

**Crescimento da macrófita aquática *Egeria densa* (Planchon) na presença de potenciais competidores e sob influência do enriquecimento artificial de nutrientes.**

***Mateus do Nascimento Fonseca***

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ**

**FEVEREIRO – 2008**

**Crescimento da macrófita aquática *Egeria densa* (Planchon) na presença de potenciais competidores e sob influência do enriquecimento artificial de nutrientes.**

***MATEUS DO NASCIMENTO FONSECA***

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Marina Satika Suzuki.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ**

**FEVEREIRO - 2008**

**Crescimento da macrófita aquática *Egeria densa* (Planchon) na presença de potenciais competidores e sob influência do enriquecimento artificial de nutrientes.**

**MATEUS DO NASCIMENTO FONSECA**

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em: 29 de Fevereiro de 2008

Comissão Examinadora:

---

Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves (Doutor em Ecologia) - UFRJ

---

Prof. Dr. Sidnei Magela Thomaz (Doutor em Ecologia) - UEM

---

Prof. Dr. Paulo Pedrosa (Doutor em Biociências) - UENF

---

Marina Satika Suzuki (Doutora em Biociências) – UENF  
(Orientadora)

---

Prof. Dra. Ângela Pierre Vitória – UENF – Revisora e suplente

Dissertação desenvolvida no Laboratório de Ciências Ambientais, Centro de Biotecnologia e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Apoio:

UENF

FAPERJ

**Fonseca, M. N., Crescimento da macrófita aquática *Egeria densa* (Planchon) na presença de potenciais competidores e sob influência do enriquecimento artificial de nutrientes.**

**Campos dos Goytacazes, CBB – UENF, 2008.**

**Total de páginas: xx, 117.**

**Dissertação: Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.**

**Palavras Chaves: Macrófitas aquáticas, fitoplâncton, equilíbrio dinâmico, competição, eutrofização**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ**

**FEVEREIRO - 2008**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço sempre a Deus. Através de seu Amor foi possível atingir cada meta estabelecida em minha vida, concedendo-me saúde, paz e sabedoria. A Nossa Senhora, que com seu Amor de mãe me carrega em seus braços e me protege contra as adversidades.

Agradecimentos são meras expressões em relação à gratidão que sinto por meus pais: João Bosco e Maria Aparecida. Obrigado pai, obrigado mãe, por todo apoio, pelo carinho, pela educação e ensinamento de amor à vida, dentre muitas outras ações em meu favor. Sem vossa presença não haveria caminho a trilhar!

Devo especial gratidão à querida Professora Marina Satika Suzuki, que com muito bom humor, paciência, dedicação, respeito, atenção... auxiliou-me em mais uma árdua tarefa... Uma convivência merecedora de recordação por toda a vida. Reforço: Sem dúvida é a “japa” mais gente boa do mundo.

Agradeço à Ziellen.

Amigos como Fofuxo, André, Márcio, Bruno, Gustavo, Vinícius merecem sempre um comentário à parte. Sempre presentes, eles nunca me abandonaram nessa caminhada, auxiliando-me no laboratório, no campo, passando experiência...Valeu!

Agradeço à rapaziada da cervã, que fez com que os momentos mais difíceis fossem ultrapassados com bom-humor e muita diversão...Nomes? Para quê?

Agradeço à Flávia, ao César e à Carol por me aturarem nos finais de semana em que eu fiquei em Campos.

Agradeço à Prof. Ângela, que contribuiu com sua revisão criteriosa, e ao Prof. Leandro, que me auxiliou nos testes estatísticos.

Um abraço especial a todos os técnicos do LCA.

Ao LCA devo agradecimento ao apoio logístico para a realização desta dissertação e de outros projetos, à UENF pela concessão da bolsa de Pós-Graduação, e à Faperj pelo financiamento aos projetos.

## Sumário

Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas.....	xiii
Resumo.....	xviii
Abstract.....	xix
Acrônimos.....	xx
1- Introdução.....	1
2- Hipóteses.....	8
3- Objetivos	
3.1- Geral.....	9
3.2- Específico.....	9
4- Material e métodos	
4.1- Local de Coleta.....	10
4.2- Objetos de Estudo.....	11
4.3- Preparação do Experimento.....	13
4.3.1- Água da lagoa do Campelo e a comunidade fitoplanctônica....	13
4.3.2- As Macrófitas.....	14
4.3.3- Preparação das Soluções de Cultivo.....	15
4.3.4- Preparação da Soluções Estoque de nitrogênio e fósforo.....	16
4.3.5- Montagem das Unidades Experimentais.....	17
4.4- O Experimento.....	18
4.4.1- Períodos do Ano.....	18
4.4.2- Tratamentos.....	19
4.4.3- Amostragens.....	21
4.4.4- Processamento do Material Vegetal.....	21
4.5- Análises Químicas.....	22
4.5.1- Água.....	22
4.5.2- Macrófitas.....	22
4.6- Tratamentos Analíticos e Estatísticos.....	23

## 5- Resultados

5.1- Variáveis Físico-químicas.....	25
5.2- Crescimento (Aalongamento), Biomassa e Nutrientes em <i>Egeria densa</i> .....	29
5.2.1- Crescimento.....	29
5.2.2- Biomassa.....	32
5.2.3- Nutrientes (C, N, P)	
5.2.3.1- Carbono.....	35
5.2.3.2- Nitrogênio.....	37
5.2.3.3- Fósforo.....	38
5.2.4- Razões Molar (C:N, C:P, N:P)	
5.2.4.1- Razão Molar C:N.....	41
5.2.4.2- Razão Molar C:P.....	43
5.2.4.3- Razão Molar N:P.....	45
5.3 – Biomassa e Nutrientes em <i>Ceratophyllum demersum</i>	
5.3.1- Biomassa.....	47
5.3.2- Nutrientes (C, N, P)	
5.3.2.1- Carbono.....	49
5.3.2.2- Nitrogênio.....	51
5.3.2.3- Fósforo.....	52
5.3.3- Razões Molares (C:N, C:P, N:P)	
5.3.3.1- Razão Molar C:N.....	54
5.3.3.2- Razão Molar C:P.....	55
5.3.3.3- Razão Molar N:P.....	57
5.4 – Biomassa Fitoplanctônica.....	59
5.5- Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos na Água.....	61
5.5.1- Orto-Fosfato.....	62
5.5.2- Nitrogênio Amoniacal.....	63
5.5.3- Nitrito.....	64

<b>6. Discussão</b>	
<b>6.1 – Competição e Coexistência.....</b>	<b>66</b>
<b>6. .2 – Fatores que interferem no crescimento de <i>E. densa</i>.....</b>	<b>68</b>
<b>6.2.1 – Temperatura e radiação solar.....</b>	<b>68</b>
<b>6.2.2 – Disponibilidade de nutrientes.....</b>	<b>74</b>
<b>6.2.3 – Competição por recursos.....</b>	<b>77</b>
<b>6.2.4 – Alelopatia.....</b>	<b>80</b>
<b>6.3 – Experimentos com macrófitas aquáticas, subsídios para manejo e         conservação de ecossistemas naturais.....</b>	<b>82</b>
<b>7- Conclusão.....</b>	<b>85</b>
<b>8- Referências Bibliográficas.....</b>	<b>86</b>
<b>9- Apêndices.....</b>	<b>96</b>
<b>10- Anexos.....</b>	<b>117</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 - <i>Feedbacks</i> responsáveis pela existência de um estado de equilíbrio alternativo. O efeito qualitativo de cada rota no diagrama pode ser computado pela multiplicação dos sinais ao longo da via (Fonte: Sheffer <i>et al.</i> , 1993).....	5
Figura 2 - Representação do Estado do Rio de Janeiro, em destaque a lagoa do Campelo e seus canais.....	10
Figura 3 - Imagem representativa da macrófita aquática submersa <i>Egeria densa</i> (Planchon).....	11
Figura 4 - Imagem representativa da macrófita aquática submersa <i>Ceratophyllum demersum</i> L.....	12
Figura 5 - Material vegetal transferido em caixas plásticas.....	14
Figura 6 - Imagem do experimento realizado no verão. Todas as unidades experimentais estão cobertas por um tipo de papel e areadas com compressores. Os tratamentos estão aleatorizados.....	18
Figura 7 - Médias mensais de temperatura e radiação solar na região de Campos dos Goytacazes no período de 1997 a 2006. (Fonte: Inmet).....	19
Figura 8 - Esquema representativo dos três tratamentos utilizados nos experimentos e suas respectivas concentrações de nitrogênio e fósforo (sem adição, 2X e 5X). As diferentes cores indicam diferentes tratamentos. Nota: sem adição ( $P=0,8\mu\text{mol.L}^{-1}$ , $N=4\mu\text{mol.L}^{-1}$ ); 2x ( $P=1,6\mu\text{mol.L}^{-1}$ , $N=8\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) e 5x ( $P=4,0\mu\text{mol.L}^{-1}$ , $N=20\mu\text{mol.L}^{-1}$ ).....	20
Figura 9 - Temperatura média nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36).....	26
Figura 10 - Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) média nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36).....	26
Figura 11- pH médio nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36).....	27
Figura 12 - Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) média nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36). As barras indicam os desvios padrões.....	27
Figura 13 - Temperatura média nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36). As barras indicam os desvios padrões.....	28
Figuras 14 - pH médio nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno (n=36). As barras indicam os desvios padrões.....	28

Figura 15 - Crescimento mediano dos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento no verão de 2007 (Inicial = 10cm; n=15) Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	30
Figura 16 - Crescimento mediano dos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento no inverno de 2007 (Inicial=10cm;n=15).Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	30
Figura 17 - Biomassa (mg.L <sup>-1</sup> ) dos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	33
Figura 18 - Biomassa (mg.L <sup>-1</sup> ) dos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	33
Figura 19 - Concentração (mg.g <sup>-1</sup> PS) de carbono nos talos de <i>E. densa</i> após 15 dias em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	36
Figura 20 - Concentração (mg.g <sup>-1</sup> PS) de carbono nos talos de <i>E. densa</i> após 15 dias em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	36
Figura 21 - Concentração (mg.g <sup>-1</sup> PS) de nitrogênio nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	37
Figura 22 - Concentração (mg.g <sup>-1</sup> PS) de nitrogênio nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	38
Figura 23 - Concentração (mgP.g <sup>-1</sup> PS) de fósforo nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	39

Figura 24 - Concentração ( $\text{mgP.g}^{-1}\text{PS}$ ) de fósforo nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	40
Figura 25 - Razões Molares C:N nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	42
Figura 26 - Razões Molares C:N nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	42
Figura 27 - Razões Molares C:P nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	44
Figura 28 - Razões Molares C:P nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	44
Figura 29 - Razões molares N:P nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	46
Figura 30 - Razões molares N:P nos talos de <i>E. densa</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	46
Figura 31 - Biomassa ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) dos talos de <i>C. demersum</i> em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=15). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	48
Figura 32 - Biomassa ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) dos talos de <i>C. demersum</i> em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=15). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	48
Figuras 33 - Concentração ( $\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$ ) de carbono nos talos de <i>C. demersum</i> após 15 dias em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	50

Figura 34 - Concentração (mg.g <sup>-1</sup> PS) de carbono nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	50
Figura 35 - Concentração (mg.g <sup>-1</sup> PS) de nitrogênio nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	51
Figura 36 - Concentração (mg.g <sup>-1</sup> PS) de nitrogênio nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	52
Figura 37 - Concentração (mg.g <sup>-1</sup> PS) de fósforo nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	53
Figura 38 - Concentração (mg.g <sup>-1</sup> PS) de fósforo nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	53
Figura 39 - Razões Molares C:N nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P...	54
Figura 40 - Razões Molares C:N nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P..	55
Figura 41 - Razões Molares C:P nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P...	56
Figura 42 - Razões Molares C:P nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P...	56
Figuras 43 - Razões Molares N:P nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P...	58

Figura 44 - Razões Molares N:P nos talos de <i>C. demersum</i> , após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P...	58
Figura 45 - Biomassa ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) fitoplanctônica, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	59
Figura 46 - Biomassa ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) fitoplanctônica, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	60
Figura 47 - Concentrações de O-fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, após 15 dias, no verão de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.....	62
Figura 48 - Concentrações de Orto-fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, após 15 dias, no inverno de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.....	63
Figura 49 - Concentrações de Amônio ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, após 15 dias, no verão de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.....	64
Figura 50 - Concentrações de Amônio ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, após 15 dias, no inverno de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.....	64
Figura 51 - Concentrações de Nitrito ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, após 15 dias, no verão de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.....	65
Figura 52 - Concentrações de Nitrito ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, após 15 dias, no inverno de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.....	65
Figura 53 - Resposta fotossintética à luz em plantas $C_3$ . (Fonte: Taiz & Zeiger, 2002).....	70
Figura 54 - Esquema final representando, de maneira geral, os resultados obtidos de crescimento de <i>E. densa</i> na presença de competidores e sob adição de nutrientes.....	84

## Lista de Tabelas

Tabela I - Resultados das variáveis físico-químicas na água da lagoa do Campelo e nas unidades experimentais (U.E.) em cada período do ano estudado (verão e inverno de 2007). As informações referentes às U.E. estão expressas como média geral. RFA – Radiação fotossinteticamente ativa.....	25
Tabela II - Alongamento ( $\text{cm.d}^{-1}$ ) dos talos de <i>E. densa</i> nos diferentes tratamentos dos experimentos realizados em períodos distintos, verão e inverno de 2007. As letras indicam os agrupamentos estatísticos entre os tratamentos em um mesmo período de	

estudo. Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	29
Tabela III - Anova Three-Way dos dados de crescimento de <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	31
Tabela IV - Taxa de crescimento relativo ( $\text{dia}^{-1}$ ) dos talos de <i>E. densa</i> para os diferentes tratamentos em experimentos realizados no verão e inverno de 2007. As letras indicam os agrupamentos estatísticos entre os tratamentos em um mesmo período de estudo. Nota: E= <i>E. densa</i> ; F=fitoplâncton; C= <i>C. demersum</i> ; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.....	32
Tabela V - Anova Three-Way dos dados de biomassa de <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	34
Tabela VI - Anova Two-Way dos dados de biomassa de <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Possíveis Competidores (Compet) no verão de 2007.....	35
Tabela VII - Anova Two-Way dos dados de biomassa de <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Possíveis Competidores (Compet) no inverno de 2007.....	35
Tabela VIII - Anova Three-Way dos dados de nitrogênio em <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	38
Tabela IX - Anova Three-Way dos dados de fósforo em <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	40
Tabela X - Anova Two-Way dos dados de fósforo em <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Possíveis Competidores (Compet) no verão de 2007.....	41
Tabela XI - Anova Two-Way dos dados de fósforo em <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Possíveis Competidores (Compet) no inverno de 2007.....	41
Tabela XII - Anova Three-Way dos dados de razão C:N em <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	43

Tabela XIII - Anova Three-Way dos dados de razão C:P em <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	45
Tabela XIV - Anova Two-Way dos dados de razão C:P em <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Possíveis Competidores (Compet) no verão de 2007.....	45
Tabela XV - Anova Three-Way dos dados de razão C:N em <i>E. densa</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	47
Tabela XVI - Anova Three-Way dos dados de biomassa em <i>C. demersum</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	49
Tabela XVII - Anova Three-Way dos dados de fósforo em <i>C. demersum</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	54
Tabela XVIII - Anova Three-Way dos dados de razão C:N em <i>C. demersum</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	55
Tabela XIX - Anova Three-Way dos dados de razão C:P em <i>C. demersum</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	57
Tabela XX - Anova Three-Way dos dados de razão N:P em <i>C. demersum</i> assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	59
Tabela XXI - Anova Three-Way dos dados de biomassa fitoplanctônica assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.....	61
Tabela XXII - Anova Two-Way dos dados de biomassa fitoplanctônica assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Possíveis Competidores (Compet) no verão de 2007.....	61
Tabela XXIII - Anova Two-Way dos dados de biomassa fitoplanctônica assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Possíveis Competidores (Compet) no verão de 2007.....	61

Tabela XXIV - Alongamento e taxa de crescimento de <i>C. demersum</i> neste estudo e de <i>E. densa</i> em diferentes temperaturas em condições laboratoriais ou <i>in situ</i> . (Modificado de Carrilo <i>et al.</i> , 2006).....	73
Tabela XXV - Espécies de macrófitas aquáticas descritas como liberadoras de substâncias alelopáticas e sua respectiva publicação.....	81
Tabela A-XXVI - Composição da solução de cultivo proposta por Hoagland & Arnon (1966).....	96
Tabela A-XXVII - Solução de cultivo proposta por Smart & Barko (1985).....	96
Tabela A-XXVIII - Volume (ml) da solução estoque de NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> adicionado nas unidades experimentais em que houver água da Lagoa do Campelo ou água destilada.....	96
Tabela A-XXIX - Volume da solução estoque de KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> adicionado nas unidades experimentais em que houver água da Lagoa do Campelo ou água destilada.....	97
Tabela A-XXX - Volume das soluções preparadas para meio de cultivo em volume total de 7L. Estas soluções somente foram adicionadas nas unidades experimentais em que havia somente macrófitas aquáticas.....	97
Tabela A-XXXI - Volume de água da Lagoa do Campelo utilizado em cada unidade experimental em que houver presença de exemplares da comunidade fitoplanctônica.....	97
Tabela A-XXXII - Volume de água destilada utilizada em cada unidade experimental em que houver apenas macrófitas aquáticas.....	97
Tabela A-XXXIII - Numeração das unidades experimentais e seus respectivos tratamentos.....	98
Tabela A-XXXIV - Dados físico-químicos da água das unidades experimentais no experimento realizado no verão.....	99
Tabela A-XXXV - Dados físico-químicos da água das unidades experimentais no experimento realizado no inverno. ....	100
Tabela A-XXXVI - Comprimento final dos talos de <i>E. densa</i> em cada unidade experimental no experimento realizado no verão.....	101
Tabela A-XXXVII . Comprimento final dos talos de <i>E. densa</i> em cada unidade experimental no experimento realizado no inverno.....	102
Tabela A-XXXIII - Peso seco inicial e final dos talos de <i>E. densa</i> e de <i>C. demersum</i> nos experimentos realizados no verão e no inverno (n=5). ....	103
Tabela A-XXXIX – Resultados das comparações entre os tratamentos realizadas através do teste de Tukey para o crescimento dos talos de <i>E. densa</i> no verão.....	104
Tabela A-XL – Resultados das comparações entre os tratamentos realizadas através do teste de Tukey para o crescimento dos talos de <i>E. densa</i> no inverno. ....	104

Tabela A-XLI – Resultados das comparações entre os tratamentos realizadas através do teste de Tukey para a biomassa dos talos de <i>E. densa</i> no verão. ....	105
Tabela A-XLII – Resultados das comparações realizadas através do teste de Tukey para a biomassa dos talos de <i>E. densa</i> no inverno. ....	105
Tabela A-XLIII – Resultados das comparações realizadas através do teste de Tukey para a biomassa dos talos de <i>C. demersum</i> no inverno. ....	105
Tabela A-XLIV - Valores iniciais e finais de carbono (C), Hidrogênio (H), nitrogênio (N) e fósforo (P) nos ramos de <i>E. densa</i> no experimento realizado no verão (n=5).....	106
Tabela A-XLV - Valores iniciais e finais de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e fósforo (P) nos ramos de <i>E. densa</i> no experimento realizado no inverno (n=5).....	107
Tabela A-XLVI - Valores iniciais e finais de carbono (C), Hidrogênio (H), nitrogênio (N) e fósforo (P) nos ramos de <i>C. demersum</i> no experimento realizado no verão (n=5).....	108
Tabela A-XLVII - Valores iniciais e finais de carbono (C), Hidrogênio (H), nitrogênio (N) e fósforo (P) nos ramos de <i>E. densa</i> no experimento realizado no inverno (n=5).....	108
Tabela A-XLVIII - Concentrações de Orto-fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no verão. ....	109
Tabela XLIX - Concentrações de Orto-fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no inverno.....	110
Tabela A-L - Concentrações de nitrogênio amoniacal ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no verão.....	111
Tabela A-LI - Concentrações de nitrogênio amoniacal ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no inverno. ....	112
Tabela A-LII - Concentrações de nitrito ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no verão.....	113
Tabela A-LIII - Concentrações de nitrito ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no inverno. ....	114
Tabela A-LIV – Valores brutos de Clorofila-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no verão.....	115
Tabela A-LV - Valores brutos de Clorofila-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no inverno.....	115
Tabela A-LVI - Comprimento final (cm) dos talos de <i>E. densa</i> em cada unidade experimental no experimento complementar realizado em março de 2008.....	116
Tabela A-LVII - Temperatura média (°C) dos dias de experimentação, no verão e no inverno de 2007. Fonte: Inmet. ....	117

## Resumo

Na lagoa do Campelo pode-se observar extensos bancos de macrófitas aquáticas submersas, com predominância de *Egeria densa*. Concomitantemente, observa-se uma elevada biomassa fitoplanctônica, contradizendo o conceito de equilíbrio dinâmico, que resultaria em águas claras, com predomínio de macrófitas aquáticas, ou em águas turbidas, com predomínio de fitoplâncton. Além disso, observa-se também a presença de bancos de *Ceratophyllum demersum*, que é amplamente descrita na literatura como capaz de produzir e liberar substâncias alelopáticas, que prejudicariam o desenvolvimento de *E. densa* impossibilitando a sua dominância. Portanto, o comportamento de *E. densa* em suportar o sombreamento da coluna d'água pelo fitoplâncton e a presença de possíveis substâncias alelopáticas produzidas e liberadas por *C. demersum* é intrigante e passível de estudos. Para investigar como as espécies co-existem na lagoa do Campelo, qual o efeito do incremento na concentração de nutrientes na estrutura das comunidades de macrófitas e fitoplâncton e a influência da sazonalidade, mediu-se o crescimento de *E. densa* em condições semi-controladas. Os experimentos consistiram de tratamentos em triplicata: *E. densa*; *E. densa*+Fitoplâncton; *E. densa*+*C. demersum*; *E. densa*+*C. demersum*+Fitoplâncton, submetidos a enriquecimentos 0, 2 e 5 vezes as concentrações de N e P da lagoa do Campelo. Em geral, a biomassa de *E. densa* foi maior nos tratamentos em que não havia competidores e quando em presença somente de fitoplâncton. Nos tratamentos com adição de 2x de nutrientes também foram observados maior crescimento dos ramos de *E. densa*, indicando que as concentrações de N e P nesta situação seja ótima para o desenvolvimento da macrófita. Em contrapartida, as menores biomassas observadas foram encontradas nos tratamentos em que havia *C. demersum*, mostrando que esta espécie apresenta um forte potencial competitivo sobre *E. densa* influenciando diretamente seu crescimento. Os resultados mostraram que há interferência do incremento de nutrientes (N e P), da sazonalidade e da presença de *C. demersum* sobre o crescimento de *E. densa*. Os resultados sugerem que o incremento em 2x à atual concentração de N e P da lagoa do Campelo favorecerá o domínio de *E. densa*, enquanto o aumento em 5x favorecerá um domínio fitoplanctônico.

## Abstract

In the Campelo lake is possible to observe large stands of submerged aquatic macrophytes, with predominance of *Egeria densa*. Concomitantly, an elevated phytoplanktonic biomass is present, contradicting the concept of dynamic equilibria, which would result in clear water, with aquatic macrophytes predominance, or in turbid state, with phytoplankton dominance. Moreover, is also present in the Campelo lake the aquatic macrophyte *Ceratophyllum demersum*, which is widely cited in the literature as able to produce and release allelopathic compounds. These substances could damage the development of *E. densa*, making difficult its dominance. Therefore, the behavior of *E. densa* to bear the shading of water column by phytoplankton and the presence of possible allelopathic compounds produced and released by *C. demersum* is intriguing and subject of studies. To investigate how the species coexist in the Campelo lake, what is the effect of increasing in nutrient concentration on the structure of aquatic macrophytes and phytoplankton communities and what is the influence of seasonality, the growth of *Egeria densa* was measured in semi-controlling conditions. The experiments consisted of treatments in triplicates: *E. densa*; *E. densa*+Phytoplankton; *E. densa*+*C. demersum*; *E. densa*+*C. demersum*+Phytoplankton, submitted to enrichment of 0, 2 and 5 times of N and P Campelo lake concentrations. In general, the *E. densa* biomass was greater in treatments without competitors and in the presence of only phytoplankton. In the treatment with addition of 2x nutrients, the high growth of *E. densa* branches indicates that this concentration is excellent for its development. On the other hand, the lower biomass observed was found in treatments with *C. demersum*, showing that this species presents a strong competitive ability for light and nutrients, directly influencing the *E. densa* growth. The results showed that the increase in nutrient concentrations (N e P), the seasonality and the presence of *C. demersum* influenced the *E. densa* growth. The increase in concentration by 2x the actual concentration of N e P in the Campelo lake will contribute to *E. densa* predominance, while the increase by 5x might contribute to phytoplanktonic dominance.

## ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

pH – Potencial Hidrogeoiônico

DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento

NID – Nitrogênio Inorgânico Dissolvido

Inmet – Instituto nacional de Meteorologia

W - Watt

N - Normal

Ln – Logaritmo Natural

TCR – Taxa de Crescimento Relativo

$W_f$  - Massa seca final

$W_i$  – Massa seca inicial

GL – Grau de Liberdade

QM – Quadrado Médio

F – *F* Estatístico

*P* - Probabilidade

U.E. – Unidade Experimental

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma elevada diversidade de ecossistemas aquáticos continentais, dentre os quais se destacam, em número, os ecossistemas rasos. Destacam-se no Estado do Rio de Janeiro, as lagoas costeiras (Roland, 1998; Melo & Suzuki, 1998, Rebouças *et al.*, 2002) que cobrem cerca de 2% de sua área total (PLANAGUA - SEMADS/GTZ, 2001). A região Norte Fluminense pode ser caracterizada pela presença de diversas lagoas costeiras, que possuem uma significativa importância turística, social e econômica, na qual se destacam a pesca e o lazer de final de semana e de veraneio (Bidegain *et al.*, 2002).

O papel ecológico das lagoas costeiras na manutenção do lençol freático e estabilidade dinâmica local e regional (Esteves, 1998), bem como sua elevada produtividade primária (Knoppers, 1994) e secundária (Borrego, 1994), importantes para o setor pesqueiro, tem sido comprometido pelas intensas ações antrópicas (Soffiati, 1998).

A degradação da vegetação terrestre no entorno das lagoas com conseqüente assoreamento, a retirada desregrada de areia para construção civil, bem como os lançamentos indiscriminados de efluentes domésticos, industriais e agropastoris são fatores antrópicos que podem ser citados, dentre outros, como responsáveis pelos crescentes impactos ambientais ocorridos nesses corpos d'água, principalmente nas últimas décadas (Mitraki *et al.*, 2004). Geralmente, as diversas ações antrópicas têm acelerado o processo de assoreamento e colmatação destes sistemas, transformando lagoas em áreas alagadiças ou brejos.

Mudanças graduais na profundidade de um lago podem propiciar mudanças estruturais e funcionais, como por exemplo, a expansão de bancos de macrófitas aquáticas devido à maior disponibilidade luminosa (Lampert & Sommer, 1997; Crisman *et al.*, 2005).

As macrófitas aquáticas não estão relacionadas a um grupo taxonômico específico e são, geralmente, classificadas arbitrariamente de acordo com seus aspectos morfológicos e hábitos de vida (Esteves, 1998). Essas plantas podem ser dos tipos com folhas flutuantes, submersas livres, flutuantes, macrófitas emersas, submersas enraizadas. A existência de uma grande diversidade de macrófitas

aquáticas proporciona uma ampla distribuição geográfica, podendo estar presentes na região litorânea, bem como no interior dos ecossistemas aquáticos formando um gradiente de distribuição (Wetzel, 1993).

Dentre os diferentes tipos de macrófitas aquáticas, as submersas, enraizadas ou não, desempenham funções importantes em ecossistemas aquáticos rasos como na ciclagem interna de nutrientes, na manutenção da transparência da água reduzindo a turbulência e a ressuspensão de material particulado do sedimento, e no provimento de refúgio para o zooplâncton e peixes (Takamura *et al.*, 2003). A elevada produção de biomassa pelas plantas aquáticas proporciona uma substancial quantia de nutrientes fixados, destacando-se os elevados teores de nitrogênio e fósforo (Polunin, 1984; van Donk & van de Bund, 2002).

A disponibilidade luminosa tem sido descrita como o principal fator limitante para o crescimento e desenvolvimento de macrófitas aquáticas submersas (Madsen & Owens, 2000), especialmente quando cobertas por epífitas que atenuam a intensidade luminosa (Gross *et al.*, 2003). Entretanto, a colonização por macrófitas aquáticas em ecossistemas límnicos depende ainda de outros fatores como temperatura da água, exposição aos ventos e declividade das margens (Barko & Smart, 1986; Lauridsen *et al.*, 1994). Além disso, as disponibilidades de carbono inorgânico dissolvido e nutrientes, como nitrogênio e fósforo, são críticas para a fotossíntese e crescimento das macrófitas submersas (James *et al.*, 1999).

A presença de determinada espécie de macrófita aquática pode afetar negativamente a taxa de crescimento populacional de outros organismos, como as algas planctônicas (Scheffer, 1998). Este tipo de interação que afeta adversamente o crescimento e sobrevivência de duas ou mais populações ou mesmo entre comunidades é descrita como *competição* (Odum, 1988). Esta breve definição engloba diferentes interações populacionais (Gotelli, 2007).

A competição por nutrientes em ambientes límnicos, que ocorre entre macrófitas aquáticas, fitoplâncton, perifíton e organismos heterotróficos, incluindo os denitrificantes (Ozimek *et al.*, 1990) é um tipo de *competição por exploração*. Esta interação competitiva, que ocorre entre indivíduos de espécies diferentes, é denominada *competição inter-específica*. Já a competição intra-específica ocorre entre indivíduos da mesma espécie (Odum, 1988).

As habilidades individuais de cada grupo (indivíduos, populações, comunidades) em responder aos fatores bióticos e abióticos determinam a dominância nos ecossistemas límnicos (James *et al.*, 2006). Quando espécies de plantas aquáticas apresentam requerimentos similares e ocupam a mesma posição na coluna d'água a competição pode ser mais intensa (Gopal & Goel, 1993). A competição por nutrientes pelos produtores primários ocorre também quando há um incremento nas concentrações de nutrientes na coluna d'água (Takamura *et al.*, 2003).

Macrófitas submersas podem desenvolver mecanismos estruturais ou fisiológicos que inibem e/ou reduzem o crescimento não somente das algas epífitas e perífíticas, como também de outros organismos da comunidade fitoplanctônica e outras espécies de macrófitas aquáticas. Estruturalmente, podem aumentar a razão superfície/volume, com o aumento de subdivisões foliares, aumentando a área de absorção de nutrientes (Wetzel, 1993). A formação de dossel facilita a captura de radiação solar, favorecendo a fotossíntese e contribuindo para formação de refúgio para pastadores (James *et al.*, 2006), além de sombrear as camadas inferiores da coluna d'água, o que pode conferir uma vantagem competitiva em relação a outras espécies (Barko *et al.*, 1986).

Uma efetiva estratégia competitiva é a elevada assimilação de nutrientes da coluna d'água por macrófitas submersas, que reduz a disponibilidade dos mesmos para o fitoplâncton e para outras macrófitas aquáticas. Além disso, podem também adquirir nutrientes do sedimento (Rattray *et al.*, 1991), o que lhes confere uma vantagem competitiva em relação ao fitoplâncton (James *et al.*, 2006).

As habilidades das macrófitas aquáticas submersas em absorver e acumular nutrientes podem ser importantes no sucesso competitivo, sendo que algumas são eficientes removedores de nutrientes (James *et al.*, 2006). Alguns estudos demonstram a capacidade de macrófitas aquáticas em assimilar nutrientes além daquele requerido para uso imediato. Isto se torna importante quando os nutrientes se encontram em concentrações limitantes para o crescimento, pois estas podem continuar seus desenvolvimentos através da mobilização das fontes internas acumuladas (Nichols & Keeney, 1976; Portielje & Roijackers, 1995).

Além de todos estes mecanismos competitivos, um indivíduo ou população pode se comportar de forma a reduzir a eficiência de exploração de recursos por outro indivíduo ou população (Gotelli, 2007). Esta forma de interação competitiva é chamada

*competição por interferência* e um exemplo são as substâncias alelopáticas liberadas por determinadas espécies de plantas (Lampert & Sommer, 1997; Raven, 2001; Taiz & Zeiger, 2002).

A definição de alelopatia por Molisch em 1937 incluía todas as interações bioquímicas, de ações estimulantes e inibitórias. Atualmente, os efeitos negativos das substâncias alelopáticas têm sido objeto de estudo da maior parte das pesquisas (van Donk & van de Bund, 2002). As substâncias alelopáticas são compostos químicos que podem reduzir a habilidade das espécies em responder suficientemente a um fator estressante (Hanson *et al.*, 2005). Algumas espécies de plantas submersas como *Ceratophyllum demersum* L. e *Egeria densa* Planch. são conhecidas por produzirem e liberarem substâncias alelopáticas que são capazes de inibir o crescimento do fitoplâncton e de outras espécies de macrófitas aquáticas (Gross *et al.*, 2003; Nakai *et al.*, 1996, 1999). Um fato interessante relacionado à competição por interferência é que as espécies se suprimem mutuamente de forma direta e não apenas indiretamente através do uso de recurso (Gotelli, 2007).

Os diversos fatores ecológicos podem determinar, portanto, a dominância ou coexistência de diferentes populações de espécies em ecossistemas aquáticos rasos. Segundo Scheffer (1998), estes ecossistemas em condições pristinas apresentam águas claras e uma rica vegetação aquática. Entretanto, o incremento na descarga de nutrientes altera a dinâmica de funcionamento destes e acarreta em incremento da turbidez. Com o incremento na turbidez, as macrófitas aquáticas submersas desaparecem, resultando em predomínio da comunidade fitoplanctônica. Estes estados de comportamento dos ecossistemas rasos são descritos como *estados de equilíbrio alternativo* (Scheffer *et al.*, 1993; Scheffer, 1998).

Vários mecanismos ecológicos como predação, competição, herbivoria podem estar envolvidos nos estados de equilíbrio alternativo. No entanto, o eixo principal do sistema de *feedback* negativo é a relação entre a presença de vegetação submersa e turbidez da água (Fig. 1) (Scheffer *et al.*, 1993; Scheffer, 1998).

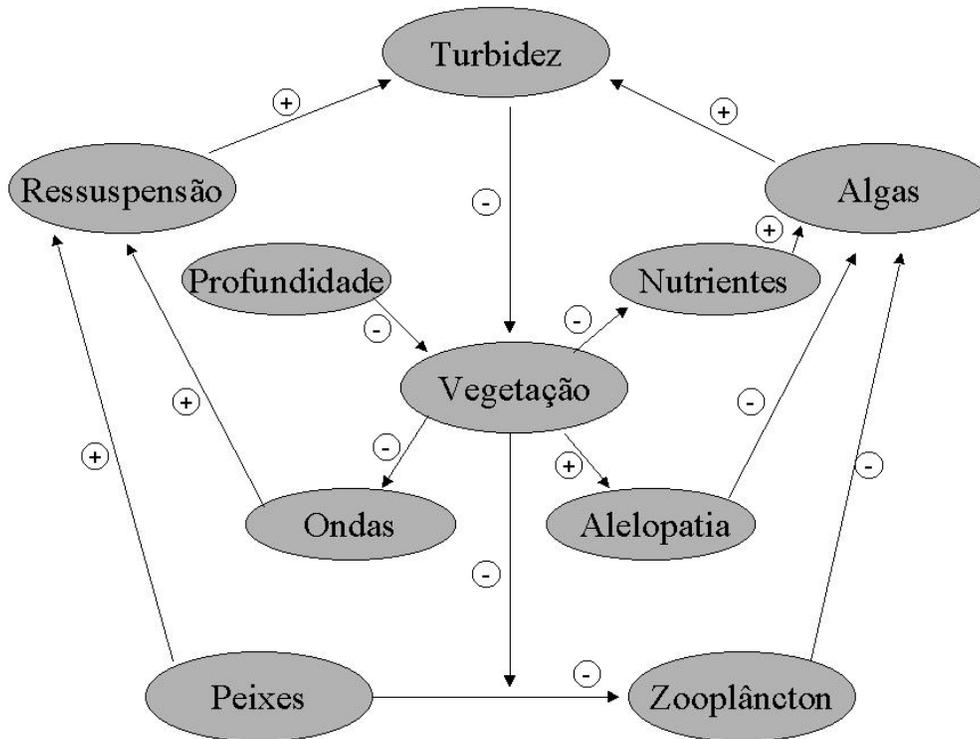


Figura 1 – *Feedbacks* responsáveis pela existência de um estado de equilíbrio alternativo. O efeito qualitativo de cada rota no diagrama pode ser computado pela multiplicação dos sinais ao longo da via (Fonte: Sheffer *et al.*, 1993).

A biomassa fitoplanctônica em sistemas vegetados é mantida baixa por uma combinação de fatores. O sombreamento e a redução na disponibilidade de nutrientes dissolvidos na coluna d'água devido à assimilação pelas macrófitas e a manutenção de processos de desnitrificação tendem a manter a baixa produtividade fitoplanctônica. Além disso, a herbivoria pode contribuir para o controle do crescimento fitoplanctônico, lembrando que estes mesmo herbívoros encontram proteção da predação nos bancos de macrófitas aquáticas (Scheffer, 1998). A liberação de substâncias alelopáticas também contribui para a supressão do crescimento algal (Takamura *et al.*, 2003).

O incremento na disponibilidade de nutrientes diminui a limitação por nutrientes, possibilitando o incremento na produtividade fitoplanctônica e perifítica. O incremento na biomassa do fitoplâncton acarreta em aumento da turbidez e, adicionalmente, o incremento na biomassa epifítica e perifítica pode acarretar em redução na performance das macrófitas submersas (Phillips *et al.*, 1978; Sand-Jensen & Sondergaard, 1981; Scheffer, 1998; Stephen *et al.*, 2004). O perifíton pode reduzir o crescimento de

macrófitas aquáticas interceptando luz e nutrientes que seriam absorvidos pela superfície das folhas das macrófitas aquáticas (Phillips *et al.*, 1978; Ruesink, 1998). Ainda, o perifíton pode gerar condições de elevado pH e oxigênio dissolvido próximas a superfície das folhas, exacerbando assim a depleção de carbono inorgânico e elevado oxigênio dissolvido criado pelas próprias macrófitas, reduzindo assim, a capacidade fotossintética das plantas aquáticas (Jones *et al.*, 2000).

O estado de dominância de um ecossistema aquático por fitoplâncton é resultado de sua característica peculiar de rápido aumento populacional (Paerl, 1988; Legendre, 1990). O incremento de nutrientes é comum em vários ecossistemas costeiros rasos através da agricultura e de fontes antrópicas contribuindo para o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica (Justic *et al.*, 1995).

Cientes da existência da teoria do estado de equilíbrio dinâmico, o comportamento peculiar da lagoa do Campelo, localizada no norte fluminense, nos intriga e requer especial atenção. Na referida lagoa pode-se observar entre as macrófitas aquáticas submersas que colonizam praticamente toda a lagoa, uma predominância de *E. densa*. Concomitante à dominância de *E. densa* observa-se uma elevada biomassa fitoplanctônica (normalmente acima de  $15 \mu\text{gChloa.L}^{-1}$ ). Esse fato proporciona uma grande contradição em relação ao conceito de equilíbrio alternativo, o qual resultaria em águas claras, com predomínio de macrófitas aquáticas, ou em águas túrbidas, com predomínio de fitoplâncton.

Além disso, a dominância de *E. densa* em um ecossistema no qual ocorre a presença de extensos bancos de *C. demersum* também é um fato interessante, pois *C. demersum* é amplamente descrita na literatura como capaz de produzir e liberar substâncias alelopáticas. Tais substâncias prejudicariam o desenvolvimento de *E. densa* impossibilitando a dominância desta espécie. No entanto, isto não ocorre na lagoa do Campelo e *E. densa* parece suportar o sombreamento da coluna d'água pelo fitoplâncton e a presença de possíveis substâncias alelopáticas produzidas e liberadas por *C. demersum*.

Desta forma, a lagoa do Campelo e suas comunidades, por suas características incomuns, instigam-nos à investigação sobre a manutenção desta condição intermediária: isto é, o incremento na concentração de nutrientes resultaria em estado túrbido e domínio da comunidade fitoplanctônica, ou *Egeria densa* mantém seu potencial competitivo sobre

*C. demersum* e a comunidade fitoplanctônica mesmo com o incremento da concentração de nutrientes disponíveis? Para obter respostas a estas questões, optou-se pelo desenvolvimento de experimentações utilizando *E. densa* em condições semi-controladas. Utilizando os resultados obtidos foi possível inferência cautelosa sobre o processo de co-existência entre *E. densa*, *C. demersum* e comunidade fitoplanctônica observado na lagoa do Campelo.

Ambientes em estado intermediário são raros (Scheffer, 1998), e o entendimento sobre potenciais processos competitivos entre macrófitas aquáticas e comunidade fitoplanctônica, sob diferentes concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos, poderá fornecer informações sobre o estado em que se encontra a lagoa do Campelo, que atualmente exibe exuberantes bancos de *E. densa* e *C. demersum* e densas populações fitoplanctônicas. A geração de informações acerca dos diferentes e possíveis cenários em que se encontrará a lagoa do Campelo poderá subsidiar ações de manejo e conservação não somente na própria lagoa, mas em todas as lagoas da região norte fluminense, pois estas apresentam características semelhantes, tais como baixa profundidade, crescimento de macrófitas aquáticas e potencial incremento na disponibilidade de nutrientes devido a diferentes ações antrópicas.

Além disso, o desenvolvimento de estudos utilizando macrófitas aquáticas é importante devido à grande relevância desses organismos em ecossistemas aquáticos e aos atuais problemas relacionados à invasão de espécies e exclusão de algumas outras espécies nativas de plantas aquáticas (Mony *et al.*, 2007).

## 2. HIPÓTESES

As hipóteses testadas foram:

Hipótese 1:

A adição de nutrientes (nitrogênio e fósforo) altera o desenvolvimento da macrófita aquática submersa *E. densa*.

Hipótese 2:

A presença de possíveis competidores interfere no padrão de crescimento da macrófita aquática submersa *E. densa*.

Hipótese 3:

A sazonalidade (variação de temperatura e intensidade luminosa) influencia o crescimento da macrófita aquática submersa *E. densa*.

Hipótese Alternativa:

Na ausência de relação com possíveis competidores, em condições de maiores teores de nutrientes e no período do ano em que há maior disponibilidade luminosa e temperaturas mais elevadas a macrófita aquática submersa *E. densa* apresenta maior padrão de crescimento.

### 3. OBJETIVOS

Objetivo Geral:

- Avaliar o crescimento da macrófita aquática *E. densa* (Planchon) na presença de potenciais competidores e sob influência do enriquecimento de nutrientes em diferentes épocas do ano, de forma a entender a dinâmica de desenvolvimento desta macrófita na lagoa do Campelo.

