Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Produção de alface na região mesoclimática de Santa Maria, RS

Valdir Francisco Schafer

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Valdir Francisco Schafer
Licenciado em Técnica Agropecuária

Produção de alface na região mesoclimática de Santa Maria, RS

Orientador:
Prof. Dr. **PAULO AUGUSTO MANFRON**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Schafer, Valdir Francisco
Produção de alface na região mesoclimática de Santa Maria, RS / Valdir Francisco Schafer. - - Piracicaba, 2009.
67p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Alface 2. Ambiente protegido (Plantas) 3. Ecofisiologia vegetal 4. Estufas 5. Produção vegetal I. Título

CDD 635.52
S296p

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, Angelo e Luiza (*in memoriam*) pela educação que me foi dada, e firmeza de caráter,

À minha esposa Eneida, pelo estímulo, dedicação e desprendimento,

Aos meus filhos, Giovani, Alessandra e Cristiano, pela seriedade e escolhas perante a vida,

Ao meu genro Emilson, pela grandeza e camaradagem, e

Aos meus irmãos, Valdomiro (*in memoriam*), Olimpia, Noelir, Jacira, Algacir, Mirtes e Beloni, pelas alegrias que me proporcionam,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

1. à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, que por intermédio do programa de Pós-graduação em Fitotecnia, e à Escola Agrotécnica Federal de Sertão (EAFS), por terem proporcionado um excelente curso em nível de Mestrado;

2. a todos os docentes que fizeram parte do Curso. Em destaque, aos professores Paulo Augusto Manfron (meu orientador) e Durval Dourado Neto, pelo ensino competente e desprendido;

3. aos colegas e amigos, pelo apoio solícito em todos os momentos; e

4. aos alunos Darlan, Renato e Wilens, do Curso de Tecnologia em Agronegócio, pela colaboração na execução dos experimentos e na coleta de dados.

SUMÁRIO

RESUMO 9

ABSTRACT 11

LISTA DE FIGURAS 13

LISTA DE TABELAS 15

1 INTRODUÇÃO 17

2 REVISÃO bibliográfica.....19

2.1 Produção de alface 21

2.1.1 Ecofisiologia da cultura de alface.....22

2.1.2 Condições térmicas.....25

2.1.3 Luz 26

2.2 Necessidades Térmicas 27

2.3 Ambientes protegidos 29

3 MATERIAL E MÉTODOS 33

3.1 Localização 33

3.2 Dados gerais referentes ao experimento 33

3.3 Tratamentos empregados no experimento 34

3.4 Necessidades térmicas 34

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....37

4.1 Datas de semeadura, transplante e colheita 37

4.2 Temperatura 37

4.3 Massa de matéria seca da parte aérea de alface e duração do ciclo.....39

4.4 Distribuição de matéria seca 52

4.5 Considerações finais 59

5 CONCLUSÕES 61

REFERÊNCIAS 63

RESUMO

Produção de alface na região mesoclimática de Santa Maria, RS

Com os objetivos de (i) caracterizar o acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea do desenvolvimento relativo em dois ambientes de cultivo (casa-de-vegetação e campo); e (ii) quantificar a massa de matéria seca relativa de folha nos dois ambientes de cultivo, foram conduzidos sete experimentos no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, (latitude: 29º42' Sul, longitude: 53º42' Oeste, altitude: 95 m), com a cultura de alface, variedade cultivada Regina, nos dois ambientes de cultivo, em cinco épocas (primavera [1 experimento], verão [3], verão/outono [1], outono [1] e inverno [1]). Em função do critério utilizado (valor mínimo de massa de matéria verde de referência da parte comercializável para se proceder a colheita foi 200 g por planta), houve diferença de duração do ciclo (número de dias entre o transplante e a colheita) nos dois ambientes de cultivo (casa-de-vegetação e campo), pois o acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea ($g.planta^{-1}$) foi igual em todas as épocas de cultivo, mas a duração do ciclo foi sempre inferior na casa-de-vegetação. Em função dos resultados obtidos, pode-se concluir que: (i) as curvas de caracterização do acúmulo de massa de matéria seca (Ms) da parte aérea em função do desenvolvimento relativo (Dr) da cultura de alface foram estatisticamente utilizáveis para todas as estações estudadas em casa-de-vegetação e campo; e (ii) o órgão com maior produção de massa de matéria seca foi a folha. O percentual da matéria seca produzida destinada às folhas ficou entre 73,5% e 93,5% para casa-de-vegetação e entre 56,8 e 91,5% para o campo.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; Estufa plástica; Produção a campo

ABSTRACT

Lettuce production in the mesoclimatic region of Santa Maria, State of Rio Grande do Sul, Brazil

With the purposes of (i) characterizing the accumulation of dry mass according to the relative development in two environments of cultivation (plastic greenhouse and field); and (ii) quantifying the relative leaf dry mass in these environments, seven experiments were carried out at Crop Science Department of the Federal University of Santa Maria, State of Rio Grande do Sul, (latitude: 29º42' South, longitude: 53º42' West, altitude: 95 meters), with the lettuce crop, cultivar 'Regina', in five seasons (spring [1 experiment], summer [3], summer/autumn [1], autumn [1] and winter [1]). According to the used criterion (minimum value of the reference fresh mass of the marketable part to make the harvest was 200 g per plant), there was difference in cycle duration (number of days between the transplanting and harvesting) in two environments (plastic greenhouse and field), because the dry matter accumulation ($g.plant^{-1}$) was equal in all seasons, but the cycle duration was always lower in plastic greenhouse. According to the results, we can conclude that: (i) the dry matter accumulation characterizing curves, as function of the relative development of lettuce crop, were statistically usable for all studied seasons for greenhouse and field; and (ii) the organ with higher dry matter production was the leaf. The percentage of leaf dry matter was between 73.5% and 93.5% for plastic greenhouse, and between 56.8 and 91.5% for the field.

Keywords: *Lactuca sativa*; Plastic greenhouse; Field production

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação diária (j - dia juliano) da temperatura (T, ^{o}C) máxima (Tmax, ^{o}C) e mínima (Tmin, ^{o}C) do ar nas diferentes estações de cultivo em casa-de-vegetação (A. Verão 1, Tmax; B. Verão 3, Tmax; C. Outono, Tmax; D. Primavera, Tmax; E. Verão 1, Tmin; F. Verão 3, Tmin; G. Outono, Tmin; H. Primavera, Tmin; I. Verão 2, Tmax; J. Verão/Outono, Tmax; K. Inverno, Tmax; L. Verão 2, Tmin; M. Verão/Outono, Tmin; N. Inverno, Tmin). Santa Maria, RS. 1999/2000 38

Figura 2 - Variação diária (j - dia juliano) da temperatura (T, ^{o}C) máxima (Tmax, ^{o}C) e mínima (Tmin, ^{o}C) do ar nas diferentes estações de cultivo em campo (A. Verão 1, Tmax; B. Verão 3, Tmax; C. Inverno, Tmax; D. Verão 1, Tmin; E. Verão/Outono, Tmax; F. Inverno, Tmin; G. Verão 2, Tmax; H. Verão/Outono, Tmin; I. Primavera, Tmax; J. Verão 2, Tmin; K. Outono, Tmax; L. Primavera, Tmin; M. Verão 3, Tmax; N. Outono, Tmin). Santa Maria, RS. 1999/2000 38

Figura 3 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de verão em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000 42

Figura 4 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de verão/outono em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv). Santa Maria, RS. 1999/2000 44

Figura 5 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de outono em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000 46

Figura 6 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de inverno em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000 48

Figura 7 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de primavera em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000 50

Figura 8 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %F, Ca; C. %C, Cv; D. %R, Cv; E. %C, Ca; F. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD,

°C.dia) no cultivo de verão em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule e %R: massa de matéria seca relativa de restos). Santa Maria, RS. 1999/2000 54

Figura 9 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %F, Ca; C. %C, Cv; D. %R, Cv; E. %C, Ca; F. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD, °C.dia) no cultivo de verão/outono em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule e %R: massa de matéria seca relativa de restos). Santa Maria, RS. 1999/2000 54

Figura 10 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %R, Cv; C. %Fs, Cv; D. %F, Ca; E. %C, Ca; F. %Fs, Ca; G. %C, Cv; H. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD, °C.dia) no cultivo de outono em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule; %R: massa de matéria seca relativa de restos e %Fs: massa de matéria seca relativa de folha senescente). Santa Maria, RS. 1999/2000 55

Figura 11 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %R, Cv; C. %Fs, Cv; D. %F, Ca; E. %C, Ca; F. %Fs, Ca; G. %C, Cv; H. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD, °C.dia) no cultivo de inverno em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule; %R: massa de matéria seca relativa de restos e %Fs: massa de matéria seca relativa de folha senescente). Santa Maria, RS. 1999/2000 58

Figura 12 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %F, Ca; C. %C, Cv; D. %R, Cv; E. %C, Ca; F. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD, °C.dia) no cultivo de primavera em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule e %R: massa de matéria seca relativa de restos). Santa Maria, RS. 1999/2000 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Datas da semeadura, do transplante e da colheita da alface nos experimentos em diferentes épocas do ano, em casa-de-vegetação e em campo, em Santa Maria, RS. 1999/2000 37

Tabela 2 - Acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (Ms, g.planta^{-1}), e número de dias entre o transplante e a colheita (N, dias) nas diferentes épocas de cultivo em casa-de-vegetação e em campo, em Santa Maria, RS. 1999/2000 39

Tabela 3 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de verão em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000 43

Tabela 4 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de verão/outono em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000 45

Tabela 5 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de outono em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000 47

Tabela 6 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de inverno em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000 49

Tabela 7 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de primavera em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000 51

1 INTRODUÇÃO

Entre as hortaliças folhosas a cultura da alface é uma das mais consumidas em nível de Brasil. Sua importância econômica é considerável visto a dependência de vários empresários rurais tem da sua exploração econômica.

O seu cultivo ao longo do ano passa por dois períodos com condições meteorológicas pouco favoráveis. O primeiro ocorre nos meses de inverno, devido às baixas temperaturas (inferiores a 10°C) e precipitações pluviométricas prolongadas que retardam o crescimento e danificam as plantas. O segundo período desfavorável ocorre no verão, provocado pelas elevadas temperaturas do ar (acima de 20°C) e pela elevada intensidade da radiação solar, que favorecem, sobretudo, o pendoamento precoce das plantas. Na região de Santa Maria, a ocorrência das temperaturas mínimas prejudiciais é mais freqüente durante o inverno mas pode ocorrer também no final do outono e no início da primavera (ESTEFANEL et al., 1978).

As temperaturas do ar mais favoráveis ao crescimento e produção de plantas de alface de boa qualidade situam-se entre 15 e 24°C, sendo a mínima de 7°C (KNOTT, 1962). No Brasil, Brunini et al. (1976) determinaram a temperatura basal de crescimento da alface variedade cultivada White Boston, sendo de 6°C para o período entre o início da germinação e o transplante e de 10°C para o período entre o transplante e a colheita.

Uma das alternativas atualmente existente para minimizar o efeito negativo das baixas temperaturas no período de inverno, consiste na proteção ambiental com túneis ou casas-de-vegetação cobertas com filmes de polietileno. Essa técnica vem se expandindo rapidamente no Sul do Brasil. Pesquisas realizadas em Santa Maria mostram que os túneis e as casas-de-vegetação propiciam um ganho térmico tanto nas temperaturas do ar como do solo (BURIOL et al., 1993a, 1993b; SCHNEIDER et al., 1993). O cultivo da alface nesses ambientes surge, portanto, como uma das alternativas para obter maior regularidade na sua produção no Sul do País.

Torna-se importante conhecer qual a dinâmica do crescimento e desenvolvimento da cultura, visto que são vários os fatores podem interferir nos mesmos, entre eles destacamos os elementos meteorológicos. Sabe-se que os vegetais respondem ao fotoperíodo ou a temperatura do ar, ou aos dois, com relação ao crescimento e ao desenvolvimento e que estes podem isoladamente ou em conjunto atuar sobre os mesmos.

Quando se fala em temperatura do ar, pode-se associar a soma térmica,graus dia ou unidades térmicas ao desenvolvimento das culturas, buscando-se relações que exprimam o desenvolvimento da cultura, no caso a alface.

Os objetivos deste trabalho, conduzido com a cultura de alface em dois ambientes de cultivo (casa-de-vegetação e campo), foram: (i) caracterizar o acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea em função do desenvolvimento relativo em casa-de-vegetação e em campo; e (ii) quantificar a massa de matéria seca relativa de folha nos dois ambientes de cultivo (casa-de-vegetação e campo).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A alface (*Lactuca sativa* L.) é planta folhosa da família *Compositae*, consumida *in natura*. O estudo da fisiologia do seu ciclo de desenvolvimento compreende as fases vegetativa e reprodutiva, influenciadas pelos fatores climáticos. Na fase vegetativa, a planta desenvolve caule curto (10 a 15 cm de comprimento), ao redor do qual nascem as folhas, formando-se uma roseta; essa fase encerra-se quando a cabeça está completamente desenvolvida. Na seqüência, inicia-se a fase reprodutiva, na qual o caule sofre alongamento e se ramifica: cada ramificação forma uma inflorescência.

Bensink (1958, 1971) *apud* Wien (1997), estudando a morfologia da cabeça da alface amanteigada, apontou que a forma da folha é bastante influenciada pelas condições ambientais nas quais a planta cresce: sob níveis de luz altos suas formas tornam-se progressivamente largas, com reduzida razão comprimento/largura, enquanto sob pouca luz as folhas tendem a ser longas e estreitas. Jie e Kong (1998) observaram em experimentos realizados com cultura de alface em ambiente com temperaturas variando entre 25 e 39ºC, que a máxima taxa fotossintética desta cultura ocorreu com irradiância em torno de 240 $W.m^{-2}$.

A alface, como todos os vegetais, não possui mecanismos termo-reguladores, ou seja, é incapaz de manter a temperatura intracelular constante. No entanto, tem maior amplitude de suporte em relação à energia do meio, ainda que susceptível a valores mínimos e máximos. Às condições estressantes impostas por altas ou baixas temperaturas, a alface tem diferentes respostas. Em regiões quentes, ou em época de verão, se a alface é exposta a temperaturas elevadas durante o crescimento vegetativo, ela passa rapidamente para a fase reprodutiva, ocorrendo o estiolamento (alongamento do caule) e, posteriormente, o surgimento da inflorescência, o que desvaloriza a produção comercial ao promover colheitas antecipadas e de qualidade inferior. De um modo geral, em altas temperaturas, as respostas mais comuns ao estresse são: mudança no ângulo das folhas para diminuir a absorção e aumentar a reflexão de radiação; redução na área das folhas, com alongamento e estreitamento delas; queda das folhas.

Segundo Lorenz e Maynard *apud* Wien (1997), a faixa ideal de temperaturas para o crescimento da alface deve ser de 7 a 24ºC (média de 18ºC). Para Sganzerla (1997), as temperaturas ótimas para a alface dependem do estágio de desenvolvimento da cultura: na germinação 15 a 20ºC e no desenvolvimento 14 a 18ºC durante o dia e 5 a 20ºC durante a noite,

devendo estes valores de temperatura estarem conjugados com umidade relativa do ar entre 60 e 70%.

Panduro (1986), bloqueando 55% da radiação global, constatou que a alface transplantada teve um rendimento de 24,9% maior que a alface de semeadura direta. Estudando sistemas de produção direta e transplantada, para verificar a influência de diferentes intensidades de energia radiante (100%, 60% e 45%) sobre o desenvolvimento e a produção de variedades cultivadas de alface, concluiu que, quanto ao florescimento, as plantas de alface cultivadas sob telados de 60% e 45% de radiação luminosa retardaram em até 30 dias o início do florescimento, em relação às plantas cultivadas com 100% de luz.

Segundo Wang (1960), os estudos das interações clima-planta foram iniciados por Reáumur em 1735, sendo este considerado o precursor do sistema de unidades térmicas ou graus-dia, comumente utilizado para estimar a duração dos estádios de desenvolvimento de vegetais e para escolher a época de semeadura.

As relações entre as variáveis meteorológicas e a produção agrícola são complexas, pois podem afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas sob diferentes formas nas diversas fases do ciclo da cultura. Assim, modelos agrometeorológicos relacionados com o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas em diferentes ambientes agrícolas nos proporcionam tomar decisões importantes. Assim, quando utilizada coerentemente, torna-se uma ferramenta importante para técnicos e produtores no planejamento e na avaliação da atividade agrícola (CARON et al., 2007).

A alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, sendo fonte de sais minerais, além de se destacar por seu elevado teor de vitamina A. É uma cultura de clima ameno, pois, se adapta melhor em cultivos de inverno por obtenção de maiores produções (DELISTOIANOV, 1997). A alface, por ocupar pouco espaço, atinge o ponto de comercialização mais rápido proporcionando vantajoso retorno financeiro, tornando-se uma cultura que vem ganhando, cada vez mais, espaço na produção hidropônica (ZITO et al., 1994).

Nos últimos anos, tem-se observado no mercado de sementes de alface número crescente de variedades cultivadas, sendo algumas delas adaptadas ao cultivo protegido. Para outras, há ausência de informações.

No banco de germoplasma do IAC, existem duas variedades cultivadas denominadas Bariri (provenientes do município paulista de mesmo nome) e Verdinha (origem indeterminada), as quais vêm se destacando, quanto ao potencial para o comércio.

A variedade cultivada Mariane, da Empresa Horticeres, é uma das mais cultivadas na região de Campinas em períodos de temperatura amena. Tais variedades cultivadas mostram bom desempenho quanto à produtividade e qualidade quando cultivadas a céu aberto, no campo, porém não se conhece seu potencial para cultivo sob casa-de-vegetação plástica.

2.1 Produção de alface

A cultura da alface é uma planta anual pertencente a antiga família das compostas, hoje denominada *Asteraceae* de nome botânico *Lactuca sativa* L. Suas raízes pivotantes atingem até 60 cm de profundidade e as raízes laterais se desenvolvem nos primeiros 30 cm de solo. As folhas tenras e dispostas alternadamente, ficam separadas umas das outras nas primeiras fases do desenvolvimento. A haste floral, formada quando a planta esta madura é terminada por uma inflorescência ramificada com numerosas flores hermafroditas, normalmente autofecundas (CERMENO, 1979; FILGUEIRA, 1981). Para Cermeno (1979), o desenvolvimento vegetativo da alface pode ser dividido em três fases distintas: a de crescimento lento (de recuperação após o transplante para o local definitivo), a de crescimento rápido e a de formação de cabeça.

De acordo com Cunha (1997), a alface é uma excelente fonte de vitamina A, possuindo também as vitaminas B1, B2, C e os minerais cálcio e ferro. Em valores médios, cem gramas de folhas de alface contem 95% de água, 1,2 g de proteínas, 2,3 g de hidratos de carbono, 38 mg de cálcio, 1,1 mg de ferro e 42 mg de fósforo. Contém ainda, 4.259 UI de vitamina A; 15 μg de tiamina, 125 μg de riboflavina e 0,23 mg de niacina do complexo B e 0,9 mg de ácido ascórbico (FILGUEIRA, 1981).

Fernandes e Martines (1999) ressaltam que o volume de produção da alface depende das condições climáticas de cada região. As temperaturas do ar inferiores a 10°C, durante o inverno, retardam o crescimento das plantas, enquanto temperaturas superiores a 20°C, associadas a intensa radiação solar, aceleram o ciclo da cultura, favorecendo o pendoamento precoce das plantas, o acúmulo de látex e a queima dos bordos das folhas.

A cultura é considerada hortaliça de inverno, existindo variedades cultivadas adaptadas as outras estações do ano, onde as temperaturas ótimas de crescimento encontram-se na faixa de

15°C a 20°C, sendo que as temperaturas noturnas inferiores a 15°C são importantes durante o estádio de formação de cabeça (REISSER JÚNIOR, 1991).

A cultura da alface se desenvolve melhor em solos de textura média, francos, leves, com boa drenagem e altos teores de matéria orgânica. Para Filgueira (1981), o pH deve estar situado entre 6,0 a 6,8, sendo que solos alcalinos podem determinar clorose nas folhas e desequilíbrios fisiológicos. Segundo Cermeno (1979), as plantas de alface cultivadas em casa-de-vegetação podem sofrer desequilíbrios vegetativos provocados pela excessiva concentração de sais no solo em virtude da aplicação de doses elevadas de adubos. Estes desequilíbrios evidenciam-se muitas vezes pela necrose das margens das folhas, pelo apodrecimento da folhagem e atrasos no crescimento. A planta de alface prefere solos neutros com pH variando de 6,7 até 7,4.

A alface floresce sob dias longos e temperaturas elevadas. Dias curtos e temperaturas amenas favorecem a etapa vegetativa do ciclo. A planta resiste a baixas temperaturas e geadas leves. A etapa reprodutiva, que se inicia com o pendoamento sendo favorecida por dias longos e temperaturas elevadas (FILGUEIRA, 2000).

2.1.1 Ecofisiologia da cultura de alface

Para que os locais em que os vegetais são cultivados atendam às suas demandas ambientais, e para o seu desenvolvimento nas diferentes épocas do ano, é necessário saber as atividades e a forma como extraem e usam os recursos do meio. De acordo com Felippe (1986), o desenvolvimento de uma planta caracteriza-se pelo crescimento e pelas mudanças de forma no corpo, os quais ocorrem por meio de padrões sucessivos de diferenciação e morfogênese. O crescimento é caracterizado mediante aumento em tamanho, peso ou volume, isto é, mudanças quantitativas durante a vida da planta. A diferenciação refere-se a todas as mudanças qualitativas que aparecem entre células, tecidos e órgãos durante o crescimento. A morfogênese é a produção e evolução das formas e o arranjo das estruturas dos organismos vegetais. Agentes ambientais, tais como, água, minerais, temperatura, luz e CO_2, condicionam o potencial de crescimento das plantas: alguns são imprescindíveis, outros uma ameaça.

Quanto ao desenvolvimento vegetativo das plantas, ele se realiza respondendo aos ambientes aéreo e subterrâneo. O desenvolvimento ótimo dos vegetais ocorre dentro de determinadas faixas dos agentes ambientais, intrinsecamente relacionados aos processos de fotossíntese e respiração, ambos responsáveis pela transformação de energia luminosa em energia química e pela produção de compostos orgânicos. As exigências nutricionais e hídricas das

culturas vegetais podem ser atendidas através de adubações e de irrigações, em cultivos no solo ou através da solução nutritiva no caso de cultivos hidropônicos. Em termos de exigências físico-ambientais de temperatura e radiação, os vegetais de interesse comercial comportam-se de acordo com a sazonalidade climática. Todos os fatores citados que condicionam o comportamento dos vegetais devem ser considerados por usuários de casas-de-vegetação (TIBIRIÇÁ; BRITO; BAETA, 2004).

Do mesmo modo que as reações bioquímicas caracterizadoras do metabolismo da planta estão ligadas aos seus estágios de desenvolvimento, também as reações químicas precisam ser completadas para concluir os estágios. Comparando-se um meio de baixa com um de alta energia radiante na horizontal (caso de verão), neste ocorre aceleração dos processos bioquímicos e antecipação na complementação dos estágios de desenvolvimento das plantas (TIBIRIÇÁ; BRITO, BAETA, 2004), ou seja, o ciclo de desenvolvimento da planta está condicionado à energia do meio, desde que outras condições de otimização sejam atendidas, tais como, a umidade e o teor de nutrientes no solo.

A radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, vento e precipitação pluvial são importantes agentes ambientais a considerar no verão para produzir vegetais de interesse comercial. Um exemplo é a proteção ao impacto das chuvas e de granizo, principalmente das olerícolas.

Especificamente, quanto à radiação solar e a fotossíntese, o desempenho dos vegetais se diferencia na faixa do espectro da radiação fotossinteticamente ativa de 400 a 700 nm. Na realidade, em várias plantas a fotossíntese chega à saturação com valores bem abaixo da radiação que ocorre durante o dia; nesse caso, a fotossíntese é limitada pela concentração de CO_2 na atmosfera. Os comprimentos de onda na faixa do azul (400 a 450 nm) são os de maior eficiência fotossintética em todo o espectro de radiação solar, tendo o seu pico máximo ao redor de 429 nm. O intervalo de 450 a 600 nm, compreende o final do azul, as bandas do verde e do amarelo e o início do laranja; nessa faixa, a de maior irradiância do espectro solar, a absorção é muito baixa e a reflexão elevada. Morfologicamente a planta procura rejeitá-la, uma vez que a absorção acarretaria demasiado aumento de energia interna do sistema foliar, ocasionando a aceleração de uma série de reações bioquímicas, com conseqüente desequilíbrio enzimático, e excessivas trocas de água e CO_2 com o meio, incompatíveis com o processo biológico.

A taxa de respiração é uma das respostas das plantas à radiação. Planta iluminada respira mais que planta sombreada (FELIPPE, 1986). Uma planta sombreada, pela restrição de radiação direta, torna-se mais eficiente na realização da fotossíntese, iniciando o processo em menor quantidade de radiação, se comparada à planta iluminada. Uma outra reação de plantas sombreadas é a eliminação de células entre a epiderme e o mesofilo nas folhas, o que faz com que a folha fique mais fina, acelerando o processo da fotossíntese ao tornar os pigmentos mais fáceis de serem atingidos. Quanto ao comportamento das folhas iluminadas e sombreadas, os cloroplasto é um outro fator; nas plantas iluminadas ficam normais à superfície da folha e em maior número e nas sombreadas dispõem-se segundo o plano da superfície da folha e em menor número.

Sendo a temperatura um indicador do estado energético de uma substância, as variações térmicas devem representar fielmente as variações da chegada de energia solar no sistema Terra-atmosfera, mesmo sob a influência de combinações de fatores que atuam na temperatura do sistema. A combinação temperatura e umidade, responsável pela difusão de calor e massa entre um corpo e o meio envolvente, é uma das condições determinantes do equilíbrio térmico. Segundo Sganzerla (1997), quando a temperatura está acima do limite superior da faixa ideal de temperaturas, a planta transpira demasiadamente, provocando sensível redução na produção de matéria orgânica. Quando a energia do meio alcança um valor elevado, a planta começa a perder água pelo processo de transpiração, em velocidade maior do que a de captação e transporte do sistema radicular até as folhas. Nessa situação, a planta fecha os estômatos para evitar as perdas de água, com conseqüente queda da razão fotossintética. Fenômeno similar também ocorre para a umidade relativa do ar: abaixo da faixa ideal as plantas se desidratam com facilidade e acima o desenvolvimento fica prejudicado pelo aumento da suscetibilidade a doenças.

Quanto à composição das células vegetais, o principal componente é a água, que chega a constituir até 96% da massa das folhas da alface (WIEN, 1997). Segundo Reighardt (1979), para a manifestação de todos os fenômenos físicos, químicos e biológicos essenciais para o desenvolvimento dos vegetais, são aspectos que tornam a água meio fundamental: trata-se de um meio para a difusão de solutos nas células; possui alta capacidade calorífica, funcionando, em conseqüência disso, como um regulador da temperatura; é essencial na sustentação dos tecidos vegetais, devido à sua incompressibilidade; e é o solvente para a maioria das reações bioquímicas. As exigências de água e minerais das culturas vegetais podem ser atendidas

mediante irrigações e adubações, em cultivos no solo, ou através da solução nutritiva em cultivos hidropônicos.

Para Paiva (1998) e Sganzerla (1997), o vento é o principal agente climático responsável pelos danos nas estruturas e pelo rompimento do filme plástico das casas-de-vegetação: esse deve ser o primeiro agente climático a ser considerado durante a fase de implantação dessas edificações. Em regiões quentes, as laterais das casas-de-vegetação costumam ser fechadas com tela de sombreamento para permitir a saída do ar quente acumulado no seu interior e para diminuir a entrada de insetos, aves e outros animais indesejáveis. Para minimizar a resistência ao vento, deve-se evitar que a maior dimensão da casa de vegetação, em planta, seja orientada perpendicularmente à direção dos ventos dominantes.

2.1.2 Condições térmicas

A alface é uma cultura muito sensível às condições climáticas principalmente chuva e temperatura (RODRIGUES et al., 1997). Tradicionalmente, a alface é melhor adaptada a temperaturas mais amenas, com maior produção nas épocas mais frias do ano, em condições de campo (OLIVEIRA et al., 2004), com variação de rendimento em função de variedades cultivadas e da mudança climática ocorrida durante o ano (DUARTE et al., 1992).

A temperatura do ar influi na transpiração, respiração, fotossíntese, germinação, crescimento, floração, frutificação e outras funções vitais da planta. Acima ou abaixo de determinados valores de temperaturas críticas, essas funções vitais não se realizam ou são dificultadas. Cada espécie vegetal, em cada momento crítico do seu ciclo biológico, necessita de uma temperatura ótima para o desenvolvimento normal.

A planta de alface, sendo originalmente de inverno, é resistente a baixas temperaturas e até geadas leves. Cermeno (1979) considera que a temperatura máxima tolerável pela planta é de 30°C e que, para a maioria das variedades, a mínima situa-se nos 6°C. No entanto, a cultura da alface pode resistir a temperaturas inferiores a 0°C, sendo que a temperatura ótima para seu desenvolvimento vegetativo esta entre 14 e 18°C.

A temperatura do meio radicular também constitui um fator essencial para o crescimento e desenvolvimento da planta. Influência diferentes funções como absorção, transporte, respiração e transformação dos elementos minerais. A temperatura ótima pra o crescimento radicular, em geral, é inferior aquela da parte aérea. Para a alface, o crescimento é normal a partir de 9°C, o que concorre para a formação de uma cabeça bem compacta (CORNILLON, 1987).

De acordo com Camargo et al. (1987) o uso de graus-dia admite uma relação linear entre o acréscimo de temperatura do ar e a taxa de desenvolvimento a qual, apesar das restrições, permite determinar a temperatura basal ou mesmo a duração das fases fenológicas das culturas. A soma calórica ou graus-dia, utilizado por Alves et al. (2000) para determinar as necessidades térmicas de uma cultura, é definido como sendo a diferença entre a temperatura média diária do ar (Tm) e a temperatura mínima (Tmim), ou seja, temperatura basal (Tb), exigida por uma espécie vegetal (VILLA NOVA et al., 1972), desde que a temperatura média seja igual ou inferior à temperatura de máximo desenvolvimento ou basal superior (caso seja superior, utiliza-se a basal superior para efeito de cálculo).

A interação temperatura e fotoperíodo especifica melhor a diferença na soma térmica de diferentes materiais (WARRINGTON; KANEMASU, 1983). Muchow e Carbery (1989) citam que a temperatura do ar e a radiação solar influenciam no índice de área foliar.

2.1.3 Luz

A radiação solar é de suma importância na fase de esverdecimento das folhas, quando ocorre a síntese da clorofila e a planta passa de um estágio heterotrófico, no qual vive às expensas da reserva do endosperma, para um estágio autotrófico, em que, através da fotossíntese, sintetiza os carboidratos necessários ao seu completo desenvolvimento.

As alfaces cultivadas em casas-de-vegetação não sombreadas desenvolvem-se mais rapidamente que as cultivadas em casas-de-vegetação com sombreamento. Tibiriçá, Brito e Baêta (2004), aos 24 dias após o transplante, as alfaces cultivadas em casas-de-vegetação plásticas transparentes e em casas-de-vegetação plásticas e lanternim, aparentemente estavam em condições de serem absorvidas pelo mercado, face à baixa qualidade das alfaces comercializadas nessa época do ano. Entretanto, com relação qualidade das folhas para consumo, a formação das plantas ainda não havia sido completada, estando ainda na fase vegetativa.

Ao serem colhidas, as folhas das alfaces cultivadas em casas-de-vegetação de plástico transparente e casas-de-vegetação com lanternim e plástico transparente estavam mais espessas e mais escuras que as das casas-de-vegetação com lanternim, plástico transparente e sombreamento com sombrite preto e casas-de-vegetação com cobertura plástica transparente e sombrite preto, um indício de que os cloroplastos das folhas estavam normais à superfície da folha e em maior número, isto é, uma resposta das plantas à quantidade de radiação solar disponível ao desenvolvimento. Segundo Vazquez (1986), a cor verde escura das folhas da alface indica

morfologicamente o início da formação e concentração de látex nas células foliares, conseqüência do início da mudança de estágio de desenvolvimento da alface, e implica em alterações no sabor das folhas, deixando-as amargas. De acordo com Tibiriçá, Brito e Baeta (2004), a produção de alface não sombreado a qualidade das plantas é afetada pela aceleração dos estágios de desenvolvimento, ou seja, o sabor das folhas, provado durante a colheita, o aspecto visual (coloração e espessura das folhas) e o maior diâmetro e massa das plantas são afetados pela maior concentração de energia luminosa.

Considerando o ciclo de desenvolvimento vegetativo de alface do ponto de vista de abastecimento do mercado consumidor, por mais que o menor ciclo de produção possa ser considerada uma boa resposta, a qualidade do produto final deve ser levada em conta, sendo conseguida, sob o foco ambiental, com a adequação das instalações para atendimento das necessidades e dos requisitos da cultura em cada período de cultivo (verão ou inverno) (TIBIRIÇÁ; BRITO; BAETA, 2004).

