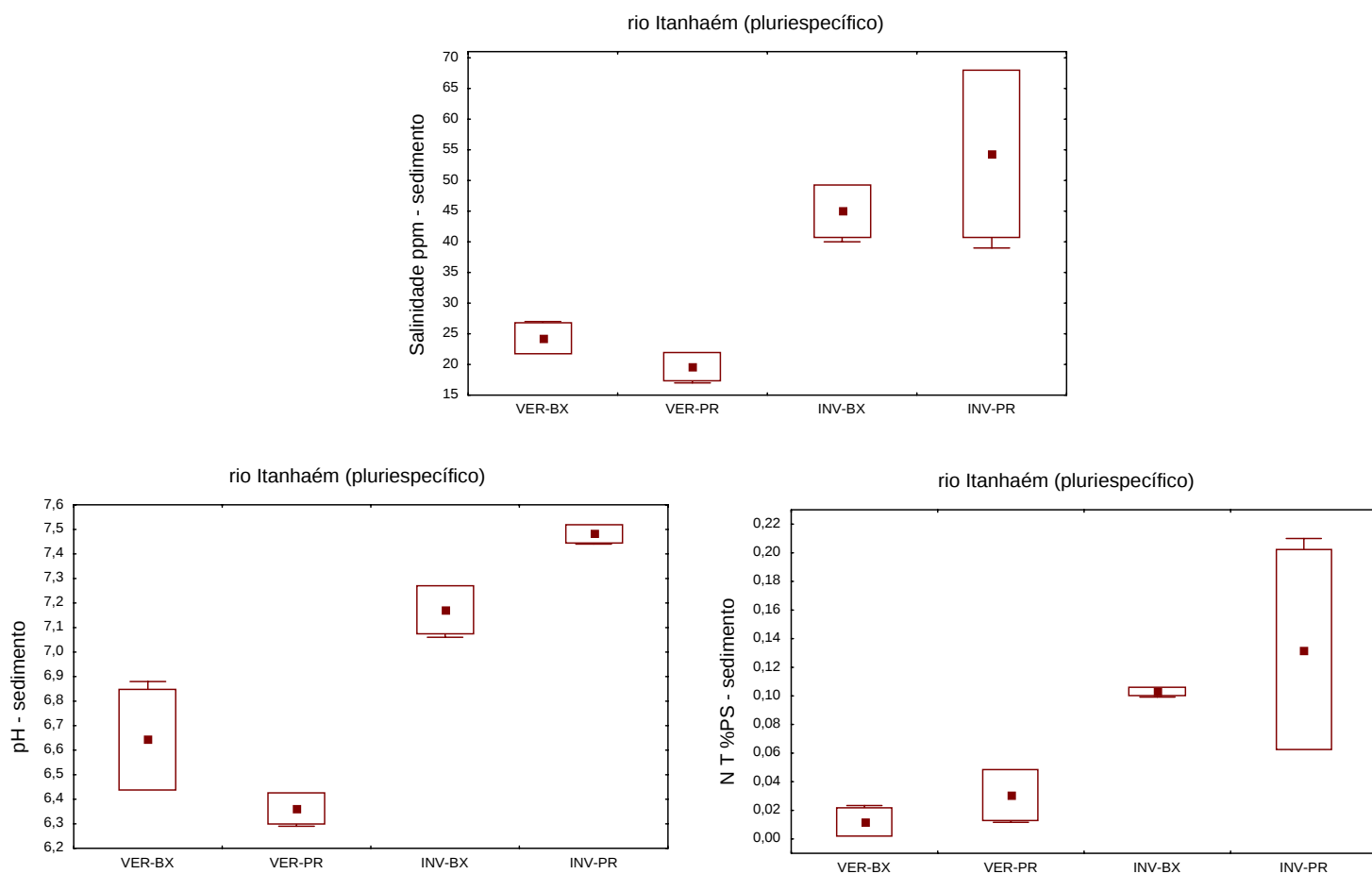


Figura 19: Média (■), desvio-padrão (caixa) e valores máximos e mínimos (barra) das variáveis limnológicas do sedimento do rio Itanhaém no banco pluriespecífico (VER=verão; INV=inverno; BX=baixa-mar e PR=preamar).