Objetivos Específicos:

- Avaliar a influência do incremento na concentração de nitrogênio e fósforo nas potenciais relações competitivas entre os principais “organismos” produtores da lagoa do Campelo (*E. densa*, *Ceratophyllum demersum* e comunidade fitoplanctônica), sob condições semi-controladas. Tais avaliações possibilitarão inferir sobre as conseqüências do processo de eutrofização sobre tais comunidades e sobre o posicionamento da lagoa do Campelo nos estágios do equilíbrio alternativo proposto por Scheffer *et al.* (1993).
- Avaliar diferenças no crescimento de *E. densa*, em presença dos potenciais competidores e sob condições de disponibilidade crescentes de nutrientes em épocas do ano distintas (verão e inverno), a fim de verificar modificações no padrão de crescimento em função da sazonalidade.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 - LOCAL DE COLETA

A lagoa do Campelo ( $41^{\circ} 11' 29''$  O e  $21^{\circ} 39' 38''$  S), com uma área superficial de aproximadamente  $12 \text{ km}^2$  é uma das maiores lagoas na região Norte Fluminense. Esta lagoa está situada na porção norte do delta do rio Paraíba do Sul, entre os municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana (Fig. 2). As regiões marginais desta lagoa são intensamente colonizadas pela macrófita aquática emersa *Typha domingensis*. Nas margens, ainda são encontrados outros tipos de macrófitas como as flutuantes *Eichhornia crassipes*, *Eichhornia azurea* e *Salvinia auriculata*, a submersa *Utricularia foliosa*, as flutuantes enraizadas *Nymphaea sp.* e *Nymphoides indica* e a emersa *Eleocharis acutangula*. Bancos mistos ou monoespecíficos de macrófitas aquáticas submersas das espécies *E. densa* (Fig. 3) e *C. demersum* (Fig. 4) colonizam praticamente toda a lagoa.

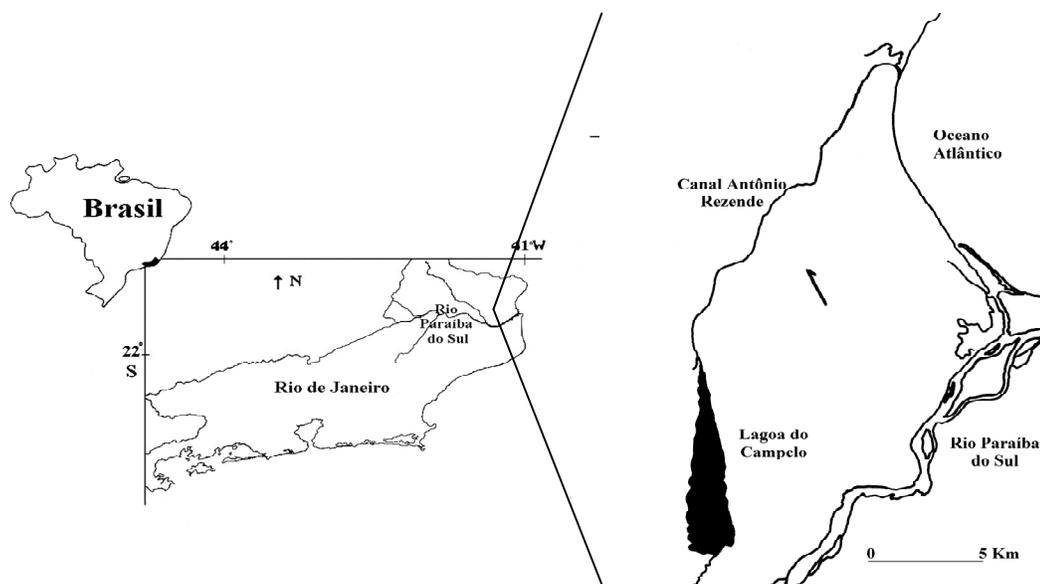


Figura 2. Representação do Estado do Rio de Janeiro, em destaque a lagoa do Campelo e seus canais.

A expansão dos bancos de macrófitas aquáticas nos últimos anos na lagoa do Campelo foi acentuada devido às obras de drenagens realizadas pelo DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento). Como consequência, a lagoa teve

sua coluna d'água reduzida, prejudicando a mais importante atividade econômica do local, a pesca (Bernardes & Barroso, 1995). A profundidade média em período de maior precipitação pluviométrica gira em torno de 1,5 m e no período de seca, de 0,8 m.

O aporte de água doce na lagoa do Campelo é mantido principalmente pelo canal do Vigário que interliga a lagoa com o rio Paraíba do Sul e através do lençol freático e da precipitação pluviométrica. A relativa salinidade encontrada na lagoa do Campelo até meados de 2001 era proporcionada pela discreta descarga de água salobra através do canal Antônio Rezende, especialmente em períodos de seca. No entanto, a construção de um dique na porção inicial do canal Antônio Rezende interrompeu o afluxo de água salobra, permitindo somente o efluxo de água da lagoa, além de proporcionar maior acúmulo de água doce.

#### 4.2 - OBJETOS DE ESTUDO

A macrófita aquática submersa enraizada *Egeria densa*, descrita por Planchon em 1849, é nativa da América do Sul. Esta espécie foi introduzida em outras partes do mundo devido à sua utilização em ornamentação, aquicultura e prevenção de malária através da aeração de tanques (Fig. 3) (Cook & Urmí-König, 1984).

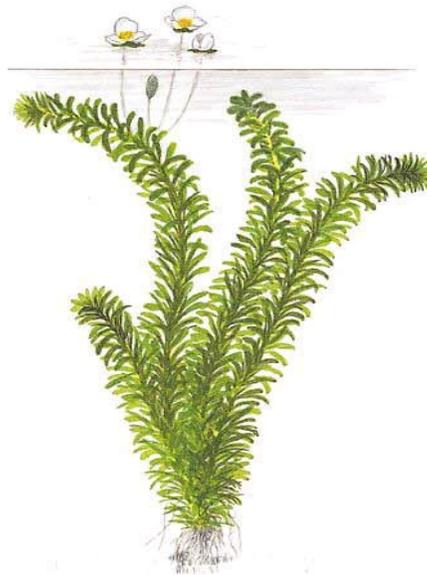


Figura 3 – Imagem representativa da macrófita aquática submersa *Egeria densa* (Planchon).  
(Fonte: <http://homepage.ntlworld.com/g.skuse/fishsite%20images/plant%20pics/egeria%20densa%20large.jpg>).

Estudos realizados com esta planta demonstraram a sua grande tolerância a ambientes alcalinos e com elevada turbidez, exigindo pouca radiação subaquática (Bini *et al.*, 1999). Esta espécie possui um rápido crescimento e elevada produtividade primária (Chagas, 2005) apresentando, em ambientes favoráveis, a formação de bancos monoespecíficos, comprometendo, em alguns casos, a diversidade do local (Hamoroto & Ikusima, 1988).

Assim como as outras plantas da família Hydrocharitaceae, *E. densa* apresenta elevada capacidade fotossintética, alta capacidade de dispersão de fragmentos vegetativos e alta sobrevivência (Kahara & Vermaat, 2003).

Algumas outras espécies submersas como *Ceratophyllum demersum* possuem características similares, apresentando semelhantes taxas de crescimento, formação de dossel e bancos mono-específicos, além de habitarem a mesma profundidade na coluna d'água (Hofstra *et al.*, 1999). Estas espécies têm sido descritas como problemáticas em lagos de várias regiões do mundo. Através da exclusão competitiva, elas eliminam as espécies nativas e passam a dominar o ambiente (Howard-Williams, 1993).



Figura 4 – Imagem representativa da macrófita aquática submersa *Ceratophyllum demersum* L.  
(Fonte: [http://www.roslinyakwariowe.pl/baza/ceratophyllum\\_demersum/obraz.bsh](http://www.roslinyakwariowe.pl/baza/ceratophyllum_demersum/obraz.bsh)).

A macrófita aquática *Ceratophyllum demersum* (Lodo) pertence à família Ceratophyllaceae (Fig. 4). Seu desenvolvimento é herbáceo com folhas escuras, não

apresenta raízes verdadeiras, porém, pode possuir folhas modificadas (rizóides) que auxiliam na fixação e absorção de nutrientes. Esta espécie é monóica e, geralmente, seu período de floração estende-se de março a abril, sendo que as flores se desenvolvem totalmente imersas na água (Pott & Pott, 2000; Costa *et al.*, 2005).

Em relação à comunidade fitoplanctônica da lagoa do Campelo, a classe de espécies que apresenta maior representatividade é a Cyanophyceae, sendo dominante ao longo de toda lagoa. Esta classe chegou a representar no período chuvoso de 2002, até 90,4% da densidade total. Os gêneros mais comuns foram *Cylindrospermopsis*, *Glaucospira*, *Synechocystis*, *Microcystis*, *Pseudoanabaena* e *Snowella* (Fragoso, 2007).

### 4.3 – PREPARAÇÃO DO EXPERIMENTO

#### 4.3.1 – ÁGUA DA LAGOA DO CAMPELO E A COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

Os locais de coleta das macrófitas aquáticas e amostras da comunidade fitoplanctônica foram escolhidos aleatoriamente na parte central da lagoa do Campelo.

Nas unidades experimentais em que se almejou verificar as possíveis interferências da comunidade fitoplanctônica da lagoa do Campelo no crescimento da macrófita submersa *E. densa*, amostras de água da referida lagoa foram utilizadas. 150L de água da lagoa do Campelo foram coletados com auxílio de balde e transportados à casa de vegetação onde foram realizados os experimentos em galões de 50L. Na água coletada, portanto, havia uma representação da comunidade fitoplanctônica local. A tentativa de minimizar a interferência da comunidade zooplanctônica sobre a comunidade fitoplanctônica através do processo de filtração em rede de plâncton de 70µm não foi bem sucedida em função da elevada retenção da própria comunidade fitoplanctônica. Sendo assim, foi decidido não filtrar as amostras de água da lagoa do Campelo utilizadas no experimento. Ainda de acordo com observações prévias, não ocorreu alteração na densidade da comunidade zooplanctônica, o que poderia comprometer os resultados obtidos.

#### 4.3.2 – AS MACRÓFITAS

As macrófitas aquáticas utilizadas nos experimentos, *Egeria densa* e *Ceratophyllum demersum*, também foram provenientes da Lagoa do Campelo, de pontos próximos à coleta de água. A macrófita aquática *E. densa*, por ser dominante, não necessitou de grandes esforços amostrais em sua coleta, que foi realizada com auxílio de uma âncora. Já a macrófita aquática *C. demersum* pôde ser coletada diretamente da coluna d'água com as mãos.

O material vegetal foi transferido para caixas plásticas com água do local (Fig. 5) e transportados até o laboratório onde foi cuidadosamente lavado para retirada da comunidade perifítica.



Figura 5 – Material vegetal transferido em caixas plásticas.

Para os experimentos foram utilizadas porções apicais de 10cm de comprimento de ambas as macrófitas aquáticas. No caso de *C. demersum* que emite vários talos secundários, a triagem do material utilizado exigiu um pouco mais de cuidado, sendo utilizadas apenas as porções apicais do talo principal que continham números semelhantes de ramos secundários (dois ou três no máximo). Nos tratamentos em que havia macrófitas aquáticas, cada unidade experimental recebeu cinco talos das espécies vegetais.

Simultaneamente à realização dos experimentos, quinze porções apicais de cada uma das espécies de macrófitas aquáticas, *E. densa* e *C. demersum*, foram divididas em triplicata, secas em estufa de circulação a 60°C e pesadas para avaliação no tempo inicial de biomassa seca e quantificação do conteúdo de carbono, nitrogênio e fósforo.

#### 4.3.3 – PREPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE CULTIVO

Nas unidades experimentais em que estiveram presentes apenas macrófitas aquáticas foi adaptada uma solução de cultivo para macrófitas submersas proposta por Smart & Barko (1985) e Hoagland & Arnon (1938). A utilização de duas soluções de cultivo se deve ao fato de que para a preparação da solução de macronutrientes proposta por Hoagland & Arnon (1938) são necessários sais de alta solubilidade que contém nitrogênio. Como este nutriente apresentou suas concentrações alteradas no presente estudo, decidiu-se não utilizar esta solução para macronutrientes. Portanto, a solução proposta por Smart & Barko (1985) para macronutrientes e a proposta por Hoagland & Arnon (1938) para micronutrientes foram utilizadas neste experimento. As composições das soluções nutritivas encontram-se a seguir e os respectivos volumes adicionados encontram-se em Apêndice.

➤ Solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1938):

Inicialmente, preparou-se uma solução individual para cada micronutriente com suas respectivas concentrações:

- \*  $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 1,1905\text{g}$  em 100ml de  $\text{H}_2\text{O}$  Milli-Q
- \*  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 160,93\text{mg}$  em 100ml de  $\text{H}_2\text{O}$  Milli-Q
- \*  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 52,40\text{mg}$  em 100ml de  $\text{H}_2\text{O}$  Milli-Q
- \*  $\text{H}_3\text{BO}_4 \Rightarrow 1972,48\text{mg}$  em 100ml de  $\text{H}_2\text{O}$  Milli-Q
- \*  $\text{NH}_4\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 121,11\text{mg}$  em 100ml de  $\text{H}_2\text{O}$  Milli-Q

Para obter-se a solução estoque adicionou-se alíquotas de 10ml de cada estoque individual a um volume 950ml de água Milli-Q.

A solução estoque de Ferro+EDTA foi preparada separadamente:

\* EDTA => 11,91g em 400ml de H<sub>2</sub>O mili-Q

\* FeCl<sub>3</sub> => 5,19g em 400ml de H<sub>2</sub>O mili-Q

As duas soluções individuais foram adicionadas e completou-se o volume para 1000ml. Da solução de Fe+EDTA foi adicionado 1ml para cada litro de solução de cultivo, e como nas unidades experimentais foram utilizados 7L a adição da solução de Fe+EDTA foi de 7ml.

➤ Composição da solução nutritiva de Smart & Barko (1985):

Para a obtenção desta solução nutritiva foram preparadas soluções estoques individuais de cada macronutriente. As adições destas soluções foram realizadas separadamente em cada unidade experimental até atingir a concentração recomendada pelos autores:

\* CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O => 9,17g em 100ml de H<sub>2</sub>O mili-Q

\* MgSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O => 34g em 500ml de H<sub>2</sub>O mili-Q

\* NaHCO<sub>3</sub> => 29,2g em 500 ml de H<sub>2</sub>O mili-Q

\* KHCO<sub>3</sub> => 7,7g em 500ml de H<sub>2</sub>O mili-Q

#### 4.3.4 – PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO ESTOQUE DE NITROGÊNIO E FÓSFORO

Os dados iniciais e que foram tomados como base para a concentração de nitrogênio e fósforo semelhante à da lagoa do Campelo foram obtidos através de uma coleta prévia na própria lagoa e através de dados obtidos por Chagas (2005). As adições de nutrientes foram realizadas somente no início do experimento. Os teores de nitrogênio amoniacal e de nitrato na lagoa do Campelo estiveram próximos a 2μmol.L<sup>-1</sup>, sendo considerado o valor total de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) inicial de 4 μmol.L<sup>-1</sup>. O teor de orto-fosfato verificado inicialmente na Lagoa do Campelo foi de 0,8μmol.L<sup>-1</sup>. Na

adição de NID e de fosfato foram utilizados  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  e  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , respectivamente. As concentrações das soluções estoques preparadas estão relacionadas a um volume de 7L de água, que foi o volume utilizado nas unidades experimentais.

- Solução estoque de NID  
 $\text{NH}_4\text{NO}_3 \Rightarrow 80,5\text{mg}$  em 1000ml de  $\text{H}_2\text{O}$  mili-Q  
Cada 1ml da solução contém  $1\mu\text{mol}$  de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
  
- Solução estoque de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   
 $\text{KH}_2\text{PO}_4 \Rightarrow 136,1\text{mg}$  em 1000ml de  $\text{H}_2\text{O}$  mili-Q  
Cada 1ml da solução contém  $1\mu\text{mol}$  de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$

#### 4.3.5 – MONTAGEM DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação localizada no *campus* da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.

As unidades experimentais adotadas foram potes de plástico, que foram dispostos aleatoriamente em uma mesa para evitar qualquer influência tendenciosa. Todas as unidades foram igualmente encapadas com um tipo de papel de coloração parda para evitar entrada de luz lateralmente, e aeradas com compressores de ar para promover uma circulação de água dentro de cada pote e facilitar as trocas gasosas com o ambiente (Fig. 6).



Figura 6 – Imagem do experimento realizado no verão. Todas as unidades experimentais foram lateralmente envolvidas com papel e areadas com compressores. Os tratamentos estão aleatorizados.

#### 4.4 – O EXPERIMENTO

##### 4.4.1 – PERÍODOS DO ANO

Para obtenção de resultados que satisfizessem os objetivos propostos neste presente estudo foram realizados experimentos idênticos em dois períodos distintos do ano, entre os quais há uma distinção histórica e clara de variáveis como temperatura do ar e radiação solar. Segundo dados fornecidos pelo convênio PESAGRO/UENF, a temperatura média diária entre o período de 1997 e 2006 nos meses de janeiro e fevereiro foi de 25,8 °C, enquanto no mesmo período nos meses de junho e julho a temperatura média diária foi de 20,4 °C. Em relação à radiação solar, a média diária entre os meses de janeiro e fevereiro no período de 1997 e 2006 foi de 261,4W.m<sup>2</sup>. Já nos meses de junho e julho do mesmo período a média diária foi de 149,1W.m<sup>2</sup> (Fig. 7). Considerando os dados obtidos de médias de temperaturas do ar e radiações solares

diárias e acreditando-se que essas variáveis podem influenciar no crescimento da macrófita aquática *E. densa* optou-se por realizar os experimentos em dois períodos distintos do ano: verão, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2007; e inverno, em junho de 2007.

Os dados referentes à temperatura média nos dias de experimentação em cada período do ano de 2007 foram coletados do *site* do Instituto Nacional de Meteorologia e estão em anexo.

As datas de realização dos experimentos foram determinados de acordo com diversos fatores, dentre eles a logística de possibilidade de ida a lagoa do Campelo e questões climatológicas, como as intensas chuvas no mês de Janeiro de 2007.

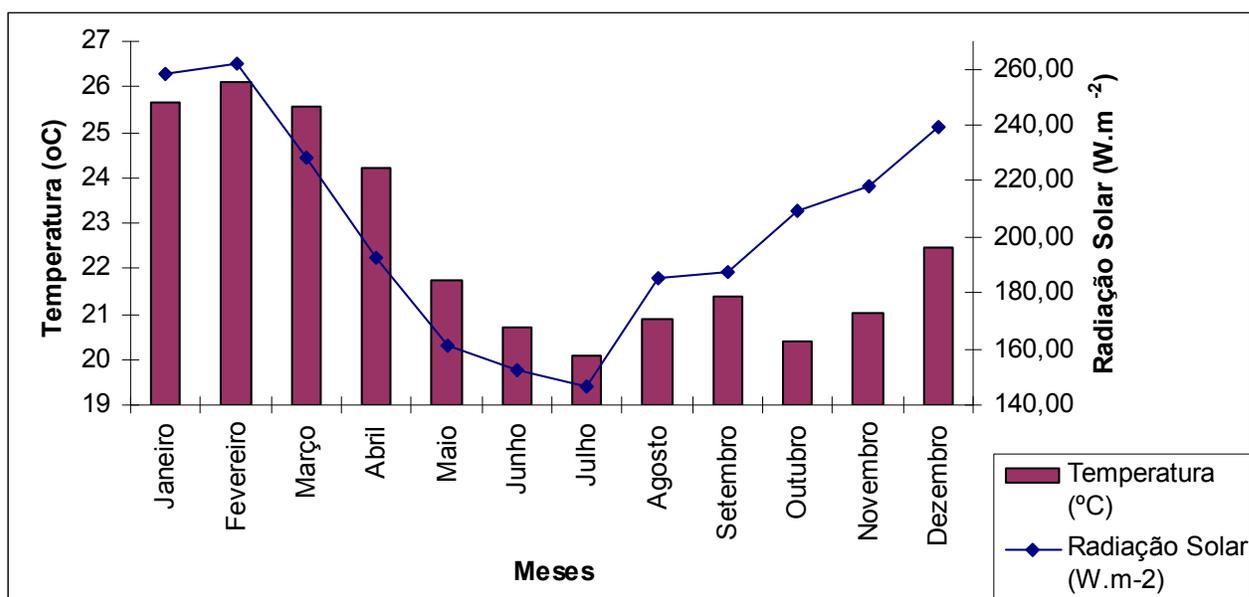


Figura 7 - Médias mensais de temperatura e radiação solar na região de Campos dos Goytacazes no período de 1997 a 2006. (Fonte: Inmet)

#### 4.4.2 – TRATAMENTOS

Em cada período foram montados experimentos fatoriais com quatro tratamentos, sob três concentrações distintas de nutrientes, e em triplicata. O primeiro tratamento foi o controle com a presença de *E. densa* apenas; o segundo com *E. densa* e *C. demersum*; o terceiro com *E. densa* e comunidade fitoplanctônica; e o quarto com *E. densa*, *C. demersum* e comunidade fitoplanctônica da Lagoa do Campelo.

Em cada tratamento citado foram admitidas três concentrações diferentes de nitrogênio e fósforo. Uma concentração foi a mesma da Lagoa do Campelo, que foi tomada como controle. Outra concentração foi duas vezes maior (2x) e a terceira de cinco vezes maior (5x) em relação ao controle (Fig. 8). Nas adições de nutrientes foram utilizadas as soluções estoque de nitrogênio e fósforo descritas anteriormente, sendo que as quantidades estão em apêndice. As concentrações propostas são baseadas em observações de estudos previamente realizados (James *et al.*, 1999, 2006).

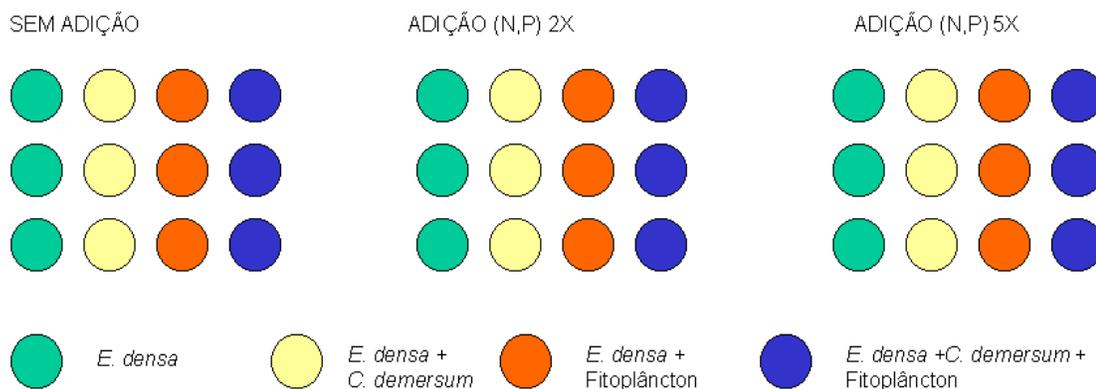


Figura 8 – Esquema representativo dos três tratamentos utilizados nos experimentos e suas respectivas concentrações de nitrogênio e fósforo. As diferentes cores indicam diferentes tratamentos. Nota: sem adição ( $\text{PO}_4^{-3}=0,8\mu\text{mol.L}^{-1}$ ,  $\text{NID}=4\mu\text{mol.L}^{-1}$ ); 2x ( $\text{PO}_4^{-3}=1,6\mu\text{mol.L}^{-1}$ ,  $\text{NID}=8\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) e 5x ( $\text{PO}_4^{-3}=4,0\mu\text{mol.L}^{-1}$ ,  $\text{NID}=20\mu\text{mol.L}^{-1}$ ).

Nos tratamentos em que houve somente macrófitas aquáticas foram utilizadas as soluções de cultivo adaptadas descritas anteriormente e água destilada. Já nos tratamentos em que houve a presença de exemplares da comunidade fitoplanctônica da Lagoa do Campelo foi utilizada água desta lagoa.

Todas as unidades experimentais apresentaram cinco (5) porções apicais de 10cm de *E. densa* previamente cortadas. Os fragmentos foram colocados na água, sem haver o plantio. Em um experimento complementar realizado em março de 2008 não foi verificada influência da competição intra-específica entre os ramos de *E. densa*. No referido experimento adotou-se dois tratamentos: um com 5 (cinco) e outro com 10 (dez) ramos apicais de *E. densa*. Os resultados deste experimento complementar estão em apêndice (Tab. LVI). Nos tratamentos em que houve a presença de *C. demersum* foram utilizados 5 (cinco) porções apicais de 10cm desta macrófita.

#### 4.4.3 – AMOSTRAGENS

Em períodos de intervalo predeterminados de 1, 2, 4, 9, 12 e 15 dias após o início do experimento foram realizadas amostragens de água em cada unidade experimental. Um volume de 70ml de água foi filtrado em filtros Millipore AP15. Este volume foi adotado de acordo com experimentos pilotos, uma vez que em algumas situações houve entupimento dos filtros pela comunidade fitoplanctônica. As amostras de água foram armazenadas em frascos de polietileno no *freezer* para determinações posteriores das concentrações de fósforo e nitrogênio inorgânicos. Os filtros utilizados na filtração de amostras de água das unidades que continham fitoplâncton foram armazenados no *freezer* para posterior determinação de biomassa fitoplanctônica.

Ainda, nestes mesmos intervalos foram medidas as variáveis físico-químicas como pH, temperatura e radiação fotossinteticamente ativa (RFA), diretamente nos potes, com auxílio de equipamentos portáteis como Instrutherm pH-720, Oxímetro YSI 55 e Li-Cor Model Li 250 Light Meter.

#### 4.4.4 - PROCESSAMENTO DO MATERIAL VEGETAL

Completados os 15 dias de experimento as macrófitas aquáticas foram retiradas das unidades experimentais, medidas com régua e acondicionadas em sacos de papel, secas em estufa de circulação a 60°C e pesadas para avaliação de biomassa seca por unidade experimental.

O material vegetal seco foi moído e processado em liquidificador, e armazenado em sacos plásticos para posteriores quantificações dos conteúdos de carbono, nitrogênio e fósforo, para verificar a assimilação e acúmulo destes nutrientes pelas macrófitas aquáticas.

## 4.5 – ANÁLISES QUÍMICAS

### 4.5.1 – ÁGUA

As concentrações de nitrito, nitrogênio amoniacal e orto-fosfato foram determinadas de acordo com Carmouze (1994). Devido aos problemas logísticos como a quebra de equipamento FIA, a determinação de nitrato das amostras de água das unidades experimentais foi impossibilitada.

Os filtros (Millipore AP15) armazenados foram utilizados na quantificação de clorofila *a*, que foi extraída em etanol a 90% e lida em espectrofotômetro (Nusch, 1980). Os dados obtidos foram tomados como medidas da biomassa fitoplanctônica presente nas unidades experimentais.

### 4.5.2 – MACRÓFITAS

Os teores de fósforo total foram determinados através do método colorimétrico (azul de molibdênio), sendo as amostras de cada unidade experimental subdivididas em triplicatas analíticas. Alíquotas de 0,20g do material seco e moído foram calcinados a 550°C. As cinzas foram lavadas com ácido clorídrico 1N e posteriormente aquecidas e diluídas. Após esses procedimentos realizou-se uma digestão ácida e leitura no espectrofotômetro (UV-Vis 160-A, Shimadzu) a 885nm. Essa metodologia é simples, pois na liberação do fósforo retido no material particulado não são utilizados ácidos fortes concentrados, nem substâncias tóxicas. Além disso, consiste em uma metodologia de ótima sensibilidade, reprodutibilidade e baixo custo (Selig *et al.*, 2002 *apud* Pompêo & Moschini-Carlos, 2003).

As determinações dos teores de carbono orgânico e nitrogênio orgânico foram realizadas através de combustão em Analisador Elementar CHN/S Perkin Elmer 2400.

#### 4.6 – TRATAMENTO ANALÍTICO E ESTATÍSTICO

Nas análises de nutrientes na água foram adotadas 3 (três) réplicas analíticas.

Os resultados dos comprimentos dos ramos, de biomassa seca e de conteúdo de carbono, nitrogênio e fósforo obtidos após o término dos experimentos foram comparados entre si e com aqueles obtidos inicialmente. Dessa forma, foram realizadas observações sobre possíveis interferências no crescimento e desenvolvimento da macrófitas aquática submersa *E. densa*.

As análises dos comprimentos e massas secas da macrófitas *E. densa* foram feitas com base nas médias dos comprimentos e massas dos cinco talos da macrófitas contidos em cada unidade experimental. No caso de *C. demersum* foram obtidas apenas as massas.

As médias das massas obtidas por unidade experimental foram utilizadas na conversão de unidades de massa, gramas, para unidade de biomassa, mg.L<sup>-1</sup>.

O alongamento dos talos de *E. densa* por dia foi calculado através da divisão das médias dos comprimentos finais dos talos pelo número de dias dos experimentos (15 dias).

As taxas de crescimento relativo (TCR) foram calculadas utilizando-se a fórmula:  $(\ln W_f - \ln W_i).t^{-1}$ ; onde  $W_f$  e  $W_i$  são os pesos secos finais e iniciais dos talos de *E. densa*, respectivamente, e  $t$  é o período do experimento em dias.

A biomassa fitoplanctônica, expressa em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , foi obtida em cada dia de amostragem, sendo realizada uma média geral por período para cada tratamento.

O procedimento analítico para determinação de fósforo nas macrófitas aquáticas incluiu duas leituras em triplicata para cada unidade experimental.

Em relação à análise dos teores de carbono e nitrogênio orgânicos nas plantas, foi realizada apenas uma leitura para cada unidade experimental.

Para melhor avaliação dos resultados de nutrientes (C, N e P) nas plantas os dados foram expressos em termo do conteúdo de cada nutriente em relação à massa de cada unidade experimental.

As razões C:N, C:P e N:P foram calculadas numa base molar (mmol.g<sup>-1</sup>).

Os resultados referentes a cada unidade experimental foram agregados por tratamento e obtidas médias por tratamento.

Para comparação do efeito da presença de possíveis competidores, das diferentes concentrações de nitrogênio e fósforo, e de dois períodos distintos do ano, verão e inverno, no crescimento das macrófitas aquáticas e da comunidade fitoplanctônica foi realizado um teste *F*-estatístico para análise de variância Three-Way (Anova) entre os resultados de biomassa obtidos. Esta análise foi realizada também com os resultados de crescimento de *E. densa* e com os resultados de carbono, nitrogênio e fósforo orgânicos nas duas macrófitas aquáticas, *E. densa* e *C demersum*.

Em alguns casos, quando houve diferenças significativas entre períodos do ano, foram realizadas análises Anova Two-Way em cada período distintamente.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R-System versão 2.5.1, sendo o nível de significância adotado de 95%.

Os gráficos mostram os desvios padrões e foram plotados com auxílio dos programas Microsoft Office Excel 2003 e Statistica 6.0.

## 5 – RESULTADOS

### 5.1 – VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

As características físico-químicas como pH, temperatura da água e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) da lagoa do Campelo não apresentaram, em geral, grandes variações quando comparadas às unidades experimentais, em ambos os períodos estudados (verão e inverno) (Tabela 1).

Tabela I - Resultados das variáveis físico-químicas na água da lagoa do Campelo e nas unidades experimentais (U.E.) em cada período do ano estudado (verão e inverno de 2007). As informações referentes às U.E. estão expressas como média geral. RFA – Radiação fotossinteticamente ativa.

	Verão		Inverno	
	Lagoa do C.	U.E.	Lagoa do C.	U.E.
<b>pH</b>	<b>8,92</b>	<b>8,64</b>	<b>8,61</b>	<b>8,20</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>29,8</b>	<b>29,9</b>	<b>23,9</b>	<b>24,70</b>
<b>RFA</b> <b>(<math>\mu\text{mol.Fótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}</math>)</b>	<b>1341,96</b>	<b>1442,97</b>	<b>610,21</b>	<b>593,47</b>

As variáveis temperatura e radiação fotossinteticamente ativa nas unidades experimentais mostraram ainda uma variação significativa entre os períodos do ano em que foram realizados os experimentos: verão e inverno (Fig 9 e 10).

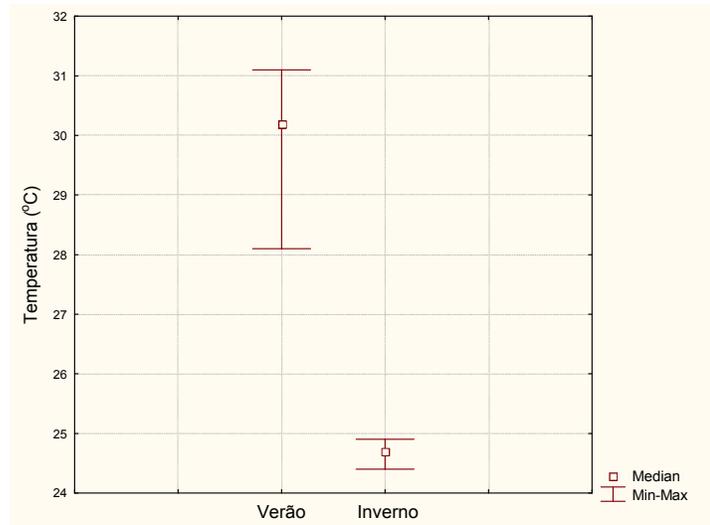


Figura 9 - Temperatura mediana nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36).

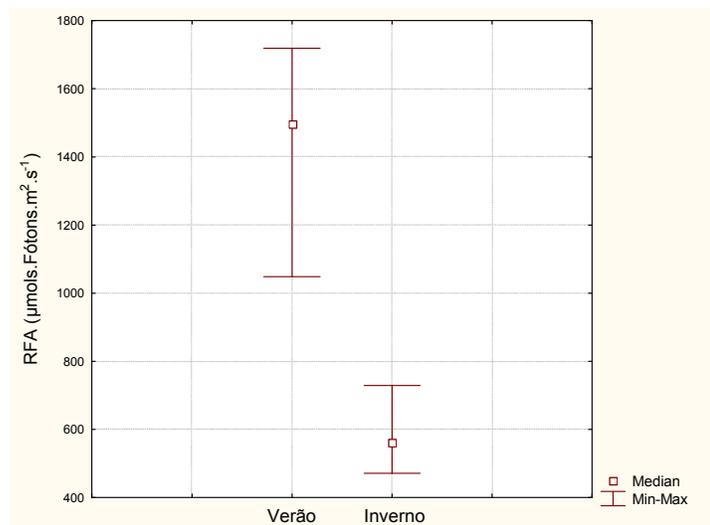


Figura 10 - Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) mediana nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36).

Já os valores de pH não foram significativamente diferentes entre os períodos do ano, verão e inverno, sendo possível observar através da Figura 11 uma sobreposição entre os valores máximos e mínimos.

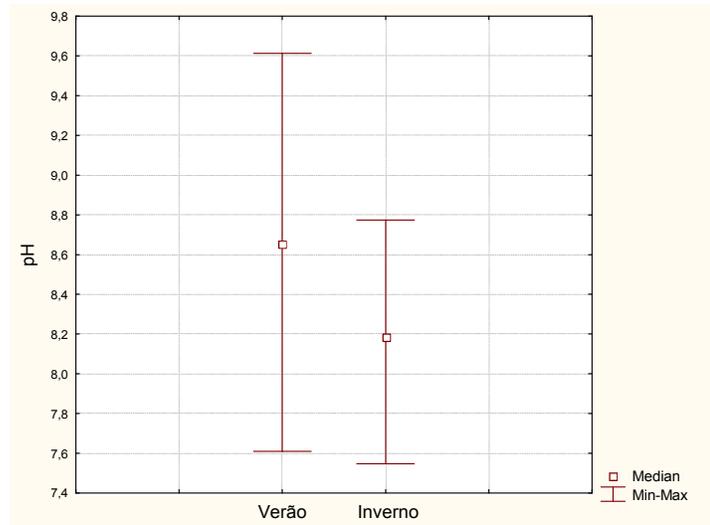


Figura 11 - pH mediano nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36).

O valor médio de incidência de RFA no verão foi de  $1442,97 \mu\text{molFótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , variando entre  $1048,36 \mu\text{molFótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e  $1719,1 \mu\text{molFótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , enquanto no inverno a média foi de  $593,47 \mu\text{molFótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  variando entre  $470,4 \mu\text{molFótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e  $728,6 \mu\text{molFótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (Fig. 12). Seguindo o padrão de variação da RFA, a temperatura no verão foi maior que no inverno, apresentando médias de  $29,9 \text{ }^\circ\text{C}$  no verão e de  $24,7 \text{ }^\circ\text{C}$  no inverno (Fig. 13).

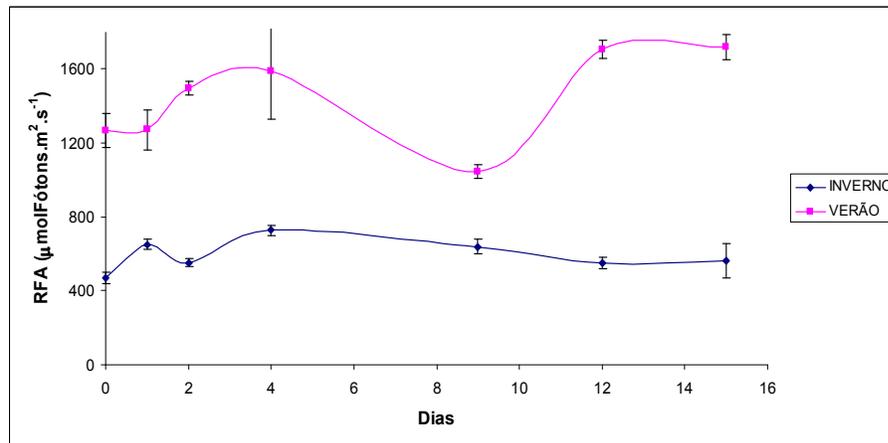


Figura 12 –Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) média nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36). As barras indicam os desvios padrões.

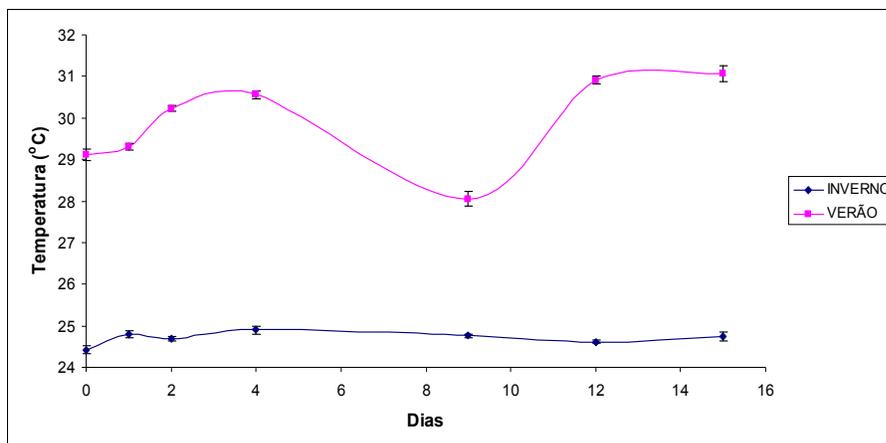


Figura 13 – Temperaturas médias nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno de 2007 (n=36). As barras indicam os desvios padrões.

Os valores de pH na água das unidades experimentais não diferiram significativamente ( $p>0,05$ ) ao longo do tempo entre as unidades experimentais de diferentes tratamentos, nem mesmo entre períodos do ano, verão e inverno, apresentando média geral de 8,64 no verão e 8,20 no inverno (Fig. 14). Desta forma, os dados de pH foram expressos como média geral por data de amostragem e não por cada tratamento. Ao longo do experimento pôde-se observar uma tendência ao ligeiro incremento nos valores de pH nos primeiros dias (até o segundo dia no verão e até o quarto dia no inverno) e após, uma diminuição paulatina, encontrando-se os menores valores (em torno de 7,7) no último dia de observação em ambos períodos estudados.

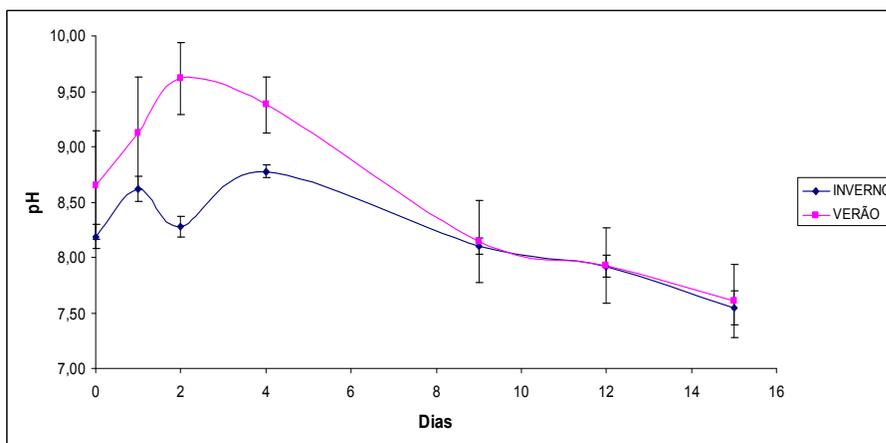


Figura 14 – Valores de pH médios nas unidades experimentais em dois períodos do ano, verão e inverno (n=36). As barras indicam os desvios padrões.

## 5.2 – CRESCIMENTO (ALONGAMENTO), BIOMASSA e NUTRIENTES EM *E. densa*.

### 5.2.1 – CRESCIMENTO

Os resultados do alongamento dos talos de *E. densa* durante os experimentos realizados no verão e no inverno são mostrados na tabela II.

Os resultados evidenciam que os potenciais competidores afetam o alongamento de *E. densa*, uma vez que sozinhas, apresentaram maiores valores de alongamento dos talos em relação aos tratamentos com *C. demersum* e comunidade fitoplanctônica. Além disso, a adição de nutrientes também afetou o alongamento, sendo que o enriquecimento em duas vezes favoreceu o maior alongamento em relação à 5x.

Tabela II – Alongamento médio (cm.d<sup>-1</sup>) dos talos de *E. densa* nos diferentes tratamentos dos experimentos realizados em períodos distintos, verão e inverno de 2007. As letras indicam os agrupamentos estatísticos entre os tratamentos em um mesmo período de estudo.

Tratamentos	Verão	Inverno
E S/ AD	0,347 <i>b</i>	0,400 <i>b</i>
E 2x	0,517 <i>d</i>	0,537 <i>c</i>
E 5x	0,310 <i>a/b</i>	0,319 <i>b</i>
E+F S/ AD	0,405 <i>b/c</i>	0,358 <i>b</i>
E+F 2x	0,481 <i>c/d</i>	0,497 <i>c</i>
E+F 5x	0,270 <i>a</i>	0,275 <i>a</i>
E+C S/ AD	0,250 <i>a</i>	0,184 <i>a</i>
E+C 2x	0,249 <i>a</i>	0,286 <i>a/b</i>
E+C 5x	0,307 <i>a/b</i>	0,303 <i>a/b</i>
E+F+C S/ AD	0,281 <i>a</i>	0,259 <i>a</i>
E+F+C 2x	0,282 <i>a</i>	0,358 <i>b</i>
E+F+C 5x	0,224 <i>a</i>	0,237 <i>a</i>

Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

Os tamanhos de talo alcançados após os períodos experimentais, tanto no verão quanto no inverno, para todos os tratamentos, apresentaram diferenças significativas de comprimento em relação ao tamanho inicial (Tabela em apêndice A-XXXIX e A-XL).

As figuras 15 e 16 mostram as medianas de crescimento em comprimento de *E. densa* em cada tratamento no verão e no inverno, respectivamente. Os maiores comprimentos dos talos de *E. densa*, em ambos os períodos, foram observados quando na ausência de competidores e em adição de nutrientes em 2x, havendo um aumento máximo de 78,6% no verão (17,86cm) e de até 82,4% no inverno (18,24cm). Em contrapartida, quando na presença de *C. demersum* o crescimento dos talos de *E. densa* foram muito mais reduzidos.

