

ANAIS DO VIII SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA	Volume VIII	p.	1997
--	-------------	----	------

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais
UFSCar, São Carlos - SP.

MODELO DO CRESCIMENTO E SENESCÊNCIA DE *Salvinia auriculata* EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.

SAIA, F. T.⁽¹⁾ & BIANCHINI Jr., I.⁽²⁾

Este estudo visa a descrição matemática e discussão dos processos de crescimento e senescência de *Salvinia auriculata* ocorridos em condições de laboratório. Para tanto, foi montada uma cultura contendo, inicialmente, 1,42 g de biomassa de planta (peso fresco) e água da represa do Monjolinho. A cultura foi mantida por três meses em temperatura ambiente e sob iluminação de lâmpadas fluorescentes e natural. A cada cinco dias as plantas foram pesadas e contadas para as determinações de biomassa e números de indivíduos vivos e mortos. Por meio deste acompanhamento foi possível estimar que, em condições de laboratório, esta espécie apresentou uma taxa de crescimento da ordem de 9,7% ao dia, o rendimento da cultura foi da ordem de 1991 indivíduos/m², que por sua vez corresponde a 43% do potencial de ocupação. A partir do segundo mês descreve-se a predominância dos processos de senescência sobre os de crescimento.

GROWTH AND SENESCENCE MODEL FOR *Salvinia auriculata* UNDER LABORATORY CONDITIONS. This work has its goal upon the mathematical description of the growth and dead of the *Salvinia auriculata* occurred under lab conditions. For that purpose, was assembled one culture that in the beginning had 1.42 g of plant (fresh weight) and water sample of Monjolinho reservoir. The culture was kept at room temperature and lighted by fluorescent bulbs and natural light for three months. Every five days, the plants were weighed and counted to determine their biomass and alive number of elements dead and alive. From these measures, it was possible to estimate that under laboratory conditions, this species has presented a growth rate of 9,7% daily, the yield of the culture reached 1991 elements per square meter, which in turn, corresponds to 43% of occupation potentiality. From the second month on, we have observed the predominance of the dead processes over the growth ones, resulting in the decrease of the green biomass and the increase of the detritus.

INTRODUÇÃO

O termo macrófitas aquáticas inclui as formas macroscópicas de vegetação aquática incluindo macroalgas, espécies de pteridófitas adaptadas ao ambiente aquático e as verdadeiras angiospermas originárias do ambiente terrestre, com adaptações para a vida na água (WETZEL, 1975). Por sua origem a partir de diferentes grupos, pela sua grande plasticidade em estrutura e morfologia e devido as condições heterogêneas de seu habitat, a classificação destas organismos foi por muito tempo obscurecida.

¹ Depto. Hidrobiologia, UFSCar, SP. (Estagiária)

² Depto. Hidrobiologia / PPG-ERN, UFSCar, SP.

As macrófitas aquáticas, segundo **SCULTHORPE** (1967), são divididas em: emergentes, submersas, com folhas flutuantes e flutuantes. Elas apresentam grande capacidade de adaptação e grande amplitude ecológica, o que possibilita que a mesma espécie colonize diferentes tipos de ambientes. Entre eles citam-se: fontes termais, cachoeiras, lagos, lagoas, represas, brejos, rios, riachos, corredeiras e ambientes salgados. A maioria das espécies é capaz de suportar grandes períodos de seca, transformando-se neste caso em formas terrestres com modificações fisiológicas, anatômicas e fenotípicas (**ESTEVES**, 1988).

Grande parte dos lagos existentes são pequenos e rasos possibilitando a formação de regiões litorâneas, que podem ser colonizadas por diferentes comunidades de macrófitas aquáticas. Nestas regiões, estes organismos encontram condições favoráveis para o desenvolvimento, que, usualmente, acabam por tornar a região litorânea no compartimento mais produtivo, podendo influenciar a dinâmica de várias comunidades e até mesmo o ecossistema lacustre como um todo (**WETZEL**, 1975). De acordo com **ESTEVES** (1988) a influência destes vegetais no metabolismo destes ecossistemas pode ocorrer : 1°) através da redução da turbulência da água provocando na região litorânea o chamado “efeito de filtro”; 2°) por apresentarem importante papel na ciclagem e estocagem de nutrientes, devido a assimilação e armazenamento de nutrientes na biomassa e da liberação destes durante o processo de decomposição; 3°) pela possibilidade de se constituírem na principal comunidade produtora, por exibirem altas taxas de produção primária (em especial as emersas); 4°) por serem de grande importância nas cadeias de herbivoria e de detritos de várias espécies e animais tanto aquáticos como terrestres e 5°) devido associação com bactérias e algas perifíticas fixadoras de nitrogênio.

