

Universidade Federal de São Carlos
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

**FATORES CONDICIONANTES DA FLORA MARGINAL E AQUÁTICA DO ESTUÁRIO
DO RIO MASSAGUAÇU (CARAGUATATUBA – SP)**

José Pedro Nepomuceno Ribeiro

São Carlos
-2007-

**FATORES CONDICIONANTES DA FLORA MARGINAL E AQUÁTICA DO ESTUÁRIO
DO RIO MASSAGUAÇU (CARAGUATATUBA – SP)**

Aluno: José Pedro Nepomuceno Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Maria Inês Salgueiro Lima

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre

São Carlos
-2007-

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

R484fc

Ribeiro, José Pedro Nepomuceno.

Fatores condicionantes da flora marginal e aquática do Estuário do rio Massaguaçu (Caraguatatuba – SP) / José Pedro Nepomuceno Ribeiro. -- São Carlos : UFSCar, 2007. 55 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Ecologia vegetal. 2. Alelopatia. 3. Massaguaçu, Rio (SP). 4. Spray marinho. I. Título.

CDD: 581.5 (20^a)

Agradecimentos:

Para fazer esse trabalho eu tive a ajuda de muitas pessoas. Muitas mesmo! E aqui vai o meu muito obrigado:

Primeiro, a minha família: meus irmãos Paula e João que ajudaram nas coletas, e Julia, que revisou o texto e atentou para inúmeras vírgulas mal utilizadas. Minha mãe, que corrigiu todo o inglês e Luiza, que corrigiu todo resto e, em especial, meu pai, que foi incrivelmente importante para o desenvolvimento desse trabalho.

À minha orientadora, Inês, que sabe como ninguém ajudar a escolher os caminhos, e por quem eu tenho grande admiração.

A Catia, à quem eu não agradeço, porque de tanto ajudar ela saiu dos agradecimentos e foi para co-autoria.

Aos meus japoneses Tiago, Sadao e Leandro. Porque os meus japoneses são muuuuuuuito mais criativos que os japoneses dos outros.

Ao Fabio Peixoto, doravante, Parceiro, atualmente sócio também.

Ao pessoal oficialmente aqui de casa: Gra, Bruna, DW e Ro (e ao japs também, mas ele já foi agradecido acima).

Ao pessoal extra-oficialmente, mas sempre bem vindo, daqui de casa, Circense, Paula, Tati, Nando, Iara, e ao pessoal vem aqui só de vez em quando: Lu, Alonso, Sirvi, Ale, Val, Carol, Zé.

À Izabel de Lourdes Souza de Mertides da Fonseca e Silva de Leão Monteiro.

À Letícia, com suas próprias palavras: "Agradeço à Quito pela paciência com a minha pessoa chaaata, pelo carinho e por ela ser tão legal".

Ao Pessoal de Caragua – Mimi, Matheus e Guilherme pela força nas coletas.

Ao pessoal da Botânica, Dani, João Paulo e Bia, pela enorme paciência, e da Unicamp, Prof. João Semir e Leo, pela ajuda nas identificações.

Ao Jose Roberto, da Fisiologia, pelas medidas de potencial osmótico.

A professor Casagrande, de Araras, pelas análises do solo.

Ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais e ao CNPq pela bolsa.

À Marina ♥

Aos que eu esqueci de agradecer, peço desculpas – isso se deve ao avançado estado de deterioração do meu cérebro, e não da minha ingratidão.

“O cidadão prudente que nunca confiaria o seu relógio ou o seu automóvel a um amador remendão submete os seus lagos a drenagens, a abastecimentos, a dragagens, a poluições, a estabilizações, a controle de mosquitos e de algas ou a controle a favor do nadador, e à introdução de qualquer peixe capaz de nadar. O mesmo acontece com os rios. São represados pelo homem com açudes e barragens, e deixados depois prosseguir com a drenagens, canalizações e inundações e com depósitos de sedimentos provenientes de um mau cultivo.

A disposição do público para aceitar e pagar por estas intromissões contraditórias com a ordem natural provém, pensa o autor, de três pensamentos ilusórios. Em primeiro lugar, cada uma destas intervenções é considerada como um projeto isolado por motivo de ser levado a cabo por um departamento ou uma profissão separada, bem como executada habilmente, dado o treino dos seus proponentes, cada qual no seu domínio restrito de especialização. O público não sabe que os departamentos e as profissões se podem anular mutuamente, e que a especialização pode anular o entendimento. Em segundo lugar, qualquer mecanismo construído é considerado como sendo superior a um mecanismo natural. O aço e o cimento têm proporcionado muito bem-estar e, portanto, qualquer coisa construída com eles terá de ser boa. Em terceiro lugar, apenas entende o comportamento orgânico daqueles organismos criados por nós próprios. Sabemos que as máquinas e os governos são organismos; que intrometer-se com uma parte deles pode afetar o conjunto. Ainda se não tomou consciência de que isto é também verdade quando se trata dos solos e da água.

Assim, o homem que se encontra muito avisado para tolerar um remendo apressado na sua constituição política aceita sem pestanejar a emenda mais radical na sua constituição biótica.”

Leopold, 1941

Sumário:

Introdução Geral	3
Bibliografia	13
Capítulo 1: Influência do spray marinho e das características físico-químicas da água do Estuário do Rio Massaguaçu (Município de Caraguatatuba, São Paulo) sobre a vegetação adjacente.	17
Resumo	18
Introdução	19
Materiais e Métodos	20
Resultados e Discussão	23
Conclusões	32
Bibliografia	32
Capítulo 2: Efeitos alelopáticos de extratos aquosos de <i>Crinum americanum</i> L. sobre a porcentagem, tempo médio de germinação e crescimento inicial de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.), gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.) e rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.)	35
Resumo	36
Introdução	37
Materiais e Métodos	39
Resultados e Discussão	41
Conclusões	49
Bibliografia	50
Considerações Finais	55

Introdução geral

Características do ambiente estuarino

A palavra estuário deriva do latim “*aestuarium*” que significa alagado ou canal, que por sua vez deriva da palavra “*aestus*” que significa maré. Embora seja muito mais complexo que isso, o termo estuário é usado genericamente para designar o encontro de um rio com o mar. Uma definição amplamente aceita de estuários é a de Pritchard (1967): “*Estuário é um corpo de água costeiro semi-fechado, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior do qual a água do oceano é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental*”.

A definição acima exclui baías (que não são ambientes semi-fechados), lagoas costeiras e mares salobros (que não possuem ligação com o oceano adjacente) e lagoas salinas (cuja água provém da chuva e não da drenagem continental). Também segundo essa definição, o estuário acaba quando a água do oceano para de ser mensuravelmente diluída pela água da drenagem continental. Entretanto, a influencia da maré sobre o estuário, sobretudo nos não modificados pelo homem, vai sempre além desse limite. Assim, Fairbridge (1980) ampliou a definição de estuário, englobando a parte fluvial do estuário, que possui salinidade zero, mas sofre influencia direta da maré: “*Estuário é uma reentrância do mar em um vale de rio que se estende até o limite superior da maré, e pode ser usualmente dividido em três setores: a) marinho ou baixo estuário - com livre ligação com o oceano; b) estuário médio - sujeito à fortes processos de mistura de água doce com água salgada e c) estuário fluvial ou superior - caracterizado por água doce, mas sujeito a ações da maré*”.

Muitos estuários, particularmente os tropicais (Miranda *et al.* 2002) tem a sua entrada selada por uma barra de areia construída pelo oceano adjacente. Esses estuários são chamados de estuários cegos, e não tem uma livre ligação com o oceano (que só ocorre quando a barra se rompe, geralmente no período das chuvas). Para incluir esses ambientes na definição de estuário Day (1980) incluiu o parâmetro “permanentemente ou periodicamente ligado ao oceano adjacente”. A definição de Day, entretanto, não levava em consideração a parte fluvial do estuário. Ou seja, para ele, assim com para Pritchard, a água marinha tinha que ser mensuravelmente diluída na água doce.

Em 1987, Kjerfve redefiniu o estuário, incorporando na sua definição a parte fluvial do estuário e os estuários cegos: “*Estuário é um ambiente costeiro que apresenta conexão restrita com o oceano adjacente. Tal conexão permanece aberta pelo menos intermitentemente. Esse ambiente pode ser subdivididos em três zonas distintas: Zona de maré do Rio ZR – Parte fluvial com salinidade praticamente zero, mas inda sujeita a influencia da maré. Zona de mistura ZM – região onde ocorre a mistura da água doce da drenagem continental com a água do mar. Zona costeira*

ZC – região costeira adjacente que se estende ate a frente da pluma estuarina que delimita a camada limite costeiro”

Independentemente da terminologia, estuário é um ecótono de transição entre o ambiente fluvio-continental e um ambiente marinho (Odum 1971, Henry 2002). Como é característico dos ecótonos, muitas das suas características mais importantes não são transicionais e sim exclusivas. Com raras exceções, estuários são ambientes sujeitos à grandes variações temporais e espaciais de suas características físico-químicas. Suas condições muitas vezes tendem para os extremos. Isso condiciona seus organismos a serem capazes de tolerar essas variações e limita a diversidade dos estuários. Apesar da sua área relativamente pequena, os estuários são biologicamente muito importantes. São pontos de parada nas rotas de aves migratórias, são pontos de reprodução e crescimento de uma infinidade de espécies de peixes e crustáceos – muitos de interesse comercial. Os estuários estão entre os sistemas mais produtivos da terra (Odum 1971).

Como os rios nas regiões costeiras têm o seu nível muito próximo do oceano, qualquer aumento no nível das marés provoca a entrada da água salgada nos rios e seus vales. Conforme o vale de um rio é afogado pelo oceano, o jovem estuário em formação assume uma forma retangular ou triangular, dependendo do tamanho, forma e gradiente da sua calha, do volume da descarga, a natureza do substrato e a topografia da região. Um estuário jovem é primordialmente perpendicular ao oceano adjacente, mas a sua forma inicial é rapidamente alterada por processos fluviais e marinhos. Circulação, processos de mistura e estratificação de salinidade, no estuário, dependem de sua geometria, descarga de água doce, maré, salinidade, circulação da região oceânica adjacente e do vento que atua remota ou diretamente sobre a sua superfície (Pritchard 1967). Assim, uma abordagem detalhada dos processos físicos que ocorrem nos estuários é bastante complexa.

Características do Estuário do Rio Massaguaçu

O Rio Massaguaçu nasce na Serra do Mar, próximo ao bairro do Jetuba, em Caraguatatuba, São Paulo, e corre para o oceano. Quando chega perto do que é hoje o bairro de Capricórnio, o curso do rio assume uma posição paralela ao mar, seguindo assim por cerca de 2 km. Ao encontrar um morro, o curso do rio faz uma curva vira à esquerda, até o oceano. As suas águas são, então, represadas por uma barra de areia formando um estuário cego, chamada pela população local de “Lagoa Azul”.

O tamanho da barra é bastante variável estando aparentemente ligado à força das marés. Nas marés mais altas são depositadas maiores quantidades de areia, formando barras maiores e vice-versa. Desse modo, o nível de água do estuário varia bastante, podendo ultrapassar 8 m em alguns pontos.

A barra do Rio Massaguaçu abre e fecha várias vezes por ano, sem ter uma periodicidade ou qualquer relação com a época do ano, tendo como fator condicionante a relação regime das marés/força das ondas e o índice pluviométrico, o que reflete a altura relativa da água em relação à barra de areia. Enquanto permanece conectado ao oceano, o estuário tem seu regime hídrico regido pelas marés, e nas mais altas recebe grandes quantidades de água salgada. Durante esse período ele funciona como um estuário de planície típico. Quando está fechado, ele fica bastante estratificado horizontalmente.

O Rio Massaguaçu drena uma área relativamente grande e, em períodos de chuvas intensas, recebe uma grande quantidade de sedimentos dos morros adjacentes, podendo turvar completamente a água. Esse regime hídrico, extremamente complexo, faz com que as características físico-químicas da água desse estuário variem muito, tanto temporalmente quanto espacialmente, proporcionando, situações de salinidade que variam de zero a 3%. O volume de água é também bastante variável podendo o estuário apresentar-se cheio, ou com o seu leito totalmente exposto separado por poucas horas.

Segundo Modenesi (1983) a combinação da maré alta e seu recuo, com um nível alto na lagoa, explicaria a abertura da barra, mas provavelmente não é sua única causa natural. Ressacas marinhas mais severas, relativamente comuns na área também devem ser consideradas.

Infelizmente, a barra vem sendo aberta cada vez menos por meios naturais, e mais por ações antrópicas. Não existem ainda estudos no local, mas a abertura artificial cada vez mais freqüente certamente está comprometendo o ciclo biológico de boa parte da fauna da lagoa e de animais marinhos. A abertura artificial da barra impede que estudos mais detalhados sobre o regime geohidrológico sobre este estuário sejam feitos. Está se dá, principalmente por surfistas para modificar o regime das ondas e pela prefeitura, para impedir que o nível alto da água do rio provoque o transbordamento e o conseqüente alagamento do bairro do Jetuba.

Além disso, há varias décadas, pescadores abrem artificialmente a barra, uma vez que o nível baixo do estuário facilita a captura de diversos organismos de valor comercial, como a Tainha (*Mugil sp.*), o Parati (*Mugil sp.*) e o Robalo (*Centropomus sp.*).

As margens desse estuário são caracterizadas no seu lado esquerdo por uma área bastante antropizada, com a Mata Ciliar alterada e com o bairro Capricórnio imediatamente atrás dela. Na margem direita, com exceção do trecho próximo da barra, tradicionalmente usado por pescadores, ainda mostra elementos de Floresta Ombrófila Densa e de vegetação de restinga.



Figura 1 – Vista geral da área de estudo, com o banco de macrófitas em primeiro plano e a vegetação ripária em segundo.

No sentido estuário-interior, a vegetação é caracterizada por uma larga faixa composta quase que exclusivamente por *Crinum americanum* L., seguida por um trecho bem mais estreito dominado por *Annona glabra* L. Essas duas primeiras faixas ficam alagadas na maior parte do tempo. Em seguida há uma área, que se alaga menos freqüentemente, com grande concentração de *Hibiscus pernambucensis* Arruda e em seguida se inicia a área alagada somente nas maiores cheias, com vegetação arbórea de maior porte. No sentido montante-jusante não existe um gradiente tão evidente, mas o trecho mais perto da foz concentra um maior número de espécies características de restinga e halófitas.

Segundo Henry (2002), de todos os fatores que moldam as características de uma vegetação ripária, as relações hidrológicas são de longe as mais importantes. Raven *et al.* (1996) afirmam que o sal pode impedir completamente a entrada de água na planta e os íons de sódio podem entrar preferencialmente aos de potássio nas células, privando-a desse elemento essencial e inibindo alguns sistemas enzimáticos. A partir desses dados resolvemos investigar a composição florística da margem do Rio Massaguaçu e dos bancos de macrófitas adjacentes, relacionando a sua distribuição com os principais fatores abióticos, presentes nesse ambiente.

Mata Atlântica e Restinga

A delimitação da floresta atlântica ainda é um tema controverso. Desde a primeira divisão fitogeográfica, diversos autores propuseram diferentes divisões (Scudeller *et al.* 2001). Joly *et al.* (1999) propuseram o termo Mata Atlântica *sensu lato* para englobar a vegetação que ocorre ao

longo de todo o litoral brasileiro, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, com amplas extensões para o interior nas regiões Sul e Sudeste, ocorrendo também no Paraguai e Argentina. Atualmente, sua principal área reside nas serras do Mar e da Mantiqueira (Joly *et al.* 1999). As cadeias montanhosas onde a Mata Atlântica ocorre são constituídas por rochas pré-cambrianas e influem nos padrões de pluviosidade (Dansereau 1950). Veloso *et al.* (1992) dividiram a Mata Atlântica *sensu lato* em Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecídua, além dos ecossistemas associados, que são os campos sulinos e as áreas de formações pioneiras com influência flúvio-marinha (dunas, manguezais e as restingas). O termo Floresta Ombrófila Densa foi introduzido por Ellenberg & Müller-Dombois em 1965 (*apud* Veloso *et al.* 1992) e substituiu o termo pluvial (Floresta Pluvial) por ombrófila, ambos com o mesmo significado referente ao clima. Os mesmos autores empregaram os termos densa e aberta para designar as fisionomias em que as copas das árvores mais altas se tocam ou não, respectivamente.

A expressão Mata Atlântica *sensu stricto* poderia ser aplicado apenas às áreas de Floresta Ombrófila Densa (Veloso *et al.* 1992). Esse tipo de vegetação é caracterizado por predominância de fanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância que o diferencia dos outros tipos de formações e está associada a climas de elevadas temperaturas (médias anuais de 25°C) e de alta precipitação bem distribuída durante o ano com ausência de uma estação biologicamente seca ou com no máximo 60 dias biologicamente secos (Veloso *et al.* 1992).

As florestas de restinga constituem uma das fisionomias que compõem a Mata Atlântica *sensu lato*. O termo é usado genericamente para designar o mosaico de comunidades vegetais que ocupam as planícies formadas por deposições marinhas do fim do quaternário entre o Oceano Atlântico e a Floresta Ombrófila Densa da serra do mar (Scarano 2002). Leinz & Amaral (1980) se referem à restinga como uma formação geológica resultante da deposição de sedimentos no Quaternário (últimos milhares de anos) dos rios e do mar. Souza & Capellari (2004) Propuseram a utilização da expressão Floresta de Restinga, referindo-se à floresta que ocorre sobre essa formação geológica do Quaternário. Rizzini (1997) se refere a todas as formações vegetais que cobrem as areias holocênicas desde o oceano; a paisagem formada pelo areal justamarítimo, com sua vegetação global ou a vegetação lenhosa e densa da parte interna da planície costeira. Veloso *et al.* (1992) chamaram as florestas de restinga de áreas de formações pioneiras com influência fluvio-marinha. As florestas de restinga possuem diferentes fisionomias, desde uma floresta aberta, com vegetação arbustiva e árvores baixas (de até 5m) até uma floresta densa, com árvores de até 15 m e um dossel bem definido.