2.2 Necessidades Térmicas

Os estudos das interações clima-planta foram iniciados por Reaumur em 1735, onde a duração do período de desenvolvimento da planta foi relacionada a um somatório de temperatura constante (ALVES, 1995). Após esse trabalho pioneiro, outros sucederam desenvolvendo-se o sistema de unidades térmicas ou graus-dia.

Fancelli e Dourado Neto (1997) relatam que o método mais satisfatório para determinar as etapas de desenvolvimento da cultura leva em consideração as exigências calóricas ou térmicas, designadas como unidades calóricas, unidades térmicas de desenvolvimento ou graus-dia. Também Sentelhas et al. (1994) discutem que existem vários métodos na literatura que correlacionam o grau de desenvolvimento de uma cultura com a temperatura do ar, sendo o mais empregado o das unidades térmicas ou graus-dia.

O conceito dos graus-dia pressupõe a existência de uma temperatura basal abaixo da qual a planta não se desenvolve, e se o fizer, será a taxas muito reduzidas. Cada grau da temperatura média diária do ar acima da temperatura basal, corresponde a um grau-dia. Cada espécie vegetal ou variedade cultivada possui uma temperatura basal característica, que pode variar em cada fase fenológica da cultura, sendo comum, no entanto, o uso de um valor médio único para todo o ciclo da cultura, por simplificar sua aplicação (CAMARGO, 1984; PEREIRA et al., 2002).

Para Massignam et al. (1998), o conceito de graus-dia se fundamenta no fato de que uma planta necessita de um determinada quantidade de energia, representada pelo somatório de temperatura acima da temperatura basal, para que ela complete um determinado período ou mesmo todo o ciclo, desde que a cultura não seja afetada pelo fotoperíodo ou estresse hídrico. Para Brunini et al. (1976), a temperatura do ar é o principal elemento a influenciar o crescimento e desenvolvimento vegetal, e uma das maneiras de relacioná-los ao desenvolvimento é por meio do uso de sistemas de unidades térmicas ou graus-dia.

Assim, a caracterização das exigências térmicas da alface, com o uso do conceito de graus-dia pode ser uma importante ferramenta para avaliar a duração do período do transplante à colheita, produtividade da cultura e os aspectos relacionados com a qualidade da folha para o mercado consumidor. Outra aplicação da técnica de graus-dia para a cultura da alface, pode ser a identificação de variedades cultivadas com diferentes exigências térmicas em programas de melhoramento, visando o mercado consumidor.

A existência de uma relação linear entre o número de folhas e a temperatura do ar, acumulada através do graus-dia (GD), tem confirmado que a temperatura do ar é o principal fator que controla a taxa de emissão de folhas em trigo (BAKER et al., 1986).

O número final de folhas e a taxa de emissão de folhas, são dois importantes parâmetros utilizados na caracterização do desenvolvimento de uma cultura, especialmente em forrageiras (FRANK; BAUER, 1995).

A taxa de emissão de folhas tem sido descrita através dos termos: “plastochron”, “auxochron” e “phyllochron”. Apesar de ser mais utilizado, o termo “phyllochron” é definido de diferentes formas.

Klepper et al. (1982) se referem ao termo “phyllochron”, que corresponde em português ao filocrono, como sendo o intervalo entre a emissão de duas folhas sucessivas sobre o primórdio vegetativo de gramíneas. No entanto, Wilhelm e McMaster (1995) sugerem que o filocrono seja definido como o intervalo entre estádios similares de desenvolvimento de folhas sobre o ápice. Neste sentido, Richman e Klepper (1995) conceituam filocrono como sendo o intervalo de tempo entre a constatação visual da ponta da lâmina da folha de sucessivos fitômeros.

Dofing (1999) em seus estudos com cevada se refere ao filocrono como sendo o intervalo de tempo para completar a elongação de folhas sucessivas. Para Frank e Bauer (1995) e van

Esbroeck (1997), filocrono é o intervalo de tempo, expresso em soma térmica, necessário para a emissão de folhas sucessivas em trigo, cevada e gramíneas forrageiras.

A emissão de folhas é um componente que influencia o índice de área foliar da planta e a soma térmica necessária para a emissão de folhas sucessivas pode ser um parâmetro utilizado para a determinação do número de folhas em modelos para a estimação da produção.

O conhecimento das exigências climáticas no ciclo e em cada fase fenológica de uma cultura é fundamental para a previsão da duração do ciclo da cultura em função do ambiente. Essas informações, associadas ao conhecimento da fenologia da cultura, podem ser utilizadas no planejamento para a definição da época de semeadura; da utilização de insumos e da época de colheita (GADIOLI et al., 2000).

Mesmo considerando as restrições do método, vários autores, determinaram as exigências térmicas (GD) e a temperatura basal (Tb) para diversas culturas, onde pode-se verificar a grande variabilidade dos valores de temperatura basal existentes na literatura em função da espécie e da variedade cultivada.

2.3 Ambientes protegidos

O cultivo da alface em casa-de-vegetação agrícola permite uma maior produção e rendimento por área, obtendo uma melhor relação custo benefício do capital empregado e permite a utilização intensiva da terra. Bem como, uma produção controlada, melhor qualidade, menor incidência de pragas e doenças, menor dependência das condições climáticas adversas, melhor aproveitamento de insumos, possibilitando a distribuição e planejamento da produção ao longo do ano, regularizando a oferta e dando oportunidade ao produtor de fugir das épocas de menor preço (RODRIGUES et al., 1997; MARTINEZ, 2002).

As culturas em ambientes protegidos tornam-se um sistema de produção difundido na agricultura atual devido à necessidade de fornecer produtos in natura e de boa qualidade independente do período do ano.

Nos últimos anos, o cultivo em ambientes protegidos tem apresentado crescimento significativo, principalmente para a produção de hortaliças. Em ambientes protegidos torna-se possível a exploração em épocas não apropriadas quando cultivadas em ambientes naturais. Considerando sua importância como alimento e valor econômico na cadeia do agronegócio, principalmente na entressafra, bem como, o desenvolvimento de tecnologias de aumento de produtividade e redução de riscos.

O estado de São Paulo é o maior produtor de alface do território brasileiro, cultivados ao longo do ano, em diversos sistemas de produção, sendo alguns altamente tecnificados e outros com utilização de pouca tecnologia, fazendo com que a produtividade da cultura decresça no verão, devido ao excesso de chuvas e as altas temperaturas, provocando aumento no preço e escassez do produto no mercado (MAGGI, 2006).

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido produz aumento da diversidade dos produtos agrícolas e a estabilidade da produção anual, com otimização do uso da terra. Nas localidades onde o custo da terra é mais valorizado ou regiões sujeitas as condições adversas do clima, o cultivo em casas-de-vegetação representa uma estratégia valiosa para aumentar a produtividade e suprir a crescente demanda da produção agrícola (SOUZA, 2003).

Mesmo com as vantagens da produção de alface em ambientes protegidos, produtores encontram algumas dificuldades de manejo e que resultam no abandono desta atividade, sendo que as principais causas são aas dificuldades de comercialização e a falta de conhecimento sobre o manejo racional dos parâmetros climáticos e da irrigação.

As técnicas para o cultivo de alface em ambiente protegido tem-se aprimorado, nos últimos anos, com a finalidade de minimizar os efeitos adversos do clima, tornando-se possível sua produção em épocas pouco comuns, na entressafra, além de uma produção de melhor qualidade, culminando em um melhor valor de mercado (PELUZIO, 1992; SGANZERLA, 1997). Em ambiente protegido é fundamental a utilização de um método de irrigação que atenda as necessidades hídricas da cultura, para isto, é necessário conhecer a resposta da alface frente às condições hídricas do solo e a demanda evapotranspiratória da atmosfera no interior da casa-de-vegetação.

As variáveis meteorológicas no interior da casa-de-vegetação influência o desenvolvimento da cultura através de efeitos na transpiração e na fotossíntese. Daí, a importância do monitoramento das variáveis meteorológicas no interior das casas-de-vegetação, principalmente a temperatura e a umidade relativa do ar, fatores importantes no controle de pragas e doenças que afetam a cultura, que encontram uma atmosfera favorável a sua propagação.

A avaliação do desempenho de variedades cultivadas, para condições de cultivo protegido, é de grande importância, especialmente quando o cultivo ocorre em época do ano desfavorável. Além disso, RADIN et al. (2004) verificaram que em três variedades cultivadas de

alface cultivada em casa-de-vegetação, um número final de folhas maior do que as cultivadas em campo, resultando inclusive em uma antecipação da colheita.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

Foram conduzidos sete experimentos no Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, (latitude: 29º42'S, longitude: 53º42'W, altitude: 95m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen é Cfa, subtropical úmido com verões quentes (MORENO, 1961).

3.2 Dados gerais referentes ao experimento

Os experimentos foram conduzidos nos ambientes de casa-de-vegetação e campo. A casa-de-vegetação utilizada foi o modelo arco pampeana com 250m^2, disposta no sentido norte-sul, coberta com policloreto de vinil (PVC) de 200μ de espessura.

O leito de cultivo foi constituído de calhas de cimento amianto do tipo "calhetão", medindo 6,70 m de comprimento por 0,92 m de largura na parte superior (medida interna entre bordas), com 0,48 m de profundidade e 0,27 m de altura. Os calhetões foram fixados no solo e sobre o leito de cultivo colocou-se um filme preto de polietileno de baixa densidade, com 35 μm de espessura. O substrato constituiu-se de húmus e casca de arroz natural, na proporção de 60% e 40% respectivamente, contendo em média 48% de capacidade de retenção de água. Os calhetões com substrato foram cobertos com filme plástico duplo face. Sob este, instalou-se um sistema de irrigação por gotejamento para distribuição da solução nutritiva.

Em cada calhetão foram cultivadas três fileiras de 21 plantas, num total de 63 plantas. A fileira central de cada calhetão foi utilizada como área útil para retirada das plantas para as determinações fenométricas.

A fertirrigação foi realizada com a solução nutritiva proposta por Castelane e Araújo (1985), utilizando-se 50% da concentração indicada para os macronutrientes e 100% para os micronutrientes.

O cultivo em campo foi realizado em área adjacente a casa-de-vegetação, em solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. O preparo do solo foi realizado com a passagem de enxada rotativa e formação dos canteiros nas dimensões de 7,0 m de comprimento, 1,0 m de largura e cerca de 0,1 m de altura. A calagem e adubação química foram realizadas com base nos resultados da análise química de solo e recomendações para a cultura da alface (COMISSÃO DE

FERTILIDADE DO SOLO, 1995). O nitrogênio foi aplicado na forma de uréia, sendo um terço aplicado no preparo dos canteiros e os dois terços restantes foram aplicados em cobertura.

Utilizou-se a variedade cultivada Regina, com espaçamento de 0,3 m entre plantas e 0,3 m entre fileiras, coincidindo com o espaçamento dos gotejadores. Conduziu-se sete experimentos na primavera, verão, outono e inverno, entre setembro de 1999 e junho de 2000.

No interior da casa-de-vegetação, os valores de temperatura do ar foram registrados por termo-higrógrafo instalado em abrigo meteorológico a 1,5 m do solo, localizado no centro da casa-de-vegetação.

3.3 Tratamentos empregados no experimento

A transmissividade do filme de cobertura da casa-de-vegetação foi medida no início de cada cultivo, utilizando-se um piranômetro, obtendo-se os valores de 65% nos cultivos de inverno e outono e 70% para os cultivos de verão, verão/outono e primavera. Os percentuais foram utilizados para estimar a radiação solar global incidente no interior da casa-de-vegetação com base nos valores determinados para o campo.

As plantas foram coletadas as terças e sextas-feiras nos cultivos de primavera e verão. Nos cultivos de verão/outono, outono e inverno as coletas realizadas foram todas às sextas-feiras. Em cada coleta foram amostradas três plantas por ambiente de cultivo. As variáveis avaliadas para determinar o crescimento da cultura foram à matéria seca da parte aérea da planta, que foi subdividida em matéria seca de folhas, caule e restos (folhas menores que 5 cm). As avaliações foram realizadas concomitantemente no interior de casa-de-vegetação plástica e em campo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 2:7 (ambiente de cultivo e ciclos de cultivo nas quatro estações do ano, respectivamente), sendo cada repetição constituída de uma planta. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, estudados através de análise de regressão e havendo interação significativa foram desmembrados os efeitos simples, onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.4 Necessidades térmicas

A temperatura média do ar, para ambos os ambientes, foi calculada com base na fórmula:

$$T_{med} = \frac{T_{9h} + T_{\max} + T_{\min} + T_{21h}}{5} \qquad (1)$$

em que T_{med} se refere à temperatura média do ar (ºC), T_{9h} à temperatura do ar às nove horas (ºC); T_{max} à temperatura máxima do ar (ºC); T_{min} à temperatura mínima do ar (ºC), e T_{21h} à temperatura do ar às vinte e uma horas (ºC).

Os valores diários de temperatura máxima e mínima do ar foram obtidos à partir dos valores extremos registrados diariamente no termo-higrógrafo instalado no interior da casa-de-vegetação e na estação meteorológica do Departamento de Fitotecnia da UFSM. Os valores médios de temperatura máxima do ar e temperatura mínima do ar foram calculados entre os períodos de coleta de plantas.

A partir dos valores de T_{med} calculou-se o número de graus-dia diário com base na seguinte expressão:

$$GD_i = (Tmed_i - T_b).\Delta t_i \tag{2}$$

em que GDi se refere ao número de graus-dia (ºC.dia), T_{med} à temperatura média do ar (ºC) no i-ésimo dia do ciclo, T_b à temperatura basal (ºC) e Δt ao intervalo de tempo utilizado (dias). Usualmente, adota-se a escala diária (Δt =1 dia).

O desenvolvimento relativo da cultura, correspondente ao número de graus-dia (valor acumulado) durante o período transplante à colheita, pode ser obtido pelo somatório dos valores diários de graus-dias. Adotou-se 10ºC como sendo a temperatura basal da cultura de alface (BRUNINI et al., 1976). Sendo assim, tem-se que:

$$Dr_n = \sum_{i=1}^{n} GD_i \tag{3}$$

em que *Dr* se refere ao desenvolvimento relativo acumulado até n-ésimo dia após o transplante. Desenvolvimento relativo acumulado nulo significa dia do transplante (início do ciclo). Desenvolvimento relativo acumulado unitário significa dia da colheita (fim do ciclo).

O conceito original de graus-dia assume a relação linear entre a temperatura média do ar e o desenvolvimento relativo da cultura, desconsiderando outros fatores ambientais sobre o desenvolvimento e crescimento das plantas. Para determinação dos graus-dia para a alface, levou-se em consideração o período entre a data do transplante até a data da colheita (ponto de maior volume de folhas associado a maior palatabilidade dos consumidores).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Datas de semeadura, transplante e colheita

As datas de semeadura, transplante e colheita referentes à época de cultivo em cada sistema de produção, estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Datas da semeadura, do transplante e da colheita da alface nos experimentos em diferentes épocas do ano, em casa-de-vegetação e em campo, em Santa Maria, RS. 1999/2000

Época	Semeadura	Transplante	Colheita	
			Casa-de-vegetação	Campo
Primavera	29/09/1999	03/11/1999	26/11/1999	07/12/1999
Verão 1	18/12/1999	07/01/2000	04/02/2000	08/02/2000
Verão 2	04/01/2000	26/01/2000	22/02/2000	25/02/2000
Verão 3	19/01/2000	08/02/2000	07/03/2000	17/03/2000
Verão/Outono	10/02/2000	07/03/2000	04/04/2000	14/04/2000
Outono	21/03/2000	28/04/2000	26/05/2000	23/06/2000
Inverno	06/06/2000	04/07/2000	22/08/2000	05/09/2000

O valor mínimo de massa de matéria verde de referência da parte comercializável para se proceder a colheita foi 200 g por planta.