De modo geral, o ambiente aquático está sob influência de fatores abióticos, como energia radiante, temperatura e outros aspectos físicos da água, como viscosidade, densidade, tensão superficial, que juntamente com as próprias moléculas da água resultam na peculiar características deste meio. Dentre as condicionantes do meio incluem-se, também, os elementos químicos e compostos que estão dissolvidos ou suspensos na água que capacitam-na a suportar vida. Entre os vários organismos que fazem parte destes ecossistemas estão os produtores primários, que caracterizam-se por utilizar a radiação solar como única fonte de energia (**GOLTERMAN**, 1975). Desse modo, o crescimento de macrófitas aquáticas depende, basicamente, da intensidade luminosa, da temperatura e do estado trófico do meio.

Em ambientes eutróficos, nota-se um aumento na produtividade destes organismos. O processo de eutrofização artificial inicialmente favorece o crescimento, no entanto, no decorrer da eutrofização, observa-se via de regra, relação inversa, pois nos lagos eutróficos em estado adiantado, ocorre o crescimento de algas filamentosas, que reduzem a penetração de luz solar na água. Porém nestas condições, as espécies flutuantes tem o seu crescimento favorecido (**ESTEVES**, 1988). Como exemplo cita-se que a reciclagem de nutrientes a partir dos sedimentos e serapilheira, em adição a fixação heterotrófica de nitrogênio pareceu ser suficiente para suportar a alta produtividade de macrófitas flutuantes, por longos períodos, no rio Paraná

(CARINGAN & NEIFF, 1992). Segundo BOERS *et al.* (1991), a partir da biomanipulação de um sistema eutrófico verificou-se a redução dos níveis de fósforo após o crescimento de macrófitas aquáticas, entre outros eventos. Em um lago situado no centro norte da Califórnia (EUA) SYTSMA & ANDERSON (1993) verificaram que a redução do suprimento de fósforo causou decaimento nas taxas de invasão de *Myriophyllum aquaticum*.

A radiação solar é a fonte de energia mais importante utilizada na produtividade do ecossistema aquático; ela é incorporada no potencial energético por meio da conversão química dentro do lago, que é feita diretamente pela vegetação aquática ou pelos componentes terrestres dentro da água. As macrófitas absorvem entre 4 a 5 quanta de energia luminosa incidente por molécula de CO₂ reduzido. A absorção de energia é específica para diferentes pigmentos clorofilados (WETZEL, 1975). Como a radiação muda constantemente durante o dia, as taxas de fotossíntese sofrem, também, variações diárias. Quando a irradiação aumenta, o rendimento fotossintético também aumenta até um valor máximo (ponto de saturação lumínica). A partir deste, o rendimento se estabiliza, mesmo que a intensidade luminosa continue aumentando (GOLTERMAN, 1975). Com o contínuo aumento da radiação luminosa é possível que se chegue numa situação em que a luz inicie a inibição do processo fotossintético (LAMOGLIA & MARCONDES, 1991). A temperatura por sua vez, não apresenta influência marcante na etapa da fotossíntese, ela afeta, principalmente, os processos metabólicos, influenciando as velocidades de reação dos eventos químicos e a eficácia das diversas enzimas envolvidas. Em geral, prevalece a lei de Arrhenius, sobre a relação entre velocidade de reação e temperatura. De acordo com ela, a taxa de reação se eleva exponencialmente, com a temperatura. As taxas de fotossíntese e respiração procuram se adaptar as mudanças na temperatura através da adaptação evolutiva e modulativa (LARCHER, 1984).