Composição florística dos bancos de macrófitas

As principais espécies encontradas nos bancos de macrófitas do estuário Massaguaçu são: *Crinum americanum* L, *Annona glabra* L., *Bacopa monnieri* Pennell, *Eleocharis flavescens* Urb. Dentre elas, a espécie dominante é *C. americanum*. Esta Amarilidaceae domina ambientes próximos à costa do sul da América do Sul ao Sul da América do Norte. A capacidade que essa espécie tem de dominar ambientes ao longo da costa das Américas, entretanto, dificilmente poderia ser explicada apenas pela sua plasticidade e resistência a essas condições. As demais espécies citadas conseguem ocupar áreas nas bordas dos bancos de *C. americanum*, mas no centro desses bancos, onde essa macrófita ocorre de maneira mais densa, nenhuma outra é capaz de ocupar. A fisionomia desses bancos de macrófitas nos alertou para a possibilidade de que *C. americanum* possuir propriedades alelopáticas, o que foi investigado nesta dissertação.

Alelopatia

Muitas espécies regulam a distribuição de outras, liberando substâncias químicas no meio. Essas substâncias podem ser atrativas ou repulsivas, estimulatórias ou inibitórias. A sinalização através de compostos químicos esta presente em virtualmente todos os grupos de seres vivos, é conhecida genericamente como ecologia química. As relações planta/planta envolvendo substâncias químicas são tratadas por um ramo da ciência denominado alelopatia (Putnam & Tang 1986).

A capacidade de uma planta interferir quimicamente no desenvolvimento de outras é conhecida desde antes de Cristo. Theophrastus (300 a.C.) propôs que a leguminosa *Cicer arietinum* (grão de bico) exauria o solo. Plínio, no século I, não apenas reconheceu que diversas culturas “estragavam” o solo, como também já atribuía esse fenômeno a essências ou sucos liberados pelas mesmas (Putnam & Weston 1986). Muito tempo depois, em 1832, o botânico De Candolle ao perceber que com o passar do tempo algumas culturas começavam a produzir menos, sugeriu que o “cansaço” da terra na agricultura era decorrente de exudados da própria cultura (Rice 1984).

Apesar dessas observações terem sido feitas há mais de dois mil anos, o termo alelopatia foi criado somente em 1937, pelo alemão Hans Molisch, para descrever as interações positivas ou negativas entre plantas superiores e/ou inferiores (Putnam & Tang 1986, Rice 1984). Esse termo causou certa confusão, uma vez que ele se originou da união de duas palavras gregas “*allellon*” (de um para o outro) e “*pathos*” (prejuízo, sofrer), e significa “sofrimento mútuo”. Isso fez com que autores como Putnan & Duke (1978) considerassem o termo “alelopatia” incorreto. Rice (1974)

limitou o termo apenas às interações prejudiciais, mas, reconsiderou posteriormente esta posição, englobando as interações positivas em sua definição. Assim, a grande maioria dos autores adota a definição original de Molish (Rice 1984, Einhellig 1995). É de fato complicado usar o termo alelopatia apenas para as interações negativas, porque a grande maioria dos aleloquímicos pode ser benéfica em uma concentração e prejudicial em outra (Rice 1984). Assim, é provável que a definição de Molish, mesmo que etimologicamente imprecisa, seja adequada.

Com o tempo, outros pesquisadores começaram a refinar o termo. Putnan & Duke (1978) introduziram os termos planta “doadora”, sendo essa a planta que libera substâncias químicas e interfere no crescimento e/ou germinação de outra planta, chamada de “receptora”.

Em 1996, Miller dividiu o efeito da alelopatia em duas categorias: autotoxidade, que ocorre quando plantas de uma espécie liberam compostos químicos que interferem na germinação e/ou crescimento de plantas da mesma espécie e heterotoxidade, quando os compostos químicos liberados afetam plantas de outra espécie.

O processo de autotoxidade vem sendo observado em ambientes naturais e ecossistemas modificados causando declínio de produção e problemas na regeneração do solo. Esses dados levaram diversos autores a atentar para os efeitos da autotoxidade, propondo que ela regulava as populações no espaço e no tempo, reduzindo a competição intra-específica e favorecendo a perpetuação da espécie (Singh *et al.* 1990). Ele proporcionaria também um espaçamento mínimo entre os indivíduos, prevenindo o aparecimento de predadores, parasitas e doenças (Seigler 1996). Esse mesmo autor propõe, também, que esse espaçamento é importante para garantir a polinização cruzada e assim reduzir os efeitos da endogamia.

Por outro lado, uma cultura pré-existente modifica as características bióticas e abióticas do solo, de modo que muitos dos problemas com a regeneração da cobertura vegetal ou com o replantio podem não apresentar qualquer relação com problemas alelopáticos (Gonzalez & Sotomayor 2004).

As substâncias com propriedades alelopáticas são denominadas aleloquímicos e geralmente são oriundas do metabolismo secundário das plantas (An *et al.* 1998), e podem estar presentes em todos os tecidos vegetais (Putnan & Tang 1986). A produção dos aleloquímicos pode ser regulada por diversos fatores ambientais bióticos e abióticos e aparentemente situações de estresse tendem a aumentar a sua produção (Einhellig 1996).

Rice (1984) definiu como principais classes de aleloquímicos as quinonas, fenóis, ácidos cinâmicos, cumarinas, flavonóides, taninos, terpenos, esteróides, alcalóides, entre outros.

A água da chuva, orvalho ou neblina podem retirar substâncias aleloquímicas de uma planta e fazer chegar a outras. Esse processo é conhecido como lixiviação. Os aleloquímicos podem também chegar ao solo pela exsudação radicular e podem ter efeitos diretos sobre as plantas, ou indiretos,

através de microrganismos associados a ele (Tukey Jr. 1996). A decomposição de partes mortas das plantas, como folhas que caem, pode liberar compostos alelopáticos. Entretanto, os efeitos desse tipo de aleloquímico tendem a ser transitórios, uma vez que estão sujeitos à absorção por colóides, pela degradação, inativação ou transformação pelos microrganismos do solo (Almeida 1988).

O modo de ação dos aleloquímicos pode ser grosseiramente dividido em: direto, quando os aleloquímicos se ligam a membranas da planta receptora, e indireto, quando modificam as propriedades do substrato ou meio em que vive a planta receptora (Ferreira & Áquila 1999).

A ação de vários aleloquímicos está envolvida na inibição e modificação da germinação ou desenvolvimento das plantas (Einhelling 1996, Rice 1984, Putnam & Tang 1986). Eles podem ser seletivos em suas ações e as plantas seletivas em suas respostas, o que torna difícil sintetizar o seu modo de ação (Seigles 1996, Ferguson & Rathinasabapathi 2003). Entretanto, Rizvi & Rizvi (1992) tentaram organizar o modo de ação dos aleloquímicos e propuseram que estes podem afetar: 1) estruturas da célula; 2) balanço hormonal; 3) membranas e sua permeabilidade; 4) absorção de minerais; 5) movimento dos estômatos; 6) respiração; 7) síntese de proteínas; 8) atividades enzimáticas; 9) relações hídricas, condução e 10) material genético, induzindo alterações no DNA e RNA.

Diversos autores (como Elinhelling 1996 e Rice 1984) propõem que a inibição tipicamente alelopática resulta da ação combinada de grupos de aleloquímicos que, coletivamente, interferem em vários processos fisiológicos.

Na natureza, uma infinidade de fatores rege a vida dos organismos e, na maioria dos casos, é muito difícil separar os efeitos específicos de cada um desses fatores. Assim, as interações alelopáticas muitas vezes podem ser confundidas com competição e vice-versa. Entretanto, diversos autores afirmam que na alelopatia uma planta insere substâncias no meio – os aleloquímicos, enquanto na competição algum elemento é retirado (água, luz, nutrientes) (Gatti 2004, Rice 1984, Ferreira & Áquila 2000).

Diversas plantas aquáticas, inclusive algumas marinhas, produzem aleloquímicos (Gross 2003). A liberação de compostos aleloquímicos por macrófitas é aparentemente uma eficiente resposta evolutiva contra o fitoplâncton e as epífitas (Gross 2003, Erhard & Gross 2006), uma vez que o sombreamento causado por estes é o principal fator limitante para macrófitas submersas (Philip *et al.* 1978). Hilt (2006) fez uma vasta revisão dos efeitos alelopáticos de macrófitas sobre cianobactérias e algas, propondo que ocorria algum tipo de inibição em muitos casos.

Huang *et al.* (1999) que observaram que o aguapé (*Eichornia crassipes*) suprime o crescimento de algas em corpos d' água tornando as águas mais claras. Os exudados da raiz e os extratos dessa planta foram investigados como algicidas, tendo sido comprovada a sua eficácia.

A maioria das plantas invasoras que devastam ecossistemas não tem o mesmo sucesso no seu hábitat de origem. Existem muitas hipóteses para explicar o sucesso devastador de espécies invasoras, entre elas: ausência de predadores, parasitas ou benefícios diretos dos distúrbios antrópicos no ambiente invadido (Mack *et al.* 2000). O sucesso de muitas plantas invasoras pode também estar relacionado com seu potencial alelopático (Ferreira & Áquila 1999, Hierro & Callaway 2003). Muitas vezes plantas invasoras se estabelecem como monoculturas onde antes existia uma comunidade diversa. Callaway & Aschehoung (2000) demonstraram que a invasora *Centaurea diffusa* tem grande potencial alelopático sobre as plantas das comunidades invadidas, mas seus aleloquímicos são ineficientes sobre seus vizinhos naturais. A falta de um período co-evolutivo pode explicar a falta de tolerância aos aleloquímicos das comunidades invadidas e pode ser a chave para a compreensão da importância da alelopatia na invasão de plantas exóticas.

Estudos de alelopatia são também importantes do ponto de vista econômico como os relativos à rotação de culturas, projetos de reflorestamento e controle de plantas invasoras.

A rotação de culturas é uma prática muito difundida no Brasil, e dependendo de como a rotação é feita ela pode ser prejudicial, pois a cultura anterior pode ter deixado aleloquímicos na terra que atrapalhem o desenvolvimento das próximas (Ferreira & Áquila 2000). A liberação de aleloquímicos no solo é muitas vezes a maior causa da sua improdutividade (Sihgn *et al.*, 1999).

A ordem das plantas em planos de reflorestamento é também muito importante, uma vez que, processos alelopáticos parecem tomar uma parte importante no processo sucessional (Ferguson & Rathinasabapathi 2003).

Além disso, o uso de plantas com potencial alelopático ou de seus aleloquímicos em substituição aos agrotóxicos tradicionais surge como uma alternativa ecologicamente correta ao para o controle de pragas na agricultura (An *et al.* 1998).

Distribuição das espécies nos ambientes naturais

A existência de uma espécie e a distribuição dos indivíduos e populações em uma dada região é limitada por uma série de fatores. Em primeiro, esse lugar precisa apresentar os elementos mínimos para que essa espécie cresça e se reproduza, como nutrientes, água, etc. (“Lei do mínimo de Liebig”). Depois, esse lugar não pode apresentar condições que essa espécie não suporte, como por exemplo, temperaturas muito altas ou muito baixas (“Lei da tolerância de Shelford”). A presença de um fator limitante pode também afetar a tolerância de um organismo a outros fatores. Penam (1956 *apud* Odum 1971) notou, por exemplo, que quando a quantidade de nitrogênio é limitante no solo, a resistência de algumas ervas à falta de água diminui. Assim, mais que a presença ou ausência de fatores limitantes a maneira com a qual o organismo se relaciona com eles

é importante para explicar a existência ou não de um dado organismo em um dado lugar (Odum 1971, Ricklefs 2001).

A ocorrência de uma espécie pode determinar e a presença ou ausência de outras. Diversas espécies de epífitas, por exemplo, estão necessariamente vinculadas à existência de determinadas árvores. Espécies com sobreposição de nicho muito grande tentem a não coexistir, mesmo que as condições abióticas sejam adequadas para ambas (Odum 1971, Ricklefs 2001).

Finalmente, pode ocorrer que uma espécie não ocupe um *hábitat* onde as condições bióticas e abióticas adequadas porque sua distribuição geográfica não alcança esse *hábitat*; ela simplesmente se especiou em outro lugar, e seus padrões de dispersão não foram capazes de alcançar esse *hábitat*.

Os fatores limitantes e as características bióticas de uma área controlam não só a presença ou ausência de uma determinada espécie nesta área, mas regem boa parte das características da sua população como tamanho, taxas de natalidade/mortalidade, distribuição etária, entre outras.

Os organismos, entretanto, não são “meros escravos do mundo físico” (Odum 1971). Eles o modificam ativamente, fazendo com que os ambientes estejam em constante processo de modificação. As características da própria Terra, independentemente dos fatores abióticos estão em constante modificação. A mudança de um ambiente reflete em mudanças na estrutura das populações, que por sua vez refletem na estrutura da comunidade. Muitas vezes a grandeza de tempo em que esse processo ocorre é de certa forma abstrata para o homem, mas a presença de uma espécie em um *hábitat* é fundamentalmente efêmera.

Embora o estudo de todos esses fatores abordados seja extremamente complexo, procuramos nesse trabalho dar o primeiro passo e, explorar alguns aspectos que nos pareceram importantes para este estudo de caso.

Bibliografia referente à introdução geral:

Almeida, F.F. 1988. A alelopatia e as plantas. IAPAR. Londrina.

An, M.; Pratley, J. & Haig, T. 1998. Allelopathy: from concept to reality. Regional.

Callaway, R.M. & Aschehoug, E.T. 2000. Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. Science magazine 29: 521-523.

Dansereau, P. 1950. Ecological Problems of Southeastern Brazil. The Scientific Monthly 71(2): 71-84.

Day, J. H., 1980. What is an estuary? S. Afr. J. Sci. 76: 198.

Einhellig, F.A. 1995. Allelopathy: Current status and future goals. P.1-24. In: F. A. Einhellig, K. M. M. Dakshini, (Ed.). Allelopaty - Organisms, Processes, and applications: American Chemical Society. (ACS symposium series).

Einhellig, F.A. 1996. Interactions involving allelopathy in crop systems. Journal of Agronomy 88: 886-893.

Erhard, D. & Gross, E.M. 2006. Allelopathic activity of *Elodea Canadensis* and *E. nuttallii* against epiphytes and phytoplankton. Aquatic Botanic 85: 2003-211.

Fairbridge, R. W., 1980. The estuary: its definition and geodynamic cycle. In: Olausson, E., and Cato, I. (eds.), Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries. Pp. 1-36.

Ferguson, J.J.; B. Rathinasabapathi. 2003. Allelopathy: how plants suppress other plants. Horticultural Sciences Department.

Ferreira, A.G. & Áquila, M.E.A. 2000. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12 (Edição especial): 175-204.

González, E. & Sotomayor, C. 2004. Allelopathic effect of cyanogenic glucosides on Nemaguard peach seedlings. Ciencia e Investigacion Agraria 32(1): 11-15.

- Gross, E.M. 2003. Allelopathy of aquatic autotrophs. *Crit. Rev. Plant Science* 22: 313-339.
- Henry, R. 2002. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processo e importância. Estudo de aplicação em lagoas marginais ao rio Paranapanema na Zona de sua desembocadura na represa de Jurumirim. *In Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos* (R. Henry, ed.) Rima.
- Hierro, J.L. & Callaway, R.M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and soil* 256: 29-30.
- Hilt, S. 2006. Allelopathic inhibition of epiphytes by submerged macrophytes. *Aquatic Botany* 85: 252-256.
- Huang, S.; Wang, W.; Ma, K.; Zhou, H.; Xu., Y.; Wu, H.; Sun, W.; Yang, S.; Huang, H.; Huang, Z.; Wu, H. & Yu, S. 1999. Allelochemicals from root exudates and extracts of water hyacinth *Eichornia crassipes*. In: Mácias, F. A., Galindo, J. C. G., Molinillo, J. M. G., Cutler, H. G. (ed.). *Recent Advances in Allelopathy I*: 197-204.
- Joly, C.A., Aidar, M.P.M., Klink, C.A., McGrath, D.G., Moreira, A.G., Moutinho, P., Nepstand, D.C., Oliveira A.A., Pott, A., Rodal, M.J.N. & Samapio, E.V.S.B. 1999. Evolution of the Brazilian Phytogeography Classification Systems: Implications for Biodiversity Conservation. *Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science* 51(5/6): 331-348.
- Kjerfve, B. 1987. *Estuarine geomorfogy and physical oceanography*. UNESCO, New Dheli.
- Leinz, V. & Amaral, S.E. 1980. *Geologia Geral*. Editora Nacional, São Paulo.
- Mack, R.N.; Simberloff, D.; Lonsdale, W.M.; Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F.A.2000. Biotic Invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Issues in ecology*10 (3): 690-712.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentos de Ecologia*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Miller, D.A. 1996. Allelopathy in forage crop systems. *Agronomy Journal* 88: 854-859.
- Miranda, L. B. d., B. M. d. Castro, and b. Kjerfve. 2002. *Principios de oceanografia física de estuários*. Edusp, São Paulo.

- Modenesi, M.C., Tessler M.G., Cruz O., Coimbra A.M. 1983. Influence of marine and continental processes on the dynamics of a sand-ridge at the mouth of the Massaguaçu river, Caraguatatuba-SP. Preliminary conditions. São Paulo-SP, USP, *Bol. Inst. Oceanográfico*, 32(1):77-81
- Phillip, G.L. 1978. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwater. *Aquatic Botany* 4: 103-126.
- Putnam, A.R. & Duke, W.B. 1978. Allelopathy in agroecosystems. *Annual Review Phytopathol* 16: 431-451.
- Putnam, A.R. & Tang, C.S. 1986. Allelopathy: state of the science. In: A. R. Putnam e C.-S. Tang (Ed.). *The science of allelopathy: Wiley-Interscience Publication. Allelopathy: state of the science: 2-19*
- Putnam, A.R. & Weston L.A. 1986. Adverse impacts of allelopathy in agricultural systems. In: A. R. Putnam e C.-S. Tang (Ed.). *The science o allelopathy: Wiley-Interscience publications.. Adverse impacts of allelopathy in agricultural systems, p.43-56*
- Raven, P. H., R. F. Evert, and S. E. Eichhorn. 1996. *Biologia Vegetal*. Guanabara Koogan.
- Prichard, D. W. 1967. "What is an Estuary: physical view point". In: Lauff G. H. (ed.) *Estuaries*. Washington, D. C., American Association for Advance of Science, pp. 3-5.
- Rice, E.L. 1974. *Allelopathy*. New York: Academic Press.
- Rice, E.L. 1984. *Allelopathy*. 2^a ed. New York, Academic Press.
- Ricklefs, R. E. 2001. *Economia da Natureza*. Guanabara Koogan.
- Rizzini, C.T. 1997. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. Âmbito Cultural Edições, Rio de Janeiro.