Tabela I: Menores e maiores medianas de folhas verdes (FV), folhas senescentes (FS), folhas jovens (FJ), inflorescências (FL) (por m²) e altura (A) de *Spartina alterniflora* no banco monoespecífico (MONO) e pluriespecífico (PLURI).

Variável	FV	FS	FJ	FL	A
MONO Data	156 17.05.01	52 05.02.01	48 02.08.00	0 02.08.00 a 05.02.01	1,14 12.11.00
PLURI Data	56 16.03.01	12 12.11.00	0 02.08.00	4 Todas, exceto → 19.04.01	1,70 16.03.01
	124 04.01.01	56 17.05.01	84 19.04.01	0 Todas, exceto → 19.04.01	1,40 16.03.01

Tabela II: Menores e maiores medianas de folhas verdes (FV), folhas senescentes (FS), folhas jovens (FJ), inflorescências (FL) e altura (A) (por m²) de *Crinum procerum* no banco monoespecífico (MONO) e pluriespecífico (PLURI).

Variável	FV	FS	FJ	FL	A
MONO Data	68 03.09.00	12 30.09.00 a 05.02.01	0 17.05.01 23.06.01	8 06.12.00 05.02.01	1,33 05.02.01
PLURI Data	44 02.08.00	0 12.11.00	4 12.11.00	0 Todas	1,08 04.01.01
	132 12.11.00	16 02.08.00 16.03.01 19.04.01	20 02.08.00	0 Todas	0,86 30.09.00

Tabela III: Menores e maiores medianas de folhas verdes (FV), folhas senescentes (FS), folhas jovens (FJ), inflorescências (FL) e altura (A) (por m²) de *Scirpus californicus* no banco monoespecífico (MONO) e pluriespecífico (PLURI).

Variável	FV	FS	FJ	FL	A
MONO Data	32 17.05.01	20 30.09.00	8 16.03.01	16 12.11.00 06.12.00	2,30 17.05.01
PLURI Data	0 17.05.01	0 06.12.00	0 16.03.01 a 23.06.01	0 Todas	1,43 02.08.00
	16 05.02.01	20 02.08.00	8 02.08.00 30.09.00	0 Todas	0,81 23.06.01

6) DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que as espécies ocorrem durante o ano todo, tanto nos bancos monoespecíficos quanto no pluriespecífico. Isto é possível porque a região na qual o estudo foi realizado apresenta clima sazonalmente homogêneo em relação a outras regiões do interior do estado de São Paulo, que possuem um período seco bem delimitado (inverno). As variações sazonais de temperatura e chuva não foram acentuadas o suficiente para que uma espécie não ocorra em determinada época do ano. Embora as três espécies de macrófitas ocorram nas quatro estações do ano, os resultados evidenciaram uma

variação sazonal significativa de algumas das variáveis biológicas selecionadas (folhas verdes, senescentes e jovens, inflorescências e altura). Ao analisar esses resultados, deve ser levado em conta também o tempo de resposta das macrófitas aquáticas a variações ambientais. Nesse contexto, SANTOS & ESTEVES (2004) estimaram que, para a macrófita aquática emersa *Eleocharis interstincta*, este tempo seja de 30 dias.

No banco monoespecífico de *Spartina alterniflora* o período mais favorável a sua sobrevivência ocorre entre a primavera e o verão, pois os maiores valores de folhas verdes e maiores alturas dos indivíduos foram verificados nestas estações. Por outro lado, os maiores valores de folhas senescentes foram verificados nos meses de outono, indicando ser este o período aparentemente desfavorável; porém, como os maiores valores de folhas jovens e inflorescências também ocorreram no outono, parece que houve um recrutamento de novos indivíduos no banco. LOPES (1999) também verificou que *S. alterniflora* apresentou maior número de folhas verdes no verão (média de 109,2) e maior número de folhas senescentes no outono (média de 64,8).