A avaliação da produtividade primária de macrófitas aquáticas é comumente baseada em mudanças na sua biomassa (WESTLAKE, 1965). Em geral, as variações temporais de biomassa destes organismos podem ser descritas através do modelo logístico (curva sigmóide), no entanto, nos estágios avançados ou sob condições adversas pode ocorrer decréscimo nos valores de biomassa. Neste sentido, senescência e morte durante um período anual de crescimento ativo, estabelecido para diversas espécies de macrófitas, estendeu-se entre 2 a 10% de biomassa máxima. O desaparecimento destes vegetais por meio da ação de agentes patogênicos é raro; usualmente ocorrem decréscimos naturais que somente causam um vazio na população existente, com o incremento da distribuição heterogênea (KLÖTZLI, 1971).

Diante da importância da dinâmica do crescimento das macrófitas para a manutenção e gerenciamento dos ecossistemas aquáticos, este estudo tem por objetivo descrever matematicamente e discutir aspectos dos processos de crescimento e senescência de *Salvinia auriculata* em condições de laboratório.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo efetuou-se a montagem de uma cultura de *Salvinia auriculata*, em bandeja de plástico, contendo inicialmente 1,42 g de planta (em peso fresco) e 3,0 litros de água (previamente filtrada em membrana “GFC”) da represa do Monjolinho, situada no Campus da UFSCar. A espécie de macrófita aquática utilizada foi colhida na lagoa do Infernã (21° 35’ S e 47° 51’W). Após a coleta, os indivíduos foram trazidos ao laboratório, selecionados, lavados e pesados a fim de verificar sua biomassa inicial.

Durante o experimento, para repor as perdas de água ocorridas por evaporação/evapotranspiração, adicionou-se diariamente água destilada na bandeja, tais adições mantiveram o volume da cultura constante durante o período experimental. Para manter o enriquecimento do meio, transferiu-se, diariamente, (a partir de um frasco estoque) alíquota de 150 ml de água da represa. A cultura foi mantida por três meses, em temperatura ambiente e sob iluminação de 4 lâmpadas fluorescentes (luz do dia, 40W) e natural. A cada cinco dias as plantas foram pesadas e contadas, para as determinações dos números de indivíduos vivos e mortos. As variações de biomassa (verde e detrital) foram ajustadas a um modelo cinético de primeira ordem, considerando a taxa de decomposição constante e da ordem de 0.05 (1/dia). A curva logística (KREBS, 1972) foi o modelo matemático utilizado para descrever o incremento de biomassa e de número de indivíduos (Equação 1).

$$\frac{dN}{dt} = r_m N \times \left(\frac{K - N}{K} \right) \dots\dots\dots \text{Equação (1)}$$

onde:

- N = tamanho ou biomassa verde da população;
- t = tempo;
- r_m = coeficiente de crescimento (1/dia);
- K = capacidade de suporte do meio (nº de indiv. ou biomassa verde máxima).

Admite-se, ainda que: 1º) a função de senescência possa ser descrita por uma equação semelhante a apresentada para crescimento (Equação 1), no entanto as maiores taxas de senescência seriam encontradas a partir da cultura apresentar valores de densidade próximos a capacidade de suporte do meio (K); 2º) a quantidade avaliada de detritos (biomassa morta) seja a resultante do total de detritos formados menos o que já teria sido degradado. Com base nestas premissas, através da Equação 2 apresenta-se o modelo geral para descrição da variação temporal de biomassa:

$$\frac{dB}{dt} = r_m N \times \left(\frac{K - N}{K} \right) - r_s N \times \left(\frac{K - N}{K} \right) - k_1 dB \dots\dots\dots \text{Equação (2)}$$

onde:

- B = biomassa verde da população;
- t = tempo;
- r_m = coeficiente de crescimento (1/dia);
- r_s = coeficiente de senescência (1/dia);
- K = capacidade de suporte do meio (biomassa verde máxima).
- k_1 = taxa de decomposição (0,05 1/dia)

Para a estimativa do potencial de ocupação preencheu-se com *S. auriculata*, um recipiente com área conhecida (placa de Petri). A partir deste procedimento o número de indivíduos foi quantificado e estimou-se o valor máximo de plantas possíveis por metro quadrado.

Em paralelo a estes procedimentos uma bandeja de plástico foi preenchida somente com água destilada, a fim de controlar o volume da cultura bem como as perdas por evaporação em decorrência da variação da temperatura.

RESULTADOS

Através da Figura 1 apresentam-se os resultados relativos ao crescimento de *S. auriculata* em laboratório. A partir do ajuste do incremento de biomassa ao modelo sigmóide, foi possível estimar que para as condições de laboratório a *S. auriculata* apresentou uma taxa de crescimento da ordem de 9,7% ao dia, o que corresponde a um tempo de duplicação da biomassa de 7,5 dias (Figura 1A). Considerando o número de indivíduos (Figura 1B) a taxa de crescimento foi da ordem de 8,2% ao dia, o que corresponde a um tempo de duplicação da população de 8,8 dias. O rendimento da cultura (K) foi da ordem de 1991 indivíduos/m², que por sua vez corresponde à 43% do potencial de ocupação.

Com base nas Figuras 1(A e B) e 2 (A e B) é possível verificar, a partir do segundo mês, a predominância dos processos de senescência sobre os de crescimento. Resultando na diminuição da biomassa verde e incremento da detrital. Sendo que tanto para a biomassa detrital e número de detritos, este processo iniciou a partir do 40º dia (Figuras 2A e 2B). A partir da Figura 3 apresenta-se o ajuste dos resultados de variação de biomassa verde em função dos processos de crescimento e senescência (Equação 2). Os resultados obtidos permitiram, também, relacionar linearmente o número de indivíduos com a biomassa (Figura 4).

Através da Figura 5 apresenta-se a variação temporal da temperatura durante o experimento. Verifica-se que até, aproximadamente, o 50º dia a

temperatura manteve-se oscilando entre 20 e 29 °C. Em seguida manteve-se variando em um intervalo abaixo de 20 °C. A temperatura média ao longo do experimento foi de 22,8 °C. Com base nos resultados apresentados através da Figura 6 foi possível avaliar que nas condições impostas ao experimento, em aproximadamente 24 dias a cultura ressecaria caso não houvesse reposição de água.

DISCUSSÃO

Durante os dois primeiros meses de experimento, o crescimento da macrófita aquática flutuante *S. auriculata* apresentou-se compatível ao modelo representado pela curva sigmóide. Neste observa-se a fase “lag”, ou de síntese, período no qual possivelmente ocorreu a adaptação dos indivíduos ao meio, neste experimento este período estendeu-se por 15 dias a partir do início. Do 15º ao 60º dia, é possível observar o desenvolvimento da fase “log” com crescimento exponencial da população que pode ter sido favorecido pelas altas temperaturas (entre 20 e 29 °C). De acordo com **GOLTERMAN (1975)** e **ESTEVES (1988)** o estado trófico do meio também pode ter influenciado, pois a *S. auriculata* por ser uma espécie flutuante tem o seu crescimento acelerado em ambientes eutróficos. Nesse sentido, a cultura foi constantemente enriquecida com água da represa do Monjolinho (ambiente aquático eutrófico). A intensidade luminosa, proveniente de lâmpadas fluorescentes e luz natural, deve ter contribuído, também, para o aumento da velocidade de fotossíntese e conseqüente aumento do número de indivíduos e da biomassa.

O incremento da senescência a partir do 60º dia provavelmente seja decorrente dos seguintes fatores: ao súbito decaimento da temperatura, a densidade e a mudança do estado fisiológico da cultura. Neste sentido, supõe-se que a luz tenha tido efeito diferencial no desenvolvimento dos indivíduos, ou seja, quando jovens a intensidade luminosa não teria afetado os processos fotossintéticos, quando adultos, talvez tenha sido suficiente para a superação do ponto de saturação lumínica, que provocaria uma situação de estresse, prejudicando o rendimento da produtividade primária e conseqüentemente da cultura. Observou-se também o crescimento de algas na cultura, que pode ter contribuído na elevação da taxa de mortalidade. Isto é devido a suposta ocorrência de competição entre a alga e a macrófita por disponibilidade de espaço e nutrientes.

Na comparação entre os resultados obtidos e os simulados, através do modelo representado por meio da Equação 2, verifica-se que as premissas admitidas foram suficientes para representar, satisfatoriamente, tanto a variação da biomassa verde (Figura 3) quanto da detrital (Figura 2A). No entanto, ensaios de degradação, específicos para esta espécie de macrófita, deverão ser realizados no sentido de parametrizar, com maior precisão a(s) taxa(s) de consumo de detritos.

De modo geral, a relação obtida entre o número de indivíduos de *S. auriculata* e biomassa (em peso fresco) mostra, para esta espécie, a possibilidade de avaliação de sua biomassa a partir, somente, da contagem do número de indivíduos; resultado este de importância metodológica para futuros experimentos (Figura 4). No entanto, registra-se que esta espécie pode apresentar diminuição do tamanho dos indivíduos em culturas mantidas em laboratório. Outros resultados de interesse metodológico referem-se a necessidade do controle da temperatura ambiente e do volume das culturas, para a execução de experimentos desta natureza (Figura 6).

CONCLUSÕES

De acordo com as condições impostas a cultura de *S. auriculata* conclui-se que: 1) suas altas taxas de crescimento (biomassa e número de indivíduos) tenham sido possíveis devido as altas temperaturas e estado trófico do meio; 2) o processo de senescência tenha sido, principalmente, intensificado em decorrência do decaimento da temperatura a partir do 2º mês de experimento; 3) Os modelos matemáticos utilizados e desenvolvido foram sensíveis para as descrições quantitativas dos processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOERS, P., VAN-BALLEGOIJEN, L., UUNK, J. Changes in phosphorus cycling in a shallow lake due to food web manipulations. Freshwater Biology, v. 25, p. 9-20, 1991

CARIGNAN, R., NEIFF, J. J. Nutrients dynamics in the floodplain ponds of the Paraná River (Argentina) dominated by the water hyacinth *Eichhornia crassipes*. Biogeochem., v. 17, p. 85-121, 1992

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência. 1988. 575 p.

GOLTERMAN, H. L. Physiological Limnology. Amsterdam:Elsevier. 1975. 489 p.

KLÖTZLI, F. Biogeous influence on aquatic macrophytes especially: *Phragmites communis*. Hydrobiol., v. 12, p. 107-111, 1971

KREBS, C. J. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row. 1972. 694 p.

LARCHER, M. Ecofisiologia Vegetal. São Paulo: EPU. 1984. 312 p.

LAMOGLIA, D. A., MARCONDES, A. C . Aulas de Biologia. São Paulo: Atual. v.3. 1991. 360 p.

SCULTHORPE, C. D. The biology of aquatic vascular plants. New York: St. Martins Press. 1967. 610 p.

SYTSMA, M. D., ANDERON, L W. J. Biomass, nitrogen, and phoshorus allocation inparrot feather (*Myriophyllum aquaticum*) J. of Aq. Plant Manag., v. 31, p. 244-248, 1993

WESTLAKE, D. F. Some basic data for investigations of the productivity of aquatic macrophytes. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 18 (suppl.), p. 229-248, 1965

WETZEL, R. G. Limnology. Philadelphia: Saunders. 1975. 733 p.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio concedido (proc. n° 95/0119-8).

ENDEREÇO DOS AUTORES

Universidade Federal de São Carlos, Depto. Hidrobiologia - Via Washington Luiz, km 235, Cx. Postal 676, São Carlos, SP. 13565- 905
email: irineu@power.ufscar.br