- Rizvi, S.J.H.; Tahir, M.; Rizvi, V.; Kohli, R.K; Ansari, A. 1999. Allelopathic interactions in agroforestry systems. *Critical Reviews in plant Science*, v. 18. n, 6, p 773-796.
- Seigler, D.S. 1996. Chemistry and mechanisms of allelopathy interactions. *Agronomy Journal* 88: 876-885.
- Scarano, F. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in Stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. *Annals of botany*, v. 90, p. 517-524
- Singh, H.P.; D. R. Batish. & Kohli, R. K. 1990. Autotoxicity: concept, organisms, and ecological significance. *Critical Reviews in plant sciences* 18: 757-772.
- Scudeller, V.V.; Martins, F.R. & Shepherd, G.J. 2001. Distribution and abundance of arboreal species in the Atlantic Ombrophilous Dense Forest in Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 152(2):185-199.
- Souza, V.C. & Capellari, L. 2004. A vegetação das dunas e restingas da Estação Ecológica Juréia-Itatins. *In* MARQUES, O.A. V. & DULEBA, W. (Eds.). 2004. Estação Ecológica Juréia-Itatins, ambiente físico, flora e fauna. Holos, Ribeirão Preto, p.103-114.
- Tukey Jr, H.B. 1969. Implications of allelopathy in agricultural plant science. *Botanical review* 35(1): 1-16.
- Veloso, H.P., Oliveira Filho, L.C., Vaz, A.M.S.F., Lima, M.P.M. MAarquete, R. & Brazão, J.E.M. (org.). 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. *Manuais técnicos em Geociências*. IBGE, v.1, p. 1-91.

Influência do spray marinho e das características físico-químicas da água do Estuário do Rio Massaguaçu (Município de Caraguatatuba, São Paulo) sobre a vegetação adjacente.

JOSÉ PEDRO N. RIBEIRO¹, CATIA URBANETZ³, MARIA INÊS S. LIMA^{2,4}

1. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, SP, Brasil,

2. Departamento de Botânica, Universidade Federal de São Carlos. SP, Brasil,

3. Programa de Pós-Graduação em Biologia vegetal, Universidade estadual de Campinas. SP, Brasil.

4. Autor para correspondência: ines@power.ufscar.br

RESUMO: (Influência do spray marinho e das características físico-químicas da água do Estuário do Rio Massaguassu (Município de Caraguatatuba, São Paulo) na vegetação adjacente). As características bióticas e abióticas de um ambiente determinam quais espécies que vão ocupá-lo. O encontro de ambientes diferentes gera uma zona de transição, chamada ecótono. A transição de Mata Atlântica e restinga estão em geral relacionadas com alterações na salinidade. O sal é um fator limitante para a vegetação. Em ambientes costeiros, o spray marinho é um dos meios pelo qual o sal atinge as plantas. Vegetações ripárias, por outro lado, têm suas características ligadas aos corpos d'água que as cercam. Trabalhamos em um estuário em Caraguatatuba, São Paulo, onde Restinga e Mata Atlântica e se encontram nas suas margens. Nosso objetivo foi determinar de que forma o *spray* marinho e as características da água do estuário influenciam a composição arbórea da sua margem. Os resultados indicam que existem diferenças na composição florística que nos permitem dividir a margem do rio em três diferentes ambientes. As características da água e do solo do estuário têm pouca influência sobre essa divisão, ao contrário do spray marinho, que tem grande influência sobre ela.

Palavras chave: Mata Atlântica, Restinga, salinidade, spray marinho, vegetação riparia

ABSTRACT: (The influence of salt spray and the physical and chemical characteristics of the Massaguaçu River Estuary water (Caraguatatuba, São Paulo) on the adjacent vegetation. Both the biotic and abiotic characteristics of a habitat determine which species can live in this habitat. The frontier of two different habitats creates a transition zone, called ecotone. The transition of the Atlantica Forest and the Restinga is normally related to the presence of salt. The salt is a border line for vegetation. In costal habitats, the salt spray increases the salt in the soil, besides having a direct effect on the vegetations tissues. Riparian vegetation on the other hand, has its characteristics linked with the characteristics of the adjacent water bodies. We worked in an estuary in Caraguatatuba, São Paulo, where the Atlantic and Restinga Forests co-occurs in its margins. Our objective was to determine how the salt spray and the estuary water influence the composition of the vegetation of the arboreal component of its margins. Our results show abiotic and floristical composition differences between three different ambients. The characteristics of the estuary water and soil have little influence and the salt spray has great influence on the separation of these ambients, but the salt spray did.

Key words: Mata Atlântica, Restinga, Riparian vegetation, salinity, salt spray,

Introdução

Os seres vivos estão inseparavelmente ligados ao local onde vivem e dependem intimamente das características desse hábitat para existir. Por outro lado, eles modificam ativamente esse local, e assim é possível saber muito sobre o organismo olhando para seu hábitat, e muito de um hábitat olhando para seus organismos (Ricklefs 2001). Quando dois hábitats diferentes se encontram, uma zona de transição se faz presente: o ecótono. O termo foi criado por Clements, que em 1905 uniu as palavras gregas *tono* (tensão) e *eco* (áreas) para designar: “uma associação de transição produzida por outras duas, por invasão mútua” (Henry 2002). Embora sejam formadas pela transição, as principais características dos ecótonos são exclusivas e não transitórias. A combinação de características desses dois hábitats gera situações novas, que vão além da soma dessas características. Isso faz com que os ecótonos tenham espécies próprias e, muitas vezes, sejam mais diversos que as comunidades que os formaram (Odum 1971, Ricklefs 2001).

As zonas de fronteira entre ambientes aquáticos e o meio terrestre são genericamente denominadas de ecótonos lânticos. As características desses ecótonos são determinadas, entre outros fatores, pelas variações hidrológicas espaciais e temporais. As comunidades do trecho terrestre dos ecótonos lânticos, como matas ciliares e galerias, são chamadas genericamente de comunidades ripárias. As características dessas comunidades são moldadas pela ação de muitos fatores ambientais: quantidade e qualidade da água, geomorfologia, luz, temperatura, ocorrência de fogo e uma série de outros fatores ecológicos de cunho biótico. Entre todas, as relações hidrológicas constituem de longe o fator mais importante (Henry 2002). Em outras palavras, as características da comunidade ripária dependem íntima e diretamente das características do curso de água que ela emoldura. Por outro lado, a vegetação ripária é responsável por grande parte do regime ambiental do ecossistema aquático (Lima & Zákia 2000). Em muitos casos, a principal fonte de carbono para trechos de rio de baixa ordem é a origem alóctone (Henry 2002).

O termo “estuário” é usado genericamente para designar o encontro de um rio com o oceano. A palavra deriva do latim a *aestuarium* que significa “alagado” ou “canal”, que por sua vez deriva da palavra *aestus* que significa “maré” (Miranda *et al.* 2002). Sua definição, entretanto, é bastante mais complexa que isso e diversos autores possuem diferentes definições. Adotamos nesse trabalho a definição de Kjerfve (1987) que é a que melhor descreve o tipo de estuário estudado nesse trabalho: “*Estuário é um ambiente costeiro que apresenta conexão restrita com o oceano adjacente. Tal conexão permanece aberta pelo menos intermitentemente. Esses ambientes podem ser subdivididos em três zonas distintas: Zona de maré do Rio ZR – Parte fluvial com salinidade praticamente zero, mas ainda sujeita a influência da maré, Zona de mistura ZM – região onde ocorre a mistura da*

água doce da drenagem continental com a água do mar e Zona costeira ZC – região costeira adjacente que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a camada limite costeira.”.

Em muitos casos, os limites de um ecossistema não são claros. Isso é especialmente válido para a transição entre a Mata Atlântica (*sensu stricto*, como Floresta Ombrófila Densa (Veloso *et al.* 1992)) e a Floresta de Restinga. Primeiro porque “restinga” é um termo genérico dado a um grande número de formações vegetais da linha litorânea, que vão desde vegetação herbácea rastejante de dunas até florestas (Sampaio *et al.* 2005). Segundo, porque ela, assim como os estuários, ocorre em ambientes geologicamente muito recentes (ocupando a formação geológica resultante da deposição de sedimentos no fim do Quaternário) e boa parte da sua flora provém de ecossistemas adjacentes, como a própria Mata Atlântica, e outros, como Tabuleiros e Caatinga (Assumpção & Nascimento 2000; Sampaio *et al.* 2005). A transição da Mata Atlântica para formações de restinga está relacionada com modificações nas características do solo como disponibilidade de nutrientes, condições de drenagem e particularmente salinidade.

Em sistemas naturais, a salinidade pode chegar ao solo através dos ciclos de enchentes (Esteves 1988) e através do spray marinho (Well & Shunk 1938, Boyce 1954). A salinidade é um sério fator limitante para as plantas. A presença de sais no solo pode impedir completamente a entrada de água na planta, e pode impedir a entrada de potássio nas células (Raven 1992). O estresse salino pode ainda ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrio hormonal ou ambos (Boursier & Lauchli 1990).

Mata Atlântica, restinga e estuários estão entre os ecossistemas mais ameaçados do mundo e estes ambientes coexistem no Rio Massaguaçu. Nosso objetivo, nesse trabalho, foi determinar de que forma o spray marinho e as características da água do estuário influenciam a composição vegetacional arbórea da sua margem. Acreditamos que a proximidade do oceano condicione um ambiente mais salino à jusante, criando condições favoráveis para espécies halófitas e segregando, por sua vez, aquelas que não toleram maiores teores de sal a áreas mais a montante.

Materiais e Métodos

Área de estudo

A porção final do rio Massaguaçu está localizada em Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo, Brasil (23°37'20''S e 54°21'25''O). Seu encontro com o oceano é interrompido por uma barra de areia construída pelo próprio oceano, formando um estuário cego. O tamanho da barra é bastante variável e depende diretamente da força das marés. Desse modo, o nível máximo do estuário varia bastante, acompanhado o tamanho da barra. Diferentemente do que ocorre com a maioria dos estuários cegos, que em geral ficam abertos na estação chuvosa e fechados na estação seca, a barra

do Rio Massaguaçu abre e fecha várias vezes por ano, sem ter aparentemente uma periodicidade definida.



Figura 0 – Vista geral da área de estudo.

Tendo como referência o curso do rio, a margem esquerda desse estuário está hoje bastante antropizada. A margem direita, com exceção do trecho próximo da barra, muito usado por pescadores, ainda mostra elementos de Floresta Ombrófila Densa e de vegetação de Restinga. Acompanhado essa vegetação encontram-se bancos de macrófitas, com faixas bem definidas de *Crinum americanum* L. (com até 100 m de largura) seguida por um trecho bem mais estreito (com no máximo 40 metros) dominado por *Annona glabra* L. Essas duas primeiras faixas ficam alagadas na maior parte do tempo (aproximadamente 90%). A seguir, existe uma área menos frequentemente alagada, com presença de *Hibiscus pernambucensis* Arruda. e logo se inicia um trecho com vegetação arbórea alagado eventualmente.

Características específicas de alguns trechos do estuário, como profundidades superiores a 6m impedem a formação de bancos de macrófitas. Nesses trechos, a vegetação arbórea da margem é

separada da linha da água por um solo com grandes rochas. Paralelamente ao estuário não existe um gradiente tão evidente, mas o trecho mais perto da foz concentra um número maior de plantas características de florestas de restinga, enquanto a montante elas são menos abundantes.

Determinação da salinidade, pH e temperatura da água

O estuário do Rio Massaguaçu possui duas situações distintas: barra fechada (BF), com o represamento pela barra de areia e conseqüente aumento do nível do rio, e barra aberta (BA), com livre conexão com o oceano. Para determinar as características da água, estabelecemos nove pontos de coleta: o primeiro localizado próximo à barra e o último próximo do limite da presença da salinidade à montante, conforme indicado na figura 1. Durante as situações BA os pontos um, três e cinco ficam muito rasos e às vezes com o leito do rio totalmente exposto, nesse caso, não foram considerados. Subdividimos cada ponto de coleta em três profundidades: profundidade máxima, profundidade mínima (logo abaixo da superfície) e profundidade média (que determinamos dividindo o valor da profundidade máxima por dois). Pontos que apresentavam profundidade máxima menor que 100 cm não tiveram a profundidade média considerada, e pontos com profundidade máxima menor que 50 cm não foram subdivididos. Para coleta da água utilizamos uma mangueira plástica de cerca de 4 mm de diâmetro, com uma pedra porosa de aquário para filtrar partículas grosseiras e um chumbo de pesca para auxiliar na submersão em uma ponta e uma seringa de 60 mL na outra. Para cada leitura coletávamos aproximadamente 200 mL, que depositávamos em um recipiente de vidro e imediatamente realizávamos as medições (pH e temperatura com o Phmetro Minipa MHH-1100 e a salinidade com um refratômetro portátil RTS-28). Fizemos cinco leituras para cada sub-ponto, e assim, o valor para cada um deles, provém de uma média dessas cinco leituras. Entre abril de 2005 e outubro de 2006 fizemos três coletas para a situação BF e duas para a situação BA.

Spray Marinho

Para determinar a quantidade de sal trazido pelos ventos, utilizamos três recipientes plásticos com 350 cm² de área cada um, que foram expostos ao ar nos trechos A, B e C, conforme indicado na figura 1. Depois de cinco horas de exposição, lavamos os recipientes com 50 mL de água destilada em cada e determinamos a porcentagem de sal através de um refratômetro (RTS-28). Esse sistema foi adaptado de Oosting & Billings (1942).

Características do Solo

Coletamos amostras de solo nas margens e no assoalho de estuário, em dez pontos indicados na figura 1. As características físico-químicas (Resina, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, Soma de bases,

Capacidade de troca catiônica, Porcentagem de saturação e Salinidade) das amostras de solo foram analisadas no Laboratório de Física de Solo do Centro de Ciências Agrárias – campus de Araras – UFSCar.

Levantamento florístico

Realizamos as coletas percorrendo toda a margem direita do rio, desde o ponto final da presença da salinidade no estuário até a barra, usando como método de inclusão cada uma das árvores mais próxima do curso da água, com $DAP \leq 5$ cm. Identificamos o material botânico com auxílio de chaves de identificação, consultas a herbários e quando necessário, a especialistas. Posteriormente, baseado na distância direta do oceano, declividade e condições de alagamento pelo estuário e na fisionomia da vegetação, dividimos a área em três trechos: A) Trecho mais perto da barra, diretamente exposto ao oceano. Trecho com as margens em declive com ângulos de inclinação superiores à 45° , o que faz que árvores a poucos metros do estuário se encontrem acima do nível da água; B) Trecho alagado, parcialmente exposto ao oceano e plano, onde as árvores mais próximas e mais distantes do curso da água se encontram praticamente no mesmo nível; Trecho C) distante da barra e protegido por uma faixa de areia (figura 1), supostamente protegido do oceano. Para analisar a distribuição da vegetação, dividimos o trecho A em três partes (A1, A2 e A3), o trecho B em duas (B1 e B2) e não dividimos o trecho C, de modo que cada um dos seis grupos ficasse com aproximadamente 90 indivíduos (figura 1). Feito isso, testamos a similaridade entre eles utilizando o índice de similaridade de Sorensen ($So_v = 2c/a+b$). Além disso, escolhemos algumas espécies que consideramos indicativas para uma análise descritiva da área, baseada na bibliografia disponível e na ocorrência dela nos trechos A, B ou C.

Resultados e discussão

Souza Filho *et al.* (1996) propuseram que medidas de pH acima de três e abaixo de nove não limitam a ocorrência da maioria das espécies vegetais. Nossos dados mostraram que o pH da água do estuário variava entre 6,31 e 7,17 e o pH do solo entre 3,3 e 5,2 estando todos dentro dos limites citados acima. Nesse caso o pH do solo parece estar muito mais relacionado com processos do próprio solo, como decomposição e características da serrapilheira, do que com a água que o banha. Durante nossas coletas, a temperatura máxima da água foi de 29°C e a mínima 19°C . Essas medidas encontram-se entre a temperatura máxima ($30,4^\circ\text{C}$) e a mínima ($12,6^\circ\text{C}$) consideradas para a região, segundo os dados da Estação meteorológica da Ubatuba, 2006. Isso nos fez descartar o pH e a temperatura da água como fatores determinantes sobre as características da vegetação adjacente.

Trabalhando na costa dos EUA, Well & Shunk (1938), Oosting & Billings (1942) e Oosting (1945) também descartaram o pH e a temperatura como fatores limitantes e apontam

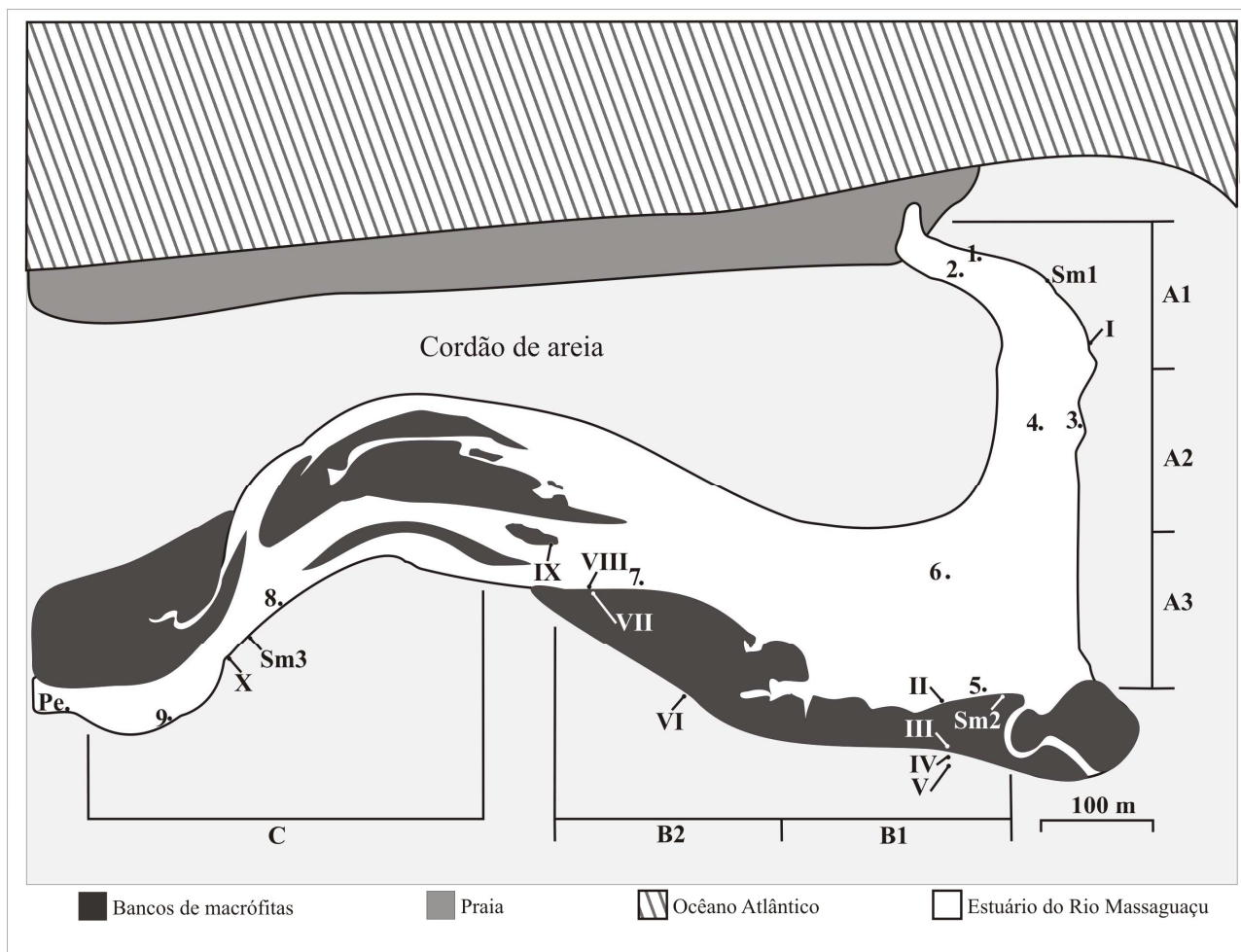


Figura 1. Mapa com localização das áreas de estudo ao longo do estuário do rio Massaguaçu. 1 a 9 - pontos de coleta das amostras de água; I a X – pontos de coleta de solo; A (A1+A2+A3), B (B1+B2) e C – trechos com formação fitofisionômica diferenciados e Pe – Ponto extra, a partir do qual a salinidade do rio é sempre zero.

a salinidade como o fator preponderante na distribuição das espécies, nos ambientes em que trabalharam.