No banco monoespecífico de *Crinum procerum* os maiores valores do número de folhas verdes e de inflorescências foram encontrados nos meses entre a primavera e o verão, o período mais favorável à sua sobrevivência; por outro lado os maiores valores de folhas senescentes foram verificados entre os meses de outono e inverno indicando ser este

o período desfavorável para esta espécie. Segundo LOPES (1999), *C. procerum* também apresentou maior número de folhas verdes na primavera (média de 109,2) e maior número de folhas senescentes no inverno (média de 27,2).

Nota-se uma semelhança de períodos favorável e desfavorável nos bancos monoespecíficos de *S. alterniflora* e de *C. procerum*. As condições mais favoráveis de primavera e verão são, provavelmente, resultantes da influência das condições regionais, especialmente da temperatura (mais alta nestas estações) e da salinidade (menores valores nestas estações devido aos maiores índices pluviométricos). Como variações significativas nos níveis de salinidade do rio Itanhaém (banco de *S. alterniflora*) não foram detectadas, infere-se que possam ter ocorrido devido às variações significativas observadas na condutividade elétrica.

Por outro lado, nestes bancos, as condições de outono e inverno foram os períodos desfavoráveis devido, provavelmente, às menores temperaturas destas estações, assim como aos valores significativamente maiores de salinidade/condutividade elétrica (possivelmente causados pela menor quantidade de chuvas na bacia). NAIDOO *et al.* (1992), por exemplo, observou modificações anatômicas e nas respostas metabólicas de *S. alterniflora* em função da salinidade e atribuiu a influência desta variável ao crescimento desta espécie.

A pluviosidade, e a decorrente flutuação do nível de água, pode ser um importante fator regulador de populações de macrófitas aquáticas emersas. SANTOS & ESTEVES (2004) verificaram na lagoa costeira de Cabiúnas, submetida a um clima semelhante ao da bacia do rio Itanhaém - ou seja, com menores índices pluviométricos no inverno, porém sem período seco – que a população de *Eleocharis interstincta* é regulada pelo nível da água. Porém, existem poucas investigações sobre o papel da flutuação do nível da água na dinâmica das espécies de macrófitas aquáticas (SANTOS & ESTEVES, 2004).

Para *Scirpus californicus* a única variável biológica que apresentou variação sazonal significativa foi a inflorescência, cujas maiores quantidades foram observadas na primavera. Não foi possível identificar um período desfavorável à sobrevivência desta espécie, uma vez que os valores de folhas verdes, senescentes, jovens e de altura não variaram significativamente no período. Estes resultados são concordantes com HAAS (1996), que verificou que os valores de biomassa média total, densidade média total de hastes e altura média das hastes de *S. californicus* não apresentaram diferenças significativas ao longo do ano na Lagoa Caconde, estado do Rio Grande do Sul. Isto confirma o caráter perene desta ciperácea. Segundo TUR & ROSSI (1976) aparentemente, dentro de certos limites, o desenvolvimento de *S. californicus* não é comprometido pelo nível da água, fatores climáticos e grau de salinidade.

No banco pluriespecífico, os valores de todas as variáveis biológicas são significativamente menores do que nos bancos monoespecíficos ($p < 0,05$), de onde se pode inferir que, provavelmente, ocorra interferência biótica quando estas espécies ocorrem em um mesmo local (competição interespecífica). De fato, a competição pode provocar adaptações seletivas que facilitam a coexistência de uma diversidade de organismos numa dada área ou comunidade (ODUM, 1988).

LOPES (1999) estudou um banco pluriespecífico destas espécies próximo a este local e observou que, devido a pequenas variações sazonais de temperatura e de chuvas, as três espécies ocorreram durante o ano todo. No entanto, estas variações devem ser suficientes para, em determinado período, favorecer mais uma das espécies e, em outro período, uma outra espécie. Assim, as duas espécies podem coexistir no mesmo local. Segundo este autor, provavelmente a temperatura, a salinidade e a pluviosidade sejam importantes fatores responsáveis pela coexistência entre estas espécies. Em sistemas abertos naturais, com entradas e saídas heterogêneas (onde este trabalho foi desenvolvido), a probabilidade de coexistência pode ser maior e os efeitos do aumento da densidade tendem a exercer menor influência sobre as populações, ao contrário de ambientes controlados (usualmente em laboratórios), onde a competição tende a ser mais intensa e a exclusão competitiva mais provável de ocorrer (RICKLEFS &

MILLER, 1999). Convém mencionar que não foram observados distúrbios antrópicos e herbivoria nos bancos.