4.2 Temperatura

A variação da temperatura do ar (valores máximos e mínimos) nas diferentes estações (verão, verão/outono, outono, primavera e inverno) de cultivo em casa-de-vegetação e campo estão representadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

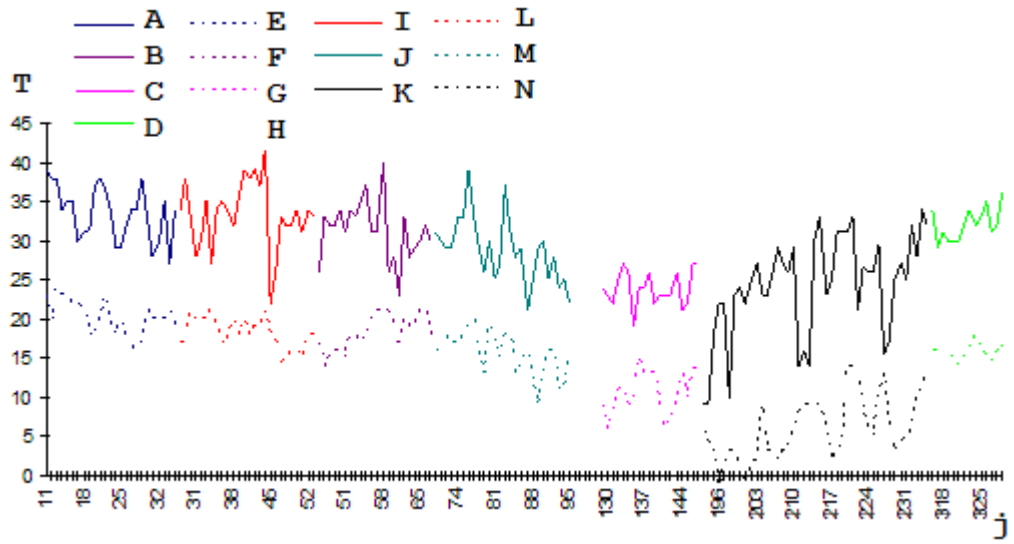


Figura 1 - Variação diária (j - dia juliano) da temperatura (T, ^{o}C) máxima (Tmax, ^{o}C) e mínima (Tmin, ^{o}C) do ar nas diferentes estações de cultivo em casa-de-vegetação (A. Verão 1, Tmax; B. Verão 3, Tmax; C. Outono, Tmax; D. Primavera, Tmax; E. Verão 1, Tmin; F. Verão 3, Tmin; G. Outono, Tmin; H. Primavera, Tmin; I. Verão 2, Tmax; J. Verão/Outono, Tmax; K. Inverno, Tmax; L. Verão 2, Tmin; M. Verão/Outono, Tmin; N. Inverno, Tmin). Santa Maria, RS. 1999/2000

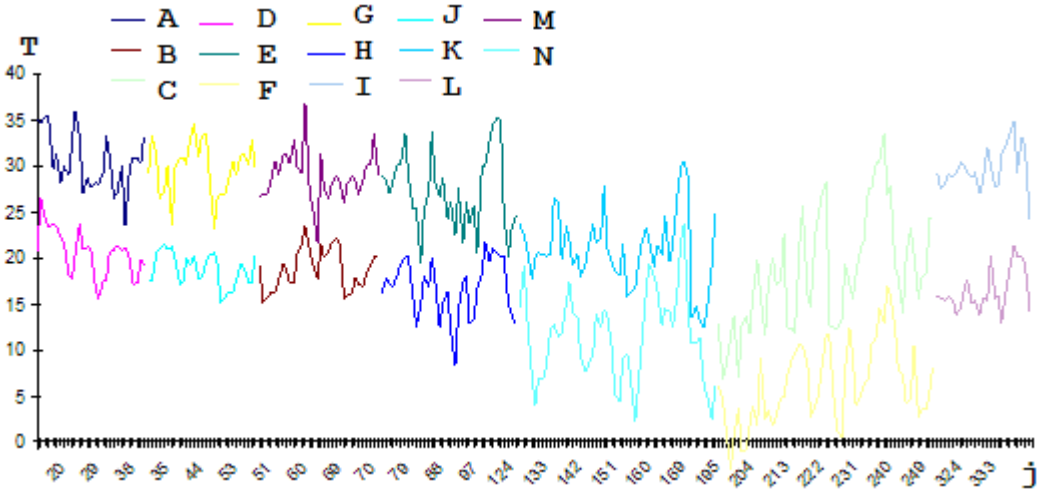


Figura 2 - Variação diária (j - dia juliano) da temperatura (T, ^{o}C) máxima (Tmax, ^{o}C) e mínima (Tmin, ^{o}C) do ar nas diferentes estações de cultivo em campo (A. Verão 1, Tmax; B. Verão 3, Tmax; C. Inverno, Tmax; D. Verão 1, Tmin; E. Verão/Outono, Tmax; F. Inverno, Tmin; G. Verão 2, Tmax; H. Verão/Outono, Tmin; I. Primavera, Tmax; J. Verão 2, Tmin; K. Outono, Tmax; L. Primavera, Tmin; M. Verão 3, Tmax; N. Outono, Tmin). Santa Maria, RS. 1999/2000

4.3 Massa de matéria seca da parte aérea de alface e duração do ciclo

A duração média dos cultivos estão representadas na Tabela 2. Os três cultivos de verão, no ambiente casa-de-vegetação, completaram o ciclo de cultivo em 28 dias de média atingindo média 11,300 g matéria seca e uma soma térmica média de 413,9^{o}C.dia. No cultivo a campo, as plantas completaram o ciclo de cultivo em 33 dias de média, atingindo em média 12,356 g de matéria seca e uma soma térmica média de 460,5^{o}C.dia. Ou seja, houve antecipação de cinco dias de cultivo no ambiente casa-de-vegetação e uma menor necessidade de energia, ou seja, 46,6^{o}C.dia a menos para completar o ciclo de cultivo. A equação que melhor representa a soma térmica para a estação de verão para os diferentes ambientes está representada na Figura 3.

Tabela 2 - Acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (Ms, g.planta^{-1}), e número de dias entre o transplante e a colheita (N, dias) nas diferentes épocas de cultivo em casa-de-vegetação e em campo, em Santa Maria, RS. 1999/2000

Época	N		MS	
	Casa-de-vegetação	Campo	Casa-de-vegetação	Campo
Verão 1	28	32	8,097aA	14,239abA
Verão 2	27	30	13,343aA	12,286abA
Verão 3	28	38	12,440aA	10,781abA
Verão/Outono	28	38	8,660aA	8,752bA
Outono	28	56	7,109aA	12,333abA
Inverno	49	63	12,953aA	14,160abA
Primavera	23	34	12,593aA	16,239aA

[1] Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O cultivo de verão/outono completou o ciclo de cultivo em 28 dias no ambiente casa-de-vegetação atingindo 8,660 g de matéria seca e uma soma térmica de 310°C.dia. No cultivo a campo, as plantas completaram o ciclo de cultivo em 38 dias, atingindo 8,752 g de matéria seca e uma soma térmica de 419,3^{o}C.dia. Ou seja, houve uma antecipação de 10 dias de cultivo no ambiente casa-de-vegetação e uma menor necessidade de energia, ou seja, 109,3^{o}C.dia a menos para completar o ciclo de cultivo. A equação que melhor representa a soma térmica para a estação verão/outono para os diferentes ambientes está representada na Figura 4.

O cultivo de outono completou o ciclo de cultivo em 28 dias no ambiente casa-de-vegetação atingindo 7,503 g de matéria seca e uma soma térmica de 194,8^{o}C.dia. No cultivo a campo, as plantas completaram o ciclo em 56 dias de cultivo atingindo 16,136 g de matéria seca e uma soma térmica de 326,2^{o}C.dia. De acordo com os dados observados, pode-se inquerir o porquê da diferença entre os ambientes de cultivo para a estação. Em primeiro lugar, o ambiente casa-de-vegetação proporcionou melhores condições térmicas para o cultivo da alface, favorecendo assim, o crescimento e desenvolvimento da mesma. Apesar dos valores de temperatura do ar terem diminuído no período de cultivo, tanto na casa-de-vegetação, como no campo, o manejo adotado naquele foi eficiente a fim de proporcionar condições térmicas ao crescimento e desenvolvimento. Assim, houve uma antecipação de 28 dias de cultivo no ambiente de casa-de-vegetação e uma menor necessidade de energia, ou seja, 131,4^{o}C.dia a menos para completar o ciclo de cultivo.

O cultivo de inverno completou o ciclo de cultivo em 49 dias no ambiente casa-de-vegetação atingindo 13,415 g de matéria seca e uma soma térmica de 185,4^{o}C.dia. No cultivo a campo, as plantas completaram o ciclo de cultivo em 63 dias atingindo 15,393 g de matéria seca e uma soma térmica de 200,36^{o}C.dia. Os valores de temperatura do ar dentro e fora da casa-de-vegetação permaneceram vários dias abaixo da temperatura basal da cultura, o que aumentou o ciclo de cultivo na estação de inverno. No entanto, novamente, o ambiente casa-de-vegetação foi mais eficiente termicamente, sobretudo em função dos valores mais elevados de temperatura do ar e do manejo adotado. Observa-se que os valores negativos de temperatura do ar não afetaram o crescimento e desenvolvimento a nível letal, promovendo apenas uma paralisação do crescimento e desenvolvimento da cultura. Assim, houve uma antecipação de 14 dias de cultivo no ambiente casa-de-vegetação e uma menor necessidade de energia, ou seja, 14,96^{o}C.dia a menos para completar o ciclo de cultivo. A equação que melhor representa a soma térmica para a estação de inverno para os diferentes ambientes está representada na Figura 6.

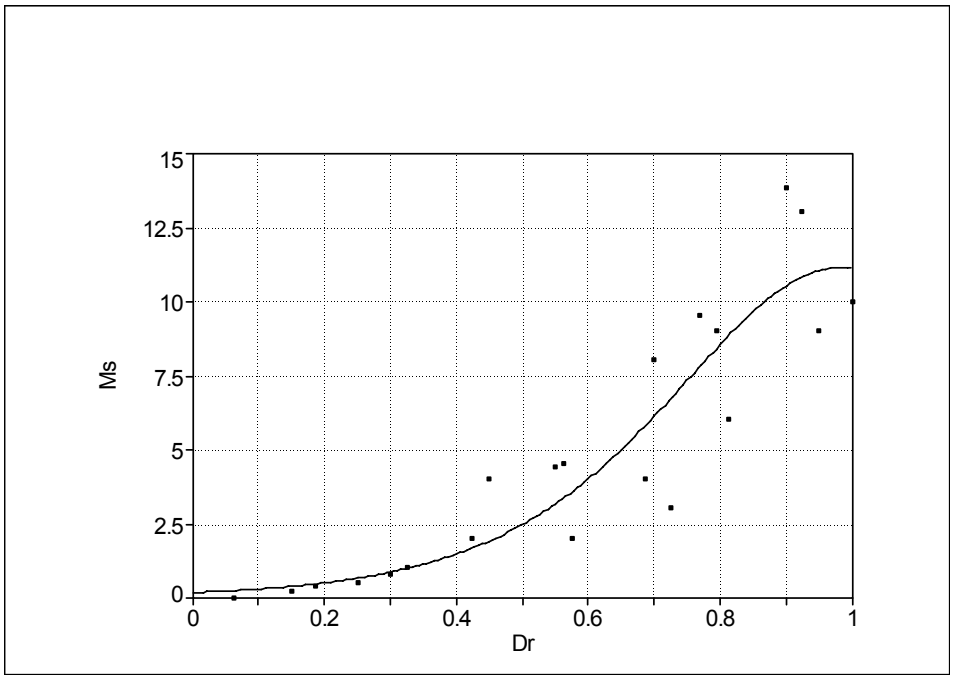
O cultivo de primavera completou o ciclo de cultivo em 23 dias no ambiente casa-de-vegetação atingindo 12,959 g de matéria seca e uma soma térmica de 273,8^{o}C.dia. No cultivo a campo, as plantas completaram o ciclo de cultivo em 34 dias atingindo 16,239 g de matéria seca e uma soma térmica de 381,1^{o}C.dia. Assim, houve uma antecipação de 11 dias de cultivo no ambiente casa-de-vegetação e uma menor necessidade de energia, ou seja, 107,3^{o}C.dia a menos para completar o ciclo de cultivo. Provavelmente pela resposta ao fotoperíodo, as plantas

aumentar o percentual de matéria seca para o caule e restos, determinando o início do processo de pendoamento. A equação que melhor representa a soma térmica para a estação de primavera para os diferentes ambientes está representada na Figura 6.

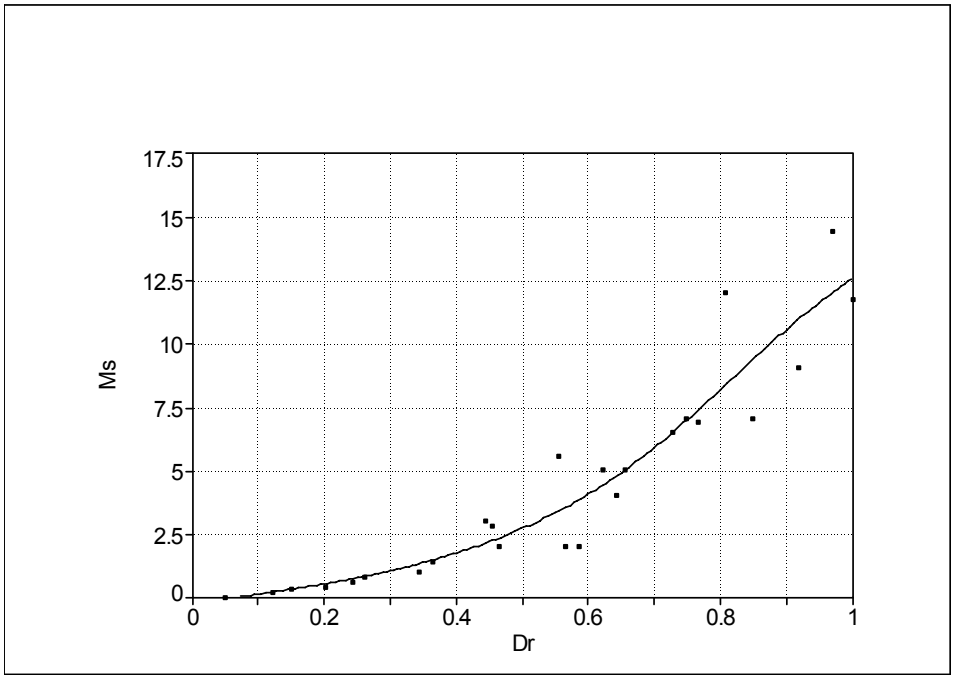
A antecipação no número total de dias de cultivo no ambiente casa-de-vegetação foi de 68 dias em relação ao cultivo no campo, ou seja, realizando-se uma análise de rentabilidade, o ambiente casa-de-vegetação permite que seja realizado 2,4 cultivos a mais proporcionando assim uma maior retorno econômico ao empresário rural.

Comparando-se os cultivos de verão e outono no ambiente casa-de-vegetação, onde os dois atingiram o final do ciclo com 28 dias, é possível demonstrar que há uma sobra de unidades térmicas para o cultivo da cultura da alface nos meses de maior disponibilidade de radiação e consequentemente de maior temperatura do ar, como por exemplo, a estação do verão. Para se atingir o ponto de colheita, as plantas nos cultivos de verão, dispuseram do ambiente de mais energia do que para o cultivo de outono, no entanto, por características inerentes as plantas não a convertem em matéria seca. Exemplificando, para se atingir o ponto de colheita da cultura no cultivo em casa-de-vegetação, nos meses de verão, foram necessários 413,9^{o}C.dia e 28 dias. No cultivo de outono, para o mesmo ambiente de cultivo foram necessários 194,8^{o}C.dia e os mesmos 28 dias, ou seja, 219,1^{o}C.dia a mais para completar os cultivos de verão, caracterizando assim, uma ineficiência da planta em converter os fotoassimilados em matéria seca de planta.

Esta característica pode ser dada pela origem da cultura da alface, visto que a mesma é mais adaptada a condições de clima temperado (FILGUEIRA, 2000). A eficiência do ambiente pode ser dada pelas características como soma térmica é a eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa. A eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada pode ser uma variável que explique a maior eficiência energética do ambiente casa-de-vegetação e consequentemente da produção final. De acordo com Caron et al. (2003a) para as condições de cultivo, a eficiência da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada para os meses de verão foi de 1,4587 g.MJ^{-1} e 1,70431 g.MJ^{-1} no cultivo de outono para o cultivo em casa-de-vegetação. Para o campo os valores foram 0,9051 g.MJ^{-1} nos cultivos de verão e 1,4000 g.MJ^{-1} no cultivo outono.