A salinidade de água do estuário variou entre zero e 3%. Com a barra fechada, a distribuição da salinidade no estuário do Rio Massaguaçu segue o padrão de salinidade em estuários verticalmente estratificados, apresentando uma cunha salina, onde a quantidade de sal decresce conforme nos afastamos da barra. Com a situação BA, a profundidade reduzida restringe a cunha salina às proximidades da barra e distribuição salina mais a montante segue o padrão de um estuário parcialmente misturado (Pritchard 1955, Miranda 2002). As figuras 2A e 2B caracterizam a distribuição da salinidade no estuário na situação BF e BA.

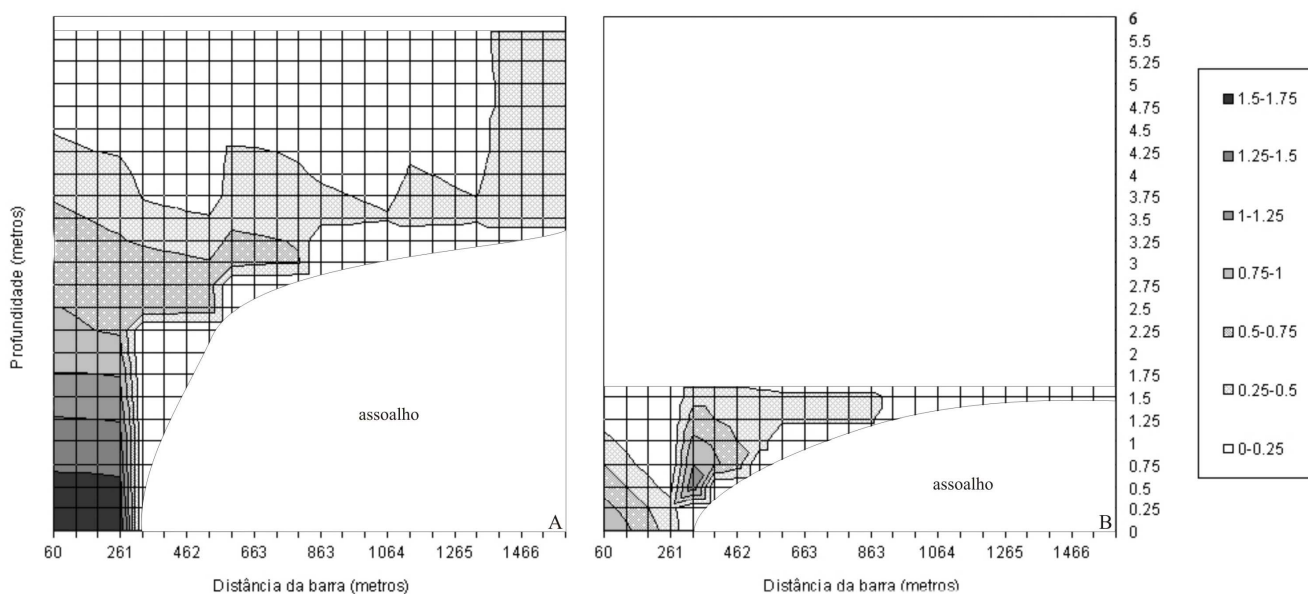


Figura 2. Dados de salinidade ao longo do estuário do Rio Massaguaçu. 2A - Barra fechada, a salinidade é maior na profundidade máxima e na menor distancia da barra, diminuindo conforme se afasta da barra e diminui a profundidade. Em profundidades menores processos de mistura desfazem a cunha salina e a salinidade se distribui homogeneamente na coluna d'água; 2B – Barra Aberta, a profundidade muito menor proporciona o processo de mistura mais próximo da barra, fazendo com que a salinidade seja mais homogênea ao longo do estuário e condicione a cunha salina apenas nas suas imediações.

A condutividade elétrica do solo em dez pontos do estuário é apresentada na tabela 1 e a localização dos seus pontos de coleta na figura 1. Quando se trata do leito do estuário, a condutividade elétrica segue aparentemente o mesmo padrão da salinidade na água: quanto mais próximo da barra, mais alta. Como a água da superfície do estuário tem salinidade zero em quase todos os pontos, é razoável imaginar que o sal encontrado no solo das margens não seja proveniente diretamente das águas do estuário.

Os dados que obtivemos com o dispositivo para medir o spray marinho, apresentados na tabela 3 indicam, como esperado, que quanto mais próximo do oceano maior a quantidade de sal recebida pela parte aérea das plantas. Isso, entretanto, não se reflete na salinidade encontrada no solo. Acreditamos que isso acontece devido ao alto índice pluviométrico da região, e também às cheias do rio, que lavam o sal do solo.

Sideris (1955) trabalhando com os efeitos do spray marinho sobre plantações de abacaxi (*Ananas comosus* L.), demonstrou que ele é capaz de carregar sal para mais de 2 km terra à dentro. O mesmo autor propõe que quebras-vento são capazes de reduzir eficientemente a capacidade desse spray entrar no continente. Wells & Shunk (1938) propõem que, pontualmente, mesmo pequenas

depressões no solo são capazes diminuir os seus efeitos. Segundo Boyce (1954) sua ação vai além da salinização do solo, ele pode prejudicar diretamente os tecidos vegetais.

Para a alface (*Lactuca Sativa* L.), uma planta considerada moderadamente resistente à salinidade, condutividades a partir de 2,8 ds/m reduzem a germinação. O acúmulo de biomassa é afetado a partir de 0,3ds/m (Viana *et al.* 2001). O abacaxi (*Ananas comosus* L.) é uma planta resistente à salinidade. Condutividades a partir de 1 ds/m reduzem a sua área foliar e a partir de 3 ds/m prejudicam o desenvolvimento da planta como um todo (Marinho *et al.* 1998). Mudas de maracujazeiros irrigadas com águas com salinidade a partir de 1 ds/m não tem qualidade para o plantio comercial (Cavalcante *et al.* 2002). Por outro lado, existem espécies que são beneficiadas pela presença de sais. A área foliar e o rendimento da gravioleira (*Annona muricata* L.) são máximos quando o nível de salinidade da água está perto de 3,0 ds/m (Cavalcante 2001). O ganho de peso seco para *Avicenia marina* L. e *Rhizophora stylosa* L. cresce, até certo limite, com a presença de sal (Burchett *et al.* 1989). Muitas vezes uma espécie não é diretamente beneficiada pela presença do sal, mas é mais tolerante a ele que outras espécies, sendo mais competitivas que elas em condições de salinidade alta (Burchett *et al.* 1989).

Os valores de condutividade do solo ao longo da margem do estuário não variam muito (tabela 1), e estão abaixo dos valores críticos que apresentamos acima. Por outro lado, existe a criação de um gradiente de influencia da salinidade devido à ação direta do sal carregado pelo spray marinho sobre a parte aérea das plantas. Nesse sentido, a proximidade do oceano e o conseqüente aporte de sal impede que algumas espécies ocupem áreas mais próximas ao oceano, ao mesmo tempo que facilita a ocorrência de outras adaptadas a viver nesses ambientes. Conforme nos afastamos dele esse aporte diminui e espécies diferentes vão sendo capazes de ocupá-lo, da mesma forma que outras espécies param de sê-lo. Assim, esse gradiente de salinidade, juntamente com a capacidade de competição entre as espécies, é capaz de estimular algumas e inibir outras em cada um dos trechos estudados. Não descartamos, entretanto, a salinidade do solo, que possa sofrer picos de salinidade, trazidos pelo spray marinho durante um intervalo entre uma chuva e outra. Esta análise demandaria estudos mais detalhados, com medidas diárias da quantidade de sal trazida pelo spray marinho.

Os índices de similaridade, exibidos em dendograma pela figura 4, corroboram os resultados obtidos para a distribuição dos efeitos do sal, no sentido de separar os trechos A dos demais e os trechos B do C. Podemos notar também que, entre as divisões do trecho A, A2 e A3 são mais semelhantes entre si do que o trecho A1, o mais próximo da barra. A análise descritiva das espécies dominantes em cada trecho também mostra uma separação entre os trechos, sobretudo entre o trecho A, mais salino, e os outros.

Tabela 1. Valores de condutividade elétrica das amostras de solo

Amostra	Condutividade elétrica (dsm ⁻¹)
I	0,52
II	3,18
III	1,43
IV	0,61
V	0,82
VI	0,80
VII	2,35
VIII	1,94
IX	0,32
X	0,81

No trecho A, destacamos *Eriotheca pentaphylla* (Vell.) A. Robyns, uma árvore sempre verde, cujo tamanho final varia entre nove a 12 metros (Callado *et al.* 2001). No Estado de São Paulo ela ocorre nas Restingas do litoral norte e em alguns trechos de Floresta Ombrófila Densa (São Paulo 2003). Entretanto, Santos em 1969, já propunha que sua ocorrência é rara. Trabalhos mais recentes também apontam nesse sentido. Essa espécie não aparece na maioria dos levantamentos fitossociológicos no Estado de São Paulo e do sul do Rio de Janeiro, e nem de outros trechos do litoral Brasileiro (Assumpção & Nascimento 2000, Zipparro *et al.* 2005). Nos trechos “B” e “C” (figura 1) da área de estudo não coletamos nenhum indivíduo de *E. pentaphylla*. Em compensação, no trecho “A” ela aparece com uma das espécies mais abundantes (figura 4).

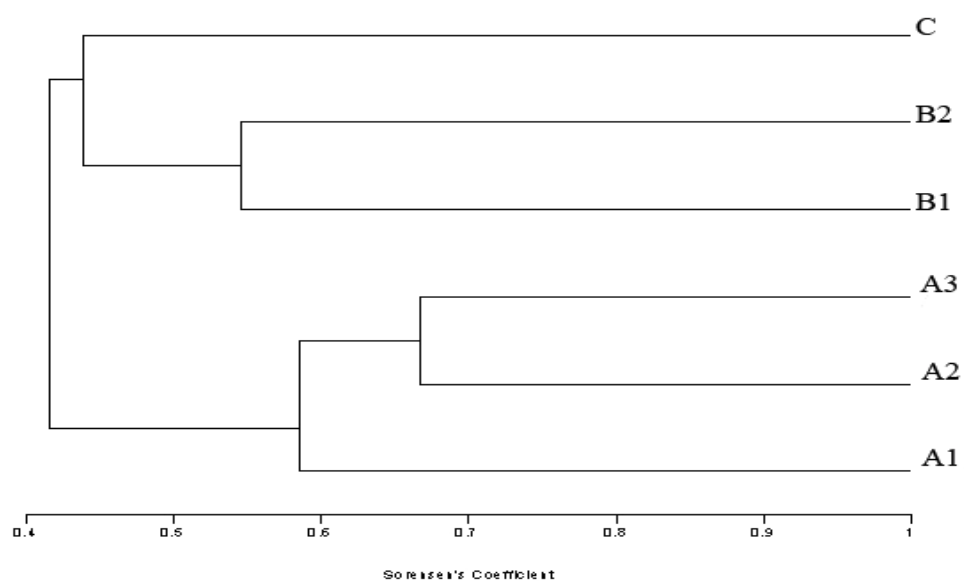


Figura 3: Dendrograma com o Índice de similaridade (Sorensen) entre os trechos A1, A2, A3, B1, B2 e C apontados no mapa (Figura 1).

Outra espécie muito comum neste trecho é *Psidium cattleianum* Sabine, uma mirtácea encontrada do nordeste do Uruguai até Minas Gerais (Casagrande Jr. *et al.* 1999). No estado de São Paulo habita as restingas e trechos de floresta ombrófila densa (São Paulo 2003). Sua presença é bastante comum em levantamentos em regiões litorâneas (São Paulo 1996, Dorneles & Waechert 2004, Schmidlin *et al.* 2005), mas não detectamos essa espécie em levantamentos florísticos afastados da costa. Nossos dados indicam nesse sentido, com *P. cattleianum* aparecendo no trecho “A” (figura 4), mas totalmente ausente nos outros dois trechos. É provável que essas duas espécies sejam mais competitivas em ambientes mais salinos, sendo favorecidas pela proximidade do oceano.

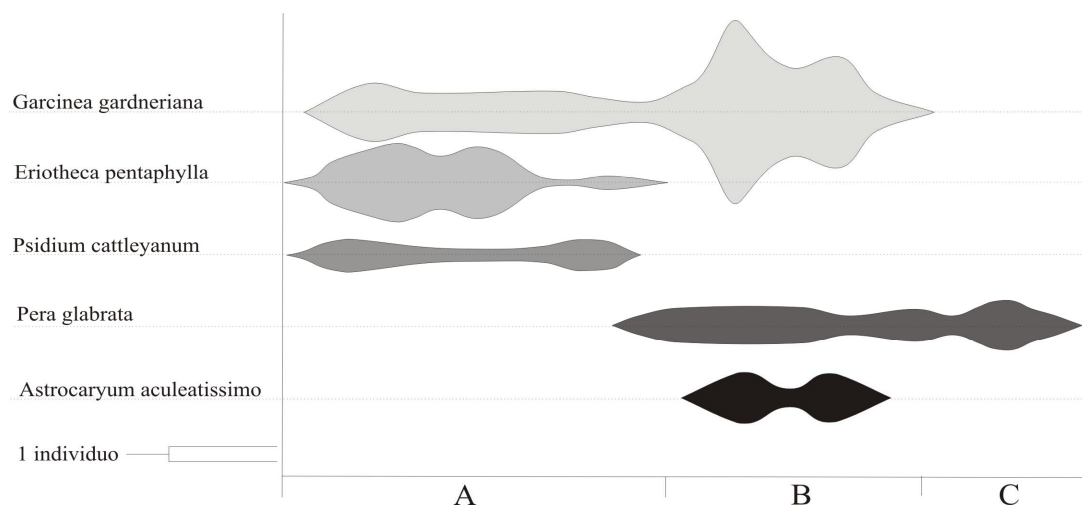


Figura 4. Distribuição das espécies mais abundantes na área de estudo. A tarja indica a presença da espécie no trecho e a sua largura a abundância relativa dessa espécie. A escala no canto esquerdo inferior do gráfico representa a largura da tarja para um indivíduo. A, B e C são os trechos indicados na Figura 1.

Pera glabrata (Schitt) Bail., uma Euforbiaceae de grande porte, uma espécie muito comum, aparecendo nos mais diversos levantamentos (Talora & Morellato 2000, Oliveira *et al.* 2001, Callado *et al.* 2001). Ela ocorre em quase todas as formações vegetais do estado de São Paulo, de restinga a cerrado. Sua área de ocorrência é também bastante ampla aparecendo no Paraná (Schmidlin *et al.* 2005), Rio de Janeiro (Assumpção & Nascimento 2000), Espírito Santo (Pereira & Gomes 1994), Bahia (Pinto *et al.* 1984) chegando até a Amazônia (Ribeiro *et al.* 1999). Esta espécie ocorre na nossa área de estudo, estando entre as mais abundantes nos trechos B e C. No trecho A ela está representada por apenas um indivíduo, o último desse trecho, o que sugere que essa espécie não é capaz de tolerar níveis de salinidade mais elevados. *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott) Burret ocorre em boa parte do Brasil, da Bahia a Santa Catarina e Minas Gerais (Lorenzi *et al.* 1996). Aparece no trecho “B”, mas não aparece no trecho “A”. (figura 4). A distribuição da Clusiaceae *Garcinea gardneriana* é bastante ampla. No Brasil está presente do Rio Grande do Sul a Amazônia ocorrendo em diversos ambientes, como matas de altitude (dados do herbário de Campinas ICA) e matas ciliares (presente trabalho). Ela é a espécie mais abundante da área e se concentra no trecho B.

Algumas espécies ocorrem em todos os trechos: *Annona glabra* L, *Andira fraxinifolia* Benth, *Calophyllum brasiliense* Cambess, *Guapira opposita* Reitz, *Guattera australis* A. St.-Hil e *Eugenia umbelliflora* O. Berg. Elas são espécies bastante comuns, aparecendo em diversos trabalhos (São Paulo 1996, Salimom *et al.* 2001, Guilherme *et al.* 2004, Marques & Oliveira 2004). Na área de estudo elas aparecem entre as mais abundantes (figura 4), e estão representadas por vários indivíduos em todos os trechos.