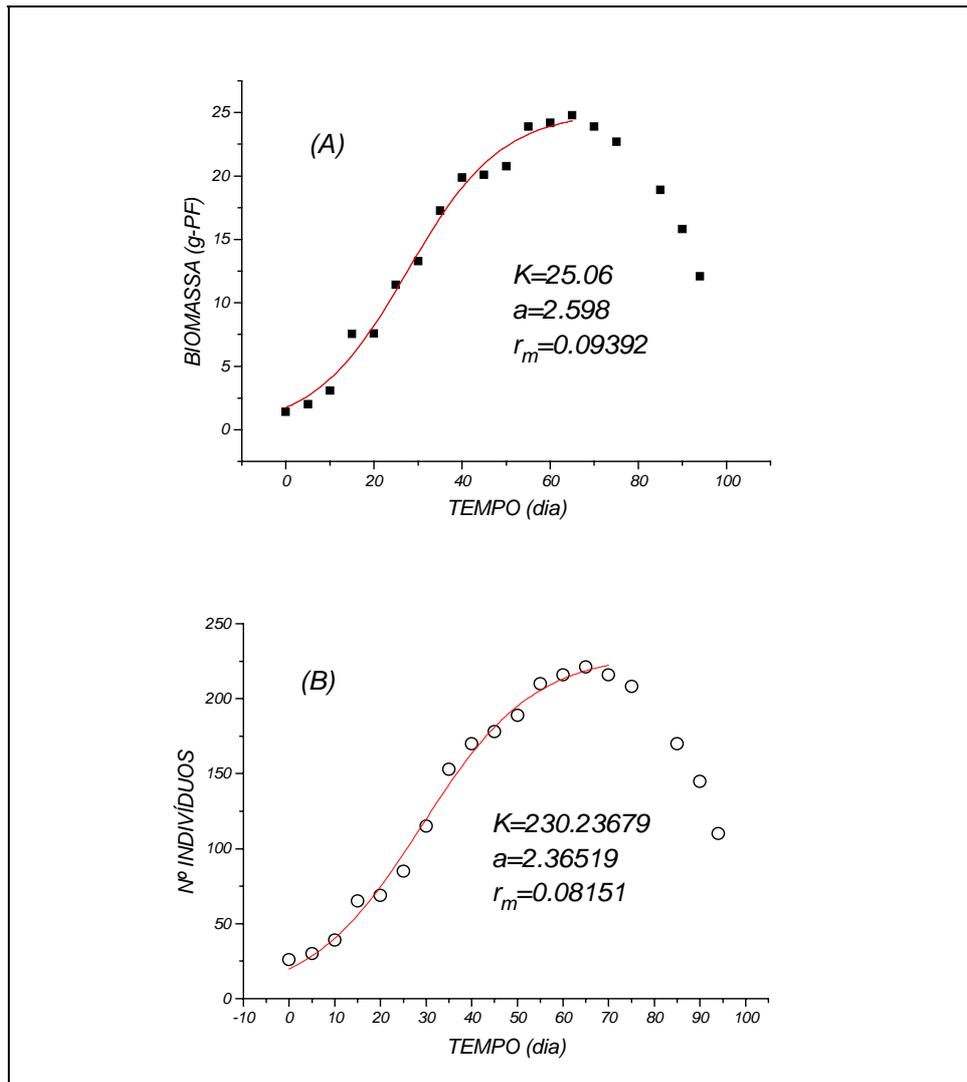


Figura 1- Variação temporal da biomassa (A) e do número de indivíduos (B) durante o crescimento de *Salvinia auriculata*, em condições de laboratório.