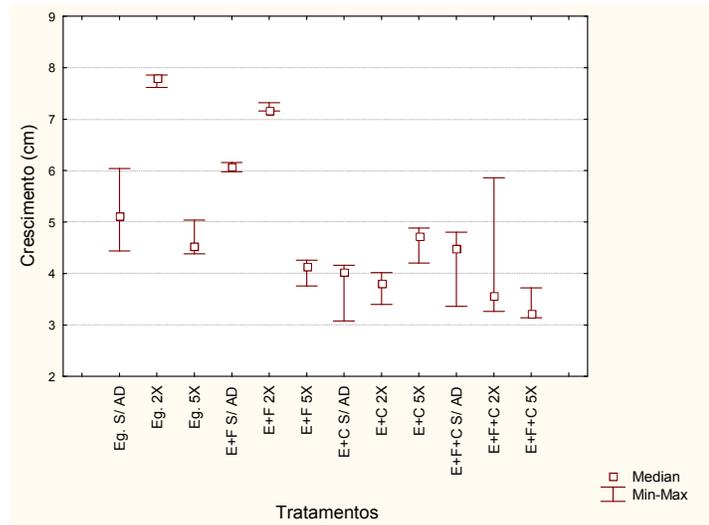


Figura 15 – Crescimento mediano dos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento no verão de 2007 (Inicial = 10cm; n=15).

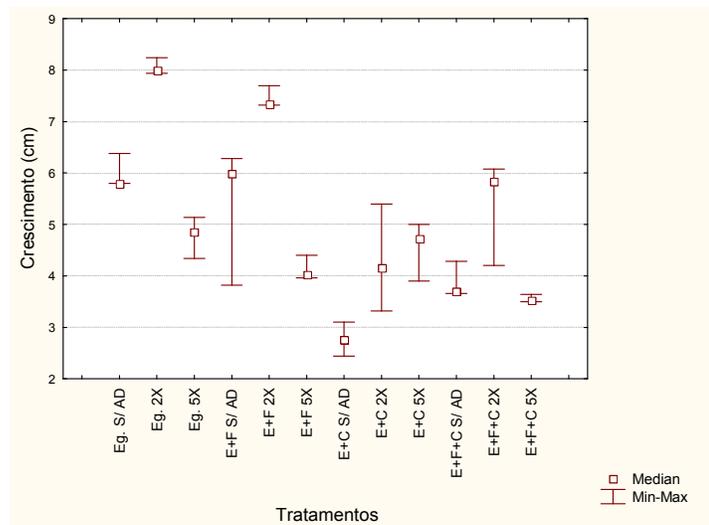


Figura 16 – Crescimento mediano dos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento no inverno de 2007 (Inicial = 10cm; n=15). Nota para Figuras 15 e 16: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

O menor comprimento dos talos de *E. densa* observado no verão foi de 13,14cm, 31,4% maior que o inicial, quando na presença de *C. demersum* e fitoplâncton em adição de 5x a concentração de nitrogênio e fósforo. Já no inverno, o menor crescimento foi de 24,4%, observado no tratamento em que havia *C. demersum* sem adição de nutrientes (12,44cm).

Utilizando-se destes dados de crescimento (Tab. II, Fig. 15 e 16) foram realizados testes estatísticos. A tabela III apresenta os graus de liberdade, os quadrados médios, os valores de *F* e as probabilidades.

A análise de Variância Three-Way indicou que, tanto no verão quanto no inverno, as concentrações de nutrientes utilizadas, bem como o tipo de competidor a que foram expostos os talos de *E. densa* influenciam no seu crescimento. O resultado da interação entre os fatores “Concentração” e “Competidor” foi significativa, o que impossibilitou a avaliação dos efeitos independentemente, identificando uma relação de interferência entre os fatores. Ou seja, o crescimento dos talos de *E. densa* foi maior ou menor na presença de determinado “Competidor” dependendo da concentração de nutrientes a que foi exposta.

Na mesma análise não se observou diferenças significativas entre os fatores, “Concentração” e “Competidor” e os diferentes períodos do ano em que foram realizados os experimentos. Isto mostra que a influência dos fatores no crescimento dos talos de *E. densa* foi independente do período do ano.

Tabela III - Anova Three-Way dos dados de crescimento de *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	21.268	56.4828	2.445e-13 ***
<b>Compet</b>	3	21.416	56.8763	7.846e-16 ***
<b>Per</b>	1	0.222	0.5902	0.44611
<b>Conc:Compet</b>	6	5.388	14.3091	2.858e-09 ***
<b>Conc:Per</b>	2	1.130	3.0014	0.05913 .
<b>Compet:Per</b>	3	0.407	1.0809	0.36612
<b>Conc:Compet:Per</b>	6	0.390	1.0359	0.41404
<b>Residuals</b>	48	0.377		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### 5.2.2 – BIOMASSA

Em geral a biomassa de *E. densa* obtida após os períodos experimentais foi maior nos tratamentos com qualquer adição de nutrientes em que não havia competidores ou em presença somente da comunidade fitoplanctônica. Em contrapartida, as menores biomassas foram encontradas nos tratamentos em que havia *C. demersum*, sendo observados até mesmo redução de biomassa de *E. densa* em relação ao tempo inicial (Fig. 17 e 18). Os cálculos das taxas de crescimento relativo (TCR) envolvem a biomassa acumulada pelos talos de *E. densa*, sendo que estas taxas consistem em importantes alternativas de avaliação de estoque em biomassa pela macrófita aquática (Tabela IV).

Tabela IV – Taxa de crescimento relativo ( $\text{dia}^{-1}$ ) dos talos de *E. densa* para os diferentes tratamentos em experimentos realizados no verão e inverno de 2007. As letras indicam os agrupamentos estatísticos entre os tratamentos em um mesmo período de estudo. Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

Tratamentos	Verão	Inverno
E S/ AD	0,0183 a	0,0513 a
E 2x	0,0306 a	0,0585 a
E 5x	0,0111 a	0,0445 a
E+F S/ AD	0,0357 a	0,0396 a
E+F 2x	0,0317 a	0,0445 a
E+F 5x	0,0183 a	0,0416 a
E+C S/ AD	-0,0326 b	0,0290 b
E+C 2x	-0,0063 b	0,0226 b
E+C 5x	-0,0154 b	0,0344 b
E+F+C S/ AD	-0,0121 b	0,0081 b
E+F+C 2x	-0,0117 b	0,0035 b
E+F+C 5x	-0,0082 b	0,0056 b

Comparando-se os períodos do ano em que foram realizados os experimentos, pôde-se observar que no inverno as biomassas finais de *E. densa* foram maiores do que as encontradas no verão, sendo que a média geral da TCR encontrada no inverno foi de  $0,0319\text{d}^{-1}$ , enquanto a média geral no verão foi de apenas  $0,005\text{d}^{-1}$ . A biomassa

inicial em cada período de estudo não influenciou a variação no estoque final, visto que apesar de no inverno ter sido observada média inicial de  $114,3\text{mg.L}^{-1}$  e no verão  $94,8\text{mg.L}^{-1}$ , os valores não diferiram significativamente.

No verão a maior biomassa final encontrada foi verificada no tratamento com fitoplâncton e sem adição de nutrientes ( $202,8\text{mg.L}^{-1}$ ), com aumento de cerca de 114% em relação ao inicial. A menor biomassa foi verificada no tratamento com *C. demersum* e sem adição de nutrientes ( $48,57\text{mg.L}^{-1}$ ), com redução de 49% em relação ao inicial.

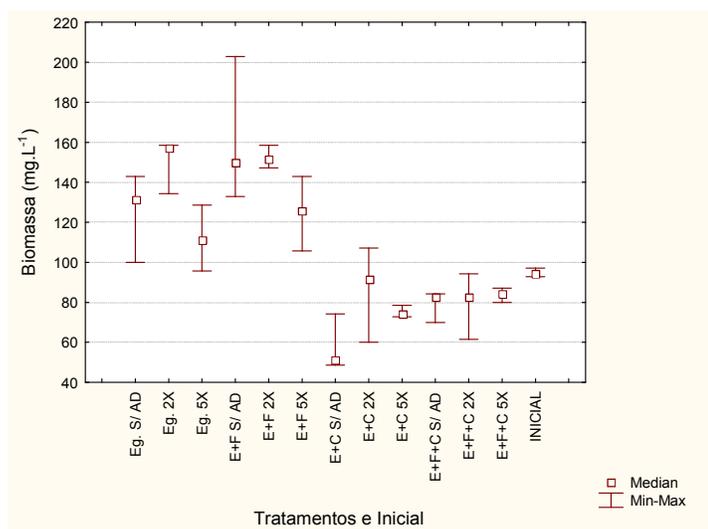


Figura 17 – Biomassa ( $\text{mgPeso seco.L}^{-1}$ ) dos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3).

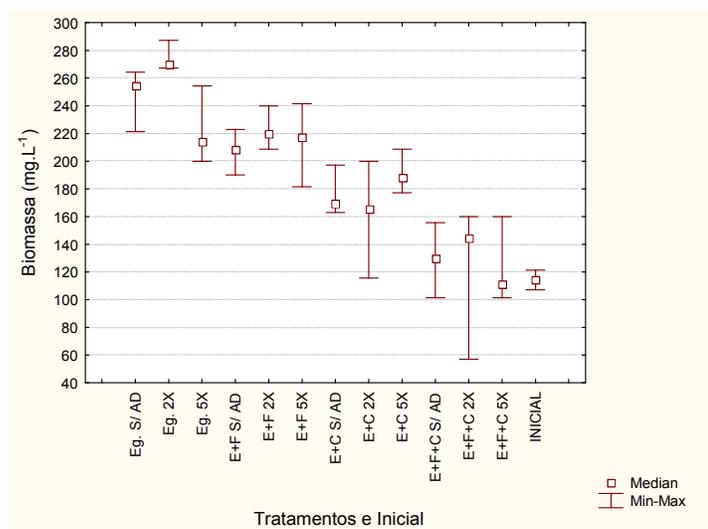


Figura 18 – Biomassa ( $\text{mgPeso seco.L}^{-1}$ ) dos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota para as Figuras 17 e 18: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

Os resultados de biomassa de *E. densa* no inverno mostram que quanto maior foi o número de competidores, menor foi a biomassa resultante. Neste período, a maior biomassa registrada foi no tratamento ausente de competidores e com adição de 2x nutrientes (287mg.L<sup>-1</sup>), com aumento de 150% em relação ao inicial.

No tratamento com fitoplâncton e *C. demersum* em adição de 2x nutrientes foi verificada a menor biomassa (57mg.L<sup>-1</sup>), ou seja, uma redução de 50% em relação ao inicial.

A análise Three-Way assumindo interação entre os fatores apresentou significância entre os fatores “Competidor” e “Período do ano”. Neste caso, a influência dos competidores, *C. demersum* e fitoplâncton, no desenvolvimento em biomassa dos talos de *E. densa* dependeu do período do ano (Tab. V).

Tabela V: Anova Three-Way dos dados de biomassa de *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	9.4357e+08	1.6400	0.2047
<b>Compet</b>	3	3.1683e+10	55.0687	1.429e-15 ***
<b>Per</b>	1	7.3746e+10	128.1786	3.731e-15 ***
<b>Conc:Compet</b>	6	1.0484e+09	1.8223	0.1146
<b>Conc:Per</b>	2	1.9663e+08	0.3418	0.7122
<b>Compet:Per</b>	3	5.2027e+09	9.0428	7.468e-05 ***
<b>Conc:Compet:Per</b>	6	5.2252e+08	0.9082	0.4971
<b>Residuals</b>	48	5.7534e+08		

A comparação entre períodos indica que houve diferença significativa entre a produção de biomassa de *E. densa* no verão e no inverno de 2007. Para verificar qual período do ano proporcionou esta resposta foi realizado um teste Anova Two-Way com os dados de biomassa de *E. densa* para cada período distintamente.

As análises de Variâncias Two-Way indicam que, tanto no verão quanto no inverno, os competidores a que foram expostos os talos de *E. densa* influenciaram no seu desenvolvimento em biomassa (Tab. VI e VII).

Tabela VI: Anova Two-Way dos dados de biomassa de *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Competidor (Compet) no verão de 2007. O fator Concentração não apresentou significância.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Compet</b>	3	1.1574e+10	36.5958	4.088e-09 ***
<b>Residuals</b>	24	3.1627e+08		

**Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

Tabela VII - Anova Two-Way dos dados de biomassa de *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Competidor (Compet) no inverno de 2007. O fator Concentração não apresentou significância.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Compet</b>	3	2.5312e+10	30.3349	2.47e-08 ***
<b>Residuals</b>	24	8.3441e+08		

**Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

### 5.2.3 – NUTRIENTES (C, N e P)

#### 5.2.3.1 – CARBONO

No verão, ao final do experimento não foram observadas grandes variações nas concentrações de carbono entre os diferentes tratamentos (Fig. 19). Em todos os tratamentos pôde-se observar uma ligeira redução na concentração de carbono em relação ao inicial de 397,7mgC.g<sup>-1</sup>. A maior mediana de concentração de carbono (382,9mgC.g<sup>-1</sup>) foi encontrada no tratamento em que havia apenas *E. densa* na adição de 5x nutrientes. Em contrapartida, a menor mediana de concentração de carbono (351,2mgC.g<sup>-1</sup>) foi encontrada tratamento com *E. densa*, *C. demersum* e fitoplâncton sem adição de nutrientes. No inverno, a homogeneidade das concentrações de carbono final em *E. densa* nos diferentes tratamentos foi ainda maior (Fig. 20). A maior mediana final encontrada no inverno foi de 398,7mgC.g<sup>-1</sup> no tratamento com presença de competidores, fitoplâncton e *C. demersum*, em adição de 5x nutrientes, valor este ligeiramente superior ao inicial de 390,2mgC.g<sup>-1</sup>. Já a menor mediana (351,3mgC.g<sup>-1</sup>) foi encontrada no tratamento ausente de competidores e em adição de 5x nutrientes.

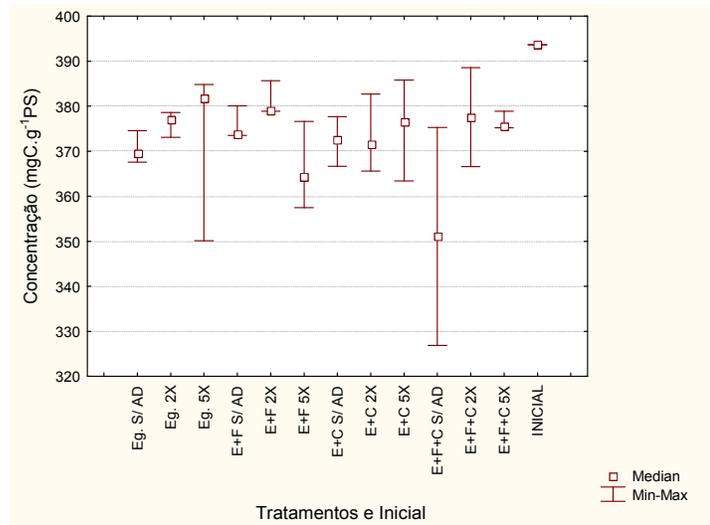


Figura 19 – Concentração ( $\text{mg.C.g}^{-1}\text{PS}$ ) de carbono nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 ( $n=3$ ). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

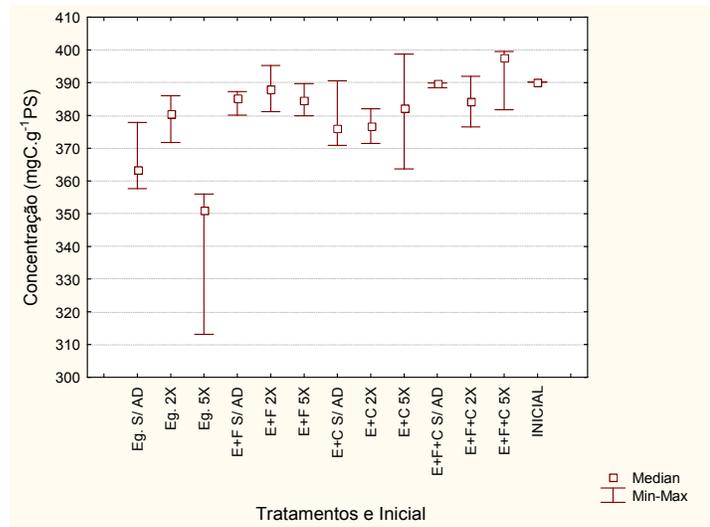


Figura 20 – Concentração ( $\text{mg.C.g}^{-1}\text{PS}$ ) de carbono nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 ( $n=3$ ). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

A análise de variância relacionando os dados de conteúdo de carbono em *E. densa* com três fatores (“Concentração”, “Competidor” e “Períodos do ano”, verão e inverno) não mostrou influência significativa dos fatores “Concentração”, “Competidores”, “Períodos do ano” em que foram realizados os experimentos.

### 5.2.3.2 – NITROGÊNIO

O gráfico relativo às concentrações de nitrogênio nos talos de *E. densa* no experimento no verão apresenta um padrão claro de distribuição, sendo que os maiores valores foram encontrados nos tratamentos em que *C. demersum* esteve presente. A maior mediana ( $36,5\text{mgN.g}^{-1}$ ) foi encontrada no tratamento com *C. demersum* em adição de 2x nutrientes, havendo um aumento de até 88,7% em relação ao tempo inicial, que foi de  $22,1\text{mgN.g}^{-1}$ . No mesmo período, a menor mediana ( $21,9\text{mgN.g}^{-1}$ ) foi encontrada no tratamento com fitoplâncton e adição de 2x nutrientes (Fig. 21).

No inverno observou-se uma tendência semelhante à encontrada no verão. A maior mediana ( $36,8\text{mgN.g}^{-1}$ ) foi encontrada no tratamento em que havia fitoplâncton e *C. demersum* com adição de nutrientes em 5x, havendo um aumento de até 64% em relação ao inicial, que foi de  $22,2\text{mgN.g}^{-1}$ . Já as menores concentrações foram encontradas nos tratamento ausente de competidores, sendo que em adição de 5x foi observada a menor mediana ( $27,3\text{mgN.g}^{-1}$ ) (Fig. 22).

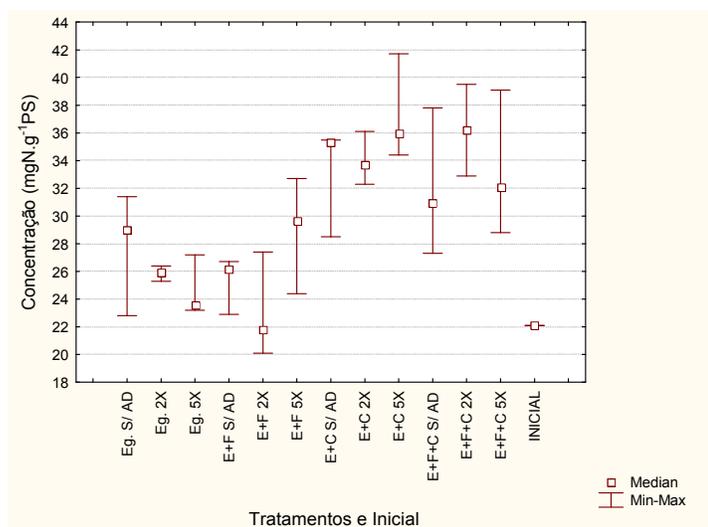


Figura 21 – Concentração ( $\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$ ) de nitrogênio nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 ( $n=3$ ). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

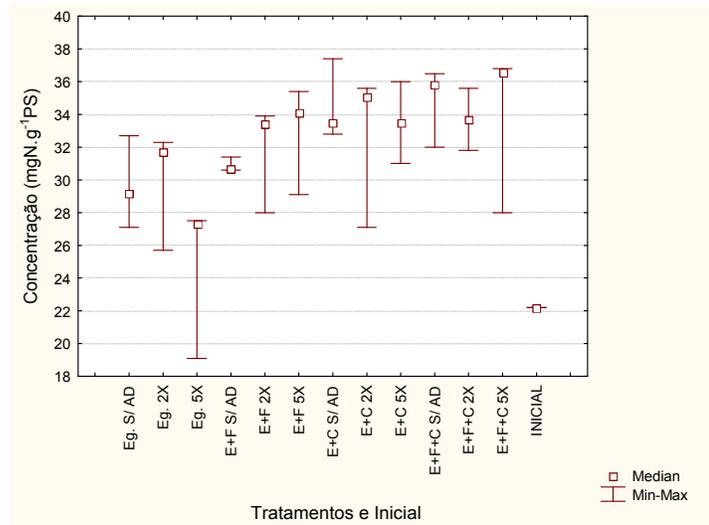


Figura 22 – Concentração (mg.g<sup>-1</sup>PS) de nitrogênio nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

A análise de variância Three-Way relacionando os dados de conteúdo de nitrogênio em *E. densa* com três fatores (“Concentração”, “Competidores” e “Períodos do ano”, verão e inverno de 2007) mostrou influência significativa, isoladamente, dos fatores “Concentração” e “Competidores” (Tab. VIII). A interação entre estes dois fatores também apresentou significância, indicando dependência entre eles no acúmulo de nitrogênio pela macrófita aquática *E. densa*.

Tabela VIII - Anova Three-Way dos dados de nitrogênio em *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	48.4	1.8518	0.0001680***
<b>Compet</b>	3	608.2	23.2633	2.601e-09 ***
<b>Per</b>	1	7080.2	270.8282	0,688834
<b>Conc:Compet</b>	6	100.6	3.8465	0.003427 **
<b>Conc:Per</b>	2	11.8	0.4520	0.639178
<b>Compet:Per</b>	3	233.8	8.9436	0,872452
<b>Conc:Compet:Per</b>	6	67.4	2.5770	0.30922
<b>Residuals</b>	46	26.1		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### 5.2.3.3 - FÓSFORO

As concentrações de fósforo nos talos de *E. densa* foram maiores ao final do experimento realizado no verão do que no inverno. No experimento realizado no verão a

concentração de fósforo na macrófita aquática *E. densa* apresentou variação entre  $0,71\text{mgP.g}^{-1}$ , no tratamento com fitoplâncton sem adição de nutrientes, e  $3,9\text{mgP.g}^{-1}$ , no tratamento com *C. demersum* sem adição de nutrientes, havendo redução de até 44% e aumento de até 269% em relação à concentração inicial do período ( $1,07\text{mgP.g}^{-1}$ ) (Fig. 23). Neste período de estudo, assim como no inverno, não foi possível observar um padrão claro de variação em função de determinado competidor ou das diferentes concentrações de nutrientes na água.

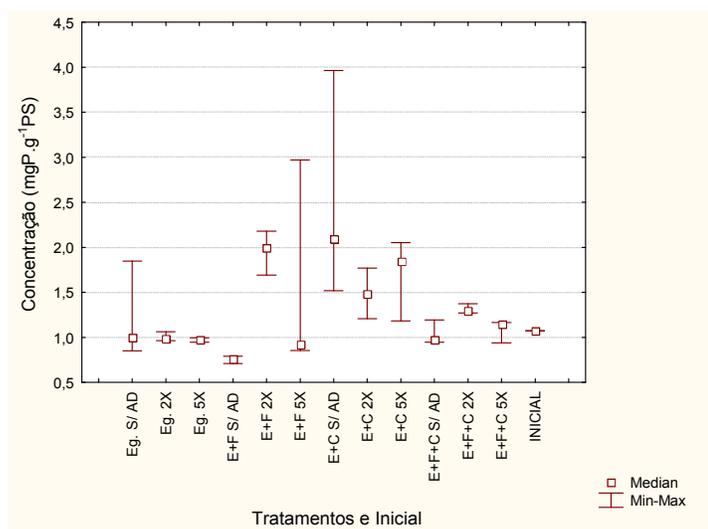


Figura 23 – Concentração ( $\text{mgP.g}^{-1}\text{PS}$ ) de fósforo nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 ( $n=3$ ). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

No inverno, a concentração de fósforo em *E. densa* variou de  $0,85\text{mg.g}^{-1}$ , no tratamento com fitoplâncton e *C. demersum* em adição de 5X nutrientes, a  $1,18\text{mg.g}^{-1}$  no tratamento ausente de competidores e adição de 2X nutrientes, havendo redução de até 15% e aumento de até 12% em relação a concentração inicial do período ( $1,05\text{mg.g}^{-1}$ ) (Fig. 24).

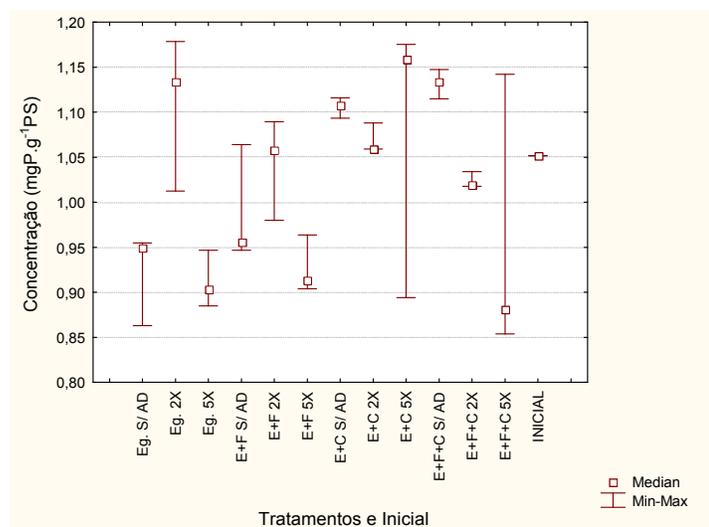


Figura 24 – Concentração (mgP.g<sup>-1</sup>PS) de fósforo nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

A análise de variância dos dados de conteúdo de fósforo em *E. densa* com três fatores (“Concentração”, “Competidores” e “Período do ano”: verão e inverno) mostrou influência significativa, isoladamente, dos três fatores (Tab. IX).

Além disso, as interações entre os fatores “Concentração” e “Competidor”, e entre “Concentração” e “Período do ano” apresentaram significância. Neste caso, a influência dos competidores, *C. demersum* e fitoplâncton, na assimilação de fósforo pela macrófita aquática *E. densa* dependeu do período do ano e da “Concentração” a que foi exposta a planta.

Tabela IX - Anova Three-Way dos dados de fósforo em *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	0.5202	6.1643	0.004194 **
<b>Compet</b>	3	1.5578	18.4618	4.704e-08 ***
<b>Per</b>	1	2.2502	26.6665	4.822e-06 ***
<b>Conc:Compet</b>	6	0.2413	2.8601	0.018569 *
<b>Conc:Per</b>	2	0.0912	1.0809	0.347578
<b>Compet:Per</b>	3	0.3573	4.2338	0.009935 **
<b>Conc:Compet:Per</b>	6	0.1838	2.1786	0.061807 .
<b>Residuals</b>	47	0.0844		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Uma análise Anova Two-Way para cada período do ano estudado foi executada.

No verão, a exposição de *E. densa* a diferentes concentrações de nutrientes e competidores influenciou no seu conteúdo de fósforo (Tab. X).

No inverno, os diferentes competidores interferiram no conteúdo de fósforo em *E. densa* (Tab. XI). Neste período, o resultado da interação entre os fatores “Concentração” e “Competidor” foi significativo, indicando que houve uma relação de interferência entre os fatores neste período.

Tabela X - Anova Two-Way dos dados de fósforo em *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Competidor (Compet) no verão de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	0.49402	4.1154	0.029660 *
<b>Compet</b>	3	0.86982	7.2459	0.001362 **
<b>Conc:Compet</b>	6	0.27614	2.3004	0.069257 .
<b>Residuals</b>	23	0.12004		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabela XI - Anova Two-Way dos dados de fósforo em *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Competidor (Compet) no inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	0.10345	2.0605	0.14934
<b>Compet</b>	3	1.04660	20.8454	7.197e-07 ***
<b>Conc:Compet</b>	6	0.14365	2.8610	0.03017 *
<b>Residuals</b>	24	0.05021		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## 5.2.4 – RAZÕES MOLARES (C:N, C:P, N:P)

### 5.2.4.1 – RAZÃO C:N

Os resultados das razões C:N nos ramos de *E. densa* do experimento realizado no verão apresentam um padrão claro de distribuição. A presença de *C. demersum* nos tratamentos reduziu as razões C:N nos talos de *E. densa* em relação ao valor inicial (20,78). Enquanto a razão C:N mediana dos tratamentos sem competidores e com fitoplâncton foi 17, a razão média dos tratamentos com *C. demersum* foi de 12, uma redução de 27%. Neste período, apenas no tratamento com fitoplâncton e adição de 2x nutrientes foi observado um valor (22,38) acima do encontrado inicialmente (Fig. 25).

No inverno não se observou uma diferença nítida entre os tratamentos apesar de terem sido observados *outliers*. Porém, houve uma redução geral de 35% em relação ao tempo inicial, o qual apresentou relação C:N de 20 (Fig. 26).

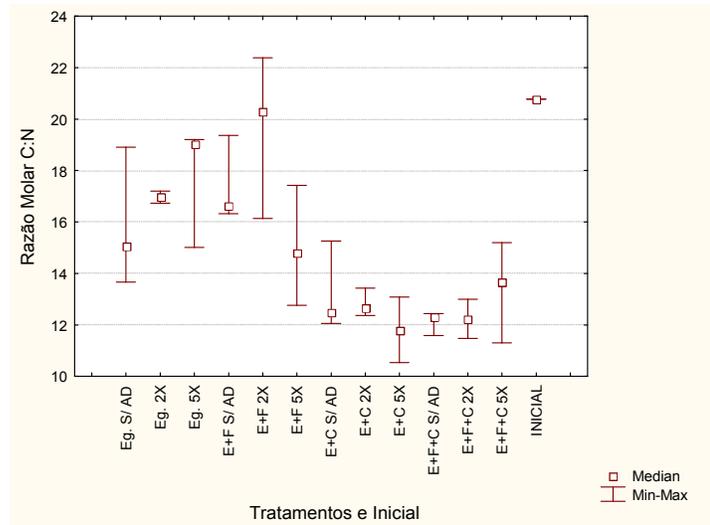


Figura 25 – Razões Molares C:N nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

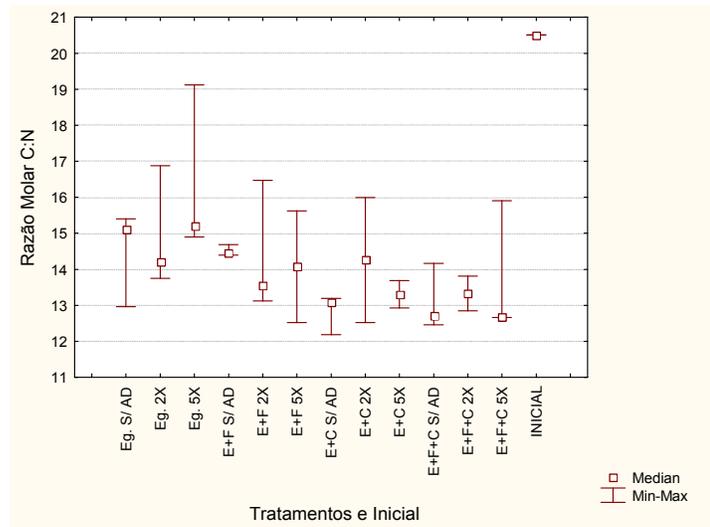


Figura 26 – Razões Molares C:N nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

O teste Anova Three-Way mostrou significância para os fatores “Competidores” e “Período do ano”, indicando que estes podem ter interferido na relação C:N da macrófita aquática *E. densa* (Tab. XII).

Tabela XII - Anova Three-Way dos dados de razão C:N em *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno.

	GL	QM	F	P(>F)
Conc	2	1.54	0.2016	0.8181710
Compet	3	54.47	7.1297	0.0004958 ***
Per	1	40.81	5.3421	0.0253487 *
Conc:Compet	6	15.10	1.9761	0.0886012 .
Conc:Per	2	4.40	0.5759	0.5662241
Compet:Per	3	20.47	2.6800	0.0578539 .
Conc:Compet:Per	6	2.32	0.3032	0.9320936
Residuals	46	7.64		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### 5.2.4.2 – RAZÃO C:P

Os resultados de razões C:P em *E. densa* dos experimentos realizados no verão e no inverno não apresentam um padrão nítido de variação, apesar de *outliers* terem sido observados no inverno. No entanto, no verão foi possível observar que nos tratamentos com *C. demersum* quanto maior foi a adição de nutrientes, maior foi o valor de razão C:P encontrado. Ainda, a concomitante presença de fitoplâncton contribuiu para o aumento das razões C:P neste período.

A maior razão C:P em *E. densa* no verão foi encontrada no tratamento com fitoplâncton e ausente de adição de nutrientes (1385,5), 46% maior que o encontrado inicialmente (Fig. 27).

No inverno não houve grandes diferenças visuais em relação ao tempo inicial, cuja razão C:P foi de 958,6 (Fig. 28).

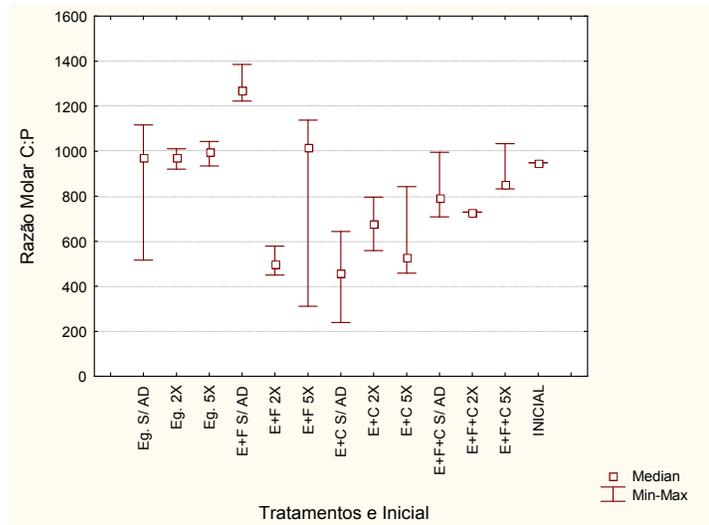


Figura 27 – Razões Molares C:P nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

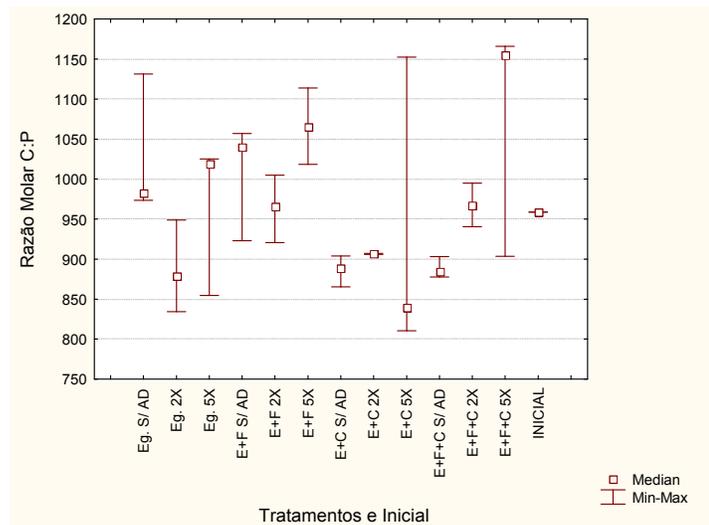


Figura 28 – Razões Molares C:P nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

A análise Three-Way apresentou significância para os fatores “Competidor” e “Período do ano”. Além disso, foi observado que a interação entre os três fatores também foi significativa (Tab. XIII). Sendo assim, foi realizado um teste Anova Two-Way com os

dados de razão C:P em cada período do ano. No inverno não foi observado nenhuma influência significativa dos fatores, tampouco sua interação.

Já no verão o fator “Competidor” teve influência significativa nas razões C:P de *E. densa*, assim como a interação deste fator com o fator “Concentração”. Isto significa que as razões C:P em *E. densa* no experimento realizado no verão foi influenciado pela concentração de nutrientes na água dependendo do tipo de competidor a que foi exposta a planta (Tab. XIV).

Tabela XIII - Anova Three-Way dos dados de razão C:P em *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
Conc	2	79395	1.6818	0.197517
Compet	3	217053	4.5978	0.006852 **
Per	1	209653	4.4411	0.040689 *
Conc:Compet	6	94799	2.0081	0.084313 .
Conc:Per	2	4448	0.0942	0.910262
Compet:Per	3	57163	1.2109	0.316676
Conc:Compet:Per	6	109448	2.3184	0.049121 *
Residuals	45	47208		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabela XIV - Anova Two-Way dos dados de razão C:P em *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Competidor (Compet) no verão de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
Conc	2	55097	1.3618	0.276971
Compet	3	240067	5.9334	0.003996 **
Conc:Compet	6	153607	3.7965	0.009531 **
Residuals	22	40460		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### 5.2.4.3 – RAZÃO N:P

Os resultados das razões N:P em *E. densa* dos experimentos realizados no verão e no inverno não apresentam um padrão nítido de variação. No verão a maior mediana de razão N:P (74,3) foi observada no tratamento com fitoplâncton sem adição de nutrientes, sendo 63% maior que o valor inicial de 45,7. A menor mediana de razão N:P (26,8) foi observada no tratamento com fitoplâncton e em adição de 2X de nutrientes, havendo decréscimo de 42,4% em relação ao valor observado inicialmente (Fig. 29).

No inverno a maior média de razão N:P foi observada no tratamento com fitoplâncton e *C. demersum* em adição de nutrientes em 5X (78,7), aumento de 68,3% em relação ao valor inicial de 46,7. A menor mediana (59,6) foi encontrada no tratamento

ausente de competidores em adição de 2X de nutrientes, aumento de 27,5% em relação ao inicial (Fig. 30).

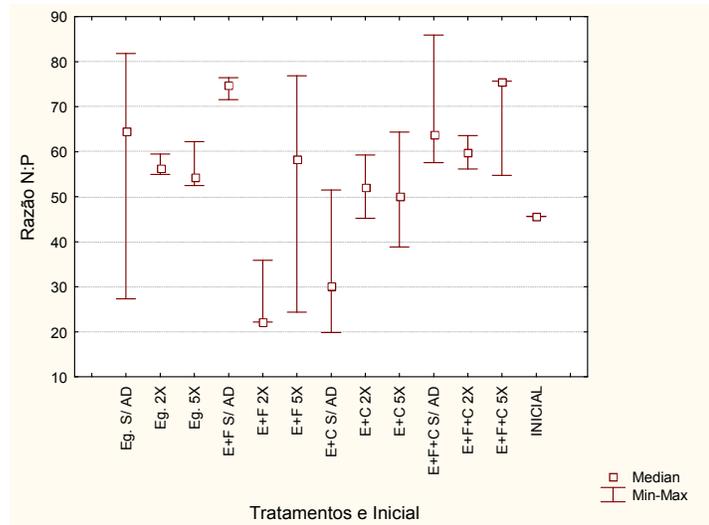


Figura 29 – Razões molares N:P nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

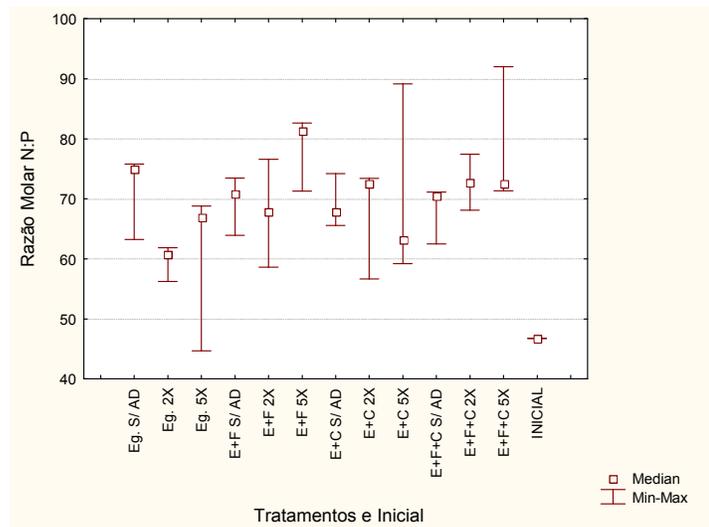


Figura 30 – Razões molares N:P nos talos de *E. densa*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

A análise Three-Way indicou que houve interferência, isoladamente, dos fatores “Competidor” e “Período do ano”. Nenhuma interação entre fatores foi estatisticamente significativa (Tab. XV).

Tabela XV - Anova Three-Way dos dados de razão C:N em *E. densa* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	358.1	2.3878	0.10337
<b>Compet</b>	3	421.7	2.8117	0.04999 *
<b>Per</b>	1	3694.4	24.6334	1.040e-05 ***
<b>Conc:Compet</b>	6	316.9	2.1132	0.07026 .
<b>Conc:Per</b>	2	86.4	0.5761	0.56616
<b>Compet:Per</b>	3	351.5	2.3437	0.08565 .
<b>Conc:Compet:Per</b>	6	338.9	2.2596	0.05444 .
<b>Residuals</b>	45	150.0		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### 5.3 – BIOMASSA E NUTRIENTES EM *C. demersum*.

#### 5.3.1 – BIOMASSA

No verão, a biomassa mediana final de *C. demersum* em todos os tratamentos não apresentou grandes variações e não foi estatisticamente diferente a do início do experimento (131,67mg.L<sup>-1</sup>) (Fig. 31). Apesar disso, foram observados valores 102% maiores ao inicial, como no caso do tratamento com *E. densa* em adição de 5x nutrientes, cuja biomassa de *C. demersum* final foi de 262,8mg.L<sup>-1</sup>. Neste período do ano, foram observados ainda redução de biomassa em alguns tratamentos. A menor biomassa de *C. demersum* encontrada foi no tratamento com *E. densa* e fitoplâncton e adição de 2x nutrientes (61,4mg.L<sup>-1</sup>), com redução de 53% em relação ao inicial.

No inverno foram encontrados maiores valores de biomassa final em *C. demersum* do que no verão. No tratamento com *E. densa* e fitoplâncton em adição de 2x nutrientes foi encontrada a maior biomassa do período (437mg.L<sup>-1</sup>), um aumento de 215% em relação ao inicial, que foi de 138,6mg.L<sup>-1</sup> (Fig 32). Neste mesmo período praticamente todos os tratamentos apresentaram biomassa significativamente diferente a do início do experimento (Tabela em apêndice A-XLIII).

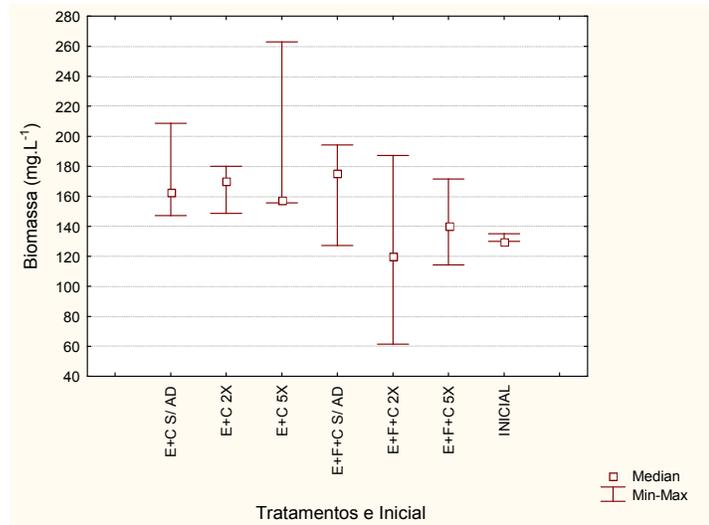


Figura 31 – Biomassa (mgPeso seco.L<sup>-1</sup>) dos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=15). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

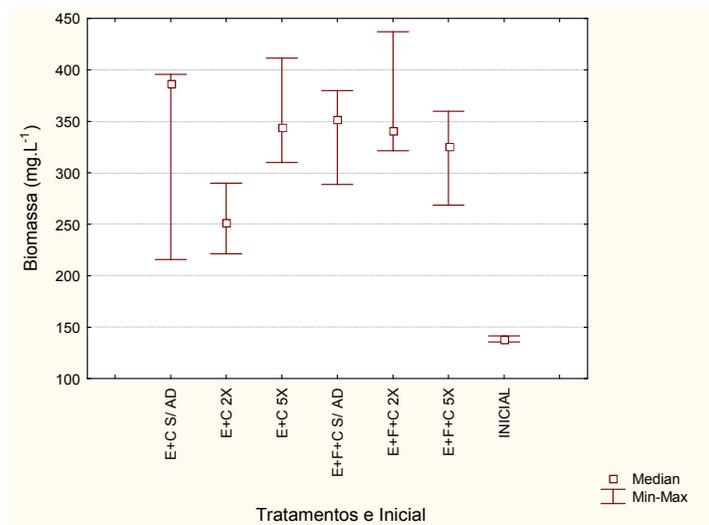


Figura 32 – Biomassa (mgPeso seco.L<sup>-1</sup>) dos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=15). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

A análise Three-Way realizada com os resultados de biomassa de *C. demersum* mostra que houve diferença significativa entre a produção de biomassa no verão e no inverno, entretanto, não foram observadas interações entre os fatores (Tab. XVI).