Segundo Kellman & Tackberry (1993), a vegetação ripária está freqüentemente relacionada com cheias periódicas e flutuações no nível do lençol freático. Essas flutuações afetam o processo de sucessão, e conseqüentemente a composição florística. Parte das diferenças encontradas entre os trechos A, B e C da margem podem estar relacionadas ao alagamento periódico pelo estuário, uma vez que, com declividades bastante distintas, estes estão diferencialmente sujeitos ao alagamento. Outro fator, que pode ter influência nas diferenças entre os trechos, é a iluminação que eles recebem (Odum 1971, Nascimento & Laurance 2006), uma vez que o trecho A é orientado no sentido leste/oeste e os trechos B e C no sentido norte e sul.

Os efeitos do sal sobre sistemas agrícolas são amplamente documentados (Marinho *et al.* 1998, Macêdo 1998, Viana *et al.* 2001, Macêdo *et al.* 2005). Os registros dos efeitos dele sobre as comunidades naturais são mais esparsos, e quase todos os trabalhos que localizamos são anteriores a década de 60. Boyce (1954) cita alguns trabalhos antigos, publicados em alemão (Bohm 1889; Borggrev 1872 e 1890, Gerhart 1900, *apud* Boyce 1954) onde já se reconhecia que o vento proveniente do oceano carregava sal e que esse sal tinha efeitos sobre comunidades vegetais costeiras. Well & Shunk (1938) propõem que *Aristida stricta* domina as dunas da costa da Carolina do Sul, EUA, devido a sua resistência ao spray marinho. As características florísticas dos manguezais são diretamente dependentes da presença de sal (Burchett *et al.* 1989), e Walsh (1974) propõe que a salinidade é um fator importante para as espécies de mangues consigam competir com glicófitas. Rozema *et al.* 1982 registraram pela primeira vez os efeitos benéficos do *spray* marinho no crescimento de algumas espécies que habitam na linha da maré alta. Os resultados do nosso trabalho apontam nesse sentido (Tabela 2), demonstrando os efeitos do sal sobre a distribuição das plantas. A composição florística da área, tanto através dos índices de similaridade quanto das espécies indicadoras, reflete o impacto direto do spray marinho sobre a vegetação, caracterizando três ambientes diferentes (trechos A, B e C), que mesmo muito próximos, possuem características bióticas e abióticas diferentes. A zona de tensão entre esses três ambientes pode ser considerada um ecótono de transição de um ambiente salino para um ambiente livre de salinidade.

Tabela 2. Valores relativos de intensidade do spray marinho nos trechos A, B e C (localização na Figura 1)

Trecho	Salinidade (%)
A	2,1
B	0,3
C	0

Tabela 3. Lista das espécies e sua distribuição na área de estudo. A, B e C áreas delimitadas no mapa (Figura 1)

Espécies	Famílias	A	B	C
<i>Abarema lusoria</i> (Vell.)	Fabaceae (Subfam. Mimosoideae)			x
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Fabaceae (Subfam. Papilionoideae)	x	x	
<i>Annona glabra</i> L.	Annonaceae	x	x	x
<i>Astrocaryum aculeatissimo</i> (Schott) Buret	Areaceae		x	
<i>Berberis laurina</i> Billb	Berberidaceae.	x		
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber.	Moraceae	x		
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Clusiaceae	x	x	x
<i>Clusia criuva</i> Cambess	Clusiaceae	x		
<i>Coccoroba</i> sp.	Polygalaceae			x
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roen. & Schult.	Boraginaceae	x	x	
<i>Coussapoa microcarpa</i> (Schott) Rizzini	Cecropiaceae	x		
<i>Cupania</i> cf. <i>oblongifolia</i>	Sapindaceae		x	
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	Asteraceae (Compositae)	x		
<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell.) A. Robyns	Bombacaceae	x		
<i>Erythrina crista-galli</i> L.	Fabaceae (Subfam. Papilionoideae)	x		
<i>Eugenia umbelliflora</i> O. Berg	Myrtaceae	x	x	x
<i>Eugenia</i> sp	Myrtaceae		x	
<i>Eugenia</i> sp	Myrtaceae		x	
<i>Ficus enormis</i> (Mart. ex Miq) Miq.	Moraceae	x		
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch.& Triana) Zappi	Clusiaceae	x	x	
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Nyctaginaceae	x	x	x
<i>Guatteria australis</i> A. St.-Hil.	Annonaceae	x	x	x

Tabela 3. Continuação

Espécies	Famílias	A	B	C
<i>Hirtella hebeclada</i> Moric	Chrysobalanaceae		x	
<i>Ilex</i> sp. L.	Aquifoliaceae	x		
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	Aquifoliaceae	x		
<i>Ilex theezans</i> Mart.	Aquifoliaceae	x	x	
Indeterminada	Indeterminada	x		
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae (Subfam. Papilionoideae)	x		
<i>Machaerium uncinatum</i> (Vell.) Benth.	Fabaceae (Subfam. Papilionoideae)	x		
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae		x	x
<i>Miconia fallax</i> DC.	Melastomataceae		x	x
<i>Miconia prasina</i> (SW) D.C.	Melastomataceae	x		x
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Fabaceae (Subfam. Mimosoideae)	x	x	
<i>Myrsine</i> sp.	Myrsinaceae			x
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC	Myrtaceae	x		x
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br.	Myrsinaceae	x		
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Myrsinaceae	x		x
<i>Myrsine parvifolia</i> A. DC	Myrsinaceae	x		
<i>Myrsine venosa</i> A.DC.	Myrsinaceae	x		x
<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae		x	
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Bail.	Euphorbiaceae	x	x	
<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	Myrtaceae	x		
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruíz & Pav.) Mez	Myrsinaceae	x	x	
Indeterminada 1	Myrtaceae		x	
Indeterminada 2	Myrtaceae		x	
Indeterminada 3	Myrtaceae		x	
Indeterminada 4	Myrtaceae		x	
<i>Stiffia grazielae</i> Leitao Filho	Asteraceae (Compositae)	x		
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae (Palmae)	x		x
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	x		
<i>Zollernia ilicifolia</i> Tull.	Fabaceae (Subfam. Caesalpinioideae)	x		

Conclusões

- 1) A quantidade de sal que chega pelo spray marinho às plantas das margens do estuário é inversamente proporcional à distância da barra.
- 2) O efeito do spray marinho influencia o gradiente vegetacional.
- 3) A temperatura e o pH do estuário não influenciam na composição florística das margens do estuário.

Bibliografia

Assumpção, J., & M. T. Nascimento. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 14:301-315.

Boyce, S. G. 1954. The Salt Spray Community. *Ecological Monographs* 24:29-67.

Callado, C. H., S. J. d. Silva, F. R. Scarano, C. F. Barros, & C. G. Costa. 2001. Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of atlantica forest in Rio de Janeiro, Brazil. *IAWA Journal* 22: 29-42.

Cavalcante, L. F., S. S. d. Carvalho, E. M. d. Lima, J. C. F. Filho, & D. A. d. Silva. 2001. Desenvolvimento inicial da gravioleira sob fontes e níveis de salinidade de água. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23:455-459.

Cavalcante, L. F., J. B. d. Santos, C. J. O. Santos, J. C. F. Filho, & Cavalcante, I. H. L. 2002. Germinação de sementes e crescimento inicial de maracujazeiros irrigados com água salina em diferentes volumes de substrato. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24: 748-751.

Casagrande Jr, J.G., Bianchi, V.J., Strelow, E.Z., Bacarin, M. A. & Fachinello, J. C. 1999. Influência do sombreamento sobre os teores de carboidratos e fenóis em estacas semilenhosas de araçazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(12): 2219-2223.

Dorneles, L. P. P., & J. L. Waechter. 2004. Fitossociologia do componente arbóreo na floresta turfosa do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18:815-824.

Guilherme, F. A., P. C. L. Morelato, & M. A. Assim. 2004. Estruturas horizontal e vertical do componente arbóreo em floresta atlântica baixo-montana no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27:p.725-737.

Henry, R. 2002. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processo e importância. Estudo de aplicação em lagoas marginais ao rio Paranapanema na Zona de sua

- desembocadura na represa de Jurumirim. Pages 350 in *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos* (R. Henry, ed.) Rima.
- Kjerfve, B. 1987. *Estuarine geomorfogy and physical oceanography*. UNESCO, New Dheli.
- Lima, W. P., & M. J. B. Zákia. 2000. *Hidrologia de matas ciliares*. EDUSP/FAPEST, São Paulo.
- Lorenzi, H., Souza, H.M., Medeiros-Costa, J.T., Cerqueira, L.S.C. & Von Behr, N.1996. *Palmeira no Brasil*. Ed. Plantura LTDA. 303 p.
- Macêdo, C. E. C. d., P. A. V. Barroso, G. Emanuella, D. d. D. Moura, & M. A. I. Alloufa. 2005. Efeito do NaCl sobre o crescimento e a multiplicação in vitro de Bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura* 27:194-197.
- Macêdo, L. d. S., & I. B. Menino. 1998. Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto vereda grande, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2:47-51.
- Marinho, F. J. L., P. D. Fernandes, & H. R. Gheyi. 1998. Desenvolvimento inicial do abacaxizeiro CV. Smooth Cayenne, sob diferentes condições de salinidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2:1-5.
- Marques, M. C. M., & P. E. A. M. Oliveira. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27:713-723.
- Miranda, L. B. d., B. M. d. Castro, & b. Kjerfve. 2002. *Principios de oceanografia física de estuários*. Edusp, São Paulo.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentos de Ecologia*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Oliveira, R. d. J., W. Mantovani, & M. M. d. R. F. d. Melo. 2001. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo da Floresta Atlântica de encosta, Peruíbe, SP. *Acta Botanica Brasilica* 15:391-412.
- Oosting, H. J. 1945. Tolerance to salt spray of plants of costal dunew. *Ecology* 26:85-89.
- Oosting, H. J., & W. D. Billings. 1942. Factos effecting vegetation zonation on coastal dunes. *Ecology* 23:131-142.
- Pereira, M. C. A., D. S. D. D. Araujo, & O. J. Pereira. 2001. Estrutura de uma comunidade arbustiva da restinga de Barra de Maricá - RJ. *Revista Brasileira de Botânica* 24:273-281.
- Raven, P. H., R. F. Evert, & S. E. Eichhorn. 1996. *Biologia Vegetal*. Guanabara Koogan.
- Ribeiro, J. E. L. d. S., M. J. G. Hopkins, A. Vicentini, C. A. Sothers, M. A. d. S. Costa, J. M. d.
- Rozema, J., F. Bijl, T., Dueck, H & Wesselman. H., 1982. Salt-spray stimulated growth in strand-line species. *Physiology plant* 56:204-210.
- Sampaio, D., V. C. Souza, A. A. d. Oliveira, J. d. Paula-souza, & R. R. Rodrigues. 2005. *Árvores da Restinga*. Neotrópica.
- Santos, E. 1969. *Flora Ecológia de Restingas do Sudeste do Brasil*. Museu Nacional, Rio de Janeiro.
- São Paulo. 1996. *Lista das espécies vasculares da Serra da Juréia*. Instituto de Botânica, São Paulo.

- São Paulo, 2003. Listagem das espécies arbóreas e indicação de sua ocorrência natural nos biomas. Anexo à Resolução SMA 47 de 26/11/2003. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- Schmidlin, L. A. J., A. Accioly, P. Accioly, & F. F. Kirchner. 2005. Mapeamento e Caracterização da vegetação da ilha de Superagüi utilizando técnicas de geoprocessamento. *Floresta* 35:303-314.
- Sideris, C. P. 1955. Effects of sea water sprays on pineapple plants. *Phytopathology* 45:590-594.
- Souza Filho, A.P.S., Rodrigues, L.R.A. & Rodrigues, T.J.D. 1996. Efeitos de extratos aquosos de assa-peixe sobre a germinação de três espécies de braquiária. *Planta Daninha* 14 (2): 93-101.
- Talora, D. C., & P. Morellato. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23:13-26.
- Viana, S. B. A., P. D. Fernandes, & H. R. Gheyi. 2001. Germinação e formação de mudas de alface em diferentes níveis de salinidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 5:259-264.
- Wells, B. W., & I. V. Shunk. 1938. Salt spray: An important factor in coastal ecology. *Bulletin of Torrey Botanical Club* 65:485-492.

Efeitos alelopáticos de extratos aquosos de *Crinum americanum* L. sobre a porcentagem e tempo médio de germinação e crescimento inicial de alface (*Lactuca sativa* L.), gergelim (*Sesamum indicum* L.) e rabanete (*Raphanus sativus* L.)

JOSÉ PEDRO N. RIBEIRO¹, REGINALDO S. MATSUMOTO¹, CATIA URBANETZ³,
MARIA INÊS S. LIMA^{2,4}

-
1. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, SP, Brasil,
 2. Departamento de Botânica, Universidade Federal de São Carlos. SP, Brasil,
 3. Programa de Pós-Graduação em Biologia vegetal, Universidade estadual de Campinas. SP, Brasil.
 4. Autor para correspondência: ines@power.ufscar.br

ABSTRACT – (Allelopathic effects of aqueous extracts of *Crinum americanum* L. over the percentual and average time of germination and initial growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) e radish (*Raphanus sativus* L.)). The genus *Crinum* (Amaryllidaceae) is found in tropical and subtropical regions, and it's recognized by its medicinal properties. However, its allelopathic properties are still unknown. In this paper we investigated the action of the allelopathic properties of aqueous extracts of *C. americanum* on both the percentage and average time of germination of lettuce, sesame and radish. We prepared extracts from ten individuals of *C. americanum* from a blind estuary in Caraguatatuba, São Paulo and set the osmotic control with PEG 6000. We analyzed the data with ANOVA with Tukey post test and the results showed a reduction roots and aerial parts of the seedlings and reduce of the percentage and an increase in the average time of germination of the seeds. The osmotic control indicated little influence of osmolarity on the tests. We concluded that *C. americanum* has allelopathic potential over the tested species.

Key words: Allelopathy, *Crinum americanum*, Macrophytas, Massaguaçu River.

RESUMO – (Efeitos alelopáticos de extratos aquosos de *Crinum americanum* L. sobre a porcentagem e o tempo médio de germinação e crescimento inicial de alface (*Lactuca sativa* L.), gergelim (*Sesamum indicum* L.) e rabanete (*Raphanus sativus* L.)). O gênero *Crinum* (Amarilidaceae) ocorre nas regiões tropicais e subtropicais e, embora seja reconhecido por suas propriedades medicinais, seu potencial alelopático ainda é pouco conhecido. Investigamos a ação de extratos aquosos de *C. americanum*. sobre a germinação de alface, gergelim e rabanete. Preparamos os extratos a partir de cinco exemplares de um estuário cego em Caraguatatuba, São Paulo. Montamos controles osmóticos com PEG 6000. Analisamos os dados com ANOVA com pós-teste Tukey e os resultados indicaram diminuição no tamanho das raízes e parte aérea das plântulas e redução na porcentagem e aumento no tempo médio de germinação para as sementes com os extratos. O controle osmótico indicou pouca influência da osmolaridade na germinação. Concluimos que *C. americanum* possui potencial alelopático sobre as espécies testadas.

Palavras chaves: Alelopatia, *Crinum americanum*, Macrófitas, Rio Massaguaçu.

Introdução

A capacidade de uma planta interferir no desenvolvimento de outras é conhecida desde antes de Cristo. Theophrastus (300 a.C.) propôs que a leguminosa *Cicer arietinum* L. (grão de bico) exauria o solo. Plínio, no século I, não apenas reconheceu que diversas culturas “estragavam” o solo, como também já atribuía esse fenômeno a essências ou sucos liberados pelas mesmas (Putnam & Weston 1986). O termo alelopatia foi criado em 1937, pelo alemão Hans Molisch, que, para descrever as interações positivas ou negativas entre plantas superiores e/ou inferiores, uniu duas palavras gregas *allelo* (de um para o outro) e *patho* (prejuízo, sofrer) (Putnam & Tang 1986, Rice 1984).

As substâncias com propriedades alelopáticas são denominadas aleloquímicos e geralmente são oriundas do metabolismo secundário (An *et al.* 1998). Os aleloquímicos podem estar presentes em todos os tecidos das plantas (Putnam & Tang 1986) e sua produção regulada por diversos fatores ambientais bióticos e abióticos (Gatti 2003). Aparentemente situações de estresse tendem a aumentar a sua produção (Einhellig 1996).

Diversas plantas aquáticas, inclusive algumas marinhas, produzem aleloquímicos (Gross, 2003). A liberação de compostos aleloquímicos por macrófitas é aparentemente uma resposta evolutiva eficiente contra o fitoplâncton e epífitas (Gross 2003, Erhard & Gross 2006), uma vez que o sombreamento causado por estes é o principal fator limitante para macrófitas submersas (Phillips *et al.* 1978). Hilt (2006) em uma revisão dos efeitos alelopáticos de macrófitas sobre cianobactérias e algas, propôs que, em muitos casos, ocorre de algum tipo de inibição. Huang *et al.* (1999) observaram que o aguapé (*Eichornia crassipes* Solms) suprime o crescimento de algas em corpos d' água tornando-os mais claros. Os exudados das raízes e os extratos desta planta têm propriedades algicidas.

O gênero *Crinum* (Amarilidaceae) foi estabelecido em 1737 por Lineu. O nome do gênero provém do grego *Crinos* que significa cometa ou cabelos longos, em uma referência à floração. Várias espécies de *Crinum* foram trazidas ao novo mundo por serem plantas medicinais. Várias

delas migraram naturalmente, se dispersando pela América Central, e são freqüentemente consideradas espécies nativas (Meerow 2003).

Crinum americanum tem um ancestral asiático e se espalhou pelo mundo pelas correntes oceânicas, que junto às ações das marés, contribuem para a sua vasta distribuição geográfica pelas regiões alagadas, pântanos e rios da costa das Américas (Meerow 2003).

O estuário do Rio Massaguaçu, município de Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo (23°37'20''S e 54°21'25''O) é separado do oceano adjacente por uma barra de areia, formando um estuário cego. Nesse ambiente, onde realizamos as coletas do presente trabalho, *C. americanum* apresenta uma forte dominância. Essa dominância também ocorre em outras localidades; *C. americanum* consta entre as espécies mais abundantes em trabalhos realizados desde a Lagoa dos Patos, no sul do Brasil (Oliveira *et al.* 2006) até os *Everglades*, na Florida, sul dos Estados Unidos (Mayer *et al.* 1998).