{Cv} $$Ms=4a.e^{-\frac{Dr-b}{c}}\left(1+e^{-\frac{Dr-b}{c}}\right)^{-2} \quad (4)$$



{Ca} $$Ms=-2,70270341+\frac{22,48325590.\left[\operatorname{atan}\left(\frac{Dr-0,816103054}{0,296243899}\right)+\frac{\pi}{2}\right]}{\pi} \quad (5)$$

Figura 3 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de verão em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000

Tabela 3 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de verão em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000

Casa-de-vegetação: $Ms=4a.e^{-\frac{Dr-b}{c}}\left(1+e^{-\frac{Dr-b}{c}}\right)^{-2}$

CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	313,78265	2	156,89132	45,1076
Erro	62,606874	18	3,4781597	
Total	376,38952	20		

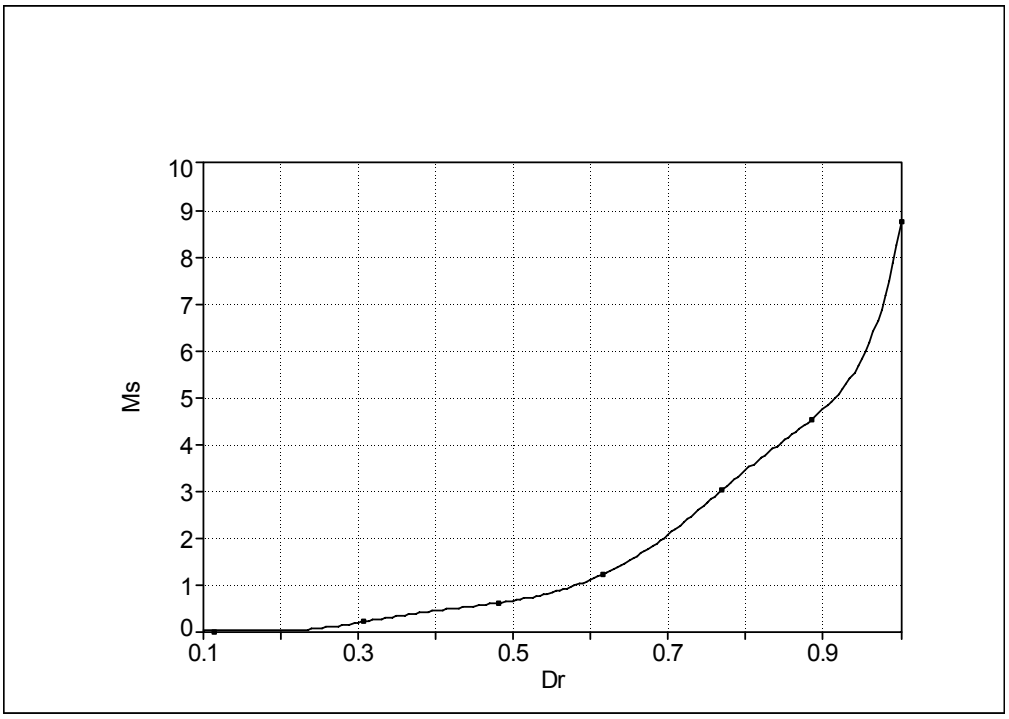
Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	11,13942147	1,241117362	8,975316768	8,987887591	13,29095535
b	0,984313069	0,091517398	10,75547485	0,825663461	1,142962676
c	0,174133243	0,042269380	4,119607260	0,100857335	0,247409152

Campo: $Ms=a+\frac{b\left[\frac{\operatorname{atan}(Dr-c)}{d}\right]+\frac{\pi}{2})}{\pi}$

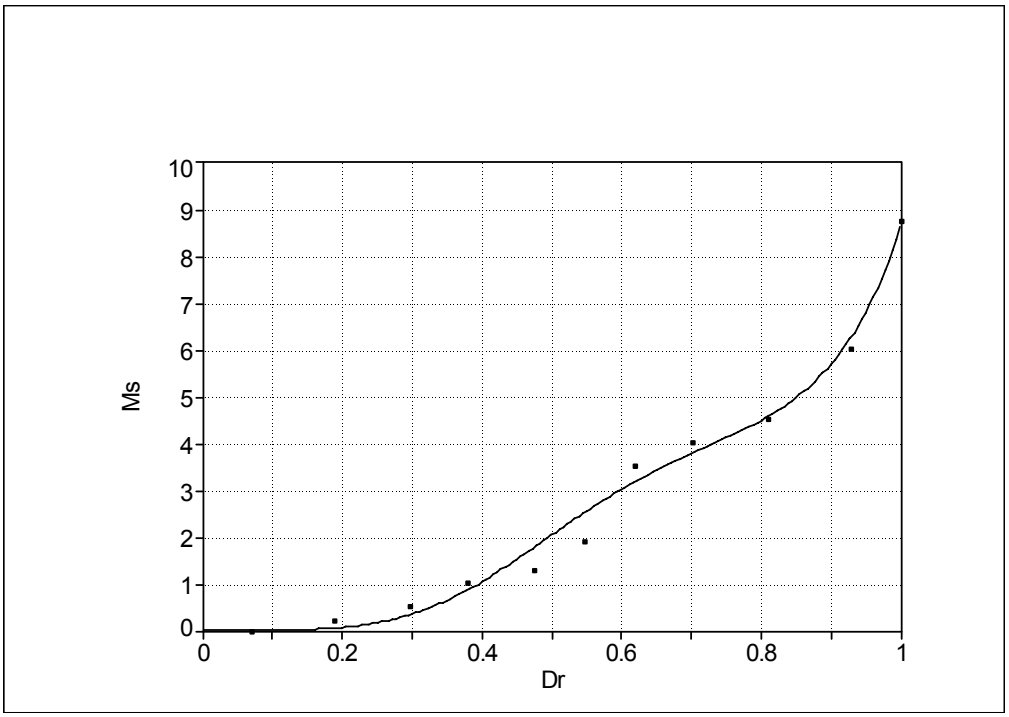
CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	356,35016	3	118,78339	59,8336
Erro	41,689835	21	1,9852302	
Total	398,04	24		

Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	-2,70270341	2,491800067	-1,08463895	-6,98868374	1,583276913
b	22,48325590	9,754581224	2,304891967	5,705046536	39,26146527
c	0,816103054	0,131668769	6,198152055	0,589628321	1,042577787
d	0,296243899	0,146149301	2,026994979	0,044862162	0,547625636

Cv: R^2=0,8336646736. R^2_{aj}=0,8043113807.
Ca: R^2=0,8952621969. R^2_{aj}=0,8743146363.



{Cv} $$\ln(Ms) = -30{,}9886561 + 252{,}1879461.Dr - 837{,}319842.Dr^2 + 1365{,}465798.Dr^3 - 1073{,}33265.Dr^4 + 326{,}1507249.Dr^5 \quad (6)$$



{Ca} $$\ln(Ms) = -7{,}74050775 + 33{,}49835599.Dr - 42{,}7547783.Dr^2 + 19{,}14833770.Dr^3 \quad (7)$$

Figura 4 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de verão/outono em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv). Santa Maria, RS. 1999/2000

Tabela 4 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de verão/outono em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000

Casa-de-vegetação: $\ln(Ms)=a+b.Dr+c.Dr^2+d.Dr^3+e.Dr^4+f.Dr^5$

CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	59,46	5	11,892	$1,0920.10^{11}$
Erro	$2,1778796.10^{-10}$	2	$1,0889398.10^{-10}$	
Total	59,46	7		

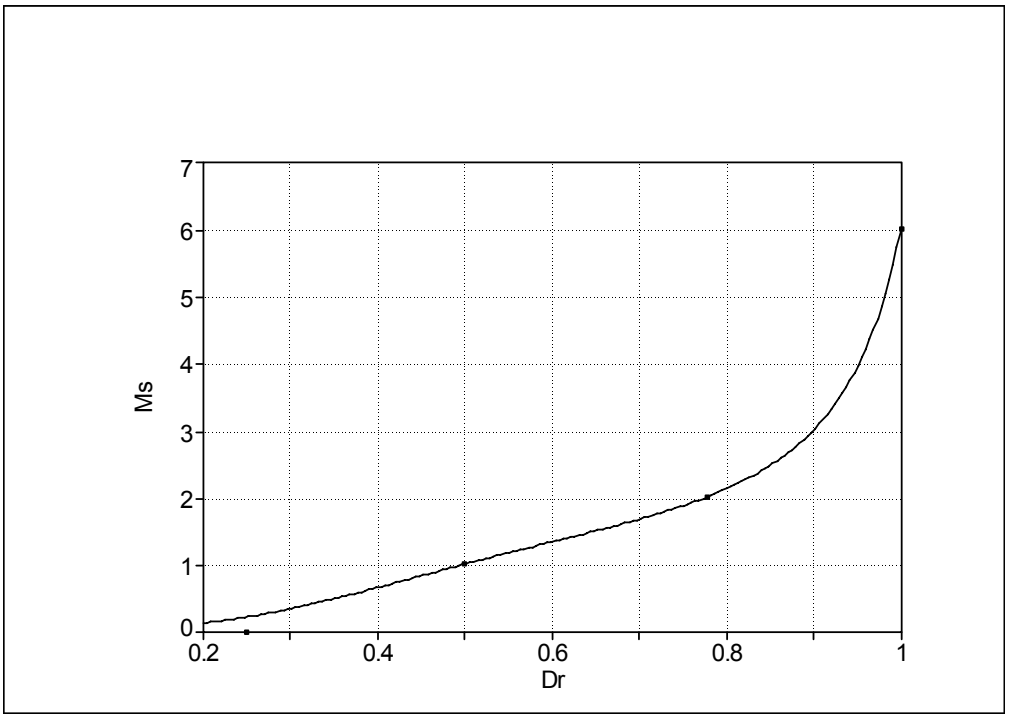
Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	-30,9886561	0,003386797	-9149,84195	-31,0101469	-30,9671653
b	252,1879461	0,028029023	8997,386254	252,0100891	252,3658031
c	-837,319842	0,088645890	-9445,67023	-837,882341	-836,757343
d	1365,465798	0,134844126	10126,25346	1364,610151	1366,321446
e	-1073,33265	0,099220221	-10817,6804	-1073,96225	-1072,70305
f	326,1507249	0,028380273	11492,16325	325,9706390	326,3308108

Campo: $\ln(Ms)=a+b.Dr+c.Dr^2+d.Dr^3$

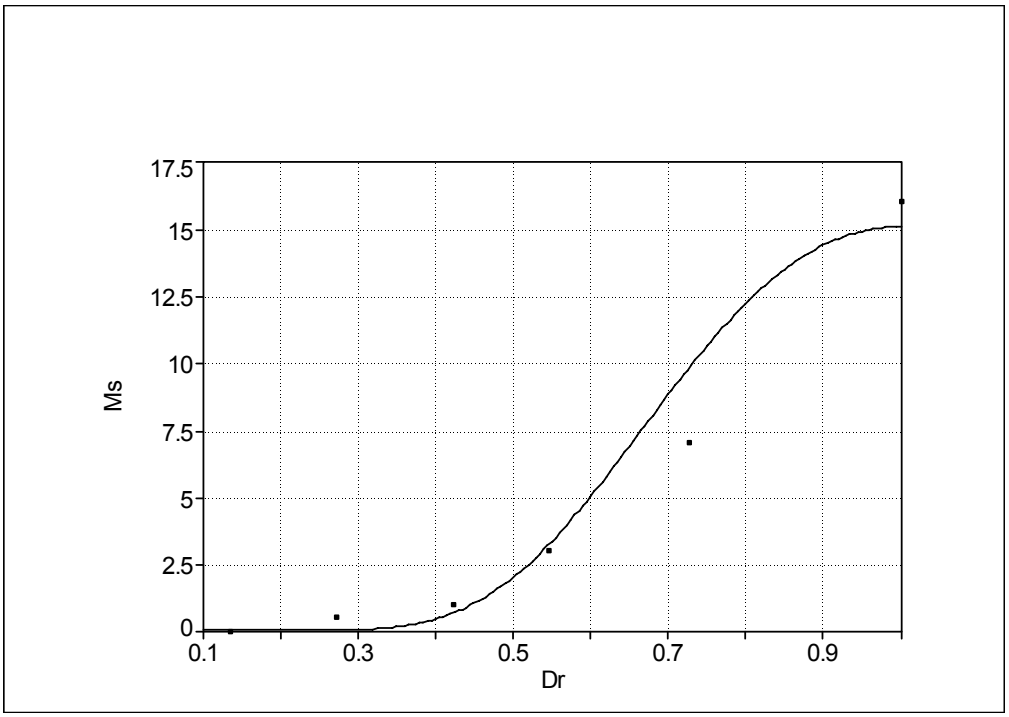
CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	75,084355	3	25,028118	190,958
Erro	0,91746349	7	0,13106621	
Total	76,001818	10		

Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	-7,74050775	2,082389985	-3,71712686	-11,6891629	-3,79185255
b	33,49835599	8,995643388	3,723842147	16,44069902	50,55601295
c	-42,7547783	12,63715974	-3,38325852	-66,7175264	-18,7920303
d	19,14833770	5,749394320	3,330496506	8,246260787	30,05041461

Cv: R^2=1,0000000000. R^2_{aj}=1,0000000000.
Ca: R^2=0,9879284007. R^2_{aj}=0,9798806679.



{Cv} $$Ms^{-1}=0,166666667-1,65366212.Dr^{2}\ln\left(Dr\right)-0,19720758.\frac{\ln\left(Dr\right)}{Dr^{2}} \quad (8)$$



{Ca} $$\ln\left(Ms\right)=2,711288305+-4,22842552.\left[\ln\left(Dr\right)\right]^{2} \quad (9)$$

Figura 5 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de outono em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000

Tabela 5 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de outono em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000

Casa-de-vegetação: $Ms^{-1}=a+b.Dr^2\ln(Dr)+c.\frac{\ln(Dr)}{Dr^2}$

CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	20,704424	2	10,352212	454,281
Erro	0,045576236	2	0,022788118	
Total	20,75	4		

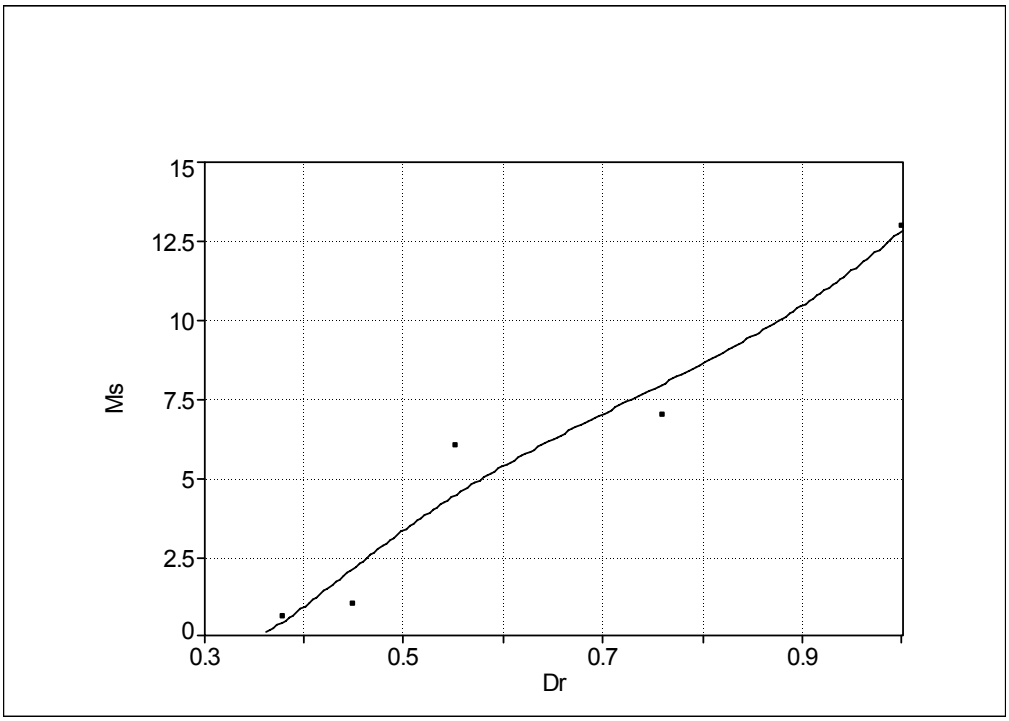
Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	0,166666667	0,005930164	28,10489861	0,129037051	0,204296282
b	-1,65366212	0,495200674	-3,33937776	-4,79593778	1,488613542
c	-0,19720758	0,096554891	-2,04244012	-0,80989271	0,415477537

Campo: $\ln(Ms)=a+b.\left[\ln(Dr)\right]^2$

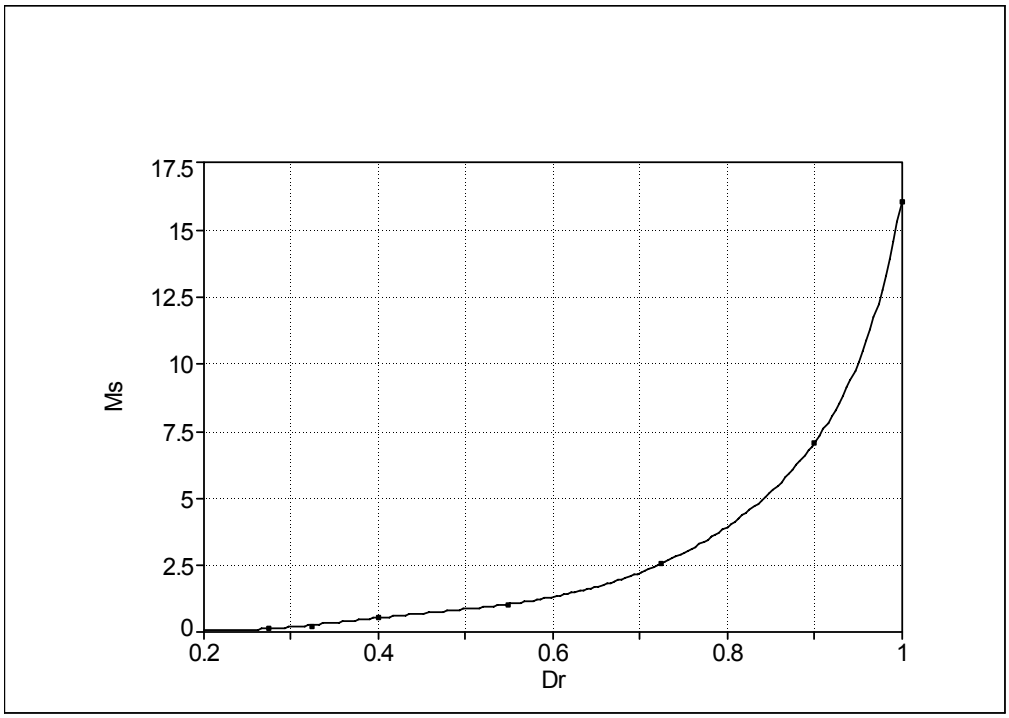
CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	180,07914	1	180,07914	78,9026
Erro	9,1291913	4	2,2822978	
Total	189,20833	5		

Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	2,711288305	0,089439553	30,31419787	2,520407215	2,902169396
b	-4,22842552	0,921187234	-4,59019118	-6,19441503	-2,26243600

Cv: R^2=0,9978035549. R^2_{aj}=0,9934106647.
Ca: R^2=0,9517505857. R^2_{aj}=0,9195843094.