Para verificar a influência dos fatores “Concentração” e “Competidor” em cada período separadamente foram realizados testes Anova Two-Way com os resultados do

verão e do inverno. As análises de Variâncias Two-Way dos resultados de biomassa de *C. demersum* no verão e no inverno não apresentaram significância, indicando que o fator “Período” do ano foi o único responsável pelas diferenças entre os resultados do verão e do inverno.

Tabela XVI - Anova Three-Way dos dados de biomassa em *C. demersum* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	2.4679e+09	0.8885	0.4244
<b>Compet</b>	1	8.1859e+07	0.0295	0.8651
<b>Per</b>	1	2.3246e+11	83.6931	2.714e-09 ***
<b>Conc:Compet</b>	2	4.5946e+09	1.6542	0.2123
<b>Conc:Per</b>	2	1.1395e+07	0.0041	0.9959
<b>Compet:Per</b>	1	8.3592e+09	3.0096	0.0956 .
<b>Conc:Compet:Per</b>	2	5.0515e+09	1.8187	0.1839
<b>Residuals</b>	24	2.7776e+09		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### 5.3.2 – NUTRIENTES (C, N e P)

#### 5.3.2.1 – CARBONO

Os valores de conteúdo de carbono em *C. demersum*, tanto no verão quanto no inverno, não foram estatisticamente diferentes no início dos experimentos (395,6mgC.g<sup>-1</sup> e 378,3mgC.g<sup>-1</sup>, respectivamente).

Em ambos os períodos estudados, os resultados não apresentaram um padrão nítido de variação ao final dos experimentos. No verão não foram encontradas concentrações maiores às do início do experimento. O menor valor de concentração de carbono em *C. demersum* (297,8mgC.g<sup>-1</sup>) foi obtido no tratamento com *E. densa* sem adição de nutrientes, com redução de 25% em relação ao inicial (Fig. 33). No mesmo período, o maior valor obtido, de 381,8mgC.g<sup>-1</sup>, foi encontrado no tratamento com *E. densa* em adição de nutrientes em 5x, redução de 3,5% em relação ao inicial.

Já no inverno foram encontradas concentrações maiores do que às do início. O tratamento com *E. densa* e fitoplâncton com adição de nutrientes em 5x apresentou a maior concentração, 387,2mgC.g<sup>-1</sup>, com aumento de 2,3% em relação ao inicial (Fig. 34). Já os ramos de *C. demersum* do tratamento com *E. densa* sem adição de nutrientes

apresentaram a menor concentração de carbono  $370,9\text{mgC.g}^{-1}$ , ou seja, redução de 2% em relação ao inicial.

Para a concentração final de carbono de *C. demersum* nenhuma significância foi observada em relação aos fatores “Competidor”, “Concentração” e “Período do ano”.

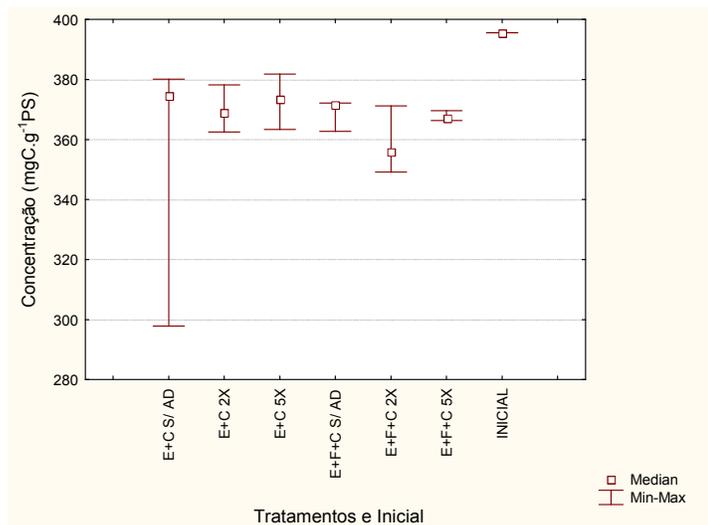


Figura 33 - Concentração ( $\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$ ) de carbono nos talos de *C. demersum* após 15 dias em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 ( $n=3$ ). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

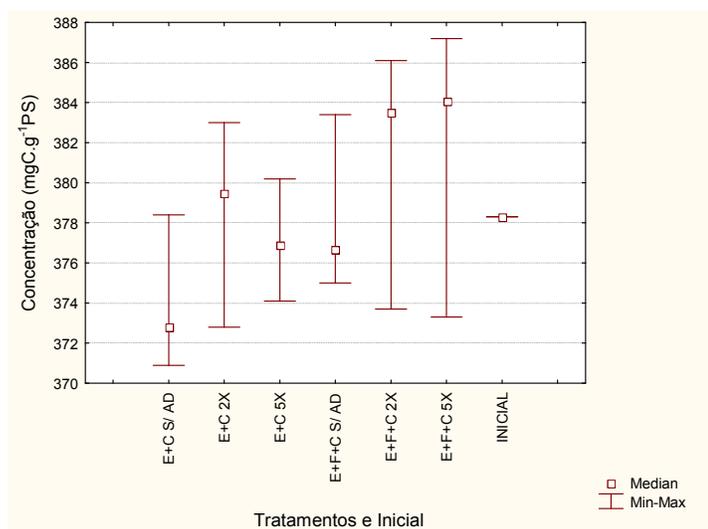


Figura 34 - Concentração ( $\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$ ) de carbono nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 ( $n=3$ ). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

### 5.3.2.2 – NITROGÊNIO

Os valores de conteúdo de nitrogênio em *C. demersum*, tanto no verão quanto no inverno, não foram estatisticamente diferentes no início dos experimentos ( $43,6\text{mgN.g}^{-1}$  e  $43,1\text{mgN.g}^{-1}$ , respectivamente).

Em ambos os períodos estudados, os resultados não apresentaram um padrão nítido de variação. No verão, o valor inicial foi de  $43,6\text{mgN.g}^{-1}$ , sendo que apenas no tratamento com *E. densa* e fitoplâncton sem adição de nutrientes foi observado um valor superior, de  $44,3\text{mgN.g}^{-1}$  de nitrogênio (Fig. 35). No inverno todas as concentrações observadas foram inferiores ao inicial de  $43,1\text{mgN.g}^{-1}$  (Fig. 36)

Também para N final em *C. demersum* nenhuma significância foi observada em relação aos fatores “Competidor”, “Concentração” e “Período do ano”.

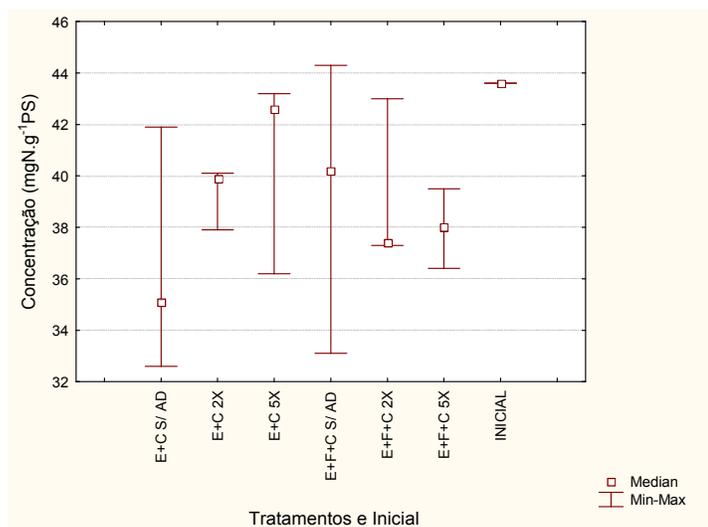


Figura 35 - Concentração ( $\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$ ) de nitrogênio nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 ( $n=3$ ). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

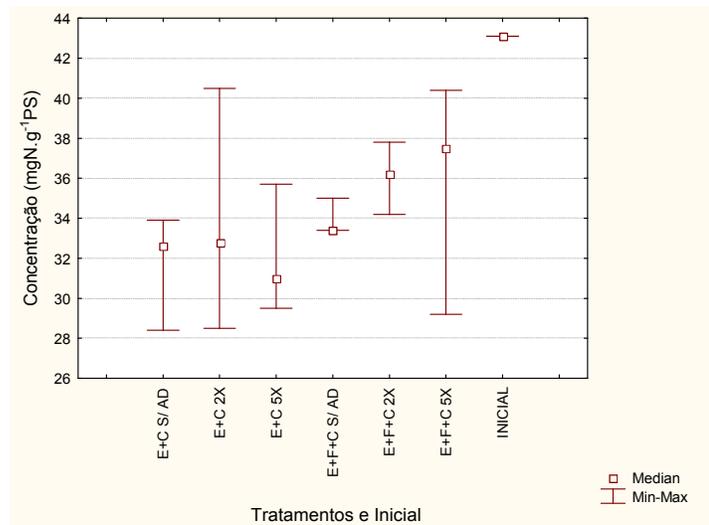


Figura 36 - Concentração ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{PS}$ ) de nitrogênio nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 ( $n=3$ ). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

### 5.3.2.3 – FÓSFORO

Os valores de conteúdo de fósforo em *C. demersum*, assim como os conteúdos de carbono e nitrogênio, tanto no verão quanto no inverno, não foram estatisticamente diferentes no início dos experimentos ( $1,11 \text{ mgP} \cdot \text{g}^{-1}$  e  $1,08 \text{ mgP} \cdot \text{g}^{-1}$ , respectivamente). Em alguns tratamentos foram encontrados valores muito acima dos encontrados em suas réplicas experimentais. Porém, estes valores não foram descartados na análise estatística.

Os resultados de concentração de fósforo em *C. demersum* ao final de cada experimento não apresentaram um padrão nítido de variação, porém foi verificada uma significância entre os valores obtidos nos diferentes períodos de experimento, verão e inverno.

No verão o maior conteúdo observado foi no tratamento com *E. densa* em 5x adição de nutrientes ( $1,99 \text{ mgP} \cdot \text{g}^{-1}$ ), aumento de 79,9% em relação ao inicial, que foi de  $1,11 \text{ mgP} \cdot \text{g}^{-1}$  (Fig. 37). Já no inverno, o maior conteúdo foi observado no tratamento com *E. densa* em adição de 2x nutrientes ( $1,17 \text{ mgP} \cdot \text{g}^{-1}$ ), aumento de 8,5% em relação ao inicial (Fig. 38).

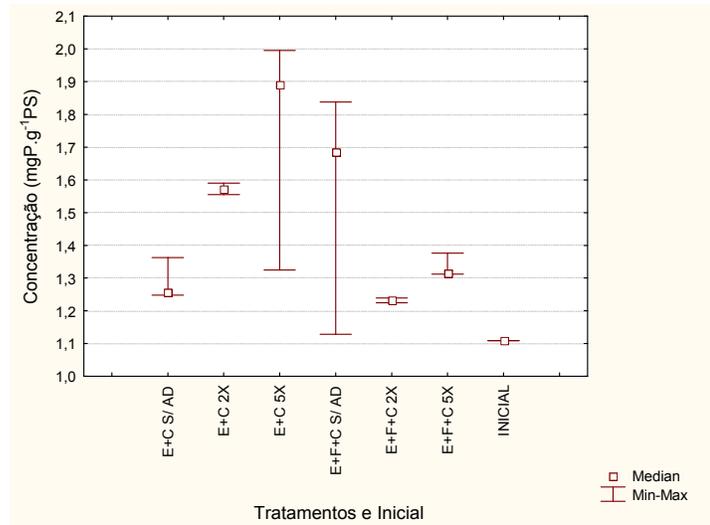


Figura 37 - Concentração (mg.g<sup>-1</sup>PS) de fósforo nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

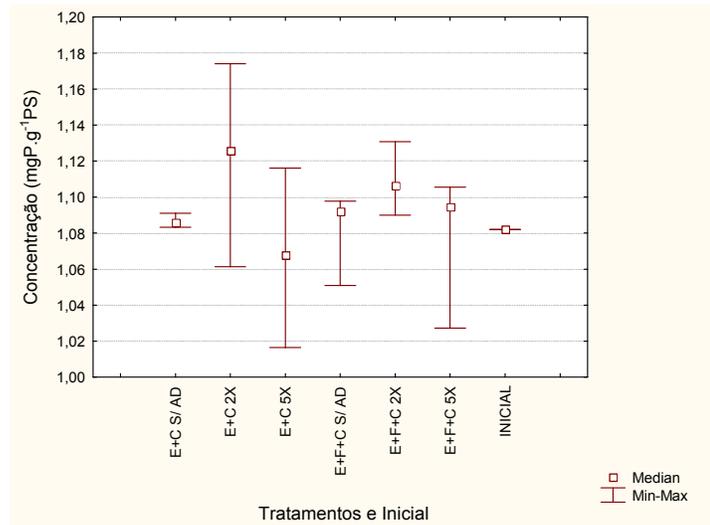


Figura 38 - Concentração (mg.g<sup>-1</sup>PS) de fósforo nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

Tabela XVII: Anova Three-Way dos dados de fósforo em *C. demersum* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
Conc	2	0.8191	1.7446	0.196155
Compet	1	0.0197	0.0420	0.839388
Per	1	3.7887	8.0695	0.009032 **
Conc:Compet	2	0.0800	0.1703	0.844406
Conc:Per	2	0.6943	1.4787	0.247976
Compet:Per	1	0.0173	0.0368	0.849530
Conc:Compet:Per	2	0.0869	0.1850	0.832248
Residuals	24	0.4695		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1

### 5.3.3 – RAZÕES MOLAR (C:N, C:P, N:P)

#### 5.3.3.1 – RAZÃO C:N

Os resultados de razões C:N nos ramos de *C. demersum*, em ambos os períodos, não apresentaram um padrão nítido de variação entre os tratamentos. Em geral, as razões encontradas no inverno foram maiores do que no verão.

No verão a maior razão C:N, encontrada no tratamento com *E. densa* e fitoplâncton sem adição de nutrientes, foi de 12,8, um aumento de 20% em relação ao inicial, de 10,6% (Fig. 39). Já no inverno a maior razão C:N foi encontrada no tratamento com *E. densa* em adição de 2x nutrientes (15,5), um aumento de 52% em relação ao inicial, de 10,2% (Fig. 40).

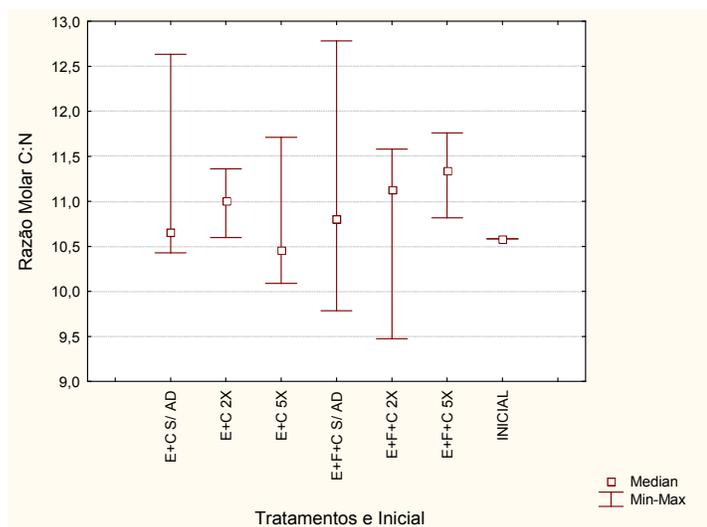


Figura 39 – Razões Molares C:N nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

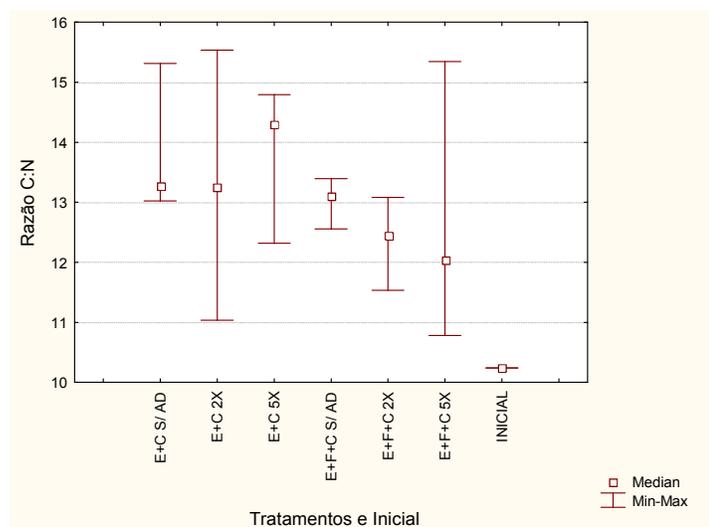


Figura 40 – Razões Molares C:N nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

A análise Three-Way realizada com os resultados de razões C:N em *C. demersum* mostra que houve diferença significativa entre os valores do verão e do inverno. Não foram observadas interações entre os fatores (Tab. XVIII).

Tabela XVIII - Anova Three-Way dos dados de razão C:N em *C. demersum* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Possíveis Competidores (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	0.702	0.4045	0.6718
<b>Compet</b>	1	1.796	1.0348	0.3192
<b>Per</b>	1	41.634	23.9816	5.396e-05 ***
<b>Conc:Compet</b>	2	0.085	0.0488	0.9525
<b>Conc:Per</b>	2	0.085	0.0491	0.9522
<b>Compet:Per</b>	1	2.309	1.3298	0.2602
<b>Conc:Compet:Per</b>	2	0.222	0.1279	0.8805
<b>Residuals</b>	24	1.736		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### 5.3.3.2 – RAZÃO C:P

Os resultados de razões C:P nos ramos de *C. demersum*, em ambos os períodos, não apresentaram um padrão nítido de variação. Em geral, as razões encontradas no inverno foram maiores do que no verão, cujas razões obtidas foram menores do que as encontradas inicialmente (922), antes do experimento. Neste período, a menor razão C:P

encontrada foi no tratamento com *E. densa* em 5x adição de nutrientes (483), redução de 48% em relação ao inicial (Fig. 41).

No inverno, grande parte dos valores também esteve abaixo do encontrado inicialmente. Porém, foram observados valores superiores ao inicial, como no caso do tratamento com *E. densa* em adição de 5x de nutrientes (950), aumento de 5% em relação ao inicial (Fig. 42).

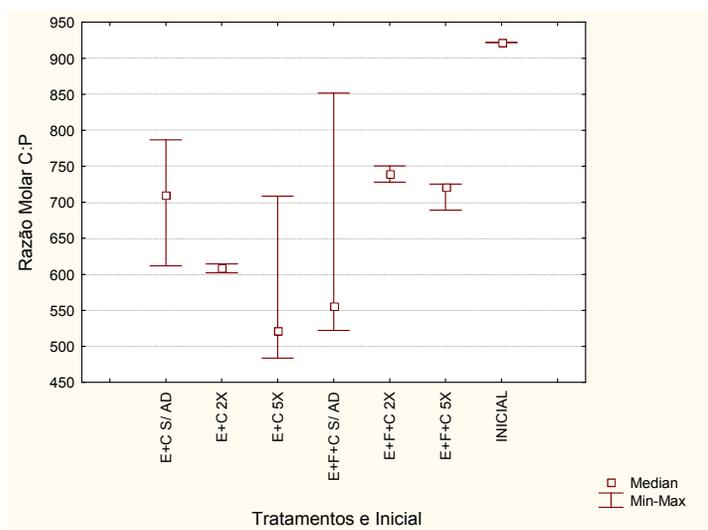


Figura 41 – Razões Molares C:P nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

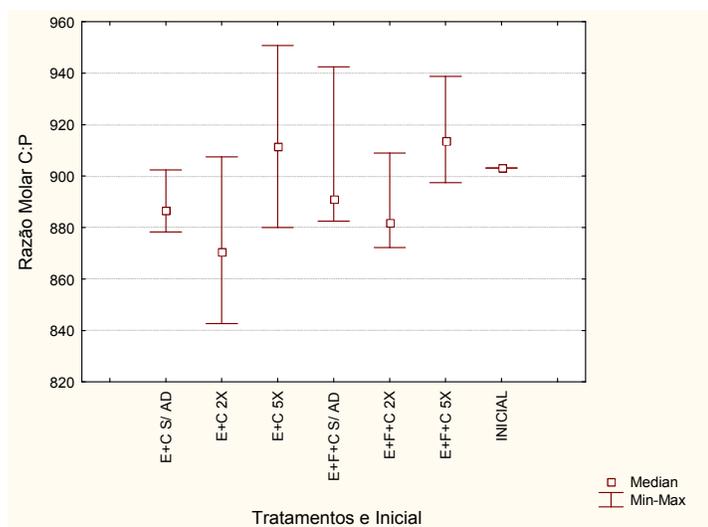


Figura 42 – Razões Molares C:P nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

A análise Three-Way realizada com os resultados de razões C:P em *C. demersum* mostra que houve diferença significativa entre os valores do verão e do inverno. Não foram observadas interações entre os fatores (Tab. XIX).

Tabela XIX - Anova Three-Way dos dados de razão C:P em *C. demersum* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
Conc	2	1036	0.1902	0.8282
Compet	1	10724	1.9676	0.1747
Per	1	471485	86.5036	4.439e-09 ***
Conc:Compet	2	7655	1.4044	0.2667
Conc:Per	2	3355	0.6155	0.5494
Compet:Per	1	6481	1.1891	0.2873
Conc:Compet:Per	2	10133	1.8590	0.1795
Residuals	22	5450		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### 5.3.3.3 – RAZÃO N:P

Assim como no caso das razões C:N e C:P, os resultados de razões N:P nos ramos de *C. demersum*, em ambos os períodos, não apresentaram um padrão nítido de variação entre os tratamentos. Em geral, as razões encontradas no inverno foram maiores do que no verão.

No verão e no inverno, todas as razões observadas foram menores do que as encontradas inicialmente, anteriormente a cada experimento (87,1 e 88,2, respectivamente).

No verão, o menor valor foi encontrado no tratamento com *E. densa* e fitoplâncton sem adição de nutrientes (43,5), com redução de 51% em relação ao inicial (Fig. 43).

Já no inverno, a menor razão N:P foi encontrada no tratamento com *E. densa* em adição de 2x nutrientes (56), com redução de 37% em relação ao inicial (Fig. 44).

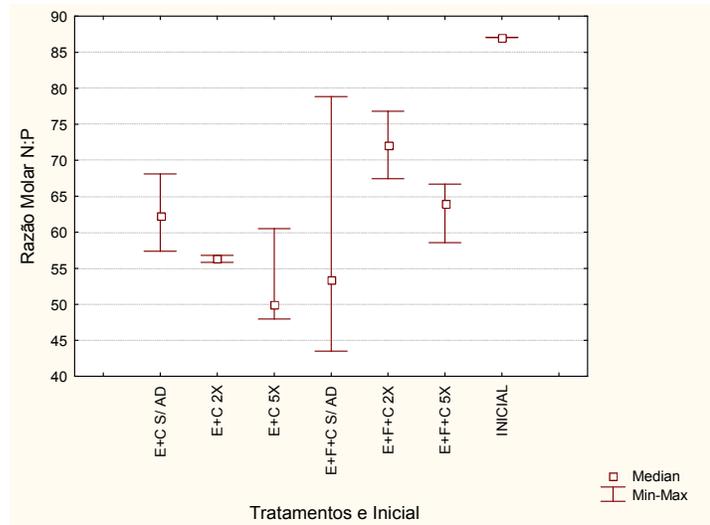


Figura 43 – Razões Molares N:P nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

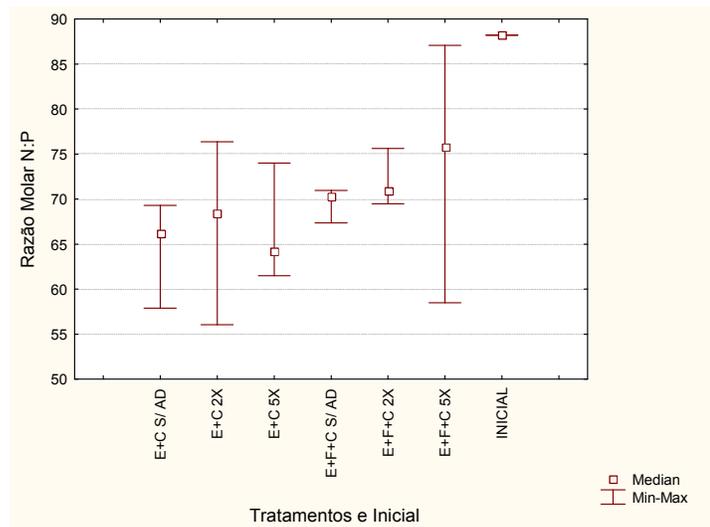


Figura 44 – Razões Molares N:P nos talos de *C. demersum*, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

A análise Three-Way realizada com os resultados de razões N:P em *C. demersum* mostra que houve diferença significativa entre os valores do verão e do inverno. Não foram observadas interações entre os fatores (Tab. XX).

Tabela XX - Anova Three-Way dos dados de razão N:P em *C. demersum* assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno.

	GL	QM	F	P(>F)
Conc	2	42.07	0.5438	0.58814
Compet	1	309.29	3.9977	0.05806 .
Per	1	562.03	7.2644	0.01322 *
Conc:Compet	2	69.84	0.9027	0.41996
Conc:Per	2	40.06	0.5178	0.60290
Compet:Per	1	1.73	0.0223	0.88264
Conc:Compet:Per	2	68.64	0.8872	0.42605
Residuals	22	77.37		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

#### 5.4 – BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA

A biomassa fitoplanctônica inicialmente encontrada na lagoa do Campelo no verão, de  $7,83\mu\text{g.L}^{-1}$ , foi reduzida em relação ao encontrada no inverno, de  $36,5\mu\text{g.L}^{-1}$ .

Ao final do experimento, o aumento na biomassa fitoplanctônica no verão foi maior nos tratamentos com adição de nutrientes, em especial no de adição de 5X nutrientes com *E. densa* ( $25\mu\text{g.L}^{-1}$ ), que atingiu um crescimento máximo em relação ao inicial de até 221% (Fig. 45).

No inverno foram observados valores mais elevados do que no verão (Fig. 46).

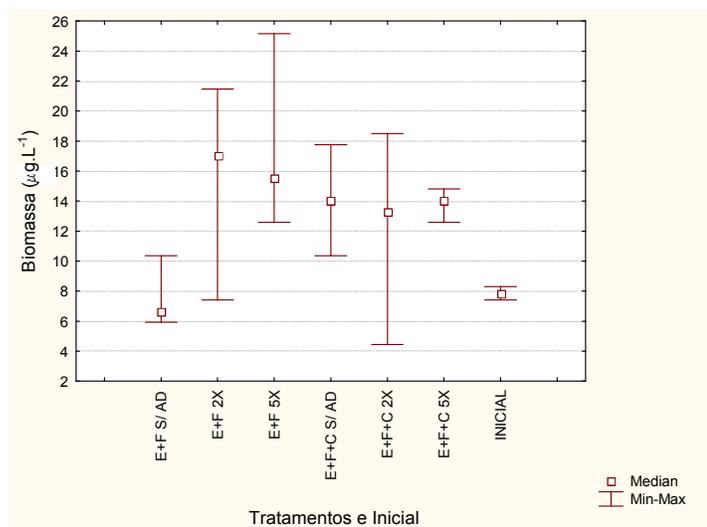


Figura 45 – Biomassa ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) fitoplanctônica, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no verão de 2007 (n=3). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

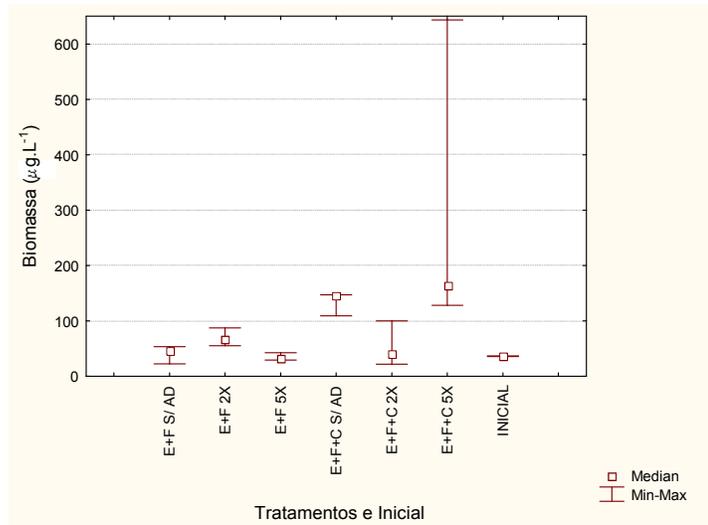


Figura 46 – Biomassa ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) fitoplanctônica, após 15 dias, em cada tratamento e no início do experimento no inverno de 2007 ( $n=3$ ). Nota: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

Nos gráficos diagnósticos dos dados de biomassa fitoplanctônica foi possível verificar uma tendência na distribuição dos resíduos e uma não-linearidade nos quantis superiores, sugerindo a necessidade de transformação dos valores da variável dependente.

A função Box-Cox (), inclusa no pacote MASS do programa estatístico R-System, indicou a transformação logarítmica da variável dependente como a mais adequada para o modelo linear. Sendo assim, os dados de biomassa fitoplanctônica foram transformados logaritmicamente para as análises de variância.

A Anova Three-Way apresentou uma relação de interação entre os fatores “Concentração” e “Competidores” isoladamente, e também com o fator “Período do ano”. Isto indica que o desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica exposta à determinada concentração de nitrogênio e fósforo foi dependente da presença de competidores e do período do ano em que foi realizado o experimento (Tab. XXI).

Tabela XXI - Anova Three-Way dos dados de biomassa fitoplanctônica assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc), Competidor (Compet) e Período do ano (Per): verão e inverno de 2007.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	0.9099	0.8521	0.43901
<b>Compet</b>	1	3.2746	3.0666	0.09269 .
<b>Per</b>	1	1.9996	1.8726	0.18385
<b>Conc:Compet</b>	2	5.4435	5.0977	0.01429 *
<b>Conc:Per</b>	2	0.5583	0.5228	0.59944
<b>Compet:Per</b>	1	3.1351	2.9360	0.09952 .
<b>Conc:Compet:Per</b>	2	4.3993	4.1198	0.02896 *
<b>Residuals</b>	24	1.0678		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Análises Two-Way em cada período foram realizadas para verificar a influência dos fatores independentemente do período do ano. Os resultados dos testes estatísticos no verão não mostraram influência dos fatores na biomassa fitoplanctônica, porém no inverno a interação entre os fatores “Competidor” e “Concentração” foi significativo (Tab. XXII e XXIII).

Tabela XXII - Anova Two-Way dos dados de biomassa fitoplanctônica assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Competidor (Compet) no verão.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	36.78	1.3286	0.3012
<b>Compet</b>	1	0.27	0.0099	0.9224
<b>Conc:Compet</b>	2	50.11	1.8099	0.2056
<b>Residuals</b>	12	27.68		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabela XXIII - Anova Two-Way dos dados de biomassa fitoplanctônica assumindo interação entre os fatores: Concentração (Conc) e Competidor (Compet) no verão.

	GL	QM	F	P(>F)
<b>Conc</b>	2	1.3729	0.6643	0.53258
<b>Compet</b>	1	6.4090	3.1010	0.10368
<b>Conc:Compet</b>	2	9.7090	4.6978	0.03113 *
<b>Residuals</b>	12	2.0667		

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## 5.5 – NUTRIENTES INORGÂNICOS DISSOLVIDOS NA ÁGUA.

Os resultados de variação dos nutrientes inorgânicos dissolvidos na água das unidades experimentais ao longo dos experimentos não apresentaram um padrão claro de variação ou de estabilização. As variações em cada réplica experimental e em cada dia de amostragem refletem comportamento particular de cada unidade experimental e inviabilizaram a realização de testes estatísticos com estes resultados.

Em geral, os gráficos de nutrientes confirmam que a adição de N e P foi realizada com sucesso, apesar de os valores iniciais não se apresentarem exatamente iguais em todas as unidades experimentais.

Os resultados das determinações químicas de orto-fosfato, nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito podem ser analisados através dos gráficos plotados a seguir e dos resultados brutos inseridos em apêndice.

### 5.5.1 – ORTO-FOSFATO

Os resultados de orto-fosfato na água das unidades experimentais, de maneira geral, mostram um decréscimo acentuado em suas concentrações logo no início do experimento.

No verão, após o segundo dia de experimento, foi observado um aumento nas concentrações de orto-fosfato atingindo um pico próximo ao quarto dia de experimento. As concentrações declinaram até próximo ao décimo dia de experimento, mantendo uma relativa estabilização até o final do experimento.

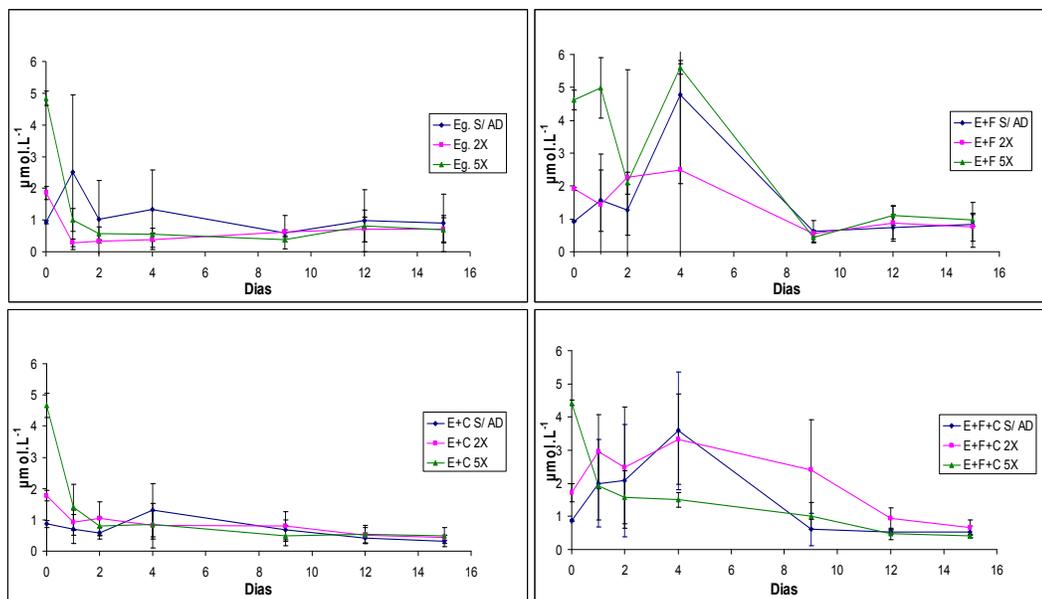


Figura 47– Concentrações de O-fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, ao longo do experimento, no verão de 2007 ( $n=3$ ). As barras indicam os desvios padrões.

No inverno o decréscimo nas concentrações de orto-fosfato em praticamente todos os tratamentos foi contínuo até o final do experimento.

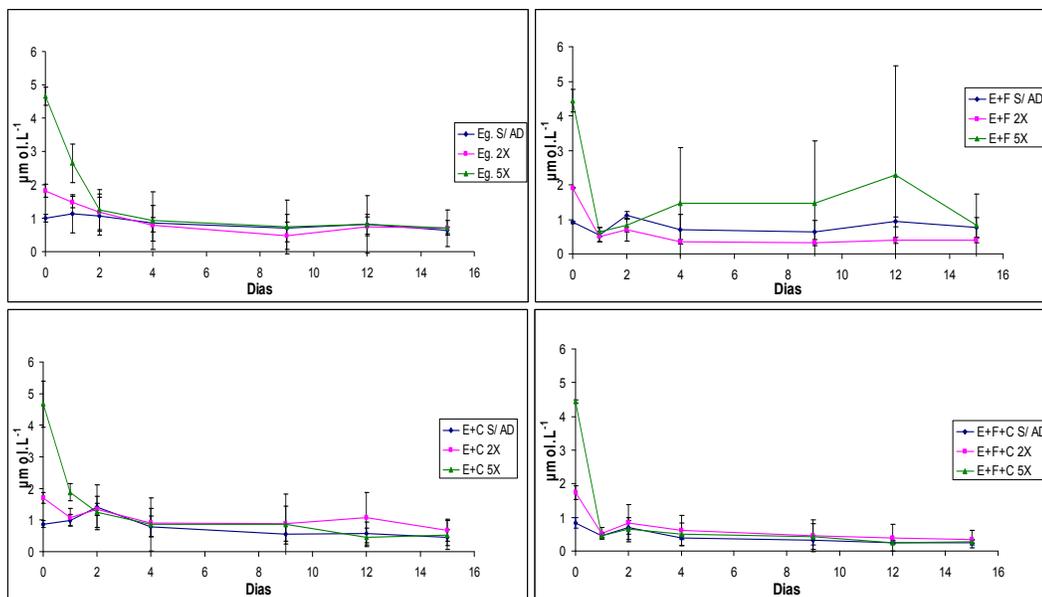


Figura 48 – Concentrações de Orto-fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, ao longo do experimento, no inverno de 2007 ( $n=3$ ). As barras indicam os desvios padrões.

### 5.5.2 – NITROGÊNIO AMONICAL

As concentrações de nitrogênio amoniacal nas unidades experimentais no experimento realizado no verão não apresentaram um padrão definido de variação. Neste período foi possível observar que houve diferenças nas concentrações de unidades experimentais sob mesmos tratamentos. No tratamento com *E. densa* apenas a adição de 5X nutrientes o valor inicial de amônio foi próximo de  $10\mu\text{mol.L}^{-1}$ , já a mesma adição no tratamento com presença de *C. demersum* e fitoplâncton a concentração esteve próxima a  $4\mu\text{mol.L}^{-1}$ .

No inverno as concentrações de nitrogênio amoniacal nas unidades experimentais de tratamentos idênticos apresentaram um padrão de variação semelhante. Apesar de alguns pequenos aumentos em relação ao inicial, de forma geral, houve um decréscimo regular nos valores de nitrogênio amoniacal até os dias finais de experimentação.

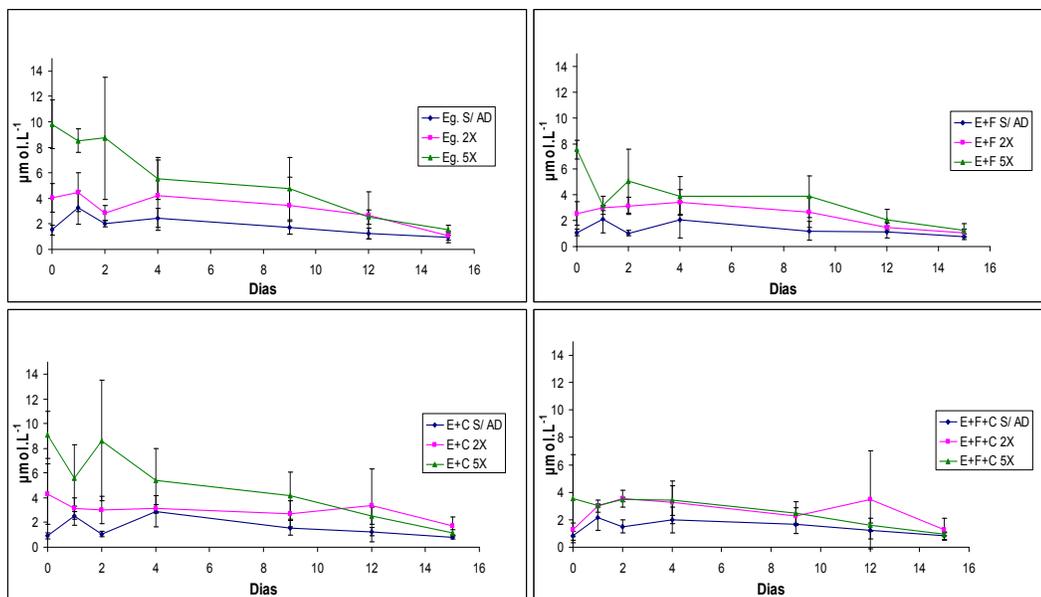


Figura 49 – Concentrações de Amônio ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, ao longo do experimento, no verão de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.

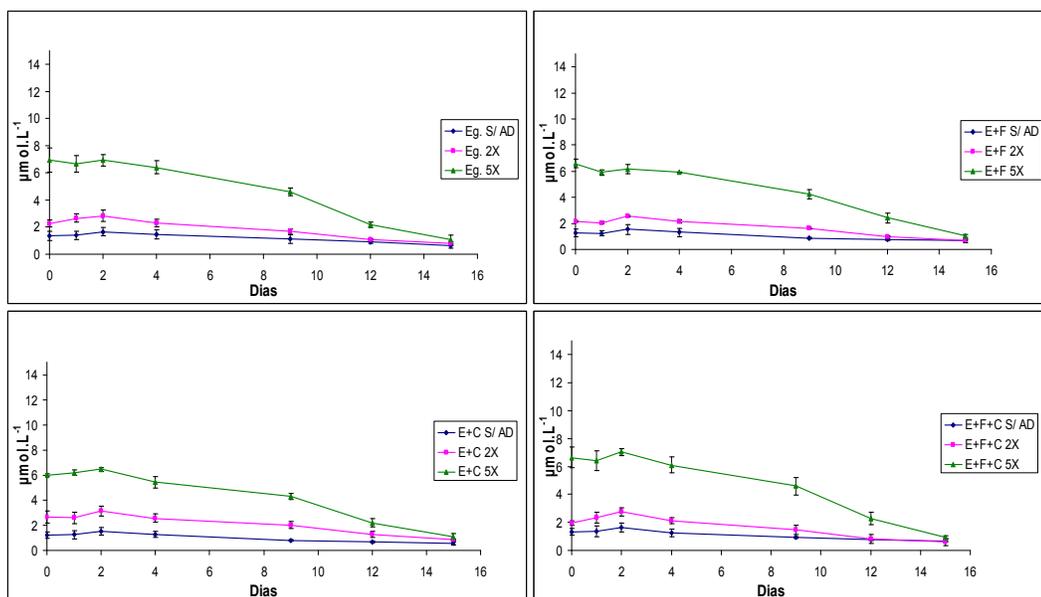


Figura 50– Concentrações de Amônio ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, ao longo do experimento, no inverno de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.

### 5.5.3 – NITRITO

No experimento realizado no verão foi observado um incremento nas concentrações de nitrito nas águas das unidades experimentais logo no início do

experimento. Uma relativa estabilização foi observada do quarto ao décimo dia de experimento, sendo verificado em seguida um decréscimo das concentrações de nitrito.

Já no inverno, de maneira geral, foi observado um decréscimo nas concentrações de nitrito logo no início do experimento ate os dias finais.