Crinum americanum ocorre em ambientes com condições ecológicas extremas, como estuários e lagoas costeiras. Esses ambientes apresentam, em geral, um grande número de indivíduos e um número pequeno de espécies (Odum 1971). A capacidade dessa espécie dominar ambientes ao longo da costa das Américas dificilmente poderia ser explicada apenas pela sua plasticidade e resistência à essas condições. No estuário do Rio Massaguaçu algumas espécies, como *Bacopa monnieri* Pennell e *Eleocharis flavescens* Urb. conseguem ocupar áreas nas bordas dos bancos de *C. americanum*, mas no centro desses bancos, onde esta macrófita ocorre de maneira mais densa, nenhuma outra é encontrada. Esses fatores sugerem que *C. americanum* possua propriedades alelopáticas.

Não localizamos nenhum trabalho sobre alelopatia para essa espécie. No entanto, existem trabalhos sobre a sua composição química, que mostram a existência de flavanas nos rizomas e alcalóides nestes órgãos e também nas folhas (Ali *et al.* 1988, Ali *et al.* (1986) Trimino *et al.* 1987). Trimino *et al.* (1987) encontraram em *C. americanum*, entre outros alcalóides, licorina, substância tida como forte inibidora de germinação.

A determinação do potencial alelopático de extratos de plantas sobre espécies cultivadas não tem aplicação ecológica direta, pois, a ação de substâncias alelopáticas nos ecossistemas naturais é extremamente complexa. Bioensaios simples com plantas não relacionadas em meios artificiais podem ser de uso limitado para que possamos obter respostas sobre os mecanismos de ação e as aplicações das substâncias alelopáticas (Mallik 2005). Entretanto, esse tipo de bioensaio é extremamente importante como base para nortear experimentos com espécies nativas *in vivo* e no campo, uma vez que podem ser um bom indicativo do potencial alelopático da espécie.

Neste trabalho, investigamos o potencial alelopático de diferentes concentrações de extratos aquosos da folha, raiz e bainha de *C. americanum* sobre a porcentagem e tempo médio de germinação e sobre o crescimento inicial de alface, gergelim e rabanete.

Materiais e métodos

Coletamos de forma assistemática dez indivíduos de *C. americanum* no estuário do Rio Massaguaçu, município de Caraguatatuba, São Paulo. Lavamos esses indivíduos em água corrente e dividimos em raiz, folhas e bainha das folhas. Em seguida, trituramos cada uma das partes com água destilada, com o auxílio de um liquidificador industrial por aproximadamente cinco minutos. Adotamos a proporção de 300 g de material vegetal fresco para 400 mL de água destilada, que estabelecemos como sendo o extrato 100%. Peneiramos o material triturado para retirar o material mais grosseiro, e em seguida filtramos o extrato utilizando papel filtro (80 g.m⁻², 205 µm), com auxílio de uma bomba de vácuo. A partir do extrato 100%, fizemos diluições (75, 50, 25 e 12,5%) em água destilada. Para estabelecer um parâmetro de comparação dos resultados deste trabalho com trabalhos que utilizam peso seco, determinamos a relação peso fresco/seco pesando uma amostra de cada parte da planta fresca, e depois seca, em estufa à 60°C, por 48 horas.

Testamos o potencial alelopático dos extratos em três espécies cultivadas – alface, rabanete e gergelim. Conduzimos os experimentos para testar a influência dos extratos de todas as partes de *C. americanum* em todas as concentrações nas sementes dos três cultivares. Assim, cada desses

cultivares recebeu 15 tratamentos (três partes da planta – folha, raiz e bainha x cinco concentrações – 100, 75, 50, 25 e 12,5%) mais o controle, com água destilada. Para todos os tratamentos e controles fizemos cinco réplicas.

Para o bioensaio de germinação utilizamos placas de Petri de nove cm de diametro. Lavamos as placas com água destilada e colocamos, dentro de cada placa, uma folha de papel de filtro. Em seguida, as esterilizamos em microndas, em potência máxima por três minutos. Distribuimos 30 sementes de alface, gergelim ou rabanete em cada placa, umedecendo estas com cinco mL do respectivo extrato. Colocamos as sementes para germinar em incubadora climatizada a 28°C. Elas permaneceram no escuro, é só receberam luz na hora da contagem, que realizamos a cada 12 horas. Consideramos germinadas as sementes com protrusão radicular igual ou maior a dois mm (Laboriau, 1983). Para evitar a recontagem retiramos das placas as sementes consideradas germinadas.

Para o bioensaio de crescimento inicial utilizamos um procedimento semelhante: em placas de Petri de 14 cm, esterilizadas e com papel filtro, adicionamos 10 plântulas com 5±2 mm (pré-germinadas à 48 horas em água destilada) e 12 mL do respectivo extrato. Colocamos as plântulas para crescerem em incubadora climatizada a 28°C, com fotoperíodo de 12 horas. Depois de cinco dias interrompemos o crescimento e medimos a parte aérea e a raiz da cada uma das plântulas. Atribuimos a valor zero para plântulas mortas ou inviáveis (raízes enegrecidas, plântulas fungadas ou apodrecidas).

Determinamos o potencial osmótico dos extratos utilizando um osmômetro ($\mu\text{Osmotte}$, modelo 5004 automatic osmometer). Convertemos os valores obtidos em $\mu\text{Osm.kg}^{-1}$ em MPa utilizando a fórmula: $1 \mu\text{Osm.kg}^{-1} = 0,00832 \times \text{Temperatura em K MPa}$. Baseado nos valores obtidos em MPa, montamos um controle osmótico com os potenciais -0,1, -0,2, -0,3 e -0,4 MPa utilizando Polietilenoglicol 6000 (PEG-6000) utilizando a mesma metodologia descrita acima.

Para porcentagem de germinação transformamos os dados obtidos em arco de seno ($\sqrt{\%}$) do valor (Laboriau 1983) e checamos a significância da diferença entre tratamentos e controles com o teste ANOVA com pós-teste de Tukey ($p < 0,05$). Calculamos o tempo médio de germinação através

da seguinte fórmula: $\sum(\text{Th} \times \text{Nt})/\text{T}$, onde Th é o tempo decorrido do experimento em horas, Nt é o número de sementes germinadas para cada tempo e T é o total de sementes germinadas. Analisamos esses dados sem transformação utilizando ANOVA com pós-teste de Tukey ($p < 0,05$). No ensaio de crescimento inicial também analisamos a significância da diferença entre tratamentos e controles com o teste ANOVA com pós-teste de Tukey ($p < 0,05$). Fizemos todas as análises no programa Bio Estat 3.0.

Resultados e Discussão

Diversos estudos mostraram que o potencial osmótico do extrato e não seus componentes químicos podem afetar a germinação (Wardle *et al.* 1992; Haugland & Brandsaeter 1992). Neste trabalho, os resultados mostraram que as soluções de PEG-6000 ou não afetaram significativamente a germinação ou afetaram significativamente menos que os tratamentos, indicando que os compostos alelopáticos foram responsáveis, pelo menos em parte, pelos resultados obtidos.

Os aleloquímicos podem ter influência na germinação das sementes e também no crescimento das plântulas (Einhellig 1995). A germinação em si é um parâmetro menos sensível que o tempo médio de germinação, sendo este um indicativo importante das atividades alelopáticas (Ferreira & Aquila 2000). Muitas vezes os efeitos alelopáticos se manifestam apenas no aumento do tempo de germinação e não na diminuição do número de sementes germinadas (Gorla & Perez 1997, Peres *et al.* 2004). Neste trabalho, os extratos de *C. americanum* influenciaram tanto a porcentagem como o tempo médio de germinação. Diversos tratamentos apresentaram réplicas sem nenhuma semente germinada, nesses casos, fomos impedidos de calcular o seu tempo médio. Dessa forma, desconsideramos os resultados de tempo médio de germinação para os tratamentos com três ou mais réplicas sem germinação. Assim sendo, as figuras 2, 4 e 6 não apresentam todos os tratamentos.

Os extratos de *C. americanum* inibiram a germinação das sementes de alface. Com exceção dos tratamentos bainha 12,5 e 25%, todos os tratamentos em todas as concentrações diminuíram significativamente a porcentagem de germinação (figura 1). Quando comparamos a mesma concentração de extratos das diferentes partes da planta percebemos que os extratos de folha são os que apresentam o maior potencial alelopático, seguido pelos extratos da bainha e por fim, de raiz.

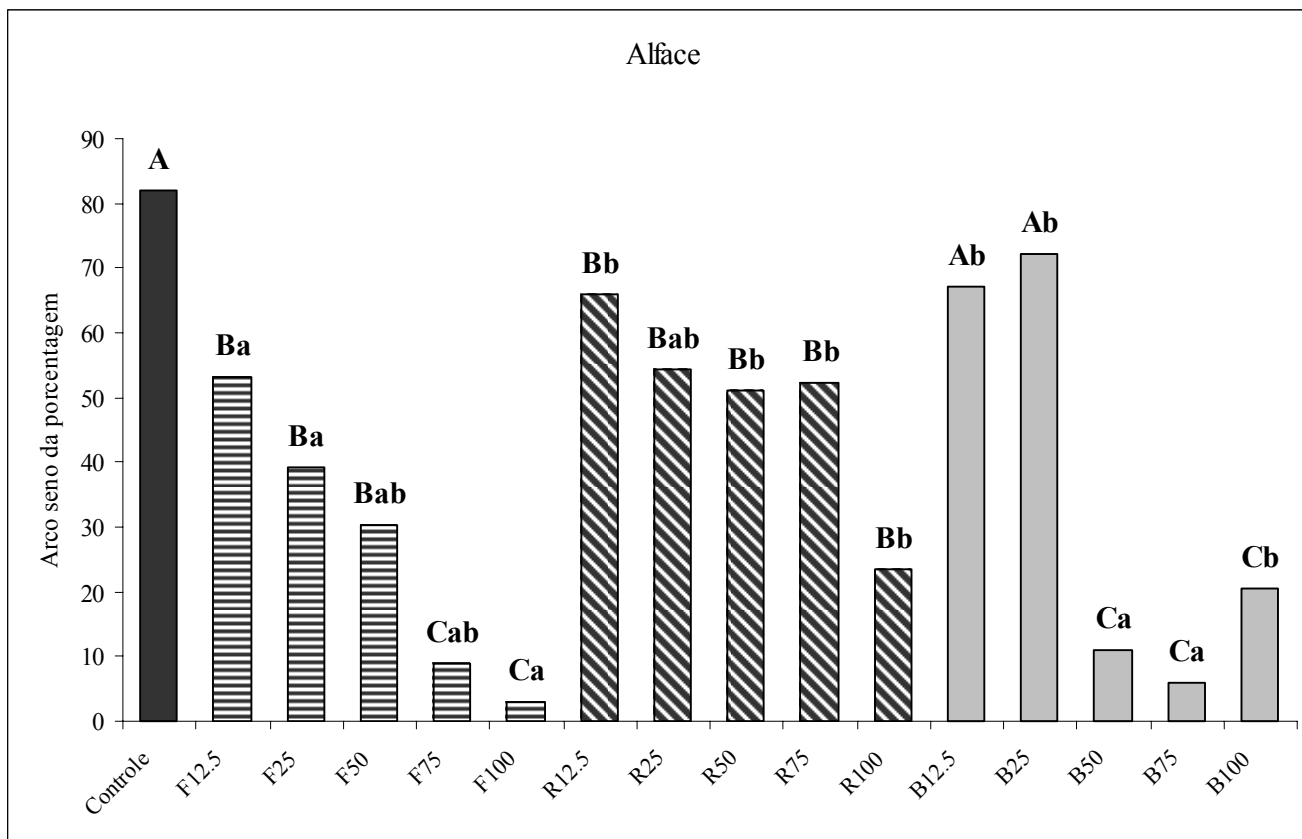


Figura 1. Porcentagem de germinação de sementes de alface submetidas à ação de diferentes extratos de *Crinum americanum* L. Valores seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas para concentração (100, 75, 50, 25 e 12,5%) e minúsculas para as partes da plantas (folha = F, raiz = R e bainha = B) não diferem entre si pelo teste ANOVA com pós-teste Tukey a 5%.

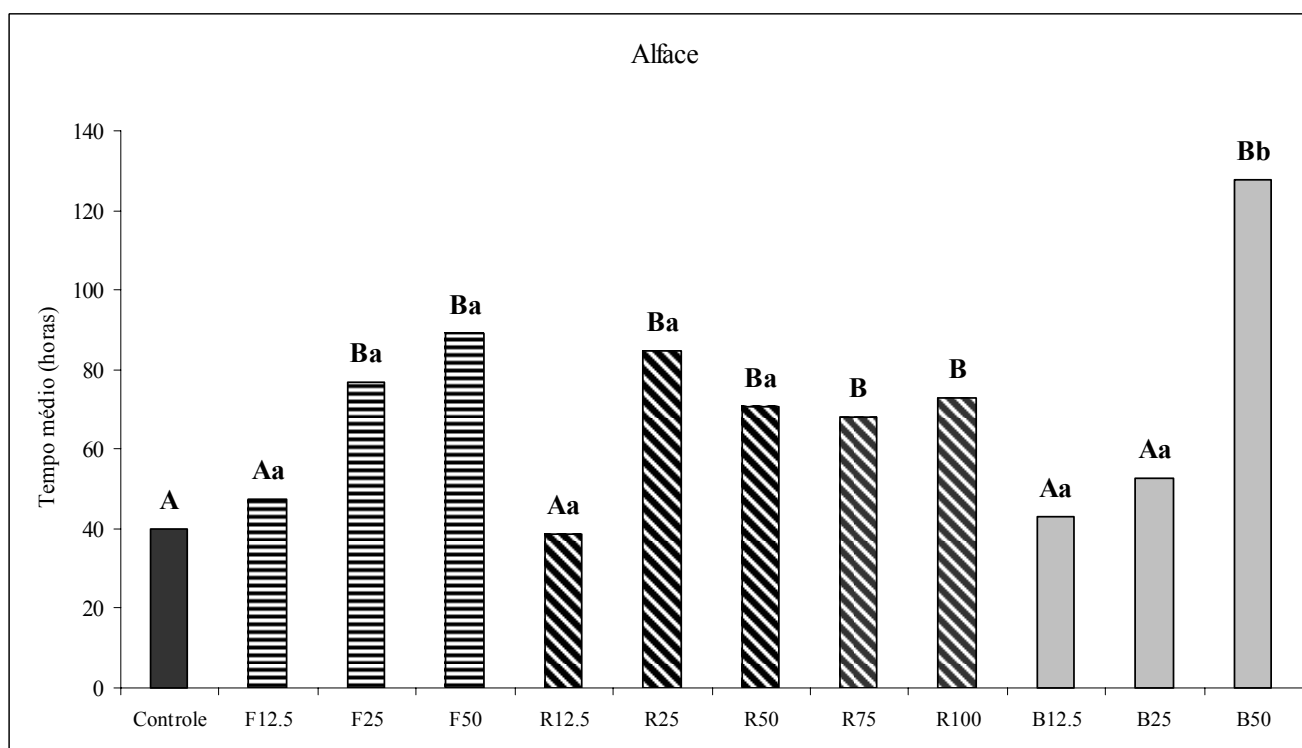


Figura 2. Tempo médio de germinação de sementes de alface submetidas à ação de diferentes extratos de *Crinum americanum* L. Valores seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas para concentração (100, 75, 50, 25 e 12,5%) e minúsculas para as partes da plantas (folha = F, raiz = R e bainha = B) não diferem entre si pelo teste ANOVA com pós-teste Tukey a 5%.

Todas as concentrações de extrato superiores a 50% aumentaram o tempo médio de germinação das sementes de alface (figura 2). Para o tempo médio de germinação não detectamos diferenças significativas entre as partes da planta consideradas na análise.

Os resultados obtidos para gergelim mostraram uma diminuição na porcentagem de germinação em todas as concentrações dos extratos de folha, e para as maiores concentrações (70 e 100%) de bainha e raiz (figura 3). Semelhante ao que ocorreu com as sementes de alface, as sementes de gergelim foram mais eficientemente inibidas respectivamente pelos extratos de folha, bainha e raiz. O tempo médio de germinação das sementes de gergelim foi afetado pelos tratamentos com concentrações maiores que 75% de raiz e da bainha. Com exceção da concentração 12.5%, todas as concentrações analisadas dos extratos de folha aumentaram o tempo médio de germinação das sementes de gergelim (figura 4).

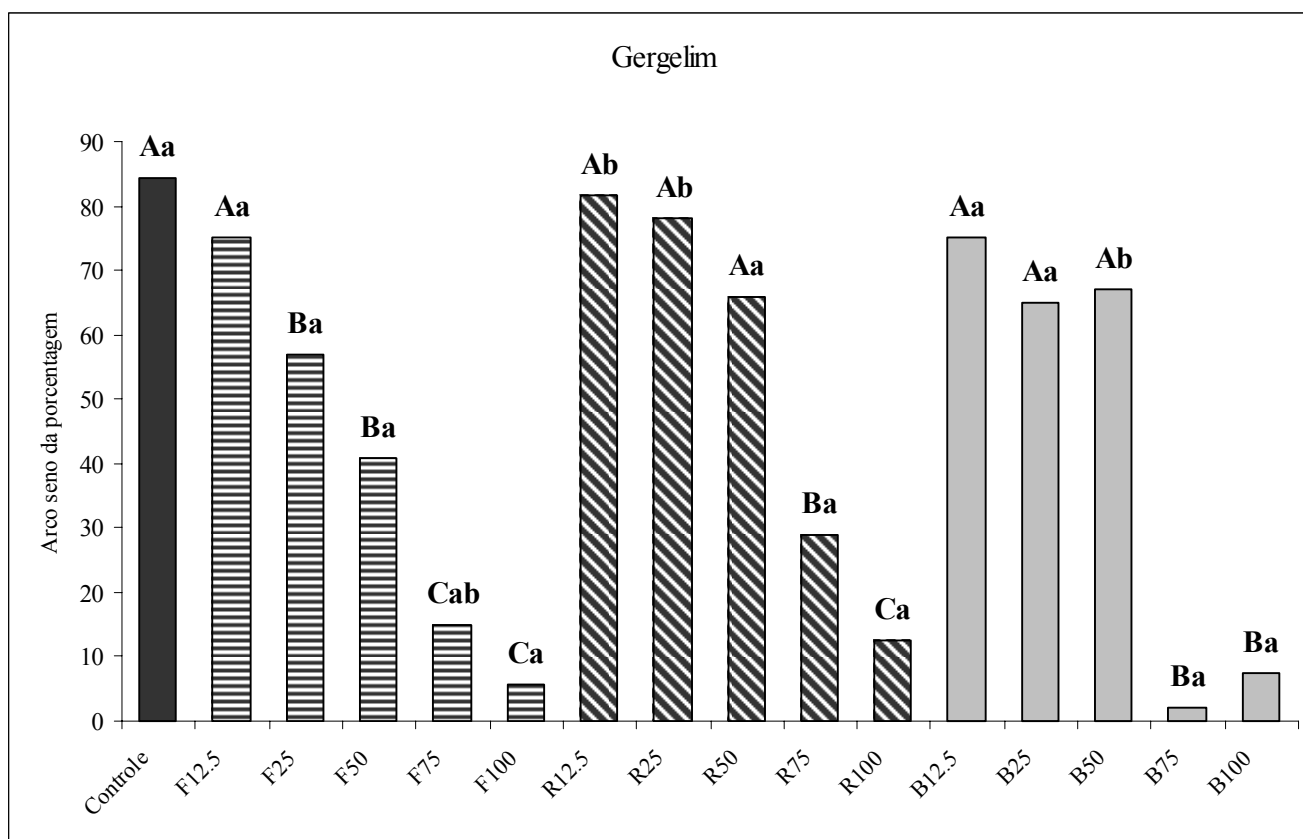


Figura 3. Porcentagem de germinação de sementes de gergelim submetidas à ação de diferentes extratos de *Crinum americanum* L. Valores seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas para concentração (100, 75, 50, 25 e 12,5%) e minúsculas para as partes da plantas (folha = F, raiz = R e bainha = B) não diferem entre si pelo teste ANOVA com pós-teste Tukey a 5%.