De um modo geral, no banco pluriespecífico observou-se que os períodos mais e menos favoráveis para *S. alterniflora* e *C. procerum* foram distintos para as duas espécies, ou seja, à medida que aumenta o número de folhas de uma espécie, diminui o número da outra. Provavelmente, este é um fator que evita a exclusão competitiva de uma das espécies no banco. LOPES (1999) também observou, entre as diferentes épocas do ano e em uma mesma época (porém em diferentes locais do banco), uma relação inversa entre a abundância relativa de *C. procerum* e *S. alterniflora*, ou seja, quando a abundância relativa (número de folhas) de *S. alterniflora* foi alta, a de *C. procerum* foi baixa (e vice-versa). Destaca-se que nos bancos monoespecíficos os períodos mais e menos favoráveis para as duas espécies foram coincidentes.

Quanto a *S. californicus*, esta ocorre sempre em menor número do que as outras espécies do banco e seu número de folhas verdes não varia sazonalmente (as outras variáveis apresentam variação sazonal significativa). HAAS (1996) também observou que a biomassa média total de *S. californicus* é baixa quando comparada a valores de outras macrófitas emersas (*Paspalidium paludivagum* e *Leersia hexandra*). Segundo TUR & ROSSI (1976), a capacidade robusta, agressividade na colonização de novos espaços e perpetuação por rizomas, permitem que *S. californicus* cubra grandes extensões em pouco tempo. Sua presença

acelera o processo de colmatção das lagoas, atuando como apaziguador das águas e acelerador do processo de decantação das partículas, favorecendo a invasão de outras espécies (neste caso *S. alterniflora* e *C. procerum*).

HENRY-SILVA & CAMARGO (2003) verificaram, nesta mesma bacia hidrográfica, que a homogeneidade climática e a pequena variação sazonal das características físicas e químicas da água são responsáveis pela ausência de padrão de variação sazonal da biomassa de *Eichhornia azurea*, uma macrófita aquática flutuante. Nesse contexto, as características biológicas de *S. alterniflora*, *C. procerum* e *S. californicus*, tanto nos bancos monoespecíficos quanto no pluriespecífico, reforçam as evidências apresentadas pelas características limnológicas e tanto os fatores abióticos (temperatura, salinidade e pluviosidade), quanto os fatores bióticos (competição) parecem contribuir com a dinâmica das populações estudadas.

Quando analisados os valores de salinidade em busca de variações espaciais (sem levar em conta a sazonalidade desta variável) verificou-se que os valores médios no banco de *S. alterniflora* (0,98) e no banco pluriespecífico (0,57), ambos no rio Itanhaém, são significativamente maiores que os verificados no rio Branco – *S. californicus* (0,16) e no rio Acima – *C. procerum* (0,17). Devido à adaptação de *S. alterniflora* a ambientes eurihalinos e *C. procerum* e *S. californicus* a ambientes oligohalinos, estas espécies podem ser

utilizadas como bioindicadoras de salinização na bacia hidrográfica do rio Itanhaém.

Existem projetos governamentais de captação de água das nascentes do rio Branco (um dos dois afluentes que formam o rio Itanhaém) para o abastecimento de duas regiões metropolitanas que circundam a bacia (Baixada Santista e Grande São Paulo), o que poderá causar um aumento na salinidade da bacia do rio Itanhaém devido à diminuição do volume de entrada de água doce a montante e à maior intrusão da cunha salina a jusante. Um eventual processo de salinização da bacia poderá favorecer competitivamente uma espécie de macrófita em detrimento de outra.

De fato, segundo HENRY-SILVA & CAMARGO (2005), mudanças nas características ambientais modificam as interações ecológicas entre espécies de macrófitas aquáticas. Deste modo, alterações ambientais podem favorecer uma das espécies de macrófitas aquáticas, levando à diminuição da densidade vegetal ou exclusão competitiva de outras e, conseqüentemente, à redução da diversidade biológica.

7) CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os objetivos propostos e com os resultados obtidos neste estudo concluiu-se que:

- As populações de macrófitas aquáticas emersas *Spartina alterniflora* e *Crinum procerum* em bancos monoespecíficos variaram sazonalmente, havendo concordância de período favorável (primavera e verão) e desfavorável (outono e inverno) em ambas as espécies nos bancos monoespecíficos; por outro lado, a população de *Scirpus californicus* em banco

monoespecífico não apresentou variação sazonal significativa, evidenciando o caráter perene da espécie.

– Assim como no banco monoespecífico, as populações de *S. alterniflora* e *C. procerum* do banco pluriespecífico apresentaram semelhança de períodos favorável e desfavorável, no entanto existe uma defasagem de tempo entre eles; não foi possível detectar um período favorável ou não para *S. californicus*, tal como no banco monoespecífico.

– Os fatores ambientais abióticos que, provavelmente, influenciaram as variações das populações de macrófitas aquáticas *S. alterniflora* e *C. procerum* nos bancos monoespecíficos e pluriespecífico foram a temperatura e a salinidade da água. A pequena região em que as espécies coexistem é aquela que está submetida a uma pequena variação sazonal, principalmente da salinidade, que ora favorece uma espécie, ora outra. No banco pluriespecífico, a competição provavelmente é um importante fator biótico atuante que faz as populações apresentarem menores valores das variáveis biológicas do que as macrófitas dos bancos monoespecíficos. Nessas condições, *S. alterniflora* foi mais favorecida, seguida de *C. procerum* e *S. californicus*.

- Finalmente, *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum* e *Scirpus californicus* podem ser espécies bioindicadoras da salinização da bacia hidrográfica do rio Itanhaém.

8) LITERATURA CITADA (Referências segundo normas ABNT NBR 6023:2002).

ALLEN, S.E., GRIMSHAW, H.M., PARKISOS, J.A. & QUARMBY, C. 1974. **Chemical analysis of ecological materials**. Blackwell, Oxford, 565p.

BARROS, M. Las cyperaceas del Estado de Santa Catarina. **Sellowia**. p. 1 – 268. 1960.

BROCK, T.C.M., ARTS, G.P.H., GOOSEN, I.L.M. & RUTENFRANS, A.H.M. Structure and annual biomass production of *Nymphoides peltata* (GMEL) O. Kuntze (Menyanthaceae). **Aquat. Bot.**, 17: p. 167-188, 1983.

CAMARGO, A.F.M. **Dinâmica do nitrogênio e do fósforo em uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu (Lagoa do Mato/SP)**. 1991. 210 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, 1991.

CAMARGO, A.F.M., BINI, L.M., SCHIAVETTI, A. & FERREIRA, R.A.R. Influencia de la fisiografía y de las actividades humanas en las características limnológicas de ríos del litoral sur paulista – Brasil. **Tankay**, v.1, p.256-276, 1994.

CAMARGO, A.F.M., FERREIRA, R.A.R., SCHIAVETTI, A. & BINI, L.M. Influence of physiography and human activity on limnological characteristics of lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil. **Acta Limnol. Brasil.**, v.8, p. 231-243, 1996.

CAMARGO, A.F.M. & FLORENTINO, E.R. Population dynamics and net primary production of the aquatic macrophyte *Nymphaea rudgeana* C. F. meyer in a lotic environment of the Itanhaém river basin (SP, Brazil). **Rev. Brasil. Biol.**, v. 60 (1), p. 83-92, 2000.

CAMARGO, A.F.M., NUCCI, P.R., BINI, L.M. & SILVA JR., U.L. The influence of the geology on the limnological characteristics of some lotic ecosystems of the Itanhaém river basin, SP-Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v.26, p. 860-864, 1997 (a).

CAMARGO A.F.M., PEREIRA, L.A. & PEREIRA, A.M.M. Ecologia da bacia hidrográfica do rio Itanhaém. In: SCHIAVETTI, A. & CAMARGO A.F.M. (Ed). **Conceitos de Bacias Hidrográficas**. Ilhéus, Bahia: Editus., 2002. 293 p.

CAMARGO, A.F.M., SCHIAVETTI, A. & CETRA, M. Efeito da mineração de areia sobre a estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em um ecossistema lótico do litoral sul paulista. **Revista Brasileira de Ecologia**. Sociedade de Ecologia do Brasil, Rio Claro, SP, v.01(2), p. 54-59, 1997 (b).

CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, M.M. & HENRY-SILVA, G.G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S.M. & BINI, L.M. (Ed). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá, Paraná: Ed. EDUEM, 2003. 294 p.

CANFIELD Jr., D.E. & DUARTE, C.M. Patterns in biomass and cover of aquatic macrophytes in lakes: a test with Florida lakes. Can. **J. Fish. Aquat. Sci.** v. 45, p. 1976-1982, 1988.

COOK, C.D.K. 1974. **Water plants of the world**. The Hague, W. Junk., England. 561 p.

DICKERMAN, J.A. & WETZEL, R.G. Clonal growth in *Typha latifolia*: population dynamics and demography of the ramets. **Journal of Ecology**, v. 73, p. 535-552, 1985.

DOWNING, J.A. & ANDERSON, M.R. Estimating the standing biomass of aquatic macrophytes. **Can. J. Fish. Aquatic. Sci.**, v. 42, p. 1860-1869, 1985.

ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2.ed. Interciência - FINEP, Rio de Janeiro. 602 p.

GLOSSÁRIO DE ECOLOGIA. 1997. 2^a edição. Aciesp, n 103. 243 p.

GOULDER, R. Interactions between the rates of production of a freshwater macrophyte and phytoplankton in a pond. **Oikos**, v. 20, p. 300-309, 1969.

GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. & OHSTAD, M.A.M. 1978. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. IBP, Oxford. 213 p.

HAAS, S. **Variação sazonal da biomassa, composição química e aspectos da dinâmica populacional de *Scirpus californicus* (C. A Meyer) Steud na margem nordeste da Lagoa Caconde, Osório, RS.** 1996. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Ecologia Aquática) - Instituto de Biociências – UFRS, Porto Alegre, 1996.

HENRY-SILVA, G.G. & CAMARGO, A.F.M. Avaliação sazonal da biomassa da macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas na bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do estado de São Paulo, Brasil). **Hoehnea**, v. 30 (1), p. 71-77, 2003.

HENRY-SILVA, G.G. & CAMARGO, A.F.M. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do estado de São Paulo, Brasil). **Hoehnea**, v. 32 (3), p. 445-452, 2005.

IPT. 1981. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Vols. I e II: São Paulo.

IRGANG, B.E. & GASTAL, C.V. de S. Jr. 1996. **Macrófitas aquáticas das planícies costeiras do RS**. Porto Alegre. s/ed, 290 p.

LEUNG, R. & CAMARGO, A.F.M. Marine influence on fish assemblage in coastal streams of Itanhaém River Basin, Southeastern Brazil. **Acta Limnol. Brasil.**, v. 17(2), p. 219-232, 2005.

LOPES, K.S. **Fatores responsáveis pela coexistência entre três espécies de macrófitas aquáticas emersas (*Crinum procerum* Carey, *Spartina alterniflora* Loiseleur e *Scirpus* sp.) no rio Itanhaém, Itanhaém/SP.** 1999. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

LORENZI, H. 1995. **Plantas Ornamentais no Brasil:** Arbustivas, Herbáceas e Trepadeiras. Plantarum Ltda, Nova Odessa/SP. 720p.

LUCIANO, S.C. **Biomassa e composição química da *Eichhornia azurea* e *Anacharis densa* em ecossistemas lóticos do litoral sul paulista.** 1992. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ecologia) – Instituto de Biociências - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

MACKERETH, F.J.H., HERON, J. & TALLING, J.F. 1978. **Water analysis: some revised methods for limnologists.** F.B.A., London. 121p.