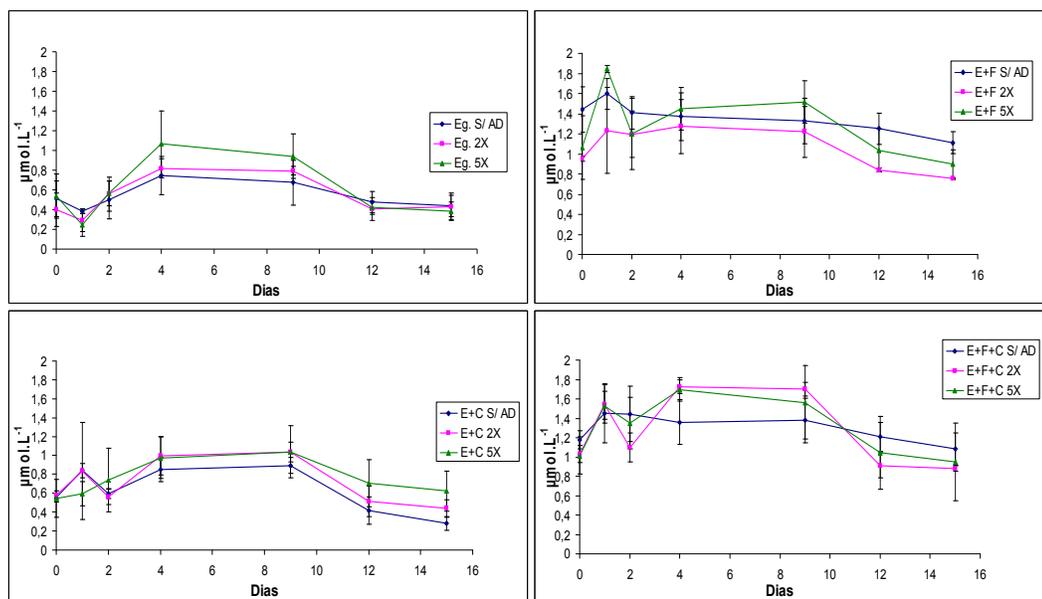


Figura 51 – Concentrações de Nitrito ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, ao longo do experimento, no verão de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.

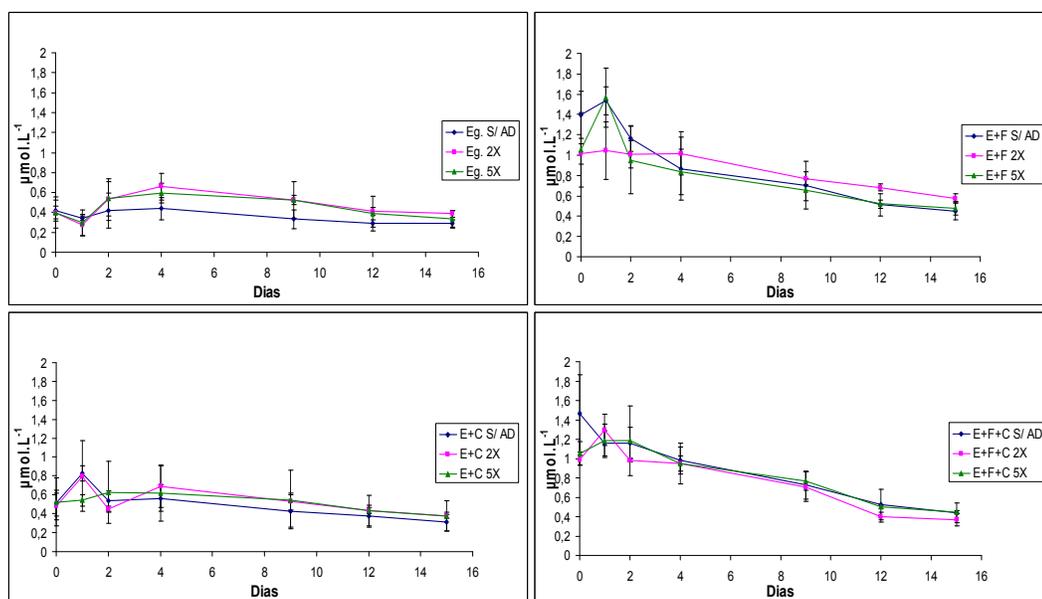


Figura 52 – Concentrações de Nitrito ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais, ao longo do experimento, no inverno de 2007 (n=3). As barras indicam os desvios padrões.

## 6 – DISCUSSÃO

### 6.1 – COMPETIÇÃO E COEXISTÊNCIA

A maioria das espécies vegetais apresenta uma distribuição espacial muito menor do que predizem as suas condições fisiológicas. Isto se deve em grande parte às interações entre indivíduos da própria espécie, entre populações de espécies diferentes e até mesmo entre diferentes níveis ecológicos (Lampert & Sommer, 1997). Nesse aspecto, a competição pode ser uma interação decisiva para a presença de determinadas espécies em um ecossistema, influenciando em índices como riqueza e diversidade.

Em alguns casos, a redução da diversidade biológica nos ecossistemas aquáticos e o estabelecimento de uma única espécie podem ser resultados das modificações das condições ambientais provocadas por ações antrópicas, que reduzem a heterogeneidade espacial e temporal (Camargo *et al.*, 2003).

De acordo com o princípio da exclusão competitiva de Gause, existe uma tendência das espécies com grande semelhança serem separadas ecologicamente pelo processo competitivo (Gause, 1934). Uma das bases hipotéticas do presente estudo foi justamente o fato de na lagoa do Campelo coexistirem espécies de macrófitas aquáticas que possuem características congruentes, como o fato de serem submersas, ocupando o mesmo hábitat e nicho ecológico, e de apresentarem rápido crescimento e desenvolvimento, fácil estabelecimento e grande plasticidade fenotípica de aclimação a condições adversas (Cook & Urmi-König, 1984; Haramoto & Ikusima, 1988; Kamara & Pflugmacher, 2007). Seguindo o princípio de Gause seria improvável a coexistência das macrófitas submersas atualmente dominantes na lagoa do Campelo, *E. densa* e *C. demersum*.

Porém, a coexistência de organismos em um determinado ecossistema pode ser possível devido às adaptações seletivas impostas pela competição (Odum, 1988). A coexistência em comunidades de macrófitas aquáticas ocorre, principalmente, devido à heterogeneidade espacial do ecossistema e à utilização diferenciada dos recursos (Chambers & Prepas, 1990). Apesar de estes autores afirmarem que a competição intra-específica é pequena, Camargo & Florentino (2000) observaram ocorrência deste

tipo de competição entre indivíduos da espécie *Nymphaea rudgeana*. Alguns autores afirmam que a competição inter-específica é um dos mais importantes mecanismos de controle da estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas (McCreary, 1991; Gopal e Goel, 1993).

A coexistência de macrófitas aquáticas observada na lagoa do Campelo pode ser explicada, então, pelos fatores citados, pois, apesar de se observar em muitos trechos *E. densa* e *C. demersum* formando bancos mistos, em outros formam-se bancos monoespecíficos. Além disso, as alterações no espelho d'água da lagoa do Campelo provocada nos últimos anos por ações antropogênicas pode ter contribuído para o estabelecimento e proliferação da macrófita aquática *E. densa*, e em menor escala de *C. demersum*, em detrimento do declínio da abundância de *Najas marina*, e da macroalga *Chara sp.* (Crespo, 2003). Provavelmente, a modificação abrupta no nível d'água da lagoa do Campelo devido à construção de um dique na porção inicial do canal Antônio Rezende (Fig. 2), que interrompeu o afluxo de água salobra e permitiu o maior acúmulo de água doce, possivelmente provocou a redução populacional de *Najas* e *Chara*, reiniciando o processo competitivo entre *E. densa* e *C. demersum* e permitindo a coexistência destas. Ainda, a dinâmica de dominância na lagoa do Campelo pode estar relacionada às oscilações na disponibilidade de nutrientes da água (Camargo *et al.*, 2003).

Portanto, os resultados obtidos nos experimentos do presente trabalho podem trazer respostas sobre o atual posicionamento das principais espécies produtoras na lagoa do Campelo e quais as possíveis conseqüências do intenso aporte de água doce, rica em nutrientes, provenientes tanto do canal que liga a lagoa ao rio Paraíba do Sul quanto do lençol freático que drena sua bacia hidrográfica. Obviamente, os resultados não poderão ser integralmente transferidos para o ecossistema natural, uma vez que os experimentos foram realizados sob condições laboratoriais semi-controladas.

Apesar de conduzidas em casa de vegetação, os experimentos apresentaram variações climatológicas semelhantes àquelas observadas na região. As variáveis temperatura do ar e radiação solar apresentaram diferenças estatísticas entre os períodos estudados, verão e inverno, e as variáveis físico-químicas avaliadas nas unidades experimentais seguiram esta variação (Figs 9, 10, 11 e Tabelas em apêndice: A-XXXIV e A-XXXV). Desta forma, pode-se afirmar que as variações nas unidades

experimentais entre os períodos de estudo não alteraram o propósito experimental, ao contrário, contribuíram para a análise da interferência da sazonalidade no crescimento de *E. densa*. A possível interferência da temperatura e da RFA no crescimento de *E. densa* serão discutidos adiante.

Os valores do pH das unidades experimentais, mesmo em tratamentos distintos, não apresentaram diferenças significativas. Este fato é relevante, uma vez que houve tratamentos com água da lagoa do Campelo e outros com solução de cultivo. A utilização e reutilização dos nutrientes pelas macrófitas e fitoplâncton podem ter influenciado a variação durante os períodos experimentais, já que se observou uma tendência ao declínio nos valores de pH ao longo dos experimentos (Fig 14).

Como todas as unidades experimentais foram aeradas e os tratamentos aleatorizados, de forma a uniformizar as condições externas para os diferentes tratamentos utilizados, partimos da premissa de que as alterações sobre as variáveis físico-químicas das unidades experimentais, as respostas de crescimento das macrófitas e do fitoplâncton, e as alterações nas concentrações de nutrientes se devem aos fatores propostos na metodologia de desenvolvimento dos experimentos.

## 6.2 – FATORES QUE INTERFEREM NO CRESCIMENTO DE *E. densa*

### 6.2.1 – TEMPERATURA E RADIAÇÃO SOLAR

Segundo Coops & Doef (1996), as mudanças na estrutura da vegetação dominante podem ser conseqüências das alterações das condições termo luminosas da água. As espécies vegetais têm sua distribuição fortemente influenciada pelas faixas ótimas de luz e temperatura, sendo que estas faixas podem variar em função da sazonalidade, do ambiente e da localização geográfica em que se encontram as espécies (Camargo *et al.*, 2003). Ainda, a temperatura e luz podem ser importantes na variação dos efeitos do processo de competição, uma vez que determinada espécie pode, competitivamente, se desenvolver com mais facilidade sob certas condições termo-luminosas (van den Berg *et al.*, 1998).

A disponibilidade luminosa é um fator preponderante que controla a produtividade em ecossistemas aquáticos, influenciando na estrutura da comunidade

vegetacional (Tavecchio & Thomaz, 2003). A exposição a diferentes intensidades luminosas requer diversificação dos tipos de adaptações morfológicas e fisiológicas das macrófitas aquáticas (Camargo *et al.*, 2003).

Neste estudo, a influência das características sazonais como temperatura e radiação fotossinteticamente ativa no desenvolvimento de *E. densa* e de seus possíveis competidores foi considerada como um único fator, “Período do ano”, uma vez que não foi possível controlá-las experimentalmente, a fim de verificar seus efeitos independentemente. Portanto, as afirmações acerca destas características devem ser cuidadosamente interpretadas, pois pode haver interação entre elas.

Em alguns estudos realizados com *E. densa* foi demonstrado que sua faixa ótima de temperatura é de até 24°C (Haramoto & Ikusima, 1988). Pezzato & Camargo (2004) observaram maior produtividade primária líquida nesta planta numa faixa de temperatura entre 19 e 21°C. Semelhantemente, no presente trabalho, a temperatura pode ter sido um fator muito importante não somente para o desenvolvimento *E. densa*, como também para *C. demersum* e para a comunidade fitoplanctônica.

O desenvolvimento de biomassa em *E. densa*, em *C. demersum* e na comunidade fitoplanctônica foram maiores no inverno, quando a temperatura média observada nas unidades experimentais foi de 24,7°C (Figs. 18, 32, 46). No verão, a elevada temperatura da água, com média de 29,9°C, pode ter sido um fator importante para o menor acúmulo de biomassa nas macrófitas e comunidade fitoplanctônica (Figs. 17, 31, 45). O menor desenvolvimento de biomassa de *E. densa* no verão corrobora a sensibilidade desta espécie a elevadas temperaturas observada por Pezzato e Camargo (2004) e Borges Neto *et al.* (2005). No referido estudo, *E. densa* foi mais sensível à temperatura do que *E. najas*, sendo observada degradação dos seus tecidos à 35°C.

Assim como a temperatura, a RFA também pode ter contribuído para o padrão de maior desenvolvimento de biomassa das macrófitas aquáticas no inverno, quando a média de RFA na água foi de 593,47  $\mu\text{molFótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Este fato está de acordo com os resultados de Pezzato & Camargo (2004), que observaram maior produção primária bruta de *E. densa* quando exposta a uma intensidade média de 895,77  $\mu\text{molFótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ .

A elevada intensidade luminosa a que foram expostas as plantas e a comunidade fitoplanctônica no verão, quando a RFA média foi de  $1442,97 \mu\text{mol F\acute{o}tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , pode ter prejudicado o funcionamento dos seus aparatos fotossintéticos. Isto porque quando as folhas são expostas a uma intensidade de luz maior do que elas podem utilizar, o centro de reação do PSII é inativado e danificado, constituindo o fenômeno de *fotoinibição*. Mesmo que a fotossíntese não tenha sido inibida pela luz, em elevados níveis de fluxos fotônicos, a resposta fotossintética começa a estabilizar-se e alcança um patamar de *saturação*. Este ponto indica que outros fatores e não a luz incidente, como a taxa de transferência de elétrons, atividade da rubisco ou metabolismo de trioses fosfato tornam-se limitantes à fotossíntese (Fig. 53). As plantas ainda possuem mecanismos de contornar problemas de excesso de energia luminosa e dissipar vastas quantidades de calor, como o ciclo da xantofila e a síntese de isoprenos (Taiz & Zeiger, 2002).

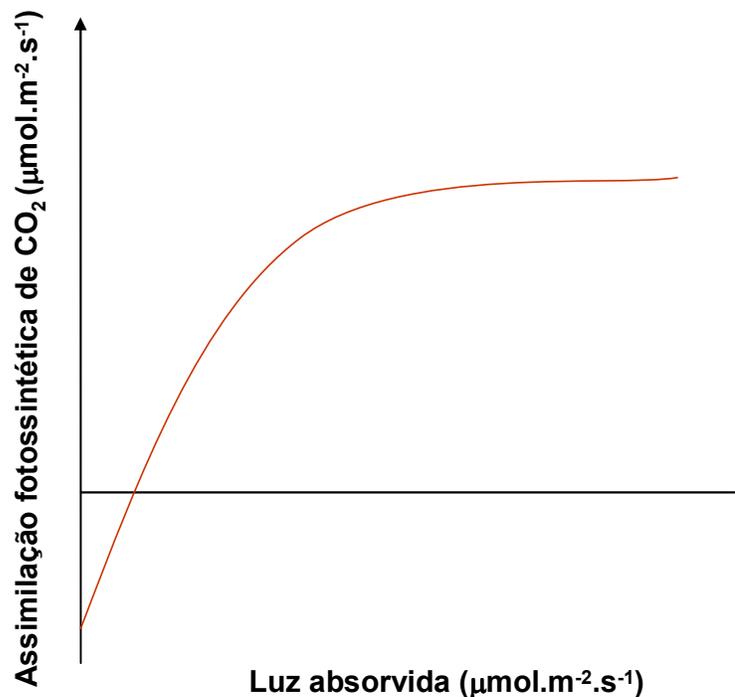


Figura 53 – Resposta fotossintética à luz em plantas C<sub>3</sub>. (Fonte: Taiz & Zeiger, 2002).

Dessa forma, a fotossíntese de *E. densa*, *C. demersum* e fitoplâncton no verão pode ter sido inibida ou os recursos destinados à produção primária podem ter sido

desviados para contornar os problemas relativos à alta incidência de RFA e elevadas temperaturas.

Alguns trabalhos, como os de Barko & Smart (1981) e de Tavecchio & Thomaz (2003), que trabalharam com *E. densa* e *E. najas*, respectivamente, em ambientes com até 22m de profundidade, apontam que o alongamento e a taxa de crescimento ( $\text{cm.d}^{-1}$ ) destas macrófitas submersas estão diretamente relacionados à profundidade e à disponibilidade luminosa. Estes autores observaram que quanto maior a profundidade e menor a disponibilidade luminosa, maior o alongamento dos ramos das macrófitas submersas. Esta resposta pode ser explicada como uma estratégia competitiva das plantas para ter acesso à luz.

Todavia, em estudo realizado por Carrillo *et al.* (2006), a taxa de crescimento dos ramos de *E. densa* respondeu negativamente à profundidade. Segundo o autor, esta resposta é típica de *E. densa* e de outras macrófitas submersas e é devido à atenuação da intensidade de luz, o que afeta as taxas fotossintéticas. O estudo de Carrillo *et al.* (2006) foi efetuado em ambiente com profundidades média de 10m. Ainda de acordo com este autor, outro fator que influenciou o crescimento das macrófitas foram as baixas temperaturas encontradas nas regiões mais profundas não favoreceram o alongamento dos ramos das macrófitas.

Em estudo sobre a capacidade de regeneração de *E. densa*, Oliveira *et al.* (2005) inferiram que a menor recolonização e crescimento das plantas situadas em maior profundidade (6 a 9m) foi, provavelmente, devido à menor intensidade de luz recebida pelas plantas, reduzindo a capacidade fotossintética e acúmulo de biomassa. Da mesma forma, van de Haterd & Ter Heerdt (2007) inferiram que a elevada turbidez tem efeito negativo no estabelecimento de macrófitas aquáticas, sendo o principal fator limitante do desenvolvimento de macrófitas submersas.

Os resultados obtidos no presente estudo, entretanto, não mostraram diferenças no alongamento dos talos de *E. densa* entre os períodos do ano, verão e inverno, os quais apresentaram intensidades luminosas significativamente diferentes (Tab. II). Com base nesta informação, é possível inferir que a intensidade de RFA não aparentou interferir no alongamento dos talos de *E. densa*.

Como a RFA não foi diferente entre as unidades experimentais de diferentes tratamentos, não foi possível a inferência sobre o efeito do sombreamento, causado por

possíveis competidores, no desenvolvimento de *E. densa*. Muitos estudos têm mostrado o efeito do sombreamento, principalmente por algas epífitas, no desenvolvimento de macrófitas aquáticas (Sheffer, 1993, 1998; Nakai *et al.* 1996, 1999; van Donk & van de Bund, 2002; Gross *et al.*, 2003). De acordo com estes estudos, a dinâmica de dominância em um ecossistema aquático por macrófitas é diretamente afetada pelo sombreamento e redução da penetração de luz na água. O conceito de estados de equilíbrio alternativos proposto por Scheffer *et al.* (1993) tem na turbidez causada pelos grandes complexos algais um fator importante para modificação da estrutura de dominância. Segundo estes autores as macrófitas aquáticas submersas são afetadas negativamente pela redução da RFA subaquática, causada pelo desenvolvimento do fitoplâncton, o que minimiza seu desenvolvimento e, conseqüentemente, a sua dominância.

Mony *et al.* (2007) observaram que macrófitas aquáticas submersas como *E. densa* e *Hydrilla verticillata* competem entre si mais por recursos de crescimento como nutrientes do que por luz. Isto ocorre devido ao tipo de ocupação vertical na coluna d'água, pois *E. densa* desenvolve um dossel difuso em maiores profundidades (Haramoto & Ikusima, 1988) e *H. verticillata* tem ramos que alongam rapidamente até a superfície da água (Haller & Sutton, 1975).

A disponibilidade luminosa afeta não somente o crescimento de macrófitas submersas, mas também da comunidade fitoplanctônica. Em experimentos realizados em meso e microcosmos, Stephen *et al.* (2004) e Carter *et al.* (2005), respectivamente, observaram que em condições de baixa incidência de RFA o crescimento fitoplanctônico foi reduzido. Estes autores concluíram que a luz constitui-se em um fator primário para o desenvolvimento das algas, assim como para as macrófitas aquáticas.

No presente estudo, seguindo o padrão de crescimento das macrófitas aquáticas, o desenvolvimento em biomassa da comunidade fitoplanctônica foi bem maior no inverno do que no verão (Figs. 45 e 46). A explicação pode estar relacionada à saturação do complexo fotossintético também das algas no verão.

Em relação ao crescimento fitoplanctônico, é importante comentar a respeito dos valores iniciais de biomassa obtidos neste estudo. No verão de 2007, mais precisamente no mês de Janeiro do referido ano, as intensas chuvas (acima de 300mm acumulados no mês) podem ter ocasionado uma "diluição" na água da lagoa do

Campelo, uma vez que para o experimento deste período do ano foram coletadas amostras com concentração média de biomassa fitoplanctônica de  $7,83\mu\text{g.L}^{-1}$ . Este valor foi muito inferior ao observado comumente na lagoa do Campelo, sendo que para o experimento do inverno as amostras coletadas no mês de Junho apresentaram concentração média de biomassa fitoplanctônica de  $36,5\mu\text{g.L}^{-1}$ . Nas avaliações de crescimento fitoplanctônico, consideramos a porcentagem de aumento de biomassa em cada experimento em relação ao seu respectivo valor inicial.

Nos experimentos realizados neste estudo os fatores temperatura e RFA, possivelmente, foram importantes para taxa de crescimento relativo (TCR) das macrófitas aquáticas, principalmente de *E. densa* (Tab. IV). Comparativamente com outros estudos, as TCR de *E. densa* obtidas no experimento realizado no inverno ( $0,032\text{d}^{-1}$ ) foram similares às encontradas por Kahara & Vermaat (2003), por Tanner *et al.* (1993) e por Carrilo *et al.* (2006) em temperatura de cerca de  $17^{\circ}\text{C}$ . Já as TCR de *E. densa* obtidas no verão foram menores que no inverno, sendo que a média geral de todos os tratamentos, de  $0,005\text{d}^{-1}$ , esteve próxima à encontrada por outros autores em temperaturas mais baixas (Carrilo *et al.*, 2006) (Tab. XXIV).

Tabela XXIV - Alongamento e taxa de crescimento de *C. demersum* neste estudo e de *E. densa* em diferentes temperaturas em condições laboratoriais ou *in situ*. (Modificado de Carrilo *et al.*, 2006)

	Alongam. ( $\text{cm.d}^{-1}$ )	TCR ( $\text{d}^{-1}$ )	Média ( $^{\circ}\text{C}$ )	Cond. Experim.
Este estudo	0,327 - 0,334	0,005 - 0,032	29,9 - 24,7	Lab.
<i>C. demersum</i> (Este estudo)	-	0,013 - 0,057	29,9 - 24,7	Lab.
Carrillo <i>et al.</i> (2006)	0,06 - 1,27	0,003 - 0,035	15 - 17	<i>In situ</i>
Barko & Smart (1981)	$\sim 0,29$ - 0,43	$\sim 0,018$	16	Lab.
Haramoto & Ikusima (1988)	-	$\sim 0,02$	17	Lab.
Hauenstein & Ramirez (1986)	$\sim 0,1$	-	18	Lab.
Kahara & Vermaat (2003)	-	0,03 - 0,04	25	Lab.
Tanner <i>et al.</i> (1993)	$\sim 1,2$	$\sim 0,032$	13,5 - 19	Lab.

O potencial de acúmulo de biomassa por *E. densa* em períodos muito curtos é enorme. Oliveira *et al.* (2005) observaram acúmulo de 5 toneladas de matéria seca por hectare em apenas três meses de crescimento e Tanner *et al.* (1993) verificaram que a biomassa da macrófita aquática submersa duplicou a cada 17 dias. Um dos fatores que contribuem para essa característica de *E. densa* pode ser um sistema fotossintético

eficiente e com boa capacidade de absorção de CO<sub>2</sub> (Lara *et al.*, 2002; Maberly & Madsen, 2002; Kahara & Vermaat, 2003; Pierini & Thomaz, 2004). O crescimento a partir de pedaços do caule também pode ser uma importante característica do crescimento de *E. densa*, sendo que Hofstra *et al.* (1999) observaram, a partir de caules da macrófita, uma ocupação total dos tanques de experimentação após 3 meses. Pierini *et al.* (2006) observaram que uma espécie do mesmo gênero, *E. najas*, apresenta grande potencial de regeneração por propágulos vegetativos quando exposta à condição de seca. No presente experimento, tomando-se a média de TCR de inverno, a biomassa duplicaria em cerca de 22 dias, enquanto que sob as condições de experimentação de verão a duplicação de biomassa somente seria observada em cerca de 120 dias.

#### 6.2.2 – DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES

A contribuição da disponibilidade de nutrientes para a limitação do crescimento de macrófitas aquáticas é discutida na literatura, havendo divergências entre os pesquisadores. Alguns autores como Madsen & Adans (1988) consideram que a luz e a disponibilidade de carbono são fatores que limitam o crescimento das macrófitas aquáticas. Contudo, em estudo posterior, Madsen & Baattrup-Pedersen (1995) afirmam que nutrientes como nitrogênio e fósforo são importantes limitantes para o crescimento de espécies submersas.

As razões atômicas C:P e N:P observadas em *E. densa* neste experimento (Figs 28 e 29) foram maiores do que as encontradas por Fonseca (2006), *in situ*, na mesma espécie. Os elevados valores de razões atômicas C:P e N:P indicam que possivelmente a assimilação e/ou o acúmulo do elemento fósforo tenha sido limitado por algum dos fatores estudados. De fato, os testes estatísticos mostram que os fatores “Possíveis Competidores” e “Período do ano” influenciam nas referidas razões.

Os dados de razão C:N em *E. densa* no início do experimento são similares aos publicados por Duarte (1992), em uma revisão sobre padrões gerais observados em macrófitas aquáticas. Em *C. demersum* a razão C:N no início do experimento também esteve próximo aos valores encontrados na literatura (Miller & Provenza, 2007).

Porém, os valores de razões C:P, tanto em *E. densa* quanto em *C. demersum*, encontrados inicialmente na lagoa do Campelo (acima de 900) apresentaram valores superiores ao publicado por Duarte (1992), de cerca de 500.

Os valores de razão N:P em *E. densa* no início do experimento (cerca de 50) já se apresentavam superiores aos previstos por Duarte (1992), em torno de 22. Considerando todos os tratamentos deste experimento, houve ainda um aumento nas razões N:P nos talos de *E. densa*, incrementando a discrepância entre as observações neste estudo e as já publicadas. Esta diferença está relacionada com a maior assimilação de nitrogênio, que não foi acompanhada pela assimilação de fósforo pela macrófita aquática *E. densa*.

A maior concentração de carbono em relação ao fósforo possivelmente é atribuída à alocação de recursos em estruturas celulares, como lignina e celulose (Duarte, 1992).

A concentração de nitrogênio e fósforo estão intimamente relacionadas e o desequilíbrio na razão N:P pode resultar em deficiência pela planta em produzir proteínas, ATP, ADP, NADP e ácido nucléicos (Duarte, 1992), o que pode explicar, em parte, os valores de TCR próximos àqueles observados por Kahara & Vermaat (2003) e Tanner *et al.* (1993), que trabalharam sob condições de temperatura menores, e portanto, supostamente, sob menores taxas metabólicas.

As concentrações de carbono, nitrogênio e fósforo encontradas em *C. demersum* foram semelhantes à encontradas por outros autores (Miller & Provenza, 2007), sendo que apenas o fator “Período do ano” influenciou na assimilação destes nutrientes (Figs. 33 a 38).

A disponibilidade de nutrientes no sedimento tem sido descrito como um importante fator que influencia no crescimento de macrófitas submersas enraizadas (Barko *et al.*, 1991; Beste *et al.*, 1996; Carr *et al.*, 1997; Carr & Chambers, 1998; Thomaz *et al.*, 2007). No entanto, algumas espécies de submersas enraizadas, como *E. densa*, desenvolveram uma estratégia competitiva de otimizar o crescimento em baixas concentrações de nutrientes no sedimento, retirando nutrientes da água por difusão passiva (Mony *et al.*, 2007). Baseado nesta observação os ramos de *E. densa* foram cultivados na ausência de sedimento, livres nas unidades experimentais, sendo

considerado que a disponibilidade de nutrientes na água tenha sido capaz de suprir as necessidades da planta (Carrilo *et al.*, 2006).

O objetivo de se adicionar nutrientes (N e P) nas unidades experimentais foi de simular um processo de eutrofização e verificar se este influencia no crescimento de *E. densa*. A eutrofização favorece a instalação e desenvolvimento de bancos de macrófitas aquáticas (Borges Neto *et al.*, 2005), sendo que as maiores taxas de crescimento de macrófitas têm sido obtidas em águas com maior concentração de nutrientes (Camargo *et al.*, 2003). Esta característica de macrófitas aquáticas se desenvolverem, apresentarem alta produtividade primária e estocarem biomassa em ambientes com elevadas concentrações de nutrientes as capacitam a serem eficientes no tratamento de efluentes (Tanner, 2001; Greenway, 2003, 2005).

Porém, de acordo com o conceito de estados de equilíbrio alternativos e proposições de outros autores as elevadas concentrações de nutrientes em lagos rasos podem contribuir para o aumento populacional de espécies flutuantes e, principalmente, para uma maior densidade fitoplanctônica que reduzem a penetração de luz na coluna d'água, reduzindo a produtividade primária de espécies de macrófitas submersas (Wetzel, 1993; Esteves, 1998). Dessa forma, as macrófitas submersas têm sido geralmente relacionadas a ecossistemas oligotróficos (Camargo *et al.*, 2003).

No presente trabalho, as diferentes concentrações de nutrientes (N e P) dos distintos tratamentos influenciaram o crescimento da macrófita aquática *E. densa*. A adição de 2x a concentração inicial do experimento parece ser ótima para o crescimento de *E. densa*, mesmo na presença da comunidade fitoplanctônica, que não mostrou, portanto, influência no crescimento da macrófita nesta concentração (Figs 15 e 16).

Os tratamentos com adição de 2x, nos quais foram observados maiores alongamentos dos ramos de *E. densa*, apresentaram concentrações iniciais de ortofosfato próximas de  $2\mu\text{mol.L}^{-1}$ , em ambos os períodos de estudo (Figs 47 e 48). As concentrações de amônio variaram entre 2 e  $4\mu\text{mol.L}^{-1}$  no verão, e estiveram próximas de  $2\mu\text{mol.L}^{-1}$  no inverno (Figs 49 e 50). O nitrito, forma nitrogenada intermediária entre o amônio e o nitrato, apresentou variação no início de 0,5 a  $1\mu\text{mol.L}^{-1}$  (Figs. 51 e 52).

Com os resultados obtidos foi possível inferir que o efeito das maiores concentrações de nutrientes na água no crescimento e acúmulo de biomassa e

nutrientes pelos ramos de *E. densa* foi sobrepujado pela presença da macrófita aquática *C. demersum*. Isto, possivelmente, responde a dominância de *E. densa* e sua concomitante coexistência com *C. demersum* na lagoa do Campelo. Esta informação pode servir de base, ainda, para eventuais problemas com descarga de efluentes altamente concentrados na lagoa, uma vez que a presença de *C. demersum* poderá controlar o aumento indiscriminado de *E. densa*.

Em relação à biomassa fitoplanctônica foram verificados aumentos nos tratamentos com presença de *E. densa* e adição de 5x nutrientes no verão e com *E. densa* e *C. demersum* em adição de 5x nutrientes no inverno. O discreto aumento de biomassa da comunidade fitoplanctônica em adição de 5x de nitrogênio e fósforo pode ser um indicativo de que os constantes aportes de efluentes na lagoa do Campelo, possivelmente, podem acarretar em um progressivo domínio fitoplanctônico no ecossistema aquático, alterando o atual estado de equilíbrio de dominância das macrófitas. Esse padrão de aumento da biomassa fitoplanctônica em relação ao aumento de nutrientes foi observado por Stephen *et al.* (2004) e Carter *et al.* (2005), que verificaram aumento de biomassa em maiores concentrações de nitrato.

No entanto, estatisticamente não foi observada influência das diferentes concentrações de nutrientes no crescimento fitoplanctônico. Isto está de acordo com os resultados obtidos por Körner & Nicklisch (2002), que verificaram que diferentes concentrações de nutrientes não limitaram o crescimento fitoplanctônico. Já no estudo realizado por Jasser (1994), a disponibilidade de nutrientes foi um fator limitante do aumento de biomassa de fitoplâncton.

### 6.2.3 – COMPETIÇÃO POR RECURSOS

A competição por recursos como nutrientes, espaço e luz entre espécies de macrófitas aquáticas submersas, e entre estas e fitoplâncton é largamente discutida na literatura (Scheffer *et al.*, 1993; Janse *et al.*, 1998; Scheffer, 1998; James *et al.*, 1999; van Donk & van de Bund, 2002, Doyle *et al.*, 2003). Macrófitas aquáticas e algas apresentam relações antagônicas em ecossistemas aquáticos naturais e experimentais (Nakai *et al.*, 1996). Estes autores verificaram que o crescimento algal é inibido devido à competição por nutrientes, luz e/ou até mesmo por compostos bioativos produzidos

pelas macrófitas aquáticas. Alguns autores já verificaram que a biomassa fitoplanctônica foi menor quando na presença de macrófitas aquáticas (Jeppesen *et al.*, 1990; Scheffer, 1998). Em estudo sobre o efeito de macrófitas aquáticas em comunidades fitoplanctônicas, Takamura *et al.* (2003) observaram que em 36% dos casos a variação total na comunidade fitoplanctônica foi explicada pela presença de macrófitas aquáticas.

No presente estudo, a presença de macrófitas aquáticas, tanto *E. densa* quanto *C. demersum*, estatisticamente, não alterou o desenvolvimento de biomassa da comunidade das algas. Os resultados estatísticos indicam que a presença de macrófitas aquáticas pode até interferir na biomassa de fitoplâncton, porém, isto depende do período do ano e da concentração de nutrientes. Portanto, estes dois últimos fatores parecem ser mais importantes para o crescimento algal do que a presença de macrófitas aquáticas. Entretanto, o surgimento de relações significativas entre o desenvolvimento de biomassa fitoplanctônica e possíveis competidores no período de inverno sugerem que em um meio menos estressante (menor temperatura e radiação), a presença de outros organismos assume maior importância sobre o desenvolvimento fitoplanctônico. A presença de *C. demersum* parece estimular o crescimento fitoplanctônico em relação à presença somente de *E. densa*, uma vez que a biomassa fitoplanctônica naquelas unidades experimentais com *C. demersum* apresentaram, no inverno, concentração cerca de duas vezes superior (Fig 46). Por outro lado, a presença de *C. demersum* inibe o desenvolvimento de *E. densa*, e o maior desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica pode estar relacionado à menor competição com esta.

O inverso também foi observado. Apesar do fator “Possível Competidor” ter influenciado estatisticamente o crescimento, o desenvolvimento de biomassa e o acúmulo de nutrientes por *E. densa*, a presença, especificamente, da comunidade fitoplanctônica proveniente da lagoa do Campelo, não foi significativo. Esta afirmativa é feita com base nos gráficos de alongamento dos ramos de *E. densa* e de seu desenvolvimento em biomassa. Os resultados mostram que as diferenças abruptas em relação ao fator “Possível Competidor” estão relacionadas, principalmente, à presença de *C. demersum* e não da comunidade fitoplanctônica.

Apesar do elevado potencial de acúmulo de biomassa de *E. densa* discutida anteriormente, foram observados valores negativos de TCR desta espécie nos tratamentos com *C. demersum* no experimento realizado no verão, reduzindo a média da TCR no período (Tab. IV).

O crescimento de *E. densa* foi nitidamente menor na presença de *C. demersum*, em qualquer adição de nutrientes. Quando comparados os crescimentos dos ramos de *E. densa* somente nos tratamentos controle (*E. densa* sem adição de nutrientes) observa-se que para duplicar o comprimento no verão seriam necessários 29 dias quando isolada de possíveis competidores, 25 dias na presença de fitoplâncton, 36 na presença de fitoplâncton e *C. demersum* e 40 dias quando na presença de *C. demersum* somente. No inverno, a diferença na duplicação em comprimento dos ramos seria ainda mais discrepante, sendo necessários 25 dias quando isolada de possíveis competidores, 28 dias na presença de fitoplâncton, 39 dias na presença de fitoplâncton e *C. demersum* e de até 54 dias na presença de *C. demersum* somente (Tab. II).

Além disso, o maior acúmulo de nitrogênio pelos ramos de *E. densa* foram maiores também na presença de *C. demersum*. Isso pode ser explicado pelo fato de que as interações competitivas entre espécies de plantas que possuem estratégias ecológicas e formas de crescimento semelhantes parecem ser mais intensas e que as plantas podem desenvolver mecanismos para maximizar a eficiência de assimilação de nutrientes quando em condições adversas ou sob estresse (Gopal & Goel, 1993, Mony *et al.*, 2007).

*E. densa* e *C. demersum*, atualmente, têm se destacado pelo alto poder competitivo, se tornando espécies invasoras de muitos ecossistemas naturais no mundo (Thomaz *et al.*, 1999). *C. demersum* apresenta uma alta plasticidade fenotípica de se aclimatar em condições adversas (Kamara & Pflugmacher, 2007). Possivelmente este foi um importante mecanismo competitivo que propiciou a redução de biomassa em *E. densa* e seu reduzido crescimento nos experimentos aqui realizados. O tipo de desenvolvimento do dossel de *C. demersum* também pode ter contribuído para os resultados observados. Alguns estudos mostram que macrófitas com folhas flutuantes bloqueiam a penetração de luz na coluna d'água e afetam o crescimento de macrófitas submersas (Larson, 2007). Da mesma forma, isto pode ter ocorrido neste experimento, mesmo que *C. demersum* não seja uma espécie flutuante, uma vez que se observou

uma tendência destas ocuparem extratos superiores em relação à *E. densa* nas unidades experimentais. A presença de *C. demersum* pode ter reduzido a disponibilidade de luz para a produção primária de *E. densa*.

Já a presença de *E. densa* e da comunidade fitoplanctônica não alteraram o padrão de desenvolvimento de biomassa e o acúmulo de nutrientes por *C. demersum*, sendo que o fator “Período do ano” foi o único a apresentar influência na biomassa de *C. demersum* e no seu acúmulo de fósforo. Este fato evidencia que outro(s) fator(es) que não os avaliados nestes experimentos mantém reduzidos os bancos de *C. demersum* em relação à *E. densa* na lagoa do Campelo.

Os resultados de menor crescimento de *E. densa* na presença de outra espécie de macrófita submersa corroboram os obtidos por Mony *et al.* (2007), que verificaram que *Hydrilla verticillata* apresenta vantagens sobre *E. densa* na aquisição de recursos e ocupação de espaços. No entanto, ao contrário daquele estudo, a sazonalidade apresentou também influência na biomassa de *E. densa* quando exposta à situação de competição.

Apesar dos resultados observados, *E. densa* é descrita como uma espécie de macrófita submersa que é altamente competitiva em águas mesotróficas (Howard-Williams, 1993). Esta espécie apresenta características importantes que a capacita para interações de competição como a formação de um dossel denso (Hofstra *et al.*, 1999) e a habilidade de utilizar o  $\text{HCO}_3^-$ , forma de carbono inorgânico que prevalece em ambientes alcalinos, na produção primária (Sand-Jensen *et al.*, 1992; Kahara & Vermaat, 2003).

#### 6.2.4 – ALELOPATIA

Além de todos os mecanismos desenvolvidos por macrófitas aquáticas descritos acima para uma eventual interação de competição, a produção e liberação de compostos bioativos também podem ser consideradas como efetivas estratégias competitiva. Alguns autores têm direcionado seus esforços no entendimento de como são produzidos, quais são esses compostos e quais as maneiras que agem no receptor (Gross *et al.*, 1996; Nakai *et al.*, 1996, 1999; James *et al.*, 1999, 2006; van Donk & van de Bund, 2002). Essa forma de competição por interferência, denominada alelopatia, é

acentuada em condições de estresse, como a limitação de nutrientes e luz (Reigosa *et al.*, 1999), sendo, portanto, uma resposta das mudanças fisiológicas apresentadas pelos doadores e pelos receptores (Mulderij *et al.*, 2007).

Alguns grupos de macrófitas aquáticas são capazes de produzir e liberar este tipo de substâncias, sendo que alguns estudos têm mostrado supressão algal por substâncias alelopáticas de macrófitas aquáticas (Nakai *et al.*, 1999; Körner & Nicklisch, 2002; Gross *et al.*, 2003; Takamura *et al.*, 2003). A tabela XXV a seguir, mostra alguns exemplos de espécies de macrófitas submersas conhecidas por apresentarem efeitos no crescimento de algas epifíticas, algas planctônicas e cianobactérias.

Tabela XXV – Espécies de macrófitas aquáticas descritas como liberadoras de substâncias alelopáticas e sua respectiva publicação.

Espécies de macrófita aquática	Referência
<i>Egeria densa</i>	Nakai <i>et al.</i> , 1999
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Nakai <i>et al.</i> , 1999; Wium-Andersen <i>et al.</i> , 1982
<i>Eleocharis acicularis</i>	Nakai <i>et al.</i> , 1999
<i>Cabomba caroliniana</i>	Nakai <i>et al.</i> , 1999
<i>Limnophila sessiliflora</i>	Nakai <i>et al.</i> , 1999
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Nakai <i>et al.</i> , 1999; Körner & Nicklisch, 2002
<i>Elodea canadensis</i>	Erhard & Gross, 2006
<i>Elodea nuttallii</i>	Erhard & Gross, 2006
<i>Zostera marina</i>	Harrison & Durance, 1985
<i>Potamogeton oxyphyllus</i>	Nakai <i>et al.</i> , 1999
<i>Vallisneria denseserrulata</i>	Nakai <i>et al.</i> , 1999
<i>Stratiotes aloides</i>	Mulderij <i>et al.</i> , 2005
<i>Chara aspera</i>	van Donk & van de Bund, 2002

Os poucos estudos existentes com *E. densa* nesta linha de pesquisa mostram que a espécie apresenta potencial para competir alelopaticamente. O efeito inibitório de *E. densa* foi observado sobre as algas *Microcystis aeruginosa* e *Anabaena flos-aquae* (Nakai *et al.*, 1999). Outras espécies da família Hydrocharitaceae como *Elodea nuttallii* e *Elodea canadensis* também são descritas como produtoras e excretoras de compostos alelopáticos, porém com maior efeito inibitório nas algas (Erhard & Gross, 2006).

A macrófita submersa *C. demersum* é amplamente estudada devido a sua capacidade de produção e liberação de substâncias alelopáticas com conseqüentes

efeitos negativos no crescimento algal (Wium-Andersen *et al.*, 1982; Nakai *et al.*, 1999; Gross *et al.*, 2003). Em estudo sobre inibição do crescimento de fitoplâncton devido à alelopatia, Körner & Nicklisch (2002) observaram, através de análise de fluorescência, que *C. demersum* inibiu a atividade do PSII das espécies fitoplanctônicas investigadas.

As substâncias alelopáticas também podem ser direcionadas para outras espécies de macrófitas aquáticas. Possivelmente, o menor crescimento, a menor TCR, menor acúmulo de biomassa e de nutrientes de *E. densa* na presença de *C. demersum*, mesmo em elevadas concentrações de nutrientes, se deve aos compostos bioativos. Em relação à coexistência das duas espécies na lagoa do Campelo, pode-se inferir que, possivelmente, a alelopatia não seja o fator decisivo na atual situação de dominância por *E. densa*.