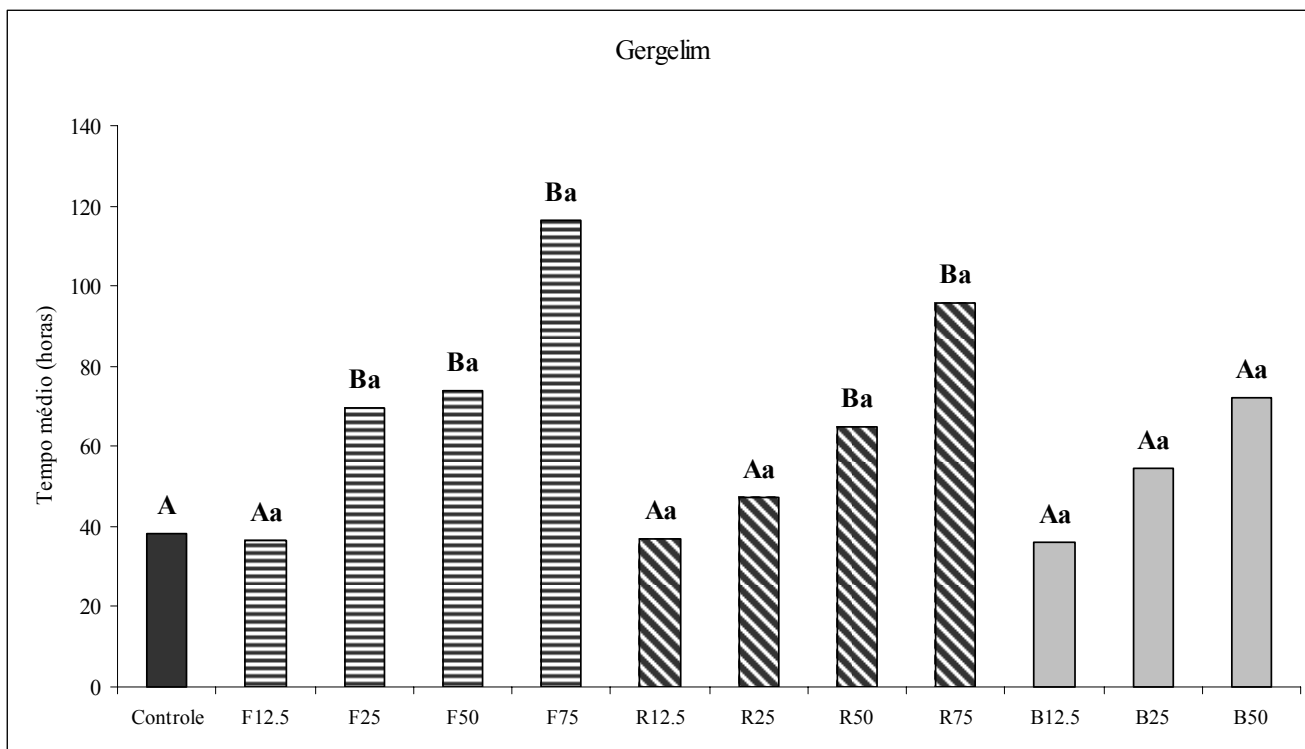


Figura 4. Tempo médio de germinação de sementes de gergelim submetidas à ação de diferentes extratos de *Crinum americanum* L. Valores seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas para concentração (100, 75, 50, 25 e 12.5%) e minúsculas para as partes da plantas (folha = F, raiz = R e bainha = B) não diferem entre si pelo teste ANOVA com pós-teste Tukey a 5%.

Os resultados para rabanete mostram que, com exceção de folha 12.5% e bainha 25%, todos os tratamentos diminuíram significativamente a porcentagem de germinação das sementes (figura 5). Para tempo médio os resultados foram semelhantes aos obtidos para gergelim: aumento do tempo médio para bainha e raiz nas maiores concentrações e para folha em todas as concentrações analisadas (figura 6).

Os resultados do bioensaio de crescimento inicial mostraram que os extratos de *C. americanum* inibem também este estágio de desenvolvimento das espécies receptoras. As raízes das plântulas de alface foram inibidas por todas as concentrações dos extratos de folha e raiz, e pelas concentrações maiores que 50% dos extratos de bainha; apenas as concentrações menores que 50% dos extratos de raiz não inibiram significativamente a parte aérea das plântulas de alface (figura 7). O número de plântulas de alface mortas ou inviáveis, que eram de 0% no controle, chegaram a 50% no extrato 100%.

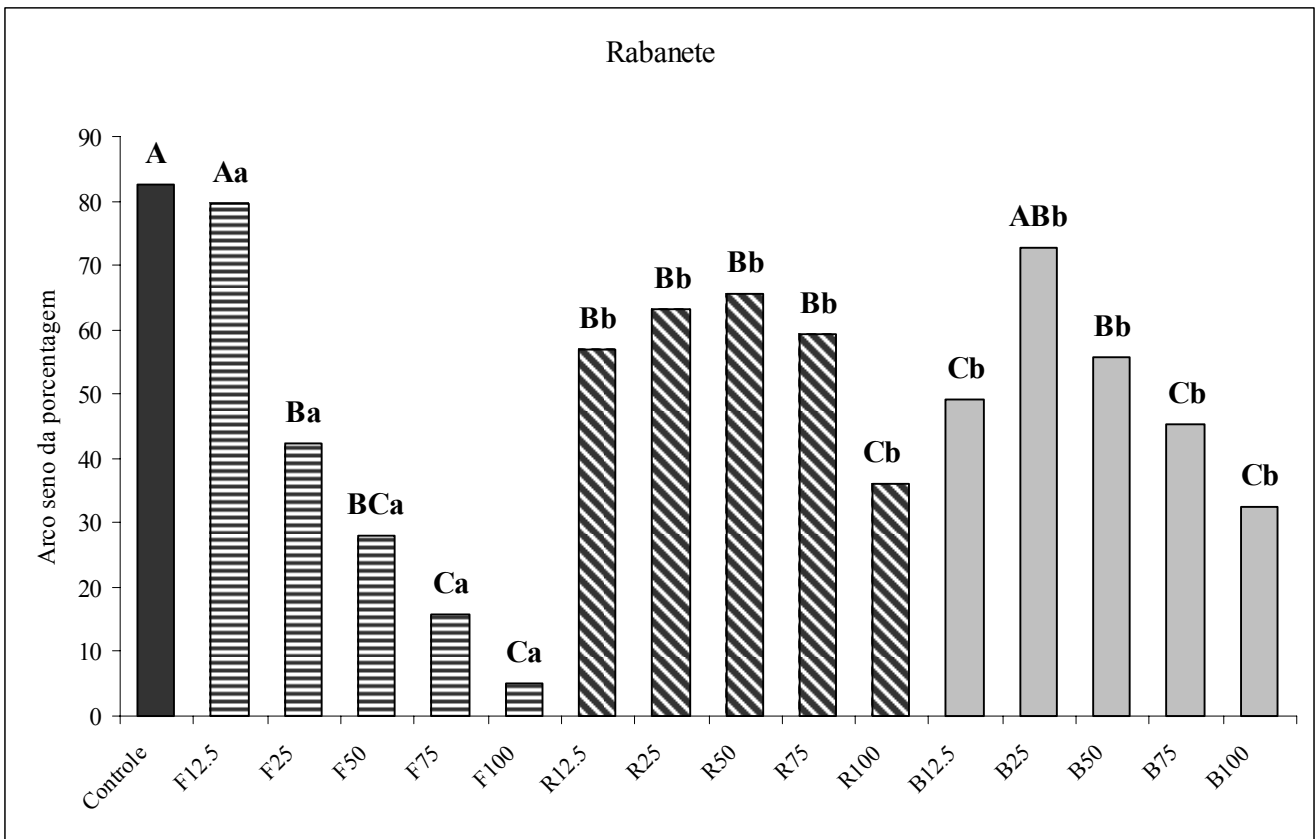


Figura 5. Porcentagem de germinação de sementes de rabanete submetidas à ação de diferentes extratos de *Crinum americanum* L. Valores seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas para concentração (100, 75, 50, 25 e 12.5%) e minúsculas para as partes da plantas (folha = F, raiz = R e bainha = B) não diferem entre si pelo teste ANOVA com pós-teste Tukey a 5%.

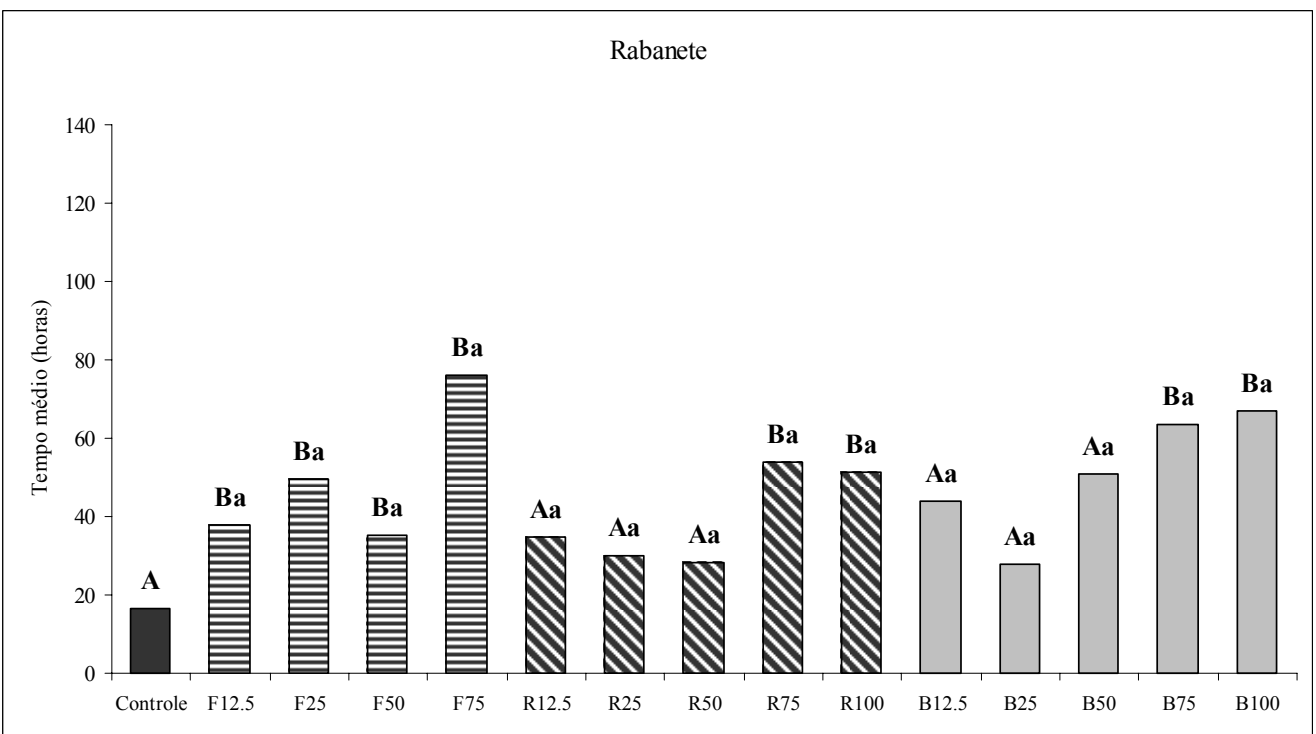


Figura 6. Tempo médio de germinação de sementes de rabanete submetidas à ação de diferentes extratos de *Crinum americanum* L. Valores seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas para concentração (100, 75, 50, 25 e 12.5%) e minúsculas para as partes da plantas (folha = F, raiz = R e bainha = B) não diferem entre si pelo teste ANOVA com pós-teste Tukey a 5%.

Com exceção do extrato bainha 12,5%, todos os extratos diminuíram significativamente o tamanho das raízes das plântulas de gergelim. A parte aérea dessas plântulas foi inibida por extratos de raiz mais concentrados que 75% e de folha e bainha acima de 25%, conforme mostra a figura 8. O número de plântulas mortas ou inviáveis nos extratos acima de 50% supera 50% dos indivíduos, e chega a 100% nas concentrações 75 e 100% do extrato da bainha.

Para rabanete notamos uma diminuição do tamanho médio das raízes para todos os tratamentos, e da parte aérea das plântulas para todos os tratamentos com concentrações maiores que 50%, quando comparados com o controle (figura 9). O número de plântulas mortas ou inviáveis aumenta com a concentração, sendo de 0% no controle e chegando a 75% no extrato 100% de folha.

Mesmo quando consideradas viáveis, as plântulas submetidas aos extratos, principalmente aos mais concentrados, se mostravam menos saudáveis que as crescidas na água destilada, apresentando raízes menos vigorosas e muitas vezes amarronzadas e com manchas nos cotilédones. Os efeitos dos aleloquímicos sobre o crescimento inicial refletem, em geral, em um atrofiamento das partes da plântula (Peres *et al.* 2004, Aires *et al.* 2005, Maraschin-Silva & Áquila 2006). Plântulas inviáveis, como as aqui apresentadas, são mais raras na bibliografia, mas também foram detectadas por Oliveira *et al.* (2004).

Os trabalhos de alelopatia com macrófitas aquáticas usam em geral algas e cianobactérias como plantas receptoras (Korner & Nicklisch 2002, Mohamed 2002, Mulderij *et al.* 2005, Hilt 2006, Erhard & Gross 2006). Esses trabalhos utilizam parâmetros diferentes dos utilizados com plantas superiores para detectar possíveis inibições como, por exemplo, a variação do biovolume inicial e a duração da fase lag. Desse modo nem sempre é possível estabelecer um paralelo entre esse trabalho e outros com plantas aquáticas.

A relação peso fresco/peso seco é de 15,2, 11,77 e 7,83 para folha, raiz e bainha, respectivamente. Como o extrato 100% representa uma proporção de 3 partes de material vegetal fresco para 4 partes de água destilada, o extrato equivalente em peso seco teria uma concentração de 4,9, 6,3 e 9,5% para folha, raiz e bainha, respectivamente. Isso significa que o extrato de peso seco equivalente ao extrato de 12,5% seria composto por 0,61, 0,79 e 1,19% de material vegetal seco

para folha, raiz e bainha, respectivamente. Embora, seja complicado comparar diretamente trabalhos de atividades alelopáticas, devido principalmente a grande variedade de metodologias utilizadas, os extratos do *C. americanum* conseguem inibir a germinação em concentrações mais baixas que a geralmente encontrada da bibliografia (Soares 2000, Áquila 2000, Pires *et al.* 2001, Maraschinin-Silva & Aquila 2005).

Para todas as sementes testadas os extratos de folha foram os que apresentaram maior potencial alelopático. Jacobi & Ferreira (1991), trabalhando com *Mimosa bimucronata* (DC) também encontraram efeitos alelopáticos mais efetivos nos extratos das folhas. Embora não tenham testado diretamente isso, o trabalho de Aires *et al.* (2005) também aponta nesse sentido. De uma maneira geral as folhas representam o órgão da planta mais ativo metabolicamente (Raven 1992), e é previsível que elas apresentem mais aleloquímicos.

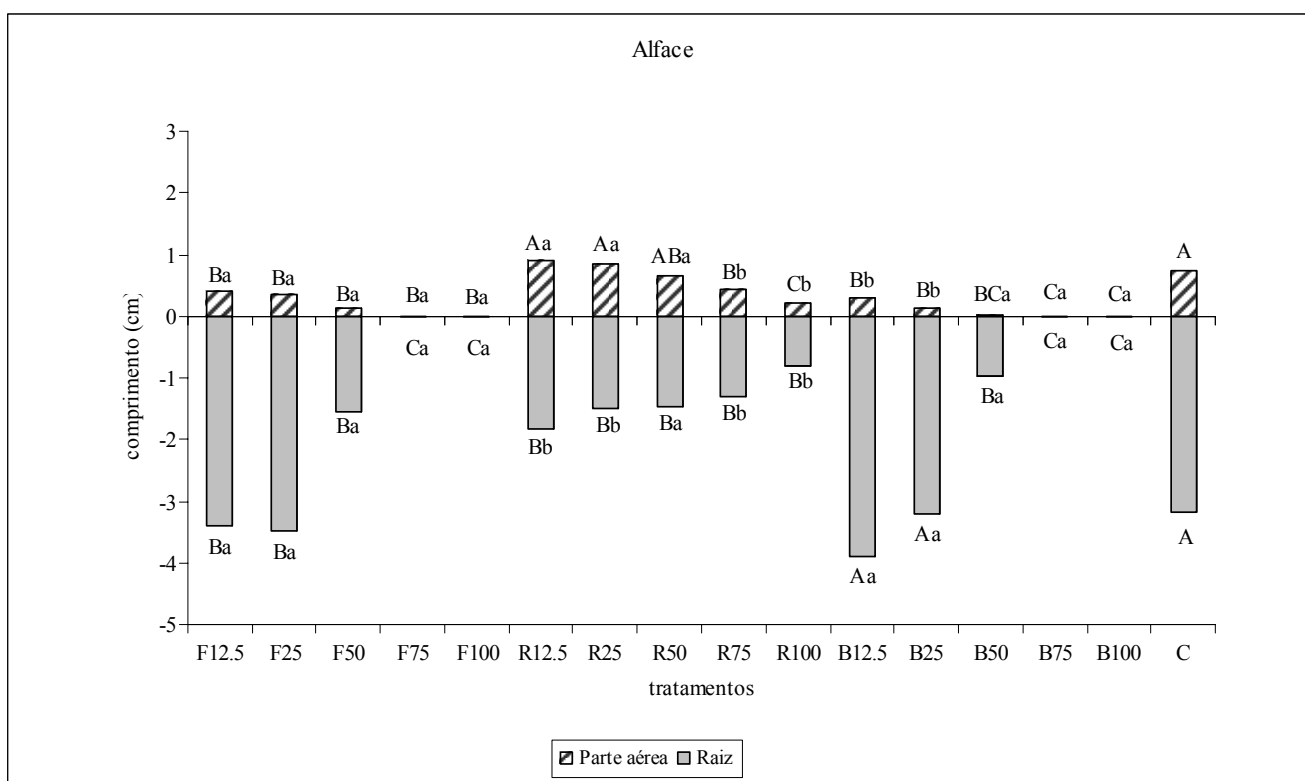


Figura 7. Tamanho médio das raízes e parte aérea das plântulas de alface submetidas aos diferentes extratos de *Crinum americanum* L. Valores seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas para concentração (100, 75, 50, 25 e 12.5%) e minúsculas para as partes da plantas (folha = F, raiz = R e bainha = B) não diferem entre si pelo teste ANOVA com pós-teste Tukey a 5%.