{Cv} $$Ms=12,81851147+44,57476906.Dr^{2}\ln\left(Dr\right)-53,2780572.\left[\ln\left(Dr\right)\right]^{2}-17,1646629.\frac{\ln\left(Dr\right)}{Dr} \quad (10)$$



{Ca} $$\ln\left(Ms\right)=-28,4141147+210,3973856.Dr-637,060428.Dr^{2}+960,7622885.Dr^{3}-707,354746.Dr^{4}+204,4422029.Dr^{5} \quad (11)$$

Figura 6 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de inverno em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000

Tabela 6 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de inverno em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000

Casa-de-vegetação: $Ms=a+b.Dr^2\ln(Dr)+c\left[\ln(Dr)\right]^2+d.\frac{\ln(Dr)}{Dr}$

CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	98,447184	3	32,815728	14,3903
Erro	4,5608155	2	2,2804078	
Total	103,008	5		

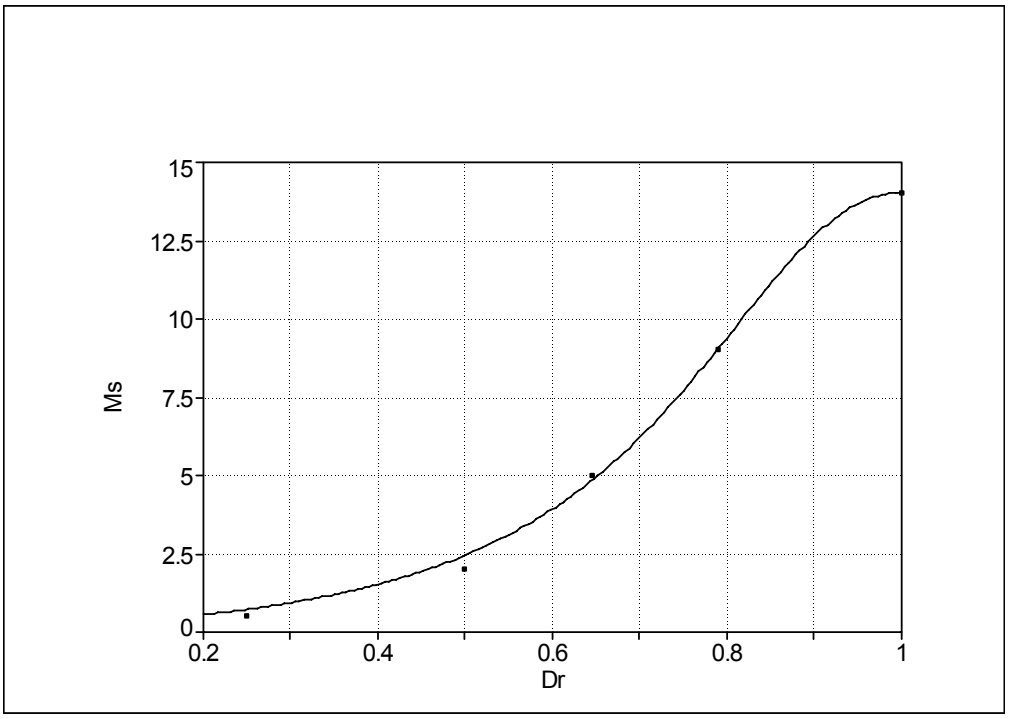
Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	12,81851147	2,127880970	6,024073550	-0,68387035	26,32089329
b	44,57476906	84,58002034	0,527012986	-492,124297	581,2738349
c	-53,2780572	219,0918459	-0,24317681	-1443,51642	1336,960306
d	-17,1646629	85,58525068	-0,20055632	-560,242377	525,9130511

Campo: $\ln(Ms)=a+b.Dr+c.Dr^2+d.Dr^3+e.Dr^4+f.Dr^5$

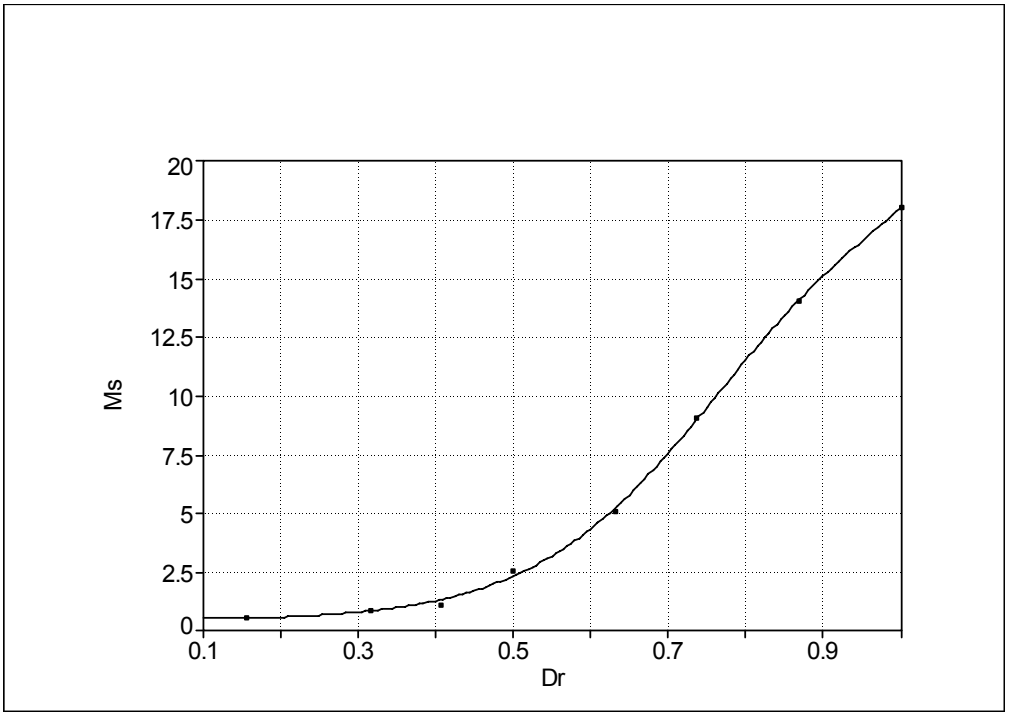
CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	206,07906	5	41,215813	87958,6
Erro	0,00093716342	2	0,00046858171	
Total	206,08	7		

Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	-28,4141147	6,946289885	-4,09054549	-72,4915136	15,66328413
b	210,3973856	57,72445116	3,644857271	-155,890763	576,6855337
c	-637,060428	184,2389535	-3,45779443	-1806,14119	532,0203297
d	960,7622885	283,2651845	3,391741524	-836,685375	2758,209952
e	-707,354746	210,5702665	-3,35923375	-2043,51978	628,8102828
f	204,4422029	60,76547960	3,364446462	-181,142667	590,0270728

Cv: R^2=0,9557236767. R^2_{aj}=0,8228947068.
Ca: R^2=0,9999954524. R^2_{aj}=0,9999727146.



{Cv} $$Ms^{-1}=0{,}071447915+0{,}71455225.\left[\ln\left(Dr\right)\right]^{2} \quad (12)$$



{Ca} $$\ln\left(Ms\right)=-0{,}76500532 -0{,}46312374.Dr+0{,}682859817.Dr^{2}+32{,}89582276.Dr^{3} -49{,}4559631.Dr^{4}+19{,}99568010.Dr^{5} \quad (13)$$

Figura 7 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de primavera em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000

Tabela 7 - Massa de matéria seca de parte aérea (Ms, g.planta^{-1}) de alface em função do desenvolvimento relativo (Dr) no cultivo de primavera em casa-de-vegetação (Cv) e em campo (Ca). Santa Maria, RS. 1999/2000

Casa-de-vegetação: $Ms^{-1}=a+b.\left[\ln\left(Dr\right)\right]^2$

CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	119,95381	1	119,95381	1461,73
Erro	0,24618858	3	0,082062861	
Total	120,2	4		

Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	0,071447915	0,001422923	50,2120797	0,06810307	0,07479276
b	0,71455225	0,044662150	15,9990561	0,60956551	0,81953899

Campo: $\ln\left(Ms\right)=a+b.Dr+c.Dr^2+d.Dr^3+e.Dr^4+f.Dr^5$

CV	SQ	GL	QM	F
Regressão	311,39337	5	62,278675	747,528
Erro	0,16662557	2	0,083312783	
Total	311,56	7		

Parâmetro	Valor	Erro padrão	valor t	IC (90%)	
a	-0,76500532	4,101423349	-0,18652191	-12,6084767	11,07846605
b	-0,46312374	43,05383751	-0,01075685	-124,787498	123,8612507
c	0,682859817	162,0799582	0,004213105	-467,347183	468,7129027
d	32,89582276	281,4956046	0,116860875	-779,964702	845,7563475
e	-49,4559631	229,9547548	-0,21506823	-713,484600	614,5726738
f	19,99568010	71,58058781	0,279345011	-186,703939	226,6952989

Cv: R^2=0,9979518421. R^2_{aj}=0,9959036842.
Ca: R^2=0,9994651895. R^2_{aj}=0,9962563264.

Os valores de temperatura média nos cultivos de verão foram 24,8ºC e de 17,8ºC no cultivo de outono. Entretanto, os valores médios de temperatura máxima do ar nos cultivos de verão foram 33,4ºC e no cultivo de outono 23,9ºC. O cultivo de inverno no ambiente casa-de-vegetação atingiu a matéria seca estipulada com 185,4^{o}C.dia e 49 dias após o transplante. O valor da temperatura máxima do ar foi 24,3ºC e temperatura mínima média do ar foi 5,9ºC. Dessa maneira, no cultivo de verão, as temperaturas máximas do ar podem diminuir o crescimento da cultura (CARON et al., 2003b) ao interferir, conforme cita Andriolo (2000) no mecanismo de abertura e fechamento de estômatos, assimilação do CO_2 para a fotossíntese, distribuição de fotoassimilados e expansão foliar. A distribuição de fotoassimilados ficaria restrita ao período noturno onde as temperaturas são mais amenas. Para o inverno, as temperaturas noturnas nem sempre atingiram a temperatura basal (CARON et al., 2003b) para promover a distribuição de fotoassimilados e a expansão das células epidérmicas.

4.4 Distribuição de matéria seca

A distribuição de matéria seca das plantas nas diferentes estações do ano e nos dois ambientes de cultivo vem confirmar as diferenças na duração ciclo de cultivo (Figuras 8, 9, 10, 11 e 12). As folhas receberam o maior percentual de matéria seca, como esperado. O percentual destinado as mesmas, nos diferentes ambientes, foi muito semelhante como se observa nos cultivos de verão, verão/outono e primavera, Figuras 8, 9 e 12, respectivamente.

No cultivo de primavera, a partir da terceira observação, o percentual de matéria seca distribuída para as folhas no campo, foi superior ao ambiente casa-de-vegetação. O diferencial do ambiente casa-de-vegetação foi nas primeiras semanas do ciclo, onde neste se encontram condições melhores do ambiente para o crescimento e desenvolvimento das plantas, comparado ao campo, sobretudo uma menor variação dos valores de temperatura do ar, diminuído assim as diferenças entre os valores máximos e mínimos. Projetando-se no eixo "x" a máxima distribuição de matéria seca para as folhas no ambiente casa-de-vegetação ficam entre 100 e 200°C.dia. Para o campo, a máxima distribuição de matéria seca para as folhas ficou entre 150 e 300°C.dia, o que caracteriza uma maior produção no ambiente casa-de-vegetação e antecipação do ponto de colheita.

Essa relação pode ser estendida para os cultivos de outono e inverno, Figuras 10 e 11, respectivamente. Nas duas estações, o percentual de matéria seca de folhas foi maior, em todo o ciclo para o ambiente casa-de-vegetação e a máxima distribuição de matéria seca para as folhos, para ambos as estações ficaram entre 100 e 200°C.dia, no entanto com diferenças no número de dias para completar o ciclo da cultura, como observado na duração dos ciclos (Tabela 2).

A matéria seca produzida através da fixação do carbono atmosférico e da eficiência de conversão da radiação solar foi distribuída de forma variável, ao longo do desenvolvimento da alface nas diferentes épocas para folhas, caules e restos (Figuras 8, 9, 10, 11 e 12). Observa-se nessas Figuras, uma tendência de diminuição da matéria seca alocada as folhas do início para o final do ciclo. Resposta oposta verifica-se para o caule, onde existe uma tendência de aumento da fração de matéria seca alocada a aquele órgão, com o passar do ciclo.

O órgão para o qual foi alocado a maior fração dos fotoassimilados produzidos foram as folhas, para ambos ambientes. Para o ambiente casa-de-vegetação, foram alocadas para as folhas, entre 68,5% (Figura 10) e 93,5% (Figura 11) da matéria seca produzida e para o campo foram alocadas entre 56,8% (Figura 11) e 91,5% (Figura 12).

O caule é o órgão da planta em que a alocação dos fotoassimilados apresenta menores variações ao longo do ciclo de desenvolvimento nas diferentes épocas de cultivo. Os fotoassimilados destinados para o caule variaram no ambiente de casa-de-vegetação de 2,9% (Figura 11) a 12,5% (Figura 12). Para o ambiente de campo a variação foi de 4,7% a 13,7% (Figura 11).

Os restos não apresentam repartição uniforme, onde os maiores valores alocados são observados no início e final de desenvolvimento da cultura (Figura 8). Nos cultivos em que os restos foram separados das folhas senescentes (Figuras 10 e 11) observa-se uma diminuição na quantidade de matéria seca alocada para emissão de novas folhas ao longo do ciclo de cultivo.

As maiores percentagens de matéria seca alocada para as folhas (Figuras 8, 9, 10, 11 e 12) no ambiente de casa-de-vegetação ocorreram em temperaturas extremas médias que variaram de 11,9ºC no cultivo de inverno a 32,7ºC no cultivo de verão. Do mesmo modo, para o ambiente de campo as temperaturas extremas observadas foram 8,4ºC no cultivo de inverno a 29,1ºC no cultivo de verão.

Referências devem ser feitas ao cultivo de inverno para ambos ambientes em relação aos restos e temperatura do ar. Na segunda semana após o transplante foram registradas as menores temperaturas mínimas médias sendo 2,1ºC no ambiente de casa-de-vegetação e 1,5ºC no ambiente de campo. Em condições adversas de temperatura do ar, no ambiente de casa-de-vegetação, as folhas mantiveram a mesma percentagem de matéria seca, entretanto no ambiente de campo houve redução na matéria seca alocada para as folhas até a quarta semana após o transplante. Na terceira semana após o transplante no ambiente de campo observou-se temperatura média mínima de 3,6ºC e temperatura média máxima de 16ºC. Nesta condição e sem a ocorrência de geadas, os valores de temperatura do ar foram suficientes para manutenção da matéria seca alocada para as folhas em ambiente de campo, bem como a emissão de novas folhas (restos), ou seja, 13% da matéria seca produzida (Figura 11). A redução na alocação de matéria seca para as folhas na quarta observação no ambiente de campo, é explicada pela matéria seca de folhas senescentes perfazendo 10% da matéria seca total conforme mostra a Figura 11, ou seja, danos na área foliar em função das baixas temperaturas.