Apesar da competição por interferência através da liberação de compostos químicos ter sido claramente demonstrada em alguns estudos, van Donk & van de Bund (2002) destacam que em alguns casos os efeitos negativos no crescimento fitoplanctônico podem ser confundidos com outras interações competitivas. Em outros casos, é possível que diferentes grupos de algas desenvolvam habilidades para metabolizar as substâncias alelopáticas, inibindo seus efeitos (Gross *et al.*, 1996).

No presente estudo não houve avaliação, especificamente, da alelopatia, tampouco identificação das substâncias envolvidas no processo. As inferências são feitas com base em estudos anteriormente realizados. Portanto, todas as colocações a respeito dos efeitos alelopáticos, possivelmente existentes nos experimentos realizados, devem ser cautelosamente consideradas.

### 6.3 – EXPERIMENTOS COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS, SUBSÍDIOS PARA MANEJO E CONSERVAÇÃO DE ECOSISTEMAS NATURAIS.

Experimentos com macrófitas aquáticas em condições laboratoriais ou *in situ* têm se tornado importantes ferramentas para modelagens e previsões de ocorrência, servindo ainda, como base de informações para o gerenciamento de ecossistemas naturais.

Grande parte dos pesquisadores relacionados à área limnológica têm destinado seus esforços na compreensão da distribuição das espécies de macrófitas aquáticas e

os mecanismos que contribuem para seu alto desenvolvimento e invasão, principalmente em reservatórios.

Os prejuízos causados pela invasão e elevado potencial de crescimento de *E. densa* e *C. demersum* justificam o desenvolvimento de alternativas para seu controle. Por exemplo, Marcondes *et al.* (2003) verificaram que o herbicida fluridone controlou a espécie *E. densa*, quando as concentrações do produto foram elevadas, havendo reinfestação depois de cessada a aplicação do produto. A macrófita *C. demersum* não foi controlada pelo fluridone. Já Borges Neto *et al.* (2005) dispensaram atenção no estudo de controle biológico em *E. densa*. Esses autores verificaram que *E. densa* pode ser controlada pelo fungo *Fusarium graminearum* em condições de ausência de luminosidade e temperatura de 30°C. O controle biológico de macrófitas aquática também foi alvo de estudo de Miyazaki & Pitelli (2003), que verificaram que o peixe Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) tem preferência alimentar pelas espécies do gênero *Egeria*. Entretanto, estes resultados evidenciam que o controle de macrófitas pressupõe condições bem diversas daquelas observadas naturalmente e/ou a introdução de peixes exóticos, que podem causar outros danos ambientais.

Alguns estudos com *E. densa* visam não somente o controle, mas também o destino final dos grandes bancos retirados mecanicamente. Sampaio & Oliveira (2005) concluíram que a biomassa de *E. densa* retirada de reservatórios pode ser aproveitada como adubo orgânico, incorporando nutrientes ao solo e aumentando a produção agrícola.

Os resultados apresentados pelo presente trabalho podem servir como base para posteriores observações a respeito do comportamento de macrófitas aquáticas à presença de competidores e os mecanismos que facilitam ou inibem o seu desenvolvimento e proliferação.

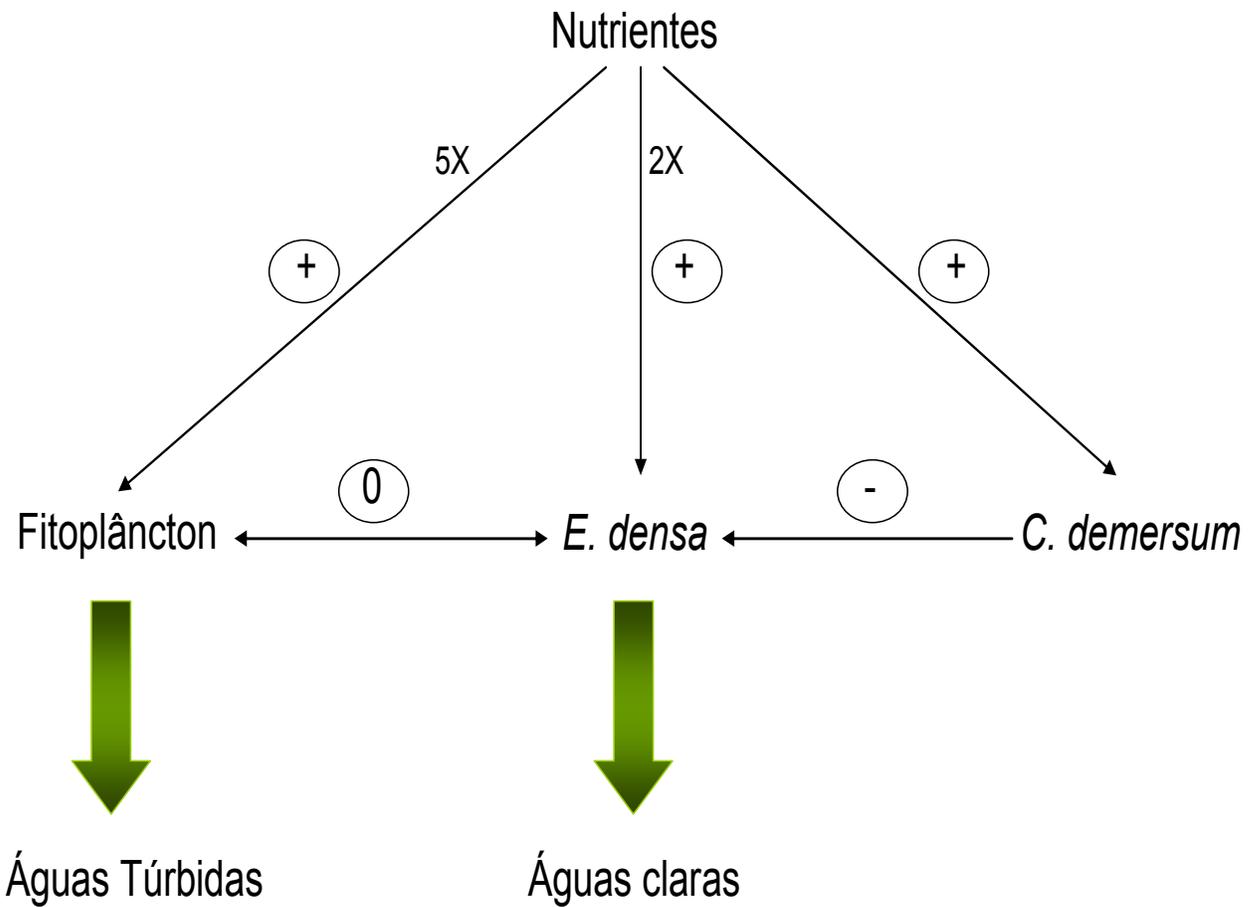


Figura 54 – Esquema final representando, de maneira geral, os resultados obtidos de crescimento de *E. densa* na presença de competidores e sob adição de nutrientes.

## 7 - CONCLUSÃO

A metodologia empregada neste estudo, bem como o desenho experimental, responderam as questões propostas a respeito da interferência do incremento de nutrientes, da presença de possíveis competidores e da sazonalidade no crescimento de da macrófita aquática *E. densa*.

Com os resultados obtidos, é possível afirmar que a adição de nutrientes (nitrogênio e fósforo) alterou o desenvolvimento da macrófita aquática submersa *Egeria densa*. O incremento em 2x a atual concentração de nitrogênio e fósforo da lagoa do Campelo poderá favorecer o domínio de *E. densa*, enquanto o aumento em 5x poderá acarretar em um provável domínio fitoplanctônico.

A presença de possíveis competidores, principalmente *C. demersum*, influenciou no crescimento de *E. densa*. Os resultados apontam uma influência negativa de *C. demersum* no desenvolvimento da macrófita submersa *E. densa*, sugerindo que tal espécie apresenta um forte potencial competitivo por luz e nutrientes, influenciando diretamente o crescimento de *E. densa*.

Os fatores climáticos influenciaram o crescimento e desenvolvimento da macrófita aquática *E. densa*. Contrariando à hipótese alternativa, o maior crescimento de *E. densa* foi observado no inverno, indicando que as elevadas temperaturas e a maior incidência de radiação solar podem reduzir o crescimento de *E. densa*.

A atual situação da lagoa do Campelo, intermediária entre os estágios de equilíbrio dinâmico proposto por Scheffer, pode ser resultado de diferentes ações antrópicas e das inter-relações entre as comunidades dominantes. Entretanto, o incremento na concentração de nutrientes pode levar ao estabelecimento um destes estágios (dominância de macrófitas aquáticas ou dominância fitoplanctônica). Também, a coexistência de *E. densa*, *C. demersum* e comunidade fitoplanctônica pode ser fruto de uma grande heterogeneidade espacial encontrada na lagoa do Campelo.

Este estudo mostrou que a avaliação *ex situ* das relações ecológicas, fisiologia, dinâmica populacional dentre outras características das macrófitas aquáticas é perfeitamente viável.

O comportamento e dinâmica de um ecossistema natural pode ser predito, mesmo que não integralmente e/ou perfeitamente.

## 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barko, J. W.; Smart, M.; 1981. Comparatives influences of light and temperature on the growth and metabolism of selected submerged freshwater macrophytes. Ecol. Monogr., 51, 219-235.
- Barko, J. W.; Smart, M.; 1986. Sediment related mechanism and growth limitations in submerged macrophytes. Ecology. 67: 1328-1340.
- Barko, J. W., Adams, M. S.; Clesceri, N. L.; 1986. Environmental factors and their consideration in the management of submerged aquatic vegetation: a review. J. Aquatic Plant Management. 24. 1-10.
- Barko, J. W.; Gunnison, D.; Carpenter, S. R.; 1991. Sediment interactions with submerged macrophyte growth and community dynamics. Aquatic Botany, 41: 41-65.
- Bernardes, M. C. & Barroso, L. V.; 1995. Efeitos da Ação Humana Sobre as Lagoas. Revista Ecologia e Desenvolvimento, 58.
- Beste, E. P. H., Woltman, H., Jacobs, F. H. H.; 1996. Sediment-related growth limitation of *Elodea nuttalli* as indicated by a fertilization experiment. Freshwater Biology. 36; 33-44.
- Bidegain, P.; Bizerril, C.; Soffiati, A.; 2002. Lagoas do Norte Fluminense – Perfil Ambiental. Rio de Janeiro: Semads.
- Bini, L.M., Thomaz, S.M., Murphy, K.J., Camargo, A.F.M.; 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment condition in the Itaipu reservoir, Brazil. Hydrobiologia, 415: 147-154.
- Borges Neto, C. R. ; Gorgati, C. Q.; Pitelli, R. A., 2005. Influência do fotoperíodo e da temperatura na intensidade de doença causada por *Fusarium graminearum* em *Egeria densa* e *E. najas*. Planta Daninha, 23(3): 449-456.
- Borrego, S. A. ; 1994. Secondary productivity in coastal lagoons. In: Knerfve, B. (ed.). Coastal lagoons processes. Elsevier Oceanography series n<sup>o</sup> 60, Amsterdam, p. 243-286.

- Camargo, A. F. M. & Florentino, E. R., 2000. Populations dynamics and net primary production of the aquatic macrophyte *Nymphaea rudgeana* C. F. Mey in a lotic environment of the Itanhanhém River basin (SP, Brazil). *Revista Brasileira de Biologia*, v. 60, n. 1, p. 83-92.
- Camargo, A. F. M.; Pezzato, M. M.; Henry-Silva, G. G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. *In* Thomaz, S. M. & Bini, L. M. *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, p. 59-83.
- Carmouze, J. P.; 1994. Metabolismos dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher/Fapesp. 254p.
- Carr, G. M. & Chambers. P. A.; 1998. Macrophyte growth and sediment phosphorus and nitrogen in a Canadian prairie river. *Freshwater Biology*, 39; 525-536.
- Carr, G. M.; Duthie, H. C.; Taylor, W. D.; 1997. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. *Aquatic Botany*, 59: 195-215.
- Carrillo, Y.; Guarín, A.; Guillot, G.; 2006. Biomass distribution, growth and decay of *Egeria densa* in a tropical high-mountain reservoir (NEUSA, Colombia). *Aquatic Botany*, 85: 7-15.
- Carter, C. M.; Ross, A. H.; Schiel, D. R.; Howard-Williams, C.; Hayden, B.; 2005. In situ microcosm experiments on the influence of nitrate and light on phytoplankton community composition. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*, 326: 1-13.
- Chagas, G. G.; 2005. Produção primária da macrófita aquática submersa *Egeria densa* Planchon. na Lagoa do Campelo, RJ – Variação sazonal e produção diária. Tese de Mestrado. Campos dos Goytacazes – RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 66p.
- Chambers, P. A. & Prepas, E. E.; 1991. Competition and coexistence in submerged aquatic plants communities: the effects of species interactions versus abiotic factors. *Freshwater Biology*, Oxford, 23(3); 541-550.
- Cook, C. D. K.; Urm-König, K. 1984. A revision of the genus *Egeria densa* (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany*, 19: 73-96.
- Coops, H. & Doef, R. W.; 1996. Submerged vegetation development in two shallow, eutrophic lakes. *Hydrobiologia*, 340: 115-120.

- Costa, N. V.; Martins, D.; Martins, C. C.; Marchi, S. R.; Domingos, V. D.; 2005. Superação de dormência de sementes de *Ceratophyllum demersum*. *Planta Daninha*, 23(2), 187-191.
- Crespo, M. C. R. (2003) Hidroquímica, composição química do sedimento e da macrófitas aquáticas submersas da lagoa do Campelo, Campos dos Goytacazes - São Francisco do Itabapoana, RJ. Dissertação de mestrado. Campos dos Goytacazes – RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 89p.
- Crisman, T. L.; Mitraki, C.; Zalidis, G. (2005) Integrating vertical and horizontal approaches for management of shallow lakes and wetlands. *Ecological Engineering* 24: 379–389.
- Doyle, R. D.; Francis, M. D.; Smart, R. M.; 2003. Interference competition between *Ludwigia repens* and *Hygrophila polysperma*: two morphologically similar aquatic plant species. *Aquatic Botany*, 77: 223-234.
- Duarte, C. M.; 1992. Nutrient concentration of aquatic plants: Patterns across species. *Limnology Oceanography*, 37(4), 882-889.
- Erhard, D. & Gross, E. M.; 2006. Allelopathic activity of *Elodea canadensis* and *E. nuttallii* against epiphytes and phytoplankton. *Aquatic Botany*, 85: 203-211.
- Esteves, F. A.; 1998. Fundamentos em limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência.
- Fonseca, M. N. 2006. Decomposição da macrófita aquática submersa *Egeria densa* Planchon (Hydrocharitacea) na lagoa do Campelo, RJ. Monografia. Campos dos Goytacazes –RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 65p.
- Fragoso, G. M., 2007. Variação espacial e sazonal da comunidade fitoplanctônica da lagoa do Campelo, RJ. Monografia. Campos dos Goytacazes – RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF.
- Gause, G. J. 1934. The struggle for existence. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Gopal, B.; Goel, U.; 1993. Competition and allelopathy in aquatic plant communities. *Botanic Revision* 59 (3), 155-210.
- Gotelli, N. J., 2007. Ecologia, Editora Planta, Londrina, 260p.
- Greenway, M.; 2003. Suitability of macrophytes for nutrient removal from surface flow constructed wetlands receiving secondary treated effluent in Queensland, Australia. *Water Science Technology*. 48(2); 121-128.

- Greenway, M.; 2005. The role of constructed wetlands in secondary effluent treatment and water reuse in subtropical and arid Australia. *Ecological Engineering*, 25: 501-509.
- Gross, E. M.; Meyer, H; Schilling, G.; 1996. Release and ecological impact of algicidal hydrolysable polyphenols in *Myriophyllum spicatum*. *Phytochemistry*, 41: 133-138.
- Gross, E. M.; Erhard, D.; Iványi, E.; 2003. Allelopathic activity of *Ceratophyllum demersum* L. and *Najas marina* ssp. *intermedia* (Wolfgang) Casper. *Hydrobiologia*. 506-509, 583-589.
- Harller, W. T. & Sutton, D. L.; 1975. Community structure and competition between hydrilla and vallisneria. *Hyacinth Control Journal*, 13: 48-50.
- Hanson, M. L.; Knapp, C. W.; Grahan, D. W.; 2005. Field assessment of oxytetracycline exposure to the freshwater macrophytes *Egeria densa* Planch. and *Ceratophyllum demersum* L. *Environmental Pollution*, 20. 1-9.
- Haramoto, T. & Ikusima, I.; 1988. Life cycle of *Egeria densa* Planch. , an aquatic Plant naturalized in Japan. *Aquatic Botany*. 30:389-403.
- Harrison, P. G. & Durance, C. D.; 1985. Reductions of photosynthetic carbon uptake in epiphytic diatoms by water-soluble extracts of leaves of *Zoostera marina*. *Marine Biology*, 90: 117-119.
- Hauenstein, E.; Ramírez, C. 1986. The influence of salinity on the distribution of *Egeria densa* in the Valdivia river basin. Chile. *Archives Hydrobiology*, 107: 511-519.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I.; 1938. The method for growing plants without soil: water-culture. Berkeley: Univ. of California, 32p. (Circular of the Agricultural Experimentation Station, 347).
- Hofstra, D. E.; Clayton, J.; Green, J. D.; Auger, M.; 1999. Competitive performance of *Hydrilla verticillata* in New Zealand. *Aquatic Botany*. 63, 305-324.
- Howard-Williams, C.; 1993. Processes of aquatic weeds invasions: the New Zealand example (Plenary Address). *Journal Aquatic Plant Management*, 31, 17-23.
- Inmet. Site visitado em 16 de outubro de 2007. [www.inmet.org.br](http://www.inmet.org.br)
- James, C. S.; Eaton, J. W.; Hardwick, K.; 1999. Competition between three submerged macrophytes, *Elodea canadensis* Michx., *Elodea nuttalli* (Planch.) St John and *Lagarosiphon major* (Ridl.) Moss. *Hydrobiologia*. 415, 35-40.

- James, C. S.; Eaton, J. W.; Hardwick, K.; 2006. Responses of three invasives aquatic macrophytes to nutrient enrichment do not explain their observed field displacements. *Aquatic Botany*. 84, 347-353.
- Janse, J. H.; Van Donk, E.; Aldenberg, T.; 1998. A model study on the stability of the macrophyte-dominated state as affected by biological factors. *Water Research*, 32(9): 2696-2706.
- Jasser, I.; 1994. Influence of *Ceratophyllum demersum* on phytoplankton community in experimental conditions. *Verh. Int. Ver. Limnol*, 25: 2291-2295.
- Jeppesen, E.; Jensen, J. P.; Kristensen, P.; Sondergaard, M.; Mortensen, E.; Sortkjaer, O.; Olrik, K.; 1990. Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes: threshold levels, long-term stability and conclusions. *Hydrobiologia*, 200/201: 219-227.
- Jones, J. I.; Eaton, J. W.; Hardwick, K.; 2000. The influence of periphyton on Boundary layer conditions: a pH microelectrode investigation. *Aquatic Botany*. 67, 191-206.
- Justic, D.; Rabalais, N. N.; Turner, R. E.; 1995. Stoichiometric nutrient balance and origin of coastal eutrophication. *Mar. Pollut. Bull.* 30 (1), 41-46.
- Kahara, S. N.; Vermaat, J. E., 2003. The effect of alkalinity on photosynthesis-light curves and inorganic carbon extraction capacity of freshwater macrophytes. *Aquatic Botany*, 75, 217-227.
- Kamara, S. & Pflugmacher, S., 2007. Acclimation of *Ceratophyllum demersum* to stress imposed by *Phragmites australis* and *Quercus robur* leaf extracts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. xxx, 1-8.
- Knoppers, B. (1994) Aquatic primary production in coastal lagoons. *In: Coastal lagoons processes*. Amsterdam, Elsevier Science Publishers, p. 243-286.
- Körner, S.; Nicklisch, A.; 2002. Allelopathic growth inhibition of selected phytoplankton species by submerged macrophytes. *Journal of Phycology*., 38: 862-871.
- Lampert, W. & Sommer, U. 1997. *Limnoecology: The ecology of Lakes and Streams*. New York, Oxford University Press, Inc. 382p.
- Lara, M. V.; Casati, P.; Andreo, C. S.; 2002. CO<sub>2</sub> concentrating mechanisms in *Egeria densa*, a submerged aquatic plant. *Physiology Plant*, 115: 487-495.
- Larson, D.; 2007. Growth of three submerged plants below different densities of *Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) Kuntze. *Aquatic Botany*, 86: 280-284.

- Lauridsen, T. L.; Jeppesen, E.; Sondergaard, M.; 1994. Colonization and succession of submerged macrophytes in shallow Lake Vaeng during the first five years following fish manipulation. *Hydrobiologia*, 275/276, 233-242.
- Legendre, L.; 1990. The significance of microalgal blooms for fisheries and for the export of particulate organic carbon in oceans. *Journal of Plankton Research*, 12 (4), 681-699.
- Madsen, J. D. & Adams, M. S.; 1988. The seasonal biomass and productivity of the submerged macrophytes in a polluted Wisconsin stream. *Freshwater Biology*, 20(1): 41-50.
- Madsen, T. V. & Baattrup-Pedersen, A.; 1995. Regulation of growth and photosynthetic performance in *Elodea canadensis* in response to inorganic nitrogen. *Functional Ecology*, 9: 239-247.
- Madsen, J. D. & Owens, C. S. 2000. Factors Contributing to the Dispersal of Hydrilla in Lakes and Reservoirs," *Aquatic Plant Control Technical Notes Collection* (ERDC TN-APCRP-EA-01), U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg.
- Maberly, S. C. & Madsen, T. V.; 2002. Freshwater angiosperm carbon concentrating mechanisms: processes and patterns. *Funct. Plant Biol.*; 29: 393-405.
- Marcondes, D. A. S.; Velini, E. D.; Martins, D.; Tanaka, R. H.; Carvalho, F. T.; Cavenaghi, A. L.; Bronhara, A. A.; 2003. Eficiência de Fluridone no controle de plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupia. *Planta Daninha*, 21: 69-77.
- McCreary, N. J.; 1991. Competition as a mechanism of submerged macrophyte community structure. *Aquatic Botany*, 41: 177-193.
- Melo, S. de & Suzuki, M.S.; 1998. Variações temporais e espaciais do fitoplâncton das Lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida. *In: Ecologia das Lagoas Costeiras*, Esteves, F.A. (ed.) p. 177-203.
- Miller, S. A. & Provenza, F. D.; 2007. Mechanisms of resistance of freshwater macrophytes herbivory by invasive juvenile common carp. *Freshwater Biology*, 52; 39-49.
- Miyazaki, D. M. Y.; Pitelli, R. A.; 2003. Estudo do potencial do Pacu (*Piaractus Mesopotamicus*) como agente de controle biológico de *Egeria densa*, *E. najas* e *Ceratophyllum demersum*. *Planta Daninha*, 21: 53-59.

- Mitraki, C., Crisman, T.L., Zalidis, G.; 2004. Lake Koronia: shift from autotrophy to heterotrophy with cultural eutrophication and progressive water-level reduction. *Limnologica* 34, 110–116.
- Molisch, H.; 1937. *Der Einfluss einer Pflanze auf die Aenderd-Allelopathie*. Fischer, Jena, Germany.
- Mony, C; Koschnick, T. J.; Haller, W. T.; Muller, S.; 2007. Competition between two invasives Hydrocharitaceae (*Hydrilla verticillata* (L.f.) (Royle) and *Egeria densa* (Planc)) as influenced by sediment fertility and season. *Aquatic Botany*, 86: 236-242.
- Mulderij, G.; Mooij, W. M.; van Donk, E.; 2005. Allelopathic growth inhibition and colony formation of the green alga *Scenedesmus obliquus* by the aquatic macrophyte *Stratiotes aloides*. *Aquatic Ecology*, 39: 11-21.
- Mulderij, G.; Van Nes, E. H.; Van Donk, E.; 2007. Macrophyte-phytoplankton interactions: The relative importance of allelopathy versus other factors. *Ecological Modelling*, xx: xx-xx.
- Nakai, S.; Hosomi, M.; Okada, M.; Murakami, A.; 1996. Control of algal growth by macrophytes and macrophyte-extracted bioactive compounds. *Water Science and Technology*, 34(7-8), 227-235.
- Nakai, S.; Inoue, Y.; Hosomi, M.; Murakami, A.; 1999. Growth inhibition of blue-green algae by allelopathic effects of macrophytes. *Water Science and Technology*, 39(8), 47-53.
- Nichols, D. S.; Keeney, D. R.; 1976. Nitrogen nutrition in *Myriophyllum spicatum*: uptake and translocation of <sup>15</sup>N by shoot and roots. *Freshwater Biology*, 6, 145-154.
- Nusch, E. A., 1980, Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archives Hydrobiologie*, 14: 14-36.
- Odum, E. P.; 1988. *Ecologia*. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 434p.
- Oliveira, N. M. B.; Sampaio, E. V. S. B.; Pereira, S. M. B.; Moura Júnior, A. M.; 2005. Capacidade de regeneração de *Egeria densa* nos reservatórios de Paulo Afonso, BA. *Planta Daninha*, 23(2): 363-369.
- Ozimek, T.; Gulati, R. D.; van Donk, E.; 1990. Can macrophytes be useful in biomanipulation of lakes? The lake Zwemlust example. *Hydrobiologia*. 200- 201, 399-407.

- Paerl, H. W.; 1988. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine, and inland waters. *Limnology Oceanography*. 33 (4), 823-847.
- Pezzato, M. M.; Camargo, A. F. M.; 2004. Photosynthetic rate of the aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. (Hydrocharitaceae) in two rivers from the Itanhaém river basin in São Paulo, Brazil.. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Brasil, v. 47, n. 1, p. 153-162.
- Phillips, G. L.; Eminson, D.; Moss, B.; 1978. Mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquatic Botany*. 4, 103-106.
- Pierini, S. A.; Sgorlon, D.; Thomaz, S. M., 2006. Efeitos da exposição ao ambiente seco sobre o crescimento e regeneração de *Egeria najas* Planchon (Hydrocharitaceae). *Acta Sci. Biol. Sci.*, 28(1): 31-34.
- PLANÁGUA – SEMADS/GTZ.; 2001. Ambiente Das águas no Estado do Rio de Janeiro. Coord. William Weber. 229 p.
- Polunin, N.V.C.; 1984. *In*: Macfayden, A. & Ford, E. D., *Adv. Ecol. Res.* 14:115-166.
- Pompêo, M. L.; Moschini-Carlos, V.; 2003. Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos. RiMa. 134p.
- Portielje, R.; Roijackers, R. M. M.; 1995. Primary succession of aquatic macrophytes in experimental ditches in relation to nutrient input. *Aquatic Botany*. 50, 127-140.
- Pott, V. J.; Pott, A.; 2000. Plantas aquáticas do Pantanal. Centro de pesquisa agropecuária do pantanal (Corumbá, MS). – Brasília: Embrapa. 404p.; il.
- Ratray, M. R.; Howard, W. C.; Brown, J. M. A.; 1991. Sediment and water as source of nitrogen and phosphorus for submerged rooted aquatic macrophytes. *Aquatic Botany*. 40, 225-237.
- Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. E.; 2001. *Biologia Vegetal*. Ed Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 906p.
- Rebouças, A. C; Braga, B.; Tundisi, J. G. (Org.); 1999. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo : Escrituras Editora.
- Reigosa, M. J.; Sanchez-Moreiras, A.; Gonzalez, L.; 1999. Ecophysiological approach in allelopathy. *Crit. Rev. Plant. Sci.*, 18: 577-608.
- Rolând, F.; 1998. Produção fitoplanctônica em diferentes classes de tamanho nas lagoas Imboassica e Cabiúnas. *In*: *Ecologia das Lagoas Costeiras*, Esteves, F.A. (ed.) p. 159-175.

- Ruesink, J. L.; 1998. Diatom epiphytes on *Odonthalia floccosa*: the importance of extent and timing. *Journal of Phycology*. 34, 29-38.
- Sampaio, E. V. S. B. & Oliveira, N. M. B.; 2005. Aproveitamento da macrófita aquática *Egeria densa* como adubo orgânico. *Planta Daninha*, 23(2): 169-174.
- Sand-Jensen, K. & Sondergaard, M.; 1981. Phytoplankton and epiphyte development and their shading effect on submerged macrophytes in lakes of different nutrient status. *Int Ver. Gesamten Hydrobiologie*, 66, 529-552.
- Sand-Jensen, K.; Petersen, M. F.; Nielsen, S. L.; 1992. Photosynthetic use of inorganic carbon among primary and secondary water plants in streams. *Freshwater Biology*, 27: 283-293.
- Scheffer, M.; Hosper, S. H.; Meijer, M-L.; Moss, B.; Jeppesen, E.; 1993. Alternative Equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution*. 8(8), 275-279.
- Scheffer, M., 1998. Ecology of shallow lakes. Chapman and hall, London 357 pp.
- Smart, R. M., Barko, J. W.; 1985. Laboratory culture of submersed freshwater macrophytes on natural sediments. *Aquatic Botany*. 21 251-263.
- Soffiati, A., 1998. Aspectos históricos das lagoas do norte do Estado do Rio de Janeiro. *In: Ecologia das Lagoas Costeiras*, Esteves, F.A. (ed.) p. 3-35.
- Stephen, D.; Balayla, D. M.; Collings, S. E.; Moss, B.; 2004. Two mesocosm experiments investigating the control of summer phytoplankton growth in a small shallow lake. *Freshwater Biology*. 49, 1551-1564.
- Taiz, L. & Zeiger, E.; 2002. *Plant Physiology*. Third edition, Sinauer Associates, Inc. Sunderland, 690p.
- Takamura, N.; Kadono, Y.; Fukushima, M.; Nakagawa, M.; Kim, B. H. O.; 2003. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. *Ecological Research*. 18, 381-395.
- Tanner, C. C.; 2001. Plant as ecosystem engineers in subsurface flow treatment wetlands. *Water Science Technology*, 44(11-12), 9-17.
- Tanner, C. C.; Clayton, J. S.; Wells, R. D. D.; 1993. Effects of suspended solids on the establishment and growth of *Egeria densa*. *Aquatic Botany*, 45:299-310.
- Tavechio, W. L. G.; Thomaz, S. M.; 2003. Effects of light on the growth and photosynthesis of *Egeria najas* Planchon. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(2): 203-209.

- Thomaz, S. M.; Bini, L. M.; 1999. A expansão de macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: um estudo na represa de Itaipu. In: Raoul, H. (Ed.), Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu, São Paulo, pp. 597-625.
- Thomaz, S. M.; Bini, L. M.; Sousa, M. C.; Kita, K. K.; Camargo, A. F. M., 1999. Aquatic macrophytes of Itaipu Reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 42(1), 15-22.
- van de Haterd, R. J. W. & Ter Heerdt, G. N. J.; 2007. Potential for the development of submerged macrophytes in eutrophicated shallow lakes after restoration measures. *Hydrobiologia*, 584, 277-290.
- Van den Berg, M. S.; Coops, H.; Simons, J.; Keizer, A.; 1998. Competition between *Chara aspera* and *Potamogeton pectinatus* as a function of temperature and Light. *Aquatic Botany*, 60(3): 241-250.
- van Donk, E. & van de Bund, W. J., 2002. Impact of submerged macrophytes including charophytae on phyto and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. *Aquatic Botany*. 72, 261-274.
- Wetzel, R. G., 1993. *Limnologia*. 2 ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 919p.
- Wium-Andersen, S.; Anthoni, U.; Christophersen, C; Houen, G.; 1982. Allelopathic effects on phytoplankton by substances isolated from aquatic macrophytes (Charales). *Oikos*, 39: 187-190.

## 9 – APÊNDICES

Tabela A-XXVI - Composição da solução de cultivo proposta por Hoagland & Arnon (1966).

<b>Nutriente</b>	<b>Concentração (<math>\mu\text{mol.L}^{-1}</math>)</b>
Mn	9,1
Zn	0,8
Cu	0,3
B	46,3
Mo	0,1
Fe-EDTA	32,0

Tabela A-XXVII - Solução de cultivo proposta por Smart & Barko (1985).

<b>Reagentes</b>	<b>Concentração (mg/L)</b>
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	91,7
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	69
$\text{KHCO}_3$	15,4
$\text{NaHCO}_3$	58,4

Tabela A-XXVIII - Volume (ml) da solução estoque de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  adicionado nas unidades experimentais em que houver água da Lagoa do Campelo ou água destilada.

<b>Concentração</b>	<b>Água da Lagoa do Campelo</b>	<b>Água destilada</b>	<b>Volume (ml)</b>
Inicial (Sem adição)	X	-	-
2X	X	-	28
5X	X	-	112
Inicial (Sem adição)	-	X	28
2X	-	X	56
5X	-	X	140

Tabela A-XXIX - Volume da solução estoque de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  adicionado nas unidades experimentais em que houver água da Lagoa do Campelo ou água destilada.

<b>Concentração</b>	<b>Água da Lagoa do Campelo</b>	<b>Água destilada</b>	<b>Volume (ml)</b>
Inicial (Sem adição)	X	-	-
2X	X	-	5,6
5X	X	-	22,4
Inicial (Sem adição)	-	X	5,6
2X	-	X	11,2
5X	-	X	28

Tabela A-XXX - Volume das soluções preparadas para meio de cultivo em volume total de 7L. Estas soluções somente foram adicionadas nas unidades experimentais em que havia somente macrófitas aquáticas.

<b>Solução</b>	<b>Volume (ml)</b>
Solução de cultivo estoque Hoagland & Arnon, 1938.	100
Fe-EDTA	7
$\text{CaCl}_2$	7
$\text{MgSO}_4$	7
$\text{KHCO}_3$	7
$\text{NaHCO}_3$	7

Tabela A-XXXI - Volume de água da Lagoa do Campelo utilizado em cada unidade experimental em que houver presença de exemplares da comunidade fitoplanctônica.

<b>Concentrações</b>	<b>Volume (L)</b>
Inicial (Sem adição)	7
2X	6,966
5X	6,865

Tabela A-XXXII - Volume de água destilada utilizada em cada unidade experimental em que houver apenas macrófitas aquáticas.

<b>Concentrações</b>	<b>Volume (L)</b>
Inicial (Sem adição)	6,831
2X	6,798
5X	6,697

Tabela A-XXXIII - Numeração das unidades experimentais e seus respectivos tratamentos.

Nº dos potes	Tratamento
1	Eg. S/ AD
2	E+F 2X
3	E+F 2X
4	E+C 5X
5	Eg. 5X
6	Eg. 2X
7	E+F+C 2X
8	E+F+C 5X
9	Eg. 2x
10	E+F+C 5X
11	E+F S/ AD
12	Eg. 5X
13	E+F+C 2X
14	E+F+C S/ AD
15	E+F+C S/ AD
16	E+C S/ AD
17	E+C 2X
18	E+C S/ AD
19	Eg. S/ AD
20	E+F 5X
21	E+F S/ AD
22	E+F 5X
23	E+C 2X
24	E+F 2X
25	Eg. 2X
26	E+C 5X
27	E+C S/ AD
28	E+F+C S/ AD
29	Eg. 5X
30	E+F S/ AD
31	Eg. S/ AD
32	E+C 5X
33	E+F 5X
34	E+C 2X
35	E+F+C 2X
36	E+F+C 5X

As seguintes abreviações são válidas para as tabelas de A-XXXIII a A-LV: E=*E. densa*; F=fitoplâncton; C=*C. demersum*; S/ AD=sem adição; 2x=adição de 2x N e P; 5x=adição de 5x N e P.

Tabela A-XXXIV - Dados físico-químicos da água das unidades experimentais no experimento realizado no verão.

Nº do Pote	INICIAL 23/01/07		1º DIA - 24/01/07		2º DIA - 25/01/07		4º DIA - 27/01/07		9º DIA - 01/02/07		12º DIA - 04/02/07		15º DIA - 07/02/07		
	Ph	T°C	Ph	T°C	Ph	T°C	Ph	T°C	Ph	T°C	Ph	T°C	Ph	T°C	
1	8,13	1123,3	28,9	29,2	9,33	1499,8	30,2	9,36	1566,3	30,5	1003	28,1	7,56	1569	30,7
2	9,14	1254,6	29,1	29,2	9,68	1489,1	30,2	9,35	1547,8	30,5	1008	28,1	7,55	1569,6	30,8
3	9,11	1456,9	29,1	29,2	9,74	1475,3	30,2	9,65	1566,9	30,5	1010	28,1	7,69	1693,6	30,8
4	8,21	1322,2	29,1	29,2	9,36	1423,4	30,1	9,67	1598,3	30,4	1012	28,1	7,89	1687,4	30,8
5	8,23	1298,3	29,1	29,3	9,21	1459,6	30,1	9,45	1568,7	30,4	1013	28,1	7,84	1693,1	30,8
6	8,19	1302,1	29,1	29,3	9,69	1469	30,1	9,25	1563,2	30,4	1047	28,1	7,22	1586,4	30,8
7	9,01	1456,3	29,1	29,3	9,68	1452	30,1	9,23	1541,2	30,4	1058	28,1	7,21	1874,8	30,9
8	9,03	1366,8	29,1	29,3	9,87	1457,3	30,1	9,14	169,3	30,4	1023	28,3	7,85	1778,6	30,9
9	8,09	1298,7	29,1	29,3	9,59	1458,6	30,1	9,12	1609,3	30,4	1025	28,3	8,01	1745,9	30,9
10	8,98	1237,7	29,1	29,3	9,69	1532,1	30,2	9,35	1651,1	30,4	1036	28,3	7,65	1745,1	30,9
11	8,99	1210,1	28,9	29,3	10,01	1509,3	30,2	9,24	1533,2	30,4	1100	28,3	7,49	1741,3	30,9
12	8,06	1213,3	28,9	29,3	9,36	1508,6	30,2	9,39	1578,4	30,4	1103	28,3	7,65	1754,2	30,9
13	9,2	1232,2	28,9	29,3	10,03	1507,8	30,3	9,36	1577,7	30,6	1025	28,3	8,01	1701,3	30,9
14	9,18	1111,3	28,9	29,3	10,1	1504,9	30,3	9,25	1532,1	30,6	1089	28,3	7,21	1703	30,9
15	9,17	1198,8	28,9	29,3	10,09	1509,6	30,3	9,14	1560	30,6	1087	28,3	7,22	1706,8	30,9
16	8,15	1185,6	28,9	29,4	9,56	1508	30,3	10,02	1631,1	30,6	1098	28,3	6,98	1706,9	30,9
17	8,19	1478,4	28,9	29,4	9,36	1566,3	30,3	10,03	1637,8	30,6	1089	28,3	6,89	1782,1	31,2
18	8,21	1366,3	28,9	29,4	9,25	1542,3	30,3	10,01	1698,7	30,6	1073	27,9	6,89	1763,2	31,3
19	8,05	1232	29,3	29,4	9,14	1522,1	30,3	9,58	1699,3	30,6	1071	27,9	7,65	1632,8	31,2
20	9,14	1236,6	29,3	29,4	9,89	1508,6	30,3	9,36	1708,5	30,6	1082	27,9	7,66	1634,4	31,2
21	9,11	1242,3	29,3	29,4	9,98	1489,6	30,3	9,37	1706,3	30,6	1090	27,9	7,68	1632,9	31,2
22	9,05	1266,5	29,3	29,4	9,97	1498,3	30,3	9,31	1708,6	30,6	1021	27,9	7,98	1698,6	31,2
23	8,1	1247,7	29,3	29,4	9,09	1482,1	30,3	9,26	1704,1	30,6	1020	27,9	8,06	1754,1	31,2
24	9,09	1241,1	29,3	29,2	9,89	1477,2	30,3	9,25	1744,9	30,6	1023	27,9	7,87	1763	31,2
25	8,11	1246,8	29,3	29,2	9,36	1476,1	30,3	9,19	1536,8	30,6	1024	27,9	7,69	1798,9	31,2
26	8,12	1214,9	29,2	29,2	9,254	1508	30,2	9,78	1603,8	30,6	1034	27,9	7,87	1788,8	31,2
27	8,23	1289,8	29,2	29,2	9,15	1508,2	30,2	9,56	1505,8	30,7	1036	27,9	7,77	1788,3	31,2
28	9,25	1302,4	29,2	29,3	9,89	1522	30,2	9,21	1509,8	30,7	1025	27,9	7,89	1703	31,2
29	8,02	1209,5	29,2	29,3	9,23	1536,6	30,2	9,37	1698,3	30,7	1036	27,9	7,98	1712,3	31,2
30	9,22	1105,6	29,2	29,3	10,03	1478,2	30,2	9,37	1563,2	30,7	1021	27,9	7,21	1732,1	31,2
31	8,41	1207,4	29,2	29,3	9,33	1498,5	30,2	9,23	1563,8	30,7	1010	27,9	7,32	1731,6	31,2
32	8,37	1235,4	29,2	29,3	9,24	1498,5	30,2	9,28	1687,4	30,7	1111	27,9	7,41	1765,1	31,2
33	9,25	1365,7	29,1	29,4	9,96	1455,2	30,2	9,14	1699,7	30,6	1103	27,9	7,96	1689,7	31,3
34	8,33	1458,3	29,1	29,4	9,45	1432,9	30,2	9,14	1800,1	30,6	1108	27,9	7,56	1769,9	31,3
35	9,26	1244,7	29,1	29,4	9,79	1599,6	30,2	9,17	1866,4	30,6	1007	27,9	7,87	1744,3	31,3
36	9,07	1207,6	29,1	29,4	9,86	1563,2	30,2	9,13	1701,3	30,6	1120	27,9	7,69	1744,6	31,3

Tabela A-XXXV - Dados físico-químicos da água das unidades experimentais no experimento realizado no inverno.