MENEZES, C.F.S. **Biomassa e produção primária de três espécies de macrófitas aquáticas da Represa do Lobo (Broa), SP.** 1984. 253 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, 1984.

NAIDOO, G., McKEE, K.L. & MENDELSSOHN, L.A. Anatomical and metabolic responses to waterlogging and salinity in *Spartina alterniflora* and *Spartina patens* (Poaceae). **American Journal of Botany**. v 79 (7), p. 765-770, 1992.

NOGUEIRA, F.M. de B. **Importância das macrófitas aquáticas *Eichornia azurea* Kunth e *Scirpus cubensis* Poepp & Kunth na ciclagem de nutrientes e nas principais características limnológicas da Lagoa do Infernã (SP)**. 1989. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, 1989.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Ed. Guanabara. Rio de Janeiro. 1988. 434p.

PIETERSE, A.H. & MURPHY, J.K (eds). **Aquatic Weeds**. Oxford Univ. Press – Oxford. 1990. 593p.

RICKLEFS, E.R. & MILLER, G.L. **Ecology**. 4 th ed. W.H. Freeman & Company, London. 1999. 822 p.

RUBIM, M.A.L. **Estudos ecológicos das espécies de macrófitas aquáticas *Salvinia molesta* Mitchell e *Pistia stratiotes* Linnaeus: taxa de crescimento e ciclagem de nutrientes**. 2004. 114 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

SANT'ANNA, E.B. **Condição e dieta de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) em rios de águas branca e preta na bacia do rio Itanhaém, Itanhaém/SP.** 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

SANT'ANNA E.B. **Níveis de poluição orgânica na porção estuarina do rio Itanhaém, litoral sul paulista.** 1999. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

SANTOS A.M. & ESTEVES, F.A. Influence of water level fluctuation on the mortality and aboveground biomass of the aquatic macrophyte *Eleocharis interstincta* (VAHL) Roemer et Schuilts. **Braz. Arch. Biol. Techn.** v. 47(2), p. 281-190, 2004.

SCHIAVETTI, A. **Ecologia de macrófitas aquáticas de dois ecossistemas lóticos da bacia do rio Itanhaém.** 1991. 68 f . Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

SCREMIN-DIAS, E; POTT, J.V.; HORA R.C. & SOUZA, P.R. 1999. **Nos jardins submersos da Bodoquena:** guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região. Ed. UFMS. 160 p.

SETZER, J. 1966. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, Comissão Interestadual da Bacia do Paraná - Uruguai. CESP, 15 p.

SILVA, C.J. **Influência da variação do nível d'água sobre a estrutura e funcionamento de uma área alagável do Pantanal Matogrossense (Pantanal de Barão de Melgaço, Município de Santo Antônio de Leverger e Barão de Melgaço – MT)**. 1990. 251 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, 1990.

SIQUEIRA, B. **Estudo da fauna associada às macrófitas aquáticas *Anacharis densa* e *Eichhornia azurea* em ecossistemas lóticos do litoral sul paulista**. 1993. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993.

SMART, M.M. Annual changes of nitrogen and phosphorus in two aquatic macrophytes (*Nymphaea tuberosa* and *Ceratophyllum demersum*). **Hidrobiologia**, v. 70, p. 31-35, 1980.

SOLOMON, M.E. 1980. **Dinâmica de populações**. Editora Pedagógica e Universitária Ltda., São Paulo. 78p.

STATSOFT, Inc. 2000. **Statistica for Windows**. Statsoft, Inc., Tulsa. 378p.

THOMAZ, S.M. & BINI, L.M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. **Acta Limnol. Brasil.**, v.10 (1), p. 103-116, 1998.

TONIZZA-PEREIRA, M.C. **Distribuição e abundância de macrófitas aquáticas em relação a características limnológicas da água e do sedimento em cinco áreas na bacia do rio Itanhaém, litoral sul de São Paulo**. 2002. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

TUR, N.M. & ROSSI, J.B. Autoecologia de *Scirpus californicus* – Crecimiento y desarrollo de la parte aérea. **Bol. Socied. Arg. Bot.**, XVII (1-2): 73-82 p, 1976.