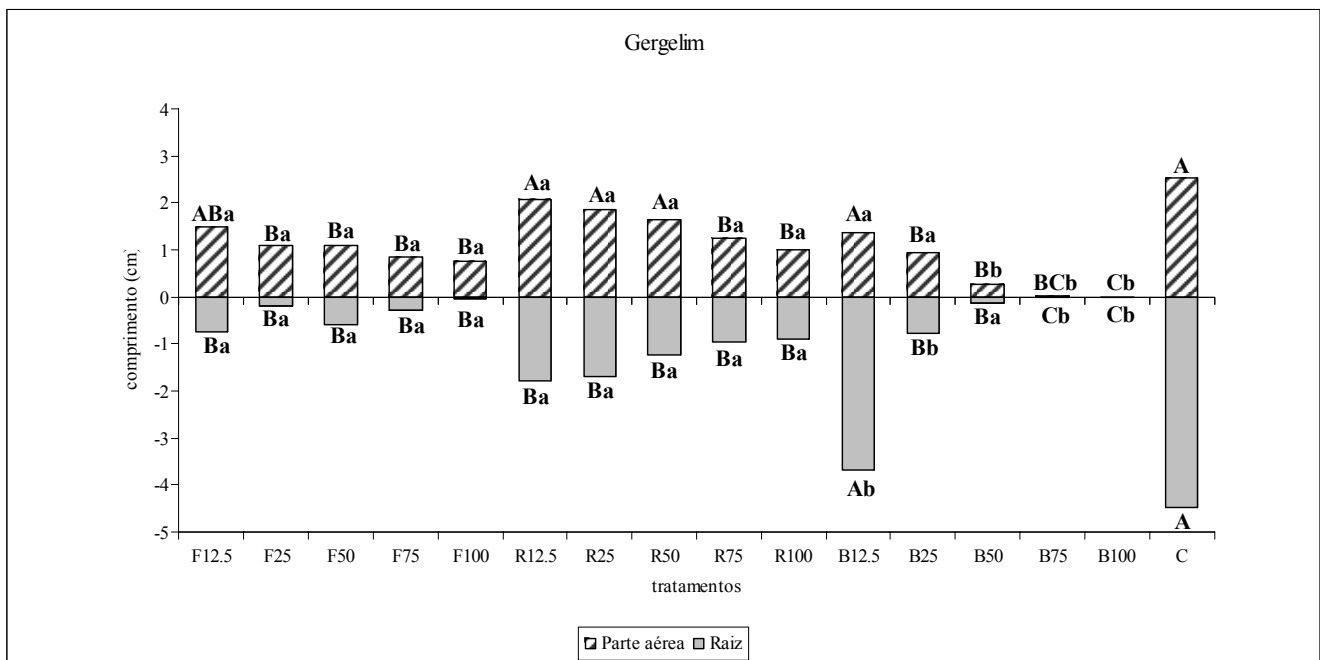


Figura 8. Tamanho médio das raízes e parte aéreas das plântulas de gergelim submetidas aos diferentes extratos de *Crinum americanum* L. Valores seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas para concentração (100, 75, 50, 25 e 12.5%) e minúsculas para as partes da plantas (folha = F, raiz = R e bainha = B) não diferem entre si pelo teste ANOVA com pós-teste Tukey a 5%.

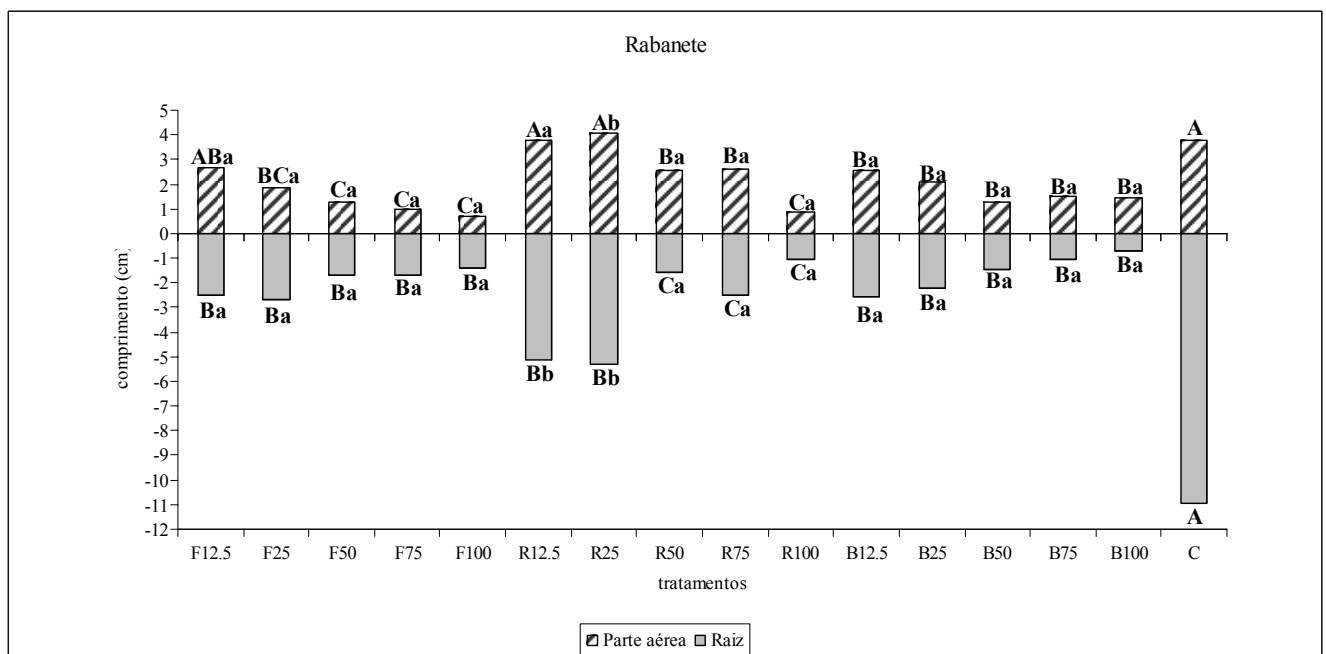


Figura 9. Tamanho médio das raízes e parte aéreas das plântulas de rabanete submetidas aos diferentes extratos de *Crinum americanum* L. Valores seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas para concentração (100, 75, 50, 25 e 12.5%) e minúsculas para as partes da plantas (folha = F, raiz = R e bainha = B) não diferem entre si pelo teste ANOVA com pós-teste Tukey a 5%.

O alcalóide licorina, poderoso inibidor do crescimento de plantas superiores e algas (Garuccio & Arrigoni 1989), está presente em abundância nas folhas, mas é raro nas raízes de *C. americanum* (Trimino *et al.* 1987). Isso deve explicar, pelo menos em parte, o potencial alelopático dos extratos de *C. americanum* e as diferenças encontradas entre raízes e folhas.

Conclusões

Os resultados obtidos com a metodologia que usamos nos levam a concluir que:

1. Os extratos aquosos da *Crinum americanum* reduzem a porcentagem e aumentam o tempo médio da germinação das sementes, e interferem no crescimento inicial das plântulas de alface, gergelim e rabanete, causando a morte dos tecidos da radícula e conseqüentemente das plântulas.
2. Os extratos das folhas são os que apresentam o maior potencial alelopático. Os de bainha vêm em segundo e os extratos das raízes são os com menor potencial.

Referências Bibliográficas

- Aires, S.S., Ferreira, A.G. & Borghetti, F. 2005. Efeitos alelopáticos de folhas e frutos de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (Solanaceae) na germinação e crescimento de *Sesamun indicum* L. (Pedaliaceae) em solo sob três temperaturas. *Acta botânica* 19(2): 339-344
- Ali, A.A., El Sayed, H.M., Abdallah, O.M. & Steglich, W. 1986. Oxocrinine and other alkaloids from *Crinum americanum*. *Phytochemistry* 25: 2399-2401.
- Ali, A.A., El Sayed, H.M., Abdallah, O.M. & Steglich, W. 1988. Flavans from *Crinum americanum*. *Pharmazie* 43 (4): 295-296.
- Aquila, M.E.A. 2000. Efeito alelopático de *Ilex paraguayensis* A. St.-Hil. Na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L.
- An, M., Pratley, J. & Haig, T. 1998. Allelopathy: from concept to reality.
- Brasil, 1992. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária Brasília, SNDA/DNDV/CLAV.
- Einhellig, F.A. 1995. Allelopathy: Current status and future goals. P.1-24. *Allelopathy - Organisms, Processes, and applications: American Chemical Society. (ACS symposium series)*. F. A. Einhellig, K. M. M. Dakshini, (Eds.).
- Einhellig, F.A. 1996. Interactions involving allelopathy in crop systems. *Journal of Agronomy* 88: 886-893.
- Erhard, D. & Gross, E.M. 2006. Allelopathic activity of *Elodea Canadensis* and *E. nuttallii* against epiphytes and phytoplankton. *Aquatic Botanic* 85: 2003-211.
- Ferreira A.G. & Áquila, M.E.A. 2000. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12 (Edição especial): 175-204.
- Garuccio, L. & Arrigoni, O. 1989. Various sensitivities of yeasts to lycorine. *Bollettino della Societa Italiana di biologia sperimentale* 65: 501-508.

- Gatti, A.B., Perez S.C.J.G.A. & Lima, M.I.S. 2003. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Ktze na germinação e crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. Acta Botânica 18(3): 459-472.
- Gorla, C.M., Perez, S.C.J.G.A. 1997. Influência de extratos aquosos de folhas de *Miconia albicans* Triana, *Lantana câmara* L., *Leucaena leucocephala* (L.) de Wit e *Drymis winteri* Forst, na germinação e crescimento inicial de sementes de tomate e pepino. R. Bras. Sem. 9(2): 261-266.
- Gross, E.M. 2003. Allelopathy of aquatic autotrophs. Crit. Rev. Plant Science 22: 313-339.
- Hilt, S. 2006. Allelopathic inhibition of epiphytes by submerged macrophytes. Aquatic Botany 85: 252-256.
- Huang, S., Wang, W., Ma K., Zhou, H., Xu., Y., Wu, H., Sun, W., Yang, S., Huang, H., Huang, Z., Wu, H. & Yu, S. 1999. Allelochemicals from root exudates and extracts of water hyacinth *Eichornia crassipes*. In In: Mácias, F. A., Galindo, J. C. G., Molinillo, J. M. G., Cutler, H. G. (ed.). Recent Advances in Allelopathy I: 197-204.
- Haugland, E. & Brandsaeter, L. 1996. Experiments on bioassay sensitivity in the study of allelopathy. Journal of Chemical Ecology 22:1845-1859.
- Jacobi, U.S. & Ferreira, A.G. 1991. Efeitos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* (DC) sobre espécies cultivadas. Pesquisa Agropecuaria 26 (7): 935-943.
- Kornes, S. & Nicklisch, A. 2002. Allelopathic growth inhibition of selected phytoplankton species by submerged macrophytes. Journal of phycology 38:862-871.
- Labotiau, L.G. 1983. A germinação de sementes. OEA, Washington, D.C.
- Mallik, A. 2005. Allelopathy: Advances, Challenges and Oportunities. Proceedings and select papers of The Fourth World Congress on Allelopathy. 21-26 August – Charles Sturt University, Wagga, NSW., Australia - <http://www.regional.org.au/au/allelopathy> , acessado em 31/01/2007.
- Mayer, L.A., Powell, R., Jenkins, C., Lookwood, J., Fenn, K. & Pimm, Stuart. 1998. Identifying Cape Sable Seaside-Sparrow (*Ammodramus maritimus mirabilis*) hábitat from satellite images. The 1998 Annual Report

- Maraschin-Silva, F & Aquila, M.E.A. 2006. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). *Acta Botânica* 20(1) 61-69.
- Meerow, A.L.W., Lehmilller, D. J. & Clayton, J. 2003. Phylogeny and biogeography of *Crinum* L. (Amaryllidaceae) inferred from nuclear and limited plastid non-coding DNA sequences. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141(3): 349.
- Mohamed, Z. A. 2002. Allelopathic activity of *Spirogyra* sp.: stimalating bloom formation and toxin production by *Oscillatoria agardhii* in some irrigation canals, Egypt. *Jornal of plankton research* 24:137-141.
- Mulderij, G., Moolj, W.M., Smolders, A.J.P. & Van Donk, E. 2005. Allelopathic inhibition of phytoplankton by exudates from *Stratiotes aloides*. *Aquatic Botany* 82(4): 284-296.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentos de ecologia*. Fundação Calouste Gulbekian, Lisboa.
- Oliveira, E.A. 2006. Coleópteros de uma ilha estuarina da Lagoa do Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Oliveria, S.C.C., Ferreira, A.G. & Borghetti, F. 2004. Efeito alelopático de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.Hil. (Solanaceae) na germinação e crescimento de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) sob diferentes temperaturas. *Acta botânica* 18(3): 401-406
- PERES, M.T.L.P., SILVA, L. B, FACCENDA, O. & HESS, S.C. 2004. Potencial alelopático de espécies de Pteridaceae (Pteridophyta). *Acta botânica* 18(4):723-730.
- Pires, N.M., Prates, H.T., Filho, I.A.P., Oliveria Jr, R.S. & Faria, T.C.L. 2001. Atividades alelopáticas da leucena sobre espécies de plantas daninhas. *Scientia Agrícola* 58(1): 61-65.
- Phillips, G.L. 1978. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwater. *Aquatic Botany* 4: 103-126.
- Putnam, A.R. & Tang, C.S. 1986. Allelopathy: state of the science. In: A. R. Putnam e C.-S. Tang (Ed.). *The science of allelopathy: Wiley-Interscience Publication. Allelopathy: state of the science: 2-19*

- Putnam, A.R. & Weston L.A. 1986. Adverse impacts of allelopathy in agricultural systems. In: A. R. Putnam e C.-S. Tang (Ed.). The science o allelopathy: Wiley-Interscience publications.. Adverse impacts of allelopathy in agricultural systems, p.43-56
- Raven, P. H., Evert, R. F. & Eichhrn, S. E. 1992. Biologia vegetal. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ.
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy. 2^a ed. New York, Academic Press.
- Soares, G.L.G. 2000. Inibição da germinação e do crescimento radicular de alface (CV. “Grand rapids”) por extratos aquosos de cinco espécies de Gleicheniaceae. Floresta e Ambiente 7(1): 190-197.
- Trimino, Z., Iglesias, C., Sanchez, L. & M., Spangler, I. 1987. Phytochemical investigation of *Crinum americanum*. Part I. Major alkaloids in leaves. Revista Cubana de Quimica 3(3): 57-61.
- Wardle, D.A., Nicholson, K.S. & Ahmed, M. 1992. Comparison of osmotic and allelopathic effects of grass leaf extracts on grass seed-germination and radicle elongation. Plant and Soil 140:315-319.

Considerações Finais

Nesse trabalho, procuramos identificar as espécies que se distribuem ao longo do estuário do Rio Massaguaçu e quais os fatores que influenciam na sua distribuição ao longo da margem do estuário.

O cruzamento dos dados sobre as propriedades físico-químicas da água do estuário, as do solo da sua margem e os dados sobre o spray marinho com as informações do levantamento florístico da margem, indica que o aporte de sal trazido pelo spray marinho está diretamente relacionado com a proximidade do oceano e tem grande influência sobre a distribuição da vegetação da margem. O sal dissolvido na água do estuário, cuja influência sobre a vegetação era uma das hipóteses que tínhamos levantado, se encontra nas camadas mais profundas (a superfície via de regra apresenta salinidade zero), portanto, não interfere na distribuição da vegetação ao longo da margem. Além disso, fatores bióticos como, por exemplo, a competição por recursos e espécies produtoras de aleloquímicos também estão envolvidos.

Os bioensaios de germinação e crescimento com extratos de *C. americanum* mostram que essa espécie possui um grande potencial alelopático sobre cultivares de alface, rabanete e gergelim, o que sugere que a dominância que esta Amarilidaceae apresenta nos bancos de macrófitas do interior do estuário pode ser explicada, pelo menos parcialmente, pelo seu alto potencial alelopático. É certo também que existem fatores abióticos agindo sobre a distribuição das macrófitas. A seqüência imprevisível de cheias e secas do estuário e a própria salinidade da água limita à jusante a ocorrência de uma série de espécies que ocorrem nas regiões mais a montante do rio.

A compreensão mais ampla do funcionamento desse ecossistema, no entanto, é muito mais complexa que isso, principalmente se levarmos em conta as ações sinérgicas e antagônicas dos diferentes fatores, bióticos e abióticos. Para compreendermos os fatores que regem a distribuição das espécies é necessária uma análise ampla e integrada dos fatores bióticos e abióticos que muitas vezes, não pode ser atendida num único trabalho.

Nesse sentido, esse trabalho deu o primeiro passo para a determinação das espécies e da sua distribuição no estuário do Rio Massaguaçu. Os resultados foram bastante expressivos, mas deixam clara a necessidade da continuidade de pesquisas na área para a obtenção de dados por um período de tempo mais longo.