UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLOGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)

PAULO ROBERTO DE MOURA SOUZA FILHO

DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E GERMINAÇÃO EM CIPSELAS DIMÓRFICAS DE *Synedrella nodiflora* (L.) GAERTN (ASTERACEAE)

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

RIO CLARO – SP
2010

PAULO ROBERTO DE MOURA SOUZA FILHO

DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E GERMINAÇÃO EM CIPSELAS DIMÓRFICAS DE *Synedrella nodiflora* (L.) GAERTN. (ASTERACEAE)

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

Orientador: Massanori Takaki

Rio Claro
2010

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família, pelo esforço de me fornecer uma boa educação e pelo apoio em todos os momentos difíceis, principalmente a meu pai, Paulo R.M. Souza, e minha mãe, Izabel C.B.M. Souza .

Ao professor Massanori Takaki pela orientação e amizade.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

À UNESP, assim como o programa de pós-graduação em Biologia Vegetal, aos professores e funcionários, pela oportunidade de aprendizado e aperfeiçoamento. Em especial: a Ari Pesce, a Célia de Moraes, a João Terra Filho, pelo apoio;

Ao CEAPLA por ter disponibilizado os dados metereológicos utilizados.

Aos amigos que me dão grande apoio profissional, em especial Adaíses Silva, Eliana Simabukuro e Flávia Silva.

Aos colegas de laboratório pela ajuda em muitos momentos de necessidade. Em especial à Ana P.M. Duarte, Henrique H. Tozzi e Raíssa Fonseca pela ajuda nos experimentos.

Aos integrantes da República Nemelés: Alexandre Takara, Carlos Gurssoni, Fellipe Chaves, Laura Honda, Rafael Sugohara, Rebeca Mamede, Tenébrio e Tocha Mãe, assim como aos agregados, pelos momentos de descontração e diversão.

Aos colegas da pós-graduação: Aline Feistler, Carolina Potascheff, Camila Kissmann, Edson Simão, Eliana Ramos, Guilherme Roberto, Mayra Eichemberg, Natalia Soares, Odair Almeida, Shirley Martins, que fizeram com que durante os dois anos não houvessem longos períodos entediantes.

Aos amigos de Recife e Rio Claro não mencionados que fizeram e fazem parte da minha formação pessoal. Em especial a Luis J.B.M. Souza e Eduardo A.B.M. Souza, ambos cresceram comigo e me apóiam em todos os momentos.

RESUMO

Synedrella nodiflora (L.) Gaertn. é uma espécie herbácea daninha da que apresenta a produção de cipselas dimórficas. Os dois morfotipos são: o periférico que possui alas membranáceas e o central que possuem formato lanceolado com pappus cerdoso. Esse trabalho objetiva caracterizar as cipselas dimórficas de *S. nodiflora* por medição morfométricas, por taxa de embebição e por padrões germinativos; e avaliar o desenvolvimento das plantas originadas das cipselas. As respostas da germinação foram avaliadas por gradientes de temperaturas constantes (10 a 45ºC, com intervalos de 5ºC) e alternadas (20/30°C, 25/35°C e 30/40°C), disponibilidade de água (0,0 a -1,2 MPa, com intervalos de -0,2MPa), qualidade de luz (fotoequilíbrios diferentes) e longevidade no banco de sementes com duração de sete meses. O crescimento das plantas foi analisado para ambos morfotipos sob luz solar direta e sombra em casa de vegetação por 150 dias. O morfotipo central é mais leve, comprido e com pappus mais alongado, promovendo uma vantagem na dispersão ectozoocórica sobre o periférico. Em termos de germinabilidade houve diferença significativa entre eles quando colocados em tratamentos sob escuro contínuo. As cipselas germinam melhor em ambientes que as condições de temperaturas estão entre 25 e 30°C, sob luz solar direta e com grande disponibilidade de água. De modo geral, as cipselas centrais apresentam uma maior taxa de germinação que não é causada por diferenças na embebição. As plantas submetidas à luz solar direta apresentaram rápido desenvolvimento quando comparadas com as plantas que cresceram na sombra, contudo as últimas promoveram uma maior produção de cipselas centrais em comparação as periféricas. *S. nodiflora* é adaptada a condições de sombra o que determina uma grande distribuição em tais ambientes.

PALAVRAS-CHAVES: crescimento, daninha, heteromorfismo, luz, potencial osmótico.

ABSTRACT

Synedrella nodiflora (L.) Gaertn. is a herbaceous weed species that shows dimorphic cypselas features. The two morphotypes are: the peripheral which has a membranal wing and the central which has lanceolate shape with awned pappus. This works objective is to characterize the *S. nodiflora* dimorphic cypselas by morphometric measurements, by imbibition rates and by germinative patterns; and evaluate the plant development from cypselas. The germination responses was evaluated by constant (10 to 45°C, with 5°C intervals) and alternated (20/30°C, 25/35°C and 30/40°C) temperature gradients, water availability (0.0 to -1.2 MPa, with -0.2 intervals), light quality (different phytochrome photoequilibrium) and longevity in the seven month seed bank. Plant growth was analyzed for both morphotypes under direct sun light and shade light in a greenhouse for 150 days. The central morphotype was lighter, longer and its pappi were elongated, promoting advantages in ectozoochoric dispersion over peripheral. In terms of germinability there was significant difference between them under continuous dark treatments. The cypselas germinate better in environments which temperature conditions are between 25 and 30°C, under direct sun light and have high water availability. Generally, the central cypselas showed higher germination rates which were not caused by imbibition differences. The plants under direct sun light showed fast development when compared with shade grown plants, although these last ones promoted higher central cypselas production compared to peripheral ones. *S. nodiflora* is adapted to shade conditions which determine a great distribution in these environments.

KEY-WORDS: growth, weed, heteromorphism, light, osmotic potential.

SUMÁRIO

Pág.

AGRADECIMENTOS II
RESUMO III
ABSTRACT IV
INTRODUÇÃO 6
MATERIAIS E MÉTODOS 12
Coleta do material botânico 12
Morfometria das cipselas 12
Embebição 12
Teste de germinação 13
Influência da temperatura na germinação 13
Influência da disponibilidade de água na germinação 14
Influência da qualidade de luz na germinação 14
Banco de sementes 14
Crescimento e Produtividade vegetal 15
Análise dos dados 17
RESULTADOS 18
Morfometria das cipselas 18
Embebição 19
Influência da temperatura na germinação 20
Influência da disponibilidade de água na germinação 24
Influência da qualidade de luz na germinação 27
Banco de sementes 28
Crescimento e Produtividade vegetal 28
DISCUSSÃO 33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 40

INTRODUÇÃO

As plantas superiores apresentam diversificadas estratégias para promover o estabelecimento dos propágulos de forma o mais eficiente possível no ambiente (HARPER, 1977). Uma dessas estratégias é a capacidade de produzir propágulos com características morfológicas diferentes (MATILLA *et al.*, 2005). A produção de frutos ou sementes diferentes entre si produzidos por um mesmo indivíduo aumenta as chances de estabelecimento da planta, principalmente quando se trata de ambientes heterogêneos, onde há grande quantidade de microambientes, como em ambientes áridos e semi-áridos (TANOWITZ *et al.* 1987, FENNER & THOMPSON, 2005). A diferença entre os morfotipos não está relacionada à diferença genética dos embriões, mas a uma alocação direcionada dos recursos ao fruto ou embrião (HARPER, 1977, STAMP, 1990). Um direcionamento preferencial dos recursos, orientado por uma hierarquia pré-estabelecida, é o principal promotor dessa diferença morfológica, que varia desde tamanho das sementes em algumas espécies (SCHAAL, 1980) até um complexo mecanismo de produção de frutos com formatos diferentes (VENABLE & LEVIN, 1985). Posteriormente denominado heteromorfismo somático, essa estratégia múltipla promove a formação de diásporos com funções ecológicas específicas (LLOYD, 1984, VENABLE, 1985a).

Existem 18 famílias de angiospermas que apresentam diásporos morfologicamente distintos, dentre elas se destacam: Asteraceae e Chenopodiaceae. O maior número de espécies que apresentam heteromorfismo se encontra na família das compostas (63,3%), isso se deve ao modo como as flores estão distribuídas na inflorescência (IMBERT, 2002). A estrutura do capítulo favorece uma produção diferencial dos frutos, cipselas (ou aquênio), por uma diferença na alocação dos recursos (IMBERT & RONCE, 2001). A heterocarpia encontrada em muitas espécies pode estar relacionada à produção de apenas dois tipos de cipselas, ou dimorfismo (IMBERT, 2002), como também por mais de dois tipos de frutos, ou polimorfismo, como em *Catananche lutea* L. (CLAVIJO, 1995). Em outras espécies também há um heteromorfismo morfológico, formado por diásporos de diferentes tamanhos, contudo, com relação às respostas fisiológicas há a presença de apenas dois tipos (AMARAL & TAKAKI, 1998).

A morfologia das cipselas nas espécies de compostas varia na presença de estruturas auxiliares na dispersão, no tamanho da semente e na coloração do pericarpo. Os pappi são estruturas derivadas do cálice floral e irão promover o arrasto pelo vento (anemocoria) ou por fixação aos pelos de animais (epizoocoria) (FENNER & THOMPSON, 2005). Nas espécies dimórficas há uma variação no desenvolvimento do pappus entre flores do raio e do disco, o que afeta diretamente no processo de dispersão (SORENSEN, 1978, BAKER & O'DOWD, 1982, SHMIDA, 1985, VENABLE & LEVIN, 1985, ROCHA, 1996, TWENEY & MOGIE, 1999, CLAVIJO, 2001, MANDÁK & PYŠEK, 2005). De modo geral, as cipselas centrais apresentam pappi mais desenvolvidos, sendo esse mais exposto aos agentes dispersores (IMBERT, 2002). A diferença no tamanho do diásporo, por sua vez, é um aspecto que atua diretamente no estabelecimento da planta, já que está relacionada com os processos de predação, dispersão e, principalmente germinação (WULFF, 1986, BANOVETZ & SCHEINER, 1994, TWENEY & MOGIE, 1999). Os diásporos maiores, de modo geral, apresentam a maior reserva nutricional o que favorece no processo de germinação e posterior estabelecimento (FLINT & PALMBLAD, 1978). A diferença na coloração do pericarpo nas cipselas heteromórficas em algumas espécies indica uma diferenciação na resposta fisiológica (FORSYTH & BROWN, 1982, CORDAZZO & VALERO-ARACAMA, 1998). Entretanto, algumas vezes a coloração não está influenciando diretamente o processo de germinação, podendo estar relacionada com a predação dos diásporos (VAN MÖLKEN *et al.*, 2005).

Para o estabelecimento da planta no ambiente, muitas sementes necessitam de condições adequadas para que ocorra germinação, desse modo, o início do processo está diretamente relacionado aos mecanismos internos de controle. O mecanismo de recepção do sinal ambiental atua primariamente indicando à semente as condições favoráveis à germinação. Contudo, ainda que estejam em condições ótimas para a germinação, muitas espécies apresentam um mecanismo de dormência, que pode ser originada do processo de maturação ou adquirida após a dispersão da semente. Quando inatas das sementes esse mecanismo de dormência possui diferentes origens, relacionados com a atuação de inibidores químicos, má formação dos embriões ou ainda a presença de estruturas que impedem a germinação (BASKIN &

BASKIN, 2001). Em diásporos heteromórficos, são comuns morfotipos que apresentam respostas fisiológicas diferentes desencadeadas por diferentes níveis de dormência ou ainda mecanismos de recepção de sinais diferenciados (TANOWITZ, *et al.*, 1987, IMBERT, 2002, MATILLA, *et al.*, 2005). Essas diferentes respostas geram variação no período em que os diásporos permanecem no solo, proporcionando uma distribuição temporal variável no banco de sementes (TANOWITZ *et al.*, 1987, BASKIN E BASKIN, 2002, CARDOSO, 2004). Alguns mecanismos de dormência podem estar exclusivamente presentes em um dos morfotipos, como é o caso de *Heterotheca latifolia* Buckley, no qual a cipsela periférica possui uma espessa camada lignificada que a mantém dormente por maiores períodos (VENABLE & LEVIN, 1985). Ou ainda pode existir dormência fisiológica para ambos os morfotipos em níveis diferentes que diminui ao longo do período após a dispersão do diásporo (BRÄNDEL, 2004, SUN *et al.*, 2009).

Os fatores abióticos mais importantes que influenciam o processo de germinação são temperatura, disponibilidade de água e incidência de luz (FENNER & THOMPSON, 2005). A ação desses fatores de forma isolada ou associada entre si gera microambientes que promovem o estabelecimento de morfotipos especializados a tais condições (FLINT & PALMNBLAD, 1978).

A temperatura é um fator que está diretamente relacionado com os processos enzimáticos das sementes, desse modo, existe uma temperatura ótima que favorecerá o processo de germinação que é único para espécie, população ou morfotipo específico (LABORIAU, 1970, VENABLE *et al.*, 1987, PEREZ *et al.*, 1998, YOUNG, *et al.*, 2005). A variação térmica ainda pode atuar como sinalizador para a indução do processo de germinação (BASKIN & BASKIN, 2002, BRÄNDEL, 2004).

Reidratação em muitas sementes é indispensável para o restabelecimento das atividades metabólicas que darão início ao processo de germinação. A diferença de potencial de água entre o meio interno da semente e o meio externo promove o fluxo da água (CASTRO *et al.*, 2004). A capacidade de embebição varia entre espécies e em muitos casos é um fator limitante que influencia diretamente a ocorrência de algumas espécies em determinados ambientes (FENNER & THOMPSON, 2005). O mecanismo de embebição assim como a susceptibilidade a solutos dissolvidos no meio

aquoso pode atuar de modo a induzir respostas diferentes entre os morfotipos (WANG *et al.* 2008, UNGAR, 1979).