Nº do Pote	INICIAL 14/06/07		1º DIA - 15/06/07		2º DIA - 16/06/07		4º DIA - 18/06/07		9º DIA - 23/06/07		12º DIA - 26/06/07		15º DIA - 29/06/07					
	Ph	RAD T°C	Ph	RAD T°C	Ph	RAD T°C	Ph	RAD T°C	Ph	RAD T°C	Ph	RAD T°C	Ph	RAD T°C				
1	8,17	456	24,3	8,5	605	25	8,8	712	24,9	8,09	675	24,8	8,03	595	24,6	7,67	600	24,7
2	8,14	478	24,4	8,5	606	24,7	8,81	690	24,9	8,05	645	24,8	8,02	576	24,6	7	609	24,8
3	8,22	457	24,4	8,56	608	24,8	8,76	698	24,9	8,09	643	24,8	8,01	567	24,6	7,78	567	24,8
4	8,2	498	24,3	8,55	684	24,7	8,76	785	24,9	8,03	665	24,8	7,98	544	24,7	7,65	587	24,8
5	8,21	412	24,3	8,6	674	24,7	8,73	723	25	8,12	678	24,8	7,89	555	24,7	7,34	567	24,8
6	8,19	437	24,3	8,65	674	24,7	8,73	709	25	8,15	698	24,8	7,77	576	24,7	7,8	555	24,8
7	8,45	456	24,3	8,64	602	24,7	8,8	703	25	8,12	673	24,7	7,56	587	24,7	7,56	589	24,8
8	8,34	501	24,3	8,65	606	24,7	8,67	786	25	8,12	623	24,7	7,9	523	24,7	7,56	583	24,6
9	8,3	505	24,3	8,68	675	24,8	8,79	734	25	8,14	654	24,7	7,89	567	24,6	7,43	569	24,6
10	8	500	24,3	8,67	673	24,8	8,71	765	25	8,21	599	24,8	7,87	543	24,6	7,54	560	24,6
11	8,04	408	24,3	8,69	671	24,8	8,7	712	25	8,23	589	24,8	7,84	597	24,6	7,56	526	24,6
12	8,09	487	24,5	8,6	645	24,8	8,8	713	25	8,22	567	24,8	7,82	527	24,6	7,45	609	24,6
13	8,23	457	24,5	8,57	635	24,8	8,86	712	24,8	8,2	589	24,8	8,1	568	24,6	7,65	603	24,6
14	8,21	432	24,5	8,52	684	24,8	8,89	765	24,8	8,2	675	24,8	8,02	511	24,6	7,56	603	24,6
15	8,2	412	24,5	8,51	673	24,8	8,83	734	24,8	8,13	608	24,8	7,9	509	24,6	7,34	601	24,6
16	8	431	24,5	8,87	634	24,8	8,75	745	24,8	8,17	688	24,8	7,89	567	24,6	7,43	593	25
17	8,2	451	24,5	8,76	672	24,8	8,78	746	24,9	8,18	602	24,8	7,93	603	24,6	7,44	600	25
18	8,2	452	24,5	8,43	621	24,9	8,72	708	24,9	8,08	673	24,8	7,91	602	24,6	7,41	592	25
19	8,31	476	24,5	8,61	632	24,9	8,75	689	24,9	8,05	674	24,8	8,06	561	24,6	7,56	598	24,8
20	8,16	470	24,5	8,76	645	24,9	8,76	694	24,9	8,04	673	24,8	7,91	541	24,6	7,54	577	24,8
21	8,13	453	24,5	8,7	614	24,9	8,77	692	24,9	8,08	612	24,8	7,92	499	24,6	7,56	578	24,8
22	8,18	446	24,5	8,7	623	24,9	8,7	690	24,9	7,99	587	24,8	7,97	498	24,6	7,56	572	24,8
23	8,15	444	24,5	8,69	679	24,9	8,71	708	25	7,95	567	24,8	7,93	500	24,6	7,45	574	24,8
24	8,1	477	24,4	8,64	682	24,7	8,71	702	25	7,97	675	24,8	7,77	509	24,6	7,41	574	24,7
25	8,11	487	24,3	8,65	672	24,7	8,71	743	25	8,04	655	24,8	7,87	567	24,6	7,52	571	24,7
26	8,09	503	24,3	8,57	622	24,7	8,74	754	25	8,04	632	24,7	7,97	534	24,6	7,54	577	24,7
27	8,23	510	24,3	8,52	659	24,8	8,87	723	24,8	8,09	674	24,7	7,94	512	24,6	7,48	521	24,7
28	8,42	512	24,3	8,53	670	24,8	8,83	732	24,8	8,05	623	24,7	7,9	541	24,6	7,49	546	24,7
29	8,34	522	24,3	8,5	684	24,8	8,88	751	24,8	8,14	693	24,7	7,96	576	24,6	7,65	546	24,7
30	8,32	498	24,5	8,5	666	24,8	8,89	765	24,8	8,16	689	24,7	7,93	513	24,6	7,66	567	24,7
31	8,12	487	24,5	8,54	665	24,8	8,8	754	24,8	8,17	600	24,7	7,95	568	24,6	7,68	25	24,7
32	8,1	470	24,5	8,67	645	24,8	8,82	712	24,8	8,1	601	24,7	7,85	513	24,6	7,67	545	24,7
33	8,1	460	24,5	8,76	656	24,8	8,79	788	24,8	8,1	605	24,7	8,05	568	24,6	7,68	607	24,7
34	8	501	24,5	8,78	636	24,8	8,76	744	24,8	8,01	602	24,7	7,98	555	24,6	7,78	604	24,7
35	8,3	499	24,5	8,8	683	24,8	8,75	734	24,8	8,08	654	24,7	7,99	565	24,6	7,71	597	24,7
36	8,21	490	24,5	8,34	675	24,8	8,76	713	24,8	8,2	622	24,7	7,87	567	24,6	7,6	565	24,7

Tabela A-XXXVI - Comprimento final (cm) dos talos de *E. densa* em cada unidade experimental no experimento realizado no verão.

Tratamento	Potes	1	2	3	4	5
Eg. S/ AD	1	13,5	14	15,9	15,2	13,6
Eg. S/ AD	19	14,6	17,5	18,5	14	15,6
Eg. S/ AD	31	18,7	14,1	15,3	14,5	13
Eg. 2X	6	17,4	17,9	17,5	17,9	18,6
Eg. 2x	9	18,5	17,3	18	17,3	17
Eg. 2X	25	18	17,6	18,3	17	18,1
Eg. 5X	5	12,3	14,5	16,7	15,9	15,8
Eg. 5X	12	13,6	14,2	14,6	16,1	14,2
Eg. 5X	29	13	16	15,4	15	12,5
E+F S/ AD	11	16	16,5	16,6	16,2	15,5
E+F S/ AD	21	17,1	14,3	15,2	15,6	18,2
E+F S/ AD	30	16,4	15,6	15,4	16,1	16,4
E+F 2X	2	17,1	17,6	17,1	16,8	17,2
E+F 2X	3	17,1	17,4	17,8	16,7	17,6
E+F 2X	24	17,4	17	17,1	17,1	17,2
E+F 5X	20	15,6	11,3	14,8	14,7	12,4
E+F 5X	22	13,4	15,1	14,5	14,6	13,7
E+F 5X	33	13,4	14	14,3	14	15
E+C S/ AD	16	13,1	13,4	13,5	10,6	14,8
E+C S/ AD	18	15,5	14,6	13,2	14,3	12,5
E+C S/ AD	27	16,4	16,6	13,3	12	12,5
E+C 2X	17	13,4	12,2	15,5	13	14,9
E+C 2X	23	12,6	10,5	14,9	15	14
E+C 2X	34	13,6	14,5	14,5	13	14,5
E+C 5X	4	13,3	15,7	14	15	15,6
E+C 5X	26	13,1	15,2	11,8	13,4	17,5
E+C 5X	32	15,6	14	14,1	15,6	15,1
E+F+C S/ AD	14	12,5	14	17,5	14,6	15,4
E+F+C S/ AD	15	14,6	12,7	12,9	14	12,6
E+F+C S/ AD	28	14,5	15,6	14,2	13,6	14,5
E+F+C 2X	7	13	13,5	14	14,2	13,2
E+F+C 2X	13	12,6	13,5	11,8	15,1	13,3
E+F+C 2X	35	17,5	16,5	14,3	15	16
E+F+C 5X	8	14,3	12,5	13	13,9	12
E+F+C 5X	10	10,4	13	14,8	13	14,9
E+F+C 5X	36	13,5	15,2	16,5	11	12,4

Tabela A-XXXVII . Comprimento final (cm) dos talos de *E. densa* em cada unidade experimental no experimento realizado no inverno.

Tratamento	Potes	1	2	3	4	5
Eg. S/ AD	1	16	17,1	16	14,9	15
Eg. S/ AD	19	15	17	16,8	14,4	15,8
Eg. S/ AD	31	16,9	18	17	15,6	14,4
Eg. 2X	6	17,6	17,7	18	18,9	19
Eg. 2x	9	18,7	17,7	17,8	17,6	17,9
Eg. 2X	25	17,9	17,8	18	18,1	18,2
Eg. 5X	5	12,7	15,1	14,1	14,6	15,2
Eg. 5X	12	14,4	12,9	15,8	16	15,2
Eg. 5X	29	15	16,1	15,3	16	13,3
E+F S/ AD	11	14	13	13	14	15,1
E+F S/ AD	21	17,2	14,5	15,6	15,7	17
E+F S/ AD	30	18	16,7	16,3	16	14,4
E+F 2X	2	17,6	17,8	17,9	17,2	18
E+F 2X	3	17,1	17,4	17,8	16,7	17,6
E+F 2X	24	17,2	17	18	16,9	17,6
E+F 5X	20	14	11,9	15	14,7	14,5
E+F 5X	22	13,7	13,8	14,5	15	15
E+F 5X	33	13,2	13,3	14,2	14	15,1
E+C S/ AD	16	13	13,4	14	11	12,4
E+C S/ AD	18	11	12,3	12,6	12,3	14
E+C S/ AD	27	12,5	12,5	12,3	13	13
E+C 2X	17	15,1	14	14,2	12,8	14,7
E+C 2X	23	15,3	15,3	15,4	15	16
E+C 2X	34	13	13,8	13	13	13,8
E+C 5X	4	13,6	13,6	14	14,2	14,1
E+C 5X	26	14,9	14,7	15,2	14,7	14,1
E+C 5X	32	15,3	15,4	15,1	14,9	14,3
E+F+C S/ AD	14	13,4	13,9	13,7	14	13,3
E+F+C S/ AD	15	13,8	16	14,2	14,2	13,2
E+F+C S/ AD	28	13,8	14	14,2	13,3	13,2
E+F+C 2X	7	17	19	16,2	14	13
E+F+C 2X	13	13	13,5	14	15,1	15,4
E+F+C 2X	35	16,5	16,4	16,5	15,4	15,6
E+F+C 5X	8	11	14	13,8	14,5	14,9
E+F+C 5X	10	12,5	12,6	13	14,5	14,9
E+F+C 5X	36	12,5	13	13	16,5	12,6

Tabela A-XXXIII - Peso seco inicial e final dos talos de *E. densa* e de *C. demersum* nos experimentos realizados no verão e no inverno (n=5).

Tratamento	Potes	<i>E. densa</i>	<i>C. demersum</i>
Inicial	0	0,68	0,91
Inicial	0	0,66	0,94
Inicial	0	0,65	0,89
Eg. S/ AD	1	0,92	
Eg. S/ AD	19	1	
Eg. S/ AD	31	0,7	
Eg. 2X	6	0,94	
Eg. 2x	9	1,11	
Eg. 2X	25	1,1	
Eg. 5X	5	0,9	
Eg. 5X	12	0,67	
Eg. 5X	29	0,78	
E+F S/ AD	11	0,93	
E+F S/ AD	21	1,42	
E+F S/ AD	30	1,05	
E+F 2X	2	1,03	
E+F 2X	3	1,11	
E+F 2X	24	1,06	
E+F 5X	20	0,74	
E+F 5X	22	0,88	
E+F 5X	33	1	
E+C S/ AD	16	0,36	1,46
E+C S/ AD	18	0,34	1,14
E+C S/ AD	27	0,52	1,03
E+C 2X	17	0,42	1,19
E+C 2X	23	0,64	1,26
E+C 2X	34	0,75	1,04
E+C 5X	4	0,52	1,84
E+C 5X	26	0,51	1,09
E+C 5X	32	0,55	1,1
E+F+C S/ AD	14	0,49	1,36
E+F+C S/ AD	15	0,58	0,89
E+F+C S/ AD	28	0,59	1,23
E+F+C 2X	7	0,58	0,84
E+F+C 2X	13	0,43	0,43
E+F+C 2X	35	0,66	1,31
E+F+C 5X	8	0,56	0,98
E+F+C 5X	10	0,61	0,8
E+F+C 5X	36	0,59	1,2

Verão

Tratamento	Potes	<i>E. densa</i>	<i>C. demersum</i>
Inicial	0	0,8	0,99
Inicial	0	0,85	0,97
Inicial	0	0,75	0,95
Eg. S/ AD	1	1,85	
Eg. S/ AD	19	1,78	
Eg. S/ AD	31	1,55	
Eg. 2X	6	2,01	
Eg. 2x	9	1,89	
Eg. 2X	25	1,87	
Eg. 5X	5	1,78	
Eg. 5X	12	1,4	
Eg. 5X	29	1,5	
E+F S/ AD	11	1,46	
E+F S/ AD	21	1,33	
E+F S/ AD	30	1,56	
E+F 2X	2	1,68	
E+F 2X	3	1,46	
E+F 2X	24	1,54	
E+F 5X	20	1,52	
E+F 5X	22	1,69	
E+F 5X	33	1,27	
E+C S/ AD	16	1,38	2,71
E+C S/ AD	18	1,19	1,51
E+C S/ AD	27	1,14	2,77
E+C 2X	17	0,81	1,55
E+C 2X	23	1,4	2,03
E+C 2X	34	1,16	1,76
E+C 5X	4	1,24	2,88
E+C 5X	26	1,32	2,17
E+C 5X	32	1,46	2,41
E+F+C S/ AD	14	0,91	2,66
E+F+C S/ AD	15	0,71	2,46
E+F+C S/ AD	28	1,09	2,02
E+F+C 2X	7	1,01	3,06
E+F+C 2X	13	1,12	2,39
E+F+C 2X	35	0,4	2,25
E+F+C 5X	8	0,78	2,28
E+F+C 5X	10	1,12	2,52
E+F+C 5X	36	0,71	1,88

Inverno

Tabela A-XXXIX – Resultados das comparações entre os tratamentos realizadas através do teste de Tukey para o crescimento dos talos de *E. densa* no verão.

COMPRIMENTO VERÃO	Inicial	Eg. S/ AD	Eg. 2X	Eg. 5X	E+F S/ AD	E+F 2X	E+F 5X	E+C S/ AD	E+C 2X	E+C 5X	E+F+C S/ AD	E+F+C 2X	E+F+C 5X
Inicial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. S/ AD	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. 2X	S	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. 5X	S		S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E+F S/ AD	S		S		X	X	X	X	X	X	X	X	X
E+F 2X	S	S		S		X	X	X	X	X	X	X	X
E+F 5X	S		S		S	S	X	X	X	X	X	X	X
E+C S/ AD	S		S		S	S		X	X	X	X	X	X
E+C 2X	S		S		S	S			X	X	X	X	X
E+C 5X	S		S			S				X	X	X	X
E+F+C S/ AD	S		S		S	S					X	X	X
E+F+C 2X	S		S		S	S						X	X
E+F+C 5X	S	S	S		S	S							X

Tabela A-XL – Resultados das comparações entre os tratamentos realizadas através do teste de Tukey para o crescimento dos talos de *E. densa* no inverno.

COMPRIMENTO INVERNO	Inicial	Eg. S/ AD	Eg. 2X	Eg. 5X	E+F S/ AD	E+F 2X	E+F 5X	E+C S/ AD	E+C 2X	E+C 5X	E+F+C S/ AD	E+F+C 2X	E+F+C 5X
Inicial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. S/ AD	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. 2X	S	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. 5X	S		S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E+F S/ AD	S		S		X	X	X	X	X	X	X	X	X
E+F 2X	S			S	S	X	X	X	X	X	X	X	X
E+F 5X	S	S	S			S	X	X	X	X	X	X	X
E+C S/ AD	S	S	S	S	S	S		X	X	X	X	X	X
E+C 2X	S		S			S			X	X	X	X	X
E+C 5X	S		S			S				X	X	X	X
E+F+C S/ AD	S	S	S			S					X	X	X
E+F+C 2X	S		S			S		S				X	X
E+F+C 5X	S	S	S			S							X

As seguintes simbologias são válidas para as tabelas de A-XXXIX a A-XLIII: **S** = estatisticamente significativo; **X** = ausência de comparação e os espaços em branco indicam ausência de significância.

Tabela A-XLI – Resultados das comparações entre os tratamentos realizadas através do teste de Tukey para a biomassa dos talos de *E. densa* no verão.

BIOMASSA VERÃO	Inicial	Eg. S/ AD	Eg. 2X	Eg. 5X	E+F S/ AD	E+F 2X	E+F 5X	E+C S/ AD	E+C 2X	E+C 5X	E+F+C S/ AD	E+F+C 2X	E+F+C 5X
Inicial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. S/ AD		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. 2X	S		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. 5X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E+F S/ AD	S				X	X	X	X	X	X	X	X	X
E+F 2X	S					X	X	X	X	X	X	X	X
E+F 5X							X	X	X	X	X	X	X
E+C S/ AD		S	S	S	S	S	S	X	X	X	X	X	X
E+C 2X			S		S	S			X	X	X	X	X
E+C 5X			S		S	S				X	X	X	X
E+F+C S/ AD			S		S	S					X	X	X
E+F+C 2X			S		S	S						X	X
E+F+C 5X			S		S	S							X

Tabela A-XLII – Resultados das comparações realizadas através do teste de Tukey para a biomassa dos talos de *E. densa* no inverno.

BIOMASSA INVERNO	Inicial	Eg. S/ AD	Eg. 2X	Eg. 5X	E+F S/ AD	E+F 2X	E+F 5X	E+C S/ AD	E+C 2X	E+C 5X	E+F+C S/ AD	E+F+C 2X	E+F+C 5X
Inicial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. S/ AD	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. 2X	S		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eg. 5X	S			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E+F S/ AD	S				X	X	X	X	X	X	X	X	X
E+F 2X	S					X	X	X	X	X	X	X	X
E+F 5X	S						X	X	X	X	X	X	X
E+C S/ AD			S					X	X	X	X	X	X
E+C 2X		S	S						X	X	X	X	X
E+C 5X			S							X	X	X	X
E+F+C S/ AD	S	S	S			S	S				X	X	X
E+F+C 2X	S	S	S	S	S	S	S					X	X
E+F+C 5X	S	S	S		S	S	S						X

Obs: Os resultados das comparações realizadas através do teste de Tukey para a biomassa dos talos de *C. demersum* no verão não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

Tabela A-XLIII – Resultados das comparações realizadas através do teste de Tukey para a biomassa dos talos de *C. demersum* no inverno.

BIOMASSA INVERNO	Inicial	E+C S/ AD	E+C 2X	E+C 5X	E+F+C S/ AD	E+F+C 2X	E+F+C 5X
Inicial	X	X	X	X	X	X	X
E+C S/ AD	S	X	X	X	X	X	X
E+C 2X			X	X	X	X	X
E+C 5X	S			X	X	X	X
E+F+C S/ AD	S				X	X	X
E+F+C 2X	S					X	X
E+F+C 5X	S						X

Tabela A-XLIV - Valores iniciais e finais de carbono (C), Hidrogênio (H), nitrogênio (N) e fósforo (P) nos ramos de *E. densa* no experimento realizado no verão (n=5).

<b>Tratamento</b>	<b>Potes</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>N</b>	<b>P</b>
Inicial		393,7	52,9	22,1	1,071704
Eg. S/ AD	1	369,5	54,9	22,8	1,848118
Eg. S/ AD	19	374,6	52,3	29	0,992978
Eg. S/ AD	31	367,6	49,7	31,4	0,849868
Eg. 2X	6	378,6	52,8	26,4	1,063204
Eg. 2x	9	377,2	53	25,9	0,964024
Eg. 2X	25	373,1	49,3	25,3	0,992138
Eg. 5X	5	384,8	53,2	23,6	0,994818
Eg. 5X	12	381,9	54,4	23,2	0,944646
Eg. 5X	29	350,1	46,2	27,2	0,967868
E+F S/ AD	11	373,5	50,9	26,7	0,78904
E+F S/ AD	21	380,1	54,9	22,9	0,708688
E+F S/ AD	30	373,9	51,4	26,2	0,758501
E+F 2X	2	379	54,8	21,8	2,178639
E+F 2X	3	385,7	55,6	20,1	1,994485
E+F 2X	24	378,9	48,6	27,4	1,692049
E+F 5X	20	357,5	50,6	32,7	2,969869
E+F 5X	22	364,3	50,2	24,4	0,925598
E+F 5X	33	376,6	52	29,7	0,855283
E+C S/ AD	16	377,7	50	35,3	1,518215
E+C S/ AD	18	366,7	49,3	35,5	3,963867
E+C S/ AD	27	372,7	50,4	28,5	2,092569
E+C 2X	17	365,6	47,8	33,7	
E+C 2X	23	371,7	49,9	32,3	1,205948
E+C 2X	34	382,7	49,2	36,1	1,769094
E+C 5X	4	385,8	53,5	34,4	1,182547
E+C 5X	26	363,4	48,4	36	2,050216
E+C 5X	32	376,6	49,3	41,7	1,842165
E+F+C S/ AD	14	326,9	42,9	31	1,192377
E+F+C S/ AD	15	375,3	48,9	37,8	0,974399
E+F+C S/ AD	28	291	38,1	27,3	0,946389
E+F+C 2X	7	366,6	50,1	32,9	1,296826
E+F+C 2X	13				1,272033
E+F+C 2X	35	388,6	48	39,5	1,375394
E+F+C 5X	8	375,7	51	32,1	0,938921
E+F+C 5X	10	375,2	50,5	28,8	1,16458
E+F+C 5X	36	378,9	48,2	39,1	1,147586

Tabela A-XLV - Valores iniciais e finais de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e fósforo (P) nos ramos de *E. densa* no experimento realizado no inverno (n=5).

<b>Tratamentos</b>	<b>Potes</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>N</b>	<b>P</b>
<b>Inicial</b>		390,2	52,3	22,2	1,051548
<b>Eg. S/ AD</b>	1	377,9	60,2	29,2	0,862957
<b>Eg. S/ AD</b>	19	357,7	46	27,1	0,949206
<b>Eg. S/ AD</b>	31	363,4	46,7	32,7	0,955007
<b>Eg. 2X</b>	6	371,8	54,5	25,7	1,012384
<b>Eg. 2x</b>	9	386	52,2	31,7	1,134462
<b>Eg. 2X</b>	25	380,6	46,7	32,3	1,178517
<b>Eg. 5X</b>	5	313,1	43	19,1	0,946568
<b>Eg. 5X</b>	12	356	48,5	27,3	0,902947
<b>Eg. 5X</b>	29	351,2	45,5	27,5	0,884988
<b>E+F S/ AD</b>	11	380,1	52,8	30,7	1,064023
<b>E+F S/ AD</b>	21	387,3	51,7	31,4	0,946664
<b>E+F S/ AD</b>	30	385,3	51,2	30,6	0,956398
<b>E+F 2X</b>	2	395,3	60,5	28	1,057927
<b>E+F 2X</b>	3	381,2	57,9	33,9	0,980013
<b>E+F 2X</b>	24	388,2	51,3	33,4	1,089443
<b>E+F 5X</b>	20	379,9	51,2	35,4	0,963625
<b>E+F 5X</b>	22	37,2	52	34,1	0,913632
<b>E+F 5X</b>	33	389,7	51	29,1	0,903857
<b>E+C S/ AD</b>	16	370,9	50,2	32,8	1,107478
<b>E+C S/ AD</b>	18	390,6	50,2	37,4	1,116083
<b>E+C S/ AD</b>	27	376,2	47,6	33,5	1,093253
<b>E+C 2X</b>	17	38,5	50,8	35,1	1,059056
<b>E+C 2X</b>	23	371,5	50,7	27,1	1,059091
<b>E+C 2X</b>	34	382,1	49,5	35,6	1,088066
<b>E+C 5X</b>	4	363,7	54,1	31	1,159028
<b>E+C 5X</b>	26	398,8	48,5	36	0,893992
<b>E+C 5X</b>	32	382,3	49,3	33,5	1,175458
<b>E+F+C S/ AD</b>	14	389,8	52,2	35,8	1,114836
<b>E+F+C S/ AD</b>	15	388,5	30,8	32	1,134187
<b>E+F+C S/ AD</b>	28	389,9	49,4	36,5	1,147524
<b>E+F+C 2X</b>	7	376,5	53,6	31,8	1,034015
<b>E+F+C 2X</b>	13				1,018894
<b>E+F+C 2X</b>	35	392	50,7	35,6	1,017902
<b>E+F+C 5X</b>	8	399,5	53	36,8	1,142185
<b>E+F+C 5X</b>	10	381,8	53,5	28	0,853905
<b>E+F+C 5X</b>	36	397,6	49,4	36,6	0,880786

Tabela A-XLVI - Valores iniciais e finais de carbono (C), Hidrogênio (H), nitrogênio (N) e fósforo (P) nos ramos de *C. demersum* no experimento realizado no verão (n=5).

Tratamento	Potes	C	H	N	P
Inicial		395,6	49	43,6	1,108801
E+C S/ AD	16	297,8	35,6	32,6	1,257787
E+C S/ AD	18	374,6	47,2	41,9	1,362664
E+C S/ AD	27	380,1	46	35,1	1,247812
E+C 2X	17	362,5	43,3	39,9	1,555387
E+C 2X	23	369,1	48,9	37,9	
E+C 2X	34	378,2	47,3	40,1	1,59041
E+C 5X	4	373,6	48,5	43,2	1,995291
E+C 5X	26	363,4	48,1	36,2	1,324871
E+C 5X	32	381,8	45,3	42,6	1,889602
E+F+C S/ AD	14	371,5	48,1	44,3	1,838142
E+F+C S/ AD	15	372,2	47,9	40,2	1,128744
E+F+C S/ AD	28	362,7	44,2	33,1	1,684643
E+F+C 2X	7	371,2	45,9	37,4	
E+F+C 2X	13	349,2	43,9	43	1,239414
E+F+C 2X	35	355,8	46,1	37,3	1,224844
E+F+C 5X	8	366,3	44,8	39,5	1,311693
E+F+C 5X	10	367	45,6	36,4	1,375821
E+F+C 5X	36	369,6	45,4	38	1,31648

Tabela A-XLVII - Valores iniciais e finais de carbono (C), Hidrogênio (H), nitrogênio (N) e fósforo (P) nos ramos de *E. densa* no experimento realizado no inverno (n=5).

Tratamento	Potes	C	H	N	P
Inicial		378,3	47,8	43,1	1,082017
E+C S/ AD	16	372,8	54	28,4	1,086274
E+C S/ AD	18	370,9	50,5	32,6	1,091014
E+C S/ AD	27	378,4	50,2	33,9	1,083216
E+C 2X	17	372,8	52,5	32,8	1,061275
E+C 2X	23	379,5	52,2	28,5	1,126134
E+C 2X	34	383	50,3	40,5	1,174122
E+C 5X	4	376,9	46,6	35,7	1,068226
E+C 5X	26	374,1	50,5	29,5	1,0164
E+C 5X	32	380,2	50,2	31	1,116165
E+F+C S/ AD	14	376,7	53,6	35	1,092288
E+F+C S/ AD	15	375	53,7	33,4	1,097682
E+F+C S/ AD	28	383,4	50,8	33,4	1,050914
E+F+C 2X	7	386,1	46,2	36,2	1,130749
E+F+C 2X	13	373,7	48	37,8	1,106865
E+F+C 2X	35	383,5	49,8	34,2	1,089953
E+F+C 5X	8	373,3	46,8	40,4	1,027216
E+F+C 5X	10	387,2	49,2	37,5	1,094617
E+F+C 5X	36	384,1	44,1	29,2	1,105591

Tabela A-XLVIII - Concentrações de Orto-fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no verão.

Potes	Amostras Iniciais			Amostras 24/01/07			Amostras 25/01/07			Amostras 27/01/07			Amostras 01/02/07			Amostras 04/02/07			Amostras 07/02/07		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0,9874	0,9125	0,9873	0,4735	0,5316	0,5558	0,3683	0,3583	0,3982	0,8519	0,6865	0,7838	0,5335	0,5335	0,5335	0,6021	0,5036	0,5101	0,5023	0,5022	0,4717
2	2,0103	1,9563	1,8421	0,5703	0,5219	0,7203	0,5481	0,3733	0,3483	0,5795	0,4998	0,5337	0,5528	0,5335	0,548	0,6102	0,5323	0,5987	0,6399	0,5121	0,5331
3	1,8663	1,9412	2,0303	0,5025	0,5751	0,73	0,49082	0,3633	0,3533	0,7254	0,6865	0,6914	0,828	0,659	0,6301	0,9211	0,5674	0,6741	0,6214	0,4431	0,4687
4	5,0451	5,0321	5,101	0,8704	0,8171	0,7687	0,4732	0,4532	0,5381	0,3947	0,2908	0,2974	0,4418	0,3452	0,2486	0,5874	0,6451	0,4142	0,5664	0,6337	0,4212
5	5,0333	5,1914	5,0001	0,7155	0,6623	0,7058	0,3533	0,3533	0,4132	0,2925	0,3412	0,3023	0,2438	0,2486	0,2438	0,3454	0,3341	0,3454	0,397	0,3125	0,2987
6	2,1645	2,0009	2,841	0,1493	0,1976	0,1396	0,3433	0,4482	0,3483	0,1029	0,1077	0,1029	1,3109	1,1661	1,1612	1,1254	1,0197	1,1635	1,2131	1,0008	1,2478
7	2,1497	2,0087	1,9511	2,661	2,0464	2,5207	0,5031	0,7079	0,4032	3,308	1,9851	2,1981	0,3452	0,3935	0,4949	0,3387	0,4875	0,6997	0,3748	0,4652	0,5121
8	4,5631	4,3784	4,441	1,0833	1,2478	2,6175	1,3973	1,1875	1,2524	1,1453	1,5571	1,0318	0,49	0,4369	0,4418	0,505	0,9754	0,3148	0,5324	0,9003	0,4127
9	1,7441	1,7963	1,8614	0,3816	0,309	0,2315	0,2883	0,3483	0,2534	0,5746	0,4968	0,0654	0,2969	0,3452	0,4659	0,2928	0,3364	0,8741	0,2827	0,3001	0,3966
10	4,3347	4,7401	4,3513	1,3495	1,6399	1,9496	1,0026	2,5661	0,9527	1,7651	1,5522	1,9121	0,3452	0,3645	0,3548	0,3287	0,3666	0,3431	0,3274	0,4121	0,4213
11	0,941	0,9411	0,873	1,0204	0,6913	0,5461	0,5481	0,5631	0,648	2,2429	2,1067	1,7176	0,9633	1,0067	1,8518	0,9968	1,0334	1,6541	0,9837	1,4777	1,6347
12	4,7741	4,812	4,3415	0,8607	0,9188	1,0591	0,648	0,9477	0,4482	0,6962	0,599	0,5941	0,4369	0,6204	0,4369	0,5551	0,7841	0,7431	0,5867	0,7421	0,6699
13	1,5487	1,6697	2,1112	4,834	3,5806	2,1238	2,711	2,861	3,4453	4,1057	5,0961	4,5003	0,7315	0,8252	0,548	0,8756	0,9741	0,6974	0,6777	0,9323	0,6457
14	0,8452	0,8891	0,9365	0,7252	1,8092	10,893	1,1025	2,1365	1,0476	5,3167	5,231	5,7009	0,6204	0,6252	0,4997	0,5621	0,8741	0,4875	0,6421	0,8421	0,7541
15	0,9741	0,8102	0,8174	5,6084	1,1124	1,3108	1,0476	1,2074	1,8468	1,7662	2,3012	2,009	0,4079	0,4659	0,519	0,4521	0,4365	0,6614	0,3968	0,3867	0,4001
16	0,8654	0,8121	0,9802	0,4396	0,3816	0,4251	0,2584	0,8478	0,5481	0,3558	0,4044	0,4563	0,5142	0,6301	0,49	0,601	0,6231	0,4848	0,6003	0,6114	0,427
17	1,9568	1,8963	1,8741	1,7076	1,0349	1,1559	0,8728	0,5081	1,0476	0,4968	0,4675	0,5892	0,548	0,4369	0,4418	0,5003	0,4328	0,4434	0,6002	0,4874	0,4777
18	0,9968	1,0025	0,8751	0,4348	0,488	0,338	0,3483	0,3633	0,2484	1,8051	1,7862	1,1242	0,5335	0,3403	0,2486	0,5033	0,3997	0,2628	0,5321	0,2478	0,2003
19	0,8463	0,9631	1,0033	1,6641	1,9254	0,9091	0,5481	0,2484	0,2484	0,4561	0,4919	0,3947	0,3017	0,3403	0,2921	0,3012	0,3002	0,2745	0,2998	0,2887	0,2009
20	5,0036	4,6874	4,8734	5,4148	6,1988	3,537	2,5561	2,1515	3,1456	5,4778	5,0638	6,2019	0,7798	1,0212	0,7991	0,7456	1,365	0,8856	0,6547	1,2147	0,8745
21	0,961	0,8714	0,9336	1,3931	2,9901	1,7463	0,9827	1,3223	1,0576	5,2194	4,9853	4,5385	0,8164	1,393	0,9198	0,8183	1,2937	1,0097	0,6987	0,7011	1,0367
22	4,2654	4,3419	4,1919	4,592	6,0439	4,8437	1,5721	1,5471	2,0067	4,4315	6,3332	4,7812	1,2482	1,1178	1,0309	1,2337	1,1101	0,9987	1,0398	1,2008	1,0236
23	1,6696	1,5461	1,5656	0,5219	0,9623	0,3864	0,603	0,2484	0,5231	0,2571	0,2536	0,2974	0,2486	0,5383	0,2486	0,3429	0,5464	0,2337	0,3547	0,5002	0,3564
24	1,6985	2,0031	0,743	3,8661	2,5594	1,6157	4,5941	2,3064	7,4913	5,4352	5,9733	6,4489	1,5958	0,8763	1,1274	1,6869	0,876	1,2334	1,3671	0,8456	1,1121
25	1,5861	1,5002	1,9806	0,2993	0,7252	0,43	0,3533	0,2484	0,613	0,5647	0,5552	0,4044	0,8377	0,9198	1,7938	0,6974	1,9745	0,7073	0,6996	0,6787	0,7005
26	4,3333	4,1937	4,2946	1,1511	1,0639	1,2091	1,647	0,9627	0,548	1,237	1,1729	1,275	0,4369	0,3403	0,3259	0,3546	0,2018	0,2037	0,3697	0,202	0,2033
27	0,7541	0,9634	0,7412	1,4608	0,9865	0,488	0,7329	1,0476	0,588	2,4471	2,9981	1,6641	0,2438	0,1472	0,2486	0,223	0,2372	0,2535	0,2257	0,341	0,2007
28	0,7699	0,8111	0,9889	3,9145	1,5043	3,145	3,3504	1,2474	4,709	1,9871	2,8362	3,595	0,4273	0,35	0,4418	0,5213	0,2367	0,6441	0,4874	0,3784	0,4477
29	4,6967	4,7654	4,9376	1,3011	0,5267	1,4947	1,5971	0,653	0,9527	0,8908	0,5017	0,6781	1,4123	0,9439	0,9879	1,3745	0,9967	1,3154	1,2104	1,0088	1,0378
30	0,9192	1,0277	0,8764	2,4626	1,577	2,5158	1,4572	2,0516	2,1615	6,6153	7,3451	8,2738	0,2486	0,2486	0,4369	0,2337	0,2754	0,4867	0,2014	0,2357	0,4784
31	0,8721	0,8239	0,9118	1,8335	4,7614	5,71	4,6841	2,4462	2,4063	2,9432	2,957	2,5882	3,0107	2,0449	2,1656	2,3364	2,0011	1,9845	2,0345	2,0001	1,8451
32	4,8745	4,7627	4,3347	1,6883	2,0754	2,4142	1,0975	1,1025	1,7519	0,9491	0,9783	0,9785	0,6349	1,084	1,0936	0,7411	0,7835	0,8935	0,7747	0,6512	0,6231
33	4,6541	4,6189	4,8738	4,6501	3,5854	3,7161	2,4612	1,9667	5,748	6,1338	5,4529	5,4673	3,8219	4,2565	6,4246	1,3218	1,4651	0,5741	1,1021	1,033	0,988
34	2,0034	1,7948	1,6823	1,1559	1,2237	1,7318	1,4922	1,8019	1,5321	1,7871	1,8051	1,4744	0,7315	0,8232	0,7267	0,3421	0,8969	0,6745	0,2301	0,3458	0,4512
35	1,5005	1,5535	2,341	2,1674	3,5322	1,9302	3,3953	1,4972	4,6691	2,4374	2,4423	2,7617	1,4075	3,4308	1,5524	1,2012	1,956	1,3454	0,8745	0,8686	0,9745
36	4,0369	4,53	4,4487	2,9175	4,2581	3,2418	2,1515	2,8359	5,3234	1,2847	1,6738	1,4793	0,7315	0,7894	0,9295	0,6145	0,6332	0,7437	0,3441	0,3784	0,3912

Tabela XLIX - Concentrações de Orto-fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no inverno.

Potes	Amostras Iniciais			Amostras 15/06/07			Amostras 16/06/07			Amostras 18/06/07			Amostras 23/06/07			Amostras 26/06/07			Amostras 29/06/07		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1,1242	1,0921	0,8777	0,8438	0,6665	0,6667	0,5915	0,3916	0,4403	0,5436	0,3121	0,3412	0,2371	0,2891	0,2187	0,5399	0,4213	0,5709	0,5617	0,5612	0,6612
2	1,7652	1,9871	2,0321	0,3787	0,3836	0,349	0,3916	0,533	0,6647	0,3161	0,2198	0,2981	0,3678	0,3561	0,381	0,5451	0,2665	0,3697	0,4145	0,4561	0,3908
3	1,7109	1,8912	2,0211	0,4776	0,4727	0,5172	0,4452	0,4062	0,5867	0,41561	0,3671	0,3561	0,3892	0,3891	0,2178	0,3542	0,4109	0,4161	0,4121	0,4156	0,4561
4	6,0213	4,9873	5,4221	1,6651	1,5711	1,5068	0,6452	0,8793	0,7818	0,2399	0,3181	0,3121	0,2371	0,2121	0,2891	0,4264	0,2562	0,2098	0,3415	0,3314	0,3461
5	4,7892	5,0012	5,1231	2,1252	2,1054	2,2044	0,7818	0,6891	1,0744	0,3412	0,3212	0,3121	0,1987	0,1765	1,887	0,1891	0,2562	0,2356	0,2139	0,2891	0,2789
6	1,9981	1,9918	2,0667	1,4128	1,3138	1,2149	0,8744	0,8818	0,8354	0,8994	0,7891	0,7994	0,2212	0,2356	0,2781	1,1074	0,9887	0,932	0,9019	0,9871	0,9761
7	1,7823	1,9871	2,11	0,3836	0,3836	0,3836	0,4403	0,4257	0,3916	0,1567	0,2181	0,2781	0,1761	0,1671	0,651	0,1685	0,1427	0,1633	0,1216	0,1299	0,1876
8	4,3312	4,3121	4,8123	0,3787	0,4776	0,5867	0,4647	0,4403	0,4891	0,1919	0,1918	0,2189	0,2891	0,2171	0,2187	0,2098	0,2304	0,2201	0,2351	0,2345	0,2897
9	1,7121	1,9181	1,8123	1,5711	1,6107	1,7987	0,8403	0,8744	0,8305	0,5671	0,5781	0,5612	0,5671	0,2121	0,2765	0,8907	0,478	0,4264	0,5546	0,5571	0,5786
10	4,7373	4,1243	4,551	0,3787	0,3342	0,3342	0,4989	0,4403	0,7445	0,4651	0,4571	0,3451	0,1876	0,1776	0,1778	0,2562	0,2304	0,1736	0,3452	3,871	0,3444
11	0,8898	0,89	0,9291	0,3836	0,3836	0,3935	1,0183	1,0451	1,0354	0,9819	1,0891	1,0101	0,8716	0,8761	1,9871	1,0971	0,8649	0,932	0,9871	1,0891	1,0871
12	4,5151	4,2341	4,7121	2,4419	2,6596	2,4716	1,0744	1,1232	1,1476	0,5412	0,5461	0,5651	0,3561	0,3561	0,8761	0,3697	0,4264	0,4213	0,5421	0,5412	0,5374
13	1,5981	1,5555	1,4561	0,7201	0,4232	0,5271	0,6598	0,5964	0,5769	0,5431	0,4141	0,4178	0,1871	0,1871	0,8761	0,1685	0,2768	0,1788	0,2781	2,9999	0,2781
14	0,7812	0,8912	0,9901	0,3935	0,4925	0,4826	0,5476	0,3916	0,6452	0,3938	0,3671	0,1782	0,2314	0,1872	0,2187	0,2201	0,2717	0,3645	0,4512	0,3191	0,3199
15	0,9012	0,6617	0,6712	0,5766	0,4232	0,3787	0,5818	0,5476	0,6013	0,4561	0,4398	0,2891	0,2451	0,222	0,2761	0,2665	0,2149	0,3697	0,2181	0,2187	0,2891
16	0,8743	0,8971	0,8112	0,8883	0,7696	0,8636	0,9769	1,0256	0,9769	0,4131	0,4581	0,3987	0,21891	0,2761	2,1999	0,3697	0,3748	0,3697	0,4149	0,44	0,1222
17	1,7162	1,7898	1,9821	0,73	0,8042	1,0268	1,2305	1,1329	1,3671	0,5416	0,5661	0,5781	0,4567	0,4561	0,5012	0,5296	0,6122	0,478	0,4561	0,4512	0,1341
18	0,9671	0,9762	1,0212	0,918	0,9873	0,8883	1,0695	1,1476	0,8403	0,9881	1,0351	1,811	0,4567	0,8771	0,8755	0,5812	1,1435	0,8288	0,7819	0,6561	0,6999
19	0,9891	0,9991	1,2829	0,9032	1,0219	2,4666	1,3671	1,5573	1,1281	1,9833	0,8171	0,8761	0,8765	0,7817	0,7876	0,5812	0,7824	0,9371	0,5671	0,5671	0,5891
20	4,6723	4,2123	5,012	0,73	0,6459	0,4282	0,674	0,6842	0,6452	0,9811	0,4515	0,6541	0,4451	0,4313	0,2192	0,3697	0,38	0,3697	0,2161	0,2189	0,2001
21	0,1245	0,9911	0,9021	0,4727	0,7399	0,5271	1,1037	1,1281	1,1232	0,1991	0,6512	0,2298	0,2817	0,2981	0,2212	1,0868	1,0352	1,6078	0,7812	0,7892	0,7899
22	3,7232	4,4141	4,013	0,542	0,4875	0,4678	0,7818	0,7769	0,7818	0,08171	0,5651	0,4561	0,5671	0,1212	0,4561	0,4677	0,5709	0,4677	0,4322	0,3987	0,3878
23	1,4687	1,5774	1,001	1,1753	1,2594	1,2841	1,3671	1,2207	1,1232	0,8761	0,7865	0,6541	0,6761	0,6541	0,6541	0,7276	0,7173	0,6741	0,4678	0,5003	0,5673
24	1,08	1,8767	1,9824	0,73	0,7448	0,5321	1,1232	1,0256	1,011	0,4531	0,04561	0,3412	0,2341	0,2761	0,2121	0,4574	0,5606	0,4729	0,2178	0,3111	0,3121
25	1,6551	1,61	1,6454	1,4375	1,5068	1,4969	1,7475	1,9572	1,7572	1,0121	1,009	1,01	0,9871	0,9765	0,8761	0,7566	0,834	0,8649	0,5671	0,6009	0,6781
26	2,12	4,031	4,1129	2,2044	1,8086	1,9273	1,2646	1,2695	1,2744	0,4561	0,4782	0,4781	0,2343	0,3839	0,3672	0,38	0,2665	0,3697	0,1222	0,1871	0,1671
27	0,7576	0,7678	1,981	1,3138	1,2742	0,9774	2,2108	3,2204	2,498	0,9811	0,9781	0,9654	0,5454	0,5271	0,5671	0,349	0,3645	0,3645	0,1987	0,21	0,2009
28	0,9716	0,9121	1,01	0,725	0,5271	0,4875	0,8793	0,8793	1,0256	0,3421	0,3567	0,3232	0,4651	0,4612	0,4561	0,2923	0,2562	0,2871	0,1091	0,1981	0,1871
29	4,6453	4,5325	4,3378	3,6739	2,902	8,6216	1,7572	2,1474	1,8499	1,7861	1,9871	1,9871	1,7891	1,6622	1,5671	1,6439	1,9792	1,809	1,5411	1,2131	1,1919
30	0,0561	0,879	0,8993	0,7864	0,7856	0,7869	1,4158	1,1427	1,1232	0,9873	0,9866	0,7892	0,7892	0,7652	0,7652	0,7566	0,7669	0,8133	0,4561	0,4789	0,4681
31	0,9191	0,9341	0,7712	7,8646	1,774	1,7789	1,4646	1,367	1,4646	1,3341	1,3145	1,5612	1,0171	1,0871	1,978	1,9173	1,0558	1,1435	0,7653	0,7812	0,6541
32	4,6345	4,2312	4,5342	5,2967	1,863	2,3083	2,0206	1,6109	1,5768	1,8912	1,8974	1,6671	1,9871	1,986	1,976	7,7468	0,903	0,6745	1,091	1,008	1,011
33	4,8172	9,1414	4,4617	0,7399	0,73	0,73	1,0256	0,9769	1,0842	3,4512	3,2131	0,9823	3,3245	3,6754	3,6625	5,9876	5,9154	2,4384	1,981	1,7812	1,8711
34	4,189	1,7651	1,7541	1,3287	1,1901	1,8729	1,4646	1,47443	1,7572	1,5671	1,5565	1,111	1,5612	1,544	1,4111	1,6078	3,532	2,3455	1,091	1,028	1,099
35	1,5671	1,908	1,6601	0,6261	0,7696	0,7795	1,4012	1,7085	1,2646	1,1982	1,0912	1,0875	1,0201	1,002	0,9871	0,6895	0,4729	0,9938	0,7711	0,5671	0,5881
36	4,3431	4,4514	7,4868	0,5717	0,5865	0,4381	0,9525	1,0842	1,0744	0,8787	0,861	0,9802	0,8712	0,8765	0,8763	0,3026	0,2717	0,3697	0,2181	0,2811	0,2133

Tabela A-L - Concentrações de nitrogênio amoniacal ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no verão.

Potes	Amostras Iniciais			Amostras 24/01/07			Amostras 25/01/07			Amostras 27/01/07			Amostras 01/02/07			Amostras 04/02/07			Amostras 07/02/07		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1,0117	2,0932	1,1877	4,6119	4,9363	4,1171	1,7906	2,1238	1,4241	2,0093	1,6841	1,7757	2,0121	1,734	1,6231	1,0087	1,2121	1,0921	0,7451	0,0121	0,7661
2	1,9339	1,9255	2,5292	2,8275	3,3141	3,306	4,0894	3,6064	28,144	3,6766	4,1121	3,2341	4,0355	7,4431	3,9888	2,0111	1,8767	1,6795	0,9871	1,2431	1,4512
3	2,1288	1,9004	1,6908	2,7383	3,0303	2,5679	3,1233	3,09	2,1238	2,1121	2,4531	2,5456	2,0943	2,4423	0,0099	1,0212	1,2341	1,1981	0,9712	0,6871	0,7812
4	6,5537	8,1467	5,1703	8,9834	8,3312	8,6105	13,795	13,485	24,096	7,1342	7,6709	7,0031	6,0012	5,3475	5,4127	5,3451	1,9767	1,8564	1,2143	1,1901	1,0082
5	7,2915	8,8006	6,7884	9,1378	8,9999	8,7079	10,286	10,137	11,103	7,1321	7,3214	7,8956	7,8703	7,5506	7,404	3,1209	2,9671	2,909	2,0012	1,7612	1,6781
6	2,8059	3,7114	3,0239	5,0985	4,3442	4,9201	3,4398	3,4231	2,6568	6,7463	6,2123	5,0909	4,4578	2,21	5,0131	2,0121	2,0456	9,8213	13,4572	1,4581	1,366
7	0,6008	0,7685	0,7014	3,7603	3,4601	3,306	4,6392	2,9733	3,623	4,5672	5,2143	5,423	3,0654	21,4317	2,7432	14,3411	4,3132	4,1121	2,469	2,1208	2,0095
8	0,0894	2,1855	1,8585	2,9086	3,1438	3,1114	3,2899	3,3065	3,673	3,0121	3,0098	3,0222	2,0905	2,6783	2,8621	1,7176	1,8904	1,6044	0,8987	1,0034	1,3461
9	2,9233	5,4637	5,2122	5,4798	5,4879	6,6234	3,4398	3,6064	2,7901	5,7661	5,2134	5,9889	4,7621	12,2424	4,6667	0,9811	3,3312	3,1896	1,219	1,0075	0,9389
10	1,3303	1,8585	1,3554	2,7221	3,7765	3,0546	3,9062	3,4398	2,1571	4,5456	13,6665	4,6874	2,9322	3,101	3,872	1,9091	2,0313	2,1121	1,1121	1,0055	1,9012
11	1,171	1,4393	0,9278	2,9816	2,8924	2,8113	0,8077	2,4403	1,2908	0,9098	1,5476	1,9219	0,9221	5,7809	1,0433	1,5435	1,6768	1,5456	5,9823	0,8914	0,8776
12	10,829	10,628	10,829	7,6897	7,3421	7,3312	3,573	2,7901	3,6064	4,3218	15,2785	4,6667	10,4165	3,3434	3,3434	0,9871	2,4455	2,343	1,001	1,2191	0,7434
13	1,5566	1,456	1,5231	2,7221	2,7626	2,5923	4,4559	3,1233	3,1233	4,031	2,3765	2,4422	2,3216	2,1413	2,1412	1,413	1,2341	1,1875	0,7689	0,9987	0,8185
14	0,5757	1,02	0,626	2,8113	2,5761	2,7302	1,8739	1,4574	1,2908	2,0021	2,231	2,7603	1,9787	1,8658	2,0908	0,8971	0,9887	0,8112	0,6541	0,6712	0,4772
15	0,5421	0,3493	0,8691	2,4463	2,8194	2,7383	1,7906	1,1243	1,1243	3,7664	2,8763	2,463	2,1219	2,3001	2,0002	1,5612	2,0198	2,0021	0,9539	1,3434	1,2001
16	0,6847	0,5841	1,1961	1,5642	1,6793	1,7612	0,7744	0,9743	0,7744	1,2431	1,762	4,098	0,9213	0,878	1,2231	1,0981	0,9761	0,8766	0,6765	0,5819	0,8914
17	3,4515	6,1931	5,296	3,8008	4,3118	4,3523	2,2404	2,0669	1,4741	3,0041	3,0965	5,7764	5,7212	3,4445	3,5541	2,1121	2,5151	15,7711	2,3315	2,7891	2,4459
18	1,1877	1,1039	1,1877	3,3871	2,9248	2,8275	1,4408	1,1243	1,1409	0,986	3,992	3,9312	1,7786	1,654	1,873	1,3191	1,0101	1,0091	1,0195	0,8739	0,7443
19	1,9507	2,0262	1,674	1,9067	1,9892	2,0021	1,7906	1,7906	4,4559	3,2043	3,4576	3,2525	2,0033	2,3465	5,6731	1,7869	1,8712	1,5004	0,8921	1,3531	1,3531
20	9,2199	7,9119	7,8951	4,1901	4,109	3,6954	7,8209	5,7886	2,7734	8,7769	6,1431	5,1556	4,898	5,0231	5,1021	2,3312	2,7612	2,4452	1,2092	1,2891	6,6781
21	1,0117	1,2883	4,03	2,3976	2,5679	2,8194	1,2908	1,1243	1,7406	3,3897	3,9864	3,4571	2,0412	2,0007	1,0097	1,1129	1,109	1,0088	0,725	0,898	0,8732
22	8,0628	6,8639	6,8974	3,6305	2,6653	2,7058	2,4736	2,1404	2,1071	3,0014	2,7874	2,7567	1,843	1,8992	2,3321	1,4413	1,2121	0,8978	0,7891	0,6781	0,9899
23	1,6069	1,3303	1,456	2,6653	2,6896	2,4868	4,7891	3,623	4,4393	3,7372	3,2491	4,8965	3,098	3,1087	2,0096	1,5145	1,2319	1,7891	1,4313	9,1121	1,7891
24	3,8623	3,3509	3,5772	3,0952	2,9735	3,0546	2,2737	2,7734	2,4403	4,531	4,0341	6,7852	1,654	1,6541	1,9004	1,1122	1,7891	1,4561	1,891	1,0091	1,121
25	3,3509	3,8623	3,703	3,0021	2,5454	2,937	2,207	2,1238	2,2737	1,0091	1,2211	0,8994	3,9463	0,8756	0,7778	0,8719	0,819	1,0012	0,7651	0,6341	0,6712
26	9,6978	10,829	12,758	3,5737	3,7846	2,7383	8,454	7,9542	8,6039	6,4213	5,9999	7,2311	5,4328	4,7513	4,6132	3,0121	2,7835	2,6981	1,7651	1,1414	8,8812
27	0,517	0,7853	1,1877	2,8113	3,0059	2,9978	1,1076	1,7739	1,1243	3,4421	3,0985	4,5545	1,8735	2,0031	2,1321	1,4409	1,4891	1,9889	0,8762	0,9823	1,5541
28	1,4057	0,7014	1,02	1,0022	1,098	1,5672	1,9905	2,1238	1,4574	0,8235	0,9806	9,0001	0,9077	1,053	0,7241	0,7747	0,7891	0,9187	0,7854	0,671	0,7004
29	11,609	11,911	9,7397	8,5132	9,7785	12,261	12,952	11,786	16,683	4,612	4,5501	5,0061	3,3375	3,3376	6,9789	2,5561	2,9811	2,4671	1,7678	1,7267	1,5402
30	0,7853	0,844	13,932	0,9871	0,9111	0,7343	0,8244	0,7744	1,7906	0,5672	0,8967	0,7655	0,5576	0,6564	0,5998	0,5671	0,5987	0,7612	0,5003	0,5978	0,4981
31	1,6992	2,1603	1,456	3,2655	3,306	3,306	2,1238	2,2737	2,4736	1,8957	2,3351	2,5421	1,0809	1,2232	1,2434	1,01	0,8767	0,9001	0,7333	0,9013	0,6087
32	8,7168	8,918	13,831	4,9201	4,7741	4,693	4,4559	3,8896	3,4231	2,7589	2,6412	2,003	1,9847	2,0051	2,1054	1,7091	2,0119	1,4771	0,9195	0,9004	1,8761
33	6,0338	7,6688	7,2496	2,5761	2,9816	3,1357	5,4388	6,7715	6,2884	3,3398	3,2111	6,9831	4,4454	4,3432	4,9851	2,1211	2,6789	2,9181	1,9868	1,506	1,0011
34	5,296	3,4515	6,1931	2,6977	2,8032	2,4949	3,5231	2,5902	2,7734	2,5643	3,001	0,1432	9,1434	2,0131	1,0799	2,2312	1,7891	1,6791	1,0087	1,0105	1,509
35	1,4896	1,3554	1,8417	2,5842	2,8924	2,9978	4,4559	3,9562	3,1233	2,0987	2,5423	7,4443	1,7788	1,7478	3,6521	1,7778	1,7911	1,0091	0,8234	0,8915	12,4534
36	6,3776	8,0628	4,2899	2,8113	3,0099	3,0461	3,1566	3,6064	3,4398	2,4665	0,4761	2,7132	0,7831	1,9888	1,9342	1,0056	1,3541	0,941	1,0001	23,45	0,7084

Tabela A-LI - Concentrações de nitrogênio amoniacal ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no inverno.

Potes	Amostras Iniciais			Amostras 15/06/07			Amostras 16/06/07			Amostras 18/06/07			Amostras 23/06/07			Amostras 25/06/07			Amostras 29/06/07		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1,0002	0,9981	1,2112	2,1231	1,1898	1,2001	1,398	1,3762	1,9804	1,2221	1,2871	1,2244	0,8765	0,8882	0,034	0,7865	0,7988	0,0192	0,6754	0,5647	0,5543
2	2,3217	2,1998	2,0087	1,9801	2,3412	6,8711	2,354	2,9812	2,4011	2,1781	2,2781	2,2271	1,763	1,5004	1,476	1,2718	0,876	0,9987	0,6738	0,6425	0,5008
3	2,133	1,9832	1,0965	1,9201	1,0912	2,0015	2,4566	2,4781	1,12	2,0981	1,982	0,0912	1,5003	1,556	1,6543	0,9909	0,9162	1,9833	0,5876	0,5642	0,6791
4	6,1787	6,0009	5,4398	4,3304	6,2374	6,0021	6,4561	6,3891	6,4191	6,0012	5,9889	5,9002	4,0034	4,0102	2,1987	3,5463	1,8764	1,7612	0,7871	0,7984	0,6871
5	6,8968	9,1626	6,5671	6,1278	6,1982	6,8712	6,7812	0,0912	6,8101	6,3443	6,3782	2,188	19,0022	4,8793	4,7864	1,9878	1,9143	2,8712	7,85	0,8789	0,9191
6	2,1441	2,3435	2,3378	2,0981	2,4412	2,5612	2,7681	2,6891	2,7812	2,3441	2,4141	2,3987	1,7833	1,6834	1,6211	0,9812	23,948	1,0072	0,5891	3,55	0,7003
7	2,1787	7,9813	1,8756	12,4352	2,7612	2,6541	3,0101	3,1002	1,9812	2,4561	2,4516	2,1764	0,0023	1,7812	1,6009	0,0712	0,7141	0,6998	0,3562	0,3444	0,5009
8	5,6574	8,1561	6,0022	0,9812	7,003	6,7893	7,001	6,891	2,1871	5,9909	5,8987	6,4526	4,9871	4,5003	4,5045	2,0191	1,8761	1,7887	0,9231	0,8768	0,8345
9	2,1465	2,7651	2,5677	3,163	3,001	2,7813	3,3212	3,2352	2,1111	6,892	2,5671	2,4665	1,8902	1,029	1,7878	1,2451	1,1003	1,0103	0,8753	0,8723	0,4536
10	7,1565	7,1761	3,8711	6,8912	6,5673	2,8722	7,9812	7,001	6,9876	6,6817	6,6541	4,8723	5,1761	5,1351	5,2773	2,1415	2,1891	2,9809	0,7623	0,1827	0,9871
11	0,9981	1,451	1,2431	1,4512	1,2451	1,001	1,7812	1,7871	1,3212	1,4612	1,5612	1,4667	0,218	0,9009	0,8912	0,7872	0,78712	0,7001	0,6781	0,6612	0,819
12	7,9871	7,7891	8,0011	7,332	7,3381	5,293	7,6761	7,5002	7,0001	6,9818	6,8765	6,7898	5,0043	4,9021	4,0918	2,1827	2,1546	3,1932	1,002	3,29	0,9123
13	1,687	1,876	1,7692	1,8934	2,089	1,7653	2,221	2,8911	2,2341	1,7891	1,9873	1,8999	1,0324	1,1221	0,0018	0,7896	3,5463	0,7654	0,5661	0,5895	0,6781
14	0,9888	1,6712	1,5003	1,1982	18,8733	1,2899	1,771	1,7877	1,6781	1,4561	1,5003	1,5656	0,0193	0,1091	0,9099	0,7657	0,7928	0,6781	0,6781	0,6918	0,0912
15	1,877	0,9891	1,3241	1,763	1,7677	3,9888	1,9812	1,8762	1,8192	1,2356	1,2398	1,761	0,8765	0,8654	0,4122	0,0193	0,6712	0,7872	0,6718	0,6891	0,7612
16	1,4561	1,4111	14,3331	1,4512	1,6511	5,43	1,7822	1,7167	1,9871	1,4617	1,4516	1,4563	0,1932	0,6547	0,7888	0,6009	0,6758	0,6782	0,5009	0,2344	0,4986
17	3,1414	0,0012	3,29	2,9981	2,9004	3,8764	3,5416	1,8763	3,6003	3,0001	2,9888	2,9004	2,1465	2,415	2,1221	1,1891	1,985	1,3241	2,7	0,7891	0,8101
18	1,3212	1,2333	7,1652	1,3892	3,2988	1,1414	1,5617	18,0003	1,4949	1,3141	1,4109	1,3708	0,9812	0,7829	0,8882	0,1773	0,7888	0,619	0,7165	0,6982	0,212
19	12,3888	1,4512	1,001	1,2386	4,8983	1,1781	1,5461	1,5551	7,8723	1,2897	1,902	1,2342	3,1983	0,9999	0,8909	0,8823	0,8092	2,9812	0,3872	0,4161	0,4612
20	7,008	2,5643	6,8773	4,239	5,6712	5,7898	7,973	5,8712	5,7009	6,512	5,781	5,6008	4,8761	4,4352	4,2711	2,1983	0,0156	2,003	0,9671	0,8719	0,9764
21	5,4985	1,3453	1,6541	3,182	1,4561	1,3442	1,7819	1,6712	0,9888	1,4561	1,6512	1,3892	1,001	0,8761	0,8222	0,7615	0,7918	0,8172	0,67182	0,7761	0,7771
22	7,0189	6,3212	5,9876	8,1764	5,9873	6,2351	6,5617	6,1829	3,1928	5,9876	5,7895	3,442	4,3231	9,0913	4,3561	2,1982	2,4413	12,17	1,2172	0,9887	0,8913
23	2,8712	2,1341	2,3781	1,3241	2,7651	2,6573	2,6716	2,9817	3,0031	2,4546	2,4563	2,0001	1,788	1,6781	1,6904	0,0193	0,9889	1,0918	0,78912	0,8173	3,98
24	2,2002	0,0192	2,1998	2,0001	2,0934	1,1001	2,6773	2,5568	2,5671	2,1918	2,3101	9,1766	1,6785	1,6781	3,8912	1,8733	1,0023	1,001	0,8712	0,8876	0,7653
25	2,0001	1,9879	3,4552	2,8712	2,4561	2,3871	2,5666	2,0192	2,6704	2,001	2,012	0,0023	3,4876	1,5005	1,3475	1,8937	1,0021	0,9856	0,76534	0,7761	0,7092
26	5,5677	5,6673	7,1991	5,4562	6,3871	6,2929	6,4581	6,4781	5,981	0,0983	5,0875	5,2361	4,3637	4,8734	4,2807	2,5143	2,1092	3,9812	1,2122	0,9872	1,1007
27	0,9673	0,9833	0,0222	0,9811	0,8732	1,8733	1,1003	1,3671	1,1241	1,002	0,0874	0,9766	0,6723	0,07781	0,8712	0,6675	0,639	0,609	0,4516	0,0093	0,5612
28	1,9938	1,001	17,2983	1,0022	1,098	1,5672	1,2782	1,2899	1,9833	1,0032	1,0023	0,0982	0,8763	0,9028	0,8783	0,7182	0,192	0,8716	0,5617	0,1727	0,5777
29	6,0231	6,2781	3,4673	6,4512	6,2111	5,9871	6,6512	0,0912	6,4545	0,0923	5,9888	5,9032	4,7612	4,0023	4,0205	2,1651	2,5612	8,9182	1,212	2,998	1,616
30	0,9834	0,7898	1,1341	1,9676	0,9873	1,006	1,1303	1,1303	1,9871	1,0192	0,9274	0,8739	0,6758	0,8978	0,7839	0,6716	0,7812	0,7003	0,6178	0,6734	0,6131
31	1,1891	1,8933	1,5623	1,654	1,5612	1,987	2,1415	1,8761	1,9812	1,6788	1,893	1,904	1,4441	1,7633	1,3563	1,212	1,0192	0,932	0,7812	0,7634	0,6901
32	6,1452	6,5612	5,1652	6,5412	6,2987	4,333	6,5662	6,5566	6,7634	5,7847	5,6758	3,8883	4,8744	4,1212	3,9873	2,6153	2,3561	2,4516	1,1919	1,872	0,9152
33	7,0213	6,0871	5,991	5,8757	5,8901	2,4141	6,2981	6,4523	6,2892	5,8938	5,8774	1,9198	3,9874	3,8756	3,7644	2,8989	2,7667	2,0012	1,2661	1,1088	0,0024
34	3,001	2,3671	2,1766	2,1451	2,009	8,001	2,8912	2,8882	1,0983	2,1981	2,876	2,1781	2,1763	1,1717	1,983	1,6783	1,5005	1,4617	0,9877	0,9145	0,8767
35	1,009	2,0912	2,1098	2,2171	2,17	2,7612	2,7866	2,5438	2,8761	2,1873	1,002	2,004	1,5643	1,5599	1,0001	1,2431	1,0024	1,2454	0,8712	0,8901	0,8012
36	7,7891	6,7819	6,3451	5,8912	5,8712	5,1231	7,0004	6,8764	6,7647	5,5504	5,505	2,1873	0,0823	3,8976	3,9871	2,8172	2,6718	7,4678	0,1221	1,11	1,0035

Tabela A-LII - Concentrações de nitrito ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no verão.

Potes	Amostras Iniciais			Amostras 24/01/07			Amostras 25/01/07			Amostras 27/01/07			Amostras 01/02/07			Amostras 04/02/07			Amostras 07/02/07		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0,5428	0,6243	0,6679	0,1917	0,2232	0,3665	0,5723	0,6934	0,6667	0,5005	0,6011	0,4981	0,4187	0,4588	0,3987	0,5002	0,5923	0,12	0,4332	0,4563	0,5463
2	1,5003	0,9001	0,431	1,1813	0,7976	3,173	1,4523	0,9005	0,4698	1,2911	1,391	1,3001	1,3397	1,3978	0,9453	0,834	0,8932	0,7634	0,8373	0,6574	0,7465
3	0,9802	0,9022	1,05	0,8733	1,0929	0,9995	0,8677	0,9436	1,1057	1,5002	1,5412	1,4978	1,1395	1,8002	0,1524	0,9421	0,8756	0,7775	0,6547	0,8574	0,744
4	1,2231	0,7345	0,8111	0,8001	0,5754	0,3508	1,3375	0,878	0,6113	0,7121	0,7112	0,8712	0,5989	0,9193	0,3346	1,0002	0,9938	0,414	1,9374	0,9874	0,7465
5	0,4219	0,5099	0,3434	0,4391	0,169	0,3255	0,4698	0,5826	0,3488	0,7451	0,692	0,6785	0,6369	0,4307	0,7391	0,3353	0,3874	0,3125	0,2344	0,374	0,3901
6	0,1987	0,3483	0,2208	1,156	0,9871	0,424	0,4411	0,3857	0,2852	0,8112	0,9012	0,9121	0,8011	0,6388	0,8772	0,2987	0,2212	0,3082	0,3754	0,2019	0,2844
7	0,9001	0,8312	1,0826	0,0403	1,6533	1,459	0,9375	0,9395	1,0031	1,761	1,8213	2,414	1,9844	1,5039	1,5139	0,8235	7,4454	0,892	0,7565	0,8565	0,9445
8	0,7762	1,1431	0,8112	1,5372	1,257	1,3857	0,4923	1,1487	0,9416	1,3901	1,752	1,6088	1,3888	1,4218	1,4759	0,5734	0,6532	9,8327	0,4353	0,5102	0,5364
9	0,681	0,4409	0,52	0,8784	0,2549	0,164	0,878	0,3016	0,6134	0,7001	0,712	0,9878	0,6209	0,3727	0,9613	0,4654	0,894	0,5062	0,5484	0,3535	0,6217
10	1,0062	1,231	1,5003	2,4157	1,5902	1,4539	1,4113	1,0277	1,4954	1,6529	1,7642	1,6521	1,3197	1,4799	1,0094	1,2992	1,0875	1,2123	1,2103	1,092	1,093
11	1,742	1,235	1,4007	1,4337	1,8123	1,8073	1,5364	1,8092	1,3826	1,4454	1,4281	1,5008	1,4038	1,0995	1,2997	1,4323	1,3286	1,4453	1,273	1,1124	1,1139
12	0,3413	0,4431	0,5888	0,3211	0,116	0,0453	0,4616	0,4677	0,8982	1,1819	1,2175	1,5552	1,1195	1,3557	0,9193	0,5001	0,3983	2,8842	0,3232	0,2865	0,2846
13	0,9001	1,2231	0,9847	1,8275	1,6584	3,2739	0,9826	1,2267	1,0359	1,7412	1,4321	1,7789	1,64	1,6801	1,6421	0,7643	0,8745	1,3342	4,5534	0,944	0,8665
14	1,2431	1,5003	1,1108	1,5902	1,2873	1,1055	1,8605	1,6739	1,2739	1,0978	1,2121	1,002	1,6781	1,2556	0,9653	1,2341	1,4003	1,3985	1,3241	1,2131	1,1192
15	1,01	0,9836	1,3001	1,252	1,1055	1,305	1,2882	1,2082	1,1857	1,4973	1,3465	1,3872	1,4799	1,4118	1,618	1,1008	1,032	1,021	0,8756	0,9846	0,8474
16	0,4949	0,4327	0,5672	0,785	0,6739	0,8026	0,5744	0,6052	0,5272	0,811	0,6342	0,6771	0,8612	0,7391	1,2316	0,4382	0,4314	0,3323	0,0022	0,2434	0,2291
17	0,6721	0,2334	0,4412	1,2292	0,8809	1,8603	0,4308	0,5477	0,7959	1,2981	1,1119	1,1212	1,2776	0,9593	1,1455	0,003	0,3571	0,6004	0,4536	0,8736	0,4352
18	0,6792	0,453	0,5559	0,4947	1,0405	0,7496	0,8123	0,4903	0,2216	1,8745	0,876	0,8991	1,1595	0,9853	0,7391	0,3002	0,3213	0,2273	0,2001	0,2712	0,2716
19	0,2829	0,2976	0,3394	0,6712	0,3836	0,8001	0,2852	0,4288	0,2852	0,8585	0,7821	0,7423	0,8051	0,697	0,681	0,4029	0,0333	0,3032	0,3242	0,3232	0,2984
20	3,786	0,6784	0,8893	2,09	1,7619	1,821	2,0062	0,6503	1,0339	1,499	5,9842	1,503	1,6561	1,3497	1,9604	0,0773	0,7723	0,8353	0,6578	0,7785	0,7746
21	1,2387	1,0083	1,3636	1,3984	1,6028	2,0572	1,1836	1,2287	1,3518	1,0087	1,0809	1,2124	0,9213	1,1595	1,3357	1,1181	1,1819	0,9821	12,22	0,9837	0,9874
22	1,2213	1,657	1,3481	1,5599	1,8881	2,1026	1,4298	1,7313	1,4954	1,9788	1,3321	1,0935	1,2796	1,2496	1,2957	1,3437	1,2871	1,033	1,3213	0,9323	0,9023
23	0,0341	0,651	0,4474	1,213	1,2015	1,3354	0,6749	0,6441	0,2236	0,7004	0,8234	0,8231	1,0034	0,8492	0,5989	0,7352	0,6412	0,3002	0,5094	0,593	0,4902
24	0,9275	0,8734	0,9996	1,5877	1,8578	0,9036	0,9026	1,2698	1,5959	0,9291	1,001	1,0211	0,9193	1,0013	1,7802	0,7433	0,809	0,9341	0,7531	0,7631	0,7844
25	0,5321	0,9088	0,5009	0,2671	0,2384	0,2448	0,5088	0,5211	0,3221	0,7004	0,9324	0,9856	0,643	0,8312	0,7851	0,4342	0,5354	0,3986	0,4352	0,3718	0,3479
26	3,6518	0,4553	0,4779	1,4059	0,3937	0,4947	0,9026	0,4698	0,4227	1,2456	1,1717	0,4648	1,4979	1,1395	0,9193	0,4452	0,3122	0,6793	0,0284	0,4522	0,5009
27	0,4948	0,3413	0,7001	0,4442	0,8758	0,8758	0,5498	0,4739	0,6749	0,925	0,9898	1,3444	0,8392	1,0094	0,9153	0,5994	0,3421	0,5448	0,3333	0,3576	0,4003
28	1,1412	1,16	1,8976	1,8906	1,1762	1,7013	1,3149	1,1651	1,5385	1,7498	1,2222	1,7004	1,4478	1,64	1,4759	1,2009	1,2929	1,1874	1,092	1,1982	1,0876
29	0,9033	0,5001	0,6921	0,3104	0,3382	0,3028	0,8	0,4452	0,6113	1,19	0,1919	0,1987	1,1395	0,8232	1,0394	0,4325	0,5033	0,6748	0,4522	0,5093	0,2623
30	1,9542	1,6002	1,43	1,1257	2,0698	2,7665	1,5323	2,2954	1,2657	0,0002	1,5002	1,6077	1,4799	1,618	1,638	1,1918	7,4387	1,3234	1,191	1,173	0,0092
31	0,5756	0,871	0,3375	1,8326	0,2776	0,5426	0,6134	0,6257	0,4903	2,4978	0,923	0,9005	1,0814	0,7971	0,7371	0,5462	0,6021	0,432	0,4892	0,5098	0,5555
32	0,7511	0,3621	0,4238	0,7824	0,5022	2,5343	0,718	0,4452	0,6134	1,4572	0,9782	0,9245	1,0794	0,8572	1,1796	0,5453	0,5555	0,5892	0,5623	0,5421	0,4892
33	1,0045	1,0099	1,8732	1,7593	1,6079	2,0623	1,0646	1,2308	1,3108	1,6603	1,4402	1,77	1,56	1,592	1,7061	1,1121	1,124	1	1,1818	1,0192	0,8975
34	0,347	0,6777	0,5921	0,2725	1,2292	0,2145	1,0257	0,6298	0,4698	0,9877	1,0032	1,1111	0,9393	0,9373	1,2897	0,2991	0,4326	0,3833	0,2929	0,8451	0,3871
35	1,2131	1,02	4,776	1,3125	1,6558	1,0702	1,3272	1,0216	1,4093	1,973	1,5006	1,7482	1,6421	1,9164	1,7982	1,0801	1,8733	1,0354	1,0028	0,8755	0,7685
36	1,401	0,9809	1,0102	0,9995	1,4009	1,9613	1,6164	1,2882	1,7395	1,3342	1,7435	1,8976	2,0004	1,9244	2,0585	1,2132	2,7979	1,42	1,2413	0,122	1,2001

Tabela A-LIII - Concentrações de nitrato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no experimento realizado no inverno.

Potes	Amostras Iniciais			Amostras 15/06/07			Amostras 16/06/07			Amostras 18/06/07			Amostras 23/06/07			Amostras 25/06/07			Amostras 29/06/07		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0,5632	0,4567	0,4987	0,0456	0,3782	0,3101	0,5784	0,5793	0,529	0,56372	0,5672	0,5672	0,4634	0,3489	0,3762	0,3452	0,3542	0,2981	0,3121	0,3561	0,982
2	1,2312	0,9873	1,0871	0,9762	0,8121	0,8231	1,0987	1,0782	1,0021	1,291	1,2187	1,2121	0,9871	0,8731	0,6761	0,6543	0,6543	0,6543	0,4564	0,5672	0,5643
3	0,8975	0,9829	1,2134	0,8976	0,8871	0,8871	0,8794	0,8765	0,8121	1,0091	0,9982	0,9832	0,7658	0,6758	0,7612	0,6785	0,6732	0,6541	0,5874	0,598	0,5671
4	0,6721	0,8712	0,9112	0,6541	0,623	0,5003	1,001	0,0121	0,9873	0,6739	0,7648	0,8721	0,7812	0,7891	0,7891	0,5647	0,5764	0,5621	0,5151	0,562	0,5471
5	0,3987	0,5467	0,4421	0,3091	0,2981	0,2898	0,4563	0,4892	0,4562	0,5637	0,4987	0,4876	0,8912	0,4571	0,4321	0,3871	0,3981	0,3321	0,3891	0,3637	0,3681
6	0,2139	0,22	0,221	0,3192	0,3981	0,3871	0,3893	0,3939	0,3838	0,5002	0,5023	0,5671	0,4898	0,4563	0,4872	0,3871	0,3281	0,3921	0,3135	0,391	0,3561
7	0,9821	0,9865	0,8721	1,321	1,2891	1,2311	0,9765	0,2891	0,9764	1,0221	1,1001	1,0031	2,8811	0,8765	0,8793	0,3523	0,4563	0,4212	0,3561	0,3893	0,3891
8	0,6781	1,1212	0,9761	0,124	1,489	1,1098	0,9831	0,9879	0,9003	1,009	0,8754	0,8321	0,6578	0,6872	0,7612	0,5643	0,4583	3,4454	0,4948	0,4562	0,4241
9	0,5003	0,5002	0,5354	0,3412	0,3198	0,2351	0,7776	0,774	0,7572	0,78932	0,7895	0,7845	0,5008	0,5674	0,5454	0,4578	0,3897	0,4982	0,3938	0,3781	0,3781
10	1,099	1,231	2,1543	1,2391	1,2871	1,7812	1,0981	1,5561	1,6529	1,2131	1,2351	1,0991	0,8769	0,8732	0,8761	0,2312	0,5643	0,4657	0,4563	0,4711	0,4111
11	1,212	1,6781	1,4333	1,3467	1,4571	1,4611	1,2151	1,3781	1,3198	1,2871	1,2761	1,0901	0,9878	0,9121	0,9191	0,6745	0,5647	0,5674	0,5612	0,5414	0,5111
12	0,4871	0,3213	0,3452	0,1298	0,0991	0,1983	0,4561	0,3987	0,3876	0,5634	0,5643	0,5681	0,3987	0,3987	0,9873	0,2298	0,2298	0,2212	0,2411	0,2453	0,2001
13	1,008	1,0071	0,892	1,5629	1,4456	1,3891	1,0081	0,0983	0,9873	1,009	0,8764	0,8765	0,6743	0,6734	0,6731	0,3456	0,4675	0,4981	0,4383	0,4271	0,3973
14	1,1242	1,442	1,1212	1,229	1,2909	1,1007	1,442	1,2121	1,009	0,9001	0,9889	0,9133	0,6786	0,7891	0,6009	0,4789	0,4008	0,4002	0,3773	0,3774	0,3908
15	1,0091	1,9873	1,8712	1,001	1,0031	1,034	0,9874	0,9875	0,9653	0,8766	0,8769	0,8546	0,6098	0,6001	6,8722	0,4561	0,3876	0,503	0,3494	0,4008	0,3876
16	0,5374	0,5637	0,5443	0,7891	0,7621	0,6887	0,4722	0,4562	0,4782	0,4532	0,4312	0,3898	0,4561	0,3781	0,3891	0,3467	0,3983	0,3902	0,3782	0,3987	0,3764
17	0,9823	0,3213	0,3987	1,0035	1,0001	1,0908	0,4762	0,3872	0,3876	0,4536	0,4671	0,4987	0,4839	0,3891	0,3191	0,4671	0,4781	0,4711	0,3872	0,3875	0,3765
18	0,6582	0,6734	0,5543	0,8283	0,8384	0,7953	0,6512	1,1241	0,6745	0,7645	0,6756	0,687	0,6781	0,5612	0,5894	0,4897	0,4896	0,9923	0,3678	0,3762	0,3387
19	0,2987	0,2781	0,3131	0,2892	0,2781	0,3921	0,2191	0,2191	0,2391	0,6574	0,3356	0,3787	0,3892	0,3393	0,3901	0,2231	0,2987	0,2876	0,2672	0,2784	0,3823
20	0,689	0,6098	0,81	1,7812	1,6876	1,6897	0,5643	0,5482	0,5873	1,2121	0,6578	0,4987	0,5008	0,5008	0,5981	0,4892	0,4673	0,4782	0,4151	0,4512	0,3564
21	1,2131	1,008	1,2101	1,6873	1,6773	1,6971	1,0991	1,0087	1,0809	0,756	0,7664	0,7709	0,7895	0,6732	0,6541	0,5647	0,5008	0,5674	0,4464	0,4462	0,3897
22	1,312	1,661	1,3124	1,7797	1,7281	1,7234	1,2161	1,2167	1,109	1,0076	0,9867	0,9543	0,7642	0,6781	0,6891	0,5673	0,4785	0,5066	3,443	0,4987	0,4673
23	0,3452	0,5003	0,5004	1,0087	1,007	0,9834	0,4536	0,4781	1,9875	0,6674	0,6721	0,6661	0,5008	0,5092	0,589	0,3675	0,8765	0,4672	0,3474	0,8756	0,4333
24	0,9291	0,8908	0,894	1,4431	1,4431	1,2353	1,1231	12,9281	1,091	0,8764	0,7856	0,7837	0,7589	0,7802	0,6722	0,6745	0,7645	0,5004	0,6645	0,003	0,5674
25	0,4381	0,5661	0,3897	0,0546	0,1298	0,1918	0,4871	0,4671	0,3481	0,6671	0,6671	0,6789	0,5673	0,5634	0,5647	0,4871	0,3463	0,3998	0,3987	0,3786	0,4738
26	0,3898	0,3871	0,3781	0,5674	0,5673	0,5561	0,3876	0,3876	0,3098	1,9879	0,2431	0,3009	0,1902	0,1998	0,2122	0,2009	0,2981	0,2651	0,2641	0,2002	0,2004
27	0,3482	0,3876	0,6743	0,982	0,8765	0,874	0,4987	0,4731	0,4612	0,5674	0,5671	0,5431	0,4563	0,2432	0,2901	0,2991	0,2431	0,2361	0,1987	0,1998	0,2009
28	1,1231	1,281	1,311	1,2134	1,981	1,2981	1,2981	1,2891	1,2871	1,2123	1,002	1,1981	0,9875	0,7893	0,8909	0,7654	0,6894	0,6745	0,8764	0,5647	0,5444
29	0,6512	0,3481	0,4421	0,4142	0,4651	0,4009	0,7812	0,7001	0,7098	0,7645	0,6758	0,6754	0,6785	0,772	0,7474	0,5342	0,5463	0,6454	0,3564	0,3893	0,4251
30	1,3452	1,8912	1,5678	1,4512	1,6512	1,3908	1,121	1,1212	1,9812	0,9875	0,6758	0,5675	0,5008	0,4093	0,4892	0,3897	0,3893	0,3847	0,3839	0,3876	0,3674
31	0,4761	0,4563	0,3999	0,3876	0,3876	0,3232	1,0891	0,4453	0,4872	0,3891	0,3871	0,3897	0,2181	0,2381	0,2212	0,2763	0,2389	0,2788	0,2782	0,2375	0,2671
32	0,3291	0,0923	0,4131	0,4571	0,4612	0,4987	0,5003	0,5003	0,5783	0,8765	0,7865	0,7563	0,6671	0,6232	0,6893	0,6783	0,4563	0,5098	0,3892	0,3872	0,3121
33	1,009	0,0982	1,0341	1,7612	1,2353	1,2201	1,0981	1,901	1,1121	0,9876	0,9878	0,8754	0,9873	0,7645	0,6969	0,5748	0,5464	0,5621	0,5621	0,5565	0,5001
34	0,5612	0,6722	0,6712	0,3478	0,3761	0,3677	0,4545	0,4891	0,4564	0,9867	0,8975	0,8756	0,6791	0,6132	0,5627	0,412	0,4181	0,4177	0,3837	0,3333	0,3425
35	1,9834	1,003	1,0872	1,0092	0,1211	1,284	1,0021	1,009	0,9048	1,7373	0,9091	0,8776	0,7781	0,2542	0,6878	0,3415	0,2998	0,3871	0,2987	0,2987	2,3555
36	1,1965	1,007	1,009	1,0001	0,9876	0,9789	1,0091	0,983	0,9865	0,7374	0,7374	0,8231	0,7003	0,7043	0,7643	0,4675	0,5092	0,4859	0,4526	0,2344	0,4011

Tabela A-LIV – Valores brutos de Clorofila-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no verão.

Potes	Tratamentos	Amostras 24/01/07	Amostras 25/01/07	Amostras 27/01/07	Amostras 01/02/07	Amostras 07/02/07
2	E+F 2X	29,6	18,5	18,5	18,5	22,2
3	E+F 2X	3,7	14,8	7,4	7,4	3,7
24	E+F 2X	14,8	11,1	14,8	22,2	22,2
7	E+F+C 2X	3,7	-3,7	7,4	3,7	11,1
13	E+F+C 2X	3,7	11,1	25,9	25,9	25,9
35	E+F+C 2X	14,8	11,1	14,8	11,1	14,8
8	E+F+C 5X	7,4	22,2	11,1	11,1	18,5
10	E+F+C 5X	11,1	7,4	18,5	14,8	22,2
36	E+F+C 5X	7,4	7,4	18,5	11,1	18,5
11	E+F S/AD	7,4	3,7	3,7	11,1	3,7
21	E+F S/AD	14,8	14,8	0,0	0,0	3,7
30	E+F S/AD	18,5	14,8	7,4	7,4	3,7
14	E+F+C S/AD	18,5	11,1	22,2	14,8	22,2
15	E+F+C S/AD	18,5	-7,4	22,2	14,8	22,2
28	E+F+C S/AD	11,1	7,4	11,1	11,1	11,1
20	E+F 5X	11,1	25,9	29,6	29,6	29,6
22	E+F 5X	11,1	11,1	14,8	11,1	14,8
33	E+F 5X	11,1	22,2	14,8	14,8	14,8

Tabela A-LV - Valores brutos de Clorofila-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas unidades experimentais no inverno.

Potes	Tratamentos	Amostras 15/06/07	Amostras 16/06/07	Amostras 18/06/07	Amostras 23/06/07	Amostras 26/06/07	Amostras 29/06/07
2	E+F 2X	76,1	67,7	33,8	16,9	38,1	42,3
3	E+F 2X	50,7	42,3	88,8	33,8	38,1	46,5
24	E+F 2X	8,5	8,5	16,9	33,8	33,8	33,8
7	E+F+C 2X	33,8	29,6	29,6	67,7	67,7	76,1
13	E+F+C 2X	109,9	118,4	33,8	8,5	25,4	25,4
35	E+F+C 2X	198,7	198,7	50,7	25,4	50,7	46,5
8	E+F+C 5X	29,6	25,4	12,7	29,6	59,2	135,3
10	E+F+C 5X	4,2	12,7	16,9	29,6	59,2	71,9
36	E+F+C 5X	4,2	4,2	8,5	274,9	131,1	84,6
11	E+F S/AD	105,7	101,5	186,1	198,7	84,6	93,0
21	E+F S/AD	152,2	152,2	198,7	156,5	114,2	76,1
30	E+F S/AD	139,5	139,5	29,6	76,1	33,8	29,6
14	E+F+C S/AD	33,8	33,8	33,8	21,1	55,0	46,5
15	E+F+C S/AD	0,0	4,2	4,2	59,2	59,2	42,3
28	E+F+C S/AD	152,2	152,2	93,0	63,4	63,4	63,4
20	E+F 5X	181,8	152,2	245,3	114,2	101,5	105,7
22	E+F 5X	118,4	257,9	291,8	372,1	126,9	126,9
33	E+F 5X	1222,1	1213,6	799,2			

Tabela A-LVI - Comprimento final (cm) dos talos de *E. densa* em cada unidade experimental no experimento complementar realizado em março de 2008.

Ramos	1	2	3	4	5						Média
5	13,7	13,9	14,1	14	14,8						14,1
5	13,9	14,5	14,3	14	14						14,14
5	15	14,8	14,5	14,6	15,1						14,8
5	14,1	14,1	13	13,2	13,2						13,52
5	13,6	15	15	13,1	14						14,14
10	13,2	13	13	14	14,2	14,5	15	15,2	12,8	13	13,79
10	13,4	13,4	13,6	13	14	14,2	12,9	14,7	14,3	13,2	13,67
10	13,2	13,2	13,1	13,8	13,9	14,3	14,1	15	14,6	14,2	13,94
10	13	12,8	13,7	13,2	13,8	13,1	13,5	13,5	13,5	13,1	13,32
10	14	14,1	12,9	12,9	13	13	13,1	13,2	13,4	13,1	13,27

## 10 – ANEXOS

Tabela A-LVII - Temperatura média (°C) dos dias de experimentação, no verão e no inverno de 2007.  
Fonte: Inmet.

Dias	23/01	24/01	25/01	26/01	27/01	28/01	29/01	30/01	31/01	01/02	02/02	03/02	04/02	05/02	06/02	07/02
T °C	29,4	27,3	28,4	27,4	28,9	28	27,8	29,8	28,1	29,9	28,7	28,9	30,1	30,4	31,3	31,1
Dias	14/06	15/06	16/06	17/06	18/06	19/06	20/06	21/06	22/06	23/06	24/06	25/06	26/06	27/06	28/06	29/06
T °C	22,3	22,3	23,5	22,4	22,7	21,3	21,2	21,7	22,2	21,9	22,4	21,7	21,3	21,7	21,8	21,3