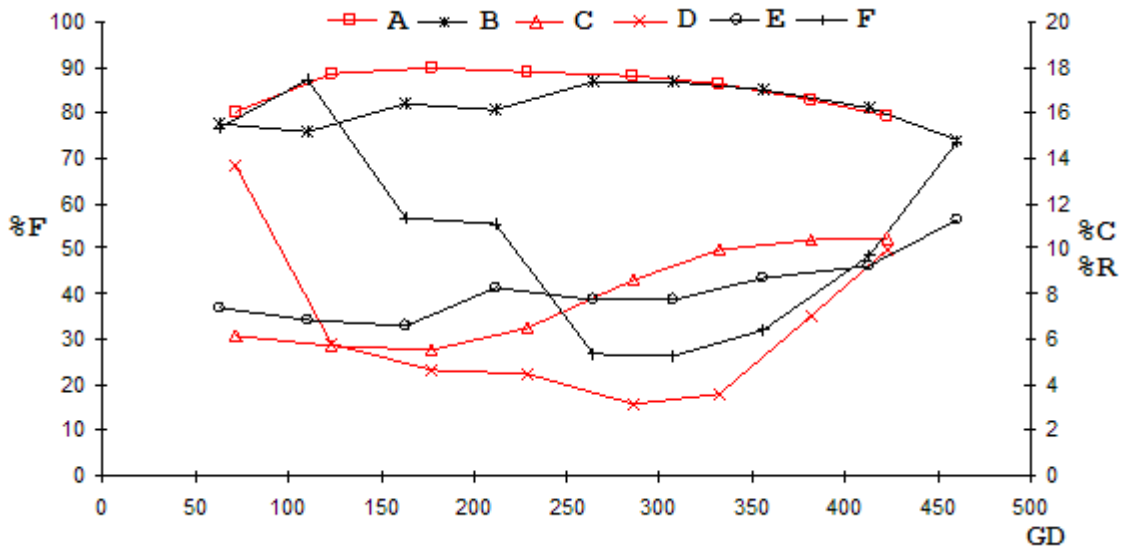


Figura 8 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %F, Ca; C. %C, Cv; D. %R, Cv; E. %C, Ca; F. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD, ^{o}C.dia) no cultivo de verão em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule e %R: massa de matéria seca relativa de restos). Santa Maria, RS. 1999/2000

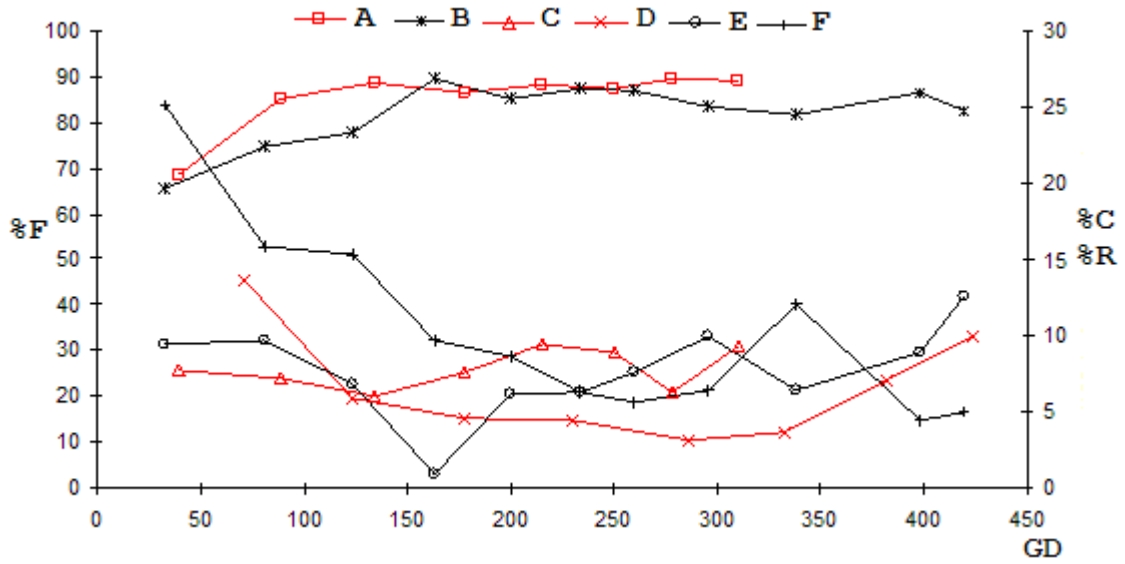


Figura 9 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %F, Ca; C. %C, Cv; D. %R, Cv; E. %C, Ca; F. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD, ^{o}C.dia) no cultivo de verão/outono em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule e %R: massa de matéria seca relativa de restos). Santa Maria, RS. 1999/2000

A maior eficiência térmica do ambiente casa-de-vegetação comparada ao campo pode ser observada nas melhores condições meteorológicas daquele em relação a este quando se observa os valores de distribuição dos restos, ou seja, os pontos de crescimento. Na Figura 10, por exemplo, observasse que o percentual destinado aos restos no campo é maior que no ambiente casa-de-vegetação. Assim, este melhor percentual pode estar relacionado a ser um tecido mais tenro e consequentemente ter menor massa quando comparado ao campo. Outra situação que deve ser observada é que apesar de menor quantidade de restos, o ambiente casa-de-vegetação em todas as observações apresenta maior percentual de matéria seca distribuída para as folhas quando comparado ao campo. Assim, o manejo adotado, e as melhores condições ambientais na casa-de-vegetação favorecem ao melhor crescimento e desenvolvimento da cultura. Estes fatos podem ser explicados pela melhor eficiência térmica, maior eficiência da radiação fotossinteticamente ativa e melhor aproveitamento da radiação difusa no interior da casa-de-vegetação.

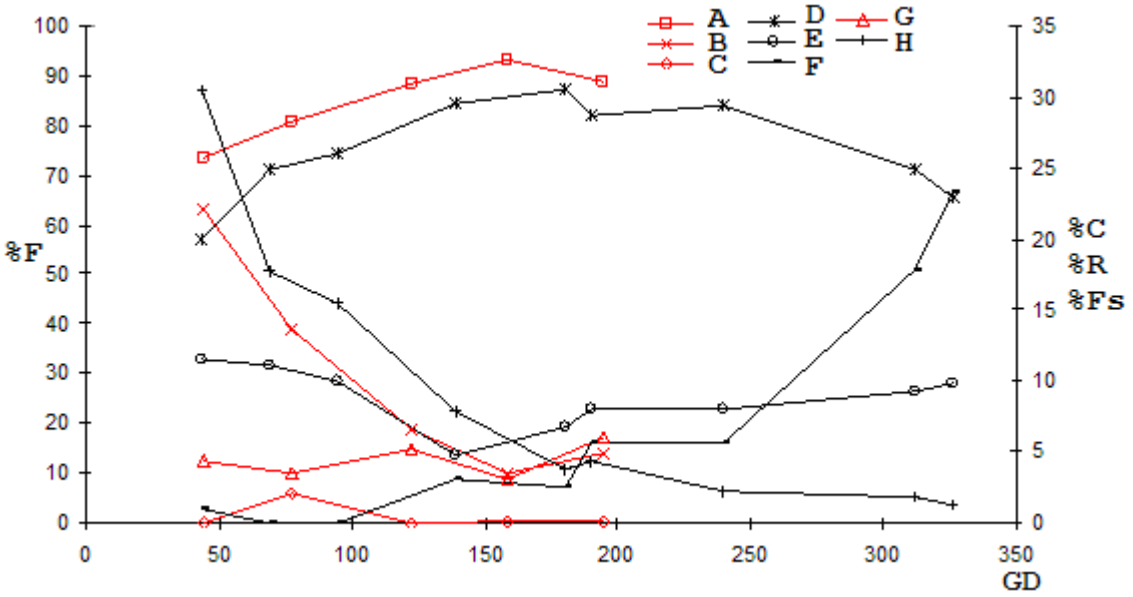


Figura 10 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %R, Cv; C. %Fs, Cv; D. %F, Ca; E. %C, Ca; F. %Fs, Ca; G. %C, Cv; H. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD, ^{o}C.dia) no cultivo de outono em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule; %R: massa de matéria seca relativa de restos e %Fs: massa de matéria seca relativa de folha senescente). Santa Maria, RS. 1999/2000

O caule apresenta como funções a sustentação da planta e órgão de reserva. Esta última característica é exemplificada quando a planta encontra limitação térmica para o crescimento

como se observa no cultivo de inverno (Figura 11). Nesse cultivo constata-se que as condições de temperatura média mínima do ar foram desfavoráveis (Figuras 1 e 2) para acúmulo de matéria seca tanto no ambiente de casa-de-vegetação como no ambiente de campo. Em Andriolo (2000) cita que as temperaturas inferiores a 18ºC afetam a velocidade das reações enzimáticas da planta e o crescimento e desenvolvimento ocorreriam a taxas reduzidas. Por outro lado, sob condições de baixas temperaturas do ar (Figuras 1 e 2) ocorreu um aumento da fração de matéria seca alocada para o caule nos dois ambientes. O mesmo não aconteceu para a matéria seca alocada para as folhas onde no ambiente de casa-de-vegetação permaneceu constante e para o ambiente de campo diminuiu até a quarta observação.

Assim, no ambiente casa-de-vegetação nas primeiras observações praticamente não houve crescimento das plantas, ou seja, não há soma térmica suficiente para o desenvolvimento das folhas e sim para sua manutenção. Logo que a temperatura do ar aumentou (Figura 1), há uma retomada no crescimento e desenvolvimento da cultura. As plantas priorizaram a fração destinada para os restos e caule. Tais observações não foram verdadeiras para o campo, ou seja, as plantas de alface sofreram danos na sua parte aérea, conforme se observa na redução do percentual de matéria seca distribuída para as folhas e o percentual de matéria seca distribuída para as folhas senescentes (Figura 11). Além de estagnarem o crescimento e desenvolvimento nas primeiras observações, a retomada do crescimento foi mais lenta neste ambiente igualando-se ao ambiente casa-de-vegetação apenas na sexta observação, conforme se pode observar no percentual de matéria seca das folhas.

No cultivo de inverno (Figura 11), as temperaturas médias mínimas de 2,1ºC e 2,9ºC registradas na segunda e terceira observações, não favoreceram o crescimento da cultura, mas foram suficientes para manter a matéria seca alocada para as folhas no ambiente de casa-de-vegetação, quando comparada a mesma condição no ambiente de campo que apresentou temperaturas médias mínimas de 1,5ºC e 3,6ºC. O efeito das geadas registradas, com valor mínimo absoluto de -2,0ºC e -2,9ºC na casa-de-vegetação e em campo, respectivamente, não afetaram o crescimento a ponto de causar danos letais as plantas. No entanto, causaram paralisação temporária no crescimento e desenvolvimento. No ambiente casa-de-vegetação o manejo de fechamento da casa-de-vegetação no período diurno, propiciou maior soma térmica, mantendo no interior da casa-de-vegetação temperatura do ar mais favorável ao crescimento e repartição da matéria seca em relação a ambiente de campo.

A partir da quarta observação (Figura 11), quando os valores médios de temperatura máxima e mínima do ar aumentaram para 22,3ºC e 6,9ºC (Figura 2), observa-se que a matéria seca alocada para as folhas se manteve (91%). No entanto, observa-se incremento na soma térmica favorecendo o crescimento da alface. Este fato pode ser observado pela fração destinada para o caule e os restos. Da mesma maneira, no ambiente de campo, observa-se que os fotoassimilados produzidos foram alocados para outros órgãos como o caule e os restos em maior fração quando comparada ao ambiente de casa-de-vegetação. Isto também pode ser considerado crescimento/desenvolvimento, apesar da menor da soma térmica observada no ambiente de campo em relação a ambiente de casa-de-vegetação, ou seja 62,2^{o}C.dia e 66,3^{o}C.dia, respectivamente. Dessa maneira, o ambiente de campo apresenta condições térmicas menos favoráveis para a expansão foliar interferindo no aumento do ciclo da alface em relação ao ambiente de casa-de-vegetação. Do mesmo modo, os restos em ambos ambientes diminuíram (Figura 12), caracterizando que os fotoassimilados produzidos no período foram destinados para manutenção da respiração da planta e crescimento do órgão de reserva secundário, o caule.

De acordo com Sanches et al. (1989), em trabalhos com a cultura da alface, as folhas conseguem armazenar os fotoassimilados produzidos para posteriormente serem distribuídos para outras folhas ou mesmo para a emissão de novas folhas em condições adversas.

No cultivo de primavera (Figura 12), a menor percentagem de matéria seca alocada para as folhas no ambiente de casa-de-vegetação a partir da terceira observação em relação ao ambiente de campo, pode ser atribuída a crescente matéria seca alocada (4,5% para 12,5%) para o caule. O aumento em percentagem de matéria seca para este órgão principalmente na última observação (12,5%) foi conseqüência do pendoamento da cultura ocasionado pelo fotoperíodo adequando para o pendoamento da planta. Dessa maneira, este órgão, neste estádio do desenvolvimento, necessita de maior quantidade de fotoassimilados para elongação do caule. Pode-se inferir que para tais condições de cultivo e para a primavera, as 200 g de matéria fresca definidas como limite para finalizar o ciclo não é valido, visto que interfere na qualidade do material a ser produzido.

No ambiente de campo, observa-se maior alocação de fotoassimilados para o caule e os restos, comparado ao ambiente de casa-de-vegetação (Figura 12). Duas hipóteses são levantadas para procurar explicar este fato. A primeira pode ser atribuída a maior massa por volume de matéria seca no ambiente de campo em relação ao ambiente de casa-de-vegetação, ou seja, existe

um menor conteúdo de água na matéria seca produzida em ambiente de campo. A segunda, que as melhores condições meteorológicas para o crescimento das plantas no interior da casa-de-vegetação favorecem um aumento da taxa de emissão de folhas conforme observado por Hermes (2001). Assim, ocorrerá maior incremento da área foliar no interior do ambiente de casa-de-vegetação tanto pela maior emissão de folhas, quanto pelas condições mais favoráveis para expansão foliar.

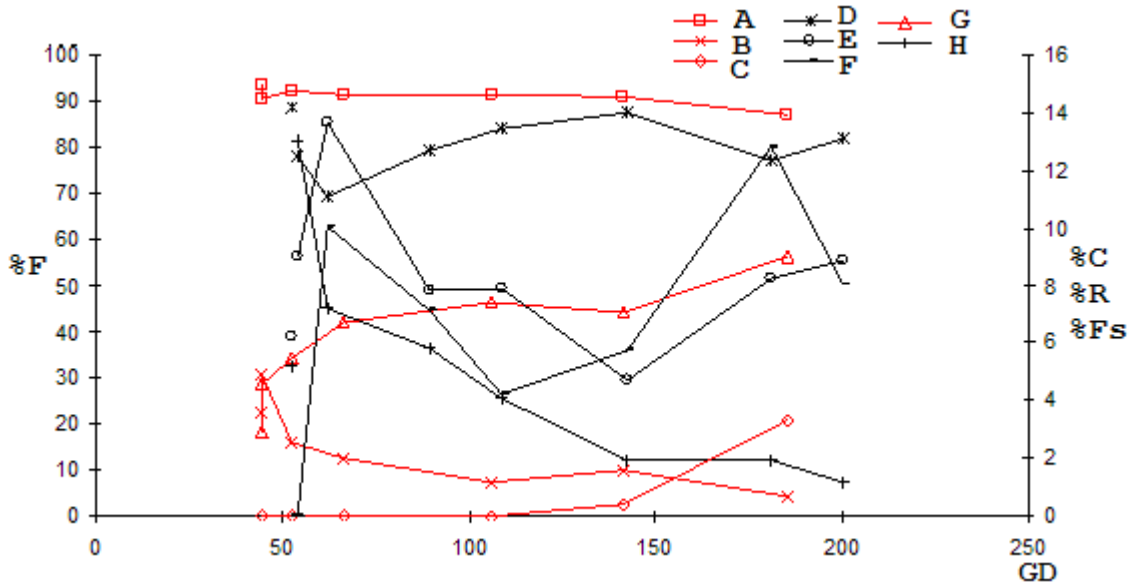


Figura 11 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %R, Cv; C. %Fs, Cv; D. %F, Ca; E. %C, Ca; F. %Fs, Ca; G. %C, Cv; H. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD, ^{o}C.dia) no cultivo de inverno em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule; %R: massa de matéria seca relativa de restos e %Fs: massa de matéria seca relativa de folha senescente). Santa Maria, RS. 1999/2000

As unidades térmicas favorecem o crescimento das plantas através da expansão foliar, pois a temperatura do ar apresenta importância na translocação de fotoassimilados e na repartição da matéria seca. Isto pode ser observado na Figura 1, quando se compara a matéria seca alocada para as folhas entre a casa-de-vegetação e o campo, ou seja, para a mesma soma térmica é alocado maior percentagem de matéria seca para as folhas no ambiente de casa-de-vegetação, com exceção ao cultivo de primavera a partir da terceira observação, caracterizando o maior crescimento observado no ambiente casa-de-vegetação e maior distribuição de matéria seca para as folhas (Figuras 8, 9, 10, 11 e 12).