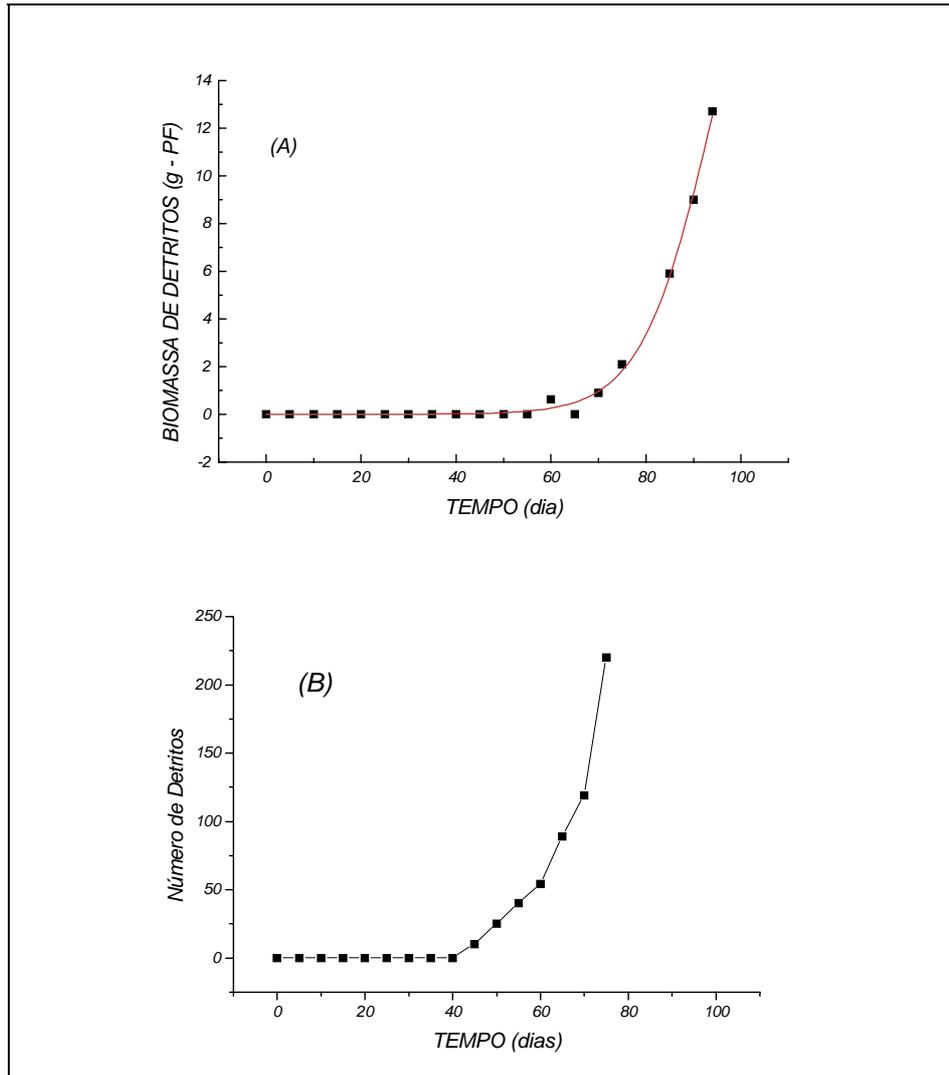


Figura 2 - Variação temporal da biomassa de detritos, ajustada a partir do modelo proposto através da Equação 2, (A) e do número de detritos (B).

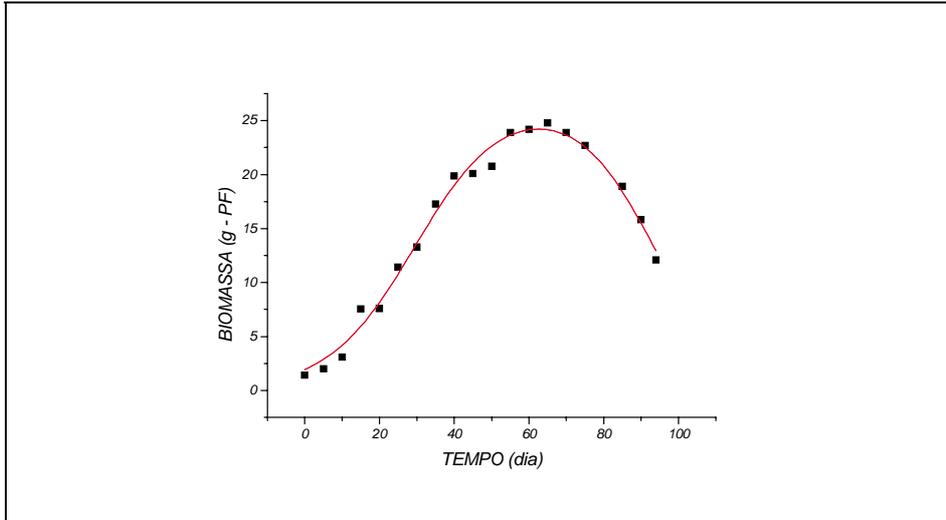


Figura 3 - Variação temporal da biomassa de *Salvinia auriculata* em cultura mantida em condições de laboratório; o ajuste dos resultados experimentais foi efetuado a partir do modelo representado através da Equação 2.

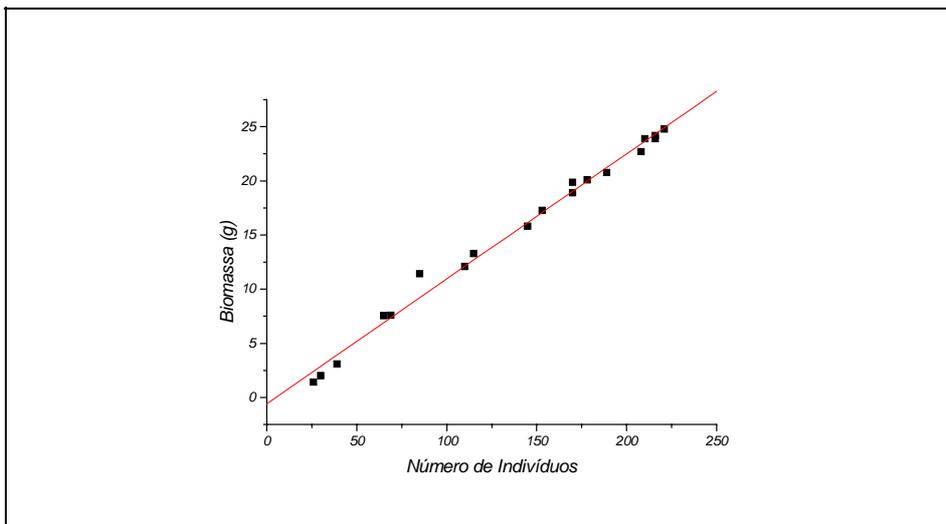


Figura 4 - Relação entre biomassa e número de indivíduos.

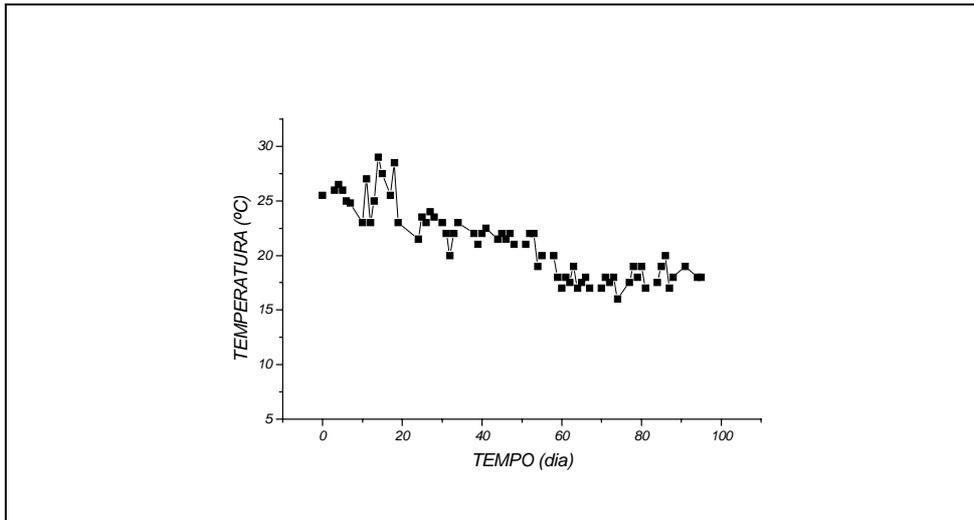


Figura 5 - Variação temporal da temperatura durante o crescimento de *Salvinia auriculata*, em condições de laboratório.

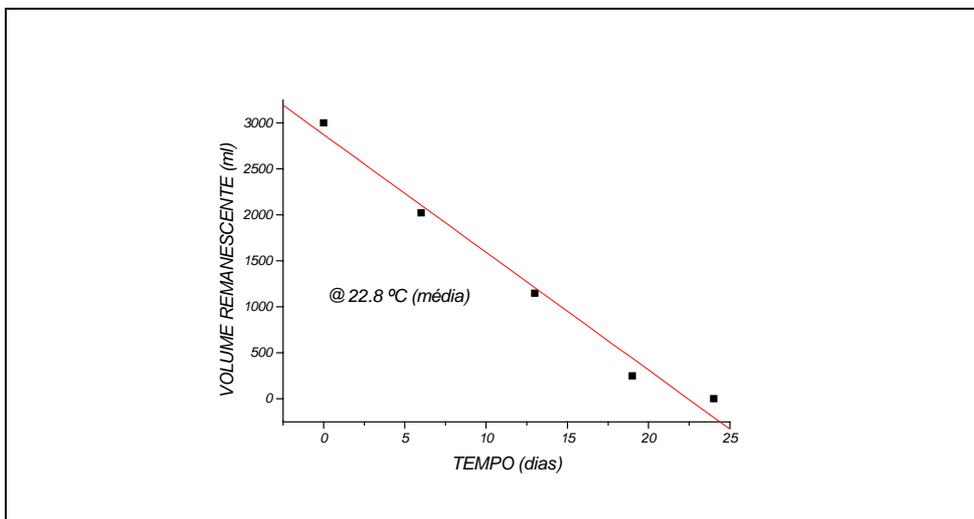


Figura 6 - Variação temporal do volume da bandeja contendo somente água destilada (controle).