A luz, por sua vez, é um fator sinalizador que indica à semente o ambiente propício para o desenvolvimento da planta e está relacionado, principalmente, aos fitocromos. Essas moléculas protéicas encontradas no embrião captam sinais luminosos no comprimento de onda da luz vermelha (660nm) e luz vermelho extremo (730nm) (SMITH, 1995, CASAL & SÁNCHEZ, 1998). A variação na proporção desses dois comprimentos de onda na luz que incide no embrião é responsável por desencadear a resposta (BALLARÉ & CASAL, 2000). Os morfotipos de espécies heteromórficas podem reagir diferentemente ao estímulo luminoso indicando o melhor local para a sua germinação (RAI & TRIPATHI, 1987). Por exemplo, as cipselas de *Bidens pilosa* L. apresentaram diferentes respostas às qualidades de luz incidente sobre os morfotipos, enquanto os morfotipos sem ornamento germinam sob resposta a baixa fluência, aqueles com ornamentação no pericarpo apresentam redução na germinabilidade quando irradiada luz vermelho extremo (FORSYTH & BROWN, 1982, CORKIDI *et al.*, 1991, AMARAL & TAKAKI, 1998).

Uma maior quantidade de reservas nutricionais em um determinado morfotipo pode proporcionar um desenvolvimento mais vigoroso da planta (RAI & TRIPATHI, 1987, ZHANG, 1993, VAN MÖLKEN *et al.*, 2005). Essa vantagem inicial é de grande importância quando se tratam de competição intra e inter específica, promovendo uma maior taxa de sobrevivência (TRIPATHI & KHAN, 1990).

Entre as espécies com diásporos heteromórficos é possível verificar dois padrões de comportamento dos morfotipos. O primeiro tipo é caracterizado por um alto risco, pois serão produzidos para germinar em condições adversas e variáveis. Esse tipo colonizador apresenta estruturas especializadas para a maior dispersão, são produzidos em maior quantidade e tendem a geminar em uma ampla gama de condições ambientais. Enquanto o segundo tipo possui um baixo risco, pois possuem como função principal se estabelecer nas proximidades da planta-mãe, mantendo a população de origem. É um diásporo que necessita de condições mais restritas de germinação, já que em muitos casos, vão fazer parte do banco de sementes. (BASKIN & BASKIN, 1976, VENABLE & LEVIN, 1985, VENABLE *et al.*, 1987, IMBERT, 2002).

Ainda, em muitas espécies, a planta-mãe pode controlar a quantidade e qualidade das cipselas produzidas de acordo com as condições ambientais. Por meio da recepção de sinais ambientais as plantas são capazes de responder direcionando os recursos a tecidos específicos. A resposta plástica atua tanto em estruturas vegetativas como reprodutivas e varia entre as espécies (HARPER, 1977, ROACH & WULFF, 1987, AARSSEN & BURTON, 1990, IMBERT *et al.*, 1996, BORGHETTI, 1998, DIGGLE, 2002). Desse modo, variações ambientais durante a maturação do embrião podem influenciar diretamente na sua composição, determinados por estrito controle genético da planta-mãe (SCHAAL, 1980, WULFF, 1986, PRINZIE & CHMIELEWSKI, 1994). Os fatores ambientais podem induzir a produção de diferentes diásporos, ou ainda estimular a maior quantidade de um determinado morfotipo (FLINT & PALMBLAD, 1978, BAKER & O'DOWD, 1982, RAI & TRIPATHI, 1987, VENABLE *et al.*, 1987, IMBERT & RONCE, 2001). Em *H. latifolia* a maior disponibilidade hídrica do meio promoveu a maior produção de cipselas centrais (VENABLE, 1985b). Os fatores abióticos como fotoperíodo, intensidade luminosa, temperatura, e déficit hídrico durante a produção do diásporo pela planta-mãe, ainda podem induzir variação no mecanismo de dormência dos diásporos produzidos (COOK, 1975, ALEXANDER & WULFF, 1985, BASKIN & BASKIN, 1986, WULFF, 1986, STAMP, 1990, FENNER, 1991).

O heteromorfismo é uma estratégia bem sucedida, por ser frequentemente encontrada em plantas herbáceas com grande potencial competitivo, pois há uma ampla dispersão ao longo do tempo e espaço aumentando as chances de estabelecimento (IMBERT, 2002, MATILLA *et al.* 2005). A variação do mecanismo de dormência promove uma maior amplitude no estabelecimento das plantas ao longo do tempo (BASKIN E BASKIN, 2002). Enquanto as variações nas estruturas externas atuam diretamente nos mecanismos de dispersão, os quais promovem uma variação espacial no estabelecimento dos diásporos. Desse modo, muitas espécies heteromórficas são consideradas daninhas, ou seja, atuam como competidoras de recursos contra muitas espécies cultivadas. Assim conhecer o mecanismo de reprodução dessas espécies é fundamental para que se possa estabelecer

uma estratégia de controle (FLINT & PALMBLAD, 1978, TANOWITZ, *et al.* 1987, KRUK *et al.*, 2006).

Synedrella nodiflora (L.) Gaertn é uma espécie herbácea anual, ereta ou subereta e pouco ramificada, com um rápido ciclo de vida, variando de 120 a 150 dias. Essa espécie é frequentemente encontrada em ambientes úmidos, sombreados e com grande disponibilidade de nutrientes, e ocorre em culturas tropicais, nas quais, além de promover competição, atua também como hospedeiro de patógenos (LEITÃO FILHO *et al.* 1975, KISSMANN & GROTH, 1992, MILEO *et al.*, 2007). Possui ampla distribuição mundial, pantropical, com ocorrência desde a América tropical, de onde é nativa, até a África e Ásia. No Brasil está presente principalmente na região Sudeste e Centro-Oeste (CLAYTON, 1958, CLIFFORD, 1959, CORLETT, 1988, LORENZI, 2000). Ainda possui importância medicinal com propriedades antiinflamatórias (ABAD, 1996, LORENZZI, 2000). Propaga-se exclusivamente pelas cipselas, que apresentam dimorfismo: as periféricas são elípticas com alas membranáceas, originados de flores femininas; enquanto as cipselas centrais possuem formato lanceolado com pappus cerdoso provinda de flores hermafroditas (LEITÃO FILHO *et al.*,1975, KISSMANN & GROTH, 1992). Ernst (1906) observou que, além da diferença morfológica, as cipselas apresentam respostas às diferentes quantidades de luz. Marks e Akosim (1984) verificaram que no escuro as cipselas periféricas se destacavam pela maior taxa de germinação, ainda foi visto que quando a luz incidente é filtrada por folhas verdes há uma variação na germinabilidade entre os morfotipos. Trabalhando com a mesma espécie Chauhan & Johnson (2009) demonstraram que as cipselas dimórficas não apresentaram diferenças na germinabilidade. Entretanto, quando semeadas em solos com diferentes concentrações de palha de arroz, as cipselas periféricas mostraram maior taxa de emergência e maior acúmulo de biomassa nas plantas formadas.

O presente estudo trabalha com a hipótese de que há diferença na estratégia de estabelecimento entre os morfotipos de *S. nodiflora* e há uma produção diferencial desses diásporos quando as plantas são submetidas às condições limitantes. Desse modo, o objetivo do trabalho foi caracterizar os padrões germinativos das cipselas dimórficas, avaliando os efeitos da temperatura, qualidade de luz, disponibilidade de água e longevidade no banco

de sementes. Também visa acompanhar o desenvolvimento das plantas sob diferentes qualidades de luz e quantificar a produção das cipselas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta do material botânico

Plantas de *Synedrella nodiflora* foram coletadas no campus da Universidade Estadual Paulista, em Rio Claro, SP (22°23'44,97"S, 47º32'39,92"W). As plantas foram aleatoriamente coletadas, sendo o único pré-requisito possuir cipselas maduras. Posteriormente foram levadas para o Laboratório de Fotomorfogênese de Plantas, onde os capítulos foram separados e mantidos a temperatura constante de 25ºC para secagem do material. Os capítulos foram armazenados em recipientes impermeáveis e mantidos em uma incubadora do tipo BOD, no escuro à aproximadamente 7±3ºC até o início dos experimentos.

Morfometria das cipselas

Quinhentas cipselas intactas de cada morfotipo foram separadas aleatoriamente e digitalizadas em alta resolução para a medição do tamanho dos frutos. Foram analizados o comprimento e largura, assim como o comprimento do pappus utilizando-se o programa Imagetool 3.0.

Para a obtenção da biomassa, cinco réplicas, com 100 diásporos, foram pesadas em balança analítica obtendo-se a biomassa fresca por cipsela. Também foi obtida a biomassa seca por cipsela após a secagem em estufa a 105º C por 24h e posteriormente foi obtido o teor de umidade do lote de sementes a partir dos dados de biomassa através da relação entre diferença entre a biomassa seca e fresca dividido pela biomassa seca (Brasil, 2009).

Embebição

Para verificar a taxa de embebição dos morfotipos foram separadas quinhentas cipselas por morfotipo e divididos em 5 réplicas. Inicialmente as réplicas de 100 cipselas foram pesadas em balança analítica, para estabelecer a biomassa inicial e posteriormente estimado o teor de umidade inicial. Após a pesagem as cipselas foram colocadas em placas de Petri forradas com duas

camadas de papel filtro umedecida com água destilada e mantidas em câmara de germinação a 25±1°C. Nos períodos de 1, 2, 3, 4, 6, 12 e 24h as cipselas foram retiradas das placas, secas com papel filtro e pesadas. Desse modo, a porcentagem de água embebida é a razão da variação da massa pelo biomassa seca estimada.

Teste de germinação

Os testes de germinação foram realizados em quatro réplicas, com 30 cipselas cada, estas consistiam de placas de Petri de 70 mm de diâmetro forradas com duas camadas de papel filtro umedecidas com 5 mL água deionizada ou solução de polietilenoglicol 6000 com diferentes potenciais de água. As placas menores foram colocadas no interior de placas de Petri de 90 mm que foram vedadas com filme de PVC. Esta metodologia foi utilizada com o objetivo de manter a umidade constante e proporcionar maior segurança durante a manipulação das placas. Em tratamentos com a luz branca as placas foram dispostas de modo que a taxa de fluência de fótons incidente sobre as placas fossem de aproximadamente 30µmol.m^{2}·s^{-1}. No tratamento do escuro as placas foram mantidas dentro de caixas plásticas escuras do tipo gerbox.

Todos os tratamentos foram avaliados diariamente, no escuro a contagem foi realizada sob luz verde de segurança. Foram consideradas germinadas as cipselas com protrusão radicular de no mínimo 2 mm de comprimento. As avaliações seguiram até a estabilização da curva de germinação, que se deu quando não houve germinação por três dias consecutivos (LABOURIAU, 1970).

Os dados de germinação foram tomados diariamente e transformados em velocidade média de germinação para maior compreensão dos resultados obtidos, segundo a equação: $v_{média}$= Σni / Σni.ti; onde “ni” é o número de cipselas germinadas em um dia “i” e “ti” é o tempo decorrido desde o começo do experimento (LABOURIAU, 1970).

Influência da temperatura na germinação

Réplicas com cipselas armazenadas por 4 meses foram submetidas aos testes de germinação em diferentes temperaturas, constantes e alternadas, sob presença e ausência de luz branca. As temperaturas constantes testadas foram

de 10ºC a 45ºC com intervalos de 5ºC com variações de até ±1ºC. Enquanto as temperaturas alternadas foram de 20-30ºC, 25-35ºC e 30-40ºC. Os ambientes de temperatura controlada consistiram de câmaras de germinação do tipo BOD com lâmpadas dispostas sob cada prateleira, sala com temperatura controlada e estufa de cultura de tecidos, nas temperaturas mais altas.

Influência da disponibilidade de água na germinação

Para esse experimento, foram colocadas nas placas de Petri diferentes concentrações de polietilenoglicol 6000 (PEG6000) a fim de proporcionar diferences níveis de potencial osmótico (Villela, *et al.*, 1991).Os tratamentos consistiram nos potenciais de 0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0 e -1,2 MPa. As placas foram mantidas em sala com temperatura controlada ajustada a 25±1℃ sob luz branca constante e no escuro. As cipselas utilizadas foram armazenadas por 8 meses desde o período de coleta.

Influência da qualidade de luz na germinação

A influência das diferentes qualidades de luz na germinação das cipselas recém coletadas foi estabelecida por gradiente de luz determinados utilizando o espectroradiômetro LI-1800 (LI-COR, E.U.A.), nos comprimentos de onda de 660 (luz vermelha) e 730nm (luz vermelho extremo). Os valores do fotoequilíbrio, proporção da forma Fve do fitocromo total obtidos por meio da razão entre LV:LVE, foram 0,51; 0,45; 0,32; 0,24; 0,15 e 0,05. Os valores foram obtidos por meio de filtros luminosos específicos e de lâmpadas incandescentes de 25W. Os filtros compostos de placas de acrílico monocromáticos (vermelho e azul) e placa de vidro revestida por insulfilm® foram utilizados para tampar caixas de madeira, no qual foram colocadas as placas de Petri. As caixas foram posicionadas de modo que a luz incidisse de forma homogênea sobre as placas (SIMÃO *et al.*, 2008). Todos os tratamentos foram realizados em sala com temperatura constante de 25±1℃.

Banco de sementes

Para testar a longevidade das cipselas no banco de sementes, saquinhos de nylon contendo terra e 30 cipselas foram enterrados no dia 29 de março de 2009. A terra utilizada foi retirada da mesma localidade onde se

encontrava uma população da espécie. O substrato foi esterilizado em estufa a alta temperatura e misturado as cipselas de cada morfotipo. Os quatro saquinhos por morfotipo prontos foram enterrados no local de coleta do solo e permaneceram a 5 cm de profundidade até o momento da realização dos testes de viabilidades. Foram realizadas avaliações mensais durante um período de sete meses. Os valores de temperatura média, máxima e mínima diária, e a pluviosidade mensal podem ser vistas na figura 1.

Para análise da viabilidade, a mistura de dentro do saquinho foi colocada em uma caixa gerbox obtendo uma camada com no máximo 1cm, posteriormente foi umedecida e colocada em sala com temperatura controlada (25±1℃) e luz branca constante. Semanalmente as caixas foram umedecidas e as plantas que emergiram foram contabilizadas e retiradas. Os diásporos que não germinaram foram considerados inviáveis, pois ao estabilizar a emergência do tratamento do primeiro mês não foi possível encontrar cipselas integras em uma posterior análise.

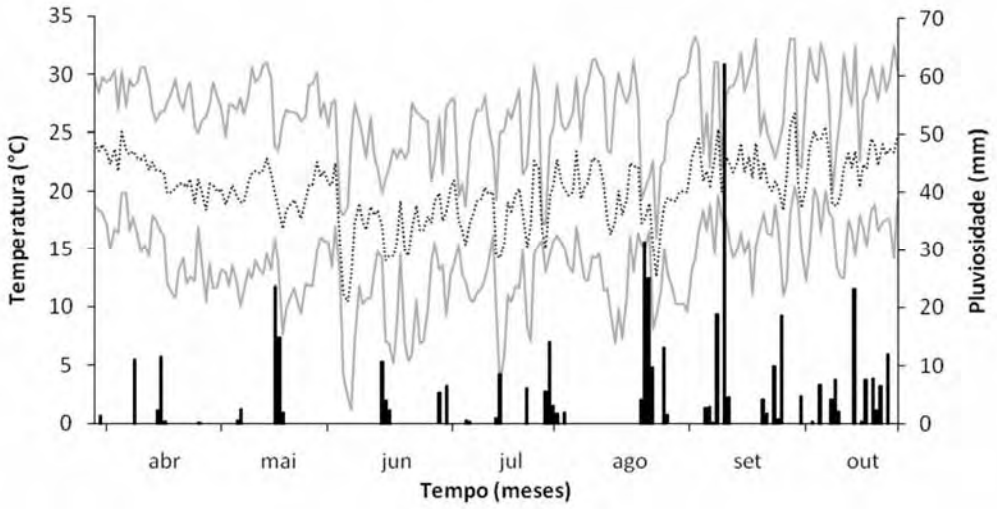

Figura 1. Dados de temperaturas máximas, mínimas (linhas cinza) e médias (linha tracejada), apresentados em gráficos de linhas, e pluviosidade diários, apresentados em gráficos de barras, obtidos pelo CEAPLA durante o período em que as cipsela estiveram enterradas.

Crescimento e Produtividade vegetal

As cipselas foram plantadas em tubetes (com volume de 4,8L, 38cm de altura e 20cm de diâmetro), e o crescimento, acúmulo e alocação de biomassa das plantas foram avaliados mensalmente ao longo de 150 dias. O experimento foi iniciado em 3 de dezembro de 2008. Cinco diásporos de mesmo morfotipo

foram semeados por tubetes e após uma semana apenas uma planta do tubete foi selecionada para o experimento. O substrato foi preparado utilizando-se terra de Latossolo vermelho, coletado da região das proximidades da população de origem, e com a adição de matéria orgânica na razão de 3:1. Após uma análise química foi verificado que o substrato se encontrava nos padrões esperados, com quantidades de nutrientes específicas para culturas vegetais com as seguintes características: pH= 5,6; K= 8 $mmol_c.dm^{-3}$; Ca= 16 $mmol_c.dm^{-3}$; Mg= 9 $mmol_c$ dm^{-3}; Al= 5 $mmol_c.dm^{-3}$; H + Al= 28 $mmol_c.dm^{-3}$; SB= 33 $mmol_c.dm^{-3}$; V= 54%; M.O.= 24 $g.dm^{-3}$; P Resina= 108 $mg.dm^{-3}$; Zn= 2,9 $mg.dm^{-3}$; Fe= 21 $mg.dm^{-3}$; Mn= 6,7 $mg.dm^{-3}$ e Cu= 1,8 $mg.dm^{-3}$.

Os tubetes, preenchidos com aproximadamente com 3 kg do substrato, foram mantidos em casa de vegetação sob dois tratamentos luminosos com fotoperíodo natural, o primeiro com incidência de luz solar direta (fotoequilíbrio de 0,61), e o segundo foi uma simulação de sombra distribuída homogeneamente, reduzindo-se a incidência luminosa do sol, assim como diminuindo a razão vermelho:vermelho extremo, por meio de insulfilme (fotoequilíbrio de 0,52). Diariamente as plantas foram regadas por um sistema automático duas vezes ao dia. Os dados de temperaturas foram obtidos pelo CEAPLA (Figura 2).

A cada trinta dias após a semeadura (DAS) as plantas foram analisadas, 20 por tratamento luminoso, sendo dez originado de cada morfotipo de cipsela. As plantas coletadas ao acaso sofreram avaliações destrutivas e os parâmetros avaliados foram: biomassa fresca e seca das partes aéreas e subterrâneas, área foliar total por planta, número de inflorescências produzidas. No final do experimento, 150 dias, foram mensurados o comprimento da parte aérea e subterrânea, e contado o número de folhas, para uma análise mais detalhada. A biomassa seca foi obtida pela pesagem das partes da planta secas em estufa a 70°C até estabilização da massa. E a área foliar foi obtida pela digitalização das folhas e mensurada com o uso do programa Imagetool 3.0. Esses dados foram aplicados em equações para maior compreensão dos resultados de crescimento. A taxa de crescimento absoluto (TCA) e a razão de área foliar (RAF) foram determinadas segundo as equações: TCA= $(BMs_2-BMs_1)/(T_2-T_1)$, onde “BMs” é a biomassa seca total no tempo final menos o inicial, para assim verificar o ganho de biomassa em um determinado tempo “T”. E

RAF=AFt/BMst, onde “AFt” é a área foliar total por planta e “BMst” é a biomassa seca total da mesma planta.

No final do experimento foi efetuada a contagem do número de cipselas por capítulo em 10 capítulos em maturação, os quais continham os diásporos ainda presos a inflorescência, coletados aleatoriamente por planta. Os morfotipos foram contabilizados por inflorescência estabelecendo-se uma razão entre os morfotipos para analisar a influência do tratamento de luz sobre a produtividade das plantas.

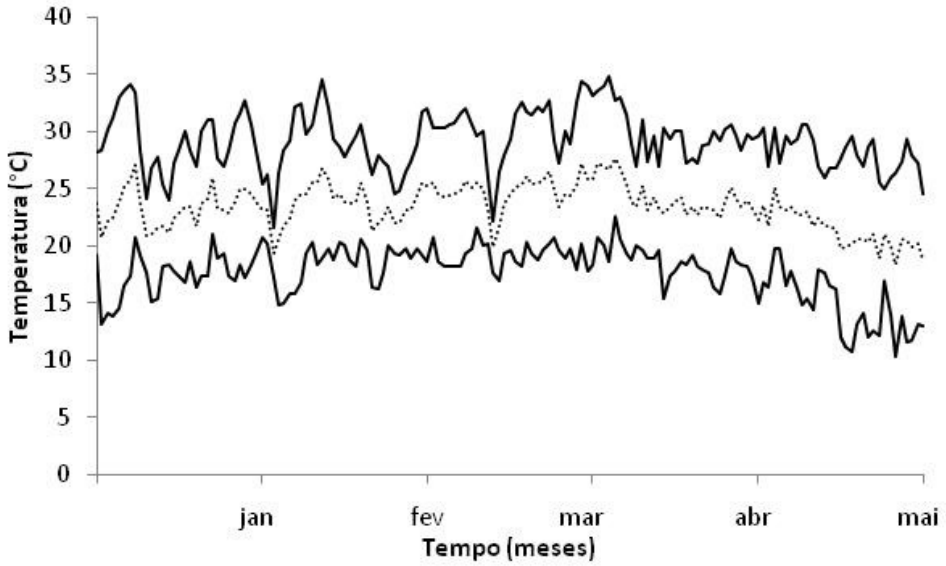

Figura 2. Dados de temperatura máxima, mínima e média obtidos no CEAPLA durante o período de crescimento das plantas.

Análise dos dados

Para os testes de germinação foram avaliadas a germinabilidade (transformados em arco seno √%) e a velocidade média de germinação por tratamento (ZAR, 1999). Os dados obtidos foram testados estatisticamente pela análise de variância com três fatores (three-way ANOVA) com teste Tukey *a posteriori* para uma comparação pareada entre os resultados. Para os dados de morfometria foi empregada a análise de variância com um fator (one-way ANOVA), quando não foi possível a realização de um teste paramétrico foi empregada a ANOVA ranqueada com teste não-paramétrico. Todos os testes estatísticos foram executados pelo programa SigmaStat 3.1. E a análise dos dados de crescimento os valores foram submetidos a uma regressão e foram obtidas as equações das retas de acordo com a tendência da curva.

RESULTADOS

Morfometria das cipselas

Houve uma diferença significativa no tamanho das cipselas centrais e periféricas (Tabela 1), sendo a segunda mais larga (P<0,05; ANOVA ranqueada; Teste Tukey), enquanto a primeira é mais comprida (P<0,05 ANOVA ranqueada; Teste Tukey) e com pappus em média mais longo (P<0,05; ANOVA ranqueada; Teste Tukey) (Tabela 1). Isso é bem evidente quando se observa o capítulo maduro, as centrais se destacam exibindo pappus cerdoso para uma possível dispersão ectozoocórica, enquanto a periférica permanece escondida entre as brácteas na inflorescência (Figura 3).

O morfotipo periférico apresentou maior biomassa fresca por cipsela (P<0,001 ANOVA, Teste Tukey), maior biomassa seca (P<0,001 ANOVA, Teste Tukey) e menor teor de umidade (p=0,002, ANOVA, teste Tukey).

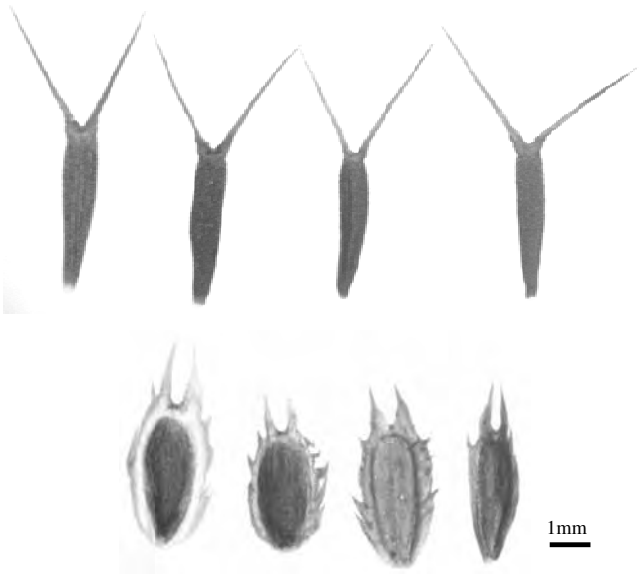

Figura 3. Foto dos morfotipos de cipselas de *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. encontrados na região central (superior) e periférica (inferior) do capítulo coletados no campus da Unesp.

Tabela 1: Morfometria das cipselas dimórficas coletadas no campus da Unesp, Rio Claro, SP. Demonstrando a média e o desvio padrão das medidas de comprimento e largura do fruto, comprimento do pappus (N=500) e massa média por cipsela da biomassa fresca e seca, assim como o teor médio de umidade dos lotes (N=100).

Morfotipo	Comp. (mm)	Largura (mm)	Comp. do Pappus (cm)	Biomassa fresca (µg)	Biomassa seca (µg)	Teor de umidade (%)
Periférico	3,64b (0,29)	1,69a (0,30)	1,32b (0,31)	81,40a (1,52)	76,31a (1,21)	6,25b (0,44)
Central	4,17a (0,30)	0,95b (0,14)	3,17a (0,69)	73,19b (1,21)	67,61b (0,82)	7,62a (0,51)

Letras diferentes representam diferença significativa (P<0,05).

Embebição

As cipselas apresentaram uma rápida absorção de água do meio (Figura 4). A maior velocidade na taxa de embebição ocorreu na primeira hora, na qual apresentou um aumento de, em média, 43,41±3,13% da biomassa seca estimada para o lote. Nos períodos posteriores houve uma menor incorporação de água, por um baixo aumento do teor de umidade das cipselas. Das terceira para quarta hora não há diferença significativa (P=0,645; ANOVA) essa estabilização representa o final da primeira fase do padrão de absorção de água e início da segunda, na qual se inicia o processo de reativação metabólica. A segunda fase termina, certamente, no período entre 12 e 24 horas, pois entre esse dois períodos há uma diferença significativa na porcentagem de embebição (P<0,001, ANOVA, teste de Tukey). A terceira fase é caracterizada pelo início da divisão celular e protrusão da raiz, o qual já é possível visualizar em algumas cipselas após 24h do início do experimento. Ambos morfotipos mostraram o mesmo padrão de embebição, não havendo diferença significativa entre as curvas de embebição correspondentes (P=0,824, ANOVA). Isso indica que ambas cipselas possuem tegumentos com permeabilidade a água semelhante.

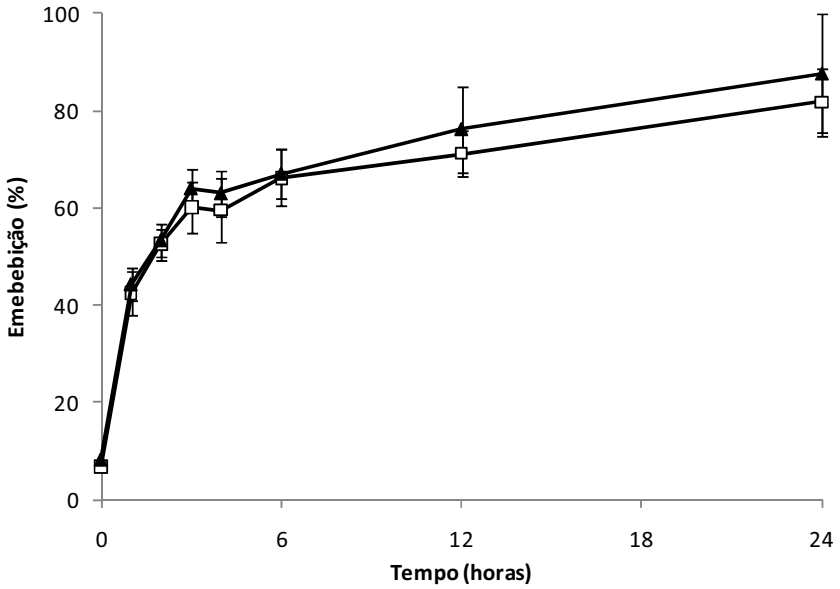

Figura 4. Curva de embebição dos dois morfotipos de cipsela: central (▲) e periférico (□) de *S. nodiflora* sob luz branca contínua a 25°C. Barras de erros = Desvio padrão

Influência da temperatura na germinação

A espécie apresentou uma ampla faixa de germinação onde foi possível observar a protrusão radicular a partir das temperaturas constantes de 15ºC a 40ºC (Figura 5). Com relação à luminosidade, as cipselas no escuro apresentaram menor germinabilidade comparando-se com os tratamentos sob luz branca (P<0,001, Teste Tukey) . Na presença de luz branca contínua houve elevada germinabilidade na faixa de 25 a 40°C não apresentando diferença estatística relevante entre esses tratamentos (P<0,001 para todos os tratamentos, Teste Tukey). Entretanto, as velocidades médias de germinação mais elevadas foram encontradas nas temperaturas constantes de 25 e 30°C, os quais não apresentaram diferença estatística entre si (P=1,00, Teste Tukey).

Já no escuro, os maiores valores de germinabilidade ficaram restritos às temperaturas de 25 e 30°C que apresentaram os maiores valores, sem diferir estatisticamente entre si (P=0,981, Teste Tukey). O mesmo ocorreu para a velocidade média de germinação (P=0,453, Teste Tukey). Contudo, nas temperaturas mais elevadas, 35 e 40ºC houve uma pronunciada queda na germinabilidade

Não houve diferença significativa na porcentagem máxima de germinação nos tratamentos com luz branca entre os morfotipos (P=0,119,

Teste Tukey), contudo no escuro foi possível ver a diferença (P<0,001, Teste Tukey), as quais as cipselas centrais apresentaram maior germinabilidade nas temperaturas consideradas da faixa ótima.

As temperaturas alternadas (Figura 6), por sua vez, promoveram alta germinabilidade na luz branca não diferindo estatisticamente entre as temperaturas (P<0,001 em todos os tratamentos, Teste Tukey). Os resultados da influência das temperaturas alternadas, de modo geral, não diferiram dos seus tratamentos equivalentes nas temperaturas constantes, 20/30°C e 25°C assim como 30/40°C e 35°C, já que todos se encontravam na mesma faixa ótima.

No escuro, os dados da temperatura 20/30°C diferiram das demais com uma maior germinabilidade (P<0,001, Teste Tukey). Ainda nessa temperatura o morfotipo central se destacou do morfotipo periférico.

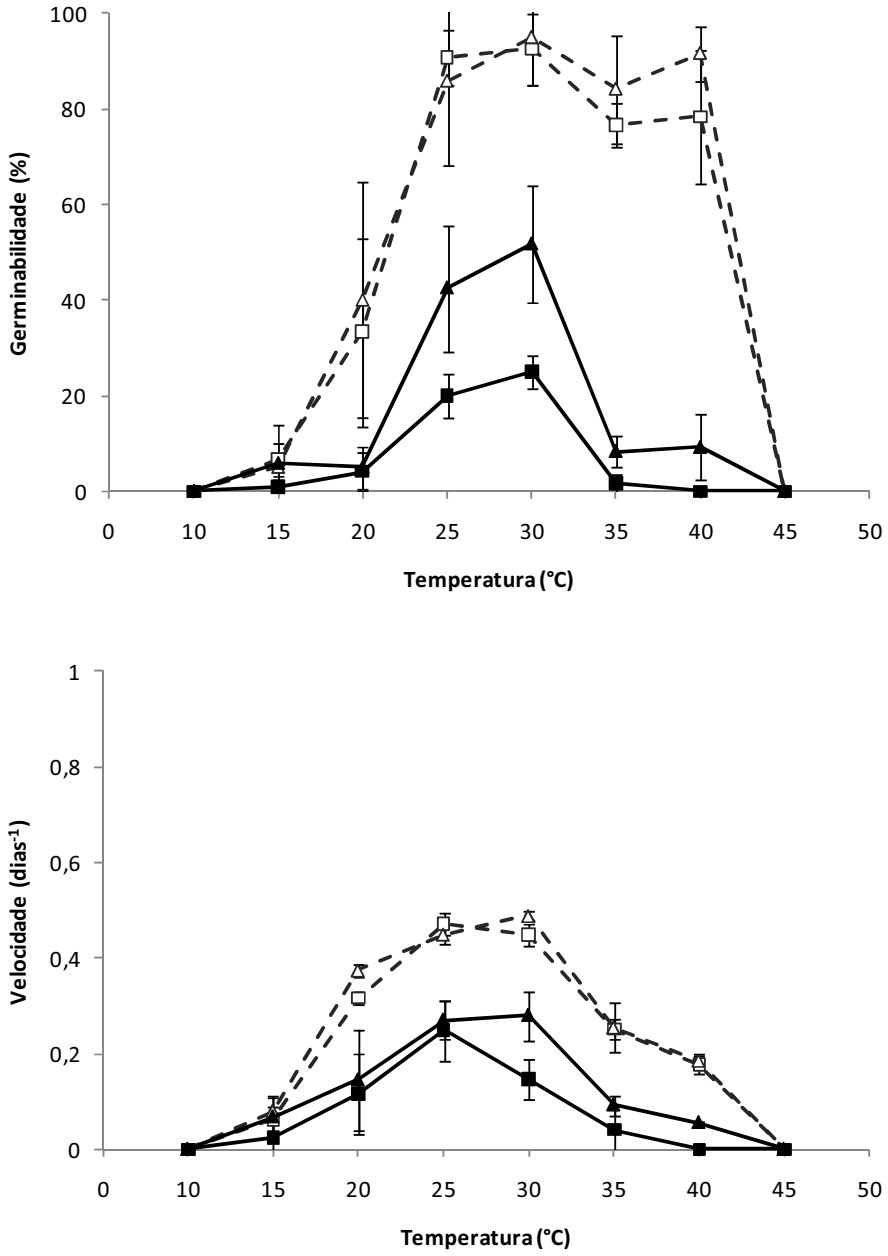

Figura 5. Germinabilidade e velocidade média de germinação de cipselas centrais (▲) e periféricas (■) de *S. nodiflora* mantidas em temperaturas constantes na presença de luz branca (símbolo vazado) e no escuro (símbolo cheio). Barra de Erros = Desvio Padrão

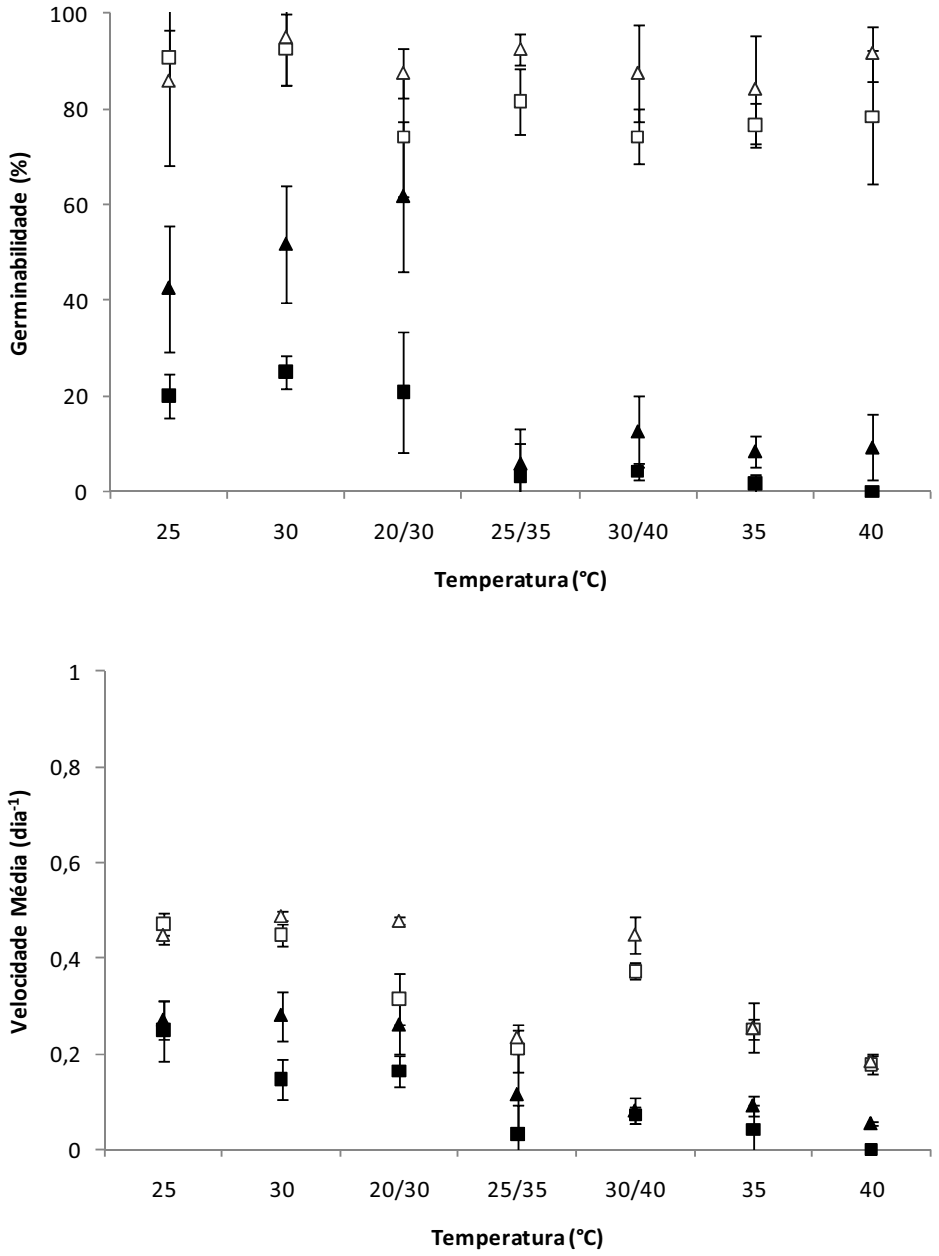

Figura 6. Germinabilidade e velocidade média de germinação de cipselas centrais (▲) e periféricas (■) de *S. nodiflora* mantidas em temperaturas alternadas na presença de luz branca (símbolo vazado) e no escuro (símbolo cheio). Barra de Erros = Desvio Padrão

Influência da disponibilidade de água na germinação

De modo geral, os diásporos de *S. nodiflora* são sensíveis a baixa disponibilidade de água, já que a partir do potencial de água de -0,8 MPa em ambas as condições luminosas houve uma grande redução na germinabilidade (Figura 7) assim como na velocidade de germinação (Figura 7 e 8).

Entre os tratamentos luminosos houve diferença estatística (P<0,001, three-way ANOVA). Na luz branca contínua as cipselas apresentaram uma resposta mais tolerante à baixa disponibilidade de água no meio. Em ambos os morfotipos, a germinabilidade só diminuiu de modo significativo quando o potencial de água no meio diminuiu de -0,6 MPa para -0,8 MPa em uma queda abrupta (P<0,001, Teste Tukey para ambos morfotipos). Por outro lado no escuro a queda na germinabilidade ocorreu em maiores potenciais hídricos e de modo diferente entre os dois morfotipos. O central mostrou-se mais tolerante, mantendo a germinabilidade alta em -0,2 MPa, o qual não diferiu do controle (P=0,519, Teste Tukey), apresentando uma redução na faixa de -0,2 a -0,4 MPa (P<0,001, Teste Tukey). Enquanto as das cipselas periféricas foram mais sensíveis com a queda ocorrendo da faixa de 0 a -0,2 MPa (P<0.001, Teste Tukey).

Entre os morfotipos houve variação na germinabilidade tanto na luz como no escuro, contudo em potenciais de água distintos. Sem estímulo luminoso, a diferença na germinabilidade dos morfotipos ocorre nos potenciais de água mais elevados: controle, -0,2 e -0,4 MPa (P<0,001 nos tratamentos, Teste Tukey). Quando a quantidade de água restringe a germinação, sob luz branca, a diferença na resposta dos morfotipos torna-se evidente, ocorrendo em -0,8 e -1,0 MPa uma maior germinabilidade da cipsela central (P<0,001 em ambos tratamentos, Teste Tukey).

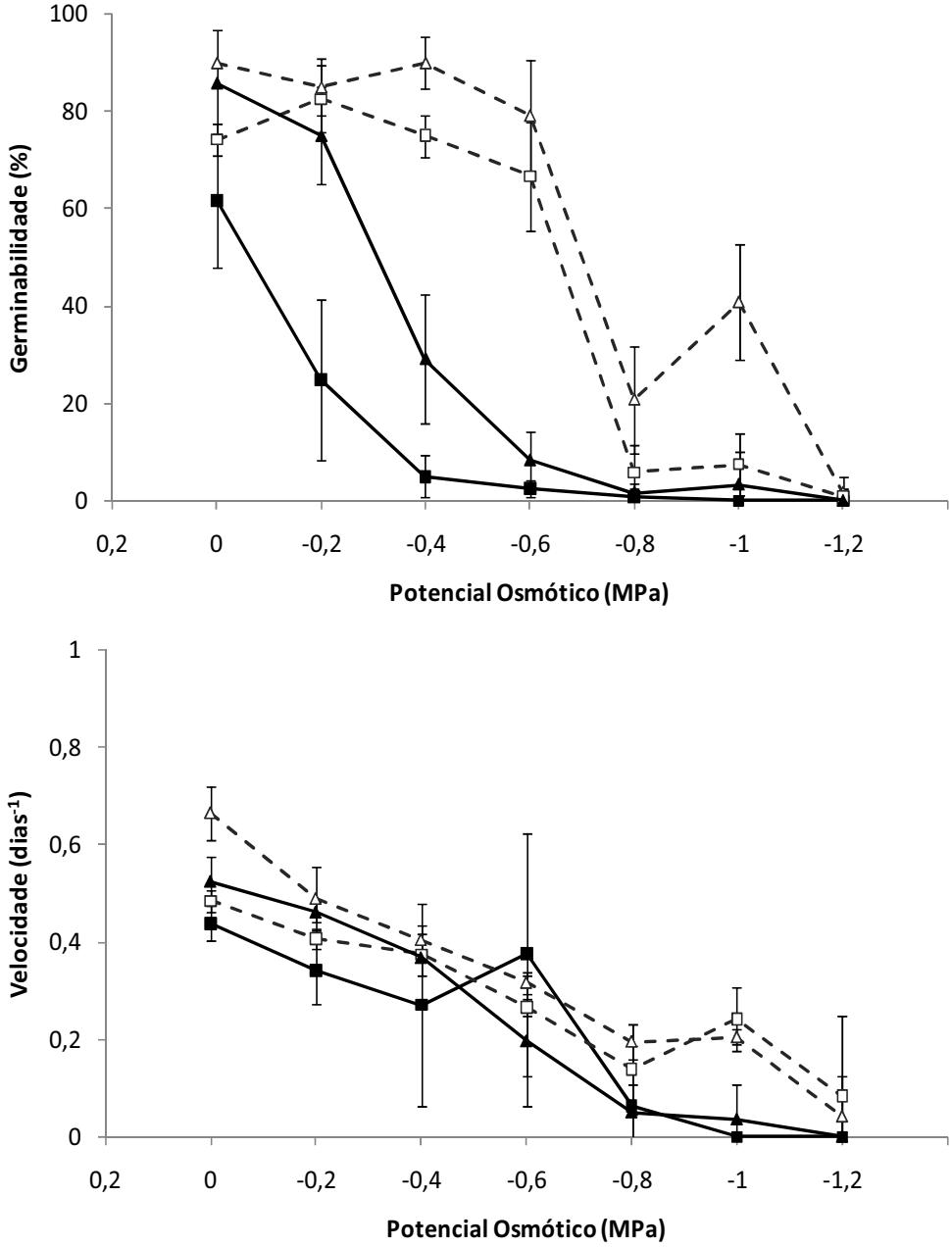

Figura 7. Germinabilidade e velocidade média de germinação de cipselas centrais (▲) e periféricas (■) de *S. nodiflora* submetidas a diferentes portenciais de água obtidos com soluções de PEG6000. As placas foram mantidas em temperatura constante de 25±1°C na presença de luz branca (símbolo vazado) e no escuro (símbolo cheio). Barra de Erros = Desvio Padrão.

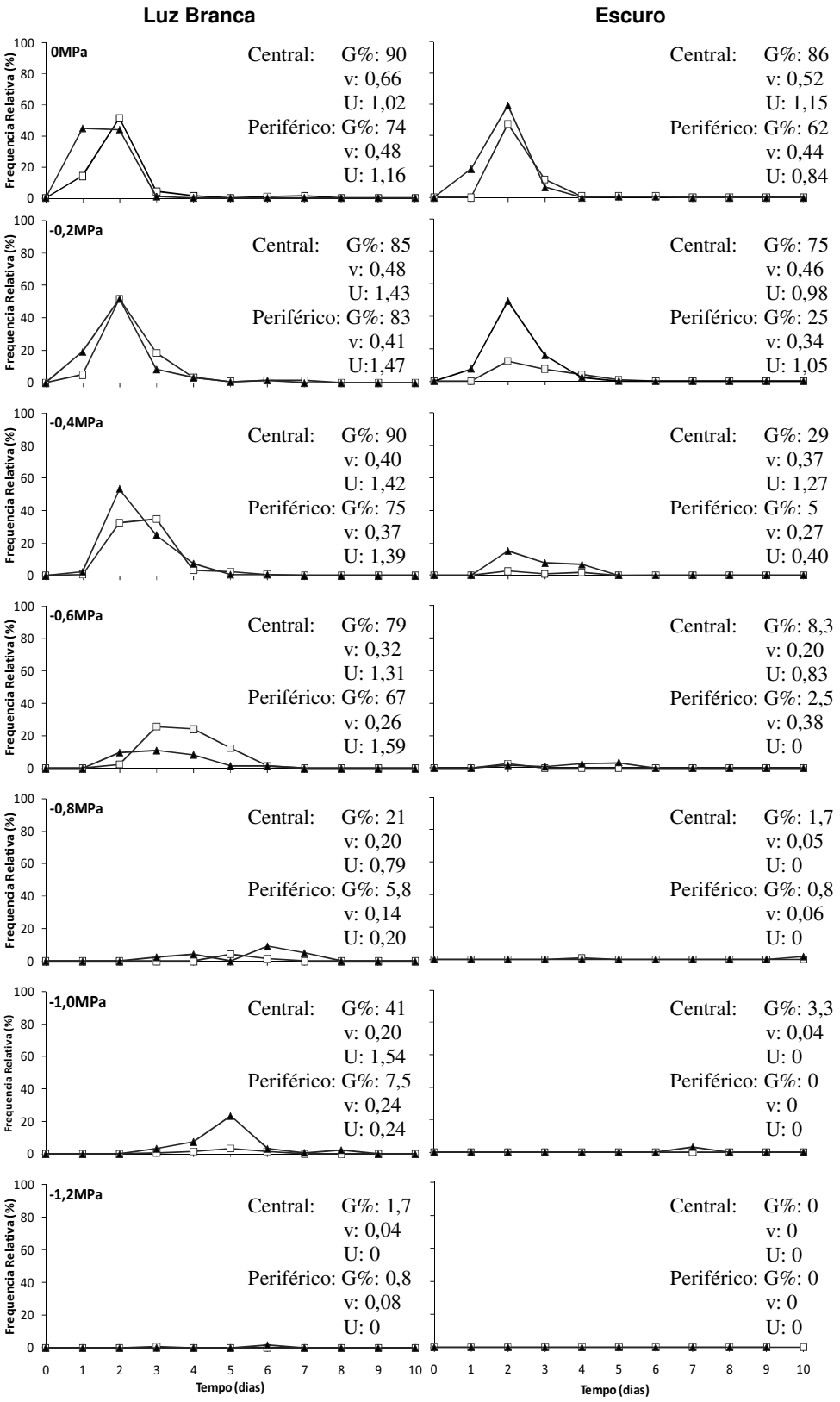

Figura 8. Polígonos de freqüência relativa da germinação de cipselas centrais (▲) e periféricas (□) de *Synedrella nofiflora* submetidos a diferentes potenciais osmóticos sob dois tratamentos luminosos.

Influência da qualidade de luz na germinação

As cipselas apresentaram uma diminuição na germinabilidade na medida em que houve aumento da quantidade de luz vermelho extremo no ambiente entre os valores de 0,32 e 0,45, i.e., valores mais baixos de fotoequilíbrio do fitocromo (Figura 9). De modo geral, a germinabilidade foi inferior nos diferentes ambientes luminosos quando comparadas com os tratamentos com a luz branca (fotoequilíbrio do fitocromo de 0,70) realizados em experimentos anteriores. Nas quantidades mais baixas de LVE (fotoequilíbrio de 0,51) a média de germinação foi de 64,17±15,48, para as centrais, e 44,17±14,24, para as periféricas. E com o incremento da quantidade de vermelho extremo na luz incidente houve uma considerável queda na germinabilidade da espécie, no fotoequilíbrio de 0,32 os valores de germinabilidade encontraram-se no mínimo. Na ausência de estímulo luminoso a quantidade de fitocromo ativo foi suficiente para induzir a germinação em alguma cipselas com germinabilidades de 22,50±17,08 e 4,17±1,67, das centrais e periféricas, respectivamente.

O morfotipo central apresentou maior germinabilidade tanto no escuro (P=0,007, Teste Tukey), como nos fotoequilíbrios de 0,45 (P=0,028, Teste Tukey) e 0,51 (P=0,027, teste Tukey).

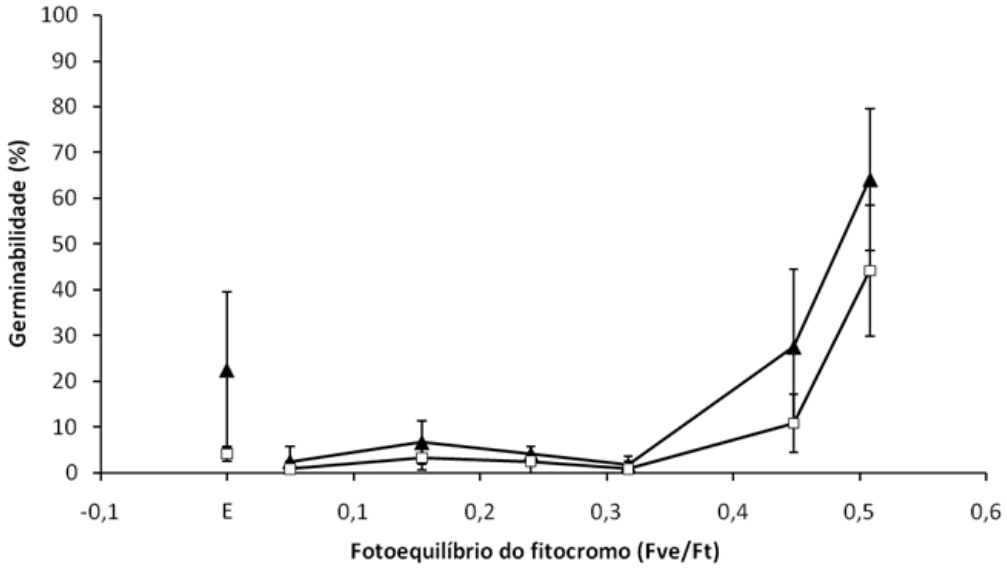

Figura 9. Germinabilidade das cipselas centrais (▲) e periférica (□) recém coletadas de *S. nodiflora* submetida ao diferentes tratamentos de qualidade de luz e o controle no escuro constante (E). Os valores dos fotoequilíbrio do fitocromo foram calculados a partir das

diferentes razões entre luz vermelha:vemelho extremo com diferentes filtros de luz. Barra de erros = Desvio padrão.

Banco de sementes

Durante os meses de experimento não foi possível observar nenhuma formação de plantas originadas dos diásporos do saquinho. As cipselas que não germinaram, de modo geral, encontravam-se com embriões deteriorados provavelmente devido à morte dos mesmos. As cipselas que permaneceram dormentes foram colocadas em condições propícias para a germinação e ao longo dos meses a viabilidade não sofreu redução significativa (two-way ANOVA, P=0,059), apresentando em média valores entre 53 e 88% ao longo dos 7 meses (Figura 10). Entre os morfotipos houve uma diferença significativa no segundo mês, contudo a partir do terceiro a diferença não ocorreu.

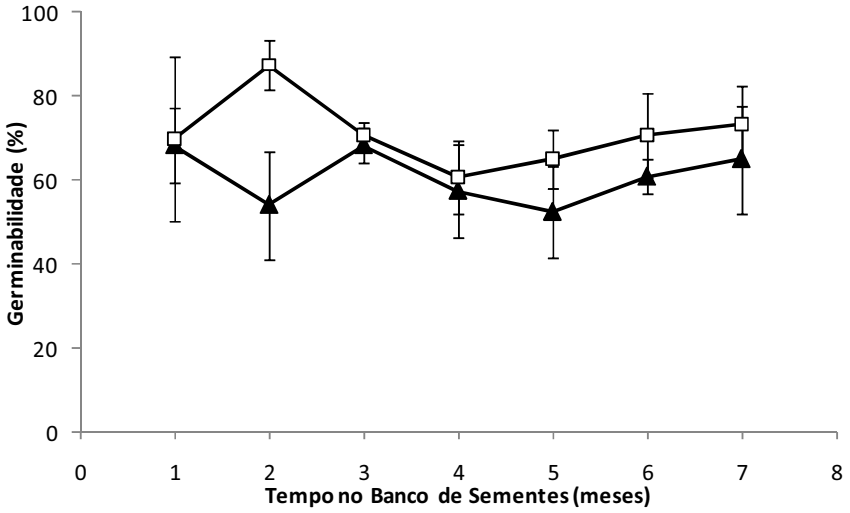

Figura 10. Germinabilidade das cipselas de *S. nodiflora* centrais (▲) e periféricas (□) ao longo dos meses que permaneceram enterradas no banco de sementes. As cipselas foram desenterradas, colocadas em gerbox transparentes e mantidas em condições propícias a germinação, sob luz branca (30 $\mu mol.m^2.s^{-1}$) e temperatura (25±1ºC). Barra de erros = Desvio padrão.

Crescimento e Produtividade vegetal

Na luz solar direta, as plantas apresentaram maior acúmulo de biomassa quando comparada com a condição de sombra ao longo do tempo (Figura 11). Entretanto, em 150 dias após a semeadura as plantas que se encontravam na luz direta apresentaram uma diminuição da biomassa quando comparado com a medição anterior. Essa queda ocorreu devido à senescência da planta. Em

150 dias essas plantas já se encontravam com algumas folhas deterioradas não sendo possível a medição. Por outro lado, no mesmo período, na condição de sombra não houve a presença de folhas senescentes, pelo contrário, a planta estava em processo de crescimento que perdurou até 180 dias no qual ainda não havia apresentado sinais da senescência (dados não apresentados).

Na sombra as plantas apresentaram expansão das áreas foliares observados pela maior área foliar total em relação à biomassa total (Figura 12A). Houve também uma taxa de crescimento inferior (Figura 12B) as plantas que cresceram sob luz solar direta, o que gerou uma produção inferior no número de inflorescências (Figura 12C).

Quando avaliadas 150 dias após a semeadura é possível perceber que as plantas mantidas na luz solar direta estavam mais desenvolvidas apesar dos comprimentos da parte aérea e subterrânea serem iguais em pleno sol e sombra (Tabela 2). A biomassa superior foi resultado de maior número de ramificações. O maior acúmulo de biomassa proporcionou uma maior disponibilidade de recursos para a estrutura reprodutiva que pode ser representado pelo número de capítulos produzidos (Tabela 3). Também foi possível verificar que houve uma diferença significativa na quantidade de cipselas e na razão entre o número de cipselas centrais e periféricas por capítulo sendo na condição de sombra onde houve a maior quantidade de cipselas e produção uma maior relação de morfotipos centrais (Tabela 3).

Tabela 2. Comprimento e a biomassa seca da parte aérea (PA) e subterrânea (PS), área foliar total por planta e número de folhas de planta submetidas a duas condições luminosas por um período de 150 dias. Os valores entre parênteses são os desvios padrões das médias.

Tratamento	**Comprimento (cm)**		**Biomassa Seca (g)**		**AFt (dm^2)**	**N.° de Folhas**
	PS	**PA**	**PS**	**PA**		
Luz Solar Direta	51,50 (4,91)	159,47 (18,62)	3,55a (1,19)	21,67a (4,15)	10,22b (4,59)	152,95a (48,18)
Sombra	50,04 (5,41)	171,77 (30,00)	1,61b (0,68)	13,85b (4,53)	17,30a (4,92)	91,10b (27,64)

Letras diferentes representam diferença significativa (P<0,05).

Tabela 3. Número de capítulos por planta, número de cipselas e razão entre os morfotipos centrais por periféricos em dez capítulos coletados aleatoriamente por planta, estas foram

submetidas a duas condições luminosas por um período de 150 dias. Os valores entre parênteses são os desvios padrões das médias.

Tratamento	N.° de Capítulos	N.° de Cipselas	Razão Morfotipos
Luz Solar Direta	362,00a (122,84)	15,15b (2,73)	1,56b (0,67)
Sombra	56,25b (21,41)	15,96a (4,32)	1,81a (0,34)

Letras diferentes representam diferença significativa (P<0,05).

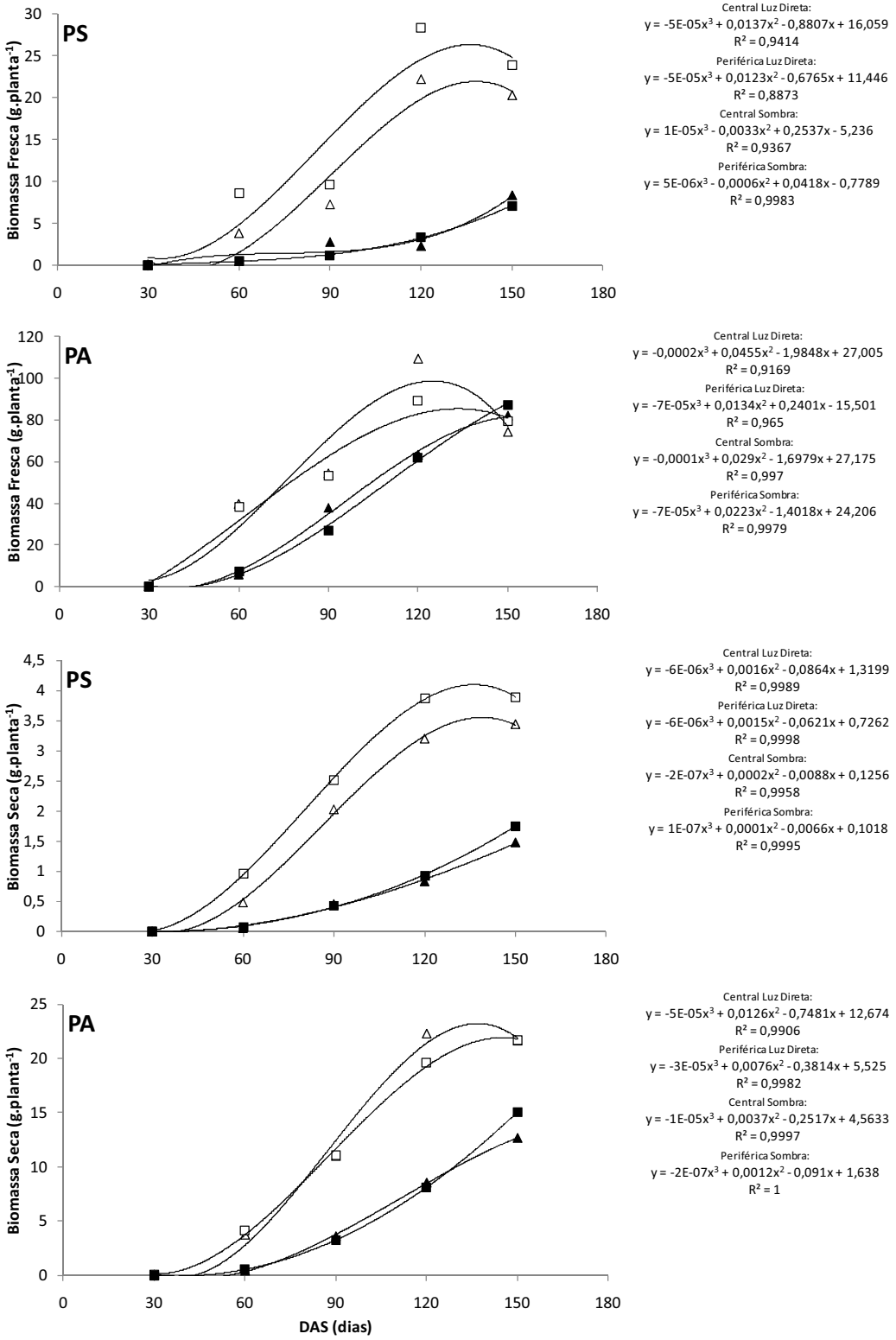

Figura 11. Biomassa fresca e seca das partes subterrâneas (PS) e partes aéreas (PA) pelo período após a semeadura (DAS). As plantas de *S. nodiflora* originadas de cipselas centrais (▲) e periféricas (■) foram submetidas à luz solar direta (símbolo vazado) e sombra (símbolo cheio).

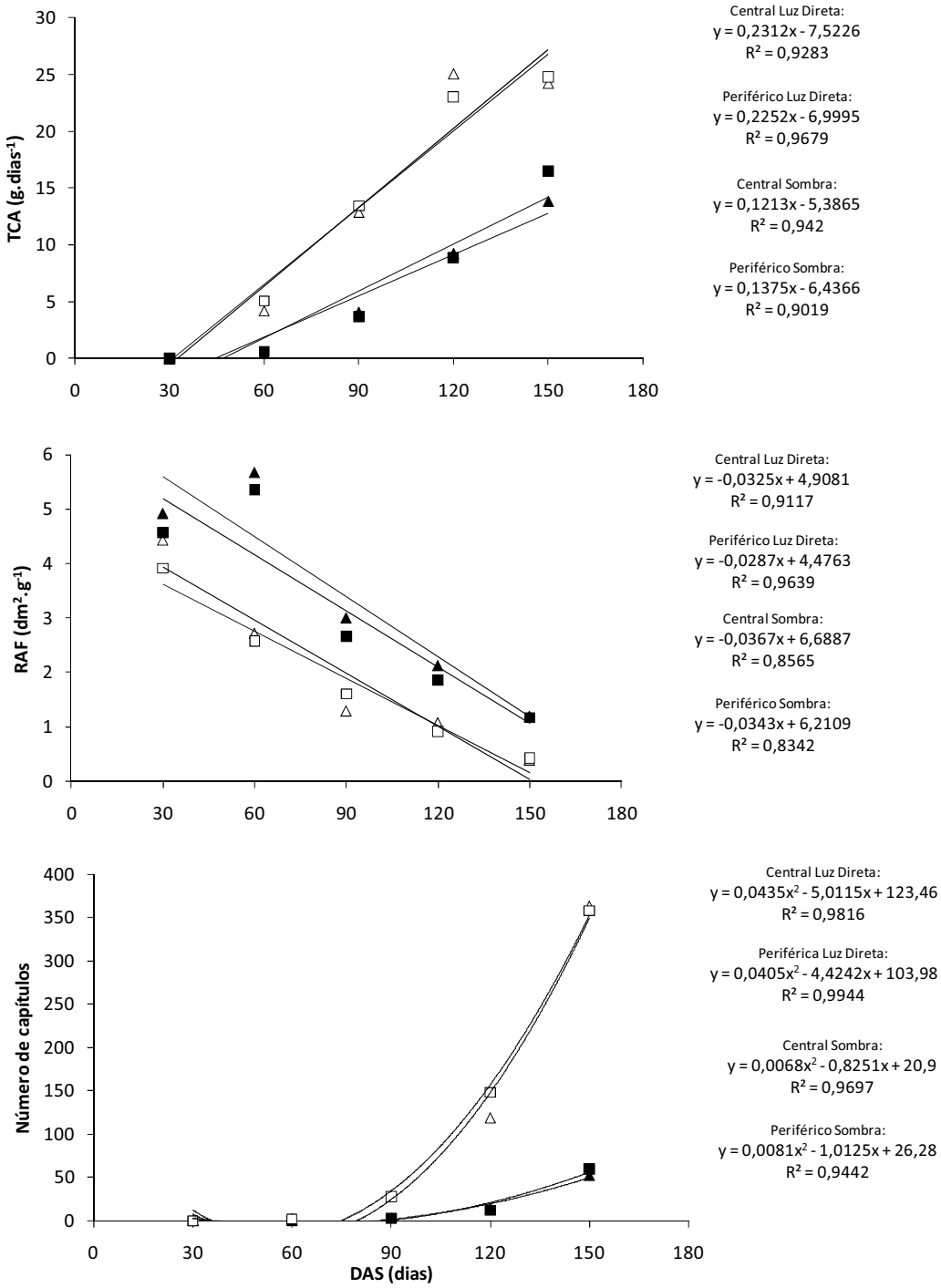

Figura 12. Variação da taxa de crescimento absoluto (TCA), razão de área foliar (RAF) e número de capítulos por planta ao longo dos dias após a semeadura. As plantas de *S. nodiflora* foram originadas de cipselas centrais (▲) e periféricas (■) e estas foram submetidas à luz solar direta (símbolo vazado) e sombra (símbolo preenchido) por um período de 150 dias.

DISCUSSÃO

A diferença morfológica entre os morfotipos é bem evidente, sendo o morfotipo central estruturado para realizar dispersão ectozoocórica, por apresentar pappus expostos o que favorece a fixação aos pelos de animais (ROCHA, 1996, BRÄNDEL, 2004, FENNER & THOMPSON, 2005). A disposição das cipselas é outro aspecto a ser levado em conta, pois quando maduro os pappi das cipselas centrais encontram-se expostos no capítulo, enquanto as cipselas periféricas ficam protegidas pelas brácteas. Em *Galinsoga parviflora* Cav. o morfotipo periférico encontra-se completamente envolto por uma bráctea oferecendo proteção e vantagem na dispersão (ESPINOSA-GARCÍA *et al.*, 2003). Outra característica que favorece o processo de dispersão é a biomassa reduzida, os diásporos mais leves serão carregados por maiores distâncias, o que favorece o morfotipo central (KIVINIEMI & TELENIUS, 1998). Contudo a maior biomassa das cipselas periféricas pode estar relacionada a uma maior quantidade de reservas que atuariam no desenvolvimento inicial da planta (MCEVOY, 1984, IMBERT, 1999). Chauhan e Johnson (2009) sugerem que a maior biomassa das cipselas periféricas estaria relacionada a uma maior reserva de carboidratos, entretanto essa característica pode ser devido à constituição do fruto. A presença de uma membrana que circunda o pericarpo, que varia em tamanho e forma entre populações (observação pessoal), está relacionada provavelmente a um processo de dispersão alternativo, e ela pode estar influenciando na diferença de biomassa (SORENSEN, 1978, BRÄNDEL, 2007). Isso ocorre devido à alocação diferenciada de recursos para determinadas estruturas do fruto ou embrião (Venable & Levin, 1985a).

A diferença na embebição entre os morfotipos pode estar relacionada a fatores internos de absorção de água ou a barreira imposta pelo tegumento. Essas características causam uma embebição diferenciada dos morfotipos o que promove uma diferença no processo de germinação como um todo (Wang *et al.*, 2008). O tegumento pode atuar como mecanismo de controle do fluxo hídrico, sendo impermeável, atuando na manutenção da dormência tegumentar, quando removido ou danificado há entrada de água e início da germinação (VENABLE & LEVIN, 1985, BASKIN & BASKIN, 2001, BRÄNDEL, 2007). Em *S. nodiflora* não há variação na embebição entre os morfotipos,

devido a duas características: ausência de barreira impermeável e potencial hídrico semelhante entre os morfotipos. A semelhança no processo inicial da germinação exclui a possibilidade de que uma variação na velocidade esteja relacionada com essa primeira etapa (BRADFORD, 1990).

A variação na germinabilidade entre os morfotipos de *S. nodiflora*, de modo geral, não ocorrem de forma evidente como em outras espécies de compostas (IMBERT, 2002). As porcentagens máximas de germinação entre os morfotipos foram similares e muitas vezes seguiram o mesmo padrão ao longo dos experimentos, principalmente quando foram mantidas sob luz branca contínua. A variação é evidente em termos de taxa de germinação, de modo geral, o morfotipo periférico levou mais tempo para germinar nas condições estabelecidas. A baixa diferença na germinabilidade se deve a ausência de mecanismos de dormência inata na espécie. A grande variação na germinabilidade dos morfotipos em espécies heteromórficas está relacionado a mecanismos de dormência que se apresentaram mais acentuados em um dos morfotipos. Isso ocorre devido à influência do tegumento (VENABLE & LEVIN, 1985), ou por inibidores fisiológicos (BRÄNDEL, 2004). O maior nível de dormência ocorre preferencialmente nos morfotipos periféricos (IMBERT, 2002). Em *S. nodiflora* a resposta entre os morfotipos aparentemente está relacionada à percepção dos sinais ambientais que irão induzir o processo de germinação de maneiras diferentes e promover uma diferença na velocidade.

A espécie germina em uma ampla faixa de temperaturas (10 a 40°C) apresentando a germinabilidade ótima numa faixa abrangente (25 a 30°C). Essa capacidade confere a espécie uma ampla gama de microambientes para o estabelecimento. A faixa de temperatura se mostrou semelhante entre os morfotipos indicando que ambos são favorecidos nas mesmas faixas de temperatura (CHAUHAN & JOHNSON, 2009). Uma população de *Heterosperma pinnatum* Cav. apresentou morfotipos com respostas diferentes às temperaturas constantes, centrais apresentaram uma ampla faixa de temperatura ótima quando comparada com as periféricas (VENABLE *et al.*, 1987). Sob temperatura alternada não foi observado aumento na germinabilidade em relação às temperaturas constantes, já que a flutuação térmica indicaria ao embrião a proximidade com a superfície (BASKIN & BASKIN, 2001)

Cipselas recém-coletadas de *S. nodiflora* apresentaram fotodormência, e desse modo dependem da incidência de luz branca para germinar. Depois de dispersas, as cipselas de *S. nodiflora* gradualmente perdem a fotodormência tornando-se fotoblásticas neutras (CHAUHAN & JOHNSON, 2009), isso se deve, possivelmente, a perda de algum inibidor volátil, como compostos fenólicos (FORSYTH & BROWN, 1982) ou pela produção de algum componente que favoreça a germinação, como produção de fitocromo A (CASAL & SÁNCHEZ, 1998). Contudo, mesmo entre as recém coletadas, foi encontrada a germinação no escuro, principalmente nas cipselas centrais, isso se deve a quantidade de Fve pré-existente no embrião suficiente para induzir a germinação, na ausência do estímulo luminoso. Quando fotoconvertidos para Fv por meio da maior quantidade de LVE a germinabilidade diminuiu. No escuro constante, sob temperaturas ótimas houve uma diferença na germinabilidade entre os morfotipos, sendo o central que apresenta maior germinabilidade no escuro. Contudo Marks & Akosim (1984) obtiveram resultados discrepantes nos quais em *S. nodiflora* o morfotipo periférico apresentou maior germinabilidade no escuro. Realizando experimentos com mesma espécie Ernst (1906) verificou que a cipsela central manteve a porcentagem máxima da germinação constante em todos os tratamentos luminosos, enquanto a periférica, à medida que a quantidade de luz diminuía, sofreu uma redução na germinabilidade. Em temperaturas mais elevadas as cipselas de *S. nodiflora* apresentaram um requerimento da luz branca mais pronunciado, apresentando baixos valores de germinabilidade no escuro, talvez devido a termoreversão no escuro do Fve em Fv que ocorre em algumas temperaturas altas assim como há a fotocorversão sob maior incidência de luz vermelho extremo (TAYLOR, 1968). Sob qualidades de luz diferentes, ambos os morfotipos apresentaram respostas semelhantes à redução na razão V:VE. A cipsela da espécie não germinaria em ambientes sombreados por vegetação, já que estas são responsáveis por filtrar a luz solar direta diminuindo a razão V:VE da luz incidente (BALLARÉ & CASAL, 2000). Essa idéia contradiz observações em campo já que esta é constantemente encontrada em locais sombreados (LEITÃO FILHO *et al.*. 1975, KISSMANN & GROTH, 1992, LORENZI, 2000). Provavelmente a germinação só ocorre em ambientes com maior disponibilidade de luz, ou por incidência de possíveis feixes que passam

pela copa das árvores, denominados *sunflecks*, esse estímulo luminoso seria suficiente para a resposta de fluência muito baixa (AMARAL & TAKAKI, 1998). Esperava-se que houvesse maior variação entre os morfotipos quando submetidos a qualidades de luz diferentes, pois Marks e Akosim (1984), trabalhando com *S. nodiflora*, mostraram que as respostas a luz filtrada por folhas verdes foram diferentes entre os morfotipos, sendo o central mais sensível. A sensibilidade a luz pode se alterar ao longo do tempo como em *Bidens odorata* Cav. na qual os morfotipos apresentaram taxas de germinação diferentes quando recém coletados, e após um período de armazenamento de um ano a taxa de germinação se igualou (CORKIDI *et al.*, 1991). Talvez a resposta a luz na espécie se deva a fatores que variem de acordo com o processo de desenvolvimento da semente ou até mesmo da própria planta-mãe como um todo (BORGHETTI, 1998, AARSSEN & BURTON, 1990). As condições ambientais impostas a plantas de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. quando submetidas a diferentes temperaturas geraram diásporos que responderam diferentemente as condições luminosas (DONOHUE *et al.*, 2008).

Espécies de plantas daninhas são muito sensíveis a baixa disponibilidade de água no solo. No potencial de água com valores inferiores, como -1 MPa, há uma redução muito acentuada na germinabilidade quando comparada com espécies cultivadas (BOYD & VAN ACKER, 2004). *S. nodiflora* se mostrou uma espécie muito depende da quantidade de água disponível no meio, o mesmo padrão foi observado por Chauhan e Johnson (2009) o qual não notou diferença entre os morfotipos centrais e periféricos. No presente trabalho foi observado que no escuro a germinabilidade das cipselas foram mais sensível a diminuição do potencial osmótico. Isso se deve provavelmente a relação entre o mecanismo de percepção luminoso com a quantidade de água presente no embrião, ou seja, a ação dos fitocromos depende da disponibilidade de água no interior dos embriões (HSIAO & VIDAVER, 1971). Essa diferença entre respostas germinativas entre as condições de luz e escuro também foi vista em *Avena fatua* L. (BOYD & VAN ACKER, 2004) assim como em *Jacaranda mimosifolia* D. Don (SOCOLOWSKI & TAKAKI, 2004) em ambos os casos o escuro constante promoveu uma baixa germinabilidade quando comparada as condições de luz ao longo do gradiente decrescente do potencial osmótico do meio. De modo inverso ocorre com outras espécies, ou

seja, sob luz branca as sementes mostram-se mais sensíveis a diminuição no potencial hídrico (PEREZ *et al.*, 2001). Ainda em *S. nodiflora* é possível perceber que a combinação desses dois fatores, escuro e diminuição da disponibilidade de água, afeta de modo diferente os morfotipos. O central é mais tolerante a baixa disponibilidade de água no escuro, já que apresenta uma redução na germinabilidade menos acentuada que o periférico. A soma desses dois fatores limitantes gerou respostas mais específicas dos morfotipos, como é possível perceber pelas diferenças nas germinabilidades. Em ambientes adversos a soma de fatores influindo sobre os morfotipos pode gerar uma diferença mais acentuada nas respostas fisiológicas (ZHANG, 1993).

No experimento de banco de sementes não foi encontrada nenhuma planta, ou seja, não houve estabelecimento das cipselas enterradas, isso já era esperado já a que a 4 cm de profundidade não há germinação da espécie (CHAUHAN & JOHNSON, 2009). As cipselas enterradas não germinaram por ausência de estimulo luminoso, quando colocadas sob luz branca houve o estímulo que iniciou a germinação. Como visto em laboratório, parte das cipselas são capazes de germinar no escuro, essa fração do lote quando enterradas germinariam nas primeiras semanas não sendo possível observá-las após um mês, por que as plantas já estariam mortas. Contudo as que permaneceram dormentes foram favorecidas quando colocadas em ambiente propício para a germinação (CARMONA & VILLAS-BOAS, 2001). As cipselas de *S. nodiflora* não apresentaram uma diferença significativa com relação ao efeito do período de soterramento, talvez as condições de avaliação do efeito ou ainda o curto período de teste não foi suficiente para promover uma diferença como visto em outras espécies (ESPINOSA-GARCÍA *et al.*, 2003, BRÄNDEL, 2004).

As plantas de *S. nodiflora* utilizadas no experimento estiveram submetidas a poucos fatores limitantes ao crescimento o que proporcionou um maior porte quando comparado as plantas encontradas em ambiente natural, as quais não passam dos 80 cm de altura (KISSMANN & GROTH, 1992). A longevidade da planta também foi superior principalmente quando a planta se encontrava em ambiente de sombra, sendo possível encontrar um prolongamento de ciclo de vida, chegando até aos 180 dias.

Não foi observado um estiolamento da planta na sombra, talvez devido a uma adaptação da própria espécie. Em vez disso, houve um maior desenvolvimento da superfície foliar, observado pela maior RAF e pela relação entre a área foliar total e o número de folhas. Essa espécie que tolera o ambiente sombreado o que proporciona um melhor desenvolvimento da mesma em relação a outras espécies (CHAUHAN & JOHNSON, 2009). Esperava-se que a condição de luz direta atuasse como fator estressante atuando na inibição do crescimento (LONG *et al.*, 1994), já que em condições naturais a espécie é raramente encontrada em ambientes abertos, contudo a frequencia em locais sombreados deve estar relacionado a uma maior umidade do solo.

Ao analisar o número de cipselas por capítulo houve uma diferença na quantidade, assim como uma maior produção de determinado morfotipo, com relação ao tratamento luminoso, isso ocorre devido a uma plasticidade da espécie (ROACH & WUFF, 1987, DIGGLE, 2002). Os sinais ambientais podem ser os principais desencadeadores de um mecanismo de alocação de recursos que estimulam à produção de um morfotipo específico, no caso de *S. nodiflora* a condição de sombra promove uma maior produção de cipselas centrais. Quando em condições mais propicias para o desenvolvimento vegetal, muitas outras espécies heteromórficas promovem uma maior produção de cipselas centrais (FLINT & PALMBLAD, 1978, RAI & TRIPATHI, 1987, VENABLE *et al.*, 1987, AARSSEN & BURTON, 1990, IMBERT & RONCE, 2001). A idade da planta também pode ser responsável pela diferença na alocação dos recursos (FENNER, 1991). Por exemplo, plantas de *Hypochoeris glabra* L., não produzem uma razão constante de cipselas centrais e periféricas por capítulo, houve uma variação de acordo com a idade da planta, e, quando sob maiores densidades de indivíduos, houve uma maior produção de cipselas centrais (BAKER & O'DOWD, 1982).

Os morfotipos apresentam uma clara diferença morfológica que está diretamente relacionada com os processos de dispersão. Contudo, devido a mecanismos de dormência semelhantes, a diferença fisiológica não foi tão perceptível. De modo geral, a resposta germinativa das cipselas de *S. nodiflora* seguiu o padrão encontrado em muitas espécies daninhas: germinação sob grande amplitude térmica, alta disponibilidade hídrica, presença de luz e

grande longevidade no banco de sementes. A variação na resposta dos morfotipos está relacionada com a percepção dos sinais. Captação do sinal luminoso difere entre os morfotipos, enquanto o central apresentou uma melhor germinabilidade no escuro, principalmente sob temperaturas ótimas, o periférico apresentou maior nível de fotodormência. A planta cresce rapidamente sob luz solar direta e apresenta grande tolerância a sombra sofrendo um atraso no crescimento. Na luz direta houve um maior acúmulo de biomassa seca que promoveu a maior produção de inflorescências, contudo na sombra cada capítulo apresentou uma maior quantidade de cipselas totais e uma maior quantidade de centrais em relação a periféricas. Essa plasticidade na quantidade de cipsela produzidas é uma estratégia importante para que haja uma maior probabilidade de estabelecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARSEN, L.W., BURTON, S.M. Maternal effects at four levels in *Senecio vulgaris* (*Asteraceae*) grown on a soil nutrient gradient. **American Journal of Botany**, v. 77, n. 9, p. 1231-1240. 1990.

ABAD, M.J., BERMEJO, P., CARRETERO, E., MARTINEZ-ACITORES, C., NOGUERA, B., VILLAR, A. Antiinflammatory activity of some medicinal plant extracts from Venezuela. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 55, n. 1, p. 63-68. 1996.

ALEXANDER, H.M.; WULFF, R. D. Experimental ecological genetics in plantago: X. The effects of maternal temperature on seed and seedling characters in *P. Lanceolata.* **Journal of Ecology**, v. 73, n. 1, p. 271-282. 1985.

AMARAL, A.; TAKAKI, M. Achene dimorphism in *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) as determined by germination tests. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 41, n. 1,p.11-16. 1998.

BALLARÉ, C.L.; CASAL, J.J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, v.67, n. 2, p. 149-160. 2000.

BANOVETZ, S.J.; SCHEINER S.M. The effects of seed mass on the seed ecology of *Coreopsis lanceolata*. **American Midland Naturalist**, v. 131, n. 1, p. 65-74, 1994.

BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C. Germination dimorphism in *Heterotheca subaxillaris* var. s*ubaxillaris*. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 103, n. 5, p. 201-206. 1976.

BASKIN, J.M.; BASKIN C.C. Seasonal changes in the germination responses of buried witchgrass (*Panicum capillare*) seeds, **Weed Science***, v.* 34, n.1, p. 22-24. 1986.

BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego, CA: Academic Press. 2001.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J.M. Achene germination ecology of the federally threatened floodplain endemic *Boltonia decurrens* (Asteraceae). **American Midland Naturalist**, v. 147, n. 1, p. 16-24. 2002.

BAKER, G.A.; O'DOWD, D.J. Effects of parent plant density on the production of achene types in the annual *Hypochoeris glabra*. **Journal of Ecology**, v. 70, n. 1, p. 201-215. 1982.

BORGHETTI, F. Effects of the maternal photoperiodic conditions of maturation on the fresh matter and germination of akenes of *Bidens sulphurea* Sch. Bip. **Ciência e Cultura**, v. 50, n.5, p. 385-340. 1998.

BOYD, N.; VAN ACKER, R. Seed germination of common weed species as affected by oxygen concentration, light, and osmotic potential. **Weed Science**, v. 52, n. 4, p. 589-596. 2004.

BRADFORD, K.J. A water relations analysis of seed germination rates. **Plant Physiology**, v. 94, n. 2, p. 840-849. 1990.

BRÄNDEL, M. Dormancy and germination of heteromorphic achenes of *Bidens frondosa*. **Flora**, v. 199, n. 3, p. 228-233. 2004.

BRÄNDEL, M. Ecology of achene dimorphism in *Leontodon saxatilis*. **Annals of Botany**, v. 100, n. 6, p. 1189-1197. 2007.

BRASIL. Regras de análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Brasília. 2009.

CARDOSO, V.J.M. Dormência: estabelecimento do processo. In. FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**.1.ed. Porto Alegre: Artmed. p. 95-108. 2004.

CARMONA, R.; VILLAS BOAS, H.D.C.. Dinâmica de sementes de *Bidens pilosa* no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.36, n.3, p. 457-463. 2001.

CASAL, J.J.; SÁNCHEZ, R.A. Phytochromes and seed germination. **Seed Science Research**, v. 8, n. 3, p. 317-329. 1998.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In. FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**.1.ed. Porto Alegre: Artmed. p. 51-68. 2004.

CHAUHAN B.S.; JOHNSON, D.E. Seed germination and seedling emergence of synedrella (*Synedrella nodiflora*) in a tropical environment. **Weed Science**, v. 57, n. 1, p. 36-42. 2009

CLAYTON, W. D. Secondary vegetation and the transition to savanna near Ibadan, Nigeria. **The Journal of Ecology**, v. 46, n. 2, p. 217-238. 1958.

CLAVIJO, E. R. The ecological significance of fruit heteromorphism in the amphicarpic species *Catananche lutea* (Asteraceae). **International Journal of Plant Sciences**, v. 156, n. 6, p. 824-833. 1995.

CLAVIJO, E.R. The role of dimorphic achenes in the biology of the annual weed *Leontodon longirrostris*. **Weed Research**, v. 41,n. 3, p. 275-286. 2001.

CLIFFORD, H.T. Seed dispersal by motor vehicles. **The Journal of Ecology**, v. 47, n. 2, p. 311-315. 1959.

COOK, R.E. The photoinductive control of seed weight in *Chenopodium rubrum*. American Journal of Botany, v. 62, n. 4, p. 427-431. 1975.

CORDAZZO, C.V.; VALERO-ARACAMA, C. Influência do dimorfismo de sementes de *Senecio crassiflorus* (Poir.)DC. (Asteraceae) na germinação e crescimento das plântulas. **Atlântica**, v.20, n. 1, p.121-130, 1998.

CORKIDI, L.; RINCON, E.; VAZQUEZ-YANES, C. Effect of light and temperature on germination of heteromorphic achenes of *Bidens odorata* (Asteraceae). **Canadian Journal of Botany**, v. 69, n. 3, p. 574-579. 1991.

CORLETT, R.T. The naturalized flora of Singapore. **Journal of Biogeography**, v. 15, n. 4, p. 657-663. 1988.

DIGGLE, P.K.. A developmental morphologist's perspective on plasticity. **Evolutionary Ecology**, v. 16, n. 3, p. 267-283. 2002.

DONOHUE, K.; HESCHEL. S.; BUTLER, C.M.; BARUA, D.; SHARROCK, R.; WHITELAM, G.C.; CHIANG, G.C.K. Diversification of phytochrome contributions to germination as a function of seed-maturation environment. **New Phytologyst**, v. 177, n. 2, p. 367-379. 2008.

ERNST, A. Das Keimen der dimorphen Früchte von *Synedrella nodiflora* (L.) Grtn. **Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft**, v. 24, p. 150-158, 1906.

ESPINOSA-GARCÍA, F.J.; VÁZQUEZ-BRAVO, R.; MARTÍNEZ-RAMOS M. Survival, germinability and fungal colonization of dimorphic achenes of the annual weed *Galinsoga parviflora* buried in the soil. **Weed Research**, v. 43, n. 4, p. 269-275. 2003.

FENNER, M. The effects of the parent environment on seed germinability. **Seed Science Research**, v. 1, n. 2, p. 75-84. 1991.

FENNER M.; THOMPSON, K. The ecology of seeds. Cambridge: Cambridge University Press. 250p. 2005.

FLINT, S.D.; PALMBLAD I.G. Germination dimorphism and developmental flexibility in the ruderal weed *Heterotheca grandiflora*. **Oecologia**, v. 36, n. 1, p. 33-43. 1978.

FORSYTH, C.; BROWN, N.A.C. Germination of the dimorphic fruits of *Bidens pilosa* L. **New Phytologist**, v. 90, n. 1, p.151-164. 1982.

HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic Press. 892p. 1977.

HSIAO, A.I.; VIDAVER, W. Phytochrome and water content in germination. **Plant Physiology**. v. 47, n. 2, p. 186-188. 1971.

IMBERT, E. The effects of achene dimorphism on the dispersal in time and space in *Crepis sancta* (Asteraceae). **Canadian Journal of Botany**, v. 77, n. 4, p. 508-513. 1999.

IMBERT, E. Ecological consequences and ontogeny of seed heteromorphism. **Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematics**, v. 5, n. 1, p. 13–36. 2002.

IMBERT, E.; ESCARRE J.; LEPART, J. Achene dimorphism and among-population variation in *Crepis sancta* (Asteraceae). **International Journal of Plant Sciences**, v. 157, v. 3, p. 309-315. 1996.

IMBERT, E.; RONCE, O. Phenotypic plasticity for dispersal ability in the seed heteromorphic *Crepis sancta* (Asteraceae). **Oikos**, v. 93, n. 1, p. 126-134. 2001

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf, 1992. v.2.

KIVINIEMI, K.; TELENIUS, A. Experiments on adhesive dispersal by wood mouse: seed shadows and dispersal distances of 13 plant species from cultivated areas in southern Sweden. **Ecography**, v. 21, n. 2, p. 108-116. 1998.

KRUK, B.; INSAUSTI, P.; RAZUL A.; BENECH-ARNOLD, R. Light and thermal environments as modified by a wheat crop: effects on weed seed germination **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 2, p. 227-236. 2006.

LABOURIAU, L.G. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* SM. I°. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 42, n. 2, p. 235-360. 1970.

LEITÃO FILHO, H.F.; ARANHA, C.; BACCHI, O. **Plantas invasoras de culturas no estado de São Paulo**. Editora Hucitec Ltda., São Paulo. 1975. v. 2.

LLOYD, D.G. Variation strategies of plants in heterogeneous environments. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 21, n. 4, p. 357-385. 1984.

LONG, S.P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 45, n. 1, p. 633-662. 1994.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestre, aquáticas, parasitas e tóxicas.** 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 608 p. 2000.

MANDÁK, B.; PYŠEK, P. How does seed heteromorphism influence the life history stages of *Atriplex sagittata* (Chenopodiaceae)? **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 200, n. 6, p. 516-526, 2005.

MARKS, M.K.; AKOSIM C. Achene dimorphism and germination in three composite weeds. **Tropical Agriculture**, v. 61, n. 1, p. 69-73. 1984.

MATILLA., A.; GALLARDO, M.; PUGA-HERMIDA, M. I.. Structural, physiological and molecular aspects of heterogeneity in seeds: a review. **Seed Science Research,** v. 15, n. 2, p. 63-76, 2005.

MCEVOY, P.B. Dormancy and dispersal in dimorphic achenes of tansy ragwort, *Senecio jacobea* L. (Compositae). **Oecologia**,v. 61, n. 2, p. 160-168. 1984.

MILEO, L.J., SILVA, J.F., BENTES, J.L.S.; Christoffoleti, P.J. Christoffoleti, P.J. Plantas daninhas hospedeiras alternativas de *Colletotrichum guaranicola* em cultivos de guaraná no Estado do Amazonas. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p.771-782. 2007.

PEREZ, S.C.J.G.A; FANTI, S.C.; CASALI, C. A. Temperature limit and thermal stress on the germination of canafístula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert). **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.134-142, 1998.

PEREZ, S.C.J.G.A, FANTI, S.C., CASALI, C.A. Influência da luz na germinação de sementes de canafístula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 155-166. 2001.

PRINZIE, T.P.; CHMIELEWSKI, J.G. Significance of achene characteristics and within-achene resource allocation in the germination strategy of tetraploid *Aster pilosus* var. *pilosus* (Asteraceae)**. American Journal of Botany**, v. 81, n. 3, p. 259-264. 1994.

RAI, J.P.N.; TRIPATHI, R.S. Germination and plant survival and growth of *Galinsoga parviflora* Cav. as related to food and energy content of its ray- and disc-achenes. **Acta Oecologia**, v. 8, n. 2, p. 155-165. 1987.

ROACH, D.A.; WULFF, R.D. Maternal effects in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, n. 1, p. 209-235. 1987.

ROCHA, O. J. The effects of achene heteromorphism on the dispersal capacity of *Bidens pilosa* L. **International Journal of Plant Sciences**, v. 157, n. 3, p. 316-322. 1996.

SCHAAL, B.A. Reproductive capacity and seed size in *Lupinus texensis*. **American Journal of Botany**, v.67, n. 5, p. 703-709, 1980.

SHMIDA, A. Why do some compositae have an inconsistently deciduous pappus? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 72, n. 2, p. 184-186. 1985.

SIMÃO, E.; NAKAMURA A.T.; TAKAKI M. Use of insulfilm® like plastic filter to simulate canopy filtered light for germination tests. **Naturalia**, v.31, n. 1, p. 28-33. 2008.

SMITH, H. Physiological and ecological function within the phytochrome family. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 46, n. 1, p. 289-315. 1995.

SOCOLOWSKI, F.; TAKAKI, M. Germination of *Jacaranda mimosifolia* (D. Don - Bignoniaceae) seeds: effects of light, temperature and water stress. **Brazilian archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 5, p. 785-792. 2004 .

SORENSEN, A.E. Somatic polymorphism and seed dispersal. **Nature**, v. 276, n. 2, p. 174-176. 1978.

STAMP, N.E. Production and effect of seed size in a grassland annual (*Erodium brachycarpum*, Geraniaceae). **American Journal of Botany**. v. 77, n. 7, p. 874-882. 1990.

SUN, H.Z.; LU, J.J.; TAN, D.Y.; BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C. Dormancy and germination characteristics of the trimorphic achenes of *Garhadiolus papposus* (Asteraceae), an annual ephemeral from the Junggar Desert, China. **South African Journal of Botany**, v. 75, n. 3, p. 537-545. 2009.

TANOWITZ, B. D.; SALOPEK, P.F.; MAHALL, B.E. Differential Germination of ray and disc achenes in *Hemizonia increscens* (Asteraceae). **American Journal of Botany**, v.74, n. 3, p.303-312, 1987.

TAYLOR, A.O. In vitro phytochrome dark reversion process. **Plant Physiology**, v. 43, n. 5, p. 767-774. 1968.

TRIPATHI, R.S.; KHAN, M.L. Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet hill forest. **Oikos**, v. 57,n. 3, p. 289-296. 1990.

TWENEY, J.; MOGIE, M. The relationship between achene weight, embryo weight and germination in *Taraxacum* apomicts. **Annals of Botany**, v. 83, n. 1, p. 45-50.1999.

UNGAR, I.A. Seed dimorphism in *Salicornia europaea* L. **Botanical Gazette**, v. 140, n. 4, p. 102-108. 1979.

VAN MÖLKEN T; JORRITSMA-WIENK L.D.; VAN HOEK, P.H.W.; KROON H. Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis* (Asteraceae). **American Journal of Botany**, v. 92, n. 3, p. 432-437, 2005.

VENABLE, D.L. The evolutionary ecology of seed heteromorphism. ***American Naturalist*,** v. 126, n. 5, p. 577-595. 1985.

VENABLE, D.L. Ecology of achene dimorphism in Heterotheca latifolia: III. Consequences of varied water availability. **Journal of Ecology**, v. 73, n. 3, p. 757-763. 1985.

VENABLE, D.L.; BURQUEZ, A.M.; CORRAL, G.; MORALES. E.; ESPINOSA, F. The ecology of seed heteromorphism on *Heterosperma pinnatum* in Central Mexico. **Ecology**, v. 68, n. 1, p. 65-76. 1987.

VENABLE, D.L.; LEVIN, D.A. Ecology of achene dimorphism in *Heterotheca latifolia*: I. Achene structure, germination and dispersal. **The Journal of Ecology***,* v. 73, n. 1, p. 133-145, 1985.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E.L. Tabela do potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 26, n. (11/12), p. 1957-1968, 1991.

WANG, L.; HUANG, Z.; BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M.; DONG, M. Germination of dimorphic seeds of the desert annual halophyte Suaeda aralocaspica (Chenopodiaceae), a C4 Plant without Kranz Anatomy. **Annals of Botany**, v 102, n. 5, p. 757-769. 2008.

WULFF, R.D. Seed size variation in *Desmodium paniculatum*: II. Effects on seedling growth and physiological performance. **The Journal of Ecology**, v. 74, n. 1, p. 99-114. 1986.

YOUNG, J.A; CLEMENTS, C.D.; PITCAIRN, M.J.; BALCIUNAS, J.; ENLOE, S.; TURNER, C.; HARMON, D. Germination-temperature profiles for achenes of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*). **Weed Technology**, v. 19, n. 4, p. 815-823. 2005.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. Upper Saddle River, New Jersey, USA:Prentice Hall. 1999.

ZHANG, J. Seed dimorphism in relation to germination and growth of *Cakile edentula*. **Canadian Journal of Botany**, v. 71, n. 9, p. 1231-1235. 1993.