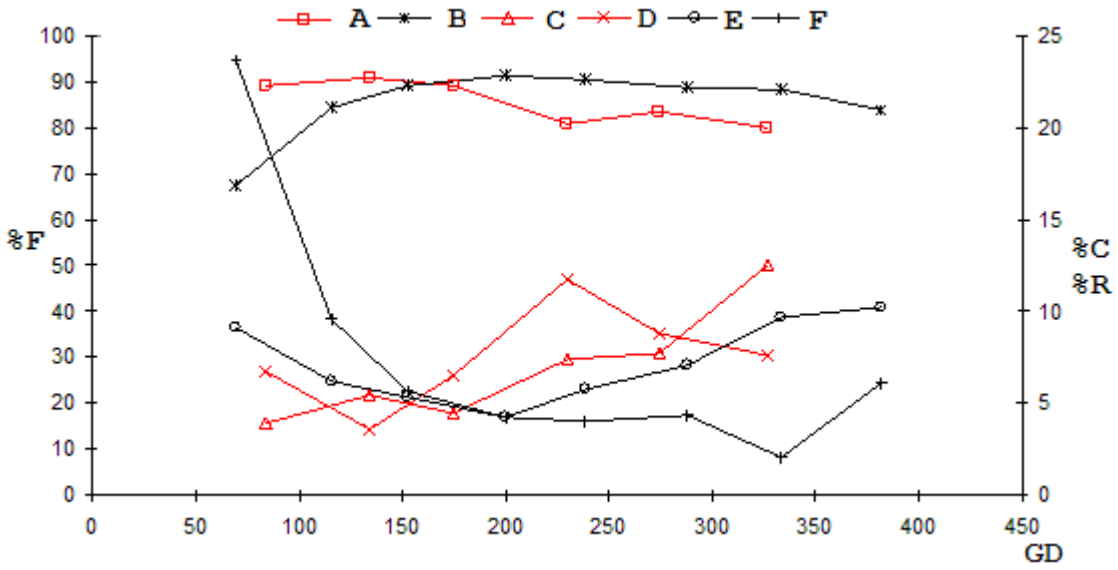


Figura 12 - Distribuição de massa matéria seca de alface (A. %F, Cv; B. %F, Ca; C. %C, Cv; D. %R, Cv; E. %C, Ca; F. %R, Ca) em função do número de graus-dia (GD, ^{o}C.dia) no cultivo de primavera em campo (Ca) e em casa-de-vegetação (Cv) (%F: massa de matéria seca relativa de folha; %C: massa de matéria seca relativa de caule e %R: massa de matéria seca relativa de restos). Santa Maria, RS. 1999/2000

4.5 Considerações finais

A soma térmica, como variável de avaliação do desenvolvimento da cultura da alface, apresentou equações distintas nas diferentes estações do ano.

A casa-de-vegetação proporcionou a mesma produtividade de massa de matéria seca num tempo mais reduzido quando comparado ao campo, diminuindo em todas as estações a duração ciclo de cultivo, podendo proporcionar assim, nesse caso específico, 2,4 cultivos a mais que no campo.

Os valores máximos da fração de matéria seca alocada para as folhas com valores de 93,5% e 88,8% ocorreram com temperatura média mínima de 11,9ºC no cultivo de inverno e temperatura média máxima de 32,7ºC no cultivo de verão, respectivamente.

A soma térmica básica da cultura da alface é 200°C.dia desde que aliado as condições de manejo da casa-de-vegetação como foi observado no cultivo de outono.

Em função do critério utilizado (valor mínimo de massa de matéria verde de referência da parte comercializável para se proceder a colheita foi 200 g por planta), houve diferença de duração do ciclo (número de dias entre o transplante e a colheita) nos dois ambientes de cultivo

(casa-de-vegetação e campo), pois o acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea ($g.planta^{-1}$) foi igual em todas as épocas de cultivo, mas a duração do ciclo foi sempre inferior na casa-de-vegetação.

5 CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos neste trabalho, para a cultura de alface, pode-se concluir que: (i) as curvas de caracterização do acúmulo de massa de matéria seca (Ms, g.planta^{-1}) da parte aérea em função do número do desenvolvimento relativo (Dr) em casa-de-vegetação foram:

$$Ms=4.a.e^{-\frac{Dr-b}{c}}\left(1+e^{-\frac{Dr-b}{c}}\right)^{-2} \text{ (Verão)}$$

$$Ms=e^{\left(-30,9886561+252,1879461.Dr-837,319842.Dr^2+1365,465798.Dr^3-1073,33265.Dr^4+326,1507249.Dr^5\right)} \text{ (Verão/Outono)}$$

$$Ms=\frac{1}{0,166666667-1,65366212.Dr^2\ln\left(Dr\right)-0,19720758.\frac{\ln\left(Dr\right)}{Dr^2}} \text{ (Outono)}$$

$$Ms=12,81851147+44,57476906.Dr^2\ln\left(Dr\right)-53,2780572.\left[\ln\left(Dr\right)\right]^2-17,1646629.\frac{\ln\left(Dr\right)}{Dr}$$

(Inverno)

$$Ms=\frac{1}{0,071447915+0,71455225.\left[\ln\left(Dr\right)\right]^2} \text{ (Primavera)}$$

e em campo foram:

$$Ms=-2,70270341+\frac{22,48325590.\left[\operatorname{atan}\left(\frac{Dr-0,816103054}{0,296243899}\right)+\frac{\pi}{2}\right]}{\pi} \text{ (Verão)}$$

$$Ms=e^{\left(-7,74050775+33,49835599.Dr-42,7547783.Dr^2+19,14833770.Dr^3\right)} \text{ (Verão/Outono)}$$

$$Ms=e^{\left(2,711288305+-4,22842552.\left[\ln\left(Dr\right)\right]^2\right)} \text{ (Outono)}$$

$$Ms=e^{\left(-28,4141147+210,3973856.Dr-637,060428.Dr^2+960,7622885.Dr^3-707,354746.Dr^4+204,4422029.Dr^5\right)} \text{ (Inverno)}$$

$$Ms=e^{\left(-28,4141147+210,3973856.Dr-637,060428.Dr^2+960,7622885.Dr^3-707,354746.Dr^4+204,4422029.Dr^5\right)} \text{ (Primavera)}$$

e (ii) o órgão com maior produção de massa de matéria seca foi a folha. O percentual da matéria seca produzida destinada às folhas ficou entre 73,5% e 93,5% para casa-de-vegetação e entre 56,8 e 91,5% para o campo.

REFERÊNCIAS

ALVES, V.C. **Exigências térmicas e avaliação de modelos de estimativa da produção de arroz (*Oriza sativa* L) irrigado**. 1995. 65p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

ALVES, V.C; PEDRO JÚNIOR, M.J.; SENTELHAS, P.C.; AZZINI, L.E. Exigências térmicas do arroz irrigado 'IAC 4440'. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.171-174, 2000.

ANDRIOLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira,cidade,** v.18, p.26-33, 2000.

ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**,cidade, v.74, p.430-445, 1959.

BAKER, J.T.; PINTER JÚNIOR, P.J.; REGINATO, R.J.; KANEMASU, E.T. Effects of temperature on leaf appearance in spring and winter wheat cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, p.605-613, 1986.

BONHOMME, R., DERIEUX, M., EDMAEADS, G.O. Flowering of diverse maize culivars in relation to temperature and photoperiod in multilocation field trials. **Crop Science,** Madison, v.34, p.156-164, 1994.

BRUNINI, O.; LISBÃO, R.S.; BERNARDI, J.B.; FORNASIER, J.B.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Temperatura basal para alface variedade cultivada "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, cidade, v.35, n.19, p.213-219, 1976.

BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J.L.; MEDEIROS, S.L.P. Modificação da temperatura mínima do ar causada por casas-de-vegetação de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Santa Maria, v.l, n.l, p.43-49, 1993a.

BURIOL, G.A.; STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; MEDEIROS, S.L.P. Modificação ambiental causada por túneis baixos de polietileno transparente perfurado cultivados com alface. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.23, n.3, p.261-266, 1993b.

CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Temperatura basal para cálculo dos graus-dia para variedades cultivadas de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, cidade, v.22, n.2, p.115-121, 1987.

CARON, B.O.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; SCHMIDT, D.; BIANCHI, C.; POMMER, S.F. Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada em matéria seca de alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.261-268, 2003a.

CARON, B.O.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; SCHMIDT, D.; BIANCHI, C.; POMMER, S.F. Influência da temperatura do ar e radiação solar no acúmulo de matéria seca da alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.275-283, 2003b.

CARON, B.O.; MANFRON, P.A.; LÚCIO, D.A.; SCHMIDT,D.; MEDEIROS, S.L.P.; BONNECARRÈRE, R.A.G.; DOURADO NETO, D. Equações de estimativas da matéria seca da parte aérea da alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1248-1254, 2007.

CASTELANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo - hidroponia.** 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.

CERMENO, Z.S. **Cultivo de plantas hortícolas em casa-de-vegetação**. Lisboa: Litexa, 1979. 368p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-CFRS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, EMBRAPA/CNPT, 1995. 223p.

CORNILLON, P. Influence de la température dês racines sur la croissanc et la nutrition dês plantes. In: _____**Lês cultures hors sol.** Paris : INRA, 1987. p.221-234.

CUNHA, G.R.; SILVA, M.S.; ARIAS, G.; DALMAGO, G.A. Caracterização bioclimática de cevadas brasileiras. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**,cidade, v.7, n.2, p.201-206, 1999.

CUNHA, N.S. **Avaliação de crescimento de duas variedades cultivadas de alface em três túneis baixos distintos e ambiente natural**. Santa Maria: UFSM, 1997. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

DELISTOIANOV, F. **Produção, teores de nitrato e capacidade de rebrota de variedades cultivadas de alface, sob casa-de-vegetação, em hidroponia e solo, no verão e outono**. 1997. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

DOFING, S.M. Inheritance of phyllochron in barley. **Crop Science**, Madison, v.39, p.334-337, 1999.

ESTEFANEL, V.; BURIOL, G.A.; SACCOL, A.V. Variabilidade e probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais,** Santa Maria, v.8, n.4, p.363-384, 1978.

FELIPPE, G.M. Desenvolvimento e morfogênese. In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1986. v.2, p.1-37.

FERNANDES, H.S.; MARTINS, S.R. Cultivo de alface em solo em ambiente protegido. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.56-63, 1999.

FILGUEIRA, F.A.R. Cultura e comercialização de hortaliças. 2.ed. In: FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981., v.1, 338p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura:** agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, UFV, 2000. 402p.

FRANK, A.B.; BAUER, A. Phyllochron differences in wheat, barley and forage grasses. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.19-23, 1995.

GRIMALDI, M.C.; MARTÍNEZ, S.; GARBI, M.; MORELLI, G. Unidades calóricas acumuladas em um cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**,cidade, v.11, n.2, p.379- 383, 2003.

GUISCEM, J.M.; SANS, L.M.A.; NAKAGAWA, J.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; MATEUS, G.P. Crescimento e desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.) em semeadura tardia e sua relação com graus-dia e radiação solar global. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.251-260, 2001.

JIE, H.; KONG, L.S. Growth and photosynthetic responses of three aeroponically grown Lettuce cultivars (*Lactuca sativa* L.) to different root zone temperatures and growth irradiances under tropical aerial conditions. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**,cidade, v.73, n.2, p.173-180, 1998.

KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W.; PETERSON, C.M. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.798-792, 1982.

KNOTT, J.E. **Handbook for vegetable grovers.** 2. ed. New York: John Wiley , 1962. 245p.

MAGGI, M.F.; KLAR, A.E.; JADOSKI, C.J.; ANDRADE, A.R.S. Produção de variedades de alface em diferentes potencias de água no solo em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.3, p.415-427, 2006.

MARTINEZ, H.E.P. **O uso de cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 2002. 61p.

MASSIGNAM, A.M.; VIEIRA, H.J.; FLESCH, R.D.; HEMP, S. Ecofisiologia do feijoeiro III – Influência de variáveis bioclimáticas na duração de período fenológicos e determinação de temperatura basal e graus-dia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.47-54, 1998.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 46p.

MUCHOW, R.C.; CARBERY, P.S. Environmental control of phenology and leaf growth in a tropically adapted maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.20, p.221-236, 1989.

PAIVA, M.C. **Produção de hortaliças em ambiente protegido**. Mato Grosso: SEBRAE, 1998. 78p.

PANDURO, A.M.R. **Análise do comportamento da alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes condições de iluminação.** 1986. 129p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P.; MORAES, A.V.C.; FELÍCIO, J.C.; CASTRO, J. L. Temperatura basal, graus-dia e duração do ciclo para variedades cultivadas de triticale. **Bragantia**cidade, v.63, n.3, p.447-453, 2004.

PELÚZIO, J.B.E. **Crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em casa-de-vegetação com seis níveis de água e cobertura do solo com seis filmes coloridos de polietileno.** , 1992. 102p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Unversidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

REICHARDT, K. A água: absorção e translocação. In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia Vegetal**. 2.ed. São Paulo: EDUSP, 1985. p.3-24.

REISSER JÚNIOR, C.J. **Evapotranspiração da alface (*Lactuca sativa* L.) em casa-de-vegetação plástica e ambiente natural. 1991. 78p. Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1991.

RICKMAN, R.W.; KLEPPER, B.L. The "Phyllochron": Do we go in the future? **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.44-49, 1995.

RODRIGUES, A.B.; MARTINS, M.I.E.G.; ARAÚJO, J.A.C. Avaliação econômica da produção de alface em casa-de-vegetação. **Informações econômicas**, cidade, v.27, n.3, p.27-35, 1997.

SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; ANDRIOLO, J.L.; ESTEFANEL, V.; STRECK, N.A. Modificação na temperatura do solo causada por casas-de-vegetação de polietileno de baixa densidade em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Santa Maria, v.l, n.l, p.37-42, 1993.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura:** a fascinante arte de variedade cultivada com os plásticos. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha, 1997. 297p.

TIBIRIÇÁ, A.C.G.; BRITO, A.A.A.; BAETA, F.C. Produção de alface na verão: casas-de-vegetação como ambiente de cultivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. **Anais…**, Florianópolis: ABEPRO, 2004. p.418-425.

VAN ESBROECK, G.A.; HUSSEY, M.A.; SANDERSON, M.A. Leaf appearance rate and final number of switchgrass cultivars. **Crop Science**, Madison, v.37, p.864-870, 1997.

VAZQUEZ, M.S.V.**Estudo comparativo da morfogênese foliar em seis variedades cultivadas de alface** (*Lactuca sativa* L.). 1986. 129p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JÚNIOR, M.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura basal, em função das temperaturas máxima e mínima. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, n.30,8p, 1972.

WANG, J.Y. A critique of heat unit approach to plant response studies. **Ecology**, Brooklyn, v.41, n.4. p.785-790, 1960.

WARRINGTON, I.J.; KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod. Leaf-initiation and leaf-appearance rates. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, p.755-761, 1983a.

WARRINGTON, I.J.; KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod I. Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, p.749-754, 1983b.

WIEN, H.C. Lettuce. In: WIEN, H.C. **The physiology of vegetable crops.** New York: Cab International, 1997. 663p.

WILHELM, W.W.; MACMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.1-3, 1995.

YUANSHU, S.; ZENGYUAN, W. Triticale developments in China. In: MERGOUM, M.; GOMEZ-MACPHERSON, H. (Ed.) Triticale improvement and production; FAO **Plant Production and Protection Paper** (FAO), n.179. Rome : FAO, 2004. p.103-108. FAO Plant Production and Protection Paper, 179.

ZITO, R.K.; FRONZA, V.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONTES, P.C.R. Fontes de nutrientes, relações nitrato: amônio e molibdênio em alface (*Lactuca sativa* L.) produzida em meio hidropônico. **Revista Ceres**. Viçosa, v.41, n.236, p.419-430, 1994.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo