

**MODELOS REFERENTES À PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE SOB  
HIDROPONIA**

**SIDINEI JOSÉ LOPES**

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **DURVAL DOURADO NETO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura  
"Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para  
a obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área  
de Concentração: Fitotecnia.

**PIRACICABA**

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro – 2002

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Lopes, Sidinei José  
Modelos referentes à produção de sementes de alface sob hidroponia / Sidinei José  
Lopes. - Piracicaba, 2002.  
129 p.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.  
Bibliografia.

1. Alface 2. Biomassa 3. Efeito da temperatura 4. Estufa 5. Hidroponia 6. Modelo matemático 7. Qualidade fisiológica 8. Semente I. Título

CDD 635.52

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

## **AGRADECIMENTOS**

Aos Professores, Dr. Durval Dourado Neto e Dr. Paulo Augusto Manfron, pelos ensinamentos e pelo MODELO de profissionais de sucesso e ao mesmo tempo, humanitários.

Aos Professores e Funcionários do Departamento de Fitotecnia da UFSM pelo auxílio, em especial a: Dr. Lindolfo Storck, Dr. Sandro Luiz Petter de Medeiros, Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr. Osmar Souza dos Santos, Dr. Danton Camacho Garcia e Dr. Nilson Lemos de Menezes.

Aos Professores da ESALQ/USP, Dr. Décio Barbin, Dr. Sílvio Moure Cícero, Dra. Lilian B. P. Zaidan e Dr. Antonio Augusto Franco Garcia, pelo privilégio de ser seu aluno e pelos ensinamentos.

À CAPES e ao extinto Programa Institucional de Capacitação de Docentes e Técnicos, pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, pela oportunidade.

Aos colegas de curso pela convivência e amizade: André Luiz de Souza Lacerda, Valtemir G. Ribeiro, Axel García y García, Maria del Valle Basanta, Silvana da Silva Cardoso, Silvia Regina Silva de Oliveira, Wellington Farias Araújo e Geraldo Rogério Faustini Cuzzuol.

À competente secretária da pós-graduação, Sra. Maria Ivete Monteiro de Almeida.

Aos que deram seu trabalho e vontade na montagem da estrutura do experimento, bem como na obtenção dos dados: Luís Renato Jasniewicz e Jones Simon (alunos do curso de Agronomia, UFSM), Simone Medianeira Franzin e ao Prof. Hércules Nogueira Filho (alunos da Pós-Graduação em Agronomia, UFSM);

À insólita Piracicaba, que exalta no seu hino: “Piracicaba que eu adoro tanto, cheia de flores, cheia de encantos...”.

Aos meus irmãos, Régis Lopes e Rogério Augusto Lopes, cunhadas e sobrinhos pelo estímulo.

Aos meus pais, Manoel José Lopes e Jeny Lopes, por fazerem do seu amor, a minha vida.

À minha amada mulher, Cleusa Teresinha Milanesi Lopes e meu amado filho, Guilherme Milanesi Lopes, que me acompanham, auxiliam, incentivam, choram e riem desde o início da minha caminhada, ou que nasceram durante, para minha inspiração.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE SÍMBOLOS .....	xv
RESUMO .....	xx
SUMMARY .....	xxi
1 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE ALFACE .....	1
2 INTRODUÇÃO .....	3
2.1 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.2 BOTÂNICA .....	4
2.3 LOCAIS DE PRODUÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO.....	5
2.3.1 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE ALFACE .....	5
2.3.2 Qualidade fisiológica da semente .....	7
2.3.3 Nutrição e adubação .....	9
2.3.4 Temperatura .....	12
2.3.5 Luz.....	12
2.3.6 Épocas de colheita.....	13
2.4 Sistema de Produção.....	14
2.5 PRODUTIVIDADE DE SEMENTES .....	14
2.6 NECESSIDADES DE MELHORAMENTO GENÉTICO NO CULTIVO DE ALFACE EM HIDROPONIA.....	14
2.7 ANÁLISE DE CRESCIMENTO.....	18
3 MODELAGEM .....	21
3.1 MATERIAL E MÉTODOS .....	21

3.2	ASPECTOS GERAIS .....	23
3.3	MANEJO DA CULTURA.....	26
3.4	TÉCNICAS EXPERIMENTAIS .....	28
3.4.1	DETERMINAÇÕES REFERENTES À PLANTA: VARIÁVEIS DEPENDENTES .....	28
3.4.2	Desenvolvimento e crescimento .....	32
3.5	Produção de sementes .....	33
3.5.1	DETERMINAÇÕES REFERENTES AO AMBIENTE: VARIÁVEIS INDEPENDENTES .....	33
3.5.2	Clima.....	37
3.6	Solução nutritiva .....	38
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	39
3.7.1	DESENVOLVIMENTO DO MODELO E SIMULAÇÃO.....	39
3.7.2	Considerações gerais.....	41
3.7.3	Modelo empírico .....	46
3.7.4	Modelo proposto .....	47
3.7.5	Fitomassa seca total e de folha.....	48
3.7.6	Partição da fitomassa seca.....	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4.1	EXPERIMENTOS REALIZADOS NA PRIMAVERA E NO OUTONO .....	51
4.2	VARIAÇÃO TEMPORAL DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.....	55
4.3	DESENVOLVIMENTO RELATIVO E VARIAÇÃO TEMPORAL DE FITOMASSA SECA.....	71
4.4	VARIAÇÃO TEMPORAL DA PARTIÇÃO DA FITOMASSA SECA NA PLANTA.....	78
5	CONCLUSÕES .....	78
	ANEXO: DADOS OBSERVADOS – FENOLOGIA .....	79
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
	APÊNDICE: DADOS CLIMÁTICOS E DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	119

## LISTA DE FIGURAS

- 1 Organograma resumo dos fatores encontrados na literatura que influenciam desde o florescimento até o rendimento de sementes de alface. .... 13
- 2 Esquema geral de duas bancadas de perfis hidropônicos e a localização do sistema hidráulico utilizados para o cultivo (fases vegetativa e reprodutiva) de alface sob ambiente protegido. .... 23
- 3 Esquema de parte de uma bancada de produção de alface em hidroponia, salientando a parcela útil de quatro plantas (subamostras) na direção perpendicular aos perfis hidropônicos (1° ao 6°) e respectivas plantas de bordadura (B), e o espaçamento (0,25 x 0,25 m) de forma alternada entre as plantas nos orifícios dos perfis. .... 27
- 4 Variação diária (em dias após o transplante e dia juliano) das temperaturas máximas e mínimas do ar, e temperatura média da solução nutritiva (média de dois reservatórios a cada dois dias) sob casa-de-vegetação com cultivo hidropônico de alface, variedade Vera. Experimento de primavera (a) 7 de Setembro de 2001 a 2 de Janeiro de 2002; Experimento de outono (b) 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS. .... 52
- 5 Variação da média horária (a), em  $W.m^{-2}$  e integral diária, em  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ , por dias julianos, (b) da radiação global incidente no interior da casa-de-vegetação com cultivo hidropônico de alface. Experimento de primavera: 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002; Experimento de outono: 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS. .... 54

6	Valores médios da evapotranspiração da cultura de alface quantificado pela água repostada para completar o volume de 400 L da solução em dois reservatórios no experimento de outono em função de dias após o transplante.....	55
7	Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa total da planta de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia efetivos modificados ( $g=0,91$ na fase reprodutiva) no experimento de primavera. ....	66
8	Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa total da planta de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia com o uso da temperatura basal inferior igual a $0^{\circ}\text{C}$ no experimento de outono.....	66
9	Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa total da planta de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia efetivos com o uso da temperatura basal inferior igual a $0^{\circ}\text{C}$ no experimento de outono. ....	67
10	Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa total da planta de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia efetivos modificados ( $g=0,91$ na fase reprodutiva) com o uso da temperatura basal inferior igual a $0^{\circ}\text{C}$ no experimento de outono. ....	67
11	Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa de folha na cultura de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia com o uso da temperatura basal inferior igual a $0^{\circ}\text{C}$ no experimento de primavera. ....	68
12	Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa de folha na cultura de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia efetivos modificados ( $g=0,91$ na fase reprodutiva) com o uso da temperatura basal inferior igual a $0^{\circ}\text{C}$ no experimento de outono. ....	68



13	Variação temporal em dias após o transplante (DAT) do percentual do total de fitomassa seca dos compartimentos da planta: fitomassa seca de folha, de talo e de raiz, por modelos polinomiais no experimento de primavera. ....	72
14	Variação temporal em dias após o transplante (DAT) do percentual do total de fitomassa seca dos compartimentos da planta: fitomassa seca de folha, de talo e de raiz, por modelos polinomiais no experimento de outono. ....	73
15	Variação temporal em dias após o transplante (DAT) do percentual do total de fitomassa seca de folhas verdes e senescentes, por modelos polinomiais no experimento de outono. ....	73

## LISTA DE TABELAS

	Página
1 Relação de trabalhos científicos realizados com a cultura de alface e respectivas conclusões de faixa de temperatura do ar ideal para o pleno crescimento e desenvolvimento da planta. ....	10
2 Épocas de semeadura e transplante (EST) com respectivos espaçamentos (E, m x m), concentração da solução nutritiva (SN, em %), estádios de crescimento e desenvolvimento da alface variedade Vera em hidroponia sob ambiente protegido nos experimentos de primavera em 2001 e outono em 2002. Santa Maria, RS.....	25
3 Épocas de semeadura e transplante (EST), número de dias após o transplante (DAT) e de amostras ( $\square$ ) e frequência de amostragens ( $F_i$ , %) por intervalo de tempo nos dois experimentos (primavera de 2001 e outono de 2002) de alface em hidroponia sob ambiente protegido. Santa Maria, RS.....	28
4 Variáveis dependentes e procedimento de coleta no i-ésimo dia de amostragem durante o cultivo de alface em hidroponia sob ambiente protegido, nos experimentos de primavera em 2001 e outono em 2002. Santa Maria, RS.....	31
5 Variáveis dependentes e procedimento de coleta na colheita de sementes da cultura de alface em hidroponia sob ambiente protegido, nos cultivos de primavera em 2001 e outono em 2002. Santa Maria, RS. ....	32
6 Assunções do modelo empírico referente à fitomassa seca relativa total (FSTri), para o desenvolvimento relativo ( $Dr_j$ ) em função de: graus-dia, radiação global, graus-dia efetivos e graus-dia efetivos modificado. ....	43

- 7 Assunções do modelo empírico referente à fitomassa seca relativa de folha (FSFri), para o desenvolvimento relativo (Dr) em função de: graus-dia, radiação global, graus-dia efetivos e graus-dia efetivos modificado..... 44
- 8 Resumo das análises de variância com os quadrados médios (QM) da interação e dos erros, e graus de liberdade (GL) de um esquema bifatorial (experimento: primavera e outono) em parcelas subdivididas (classes de graus-dia acumulados: 0 | 250; 250 | 500; 500 | 750; 750 | 1000; e, 1000 | 1250°C.dia; ou, classes de radiação solar incidente acumulada: 0 | 200; 200 | 400; 400 | 600; e, 600 | 800 MJ.m-2.d-1) com amostragem nas subparcelas (plantas por data de coleta) para fitomassa seca de folha (FSFi), talo (FSTaloi), raiz (FSRi) e total (FSTi), número de folhas (NFi) e área foliar (AFi), 2001/2002, Santa Maria, RS. .... 50
- 9 Intervalos de dias após o transplante (DAT), graus-dia (GDj, °C.dia), desenvolvimento relativo [Dr(GD)j], radiação global total acumulada (RG, MJ.m-2), desenvolvimento relativo [Dr(RG)j] em função do estágio fenológico da cultura de alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002 e 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S). .... 57
- 10 Intervalos de dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos acumulados (GDE, °C.dia) e seu respectivo desenvolvimento relativo (Dr(GDE)j), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm) e seu respectivo desenvolvimento relativo (Dr(GDEm, g=0,91)j), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm) e seu respectivo desenvolvimento relativo (Dr(GDEm, g=0,03)j) em função do estágio fenológico da cultura de alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 2001/2002. Santa Maria, RS..... 61

- 11 Quadrados médios do erro dos modelos do co-seno ajustados com as variáveis independentes:  $Dr(GD)_j$ ,  $Dr(RG)_j$ ,  $Dr(GDE)_j$  e  $Dr(GDEm)_j$ , em dois experimentos (primavera e outono) para as estimativas de fitomassa seca relativa total e de folha. Santa Maria, RS. .... 63
- 12 Parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  dos modelos do co-seno e respectivos erros padrões assintóticos (EP), ajustados com as variáveis independentes:  $Dr(GD)_j$ ,  $Dr(RG)_j$ ,  $Dr(GDEm)_j$  e  $Dr(GDE)_j$ , em dois experimentos (primavera e outono) para as estimativas de fitomassa seca relativa total e de folha. Santa Maria, RS..... 70
- 13 Equações polinomiais ajustadas e respectivos coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a variação temporal em dias após o transplante (DAT) do percentual do total de fitomassa seca dos compartimentos da planta: fitomassa seca de folha (FSF%), de talo (FSTalo%) e de raiz (FSR%), no experimento de primavera; e, fitomassa seca de folhas (FSF%= folhas verdes mais senescentes), de folhas verdes (FSFV%) e de senescentes (FSFS%), de talo (FSTalo%) e de raiz (FSR%), no experimento de outono. .... 74
- 14 Qualidade fisiológica e componentes do rendimento de sementes (aquênios) do cultivo de alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido nos experimentos de primavera em 2001 e outono em 2002, em função de duas épocas de colheita (plantas com 50 e 100% dos aquênios maduros - AM). Santa Maria, RS..... 77
- 15 Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_j$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_j - TBI$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo ( $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ) e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S). .... 80

- 16 Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa (RGj, MJ.m-2.d-1), radiação global total acumulada (RG, MJ.m-2), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S). ..... 84
- 17 Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos (GDEj), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivo})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S)... 88
- 18 Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEmj), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 7 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S). ..... 91
- 19 Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_j$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_j - T_{BI}$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo [ $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S). ..... 94
- 20 Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa (RGj, MJ.m-2.d-1), radiação global total acumulada (RG, MJ.m-2), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S). ..... 99

- 21 Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos (GDEj), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDE)j = f(\text{graus-dia efetivos})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S)... 103
- 22 Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEmj), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDEm, g=0,91)j = f(\text{graus-dia efetivos})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S)..... 108
- 23 Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima (Tmáx.j), mínima (Tmín.j) e média (Tj), umidade relativa máxima do ar (URmáx.j), mínima (URmín.j) e média (URj), radiação total (RGj) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 07 de setembro de 2001 a 02 de janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S)..... 120
- 24 Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima (Tmáx. j), mínima (Tmín.j) e média (Tj), umidade relativa máxima do ar (URmáx.j), mínima (URmín.j) e média (URj), radiação total (RGj) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 26 de abril a 25 de setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S)..... 123
- 25 Valores médios de dois reservatórios de características da solução nutritiva: pH inicial (pHi), pH final (pHf), condutividade elétrica (CESN) em dS.m-1, temperatura da solução nutritiva (TSN) em °C e água repostada (AR) em litros durante o cultivo de alface nos períodos de 06 de setembro a 28 de dezembro de 2001, e 24 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS..... 127

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha$	Parâmetro empírico referente ao modelo não linear proposto para estimar a fitomassa seca total relativa.
$AD$	Área de um disco ( $m^2$ ).
$AM$	Aqüênios maduros.
$\beta$	Parâmetro empírico referente ao modelo não linear proposto para estimar a fitomassa seca de folha.
$B$	Bordadura.
$b_k$	Coefficiente de segundo grau referente ao modelo não linear proposto para estimar a fitomassa seca dos compartimentos da planta
$CE$	Teste da condutividade elétrica ( $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ )
$CE_{SN}$	Condutividade elétrica da solução nutritiva ( $dS.m^{-1}$ ).
$c_k$	Coefficiente de terceiro grau referente ao modelo não linear proposto para estimar a fitomassa seca dos compartimentos da planta
$cos$	Co-seno.
$CR$	Comprimento de raiz (cm).
$CV$	Cavalo-força.
$d$	Dia (unidade de tempo).
$DAT$	Dias após o transplante ( $d$ ).
$Dr_j$	Crescimento e desenvolvimento relativo da cultura de alface até a j-ésimo dia após o transplante (adimensional).
$Drm$	Crescimento e desenvolvimento relativo da cultura de alface correspondente ao valor máximo da variável dependente.
$\cap$	Distribuição de probabilidades.
$E$	Espaçamentos (m x m), concentração da solução nutritiva (SN)

<i>EP</i>	Erro padrão assintótico.
<i>EST</i>	Épocas de semeadura e transplante (d).
<i>Exper</i>	Experimento de primavera ou outono.
<i>F</i>	Estatística F de Snedecor.
<i>Fi</i>	Frequência de amostragem (%).
<i>fl</i>	Fator empírico de conversão do desenvolvimento relativo referente à taxa máxima de acúmulo de fitomassa seca em desenvolvimento relativo da cultura referente ao florescimento.
<i>FS</i>	Fitomassa seca (kg.m <sup>-2</sup> ).
<i>FSD<sub>i</sub></i>	Fitomassa seca (kg.m <sup>-2</sup> ) de discos retirados das folhas (valor medido) no <i>i</i> -ésimo dia de amostragem.
<i>FSF%</i>	Percentual de fitomassa seca de folha do total de fitomassa da planta de alface.
<i>FSF<sub>i</sub></i>	Fitomassa seca (kg.m <sup>-2</sup> ) de folha (valor medido) no <i>i</i> -ésimo dia de amostragem.
<i>FSFr<sub>i</sub></i>	Fitomassa seca de folha relativa (valor calculado) no <i>i</i> -ésimo dia de amostragem (adimensional).
$\hat{FSFr}_i$	Fitomassa seca de folha relativa (valor estimado) no <i>i</i> -ésimo dia de amostragem (adimensional).
<i>FSF<sub>MAX</sub></i>	Fitomassa seca (kg.m <sup>-2</sup> ) de folha máxima (valor calculado).
<i>FSFV%</i>	Percentual de fitomassa seca de folhas verdes do total de fitomassa da planta de alface.
<i>FSFV<sub>i</sub></i>	Fitomassa seca (kg.m <sup>-2</sup> ) de folhas verdes (valor medido) no <i>i</i> -ésimo dia de amostragem.
<i>FSR<sub>i</sub></i>	Fitomassa seca (kg.m <sup>-2</sup> ) de raiz (valor medido) no <i>i</i> -ésimo dia de amostragem.
<i>FSFS%</i>	Percentual de fitomassa seca de folhas senescentes do total de fitomassa da planta de alface.
<i>FSFS<sub>i</sub></i>	Fitomassa seca (kg.m <sup>-2</sup> ) de folhas senescentes (valor medido) no <i>i</i> -ésimo dia de amostragem.



- FSTal<sub>o%</sub>* Percentual de fitomassa seca de talo do total de fitomassa da planta de alface.
- FST<sub>i</sub>* Fitomassa seca (kg.m<sup>-2</sup>) total (valor calculado) no *i*-ésimo dia de amostragem.
- FST<sub>n</sub>* Fitomassa seca total (kg.m<sup>-2</sup>) no *n*-ésimo (último) dia de amostragem.
- FSTr<sub>i</sub>* Fitomassa seca total relativa (valor calculado) no *i*-ésimo dia de amostragem (adimensional).
- FSTr<sub>i</sub>*<sup>^</sup> Fitomassa seca relativa total estimada no *i*-ésimo dia de amostragem (adimensional).
- G* Germinação (%).
- GD* Índice térmico, graus-dia, soma térmica ou soma calórica (°C.dia).
- GDE* Graus-dia efetivos (°C.dia).
- GDE<sub>j</sub>* Graus-dia efetivos no *j*-ésimo DAT (°C.dia).
- GDE<sub>m</sub>* Graus-dia efetivos modificado (°C.dia).
- GDE<sub>m<sub>j</sub></sub>* Graus-dia efetivos modificado no *j*-ésimo DAT (°C.dia)
- GDE<sub>m<sub>pmf</sub></sub>* Graus-dia efetivos modificado da planta de alface até o ponto de maturidade fisiológica (°C.dia).
- GDE<sub>pmf</sub>* Graus-dia efetivos da planta de alface até o ponto de maturidade fisiológica.
- GD<sub>j</sub>* Índice térmico, graus-dia, soma térmica ou soma calórica no *j*-ésimo DAT (°C.dia).
- GD<sub>pmf</sub>* Soma calórica da planta de alface até o ponto de maturidade fisiológica (°C.dia).
- GL* Graus de liberdade.
- H<sub>0</sub>* Hipótese nula do teste de hipóteses da análise de variância.
- ha* Hectare
- Hz* Hertz
- i* Utilizado como índice para identificar dia de amostragem (*i* = 1,2,..., 42, no experimento de primavera; *i* = 1,2,..., 46, no experimento de outono).
- IAF* Índice de área foliar (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>).
- IAF<sub>i</sub>* Índice de área foliar (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) na *i*-ésima época de amostragem.

$j$	Índice utilizado para DAT ( $j = 1,2,\dots, 118$ , no experimento de primavera; $j = 1,2,\dots, 153$ , no experimento de outono).
$K$	Potássio.
$m$	Metro.
$MJ$	Megajoule.
$MMS$	Massa de 1000 sementes (g).
$MS$	Massa de sementes por planta (g).
$\eta$	Número de amostras.
$N$	Nitrogênio.
$N$	Nitrogênio.
$NAC$	Número de aquênios por capítulo.
$nc$	Número de compartimentos.
$NCA$	Número de capítulos com aquênios por planta.
$ND_i$	Número de discos no $i$ -ésimo dia de amostragem.
$NF_i$	Número de folhas no $i$ -ésimo dia de amostragem.
$NFT$	<i>Nutrient Film Technique</i> ou fluxo laminar de solução.
$NS$	Não significativo.
$P$	Fósforo.
$PAR_{interceptada\ i}$	Radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura de alface no $i$ -ésimo dia de amostragem ( $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ).
$PAR_j$	Radiação fotossinteticamente ativa incidente no $j$ -ésimo DAT ( $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ).
$\pi$	constante “pi”
$pmf$	Ponto de maturidade fisiológica.
$ppm$	Parte por milhão.
$PVC$	Policloreto de vinil.
$r$	Repetição.
$\text{®}$	Marca registrada.
$R^2$	Coefficiente de determinação
$RG$	Radiação global incidente acumulada ( $MJ.m^{-2}$ ).

$RG_j$	Radiação global incidente no j-ésimo DAT ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ).
$RG_{pmf}$	Radiação global incidente acumulada da planta de alface até o ponto de maturidade fisiológica ( $\text{MJ.m}^{-2}$ ).
$SN$	concentração da solução nutritiva (%).
$t$	tempo.
$T_{Bl}$	Temperatura basal inferior da planta de alface ( $^{\circ}\text{C}$ ).
$T_j$	Temperatura média do ar do j-ésimo dia após o transplante ( $^{\circ}\text{C}$ ).
$Tmax_q$	Temperatura máxima do q-ésimo dia após a emergência ( $^{\circ}\text{C}$ ).
$Tmin_q$	Temperatura mínima do q-ésimo dia após a emergência ( $^{\circ}\text{C}$ ).
$T_{SN}$	Temperatura média da solução nutritiva ( $^{\circ}\text{C}$ ).
$T_{Superior}$	Temperatura superior da planta de alface ( $^{\circ}\text{C}$ ).
$UR_j$	Valor observado da umidade relativa no j-ésimo DAT (%).
$URmáx.j$	Valor observado da umidade relativa máxima no j-ésimo DAT (%).
$URmín.j$	Valor observado da umidade relativa mínima no j-ésimo DAT (%).
$US$	Umidade de sementes (%).
$V$	Vigor de sementes- primeira contagem da germinação aos 4 dias (%).
$w$	Fator de forma geométrica da folha da planta de alface (adimensional).
$W$	Watts.
$Y$	Variável dependente.
$Y_i$	Valores observados da variável dependente no i-ésimo dia de amostragem.
$\hat{Y}_i$	Valores estimados da variável dependente.
$\Delta t$	Intervalo de tempo (no presente trabalho foi utilizada escala diária ( $\Delta t = 1$ dia) para o cálculo da soma calórica) ( $d$ ).

# **MODELOS REFERENTES À PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE SOB HIDROPONIA**

Autor: SIDINEI JOSÉ LOPES

Orientador: Prof. Dr. DURVAL DOURADO NETO

## **RESUMO**

Com o objetivo de propor modelos para caracterizar a variação temporal da fitomassa seca de folhas e total da cultura de alface sob hidroponia, bem como, determinar a época de florescimento e de máxima taxa de acúmulo de fitomassa seca em função do desenvolvimento relativo da cultura (graus-dia relativo), radiação solar e graus-dia efetivo, dois experimentos (primavera e outono) foram conduzidos em casa-de-vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Foi utilizada a variedade cultivada Vera, caracterizada por ser altamente resistente ao pendoamento precoce. Em função dos resultados obtidos, foram propostos modelos para estimar a variação temporal de fitomassa seca, sendo o melhor ajuste quando o desenvolvimento relativo foi obtido por graus-dia efetivo, caracterizando a maior importância da temperatura do ar na fase vegetativa e da radiação na fase reprodutiva. O rendimento e a qualidade de sementes de alface indicam um alto potencial para produção das mesmas sob hidroponia.

## **MODELS FOR HYDROPONIC LETTUCE SEED PRODUCTION**

Author: SIDINEI JOSÉ LOPES

Adviser: Prof. Dr. DURVAL DOURADO NETO

### **SUMMARY**

With the purpose of proposing models to characterize the temporal variation of leaves and total dry mass of hydroponic lettuce crop and to determinate the flowering period and the maximum dry mass accumulation rate as function of crop relative development (relative degree-days), solar radiation and effective thermic index, two experiments (Spring and Autumn) were carried out in the greenhouse of the Crop Science Department, Federal University of Santa Maria. The cultivar Vera was used as function of its resistance to precocity of flowering. According to the results, the models were proposed to estimate the temporal variation of dry mass, where the best results for relative development were obtained using effective degree-days, characterizing the importance of the air temperature for vegetative phase and the solar radiation for reproductive phase. The yield and the quality of lettuce seeds indicate a high potential to produce them under hydroponic technique.

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as atividades tradicionais do setor primário, a produção de sementes de hortaliças gera renda expressivamente superior as demais. Comparando-a com a produção de milho, por exemplo, a renda gerada por unidade de área é aproximadamente 14 vezes superior. Esse ganho vem agregado a uma importante contribuição social: melhoria na distribuição da renda, pois demanda maior mão-de-obra (0,75 homens por ha).

A produção de sementes de alface, assim como tantas outras hortaliças, depende de regiões específicas para a sua produção, o que é uma das causas da necessidade de importação de sementes por algumas empresas. Viggiano (1990) cita que a temperatura é o fator mais importante para o florescimento de alface, sendo que, temperaturas acima de 20°C são ideais para estimular o pendoamento, que é acentuado por dias longos.

A melhoria da qualidade dos produtos hortícolas é uma necessidade constante em resposta a maior exigência do consumidor. Para a cultura da alface, o maior número de safras e produtos de melhor qualidade estão associados ao cultivo em ambiente protegido e à hidroponia (Ohse, 1999).

As estufas provocam grandes alterações nos elementos meteorológicos, entre eles está o aumento da temperatura (Frisina & Escobedo, 1999), que dentro de certos limites, acelera o desenvolvimento da planta, reduzindo com isso o seu ciclo. Schneider et al. (1998), na região de Santa Maria, RS, estudaram técnicas para reduzir as temperatura diurnas nas estufas plásticas, e mesmo encontrando tratamentos que diminuíram a temperatura, ainda assim consideram as temperaturas no interior da estufa superiores à faixa ótima de crescimento das culturas cultivadas em estufas.

Sabe-se que as soluções nutritivas utilizadas na produção de hortaliças em hidroponia são ricas em nitrato, e que esse pode acumular nos tecidos vegetais. Porém,

se o consumo de hortaliças frescas com acúmulo de nitrato é prejudicial à saúde humana, para a qualidade fisiológica da semente é benéfico. Bewley & Black (1994) relatam que o nitrato é considerado o mais importante composto da semente que afeta a germinação. A concentração efetiva dentro das sementes se estende de 0,1 a 10  $\mu\text{mol.g}^{-1}$  de semente, sendo que as sementes da espécie *Sisymbrium officinale* não responderem à luz para efetivar a germinação sem o componente nitrato.

Em vista disso, se o cultivo hidropônico em ambiente protegido pode maximizar as condições de crescimento da planta com mais facilidades de controle que a campo, espera-se que esse efeito maximize também o rendimento e a qualidade de sementes de alface.

Um modelo de crescimento e desenvolvimento de plantas visa, entre outras finalidades, buscar informações básicas das diversas interações planta x ambiente, maximizando o uso de recursos naturais de cada região, ou de uma determinada condição de cultivo (Dourado Neto et al., 1998). Com isso, defini-se a melhor forma de manejo de uma determinada espécie, bem como, favorece o planejamento das atividades agrícolas e da pesquisa científica.

O homem depende das plantas para suprir sua alimentação e como as unidades de cultivo tornam-se maiores para prover maiores produções, com menor mão de obra disponível, é muito importante programar as operações, ou seja, modelar. O sucesso desta programação do fenômeno crescimento de planta, tanto em nível de manejo como de pesquisa, requer o conhecimento das respostas das plantas ao ambiente (Huang, 1993).

Os objetivos deste trabalho foram: (A) propor modelos referentes à cultura de alface sob cultivo protegido que permitam: (i) estimar o acúmulo de fitomassa seca; e (ii) determinar as épocas de máxima taxa de acúmulo de fitomassa seca e de florescimento em função de parâmetros climáticos; e (B) verificar a viabilidade técnica da produção de sementes sob hidroponia.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Botânica

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence a maior família das dicotiledôneas, a Asteraceae (Compositae), da subfamília Cichorioideae e do gênero *Lactuca*. Apresenta uma raiz cônica que pode crescer até 0,60 m, dessa saem raízes laterais que se localizam, principalmente, próximas à superfície do solo, onde conseqüentemente ocorre a maior absorção de água e nutrientes (Jackson, 1995 citado por Ryder, 1998).

As folhas de alface são arrançadas em espiral num talo curto, formando uma roseta de folhas.

A alface é uma cultura anual. Quando o crescimento vegetativo alcança um estágio maduro, ocorre uma alongação do talo e começa o desenvolvimento reprodutivo, podendo ocorrer a formação de talos adicionais, provenientes de gemas axilares. As folhas do talo são pequenas e estreitas, inseridas na base.

A inflorescência é uma panícula composta de muitos capítulos. Cada capítulo contém vários floretes, normalmente de 12 a 20 (Feráková, 1977 citado por Ryder, 1998). Os floretes são do tipo raio, perfeitos e férteis, circundados por três a quatro filas de brácteas, formando um involúcro. Cada florete consiste de uma simples pétala amarela e ligulada com cinco dentes, sendo a parte inferior fundida como um tubo e circundando as partes sexuais.

Cada florete tem um duplo carpelo, de estilo alongado e um estigma dividido. Existem cinco estames e as anteras são fundidas para formar um tubo. As flores abrem somente uma vez, pela manhã, permanecendo aberta por cerca de uma hora quando for uma manhã ensolarada, em dias frios ou nublados permanece aberta por várias horas.



O ovário é abaixo da corola. Quando fertilizado, forma um embrião circundado por tecido nucelar e endospermático e um fino pericarpo. O todo é chamado de aquênio, que é um fruto e não uma semente. Os aquênios amadurecem cerca de duas semanas após a fertilização, que ocorre na abertura da flor (Ryder, 1998). Eles podem ser preto, cinza, branco, marrom ou amarelo.

A espécie *Lactuca sativa* e seus parentes mais próximos tem  $n = 9$  cromossomos, este número é o mais comum no gênero. O segundo mais comum é  $n = 8$ . Cruzamentos entre *L. sativa* e *L. serriola* são realizados facilmente e produzem sementes viáveis (aquênios).

A alface apresenta a inflorescência do tipo panícula, com autofecundação, porém dependendo de certas condições (distância entre plantas, ventos, insetos polinizadores, entre outros) pode apresentar até 6% de polinização cruzada.

O pendoamento e o tempo para florescimento são caracteres relacionados. Ryder (1983, 1988) identificaram dois alelos parcialmente dominantes para o florescimento prematuro. A dupla dominância reduz o tempo de florescimento em 2/3 (cerca de 100 dias), sobre o duplo recessivo. Estes dois genes são dependentes quantitativamente do comprimento do dia.

## **2.2 Locais de produção no Brasil e no mundo**

O Estados Unidos da América é o maior produtor comercial de alface do mundo, sendo que no ano de 1997, foi cultivada em 113 mil hectares (a maior parte na Califórnia e Arizona), produzindo 3,9 milhões de toneladas, o que gerou renda em torno de 1,6 bilhões de dólares. A Califórnia produz mais alface do que qualquer país do mundo (Ryder, 1998).

Outros países têm uma substancial produção, como a: Espanha, Itália, Grã-Bretanha, França, Holanda, Bélgica, Alemanha, Austrália, Japão e Israel. O Brasil e outros países da América do Sul, Central, África e China produzem em quantidades bem inferiores. A Holanda é o único país em que a produção se concentra principalmente em casas-de-vegetação.

Não só as folhas, mas o talo floral é utilizado como alimento em alguns países, na forma crua, no Egito e cozido, na China. Existem relatos de que antes da utilização da folha da alface como alimento, os egípcios extraíam óleo das sementes, que é rico em ácidos linoleico e oleico, obtidos por solventes extratores como a acetona e o éter (Ramadan, 1976 citado por Ryder, 1998). Assim como: tomate, batata, repolho, cebola e feijão, a alface é consumida por pessoas de todas as classes e etnias.

As espécies do gênero *Lactuca* são cultivadas na maioria das zonas temperadas e subtropicais do mundo. O período do ano em que é produzida em cada região depende da temperatura, sendo mais facilmente cultivada em estações relativamente frias à temperaturas moderadas.

No Brasil, o consumo de alface tem aumentado não só pelo aumento da população, mas pela tendência de mudança do hábito alimentar do brasileiro, incluindo hortaliças com maior frequência na alimentação.

A semente significa a transição entre um ciclo de crescimento e desenvolvimento e o próximo. Sendo assim, o controle de qualidade e a produção de sementes é de maior importância na cultura subsequente. Os principais locais de produção de sementes de alface no mundo são: Austrália, sul da França e em vários locais nos EUA.

## **2.3 Fatores que afetam a produção de alface**

### **2.3.1 Qualidade fisiológica da semente**

Alguns trabalhos relatam que a qualidade fisiológica da semente tem efeito na fitomassa de plantas, o que para o cultivo em hidroponia deve ter maior relevância do que a campo, pois o ciclo é mais curto. Soffer & Smith (1974b) relatam que a qualidade de sementes influencia significativamente a fitomassa fresca de plantas jovens, aos 24 dias após a semeadura, são significativos, mas pouco afeta a fitomassa da planta aos 73 dias após a semeadura, não precisando exatamente o tempo em que deixa de haver correlação. Já Scaife & Jones (1970), citados por Smith et al. (1973b), encontraram uma relação linear entre massa de sementes e fitomassa fresca de plantas de alface após 49 dias da semeadura.

Zink et al. (1962), citados Soffer & Smith (1974b), encontraram uma rápida aceleração da taxa de crescimento relativo de plantas de alface durante as três últimas semanas antes da maturidade vegetativa, sendo 70% da fitomassa fresca produzida nos 21 dias antes da colheita. Soffer & Smith (1974b) citam que durante este rápido crescimento, é que as diferenças na fitomassa fresca detectadas como significativa entre plantas jovens provenientes de sementes de diferentes valores de vigor, não seriam mais diferenças significativas, ou seja, as diferenças entre plantas tornam-se relativamente menores com o transcorrer do ciclo da planta. Smith et al. (1973a) citam que sementes de baixo vigor produzem plantas (cabeças) menores do que sementes de alto vigor. De acordo com Went (1962), citado por Soffer & Smith (1974b), a variabilidade fenotípica é menor sob condições ótimas de crescimento, em que a taxa de crescimento é rápida.

O cultivo de alface em hidroponia para obtenção de sementes tem algumas vantagens para a qualidade fisiológica, sanitária, física e genética da semente em relação ao cultivo a campo, como por exemplo: protege contra chuvas e ventos na maturação; barreira física contra insetos polinizadores responsáveis pela fecundação cruzada e com outras plantas (*Lactuca serriola* L.); isenção de plantas daninhas (sementes de amarantus e gramíneas, quando misturadas as sementes da alface são impossíveis de separação no beneficiamento).

O clima e o solo são responsáveis por aspectos da qualidade fisiológica e sanitária da semente. Alta umidade relativa e/ou alta precipitação pluviométrica durante as fases de maturação e colheita das sementes são problemas para a produção.

Dependendo da variedade cultivada e em temperaturas elevadas (superiores a 25°C) durante a maturação e colheita, um problema que pode ocorrer é a chamada dormência pós colheita, para contornar este problema, Castro (1998) cita a embebição da semente em tiourea ou em cinetina (0,1 g.L<sup>-1</sup> por 3 minutos). Viggiano (1990) recomenda a quebra de dormência pelo tratamento úmido da semente com temperaturas de 5 a 8°C, durante 40 a 72 horas, com posterior secagem e semeadura.

### 2.3.2 Nutrição e adubação

A nutrição adequada da planta durante a fase vegetativa no cultivo de alface para produção de sementes, assim como para a maioria das culturas onde o objetivo é a produção de grãos ou de sementes, constitui-se numa forma eficiente de se incrementar a produtividade. Furlani (1998) cita que a relação entre N, P e K deve ser diferente entre as fases vegetativa e reprodutiva em cultivos hidropônicos, sugerindo que durante o florescimento e frutificação deve-se reduzir a relação N/K e aumentar P/K.

O aumento da produtividade de grãos ou sementes com a adubação depende das características químicas e físicas do solo e da cultura plantada, e de outros fatores, tais como: disponibilidade de água, controle de doenças, pragas e ervas daninhas.

Bewley & Black (1994) salientam que as respostas a deficiências de nutrientes durante o desenvolvimento das sementes são diversas e complexas, embora estes efeitos são geralmente prejudiciais e resultam em um declínio da qualidade e produtividade de sementes. Algumas vezes, mais de um estresse pode ocorrer durante o crescimento das plantas, por exemplo, estresse nutricional e hídrico, e o efeito destes dois no desenvolvimento de sementes pode ser maior do que a soma dos efeitos individuais dos estresses. Outro fator importante, é o estágio de desenvolvimento da semente em que ocorre o estresse. Devido todas estas variações, existe muita literatura sobre este assunto com resultados aparentemente contraditórios.

O que está bem claro na literatura é de que a adubação e a fertilidade do solo influenciam sobre a qualidade fisiológica das sementes, desde a fertilização do óvulo até a maturidade fisiológica.

Algumas dúvidas ainda permanecem quanto ao porquê dessa influência da adubação na qualidade das sementes. A contribuição do fósforo, por exemplo, na qualidade de sementes é atribuída a sua influência em processos enzimáticos. Quanto à adubação nitrogenada, onde se concentram a maioria dos trabalhos nesta área, afetaria o teor de proteína das sementes que se relaciona positivamente com o vigor das sementes, como relatado em trigo (Carvalho & Nakagawa, 2000). Todavia, os trabalhos conduzidos em condições brasileiras, com várias espécies cultivadas, onde foram estudados os efeitos de diferentes doses de N no conteúdo protéico e/ou na qualidade

fisiológica das sementes, apresentaram respostas variáveis, às vezes positivas outras vezes não, em função das condições de solo, de clima, momento da aplicação de N, época de semeadura, cultivar ou teste empregado para avaliar a qualidade fisiológica. Normalmente, quando a adubação nitrogenada afeta o teor de proteína da semente, a qualidade fisiológica também é afetada. Esse desempenho tem a tendência de se ajustar a um polinômio de segundo grau, ou seja, a qualidade de semente tem um acréscimo com o aumento da dose de nitrogênio até atingir um ponto de máxima qualidade, após a qual a qualidade decresce novamente.

Para altos rendimentos de sementes de alface, o básico é o suprimento de umidade e nitrogênio durante a fase vegetativa (Hawthorn & Pollard, 1956 citados por Ryder, 1998). Nesse trabalho, os autores encontraram que a alta umidade do solo foi associada com altos rendimentos de sementes de alface e a colheita foi retardada, mas não teve efeito na qualidade de sementes. A aplicação de nitrogênio aumentou o rendimento de sementes de alface, porém não teve efeito no tempo para colheita, nem mesmo na viabilidade de sementes.

Izzeldin et al. (1980) encontrou que a irrigação durante as fases vegetativa e reprodutiva afeta: o rendimento, a qualidade e as características físicas das sementes de alface, porém os níveis de umidade (suprimento adequado de água) que conduzem a altos rendimentos de sementes foram diferentes daqueles que produzem sementes de alta qualidade (condição de maior estresse hídrico). Um intermediário déficit de água, onde o potencial matricial do solo foi mantido em  $-0,8$  Bar, a partir da quarta semana do plantio até a colheita de sementes, foi o que levou a uma combinação de rendimento e qualidade. Outra conclusão importante foi que nessa mesma deficiência intermediária acresce mais no rendimento de sementes se for aplicado na fase vegetativa do que na reprodutiva, sem no entanto afetar a qualidade de sementes. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Soffer & Smith (1974c), em que o tratamento onde não houve o fornecimento de água e nutrientes depois de 42 dias do aparecimento da primeira flor, não diferiu quanto ao rendimento e a qualidade de sementes do tratamento testemunha, em que a água e nutrientes foram fornecidos até a colheita de sementes.

Soffer & Smith (1974c) ressaltam que aumentar os níveis de nutrientes no solo (somente o conteúdo de N na folha foi correlacionado positivamente com os níveis de adubação) via irrigação com solução nutritiva aumenta o rendimento de sementes por planta, mas não a massa de semente, nem mesmo o vigor (comprimento da raiz primária aos três dias da germinação no escuro a 25°C). No mesmo trabalho, porém em cultivo hidropônico, os autores aplicaram três concentrações diferenciadas de N: 70, 140 e 210 ppm ( $\text{KNO}_3$  e  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), com efeito linear e positivo no rendimento de sementes e no vigor, porém com média de vigor e germinação menores do que no cultivo com solo. Os próprios autores citam que apesar de ambos os experimentos simularem aumento do nível de nutrientes, ocorreu uma diversidade de respostas que muitas relações foram excluídas dos resultados e discussão, e que o relacionamento entre vigor e massa de sementes é válido somente dentro de um mesmo lote de sementes obtidas de plantas cultivadas em mesma condição ambiental e nutricional.

Outro fator a ser considerado é de que existe uma infinidade de testes para avaliar a qualidade fisiológica de sementes e, muitas vezes nos trabalhos em que se verificam o efeito da adubação sobre o vigor, por exemplo, tem-se resultados diferentes para testes que deveriam avaliar a mesma característica.

Adubações com relações diferenciadas entre os nutrientes nas diferentes fases de crescimento e desenvolvimento, o controle de doenças, pragas e ervas daninhas, até a aplicação de um déficit hídrico durante o cultivo, são práticas de manejo executadas com maior facilidade no cultivo hidropônico do que a campo, e verificar experimentalmente os efeitos dos fatores que interferem na produção de sementes também seriam de mais fácil isolamento, fornecendo resultados mais confiáveis.

### **2.3.3 Temperatura**

A temperatura do ar (Brunini et al., 1976) e a troca de água entre a planta e o ambiente (Hamada & Testezlaf, 1996) são os fatores citados como determinantes da quantidade e qualidade do crescimento da planta de alface.

A temperatura basal inferior varia em função da fase fenológica da cultura, sendo determinado por Brunini et al. (1976) os valores de 6 e 10°C para as fases de germinação

a transplante e transplante a colheita, respectivamente. Silva et al. (1999) comenta que vários trabalhos tem demonstrado a grande utilidade do uso dos graus-dias de desenvolvimento para previsão de fases fenológicas, devido sua independência da época e local de plantio, sendo portanto mais eficiente do que o uso dos dias do calendário.

A temperatura média mensal ideal para o bom desenvolvimento de plantas de alface varia de 15 a 18°C, com máximo de 21 a 24°C e mínimo de 7°C, sendo as temperaturas altas responsáveis pela emissão do talo floral ou "bolting" (Brunini et al., 1976). Em trabalho mais recente, Slack et al. (1994), citados por Silva et al. (1999) sugerem como temperaturas cardiais (temperatura basal inferior e superior) os valores de 4,4 e 21,1°C para a cultura de alface.

Existem muitos trabalhos com a cultura de alface que citam as temperaturas do ar ideais para a planta atingir o ponto de colheita (Tabela 1).

A alface é produzida numa variedade de ambientes durante todas as épocas do ano, sendo que a habilidade das variedades de alface crescerem em ambientes bem diferentes varia amplamente.

Tabela 1. Relação de trabalhos científicos realizados com a cultura de alface e respectivas conclusões de faixa de temperatura do ar ideal para o pleno crescimento e desenvolvimento da planta.

Autor(es)	Faixa de temperatura (°C)
Casseres (1966) citado por Brunini et al. (1976)	7 a 21-24
Brunini et al. (1976)	10 a 22
Cermeño (1977) citado por Mattos et al. (2001)	15 a 20
Joubert & Coertze (1980)	17 a 28
Filgueira (2000)	30 (valor máximo)
Scaife et al. (1987)	3,5 (valor mínimo)
Sanches et al. (1989)	4 a 21
Slack et al. (1994), citados por Silva et al. (1999)	4,4 a 21,1

Um certo antagonismo está presente na questão da temperatura do ar ideal para o florescimento da cultura de alface, pois existe a necessidade de temperaturas acima de 20° neste estágio para maior florescimento (Viggiano, 1990), e ao mesmo tempo, a ocorrência de temperaturas de 5 a 10°C durante o florescimento da planta mãe, induzirá maior taxa de pendoamento nas plantas provenientes de sementes dessa condição do que temperaturas de 15°C (Wiebe, 1989).

É importante ter atenção especial à temperatura da solução nutritiva, pois além de influenciar a produção de fitomassa seca da planta, também existem indicações de que baixas temperaturas da zona radicular podem adiar o florescimento (Rappaport & Wittwer, 1956).

Um dos problemas encontrados na colheita de sementes de alface é a desuniformidade na maturação das sementes, em decorrência da variação de 12 a 21 dias do período de antese na inflorescência. As plantas normalmente são colhidas com cerca de 50% das sementes maduras, após complementa-se com uma secagem no campo ou sobre lonas, para posterior debulha manual ou trilha mecânica (Viggiano, 1990).

Resumidamente, a fase reprodutiva da cultura de alface pode ser alterada em sua extensão por diversos fatores: vernalização de mudas e sementes; temperatura da zona radicular; temperaturas do ar e fotoperíodo (Ryder, 1998); e, tratamento das plantas com ácido giberélico (Castro, 1998).

A temperatura do ar também tem efeito no rendimento e na qualidade de sementes. Ryder (1998) cita as temperaturas do ar de 15°C e 25°C, para a noite e o dia respectivamente, e comprimento do dia de 16 h, como ideais para melhores rendimentos de sementes e melhor germinação, o que concorda com Andriollo (1999), que salienta serem essas temperaturas do ar que representam em hortaliças de verão, o melhor balanço entre fotossíntese e respiração.

Gray et al. (1988) encontrou que tanto temperaturas do ar de 20 e 10°C, quanto 30°C e 20°C, para a noite e o dia respectivamente a partir do início do florescimento, diminuem: o número de floretes maduros por planta; o número de sementes por florete; a massa de sementes; e, a germinação das sementes colhidas, em relação as temperaturas do ar de 25°C e 15°C, para a noite e o dia, respectivamente. Steiner & Opaku-Boateng



(1991), citados por Ryder (1998), encontraram reduções no número de sementes, massa de sementes e comprimento da raiz de plântulas, quando as condições foram de altas temperaturas do ar, porém o percentual de germinação foi aumentado. Um indicativo contrário, foi obtido em experimento conduzido por Soffer & Smith (1974a), em que o rendimento e a qualidade de sementes, durante o período de florescimento, não seriam afetados por temperaturas do ar entre 20 e 34°C.

Alguns tratamentos com vernalização podem afetar o processo reprodutivo. Emergindo as mudas com baixas temperatura causará a emissão prematura do talo. Rappaport & Wittwer (1956) encontraram que 13 dias de vernalização das mudas com menos do que 3 dias de idade em 5°C, ou das sementes foram suficientes para afetar o processo reprodutivo.

#### **2.3.4 Luz**

Soffer & Smith (1974a) citam que a intensidade de luz pode influenciar o florescimento, pois em dias claros, mais flores abrem e mais cedo da manhã, situação esta que influencia a produção de sementes.

#### **2.3.5 Época de colheita**

Outro fator a ser considerado na questão de qualidade de semente de alface é a época de colheita. Globerson (1981) cita que a massa de sementes aumenta após 12 dias depois da antese, sendo que as sementes colhidas de 10 a 12 dias após a antese germinaram em 100%, mas o vigor foi maior (primeira contagem da germinação) após 14 dias da antese. Soffer & Smith (1974b) também encontraram resultados semelhantes, concluindo que colheitas prematuras, entre 35 e 42 dias após o aparecimento da primeira flor, não tem efeito no rendimento e na qualidade de sementes de alface, pois 90% das semente são produzidas neste período.

Soffer & Smith (1974a) estudaram a evolução do florescimento da cultura de alface, concluindo que dos 70 dias de duração do florescimento (abertura da primeira flor até a colheita de sementes), 90% das sementes são produzidas nos primeiros 35 dias, quando a maioria das sementes atinge seu ponto de maturidade fisiológica, principalmente as sementes mais pesadas que a planta irá produzir. Conclui ainda que as

medidas da semente que influenciam o vigor são na seguinte ordem: massa>espessura>densidade>largura>comprimento.

### 2.3.6 Sistema de produção

Na Figura 1, está apresentado um organograma resumo dos fatores encontrados na literatura que influenciam desde o florescimento até o rendimento de sementes da cultura de alface.

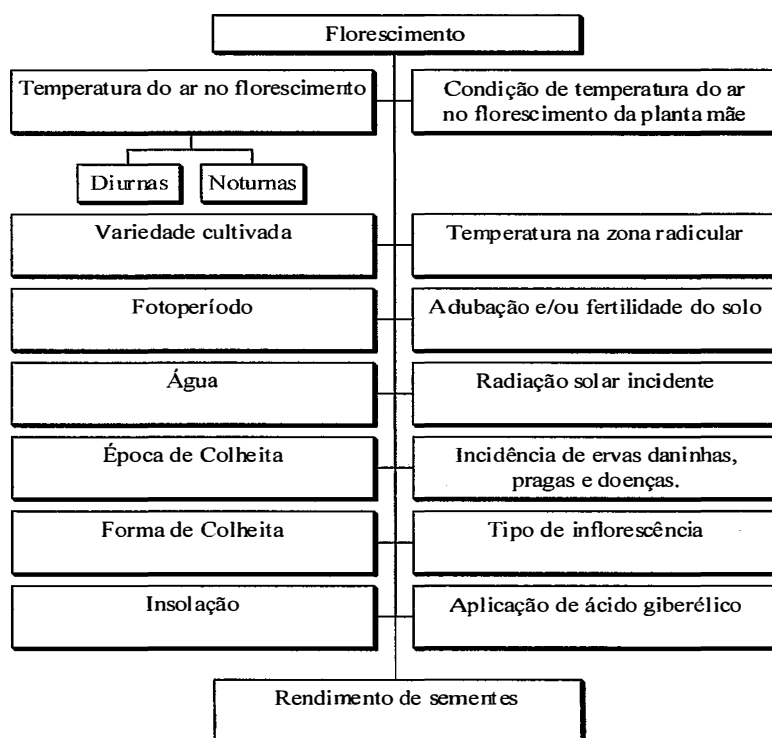


Figura 1 - Organograma resumo dos fatores encontrados na literatura que influenciam desde o florescimento até o rendimento de sementes de alface.

Durante a fase vegetativa para a produção de sementes, o manejo do crescimento da alface é o mesmo do que o manejo para produção de cabeça. Algumas técnicas de produção de sementes são necessárias, tais como, inspeções e o “roguing” (retirada de plantas atípicas, de variedades diferentes ou doentes, principalmente com o vírus do mosaico).

## 2.4 Produtividade de sementes

Existe uma grande variabilidade entre os valores encontrados na literatura sobre o rendimento de sementes de alface, enquanto em alguns trabalhos como o de Gray et al. (1988), a produtividade variou de 13,8 a 30,4 g.planta<sup>-1</sup>, em outros os rendimentos foram de 6 a 8 g.planta<sup>-1</sup> (tratamento testemunha sem aplicação de ácido giberélico, Reghin et al., 2000) e até 2,5 g.planta<sup>-1</sup>, que é a estimativa de colheita para as mínimas técnicas recomendadas por empresas de produção de sementes a campo no Estado do Rio Grande do Sul.

Ryder (1998) cita que o rendimento de sementes de alface é um componente genético, mas dependendo também da: condição de crescimento e das técnicas de colheita. A uniformidade e a qualidade de sementes também podem ser dependentes das condições de crescimento bem como das técnicas de colheita; estes aspectos tem sido assunto de muitas pesquisas.

Deve-se salientar que o florescimento depende da variedade cultivada, sendo que as de cultivo de verão (resistentes ao pendoamento precoce), por exemplo, exigem a adoção de técnicas específicas para florescer (uso de ácido giberélico a 20 ppm, ou o corte horizontal na metade da planta) (Viggiano, 1990).

## 2.5 Necessidades de melhoramento genético no cultivo de alface em hidroponia

O melhoramento de alface para cultivo em hidroponia ainda não produziu nenhuma variedade que incluem necessidades específicas desses cultivos, como por exemplo: variedades que acumulem menos nitrato; resistência ao míldio, botritis e outros fungos (que normalmente não são problemas no cultivo a campo); e, resistência aos organismos que infectam as raízes (importantes no sistema NFT - *Nutrient Film Technique* ou fluxo laminar de solução).

## 2.6 Análise de crescimento

A análise de crescimento é utilizada desde os anos 50 (Watson, 1952), sendo definida como o conjunto de conceitos e técnicas que visam quantificar o crescimento da planta. A análise de crescimento permite ao pesquisador a obtenção de informações

comparativas importantes, com plantas cultivadas em condições naturais, semi-naturais e artificiais (Hunt, 1978, citado por Hamada & Testezlaf, 1996).

Quando o desempenho de um sistema é representado matematicamente por equações, temos então um modelo matemático. Este vai definir quantitativamente hipóteses assumidas sobre o sistema real, permitindo deduzir suas conseqüências (Dourado Neto et al., 1998).

Uma das principais utilizações destes modelos matemáticos na agricultura é visto na previsão da resposta da planta em certas condições climáticas ou de manejo, o que auxilia basicamente no manejo da cultura, como pode ser exemplificado pelos trabalhos com: feijão (Pimenta et al., 1999) e cana-de-açúcar (Teruel, 1995).

A quantidade de energia solar necessária para o florescimento pode ser relacionada à temperatura média do ar, o que permite estimar indiretamente essa energia pela soma de °C.dia (graus-dias de desenvolvimento e crescimento) acima do valor da temperatura basal inferior (temperatura mínima abaixo da qual a planta paralisa o seu desenvolvimento, ou desenvolve a uma taxa muito reduzida) necessária para a planta completar determinada fase fenológica ou mesmo, todo seu ciclo (Silva et al., 1999).

A obtenção dos parâmetros empíricos para determinação dos modelos de regressão da variação temporal de uma variável resposta ou dependente é realizada através de amostragens. O intervalo entre as amostragens na análise quantitativa de comunidades vegetais varia, entre outros fatores, em função da espécie, para Pereira & Machado (1987), este intervalo pode ser entre 7 a 14 dias.

A forma de coleta dos dados é uma das características do experimento que determina a metodologia estatística a ser utilizada. Para o estudo de dados longitudinais, onde a avaliação das variáveis respostas são realizadas ao longo de uma dimensão específica (por exemplo, o tempo), o principal objetivo é representar os parâmetros originais das distribuições de probabilidade geradoras dos dados por modelos estruturais simples, ou seja, com o menor número de parâmetros.

Em experimentos com dados longitudinais, é de se esperar que a correlação entre duas amostragens de tempos próximos seja maior do que quando as amostras são coletadas em tempos distantes. Para este tipo de característica dos dados (correlações

decrecentes) pode se lançar mão dos modelos denominados auto-regressivos (Singer, 1986).

Quando as informações teóricas sobre o fenômeno nos levam a um modelo que não possa ser linearizado por uso de transformações de variáveis, nós devemos preferencialmente ajustar um modelo não linear à um modelo linear, possivelmente menos representativo (Draper & Smith, 1981).

É de fundamental importância para a confiabilidade dos resultados obtidos por análise estatística, que se efetue a verificação das pressuposições dos modelos matemáticos dos delineamentos experimentais, ou mesmo, das pressuposições dos estimadores e dos testes de hipóteses utilizados para ajuste de modelos de regressão. Pois, desvios acentuados das pressuposições podem alterar os resultados da análise, comprometendo assim o emprego destas técnicas.

Quando utiliza-se a análise de regressão para definir a relação funcional entre duas variáveis, o tipo de modelo pode ser escolhido utilizando-se o conhecimento que se tem do fenômeno, ou por uma análise prévia dos dados obtidos. Normalmente, ajusta-se mais de um modelo e de acordo com os resultados e testes estatísticos, escolhe-se o de melhor ajuste. Souza (1998) cita, no caso de modelo de regressão não linear, que a bondade de ajustamento pode ser utilizado pelo quadrado do coeficiente de correlação entre os valores preditos e observados, porém, Ratkowsky (1990), admite que o  $r^2$  nunca precisa ser calculado nos modelos de regressão não linear, pois não tem nenhum significado óbvio.

O crescimento e desenvolvimento das culturas anuais pode ser caracterizado em: (i) inicial, crescimento lento (estabelecimento da cultura); (ii) intermediária, crescimento rápido (consolidação da cultura); e (iii) final, reduzido ou nulo crescimento (maturação da cultura) (Penning de Vries, 1987; Pereira & Machado, 1987).

A mais importante mudança na fenologia da planta ocorre na passagem da fase vegetativa à reprodutiva, modificando as trocas na alocação de fitomassa seca entre os órgãos. Essas mudanças morfológicas e também fisiológicas exigem a quantificação precisa dos estádios fenológicos para o funcionamento adequado dos modelos de

simulação, sendo a temperatura a variável climática mais importante nos processos de troca na planta (Kropff et al., 1995).

Conforme Ryder (1998), a seqüência de desenvolvimento e crescimento da alface pode ser dividida em 4 estádios: mudas, roseta, cabeça e reprodutivo.

Dentro do estádio de mudas, existem 3 fases: (i) germinação da semente, com a emissão da radícula que forma a raiz primária (cresce cerca de 3 cm em 48 h); (ii) cotilédones emergem e aumentam de tamanho; e (iii) as primeiras folhas verdadeiras são formadas.

O tempo da emergência até a primeira folha verdadeira é cerca de duas semanas. O crescimento da folha nos estádios iniciais do ciclo da planta é baseado em: divisão celular e crescimento celular. Em estádios posteriores, o crescimento da folha é baseado somente nos acréscimos no tamanho da célula.

Após o estádio de muda vem o estádio de roseta, que consiste na emissão, expansão e maturação das folhas (em que cada folha emitida é mais larga do que a anterior) até o final da maturidade vegetativa, formando uma roseta ereta ou prostrada. O diâmetro da planta aumenta substancialmente neste estádio.

A formação de folhas continua num talo reduzido até o início da fase reprodutiva, que ocorre em 3 fases: alongação do talo, florescimento e desenvolvimento da semente. O talo fica mais grosso e permanece por um longo tempo pequeno, antes do florescimento.

Embora as partes florais sejam formadas prematuramente no ciclo de vida da planta, o aparecimento da inflorescência ocorre após a planta atingir o final da fase vegetativa. O talo alonga e uma flor terminal é produzida, que limita a altura final da planta, esse ramifica formando flores secundárias e terciárias.

A flor de alface abre somente uma vez e permanece aberta somente uma parte do dia, num período que varia de uma hora a várias horas, dependendo da temperatura e da intensidade de luz. A fertilização se dá durante o período de abertura da flor e os aqüênios amadurecem num período de duas semanas após a abertura da flor.

## 2.7 Modelagem

A temperatura do ar é uma das variáveis independentes mais utilizadas em modelos de previsão da variação temporal do acúmulo de fitomassa seca em diversas culturas, inclusive a alface, tanto pela sua facilidade de obtenção quanto pelo seu relacionamento com a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa necessária para a planta completar o seu ciclo. Silva et al. (1999) cita ainda que a temperatura do ar na forma de tempo térmico ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$ ) é de grande utilidade pela sua independência da época e local de plantio, sendo um “relógio” mais eficiente do que o uso dos dias do calendário.

Hunt et al. (1984) citam dois procedimentos para a análise de crescimento integrada em ambiente protegido. Num dos procedimentos, a taxa de crescimento da cultura é analisada em termos da taxa de crescimento relativa e biomassa. Noutro, em termos de interceptação da luz e eficiência de utilização pelas plantas. A avaliação do desenvolvimento de plantas sobre ambos os métodos mostrou ser similar e, ambos foram julgados úteis na análise de produção de fitomassa seca.

A partir dos dados de crescimento pode-se programar o plantio para assegurar o suprimento constante de alface. Wurr et al. (1988) estudou a previsibilidade da maturidade de alface, encontrando que a melhor predição pode ser baseada nos graus-dia efetivos usando registros meteorológicos que ocorreram durante o cultivo, ou então, dados médios de vários anos. Scaife et al. (1987) definem graus-dia efetivos como uma interação entre os efeitos de temperatura do ar e radiação, denominado-a de unidade de crescimento fototérmica.

Devido a dificuldade em modelar o crescimento simplesmente com dados meteorológicos, Wurr et al. (1992) acreditam que novos estudos do desenvolvimento da alface serão necessários de modo a aumentar a precisão das predições.

A variação temporal de fitomassa seca de alface, estudada por Van Holsteijn (1980), aumentou com maiores temperaturas do ar nas fases de crescimento iniciais, mas a taxa de crescimento diminuiu com a idade da planta. Wheeler et al. (1993), citados por Ryder (1998) ratifica estes resultados, concluindo que a variação de fitomassa seca decresce linearmente com o tempo, e que existe também uma interação entre o tempo e a temperatura do ar, ou seja, o efeito da temperatura muda de relação positiva para

negativa, sendo que a temperatura ótima para o acúmulo de fitomassa diminui de 23°C para 10°C do transplante a colheita da cabeça.

Na fase de crescimento inicial, da germinação até aproximadamente a total cobertura do solo pelas folhas, Bierhuizen (1973) cita que a temperatura do ar é mais importante do que a radiação incidente no desenvolvimento e crescimento da folha, recomendando que em ambiente protegido, naquela fase do crescimento da cultura de alface, deve-se ter temperaturas do ar mais altas do que após a total cobertura do solo pelas folhas, quando a luz torna-se o fator de controle mais importante, tanto na produção de fitomassa seca quanto no desenvolvimento da folha. Durante o processo de formação de cabeça, Wurr & Fellows (1991) encontraram valores de fitomassa seca de planta positivamente correlacionados com a radiação solar, mas negativamente correlacionados com a temperatura.

Em experimentos onde foi mantida constante a radiação incidente durante a germinação até aproximadamente a total cobertura do solo pela planta, Scaife (1973) mostrou existir uma relação direta entre a variação temporal de fitomassa seca total de alface e a temperatura. Sendo essa variação temporal de fitomassa, igualmente dependente da taxa de assimilação líquida e do índice de área foliar (IAF) nas temperaturas do ar entre 10 e 18°C, sendo ainda mais dependente acima de 18°C. Ambas as variedades testadas neste experimento variaram na taxa de crescimento relativo, porém não houve interação cultivar x temperatura.

Os modelos de simulação de crescimento da cultura de alface, realizados pelo passar dos anos, enfatizam a necessidade de prever o estágio de colheita na fase vegetativa em função da variabilidade entre as estações do ano quanto à massa da planta ou da cabeça, e quanto ao tempo para atingir esse estágio, o que vem de encontro à expectativa de mercado: suprimento regular e produtos homogêneos.

A definição de quando a planta atinge o estágio de colheita na fase vegetativa ainda é pouco exata. Nas variedades que formam cabeça, por exemplo, onde o estágio de colheita é medido por sua firmeza, Wurr et al. (1992), após vários experimentos utilizando a fitomassa de cabeça para estimar a colheita, chegaram a conclusão de que a variável fitomassa de planta não descreve eficientemente o estágio de colheita. A



maioria dos trabalhos com a cultura de alface não cita nenhum dado específico que explique o “porquê ” da colheita das plantas em determinada data, já alguns trabalhos estabelecem uma massa mínima de referência ou um número de dias da semeadura para encerrar o período experimental; com isso, a falta de padronização do estágio de colheita tem como conseqüências a impossibilidade de comparar resultados e até mesmo de extrapolá-los.

Apesar desta grande quantidade de informações quanto às relações entre produção de fitomassa da cultura de alface e temperatura do ar e/ou radiação incidente, sua confirmação em nível de cultivo tem proporções resguardadas, pois praticamente todos estes experimentos foram realizados em câmaras de crescimento, ou seja, condições constantes de temperatura e/ou radiação, que pouco se assemelham as condições naturais, e ainda, a maioria dos modelos citados não são para produção de sementes.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Aspectos Gerais**

Foram conduzidos dois experimentos em casa-de-vegetação do Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia e Hidroponia (NUPECH) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, localizada no município de Santa Maria, RS, apresentando como coordenadas geográficas: 53°48'42" (latitude oeste); 29°41'25" (latitude sul); e, 95 m de altitude.

O clima da região é subtropical úmido: invernos úmidos, temperaturas baixas e alta nebulosidade, segundo a classificação climática proposta por Köppen, é do tipo Cfa. Os valores médios anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar são, respectivamente: 1769 mm, 19,2°C e 82% (Mota et al., 1971 citados por Ohse, 1999).

O experimento em hidroponia foi conduzido em estufa plástica de 10 x 25 m, com piso de concreto, modelo arco (Ohse, 1999), coberta com policloreto de vinil (PVC) plastificado, com espessura de 0,0002 m, aditivado contra os raios ultravioletas.

Para cada experimento foi utilizado 10 bancadas de perfis hidropônicos (Hidrogood®), sendo duas com perfis pequenos (0,05 m de largura e 0,025 m de profundidade) utilizadas para a produção de mudas (1º transplante); quatro bancadas com perfis médios (0,10 m de largura e 0,043 m de profundidade) para a maior parte da fase vegetativa (2º transplante); e, quatro bancadas com perfis grandes (0,16 m de largura e 0,075 m de profundidade) para a fase reprodutiva (3º transplante) (Tabela 2).

A entrada da solução nutritiva foi realizada através de um conjunto moto-bomba, com potência de 1/3 de CV e frequência de 60 Hz, conectado ao reservatório e à entrada da solução nas bancadas por tubos de PVC soldáveis de 0,25 m. Cada conjunto de duas bancadas de cultivo, reservatório da solução nutritiva e moto-bomba, teve a circulação

da solução nutritiva automatizada por um temporizador ou “timer” (Figura 2), que permitiu o funcionamento do sistema durante o dia, com 15 min em funcionamento e 15 min desligado (das 8 h as 19 h no experimento que teve início em agosto de 2001; e, das 8 h as 18 h no experimento que teve início em abril de 2002); e, à noite, 15 min funcionando e 2 h desligado, durante todo o ciclo da planta nos dois experimentos.

Os reservatórios utilizados para a solução nutritiva foram de polietileno com capacidade para 500 L abastecendo duas bancadas, situados sobre o piso de concreto e logo abaixo de uma das bancadas (Figura 2). Os nutrientes que compuseram a solução nutritiva foram quantificados para uma solução de 400 L, deixando-se portanto o nível do reservatório 100 L abaixo de sua capacidade, e foram: 380 g de Nitrato de Cálcio -  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; 108,8 g de Fosfato Monobásico de Potássio -  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 360 g Nitrato de Potássio -  $\text{KNO}_3$ ; 98,4 g de Sulfato de Magnésio -  $\text{MgSO}_4$ ; 0,68 g de Sulfato de Manganês -  $\text{MnSO}_4$ ; 0,46 g de Sulfato de Zinco -  $\text{ZnSO}_4$ ; 0,076 g de Sulfato de Cobre -  $\text{CuSO}_4$ ; 1,14 g de Ácido Bórico -  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; 0,048 g de Molibdato de Sódio -  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 1 L de Ferro-EDTA - 400 ml de água fria e 24,1 g de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  + 400 ml de água a 80°C e 25,1 g de Na-EDTA, misturou-se bem, completou-se o volume com água e deixou-se borbulhando ar por 12 h (solução completa proposta por Castellane e Araújo, 1995).

A localização do reservatório, bem como, o desnível das bancadas, possibilitaram o retorno da solução nutritiva por gravidade até o reservatório, de onde a moto-bomba redistribuiu para os perfis. Nos dois experimentos realizados, para o cultivo nos perfis médios e grandes, a vazão nos canais foi de aproximadamente  $1,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  e a relação da quantidade de solução nutritiva por planta foi de: 1,38 e  $2,78 \text{ L} \cdot \text{planta}^{-1}$ , respectivamente, sem levar em conta as amostragens realizadas no tempo, ou seja, no primeiro dia de transplante para esses dois tipos de perfis.

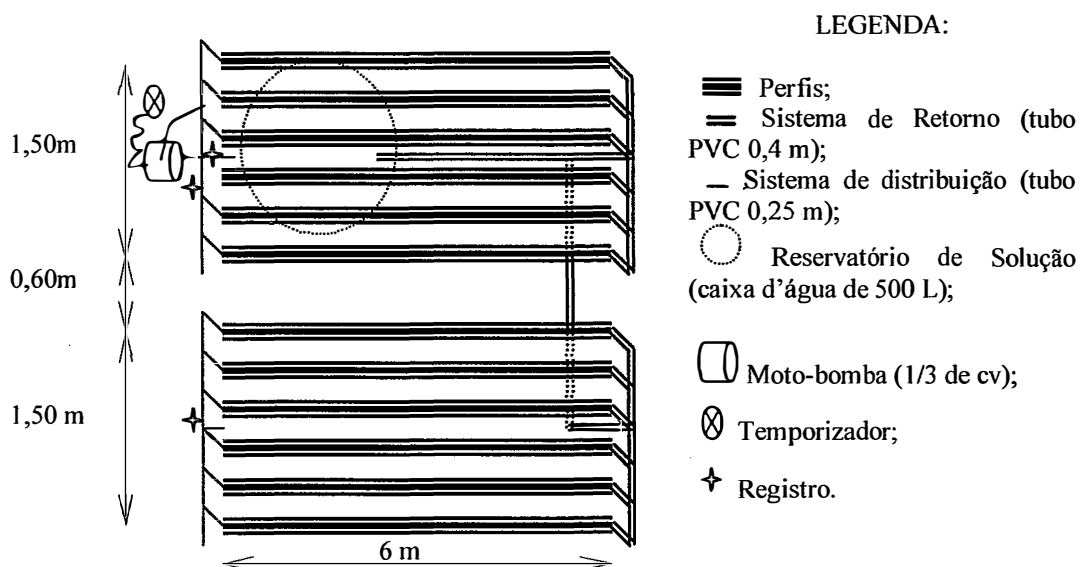


Figura 2- Esquema geral de duas bancadas de perfis hidropônicos e a localização do sistema hidráulico utilizados para o cultivo (fases vegetativa e reprodutiva) de alface sob ambiente protegido.

A variedade de alface cultivada foi a Vera é resultado do cruzamento entre as variedades Verônica e “Slow Bolting”, do tipo crespa, não repolhuda, e indicada para ser semeada durante todo o ano, principalmente na primavera e verão. É caracterizada por apresentar as folhas crespas, repicadas nas pontas e brilhosas, de coloração verde clara, com tamanho grande. Apresenta alta tolerância ao pendoamento precoce, sendo a emissão da haste floral retardada em 15 a 20 dias quando comparada ao da variedade Grand Rapids e em 5 e 7 dias quando comparada com a Verônica (Vecchia et al., 1999)

### 3.2 Manejo da cultura

No experimento que teve início em agosto de 2001 (denominado experimento de primavera), as mudas foram produzidas com substrato comercial em bandejas de polietileno expandido (Isopor®), as quais foram pintadas externamente com tinta betuminosa (neutrol) para evitar o desenvolvimento de algas. Em cada célula da bandeja foi colocado o substrato, e com a abertura de uma pequena cavidade foi colocada uma semente, posteriormente coberta com uma camada do mesmo substrato.

Durante a emergência das plântulas, as bandejas foram colocados sobre uma pequena lâmina de solução nutritiva para alface, proposta por Castellane & Araújo (1995), diluída a 25% da formulação original. Após o estágio de 2 a 3 folhas verdadeiras totalmente abertas (sem contabilizar as folhas cotiledonares), o sistema radicular foi lavado para a retirada do substrato e foi realizado o primeiro transplante para bancadas de adaptação ao sistema hidropônico, chamadas de berçário.

O berçário constituiu-se por duas bancadas de 12 perfis hidropônicos pequenos de 4 m de comprimento, cada um com 39 orifícios de 0,032 m de diâmetro, espaçados em 0,10 m, com uma distância entre plantas de perfis vizinhos de 0,10 m, perfazendo um total de 936 mudas nas duas bancadas. Estas bancadas, com altura do piso de 1,10 m na entrada da solução nutritiva, tiveram um desnível de 5% até a parte final dos perfis (saída da solução), e foram abastecidas com solução nutritiva (Castellane & Araújo, 1995) diluída a 25%, via sistema NFT.

No experimento que teve início em abril de 2002 (denominado de experimento de outono), as mudas foram produzidas em três placas de espuma fenólica para germinação, com um total de 1035 cubos de 2 cm<sup>3</sup>, acondicionadas em bandejas plásticas até a emergência. Antes de proceder a semeadura nos cubos, foi lavado as placas em água corrente por 5 min, para evitar que resíduos químicos de sua fabricação prejudicassem a germinação. Em cada cubo da espuma fenólica, abriu-se uma pequena cavidade onde foi colocada duas sementes, posteriormente coberta com uma camada de vermiculita e umidecida duas vezes ao dia. Após a emergência das plântulas, aos 5 dias da semeadura, a espuma foi dividida, com auxílio de uma espátula, em pequenos cubos com duas plântulas cada, e colocados no berçário, nas mesmas condições do experimento anterior. Após dois dias nas bancadas, foi realizado o desbaste aleatório para uma plântula por orifício dos perfis.

Aos 23 dias após a semeadura, iniciou-se a contagem do número de dias após o transplante (DAT) para o experimento semeado em 15 de agosto de 2001, ou seja, dia 7 de setembro é o primeiro DAT; enquanto, dia 26 de abril de 2002, aos 23 dias após a semeadura, ou seja é o primeiro DAT para o experimento semeado em 03 de abril de 2002.

Tabela 2. Épocas de semeadura e transplante (EST) com respectivos espaçamentos (E, m x m), concentração da solução nutritiva (SN, em %), estádios de crescimento e desenvolvimento da alface variedade Vera em hidroponia sob ambiente protegido nos experimentos de primavera em 2001 e outono em 2002. Santa Maria, RS.

EST	Descrição	E	Estádio <sup>1</sup>	SN
<b>Primavera</b>				
15/ago/01	semeadura - bandejas c/ substrato	0,02 x 0,02	semente	25
07/set/01	1º Transplante - berçário	0,1 x 0,1	2 a 3 folhas <sup>2</sup>	50
20/set/01	2º Transplante - perfis médios	0,25 x 0,25	4 a 5 folhas	100
23/out/01	3º Transplante - perfis grandes	0,25 x 0,50	23 a 30 folhas	100
<b>Outono</b>				
3/abr/02	semeadura - espuma fenólica	0,02 x 0,02	semente	25
8/abr/02	1º Transplante - berçário	0,1 x 0,1	folhas cotiledonares	25
4/mai/02	2º Transplante - perfis médios	0,25 x 0,25	4 a 5 folhas	100
7/jun/02	3º Transplante - perfis grandes	0,25 x 0,50	16 a 22 folhas	100

<sup>1</sup> Os estádios de crescimento e desenvolvimento foram definidos nesses experimentos conforme o Apêndice.

<sup>2</sup> Contagem das folhas totalmente abertas, sem contabilizar as folhas cotiledonares.

O manejo ainda teve (i) a reposição de água para completar o volume total de 400 L da solução; (ii) a leitura e ajuste do pH da solução nutritiva; e (iii) a leitura dos valores da condutividade elétrica, que foram realizados a cada 48 horas durante o ciclo da cultura nos dois experimentos. Quando os valores de pH estiveram fora do intervalo ideal de  $6,0 \pm 0,2$  (FAO, 1990), ajustou-se para este intervalo com a adição de NaOH para sua elevação e de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para sua redução. Os valores iniciais e finais de cada leitura do pH encontram-se em Anexo.

A leitura da condutividade elétrica da solução nutritiva objetivou verificar o limite mínimo para a troca total da solução, que foi estabelecido em aproximadamente 0,5 dS.m<sup>-1</sup>. Totalizando, desde o segundo transplante (perfis médios), 6 e 4 soluções novas nos experimentos de primavera e outono, respectivamente.

As datas de semeadura, transplantes, estádios de crescimento e desenvolvimento e concentração da solução nutritiva, bem como, os espaçamentos utilizados em todas as etapas dos dois experimentos encontram-se na Tabela 2.

Quando as plantas apresentavam-se com 4 a 5 folhas totalmente abertas, as plantas foram transplantadas para os perfis médios com 100% da solução nutritiva, em 4 bancadas de 6 perfis de 6 m de comprimento, cada um com 24 orifícios de 0,05 m de diâmetro espaçados em 0,25 m dentro dos perfis, e 0,25 m entre plantas de perfis vizinhos, totalizando 576 plantas, dispostas de forma alternada entre os canais (Figura 3), conforme recomendação de Schmidt (2000). As plantas foram transplantadas pela terceira vez para os perfis grandes, em 4 bancadas de 6 perfis de 6 m de comprimento, cada um com 24 orifícios de 0,05 m de diâmetro, sendo as plantas espaçadas nos perfis em 0,50 m e entre perfis em 0,25 m, possibilitando, pela maior profundidade, maior espaço às raízes, bem como, para a parte aérea e ainda facilitou a amostragem de toda a fitomassa da planta (principalmente, a coleta das folhas verdes e senescentes).

O espaçamento final visando a produção de sementes foi realizado aos 47 DAT no experimento de primavera e aos 43 DAT para o experimento de outono (Tabela 2).

### **3.3 Técnicas experimentais**

Segundo Marodim et al. (2000) as parcelas de experimentos com alface em hidroponia não devem seguir os canais da bancada pois perde-se em precisão, portanto, as amostras de quatro plantas foram tomadas na direção perpendicular aos perfis. A partir do início da bancada, deixando 3 plantas de bordadura na extremidade. A primeira parcela útil foi formada pela segunda planta do perfil 2, pela primeira planta do perfil 3, pela segunda planta do perfil 4 e pela primeira do perfil 5 (Figura 3); e, a segunda parcela foi formada pelas 4 próximas plantas dos 4 perfis centrais, deixando 3 plantas de bordadura entre ambas parcelas vizinhas; e assim, sucessivamente. Este esquema permitiu a obtenção de 15 parcelas de quatro plantas por bancada, que seguiram a frequência de amostragem descrita na Tabela 3.

A amostragem foi realizada em frequências diferentes, proporcionalmente ao crescimento e desenvolvimento da cultura, ou seja: frequências menores na fase inicial

(caracterizada pelo crescimento lento, estabelecimento da cultura); e, na fase final (caracterizada pelo crescimento reduzido ou nulo, maturação da cultura); e frequências maiores na fase intermediária (caracterizada pelo crescimento rápido, consolidação da cultura). Sabendo-se que as taxas de acúmulo de fitomassa variam rapidamente no estágio vegetativo, a frequência de amostragem no tempo tem que ser maior para o modelo estimar a época de máxima taxa de acúmulo de fitomassa com maior precisão, o que é semelhante à sugestão de Vogt (2002).

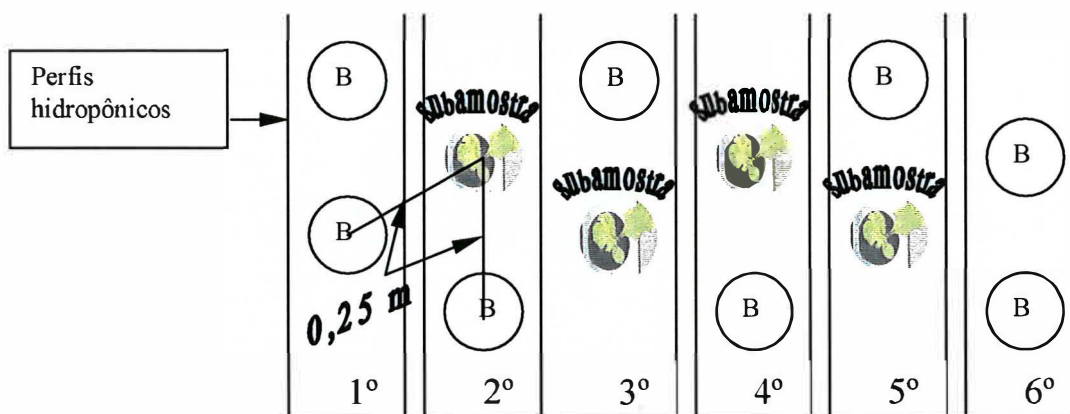


Figura 3 - Esquema de parte de uma bancada de produção de alface em hidroponia, salientando a parcela útil de quatro plantas (subamostras) na direção perpendicular aos perfis hidropônicos (1º ao 6º) e respectivas plantas de bordadura (B), e o espaçamento (0,25 x 0,25 m) de forma alternada entre as plantas nos orifícios dos perfis.

Todas as parcelas de quatro plantas foram numeradas e esquematizadas num croqui, sendo que, em cada dia de amostragem foi feito um sorteio entre todas as parcelas das quatro bancadas para obter a parcela que seria coletada, onde foi realizada as avaliações referentes ao desenvolvimento e crescimento da planta.

A amostragem para realizar as avaliações referentes à produção de sementes por planta foi realizada em todas as plantas das parcelas restantes das amostragens no tempo, no final do ciclo da cultura. No total foram 53 plantas no experimento de primavera, e 27 plantas no de outono. Em cada experimento, as amostras foram coletadas em duas



épocas diferentes: plantas com aproximadamente 50% dos aqüênios maduros; e, plantas com aproximadamente 100% dos aqüênios maduros.

O tamanho de amostra utilizado nos testes de avaliação da qualidade fisiológica de sementes está descrito no item 1.4.2 (Produção de sementes).

Tabela 3. Épocas de semeadura e transplante (EST), número de dias após o transplante (DAT) e de amostras ( $\eta$ ) e frequência de amostragens (Fi, %) por intervalo de tempo nos dois experimentos (primavera de 2001 e outono de 2002) de alface em hidroponia sob ambiente protegido. Santa Maria, RS.

EST	DAT	Descrição	$\eta$	Fi
<b>Primavera</b>				
15/ago a 6/set/01	-	Semente até plântulas em bandejas	0	-
7/set a 19/set/01	1 a 13	Plantas com duas folhas no berçário	3	23,08
20/set a 22/out/01	14 a 46	Bancadas de perfis médios	16	50,00
23/out/01 a 02/jan/02	47 a 118	Bancadas de perfis grandes	23	32,39
		Total	42	35,59
<b>Outono</b>				
3/abr a 25/abr/02	-	Semente até plântulas no berçário	0	-
26/abr a 03/mai/02	1 a 8	Plantas com duas folhas no berçário	3	37,50
4/mai a 06/jun/02	9 a 42	Bancadas de perfis médios	17	51,52
7/jun a 25/set/02	43 a 153	Bancadas de perfis grandes	26	23,64
		Total	46	30,07

### 3.4 Determinações referentes à planta: variáveis dependentes

#### 3.4.1 Desenvolvimento e crescimento

As determinações referentes ao desenvolvimento e crescimento das plantas realizadas nos dois experimentos em hidroponia e respectivo procedimento de coleta, encontram-se na Tabela 4.

A partir da soma dos diferentes compartimentos da planta avaliados nos dois experimentos, bem como, da fitomassa seca de discos, obteve-se a fitomassa seca total por planta no  $i$ -ésimo dia de amostragem, seguindo as equações abaixo para os experimentos de primavera e outono, respectivamente:

$$FST_i = FSR_i + FSTalo_i + FSF_i + FSD_i \quad (1)$$

$$FST_i = FSR_i + FSTalo_i + FSFV_i + FSFS_i + FSD_i \quad (2)$$

Para ambos os experimentos, foi calculada a fitomassa seca total relativa ( $FSTr_i$ ), no  $i$ -ésimo dia de amostragem, como segue:

$$FSTr_i = \frac{FST_i}{FST_n} \quad (3)$$

em que  $FST_n$  se refere à fitomassa seca total no  $n$ -ésimo (último) dia de amostragem.

A fitomassa seca de folhas relativa ( $FSFr_i$ ) no  $i$ -ésimo dia de amostragem foi calculada como segue:

$$FSFr_i = \frac{FSF_i}{FSF_{m\acute{a}x}} \quad (4)$$

em que  $FSF_{m\acute{a}x}$  se refere à fitomassa seca de folhas máxima observada nas amostragens durante o ciclo da cultura, sendo que no experimento de primavera:

$$FSF_i = FSF_i + FSD_i \quad (5)$$

e no experimento de outono:

$$FSF_i = FSFV_i + FSFS_i + FSD_i \quad (6)$$

Para determinar a variação temporal da repartição da fitomassa seca em cada compartimento da planta avaliado, calculou-se o percentual do total de fitomassa seca que cada compartimento contribui nos  $i$ -ésimos dias de amostragem, ou seja, em cada coleta fez-se a média da fitomassa seca de cada compartimento em quatro plantas, dividindo-a pela média de fitomassa seca total das mesmas quatro plantas e multiplicando-se por 100.

A fitomassa seca de discos foi utilizada para estimar a área foliar através da seguinte equação:

$$AF_i = \frac{(AD * ND_i) * (FSF_i + FSD_i)}{FSD_i} \quad (7)$$

em que  $AF_i$  se refere à área foliar no  $i$ -ésimo dia de amostragem, em  $m^2$ ;  $AD$  à área de um disco ( $0,000254469 m^2$ );  $ND_i$  ao número de discos coletados no  $i$ -ésimo dia de amostragem;  $FSF_i$  à fitomassa seca de folha no  $i$ -ésimo dia de amostragem, em  $kg.m^{-2}$ ; e  $FSD_i$  à fitomassa seca de discos no  $i$ -ésimo dia de amostragem, em  $kg.m^{-2}$ .

A partir da área foliar foi estimado o índice de área foliar, como mostra a seguinte equação:

$$IAF_i = \frac{AF_i}{AES} \quad (8)$$

em que  $AF_i$  se refere à área foliar no  $i$ -ésimo dia de amostragem, em  $m^2$ ; e  $AES$  à área explorada pela planta, em  $m^2$ .

Tabela 4. Variáveis dependentes e procedimento de coleta no i-ésimo dia de amostragem durante o cultivo de alface em hidroponia sob ambiente protegido, nos experimentos de primavera em 2001 e outono em 2002. Santa Maria, RS.

Variável Dependente	Procedimento de coleta
Número de folhas por planta (NF <sub>i</sub> )	Foram contadas todas as folhas com comprimento maior do que 0,05 m, totalmente expandidas (verdes e senescentes).
Fitomassa <sup>1</sup> seca de folhas (FSF <sub>i</sub> )	Foram destacadas as folhas verdes e senescentes com comprimento maior do que 0,05m, e após secagem foram pesadas em balança analítica de precisão igual a 0,001 g.
Fitomassa seca de talo (FSTalo <sub>i</sub> )	Cortou-se na base da planta, onde não havia mais inserção de raízes e destacou-se as folhas, e após secagem foram pesados em balança analítica de precisão igual a 0,001 g.
Fitomassa seca das raízes (FSR <sub>i</sub> )	As raízes foram cortadas na base do talo, e após secagem foram pesadas em balança analítica de precisão igual a 0,001 g.
Fitomassa seca de discos (FSD <sub>i</sub> )	Foram extraídos de todo limbo foliar das plantas amostradas com um perfurador de diâmetro 0,018 m, e após secagem foram pesados em balança analítica de precisão igual a 0,001 g.
Número de discos (ND <sub>i</sub> )	Foram extraídos e contados um número de discos proporcional ao número e tamanho das folhas até um limite de 100 discos por planta.
Número de folhas verdes por planta (NFV <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	Foram contadas todas as folhas verdes maiores do que 0,05 m, totalmente expandidas.
Fitomassa seca de folhas verdes (FSFV <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	Foram destacadas as folhas verdes com comprimento maior do que 0,05m, e após secagem foram pesadas em balança analítica de precisão igual a 0,001 g.
Número de folhas senescentes por planta (NFS <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	Foram contadas todas as folhas senescentes maiores do que 0,05 m, destacadas da planta ou coletadas de cima dos perfis.
Fitomassa seca de folhas senescentes (FSFS <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	Foram destacadas da planta ou coletadas de cima dos perfis as folhas senescentes com comprimento maior do que 0,05m, e após secagem foram pesadas em balança analítica de precisão igual a 0,001 g.

<sup>1</sup> todas as partes da planta coletadas para fins de determinação de fitomassa seca foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa (65°C e 0% UR) até massa constante;

<sup>2</sup> determinações realizadas somente no experimento de outono em 2002.

### 3.4.2 Produção de sementes

As determinações referentes à produção de sementes por planta realizadas nos dois experimentos em hidroponia e respectivo procedimento de coleta, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Variáveis dependentes e procedimento de coleta na colheita de sementes da cultura de alface em hidroponia sob ambiente protegido, nos cultivos de primavera em 2001 e outono em 2002. Santa Maria, RS.

Variável Dependente	Procedimento de coleta
Número de capítulos com aquênios por planta (NCA) <sup>1</sup>	No final do ciclo, cortou-se o talo logo abaixo da inflorescência, deixou-se secar dentro da estufa por uma semana. Depois na hora da debulha, contou-se somente o número de capítulos com aquênios.
Número de aquênios por capítulo (NAC) <sup>1</sup>	Durante a debulha, coletou-se aleatoriamente 10 capítulos com aquênios maduros por planta e contou-se o número de aquênios.
Umidade de sementes (US)	Nas duas épocas de colheita de sementes, quando da pesagem das sementes, avaliou-se a umidade de sementes.
Massa de sementes por planta (MS)	Depois da debulha e limpeza, procedeu-se a pesagem das sementes com correção da umidade para 6%.
Massa de 1000 sementes (MMS)	Quando da pesagem da massa de sementes, realizou-se a contagem e a pesagem de 1000 sementes em balança analítica de precisão igual a 0,001 g.
Comprimento de raiz (CR)	Ao realizar-se a primeira contagem da germinação, fez-se também a mensuração do comprimento da raiz primária com uma régua milimetrada.
Vigor - primeira contagem (V%)	Aos quatro dias da semeadura para o teste de germinação, fez-se a primeira contagem de plântulas normais germinadas em quatro repetições de 100 sementes semeadas.
Germinação (G%)	Aos sete dias da semeadura para o teste de germinação, fez-se a contagem de plântulas normais germinadas em quatro repetições de 100 sementes semeadas.
Condutividade elétrica (CE)	Quando da pesagem da massa de sementes, foi embebida em água destilada 50 sementes em 4 repetições por 6 h e analisada a condutividade elétrica da solução.

<sup>1</sup> todas as variáveis foram coletadas em duas épocas diferentes nos dois experimentos: plantas com aproximadamente 50% dos aquênios maduros; e, plantas com aproximadamente 100% dos aquênios maduros.

A qualidade fisiológica das sementes produzidas nos dois experimentos foi analisada no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria.

O teste de germinação foi realizado com a semeadura de 100 sementes em quatro repetições, provenientes das duas época de colheita (plantas com 50% e 100% dos aqüênios maduros) de cada experimento, em caixas plásticas do tipo gerbox, sobre três folhas de papel filtro umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa dos papéis filtro. As sementes foram mantidas à temperatura constante de 20°C. A contagem das sementes germinadas foi realizada aos sete dias, considerando o número de plântulas normais em cada caixa como o percentual de germinação. No quarto dia desse mesmo teste, foi contado o número de plântulas normais em cada caixa que foi considerado como o percentual de vigor (primeira contagem).

O teste de condutividade elétrica foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, previamente pesadas em balança analítica de 0,001 g, e adicionadas em 50 mL de água destilada em copos plásticos, mantidos à temperatura de 20°C por seis horas. Após este período, mensurou-se a condutividade desta solução através de um condutivímetro (Digimed CD-21) e seu resultado foi expresso em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  pela massa das sementes, em grama.

O comprimento da raiz primária das plântulas normais na primeira contagem aos quatro dias do teste de germinação foi mensurada à partir da união do hipocótilo à raiz até a extremidade final da mesma através de uma régua com escala em milímetros, em seis plântulas escolhidas aleatoriamente de cada gerbox.

### **3.5 Determinações referentes ao ambiente: variáveis independentes**

#### **3.5.1 Clima**

Foi registrado diariamente a temperatura e a umidade relativa do ar no interior da casa-de-vegetação (Anexo), através de um termohigrógrafo instalado a 1,50 m do piso e entre as bancadas. As cortinas laterais e as portas nas extremidades da casa-de-vegetação foram abertas diariamente no início da manhã e fechadas no final da tarde, exceto em dias de chuva, incidências de ventos e/ou dias frios (temperatura do ar inferior a 10°C), quando permaneceram fechadas.

A temperatura média diária do ar em °C foi calculada pela expressão:

$$\bar{T}_j = \frac{T_{m\acute{a}x_j} + T_{m\acute{i}n_j}}{2} \quad (9)$$

em que  $T_j$  se refere à temperatura média do ar (°C) no  $j$ -ésimo DAT ( $j = 1, 2, \dots, 118$ , no experimento de primavera;  $j = 1, 2, \dots, 153$ , no experimento de outono);  $T_{m\acute{a}x_j}$  à temperatura máxima do ar (°C) no dia  $j$ -ésimo DAT; e  $T_{m\acute{i}n_j}$  à temperatura mínima do ar (°C) no dia  $j$ -ésimo DAT.

Com os valores de temperatura média diária do ar do primeiro ao último DAT para os dois experimentos, calculou-se o índice térmico ou soma calórica ( $GD_j$ ) da cultura para todos os  $j$  DAT. A soma calórica pode ser definida pela equação (10):

$$GD_j = \int_{t=1}^{t=j} T(t).dt - T_{BI}.t_j \quad (10)$$

em que  $T(t)$  se refere à variação temporal da temperatura numa escala diária, entre o primeiro DAT ( $t=1$ ) e um outro  $j$  DAT qualquer ( $t=j$ );  $T_{BI}$  à temperatura basal inferior da cultura de alface ( $T_{BI} = 10^\circ\text{C}$ . Brunini et al., 1976); e  $t_j$  ao tempo (em DAT) de um dia  $j$  qualquer do ciclo.

Simplificando a expressão, conforme Gilmore & Rogers (1958), temos que:

$$GD_j = \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{BI}) \quad (11)$$

Para efeito de cálculo, quando a temperatura basal inferior da cultura for maior do que a temperatura média do ar num dia  $j$  qualquer, então fez-se:  $\bar{T}_j = T_{BI}$ .

Registrou-se também a radiação solar global dentro da estufa a cada cinco minutos durante o dia, através de sensores acoplados a um datalogger, situados junto as bancadas, das 6 h e 35 min até as 19 h no experimento de primavera, e das 6 h e 50 min até as 18 h e 15 min no experimento de outono. Fez-se a integral daqueles valores de radiação solar incidente no interior da estufa naqueles intervalos do dia (Anexo) para os dois experimentos, e calculou-se a radiação fotossinteticamente ativa interceptada no  $i$ -ésimo dia de amostragem ( $PAR_{interceptada\ i}$ ) pela cultura de alface, conforme a expressão proposta por Varlet-Grancher et al. (1989):

$$PAR_{interceptada\ i} = 0,95 * PARI_j * (1 - e^{(-0,8 * IAF_i)}) \quad (12)$$

em que  $PARI_j$  se refere à radiação fotossinteticamente ativa incidente no  $j$ -ésimo DAT, em  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$  ( $j = 1,2,\dots, 118$ , no experimento de primavera;  $j = 1,2,\dots, 153$ , no experimento de outono); e  $IAF_i$  ao índice de área foliar no  $i$ -ésimo dia de amostragem, em  $m^2$  de folha. $m^{-2}$  de solo ( $i = 1,2,\dots, 42$ , no experimento de primavera;  $i = 1,2,\dots, 46$ , no experimento de outono).

$$PARI_j = 0,45.RG_j \quad (13)$$

em que  $RG_j$  se refere à integral dos valores obtidos a cada 5 min da radiação solar global no  $j$ -ésimo DAT, em  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$  ( $j = 1,2,\dots, 118$ , no experimento de primavera;  $j = 1,2,\dots, 153$ , no experimento de outono).

O desenvolvimento relativo da cultura foi utilizado como variável independente (variável independente) do modelo a ser ajustado, que tem por finalidade, descrever a variação temporal do acúmulo de fitomassa seca relativa e prever as épocas de máxima taxa de acúmulo e de florescimento da cultura de alface.

O desenvolvimento relativo da cultura de alface foi calculado em função de várias escalas de duração, desde o primeiro  $j$  DAT até o ponto de maturidade fisiológica dos dois experimentos, e foram: (i)  $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia acumulados, em } ^\circ C.dia)$ ; (ii)  $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente acumulada, em } MJ.m^{-2})$ ; (iii)  $Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos acumulados, em } ^\circ C.dia)$ , e (iv)  $Dr(GDEm)_j = f(\text{graus-dia efetivos acumulados modificados, em } ^\circ C.dia)$ .

O desenvolvimento relativo da cultura em função de graus-dia acumulado foi obtido através da seguinte equação (*se*:  $T_{BI} > \bar{T}_j$ , *então*:  $T_{BI} = \bar{T}_j$ ):

$$Dr_{(GD)_j} = \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{BI}) / GD_{pmf} \text{ com: } 0 \leq Dr_{(GD)_j} \leq 1 \text{ } T_{BI} \leq \bar{T}_j \quad (14)$$

em que  $Dr(GD)_j$  se refere ao desenvolvimento relativo da cultura no  $j$ -ésimo DAT, em função de graus-dia acumulados;  $\bar{T}_j$  se refere à temperatura média diária do ar ( $^\circ C$ );  $GD_{pmf}$  ao índice térmico ou soma calórica da cultura correspondente ao ponto de maturidade fisiológica ( $^\circ C.dia$ );  $T_{BI}$  à temperatura basal inferior da cultura de alface ( $10^\circ C$ ).



$$GD_{pmf} = \sum_{j=1}^{j=pmf} (\bar{T}_j - T_{BI}) \quad (15)$$

O desenvolvimento relativo da cultura em função da radiação global incidente no interior da casa-de-vegetação foi obtido através da seguinte equação:

$$Dr_{(RG)_j} = \int_{t=1}^{t=n} RG_j / RG_{pmf}, \text{ com: } 0 \leq Dr_{(RG)_j} \leq 1 \quad (16)$$

em que  $Dr_{(RG)_j}$  se refere ao desenvolvimento relativo da cultura no  $j$ -ésimo DAT, em função da radiação global incidente no interior da estufa;  $\int_{t=1}^{t=n} RG_j$  à integral da radiação solar global incidente no dia  $j$  (leituras de 5 em 5 minutos), no intervalo de tempo  $t=1$  (6 h e 35 min) até  $t=150$  (19 h) no experimento de primavera; e,  $t=1$  (6 h e 50 min) até  $t=138$  (18 h e 15 min) no experimento de outono ( $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ );  $RG_{pmf}$  ao somatório da integral diária da radiação solar global ( $MJ.m^{-2}$ ) incidente até o ponto de maturidade fisiológica da cultura de alface.

O desenvolvimento relativo da cultura em função de graus-dia efetivos acumulados foi obtido através da seguinte equação:

$$Dr_{(GDE)_j} = \left[ 1 / \left\{ 1 / \left( \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{BI}) \right) + g * (1 / PARI_j) \right\} \right] / GDE_{pmf}, \text{ com: } 0 \leq Dr_{(GDE)_j} \leq 1 \quad (17)$$

em que  $Dr_{(GDE)_j}$  se refere ao desenvolvimento relativo da cultura no  $j$ -ésimo DAT, em função dos graus-dia efetivos (Scaife et al. 1987);  $\bar{T}_j$  à temperatura média diária do ar ( $^{\circ}C$ ) no  $i$ -ésimo DAT;  $T_{BI}$  à temperatura basal inferior da cultura de alface ( $10^{\circ}C$ );  $PARI_j$  à radiação fotossinteticamente ativa incidente no  $j$ -ésimo DAT, em  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$  ( $j=1,2,\dots, 118$ , no experimento de primavera;  $j=1,2,\dots, 153$ , no experimento de outono);  $GDE_{pmf}$  a graus-dia efetivos acumulados até o ponto de maturidade fisiológica ( $^{\circ}C.dia$ );  $g$  à constante que define a importância relativa da luz e temperatura do ar para a espécie ( $^{\circ}C.dia.m^{-2}.MJ^{-1}$ ): 0,09 (Scaife et al., 1987), que corresponde aproximadamente a 47% e 61% da radiação e da temperatura do ar, respectivamente, do total de GDE.

O desenvolvimento relativo da cultura foi ainda calculado em função de graus-dia efetivos acumulados, porém modificados [ $Dr(GDEm)_j$ ], com valores de “g” diferentes somente para a fase reprodutiva, já que não existe nenhuma estimativa desta constante para essa fase da cultura de alface, e foram: (i)  $Dr(GDEm, g=0,91)_j$ : com  $g = 0,91$  (53% e 9% da radiação e da temperatura do ar, respectivamente, do total de  $GDEm$ ); ou seja, o valor de “g” utilizado para o cálculo do desenvolvimento relativo foi 0,09 do estágio fenológico (EF) I ao VI (fase vegetativa)(Anexo); e 0,91 do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva)(Anexo); (ii)  $Dr(GDEm, g=0,03)_j$ : com  $g = 0,03$  (22% e 83% da radiação e da temperatura do ar, respectivamente, do total de  $GDEm$ ), ou seja, o valor de “g” utilizado para o cálculo do desenvolvimento relativo foi 0,09 do estágio fenológico (EF) I ao VI (fase vegetativa)(Anexo); e, 0,03 do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva)(Anexo).

Devido a grande variabilidade da temperatura basal inferior para o cálculo da soma calórica (ou graus-dia) referente à cultura de alface, foram também calculados todos os desenvolvimentos relativos, que se utilizavam da escala em graus-dia, com a temperatura basal igual a  $0^{\circ}C$ : (i)  $Dr(GD \text{ com } T_{BI=0})_j = f(\text{graus-dia com temperatura basal inferior igual a } 0^{\circ}C)$ ; (ii)  $Dr(GDE \text{ com } T_{BI=0})_j = f(\text{graus-dia efetivos, com temperatura basal inferior igual a } 0^{\circ}C)$ ; (iii)  $Dr(GDE \text{ com } T_{BI=0, g=0,91})_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g= 0,91 \text{ na fase reprodutiva, com temperatura basal inferior igual a } 0^{\circ}C)$ ; e (iv)  $Dr(GDEm \text{ com } T_{BI=0, g=0,03})_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,03 \text{ na fase reprodutiva, com temperatura basal inferior igual a } 0^{\circ}C)$ .

### 3.5.2 Solução nutritiva

Juntamente com a leitura do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva, ou seja, a cada 48 horas durante o ciclo da cultura nos dois experimentos, foi realizada a leitura da temperatura da solução (Anexo).

No experimento de outono foi realizado a quantificação da reposição de água para completar o volume de 400 L da solução (Anexo). Fez-se a média dos valores de água repostos de dois reservatórios que abasteciam dois pares de bancadas de perfis para fins de estimativa da evapotranspiração da cultura.

### 3.6 Análise estatística

Previamente ao ajuste do modelo, procedeu-se uma análise de variância em esquema bifatorial para testar a hipótese de igualdade de crescimento e desenvolvimento da cultura de alface nos dois experimentos em função da soma calórica e da radiação acumulada, ou seja: (i) se  $H_0$ : experimento x soma calórica = 0; e/ou, (ii) se  $H_0$ : experimento x radiação acumulada = 0; (iii) Portanto, quando estas hipóteses não forem rejeitadas (quando não existir interação significativa entre os dois fatores), o crescimento e desenvolvimento da cultura não difere entre os dois experimentos estudados em função da soma calórica e/ou radiação global incidente, em nível de 5% de probabilidade de erro, portanto, um modelo de crescimento poderia ser ajustado para os dois experimentos em função da soma calórica e outro em função da radiação global incidente, escolhendo-se o modelo de melhor ajuste.

Nesse sentido, realizou-se duas análises de variância com uma estrutura de parcelas subdivididas, onde os experimentos: primavera e outono constituíram-se um dos fatores nas parcelas principais para as duas análises; e, para uma das análises, o segundo fator em parcelas subdivididas foi formado de classes de graus-dia acumulados: 0 | 250; 250 | 500; 500 | 750; 750 | 1000; e, 1000 | 1250°C.dia, sendo o valor máximo da última classe limitado pelo experimento que acumulou menos graus-dias.

Na segunda análise de variância, o segundo fator em parcelas subdivididas foi formado por classes de radiação solar total incidente: 0 | 200; 200 | 400; 400 | 600; e, 600 | 800 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, sendo o valor máximo da última classe limitado pelo experimento que acumulou menos radiação global solar incidente.

As repetições do experimento bifatorial foram as datas de coleta nos dois experimentos, e as quatro plantas por data de coleta foram as amostragem nas subparcelas. A análise foi realizada pelo Software NTIA/Embrapa, com o comando MODLIN estruturado conforme Storck et al. (1995): (i) experimentos (Exper) x classes de graus-dias (GD):

$$"MOD Y = Exper [R(Exper)] \{R(Exper) GD GD*Exper\} [GD*R(Exper)] GD*R(Exper)"$$

e (ii) experimentos x classes de radiação global incidente:

$$"MOD Y = Exper [r(Exper)] \{r(Exper) radiação radiação*Exper\} [radiação r(Exper)] radiação*r(Exper)"$$

em que  $Y$  se refere à fitomassa seca de folha ( $FSF_i$ ), talo ( $FSTalo_i$ ), raiz ( $FSR_i$ ) e total ( $FST_i$ ), número de folhas ( $NF_i$ ) e área foliar ( $AF_i$ ), e  $r$  à repetição.

Para comparar o ajuste entre os modelos propostos entre variação temporal de fitomassa seca e as formas de caracterização do desenvolvimento e crescimento relativo da cultura, utilizou-se o teste de F, em nível de 5% de probabilidade do erro, comparando-se, duas a duas, as estimativas de máxima verossimilhança da variância residual, ou seja, os quadrados médios do erro da análise de regressão não linear:

$$QME = \left[ \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / \eta \right] \quad (18)$$

em que  $Y_i$  se refere a valores observados no  $i$ -ésimo dia de amostragem;  $\hat{Y}_i$  a valores estimados; e  $\eta$  ao número de amostragens.

A estatística F para comparar o ajuste dos modelos com as variáveis independentes  $Dr(GD)_j$  e  $Dr(RG)_j$  no experimento de primavera, por exemplo, foi obtida pela expressão:

$$F = \frac{QME_1}{QME_2} \text{ com } \cap \text{ de F} \quad (19)$$

em que  $QME_1$  se refere ao quadrado médio do erro da análise de regressão não linear do modelo de maior QME [ $Dr(GD)_j$  ou  $Dr(RG)_j$ ], com  $GL_1 = 43$  graus de liberdade do erro;  $QME_2$  ao quadrado médio do erro da análise de regressão não linear do modelo de menor QME [ $Dr(GD)_j$  ou  $Dr(RG)_j$ ], com  $GL_2 = 43$  graus de liberdade do erro.

### 3.7 Desenvolvimento do modelo e simulação

#### 3.7.1 Considerações gerais

O primeiro passo para desenvolver um modelo é o conhecimento teórico prévio sobre o sistema que se quer modelar. Sabe-se que o crescimento das plantas, quantificado em acúmulo de fitomassa seca pelo tempo, segue aproximadamente uma curva sigmóide, ou seja, no início do crescimento, a fitomassa seca de plantas individuais aumenta em uma proporção constante por dia, então conduzindo para um crescimento exponencial. Depois da cultura fechar a superfície, mais folhas crescem sem conduzir a uma proporcional interceptação de luz, conseqüentemente a taxa de

crescimento permanece constante e a fitomassa total da planta aumenta linearmente até um ponto de inflexão (máxima taxa de acúmulo de fitomassa seca), a partir do qual, a taxa de crescimento começa a diminuir até a curva se aproximar do valor final (ponto de maturidade fisiológica, ou assíntota da curva).

As curvas de crescimento de plantas ajustadas desde a sementeira até o ponto de maturidade fisiológica, em função do tempo em dias ou graus-dia, utilizam-se normalmente de modelos não lineares que representam uma curva sigmoideal (Modelos Logísticos, Gompertz, Weibull, entre outros).

Dourado Neto (1999) sugere modelos de crescimento não lineares que representam uma curva sigmoideal através do uso de parte do modelo matemático do cosseno, que é uma expressão matemática mais conhecida e mais simples do que as normalmente utilizadas.

Nos estádios de crescimento inicial da cultura de alface, Scaife (1973) mostrou existir uma relação direta entre taxa de crescimento relativo e a temperatura, quando a radiação incidente é mantida constante num alto nível, representando a relação entre crescimento e temperatura do ar por uma curva sigmoideal.

Segundo Van Keulen & Wolf (1986), quando ocorre o suprimento ótimo de água e nutrientes e a ausência de ervas daninhas, insetos pragas e doenças, a variação temporal dos incrementos de fitomassa seca da planta é determinada pela radiação solar e a temperatura, sendo chamado de taxa de crescimento potencial. Tais condições são supostas prevalecer quando discutida a modelagem do desenvolvimento e crescimento de plantas, o que a rigor, em cultivos hidropônicos é mais provável do que a campo.

Em vista disso e para fins de comparação da relevância das variáveis independentes a serem utilizadas no modelo, caracterizou-se a duração do desenvolvimento e crescimento da planta conforme: os graus-dia acumulados (Equação 10), em °C.dia; radiação global incidente acumulada (Equação 12), em MJ.m<sup>-2</sup>; e, graus-dia efetivos (graus-dia e radiação fotossinteticamente ativa incidente) (Equação 13).

O segundo passo constituiu-se do estabelecimento das bases teóricas do modelo empírico pela validação dos valores extremos da variação temporal diária de fitomassa seca relativa total da planta (FSTr<sub>i</sub>) e das folhas (FSFr<sub>i</sub>) em função do desenvolvimento e

crescimento relativo, caracterizado por graus-dia, radiação solar global incidente e graus-dia efetivos.

### 3.7.2 Modelo empírico

No período de adaptação ao sistema hidropônico, ou seja, da emergência até a formação das duas primeiras folhas verdadeiras, o desenvolvimento relativo foi considerado igual a zero ( $Dr_j = \text{zero}$ ). A partir do dia de transplante das plantas para os perfis médios (1 DAT), com 100% da formulação original da solução nutritiva, a fitomassa seca de raiz, folha e talo começaram a ser amostradas e quantificadas, e com estes valores calculou-se a taxa de acúmulo de fitomassa seca.

Para a fitomassa seca total (Equações 1 e 2), pressupôs-se que seu máximo valor seja alcançado no ponto de maturidade fisiológica, onde a taxa de acúmulo é nula (Tabela 6, caso 4), enquanto que, para fitomassa seca de folhas, o máximo valor deva ocorrer antes da maturidade fisiológica (Tabela 6, caso 4).

Sabe-se que existe ao longo do ciclo da cultura, um único ponto de máxima taxa de acúmulo de fitomassa (Tabela 6 e Tabela 7, caso 5), bem como um período de taxas positivas e crescentes (Tabela 6 e Tabela 7, caso 6), positivas e decrescentes (Tabela 6 e Tabela 7, caso 7), e negativas (Tabela 7, caso 7) e decrescentes (Tabela 7, caso 8).

As funções trigonométricas são normalmente utilizadas para descrever e modelar sistemas cíclicos ou periódicos, devido a sua repetição após um certo intervalo de tempo. Porém, também é possível utilizar intervalos destas funções, como neste caso, da função co-seno, que é uma curva sigmóide e, portanto, modelar o crescimento e desenvolvimento de plantas com os valores extremos preestabelecidos.

Para a variação temporal diária de fitomassa seca relativa total da planta ( $FSTr_i$ ), temos os modelos empíricos seguindo as assunções da Tabela 6 em função da escala em graus-dia, radiação global, graus-dia efetivos e graus-dia efetivos modificado:

$$FSTr_i = \cos\left\{\frac{\pi}{2}(1 - Dr(GD)_j)\right\} \quad (20)$$

em que  $Dr(GD)_j$  se refere ao desenvolvimento relativo da cultura no  $j$ -ésimo DAT, em função de graus-dia acumulados,

$$FSTr_i = \cos\left\{\frac{\pi}{2}(1 - Dr(RG)_j)\right\} \quad (21)$$

em que  $Dr(RG)_j$  se refere ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT, em função da radiação global incidente no interior da estufa,

$$FSTr_i = \cos\left\{\frac{\pi}{2}(1 - Dr(GDE)_j)\right\} \quad (22)$$

em que  $Dr(GDE)_j$  se refere ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT, em função dos graus-dia efetivos acumulados,

$$FSTr_i = \cos\left\{\frac{\pi}{2}(1 - Dr(GDEm)_j)\right\} \quad (23)$$

em que  $Dr(GDEm)_j \therefore Dr(GDEm, g=0,91)_j$  se refere ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT em função de graus-dia efetivos modificados, para  $g = 0,09$  do estágio fenológico (EF) I ao VI (fase vegetativa); e, para  $g = 0,91$  do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva);  $Dr(GDEm)_j \therefore Dr(GDEm, g=0,03)_j$  ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT em função de graus-dia efetivos modificados, para  $g = 0,09$  do estágio fenológico (EF) I ao VI (fase vegetativa); e, para  $g = 0,03$  do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva).

Tabela 6. Assunções do modelo empírico referente à fitomassa seca relativa total ( $FSTr_i$ ), para o desenvolvimento relativo ( $Dr_j$ ) em função de: graus-dia, radiação global, graus-dia efetivos e graus-dia efetivos modificado.

Caso	Condição	Descrição
1	se $Dr_j = 0 \Rightarrow FSTr_i = 0$	No período de adaptação ao sistema hidropônico, a fitomassa seca é desprezível, com taxa de acúmulo igual a zero.
2	se $Dr_j = 1 \Rightarrow FSTr_i = 1$	O acúmulo de fitomassa seca total é máximo (caso 2) no ponto de maturidade fisiológica, e a sua taxa de acúmulo é nula (caso 3). Existe um único ponto em que a taxa de acúmulo de fitomassa seca é máxima (caso 4).
3	se $Dr_j = 1 \Rightarrow \frac{dFSTr_i}{dDr_j} = 0$	
4	se $0 < Dr_j < 1 \Rightarrow \frac{d^2 FSTr_i}{dDr_j^2} = 0$	
5	se $0 < Dr_j < Dr_j \left( \frac{d^2 FSTr_i}{dDr_j^2} = 0 \right) \Rightarrow \frac{d^2 FSTr_i}{dDr_j^2} > 0$	Intervalos da curva sigmoideal para representação da variação temporal do acúmulo de fitomassa seca total. Portanto, existem períodos em que a taxa de acúmulo é positiva e crescente (caso 5) e, positiva e decrescente (caso 6).
6	se $Dr_j \left( \frac{d^2 FSTr_i}{dDr_j^2} = 0 \right) < Dr_j < 1 \Rightarrow \frac{d^2 FSTr_i}{dDr_j^2} < 0$	



Tabela 7. Assunções do modelo empírico referente à fitomassa seca relativa de folha ( $FSFr_i$ ), para o desenvolvimento relativo ( $Dr$ ) em função de: graus-dia, radiação global, graus-dia efetivos e graus-dia efetivos modificado.

Caso	Condição	Descrição
1	se $Dr_j = 0 \Rightarrow FSFr_i = 0$	No período de adaptação ao sistema hidropônico, a fitomassa seca é desprezível, com taxa de acúmulo igual a zero.
2	se $Dr_j = Dr_m \Rightarrow FSFr_i = 1$	A máxima fitomassa de folha é atingida antes do ponto de maturidade fisiológica (Caso 2),
3	se $Dr_j = Dr_m \Rightarrow \frac{dFSFr_i}{dDr_j} = 0$	Quando a taxa de acúmulo de fitomassa seca de folha é nula (Caso 3).
4	se $0 < Dr_j < 1 \Rightarrow \frac{d^2 FSFr_i}{dDr_j^2} = 0$	Existe um ponto do ciclo da cultura, com máxima taxa de acúmulo de fitomassa seca de folha.
5	se $0 < Dr_j < Dr_j \left( \frac{d^2 FSFr_i}{dDr_j^2} = 0 \right) \Rightarrow \frac{d^2 FSFr_i}{dDr_j^2} > 0$	A taxa de acúmulo de fitomassa seca de folha é positiva e crescente entre o 1º DAT e a máxima taxa acúmulo de fitomassa seca de folha.
6	se $Dr_j \left( \frac{d^2 FSFr_i}{dDr_j^2} = 0 \right) < Dr_j < Dr_m \Rightarrow \frac{d^2 FSFr_i}{dDr_j^2} < 0$	A taxa de acúmulo de fitomassa seca de folha é positiva e decrescente entre o instante de máxima taxa de acúmulo de fitomassa seca de folha e o instante em que o valor de fitomassa seca de folha é máximo.
7	se $Dr_m < Dr_j < 1 \Rightarrow \frac{dFSFr_i}{dDr_j} < 0$	A taxa de acúmulo de fitomassa seca de folha é negativa entre o instante em que o valor de fitomassa seca de folha é máximo e o ponto de maturidade fisiológica.
8	se $Dr_m < Dr_j < 1 \Rightarrow \frac{d^2 FSFr_i}{dDr_j^2} < 0$	A taxa de acúmulo de fitomassa seca de folha é decrescente entre o instante em que o valor de fitomassa seca de folha é máximo e o ponto de maturidade fisiológica.

O modelo empírico seguindo as assunções da Tabela 7 para a variação temporal diária de fitomassa seca relativa de folhas ( $FSFr_i$ ), em função da escala em graus-dia, radiação global, graus-dia efetivos e graus-dia efetivos modificado:

$$FSFr_i = \cos \left\{ \frac{\pi}{2} \left( \frac{Dr(GD)_m - Dr(GD)_j}{Dr(GD)_m} \right) \right\} \quad (24)$$

em que  $Dr(GD)_m$  se refere ao desenvolvimento relativo em função de graus-dia em que a fitomassa seca de folhas é máxima;  $Dr(GD)_j$  ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT, em função de graus-dia acumulados,

$$FSFr_i = \cos \left\{ \frac{\pi}{2} \left( \frac{Dr(RG)_m - Dr(RG)_j}{Dr(RG)_m} \right) \right\} \quad (25)$$

em que  $Dr(RG)_m$  se refere ao desenvolvimento relativo em função da radiação global incidente em que a fitomassa seca de folhas é máxima;  $Dr(RG)_j$  ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT, em função da radiação global incidente no interior da estufa:

$$FSFr_i = \cos \left\{ \frac{\pi}{2} \left( \frac{Dr(GDE)_m - Dr(GDE)_j}{Dr(GDE)_m} \right) \right\} \quad (26)$$

$Dr(GDE)_m$  ao desenvolvimento relativo em função de graus-dia efetivos em que a fitomassa seca de folhas é máxima;  $Dr(GDE)_j$  ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT, em função dos graus-dia efetivos acumulados, e

$$FSFr_i = \cos \left\{ \frac{\pi}{2} \left( \frac{Dr(GDEm)_m - Dr(GDEm)_j}{Dr(GDEm)_m} \right) \right\} \quad (27)$$

em que  $Dr(GDEm)_m \therefore Dr(GDEm, g=0,91)_m$  se refere ao desenvolvimento relativo em função de graus-dia efetivos modificados, para  $g = 0,91$  do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva), em que a fitomassa seca de folhas é máxima;  $Dr(GDEm)_m \therefore Dr(GDEm, g=0,03)_m$  ao desenvolvimento relativo em função de graus-dia efetivos modificados, para  $g = 0,03$  do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva), em que a fitomassa seca de folhas é máxima;  $Dr(GDEm)_j \therefore Dr(GDEm, g=0,91)_j$  ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT em função de graus-dia efetivos

modificados, para  $g = 0,91$  do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva);  $Dr(GDE)_j \therefore Dr(GDE)_j, g=0,03$  ao desenvolvimento relativo da cultura no  $j$ -ésimo DAT em função de graus-dia efetivos modificados, para  $g = 0,03$  do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva).

### 3.7.3 Modelo proposto

Inseriu-se os parâmetros empíricos nos modelos, de maneira que através da utilização dos dados experimentais, seja possível generalizar o modelo proposto para fins de previsão. Portanto, a fitomassa seca relativa total estimada da planta em função de  $Dr(GD)_j$  é igual a:

$$F\hat{S}Tr_i = \cos^\alpha \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - Dr_{(GD)_j}) \right\} \quad (\alpha \in \mathfrak{R}) \quad (28)$$

em que  $\alpha$  se refere ao parâmetro empírico do modelo (fator de forma da curva de crescimento).

A fitomassa seca relativa de folhas estimada em função de  $Dr(GD)_j$  é igual a:

$$F\hat{S}Fr_i = \cos^\beta \left\{ \frac{\pi}{2} \left( \frac{Dr_{(GD)_m} - Dr_{(GD)_j}}{Dr_{(GD)_m}} \right) \right\} \quad (\beta \in \mathfrak{R}) \quad (29)$$

em que  $\beta$  se refere ao parâmetro empírico do modelo (fator de forma da curva de crescimento).

A fitomassa seca relativa total estimada da planta em função de  $Dr(RG)_j$  é igual a:

$$F\hat{S}Tr_i = \cos^\alpha \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - Dr_{(RG)_j}) \right\} \quad (\alpha \in \mathfrak{R}) \quad (30)$$

A fitomassa seca relativa de folhas estimada função de  $Dr(RG)_j$  é igual a:

$$F\hat{S}Fr_i = \cos^\beta \left\{ \frac{\pi}{2} \left( \frac{Dr_{(RG)_m} - Dr_{(RG)_j}}{Dr_{(RG)_m}} \right) \right\} \quad (\beta \in \mathfrak{R}) \quad (31)$$

A fitomassa seca relativa total estimada da planta em função de  $Dr(GDE)_j$  é igual a:

$$F\hat{S}Tr_i = \cos^\alpha \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - Dr_{(GDE)_j}) \right\} \quad (\alpha \in \mathfrak{R}) \quad (32)$$

A fitomassa seca relativa de folhas estimada em função de  $Dr(GDE)_j$  é igual a:

$$F\hat{S}Fr_i = \cos^{\beta} \left\{ \frac{\pi}{2} \left( \frac{Dr_{(GDE)m} - Dr_{(GDE)j}}{Dr_{(GDE)m}} \right) \right\} \quad (\beta \in \mathfrak{R}) \quad (33)$$

A fitomassa seca relativa total estimada da planta função de  $Dr(GDEm)_j$  é igual a:

$$F\hat{S}Tr_i = \cos^{\alpha} \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - Dr_{(GDEm)j}) \right\} \quad (\alpha \in \mathfrak{R}) \quad (34)$$

em que  $Dr(GDEm)_j \therefore Dr(GDEm, g=0,91)_j$  se refere ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT em função de graus-dia efetivos modificados, para  $g = 0,91$  do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva); e  $Dr(GDEm)_j \therefore Dr(GDEm, g=0,03)_j$  ao desenvolvimento relativo da cultura no j-ésimo DAT em função de graus-dia efetivos modificados, para  $g = 0,03$  do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva).

A fitomassa seca relativa de folhas estimada em função de  $Dr(GDEm)_j$  é igual a:

$$F\hat{S}Fr_i = \cos^{\beta} \left\{ \frac{\pi}{2} \left( \frac{Dr_{(GDEm)m} - Dr_{(GDEm)j}}{Dr_{(GDEm)m}} \right) \right\} \quad (\beta \in \mathfrak{R}) \quad (35)$$

Finalmente foram ajustados os modelos do co-seno entre a fitomassa seca relativa total da planta ( $F\hat{S}Tr_i$ ) e de folhas ( $F\hat{S}Fr_i$ ) com o uso da temperatura basal inferior igual a  $0^{\circ}\text{C}$ , para todo os casos em que a variável independente utilizava graus-dia, graus-dia efetivos e graus-dia efetivos modificado.

### 3.7.4 Fitomassa seca total e de folha

Para estimar o parâmetro empírico dos modelos do co-seno, entre a fitomassa seca e o desenvolvimento e crescimento relativo da cultura de alface, utilizou-se o procedimento iterativo para mínimos quadrados não lineares de Levenberg-Marquardt, com o auxílio do programa computacional *Table Curve 2D v.2.03* (Jandel Scientific). Os critérios para o ajuste do melhor modelo foram: (i) a pressuposição de que o crescimento das plantas, quantificado em acúmulo de fitomassa seca pelo tempo, siga uma curva sigmóide; (ii) o valor do teste de F da análise de regressão não linear; (iii) a magnitude da variância residual obtida por máxima verossimilhança entre os modelos do co-seno

caracterizados por diferentes variáveis independentes; e (iv) análise da dispersão dos pontos no gráfico.

A partir da derivada do modelo de melhor ajuste, estimou-se o desenvolvimento relativo da cultura de alface referente à taxa máxima de acúmulo de fitomassa seca total ( $Dr_{\text{taxa máx. FST}}$ ) e ao florescimento ( $Dr_{fl}$ ) pelas seguintes equações (Pimenta et al., 1999):

$$\hat{D}r_{\text{taxa máx. FST}} = 1 - \frac{2}{\pi} \arctg\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha - 1}}\right) \quad (36)$$

$$\hat{D}r_{fl} = fl * Dr_{\text{taxa máx. FST}} \quad (0 < fl < 1) \quad (37)$$

em que  $fl$  se refere ao é o fator empírico de conversão do desenvolvimento relativo referente à taxa máxima de acúmulo de fitomassa seca em desenvolvimento relativo da cultura referente ao florescimento (aparecimento da primeira flor em 50% das plantas).

A partir da derivada do modelo de melhor ajuste, estimou-se o desenvolvimento relativo da cultura de alface referente à taxa máxima de acúmulo de fitomassa seca de folha ( $Dr_{\text{taxa máx. FSF}}$ ) pela seguinte equação (Pimenta et al., 1999):

$$\hat{D}r_{\text{taxa máx. FSF}} = Dr_m \left[ 1 - \frac{2}{\pi} \arctg\left(\frac{1}{\sqrt{\beta - 1}}\right) \right] \quad (38)$$

### 3.7.5 Partição da fitomassa seca

O percentual do total de fitomassa seca que cada compartimento contribui nos i-ésimos dias de amostragem foi analisado através da análise de regressão linear, utilizando os dias após o transplante (DAT), que correspondeu cada amostragem, como variável independente do modelo.

Os critérios para o ajuste do melhor modelo foram: (i) o valor do teste de F da análise de regressão linear; e (ii) o modelo de maior grau significativo pelo teste de F, até o grau 3.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimentos realizados na primavera e no outono

Os resultados da análise de variância para testar a hipótese de igualdade de crescimento e desenvolvimento da cultura de alface nos dois experimentos em função de graus-dia e da radiação acumulada encontram-se na Tabela 8. Rejeitou-se as duas hipóteses:  $H_0$ : experimento x graus-dia = 0; e,  $H_0$ : experimento x radiação acumulada = 0; portanto, houve interação significativa, e o crescimento e desenvolvimento da cultura de alface difere entre os dois experimentos em função das somas calórica e radiação global incidente, em nível de 5% de probabilidade de erro. Com isso, ajustou-se modelos diferentes de crescimento e desenvolvimento para os dois experimentos em função da caracterização por graus-dia e/ou radiação global incidente, pois existe um desempenho diferenciado entre os dois experimentos no acúmulo de fitomassa seca de folha (FSF<sub>i</sub>), talo (FSTalo<sub>i</sub>), raiz (FSR<sub>i</sub>) e total (FST<sub>i</sub>), número de folhas (NF<sub>i</sub>) e área foliar (AF<sub>i</sub>).

Com relação ao teste de hipótese da variância das parcelas principais, observa-se na Tabela 8, que ao testar o erro a ( $H_0: \sigma_{pp}^2 = 0$ ; variância das parcelas principais – experimentos), quando as subparcelas foram classes de graus-dia, estas não diferem das variâncias das subparcelas em nível de 1% de probabilidade de erro. No entanto, quando as subparcelas foram classes de radiação, as variâncias das parcelas principais diferiram das variâncias das subparcelas para as variáveis: FSF<sub>i</sub>, FSR<sub>i</sub> e NF<sub>i</sub>. Possivelmente esta diferença de resultados entre os dois tipos de classes, deve-se ao fato de que o número de classes de radiação é menor do que o número de classes de graus-dia, o que implica certamente em menor número de repetições por classe de graus-dia, ou seja, datas de coleta com valores médios de fitomassa seca mais próximos (menor variabilidade) do que no caso de classes formadas pela radiação acumulada.

Tabela 8. Resumo das análises de variância com os quadrados médios (QM) da interação e dos erros, e graus de liberdade (GL) de um esquema bifatorial (experimento: primavera e outono) em parcelas subdivididas (classes de graus-dia acumulados: 0 | 250; 250 | 500; 500 | 750; 750 | 1000; e, 1000 | 1250°C.dia; ou, classes de radiação solar incidente acumulada: 0 | 200; 200 | 400; 400 | 600; e, 600 | 800 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) com amostragem nas subparcelas (plantas por data de coleta) para fitomassa seca de folha (FSF<sub>i</sub>), talo (FSTalo<sub>i</sub>), raiz (FSR<sub>i</sub>) e total (FST<sub>i</sub>), número de folhas (NF<sub>i</sub>) e área foliar (AF<sub>i</sub>), 2001/2002, Santa Maria, RS.

QM <sup>1</sup>	FSF <sub>i</sub> <sup>2</sup>	FSTalo <sub>i</sub>	FSR <sub>i</sub>	FST <sub>i</sub>	NF <sub>i</sub>	AF <sub>i</sub>
<b>Classes de graus-dia acumulados = subparcelas</b>						
QM Interação	388,78**	125,67**	16,75**	1077,98**	1151,42**	754,87**
QM erro a	72,47 <sup>NS</sup>	43,06 <sup>NS</sup>	4,39 <sup>NS</sup>	249,95 <sup>NS</sup>	201,31 <sup>NS</sup>	60,22 <sup>NS</sup>
QM erro d	50,47**	23,33**	3,27**	153,86**	91,26**	28,49**
QM erro amostral	12,90	3,06	0,59	31,01	16,48	7,86
<b>Classes de radiação solar incidente acumulada = subparcelas</b>						
QM Interação	982,56**	401,73**	20,95**	2207,83**	8450,36**	1029,24**
QM erro a	97,83**	25,18 <sup>NS</sup>	5,15 <sup>NS</sup>	270,65**	359,81 <sup>NS</sup>	47,51**
QM erro d	39,23**	14,91**	2,33**	111,91**	164,80**	15,99**
QM erro amostral	10,64	0,87	0,35	19,45	17,34	6,34

<sup>1</sup> No caso das subparcelas formadas pelas classes de graus-dia acumulados, os graus de liberdade para interação, erro "a", erro "d" e erro amostral foram 4, 21, 52 e 223, respectivamente; e, no caso das classes de radiação solar: 3, 33, 32 e 197

<sup>2</sup> Para o experimento de outono a FSF<sub>i</sub> = FSFV<sub>i</sub> + FSFS<sub>i</sub>

\*\* quadrados médios significativos em nível de 1% de probabilidade de erro

<sup>NS</sup> quadrados médios não significativos

Barbin (1993) enfatiza que a informação da variância entre indivíduos da mesma parcela é extremamente útil para verificar a precisão dos resultados. A variância das subparcelas (erro d) foi testada em relação ao erro amostral, com isso, pode-se concluir pela Tabela 8 que as variâncias das subparcelas sempre foram maior do que o erro amostral (rejeitou-se  $H_0: \sigma_{sp}^2 = 0$ ; subparcelas – classes de graus-dia e radiação) para todas as variáveis testadas, em nível de 1% de probabilidade de erro. Esses resultados indicam que o tamanho de amostra de quatro plantas por data de coleta foi suficiente,

com pouca possibilidade de algum resultado ter sido influenciado por uma amostra não representativa da população em estudo.

#### **4.2 Variação temporal das condições climáticas**

A variação temporal das temperaturas máximas e mínimas do ar e das temperaturas médias da solução nutritiva, desde o primeiro DAT até a colheita final das sementes para os dois experimentos estão representados na Figura 4. A média das temperaturas máximas diárias do ar foram 33°C e 25°C no experimento de primavera e de outono, respectivamente. A média das temperaturas mínimas diárias do ar foram: 17°C e 11°C para o experimento de primavera e de outono, respectivamente.

Observa-se que no cultivo de alface até completar os 40 DAT e 52 DAT (fim da produção de alface, em Anexo) nos experimentos de primavera e outono, respectivamente, as temperaturas mínimas do ar permaneceram acima da maioria das temperaturas consideradas como mínimas necessárias em diversos trabalhos (Tabela 1) para esta fase do ciclo. A maioria das temperaturas do ar consideradas como máximas ideais para o cultivo de alface, nesses mesmos trabalhos, foram mais comuns no experimento de outono do que no de primavera, o que sugere que em termos de temperatura do ar, no outono a condição é melhor do que na primavera.

Nas fases vegetativa e reprodutiva, as temperaturas médias do ar no experimento de primavera foram, respectivamente: 23,57°C e 28,28°C; e, no experimento de outono foram, respectivamente: 17,90°C e 19,29°C. A partir do fim da fase vegetativa, o estímulo ao pendoamento se dá com temperaturas do ar acima de 20°C (Viggiano, 1990), ou acima de 15,5°C (Rappaport e Wittwer, 1956), o que ocorreu na maioria dos dias de cultivo em ambos os experimentos. O experimento de primavera teve o ciclo mais curto (118 dias) do que o ciclo de outono (153 dias), possivelmente em função das temperaturas do ar mais elevadas (Frisina & Escobedo, 1999; Caron, 2002) e aos dias mais longos, que é outro fator citado por Viggiano (1990) que influencia na redução do ciclo da cultura de alface pelo estímulo ao florescimento.



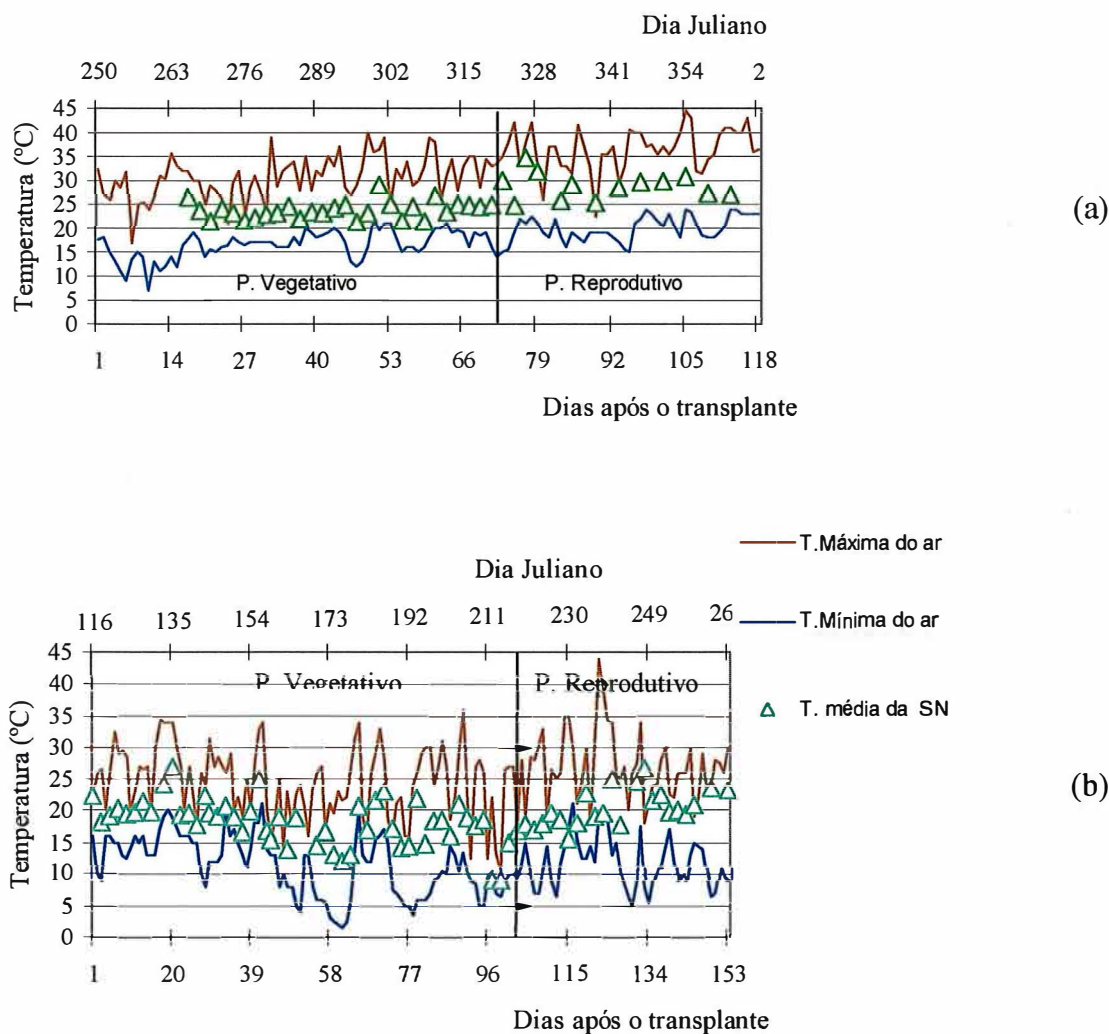


Figura 4 - Variação diária (em dias após o transplante e dia juliano) das temperaturas máximas e mínimas do ar, e temperatura média da solução nutritiva (média de dois reservatórios a cada dois dias) sob casa-de-vegetação com cultivo hidropônico de alface, variedade Vera. Experimento de primavera (a) 7 de Setembro de 2001 a 2 de Janeiro de 2002; Experimento de outono (b) 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS.

As sementes colhidas da variedade de alface Vera não apresentaram dormência pós-colheita, que é uma consequência da ocorrência de temperaturas do ar acima de

25°C, mas que também é dependente da variedade (Castro, 1998), não precisando nenhum tratamento de quebra de dormência para efetivar os testes de germinação e vigor.

A média das temperaturas médias da solução nutritiva foram: 25°C e 19°C para o experimento de primavera e de outono, respectivamente. A temperatura média da solução nutritiva de 25°C, atingida no experimento de primavera, é considerada ótima para a maioria das plantas (Huang, 1993), sendo que, somente em cerca de 6% (3/49) dos dias de mensuração da temperatura da solução nutritiva, esta passou do limite máximo (30°C) aceitável para o crescimento normal da planta. Enquanto que no experimento de outono, em aproximadamente 14% (10/73) dos dias de mensuração da temperatura da solução nutritiva, esta ficou abaixo do limite mínimo aceitável de 15°C.

A Figura 5 contempla a variabilidade temporal da radiação global incidente no interior da casa-de-vegetação durante os dois experimentos. Nitidamente o experimento de primavera teve maior intensidade de radiação do que o experimento de outono em nível de média horária (Figura 5.a), e conseqüentemente, na integral dos valores diários (Figura 5.b).<sup>-1</sup>

Comparando a integral diária dos dois experimentos com o valor de 8,4 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, citado pela FAO (1990) como limite mínimo para o crescimento das hortaliças de verão, no experimento de outono a radiação incidente foi insuficiente.

A radiação incidente no outono pode ser dividida em duas etapas de intensidades diferentes: a primeira, até os 106 DAT, que teve média de 4,34 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>; e a segunda, que praticamente coincide com o final da fase vegetativa e início da fase reprodutiva do ciclo da cultura de alface (em Anexo) teve média de 7,74 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>. Enquanto no experimento de primavera, os valores médios da integral diária da radiação incidente para as fases vegetativa e reprodutiva foram, respectivamente: 12,66 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (72 DAT) e 15,27 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (dos 73 ao 118 DAT, em Anexo).

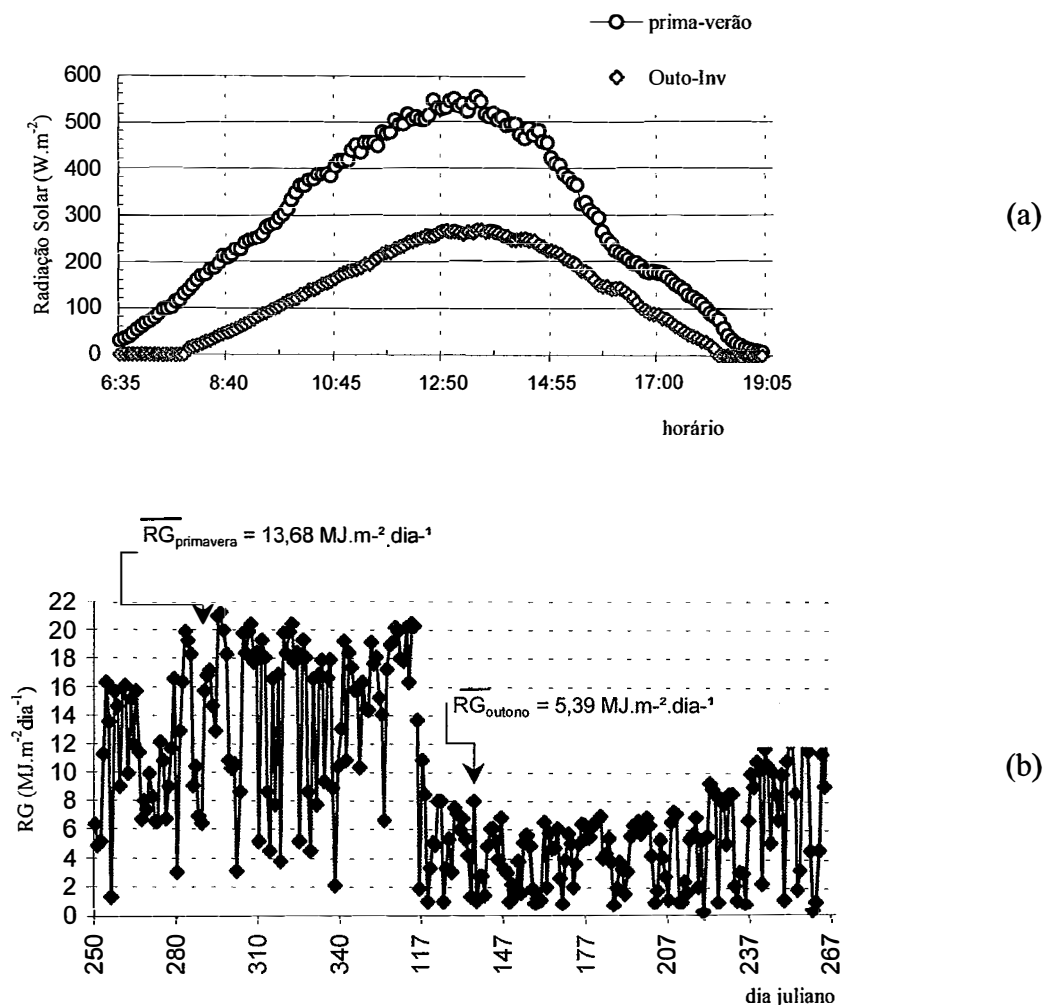


Figura 5 - Variação da média horária (a), em  $W.m^{-2}$  e integral diária, em  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ , por dias julianos, (b) da radiação global incidente no interior da casa-de-vegetação com cultivo hidropônico de alface. Experimento de primavera: 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002; Experimento de outono: 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS.

Conforme Ryder (1998), podemos classificar a fase vegetativa dos dois experimentos quanto a intensidade de radiação incidente em: radiação baixa - outono; e, radiação suficiente - primavera (com alguns dias chegando próximo ao ideal, cerca de  $21 MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ). Os dados de insolação da estação meteorológica situada a 100 m da casa-de-

vegetação durante os dois experimentos (Apêndice), evidencia a menor intensidade de radiação no outono principalmente em função de dias nublados e chuvosos, sendo que neste experimento cerca de 25% dos dias (38/153) tiveram insolação zero, enquanto no de primavera, teve em 11% dos dias (13/118).

A variação temporal (em DAT) da evapotranspiração estimada pela quantificação da reposição de água para completar o volume de 400 L da solução em dois reservatórios, no experimento de outono, está representada na Figura 6. Os valores médios da evapotranspiração da cultura de alface hidropônica na fase vegetativa e reprodutiva foram, respectivamente: 126,10 e 207,36 mL.planta<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>, valores bem próximos aos encontrados, pelo mesmo método, por Ciolkosz et al. (1998), com valores entre 100 e 120 mL.planta<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>. A evapotranspiração é um atributo importante em ambiente protegido, pois está associado ao “tipburn” em alface hidropônica (Goto e Takakura, 1992).

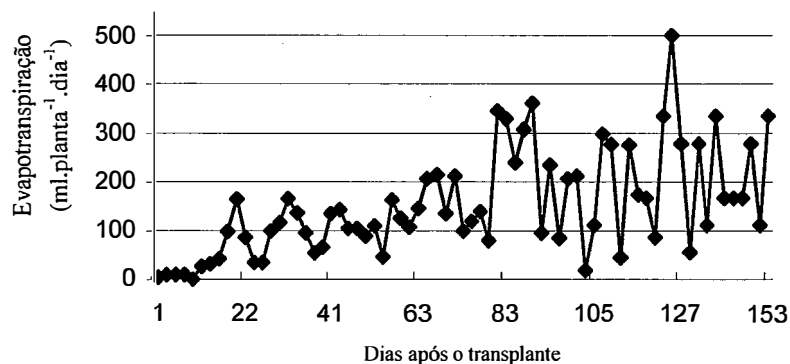


Figura 6 - Valores médios da evapotranspiração da cultura de alface quantificado pela água repostada para completar o volume de 400 L da solução em dois reservatórios no experimento de outono em função de dias após o transplante.

#### 4.3 Desenvolvimento relativo e variação temporal de fitomassa seca

O desenvolvimento relativo da cultura de alface em função da temperatura média diária do ar [ $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ] e da radiação global incidente [ $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente})$ ], detalhado por: temperatura média diária do ar, temperatura

média diária do ar menos a temperatura base de 10°C, graus-dia acumulada; e, radiação global total incidente no interior da estufa, radiação global total acumulado; e, datas do ciclo, dias após o transplante e fenologia para os experimentos de primavera e de outono encontram-se em Anexo.

Na Tabela 9 encontra-se um resumo para os estádios fenológicos da cultura de alface observados durante os dois experimentos, com os respectivos intervalos de dias após o transplante, graus-dia acumulado, desenvolvimento relativo em função de graus-dia  $[Dr(GD)_j]$ , radiação global total acumulada e desenvolvimento relativo em função da radiação incidente  $[Dr(RG)_j]$ .

Sabendo-se que as condições de crescimento das plantas de alface em hidroponia é mais adequada do que a campo, em relação à disponibilidade de água e nutrientes, e à baixa incidência e facilidade de controle de pragas, doenças e plantas daninhas, a variabilidade na produção (folhas e/ou sementes) pode ser atribuída às características genéticas da variedade em estudo e às modificações das variáveis climáticas (temperatura do ar e radiação) durante o transcorrer das estações do ano no cultivo em ambiente protegido.

No experimento de primavera, as plantas completaram o período vegetativo com 55,3% (GD = 977°C.dia ) do total de GD do ciclo contra 63,0% (GD = 808°C.dia ) do total de GD do ciclo de outono (Tabela 9). Do estágio fenológico de primeira flor até o final do ciclo da cultura de alface (fase reprodutiva), o experimento de primavera teve 44% mais graus-dia acumulados do que o experimento de outono.

A similaridade entre os graus-dia para a fase vegetativa de ambos os experimentos e a maior diferença nos graus-dia para a fase reprodutiva, pode ser um indicativo de que o período vegetativo efetivamente necessita de determinada soma calórica para completar seu ciclo, o que não deve ser válido para a fase reprodutiva em que outros fatores também devem ter relevância.

Conseqüentemente, um modelo de simulação de desenvolvimento e crescimento para a cultura de alface, desde o transplante até o fim do período vegetativo pode levar em consideração a soma calórica.

Tabela 9. Intervalos de dias após o transplante (DAT), graus-dia ( $GD_j$ , °C.dia), desenvolvimento relativo [ $Dr(GD)_j$ ], radiação global total acumulada (RG,  $MJ.m^{-2}$ ), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_j$ ] em função do estágio fenológico da cultura de alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002 e 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Estádio Fenológico	DAT	$GD_j$	$Dr(GD)_j$	RG	$Dr(RG)_j$
<b>7 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002</b>					
2 a 5 folhas <sup>1</sup>	1 ao 14	147	0,083	155	0,096
6 a 8 folhas	15 ao 22	250	0,141	235	0,145
9 a 15 folhas	23 ao 32	375	0,212	330	0,205
16 a 22 folhas	33 ao 40	490	0,277	437	0,271
23 a 30 folhas <sup>2</sup>	41 ao 54	706	0,399	638	0,395
Início do Pendoamento <sup>3</sup>	55 ao 72	977	0,553	912	0,565
Primeira flor	73 ao 92	1316	0,744	1181	0,732
Planta c/ 50% das flores abertas <sup>4</sup>	93 ao 99	1443	0,816	1286	0,797
Planta c/ 100% das flores abertas	100 ao 112	1689	0,929	1501	0,930
Planta c/ 50% dos aqüênios maduros	113 aó 117	1797	0,989	1594	0,987
Planta c/ 100% dos aqüênios maduros	118	1817	1	1614	1
Estádio Fenológico	DAT	$GD_j$	$Dr(GD)_j$	RG	$Dr(RG)_j$
<b>26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002</b>					
2 a 5 folhas <sup>1</sup>	1 ao 14	141	0,011	72	0,087
6 a 8 folhas	15 ao 20	224	0,175	103	0,125
9 a 15 folhas	21 ao 32	340	0,265	155	0,189
16 a 22 folhas	33 ao 52	497	0,388	222	0,270
23 a 30 folhas <sup>2</sup>	53 ao 66	572	0,446	292	0,355
Início do Pendoamento <sup>3</sup>	67 ao 102	808	0,630	447	0,543
Primeira flor	103 ao 125	1058	0,825	584	0,708
Planta c/ 50% das flores abertas <sup>4</sup>	126 ao 132	1116	0,871	639	0,755
Planta c/ 100% das flores abertas	133 ao 140	1175	0,917	699	0,848
Planta c/ 50% dos aqüênios maduros	141 ao 152	1272	0,993	810	0,983
Planta c/ 100% dos aqüênios maduros	153	1282	1	824	1

<sup>1</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas; e, as folhas contabilizadas tinham mais de 5 cm de comprimento;

<sup>2</sup> Posteriormente a fase de 23 a 30 folhas, inclusive nesta, o produto foi considerado não comercial pelo sabor amargo das folhas - exsudação da lactucina;

<sup>3</sup> A partir do estágio fenológico início do pendoamento, inclusive este, todos os estádios correspondem, aproximadamente, ao primeiro DAT do intervalo correspondente;

<sup>4</sup> Do estágio de planta com 50% de flores abertas até o último, correspondem àquela fenologia em 50% das plantas.

Quanto ao tempo cronológico, em dias, o experimento de primavera teve sua fase vegetativa 30% menor do que o experimento de outono, e também produziu cerca de 30% mais FST do que no outono. Quanto a fase reprodutiva, na primavera foi apenas 10% menor do que no outono, mas com produção de FST, 35% superior à FST do outono. Logicamente, não se pode desvincular a produção de FST entre as fases, pois como a fotossíntese depende da área foliar, a produção da cultura será maior quanto

mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (Pereira & Machado, 1987).

A fase vegetativa, onde grande parte da fitomassa seca é produzida (principalmente, folhas), apresenta maior ou menor eficiência neste acúmulo de fitomassa em função da radiação fotossinteticamente ativa disponível e da capacidade da planta em absorvê-la, sendo a luz mais eficientemente absorvida na estação mais quente. Com isso, no experimento de primavera com maior radiação, a planta acumulou mais fitomassa, o que também refletiu na maior produção de fitomassa na fase reprodutiva do que no experimento de outono.

Portanto, para ajustar um modelo de crescimento que envolva as fases vegetativa e reprodutiva da cultura de alface, é mais adequado discutir os efeitos das variáveis climáticas na fitomassa seca de folha durante a fase vegetativa, pois a relação é mais direta (por exemplo, aumentando-se os graus-dia, aumenta-se a fitomassa de folha) do que com a fitomassa seca total, que nesta fase inclui variabilidades decorrentes da senescência de raízes e folhas, tendendo a aumentar na fase reprodutiva.

Como na fase reprodutiva, a fitomassa seca de folha diminui linearmente com os fotoassimilados translocados para outros órgãos da planta, espera-se que sejam outros os fatores, que não somente a temperatura do ar, que impliquem na variabilidade da fitomassa total. A variabilidade da fitomassa seca total efetivamente deve depender do acúmulo de fitomassa seca de folha no período vegetativo e da senescência de raízes e folhas. Se considerarmos que na primavera ocorreu mais facilmente a saturação luminosa do que no outono, então o que influencia a fitomassa na primavera é a temperatura. No outono onde a condição de baixa radiação foi mais ou menos constante, as interações devem ser mais complexas.

A frequência de amostragem utilizada, maior no período vegetativo e menor no reprodutivo, aumenta também a dependência da FST da FSF acumulada no período vegetativo. Porém, deve-se salientar que a frequência utilizada na fase reprodutiva foi a mesma da maioria dos trabalhos de análise de crescimento com a cultura de alface.

No experimento de outono as plantas completaram a fase vegetativa com RG de  $447 \text{ MJ.m}^{-2}$  (54,3% do total do ciclo; Tabela 9), enquanto na primavera, a fase

vegetativa completou-se com RG de 912 MJ.m<sup>-2</sup> (56,5% do total do ciclo; Tabela 9). Do estágio fenológico VII ao XI (fase reprodutiva), o experimento de primavera teve 45% mais radiação incidente do que o experimento de outono.

E em se tratando de radiação, evidencia-se que mesmo em baixa intensidade, a cultura acumula fitomassa e completa todos os estádios fenológicos, portanto, a variável radiação não pode ser utilizada isoladamente, nem na fase vegetativa, nem na reprodutiva, como escala do desenvolvimento e crescimento da cultura de alface. Alguns autores, Scaife et al. (1987), e Wurr et al. (1988, 1992), também salientam que a radiação global utilizada como escala de crescimento da cultura de alface, do transplante até a produção de cabeça, é menos precisa que as escalas em GD e GDE. Wurr et al. (1987) e Wurr & Fellows (1991), complementam que a baixa temperatura do ar e a alta radiação no período de cerca de 14 dias anterior a formação da cabeça influenciaria a fitomassa da mesma, através da mudança na morfologia da folha, mas que os efeitos das variáveis climáticas na produção de fitomassa nesse estágio ainda são inexplicáveis.

Sabe-se que a taxa de fotossíntese aumenta até um ponto de saturação luminosa, e que o melhor balanço entre fotossíntese e respiração é atingido em hortaliças de verão, com temperaturas do ar em torno de 25°C na fase clara do dia (Andriollo, 1999), sendo que o uso mais eficiente da luz ocorre na estação mais quente (Glen, 1984). Considera-se ainda que em ambiente protegido existe maior dissociação entre temperatura e radiação do que no cultivo a campo, portanto, em ambientes protegidos nesta região central do RS, por mais que se tenha temperaturas próximas à ideal nas estações mais frias, a baixa intensidade luminosa impede o acúmulo de FS nos mesmos níveis das demais estações de maior incidência de radiação, e ao mesmo tempo prolonga o ciclo.

Em termos de modelagem de crescimento, a variação temporal de fitomassa seca da alface hidropônica provavelmente é melhor explicada pelo desenvolvimento e crescimento relativo em função da soma de graus-dia e/ou da interação entre graus-dia e radiação do que somente pela radiação.

O desenvolvimento relativo da cultura de alface em função de graus-dia efetivos,  $Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$ , e graus-dia efetivos modificados,  $Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$  e  $Dr(GDEm, g=0,03)_j =$



$f$ (graus-dia efetivos modificado,  $g=0,03$  na fase reprodutiva), detalhados por: graus-dia efetivos, graus-dia efetivos acumulados; e: graus-dia efetivos modificado, graus-dia efetivos modificado acumulados; datas do ciclo, dias após o transplante e fenologia, para os experimentos de primavera e de outono, encontram-se em Anexo.

Na Tabela 10 encontram-se um resumo para os estádios fenológicos da cultura de alface observados durante os dois experimentos, com os respectivos intervalos de dias após o transplante, graus-dia efetivos acumulados, desenvolvimento relativo em função de graus-dia efetivos acumulados  $[Dr(GDE)_j]$ , graus-dia efetivos modificado acumulados e desenvolvimento relativo em função de graus-dia efetivos modificado, com  $g=0,91$  e  $g=0,03$  na fase reprodutiva  $[Dr(GDEm, g=0,91)_j]$  e  $[Dr(GDEm, g=0,03)_j]$ .

O uso de GDE implica em usar frações diferentes das variáveis temperatura e radiação durante todo o ciclo da cultura, neste caso com  $g=0,09$ , as frações são aproximadamente: 0,61 e 0,47 para temperatura e radiação, respectivamente.

No experimento de primavera, as plantas completaram o período vegetativo com 53,8% (GDE = 776) do total de GDE do ciclo, e 61,0% (GDE = 532) do total de GDE do ciclo de outono (Tabela 10). A semelhança encontrada entre os valores de GD do período vegetativo para ambos os experimentos não ocorre mais com GDE como variável independente, ou seja, a diferença que era de 17% na fase vegetativa para graus-dia entre os dois experimentos passa para 31% em relação aos graus-dia efetivos acumulados, e na fase reprodutiva passa de 44% para 49%. Portanto, a inclusão da radiação é a responsável por esta maior diferenciação em GDE entre os experimentos em relação a GD, o que confirma sua teórica função de explicar o processo de crescimento pela interação entre temperatura e radiação.

Tabela 10. Intervalos de dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos acumulados (GDE, °C.dia) e seu respectivo desenvolvimento relativo ( $Dr(GDE)_j$ ), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm) e seu respectivo desenvolvimento relativo ( $Dr(GDEm, g=0,91)_j$ ), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm) e seu respectivo desenvolvimento relativo ( $Dr(GDEm, g=0,03)_j$ ) em função do estágio fenológico da cultura de alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 2001/2002. Santa Maria, RS.

Estádio Fenológico	DAT	GDE	$Dr(GDE)_j$	GDEm <sup>2</sup>	$Dr(GDEm, g=0,91)_j$	GDEm <sup>3</sup>	$Dr(GDEm, g=0,03)_j$
<b>7 de Setembro de 2001 a 2 de Janeiro de 2002</b>							
2 a 5 folhas <sup>1</sup>	1 ao 14	119	0,082	119	0,117	119	0,077
6 a 8 folhas	15 ao 22	199	0,138	199	0,196	199	0,129
9 a 15 folhas	23 ao 32	297	0,206	297	0,292	297	0,192
16 a 22 folhas	33 ao 40	389	0,270	389	0,382	389	0,251
23 a 30 folhas <sup>4</sup>	41 ao 54	560	0,388	560	0,550	560	0,362
Início do Pendoamento <sup>5</sup>	55 ao 72	776	0,538	776	0,763	776	0,502
Primeira flor	73 ao 92	1038	0,720	869	0,854	1084	0,700
Plantas c/ 50% das flores abertas <sup>6</sup>	93 ao 99	1139	0,790	905	0,890	1201	0,776
Plantas c/ 100% das flores abertas	100 ao 112	1337	0,928	978	0,962	1428	0,923
Plantas c/ 50% dos aquênios maduros	113 ao 117	1425	0,989	1010	0,993	1529	0,988
Plantas c/ 100% dos aquênios maduros	118	1441	1,000	1017	1,000	1547	1,000
Estádio Fenológico	DAT	GDE	$Dr(GDE)_j$	GDEm <sup>2</sup>	$Dr(GDEm, g=0,91)_j$	GDEm <sup>3</sup>	$Dr(GDEm, g=0,03)_j$
<b>26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002</b>							
2 a 5 folhas <sup>1</sup>	1 ao 14	93	0,107	93	0,143	93	0,099
6 a 8 folhas	15 ao 20	142	0,163	142	0,218	142	0,151
9 a 15 folhas	21 ao 32	216	0,248	216	0,331	216	0,229
16 a 22 folhas	33 ao 52	308	0,353	308	0,472	308	0,326
23 a 30 folhas <sup>4</sup>	53 ao 66	365	0,418	365	0,559	365	0,387
Início do Pendoamento <sup>5</sup>	67 ao 102	532	0,610	532	0,815	532	0,564
Primeira flor	103 ao 125	701	0,804	582	0,892	744	0,789
Plantas c/ 50% das flores abertas <sup>6</sup>	126 ao 132	746	0,855	600	0,919	796	0,844
Plantas c/ 100% das flores abertas	133 ao 140	791	0,907	617	0,946	849	0,900
Plantas c/ 50% dos aquênios maduros	141 ao 152	863	0,990	649	0,994	934	0,990
Plantas c/ 100% dos aquênios maduros	153	872	1,000	653	1,000	943	1,000

<sup>1</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas, e, as folhas contabilizadas tinham mais de 5 cm de comprimento;

<sup>2</sup> Graus-dia efetivos modificados acumulados com  $g = 0,09$  do primeiro estágio fenológico até o início do pendoamento, inclusive este (fase vegetativa); e,  $0,91$  do estágio fenológico de primeira flor até o último, inclusive este (fase reprodutiva);

<sup>3</sup> Graus-dia efetivos modificados acumulados com  $g = 0,09$  do primeiro estágio fenológico até o início do pendoamento, inclusive este (fase vegetativa); e,  $0,03$  do estágio fenológico de primeira flor até o último, inclusive este (fase reprodutiva);

<sup>4</sup> Posteriormente a fase de 23 a 30 folhas, inclusive nesta, o produto foi considerado não comercial pelo sabor amargo das folhas - exsudação da lactucina;

<sup>5</sup> A partir do estágio fenológico início do pendoamento, inclusive este, todos os estádios correspondem, aproximadamente, ao primeiro DAT do intervalo correspondente;

<sup>6</sup> Do estágio de planta com 50% de flores abertas até o último, correspondem àquela fenologia em 50% das plantas.

O desenvolvimento relativo em função de GDEm implica em usar pesos diferentes para as variáveis temperatura e radiação, variando estes pesos também entre as fases vegetativa e reprodutiva. No  $Dr(GDEm, g=0,91)_j$ , os pesos na fase vegetativa são

aproximadamente: 0,61 e 0,47 para temperatura e radiação, respectivamente, e na fase reprodutiva são aproximadamente: 0,09 e 0,53 para temperatura e radiação, respectivamente. Nesta situação, o que efetivamente é mudado em relação ao GDE, é a diminuição do peso da variável temperatura na fase reprodutiva, e que vem ao encontro dos resultados obtidos por vários autores, em que a temperatura é importante até a cobertura do solo pela planta, e posteriormente, a radiação é mais importante no desenvolvimento (Scaife, 1973; Bierhuizen, 1973; Wheeler et al., 1993 citados por Ryder, 1998; Wurr & Fellows, 1991).

No  $Dr(GDEm, g=0,03)_j$ , os pesos na fase vegetativa são aproximadamente: 0,61 e 0,47 para temperatura e radiação, respectivamente, e na fase reprodutiva são aproximadamente: 0,83 e 0,22 para temperatura e radiação, respectivamente. Nesta situação simula-se o inverso do  $Dr(GDEm, g=0,91)_j$ .

Na Tabela 11 estão apresentados os quadrados médios do erro da análise de regressão não linear do modelo do co-seno, entre a variação temporal de fitomassa seca e as formas de caracterização do desenvolvimento e crescimento relativo da cultura. Em todas as análises de regressão não linear o teste de F foi significativo, em nível de 1% de probabilidade de erro, para o modelo de regressão.

Considerando a variabilidade das condições climáticas existentes nos dois experimentos, pode-se dizer que o efeito conjunto da maior incidência de radiação global no interior da casa-de-vegetação e das maiores médias de temperatura do ar no experimento de primavera contribuíram para maior produção de FST e retardaram o tempo em dias para completar o ciclo da cultura, este com maior efeito na fase vegetativa.

Levando-se em consideração de que na fase vegetativa, a fitomassa seca de folha é diretamente relacionada com as condições climáticas e de que nos dois experimentos conduzidos têm-se duas situações bem distintas em relação a radiação incidente no interior da casa-de-vegetação (Figura 5), no experimento de primavera com alta radiação, tem-se o melhor ajuste pela temperatura do ar; e, no experimento de outono com baixa radiação, a interação entre temperatura e radiação foi mais eficiente (Tabela 11).

Tabela 11. Quadrados médios do erro dos modelos do co-seno ajustados com as variáveis independentes:  $Dr(GD)_j$ ,  $Dr(RG)_j$ ,  $Dr(GDE)_j$  e  $Dr(GDEm)_j$ , em dois experimentos (primavera e outono) para as estimativas de fitomassa seca relativa total e de folha. Santa Maria, RS.

Variável independente	$F\hat{S}Tr_i$	$F\hat{S}Fr_i$
<b>Experimento<sup>1</sup> de primavera</b>		
$Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$	0,0126a <sup>2</sup>	0,0225a
$Dr(GD \text{ com } T_{Bi}=0^3)_j = f(\text{graus-dia com } T_{Bi}=0)$	0,0120a	0,0216a
$Dr(RG)_j = f(\text{radiação global})$	0,0116a	0,0217a
$Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$	0,0128a	0,0228a
$Dr(GDE \text{ com } T_{Bi}=0)_j = f(\text{graus-dia efetivos, com } T_{Bi}=0)$	0,0123a	0,0222a
$Dr(GDEm, g^4=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$	0,0093a	0,0260a
$Dr(GDEm, g=0,03)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,03 \text{ na fase reprodutiva})$	0,0142a	0,0241a
$Dr(GDEm \text{ com } T_{Bi}=0, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado com } T_{Bi}=0, g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$	0,0104a	0,0284a
$Dr(GDEm \text{ com } T_{Bi}=0, g=0,03)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado com } T_{Bi}=0, g=0,03 \text{ na fase reprodutiva})$	0,0142a	0,0239a
$QME_{\text{médio}}$	0,0122A	0,0237A
<b>Experimento de Outono</b>		
$Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$	0,0117ab	0,0321b
$Dr(GD \text{ com } T_{Bi}=0)_j = f(\text{graus-dia, com } T_{Bi}=0)$	0,0098a	0,0267b
$Dr(RG)_j = f(\text{radiação global})$	0,0114ab	-
$Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$	0,0116ab	0,0315b
$Dr(GDE \text{ com } T_{Bi}=0)_j = f(\text{graus-dia efetivos, com } T_{Bi}=0)$	0,0098a	0,0282b
$Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$	0,0161b	0,0265b
$Dr(GDEm, g=0,03)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,03 \text{ na fase reprodutiva})$	0,0134ab	0,0375b
$Dr(GDEm \text{ com } T_{Bi}=0, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado com } T_{Bi}=0, g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$	0,0099a	0,0142a
$Dr(GDEm \text{ com } T_{Bi}=0, g=0,03)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado com } T_{Bi}=0, g=0,03 \text{ na fase reprodutiva})$	0,0122ab	0,0368b
$QME_{\text{médio}}$	0,0118A	0,0292A

<sup>1</sup> Experimento de primavera, 41 graus de liberdade, e outono, 45 graus de liberdade.

<sup>2</sup> Quadrados médios do erro seguidos por mesma letra na vertical, dentro de cada experimento (letras minúsculas) e entre as médias dos quadrados médios do erro ponderados pelos graus de liberdade (letras maiúsculas), não diferem entre si, pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade do erro.

<sup>3</sup>  $T_{Bi}=0$ : temperatura basal inferior igual a 0°C.

<sup>4</sup> g = valor que define a importância relativa da luz e da temperatura do ar para a espécie ( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{MJ}^{-1}$ ) (Scaife et al., 1987).

Nas Figuras 7 a 12, estão representadas as faixas com 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a FSTr e a FSFr, em função do desenvolvimento relativo caracterizado pelas variáveis independentes de melhor ajuste, pelo critério de menor quadrado médio do erro, nos experimentos de primavera e outono.

No experimento de primavera, o modelo de melhor ajuste, pelo critério de menor quadrado médio do erro, para a variação temporal de fitomassa seca total foi com a utilização do  $Dr(GDEm, g=0,91)_j$  (Figura 7), porém sem diferenças significativas, pelo teste de F, para as demais variáveis independentes utilizadas no modelo. Essa forma de

caracterizar o desenvolvimento, que simula de maneira geral os resultados obtidos por vários autores (Scaife, 1973; Bierhuizen, 1973; Wheeler et al., 1993 citados por Ryder, 1998; Wurr & Fellows, 1991), confirma que na fase vegetativa a temperatura é mais importante para o acúmulo de fitomassa seca e que posteriormente, é a radiação.

No experimento de outono, o melhor ajuste, pelo critério de menor quadrado médio do erro, para estimar  $FSTr_i$  foi com a variável  $Dr(GD \text{ com } T_{BI}=0)_j$  (Figura 8) juntamente com  $Dr(GDE \text{ com } T_{BI}=0)_j$  (Figura 9) e  $Dr(GDEm \text{ com } T_{BI}=0, g=0,91)_j$  (Figura 10), que não diferiram entre si pelo teste de F, mas diferiram em relação ao ajuste por  $Dr(GDEm, g=0,91)_j$  em nível de 5% de probabilidade de erro. Nesta estação de baixa intensidade luminosa, como foi ressaltado anteriormente, o efeito da interação entre temperatura e radiação explica melhor o acúmulo de fitomassa e reafirma a importância maior da temperatura na fase vegetativa e da radiação solar na fase reprodutiva.

Outro indicativo importante que deve ser levado em consideração na modelagem de crescimento, é de que a não utilização da temperatura basal inferior de 10°C propiciou às variáveis independentes um melhor ajuste dos modelos, pelo critério de menor quadrado médio do erro, no experimento de outono, onde as temperaturas médias diárias são inferiores, diferindo também significativamente pelo teste de F para as variáveis independentes em que se utilizou a temperatura basal inferior de 10°C, o que implica dizer que: durante o período em que os valores de temperatura foram menores do que a temperatura base de 10°C, ainda há um crescimento significativo da planta de alface. Wurr et al. (1992) utilizando os modelos de Gompertz e logístico para estimar fitomassa na produção de cabeça de alface, também observaram que o melhor ajuste dos modelos foi com a temperatura basal inferior igual a 0°C, entre quatro diferentes temperaturas basais inferior testadas (5, 10, 15 e 20°C). Silva et al. (1999) complementam que a maioria dos processos fisiológicos nas plantas superiores ocorre num amplo intervalo de temperatura do ar (0 a 40°C).

É muito comum na literatura, estabelecer a duração do desenvolvimento da planta conforme o “tempo térmico”, que é o “relógio” que a planta “conhece”, porém

utilizar a temperatura basal inferior de 10°C na cultura de alface pode ser a exclusão de algumas horas do “relógio” da planta.

No experimento de primavera, o melhor ajuste, pelo critério de menor quadrado médio do erro, para estimar  $FSFr_i$  foi com a utilização do  $Dr(GD \text{ com } T_{BI}=0)_j$  (Figura 11), porém sem diferenças significativas, pelo teste de F, para as demais variáveis independentes utilizadas no modelo. O acúmulo de FSF basicamente ocorre na fase vegetativa, portanto como foi discutido anteriormente, em situação de alta radiação solar, a temperatura do ar explica melhor a variação de fitomassa do que a radiação solar.

No experimento de outono, o melhor ajuste, pelo critério de menor quadrado médio do erro, para estimar  $FSFr_i$  foi com a variável  $Dr(GDEm \text{ com } T_{BI}=0, g=0,91)_j$  (Figura 12), que diferiu pelo teste de F em relação aos demais modelos, em nível de 5% de probabilidade de erro. Reafirmando que em baixa intensidade luminosa, o efeito da interação entre temperatura e radiação explica melhor o acúmulo de FSF, e novamente a temperatura do ar foi mais importante na fase vegetativa do que na fase reprodutiva. Observa-se ainda na Tabela 11, que a RG foi a única variável independente, em todas as situações testadas, que não se ajustou ao modelo do co-seno para estimar  $FSFr_i$ .

Na comparação entre as médias dos QME, ponderados pelos graus de liberdade, para FST e FSF, observa-se pela Tabela 11 que a precisão do ajuste dos modelos não dependeu do experimento (primavera ou outono), não diferindo pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro, indicando que as condições experimentais foram semelhantes.

Analisando as Figuras 7 a 12, pela dispersão dos pontos observados em torno da curva, observa-se que para estimar a  $FSTr$ , em ambos os experimentos, o melhor ajuste ocorre pela variável GDEm, com o uso de  $g = 0,91$  (Figura 7 e 10), ou seja, no período vegetativo o ajuste é melhor com maior fração de temperatura do que radiação, enquanto no período reprodutivo, com maior fração de radiação. A única diferença é de que no experimento de outono, o melhor ajuste foi com o uso da temperatura basal inferior igual a 0°C.

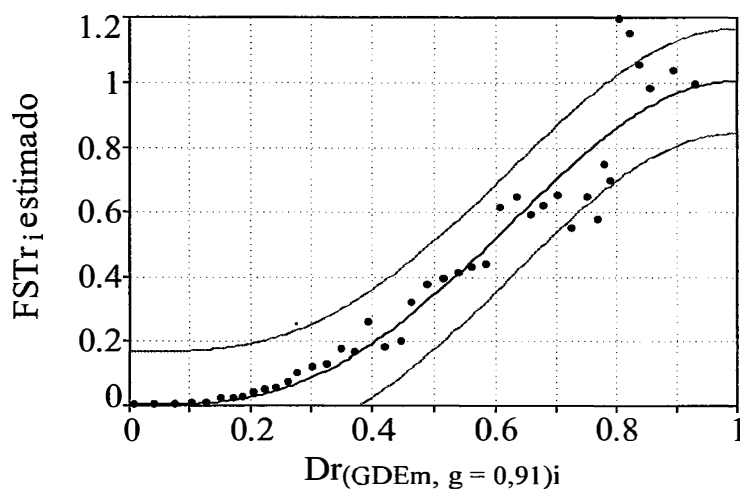


Figura 7 - Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa total da planta de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia efetivos modificados ( $g=0,91$  na fase reprodutiva) no experimento de primavera.

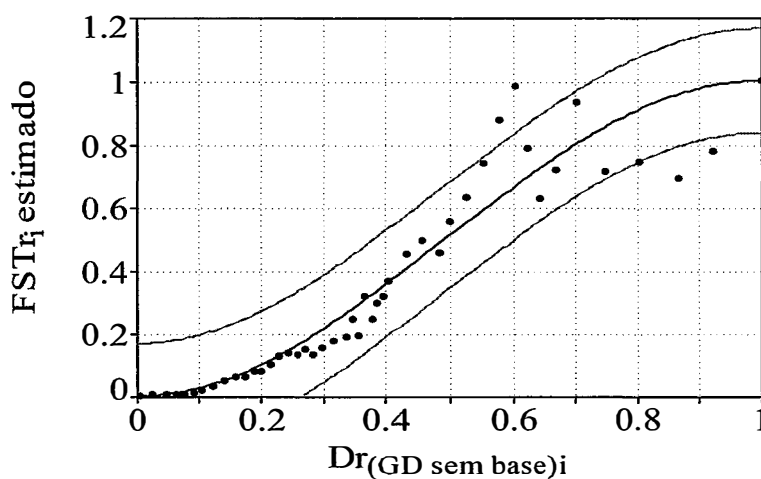


Figura 8 - Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa total da planta de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia com o uso da temperatura basal inferior igual a  $0^{\circ}\text{C}$  (sem base) no experimento de outono.

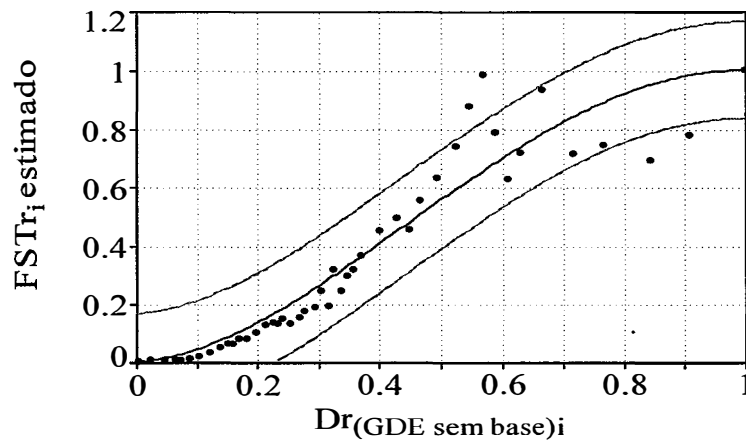


Figura 9 - Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa total da planta de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia efetivos com o uso da temperatura basal inferior igual a  $0^{\circ}\text{C}$  (sem base) no experimento de outono.

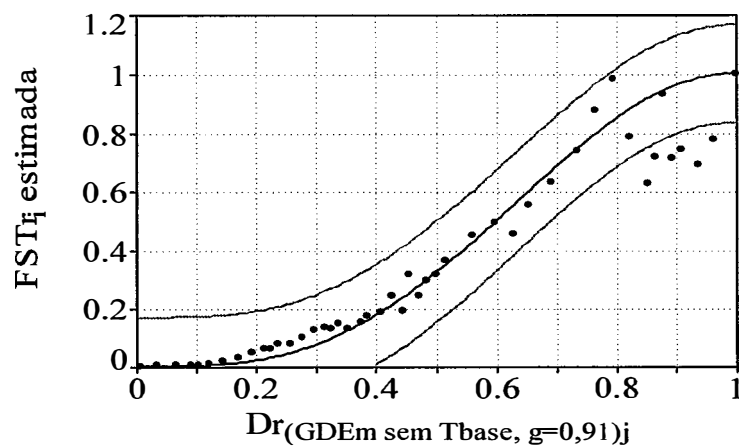


Figura 10 - Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa total da planta de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia efetivos modificados ( $g=0,91$  na fase reprodutiva) com o uso da temperatura basal inferior igual a  $0^{\circ}\text{C}$  (sem  $T_{base}$ ) no experimento de outono.



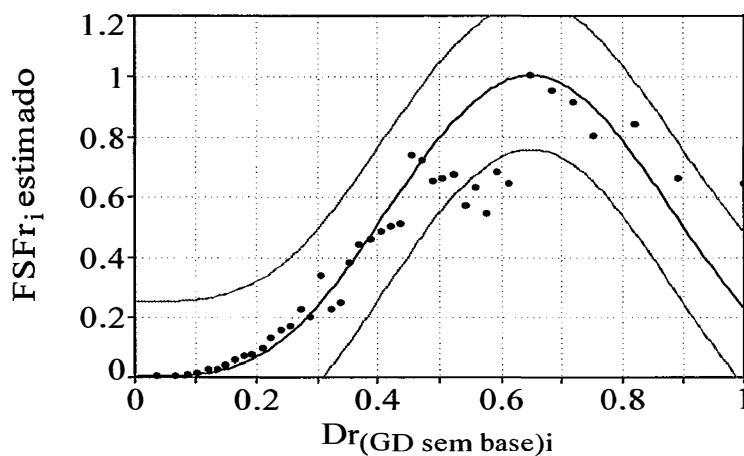


Figura 11 - Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa de folha na cultura de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia com o uso da temperatura basal inferior igual a  $0^{\circ}\text{C}$  (sem base) no experimento de primavera.

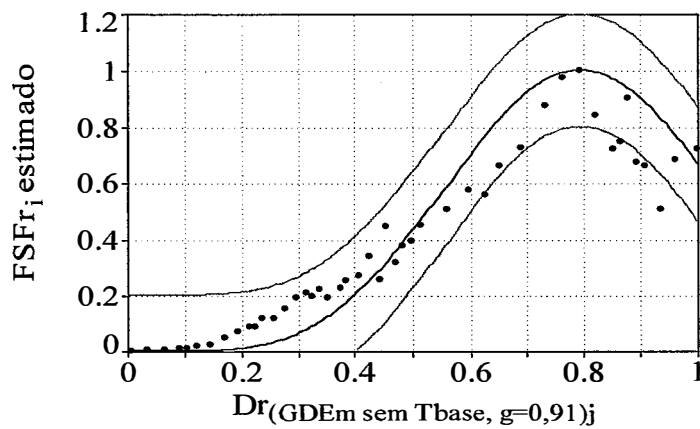


Figura 12 - Faixa de 90% de confiança do modelo do co-seno estimando a fitomassa seca relativa de folha na cultura de alface em função do desenvolvimento relativo caracterizado por graus-dia efetivos modificados ( $g=0,91$  na fase reprodutiva) com o uso da temperatura basal inferior igual a  $0^{\circ}\text{C}$  (sem  $T_{base}$ ) no experimento de outono.

Para os modelos dos dois experimentos ajustados para estimar a FSFr, o melhor ajuste, pela dispersão dos pontos observados, parece ser no experimento de primavera, apesar dos valores serem subestimados no período vegetativo.

Pode-se observar que na maioria dos casos, o ajuste pela dispersão dos dados é bastante adequado ao modelo até cerca de 0,50 do desenvolvimento relativo, que coincide com a máxima taxa de acúmulo de fitomassa seca (ponto de inflexão). Durante este período em que as taxas de acúmulo são positivas e crescentes, tem-se maior uniformidade nas taxas de crescimento do que após o ponto de inflexão, onde começa o período reprodutivo, em que a variabilidade fenotípica se acentua por causas, algumas vezes, aleatórias (senescência de folhas e raízes).

Neste raciocínio, também pode-se argumentar de que no período vegetativo a frequência de amostragem foi maior, porém como foi verificado em relação ao erro amostral, o número de plantas foi adequado por época de amostragem, e pela disposição dos pontos observados em torno do modelo na fase vegetativa, a diminuição da frequência de amostragem no tempo não acarretaria em perda de ajuste ao modelo proposto (curva sigmóide), logicamente, desconsiderando nesta hipótese a diminuição dos graus de liberdade da análise de regressão. Também deve-se salientar de que o erro amostral, que é calculado como média das variâncias entre indivíduos dentro da mesma época de amostragem, pode ter sido considerado adequado (Tabela 8) por influência da maior uniformidade das variâncias no período vegetativo e de que o número de plantas por época de amostragem no período reprodutivo poderia ter sido maior. Estudos quanto a frequência de amostragem em análises de crescimento são dependentes da espécie e necessitam de maiores estudos.

Na Tabela 12 estão apresentados os parâmetros estimados para o modelo do cosseno estimando  $FSTr_i$  ( $\alpha$ ) e  $FSFr_i$  ( $\beta$ ), e respectivos erros padrões assintóticos (EP), ajustado com as variáveis independentes:  $Dr(GD)_j$ ,  $Dr(RG)_j$ ,  $Dr(GDEm)_j$  e  $Dr(GDE)_j$ , com a temperatura basal inferior igual a 10°C e com 0°C, em ambos os experimentos.

Tabela 12. Parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  dos modelos do co-seno e respectivos erros padrões assintóticos (EP), ajustados com as variáveis independentes:  $Dr(GD)_j$ ,  $Dr(RG)_j$ ,  $Dr(GDEm)_j$  e  $Dr(GDE)_j$ , em dois experimentos (primavera e outono) para as estimativas de fitomassa seca relativa total e de folha. Santa Maria, RS.

Variável independente	$F\hat{S}Tr_i$	$F\hat{S}Fr_i$
	$\alpha \pm EP$	$\beta \pm EP$
<b>Experimento de primavera</b>		
$Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$	1,531±0,096	3,153±0,323
$Dr(GD \text{ com } T_{Bi}=0)_j = f(\text{graus-dia com } T_{Bi}=0^1)$	1,718±0,107	3,560±0,359
$Dr(RG)_j = f(\text{radiação global})$	1,636±0,101	3,336±0,347
$Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$	1,537±0,097	3,219±0,334
$Dr(GDE \text{ com } T_{Bi}=0)_j = f(\text{graus-dia efetivos com } T_{Bi}=0)$	1,676±0,105	3,523±0,363
$Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g^2=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$	3,146±0,208	4,614±0,612
$Dr(GDEm, g=0,03)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,03 \text{ na fase reprodutiva})$	1,391±0,091	2,990±0,313
$Dr(GDEm \text{ com } T_{Bi}=0, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado com } T_{Bi}=0, g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$	3,987±0,296	5,651±0,785
$Dr(GDEm \text{ com } T_{Bi}=0, g=0,03)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado com } T_{Bi}=0, g=0,03 \text{ na fase reprodutiva})$	1,450±0,095	3,158±0,328
<b>Experimento de Outono</b>		
$Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$	2,065±0,123	5,313±0,628
$Dr(GD \text{ com } T_{Bi}=0)_j = f(\text{graus-dia com } T_{Bi}=0)$	1,947±0,109	4,082±0,436
$Dr(RG)_j = f(\text{radiação global})$	1,382±0,078	-
$Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$	1,841±0,107	4,562±0,525
$Dr(GDE \text{ com } T_{Bi}=0)_j = f(\text{graus-dia efetivos, com } T_{Bi}=0)$	1,696±0,093	3,586±0,388
$Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$	2,608±0,200	5,525±0,699
$Dr(GDEm, g=0,03)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,03 \text{ na fase reprodutiva})$	1,631±0,100	4,652±0,594
$Dr(GDEm \text{ com } T_{Bi}=0, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado com } T_{Bi}=0, g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$	3,259±0,222	4,714±0,409
$Dr(GDEm \text{ com } T_{Bi}=0, g=0,03)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado com } T_{Bi}=0, g=0,03 \text{ na fase reprodutiva})$	1,433±0,084	3,363±0,457

<sup>1</sup> $T_{Bi}=0$ : temperatura basal inferior igual a 0°C.

<sup>2</sup> $g$  = valor que define a importância relativa da luz e da temperatura do ar para a espécie (°C.dia.m<sup>-2</sup>.MJ<sup>-1</sup>) (Scaife et al., 1987).

A partir da derivada do modelo de melhor ajuste, pelos critérios de menor QME e pela dispersão dos dados em torno da curva, para  $FSTr_i$ , no experimentos de primavera, estimou-se o desenvolvimento relativo da cultura de alface referente à taxa máxima de acúmulo de fitomassa seca total e ao florescimento: para  $Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, } g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$ :  $\hat{D}r_{\text{taxa máx.FST}} = 0,6223$ ; e,  $fl = 1,236$ .

A partir da derivada dos modelos de melhor ajuste, pelos critérios de menor QME e pela dispersão dos dados em torno da curva, para  $FSTr_i$ , no experimento de

outono, estimou-se o desenvolvimento relativo da cultura de alface referente à taxa máxima de acúmulo de fitomassa seca total e ao florescimento: para  $Dr(GDEm \text{ com } T_{BI}=0, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado, com } T_{BI}=0, g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$ :  $\hat{D}r_{taxa \text{ máx.FST}} = 0,6389$ ; e  $fl = 1,607$ .

A partir da derivada do modelo de melhor ajuste, pelos critérios de menor QME e pela dispersão dos dados em torno da curva, para  $FSFr_i$ , no experimentos primavera, estimou-se o desenvolvimento relativo da cultura de alface referente à taxa máxima de acúmulo de fitomassa seca de folha: para  $Dr(GD \text{ com } T_{BI}=0)_j = f(\text{graus-dia, com } T_{BI}=0)$ :  $\hat{D}r_{taxa \text{ máx.FSF}} = 0,3461$ .

A partir da derivada do modelo de melhor ajuste, pelos critérios de menor QME e pela dispersão dos dados em torno da curva, para  $FSFr_i$ , no experimentos outono, estimou-se o desenvolvimento relativo da cultura de alface referente à taxa máxima de acúmulo de fitomassa seca de folha:  $Dr(GDEm \text{ com } T_{BI}=0, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado com } T_{BI}=0, g=0,91 \text{ na fase reprodutiva})$ :  $\hat{D}r_{taxa \text{ máx.FSF}} = 0,4233$ .

Na primavera, com a maior intensidade de radiação e a taxa de acúmulo máxima de FSF ocorrendo anteriormente à de outono, explica-se porque na primavera foi maior a produção de fitomassa e conseqüentemente maior produção de sementes.

#### 4.4 Variação temporal da partição da fitomassa seca na planta

A variação temporal do percentual do total de fitomassa que contribui cada compartimento da planta teve seu melhor ajuste, pelo critério do  $R^2$ , entre as equações polinomiais, por uma curva de terceiro grau, exceto para  $FSTalo\%$  no experimento de outono (Tabela 13). O comportamento da partição da fitomassa seca na planta de alface foi similar entre os dois experimentos (Figuras 13 e 14).

Antes de terminar a fase vegetativa (aos 72 e 102 DAT no experimento de primavera e outono, respectivamente) o percentual de fitomassa do total referente à folha, começa a diminuir linearmente de praticamente 80% da fitomassa total na metade da fase vegetativa até cerca de 58% no final do período. Nitidamente, esse decréscimo

linear de fitomassa de folha ocorre com o aumento linear da fitomassa de talo, para onde os fotoassimilados são alocados no período de florescimento, e pelas folhas senescentes.

Quanto a fitomassa de raiz, observa-se mais facilmente no experimento de outono onde, desde a primeira amostragem foi separado a fitomassa de raiz e de talo (no experimento de primavera foi separado a partir dos 46 DAT), que a alocação de fotoassimilados nos estádios de crescimento inicial é na raiz e nas folhas. O percentual de fitomassa referente à raiz tem seu máximo no período de estabelecimento da planta, decrescendo até a total cobertura do espaço disponível pela folhas, e a partir daí permanecendo praticamente constante até o final do ciclo.

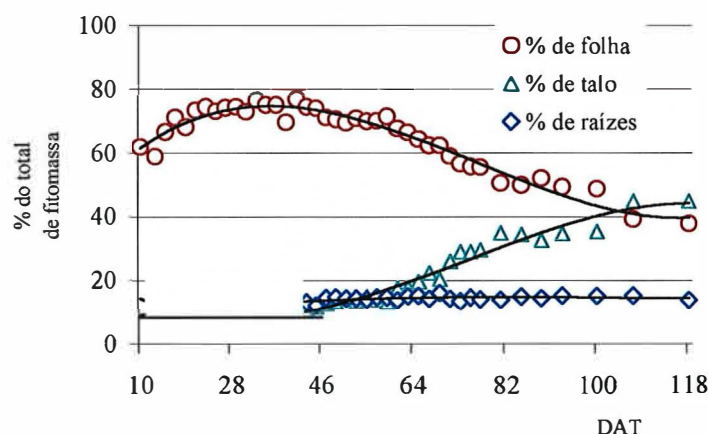


Figura 13 - Variação temporal em dias após o transplante (DAT) do percentual do total de fitomassa seca dos compartimentos da planta: fitomassa seca de folha, de talo e de raiz, por modelos polinomiais no experimento de primavera.

Na Figura 15 está representado a variação temporal, em DAT, do percentual do total de fitomassa que contribui as folhas verdes e senescentes. Observa-se que à partir do momento em que o percentual de fitomassa de folha verde atinge seu máximo, começa um aumento linear da fitomassa de folhas senescentes, chegando a igualar ao percentual de fitomassa de folhas verdes exatamente no final do período vegetativo (aos 102 DAT), com cerca de 30% da fitomassa total produzida.

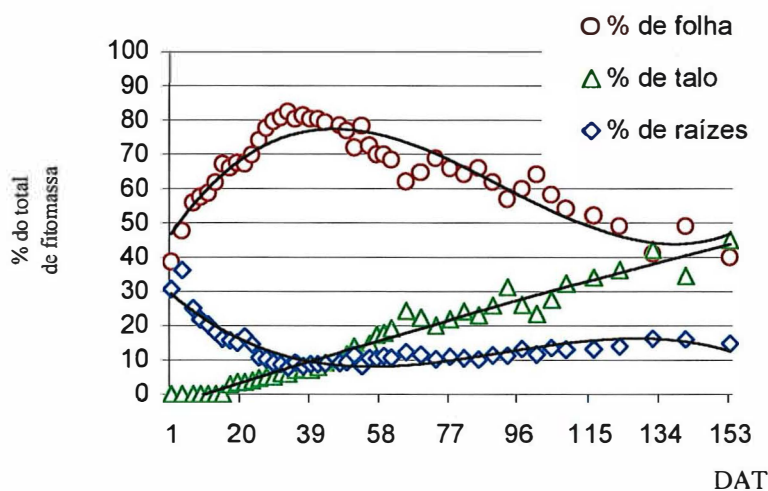


Figura 14 - Variação temporal em dias após o transplante (DAT) do percentual do total de fitomassa seca dos compartimentos da planta: fitomassa seca de folha, de talo e de raiz, por modelos polinomiais no experimento de outono.

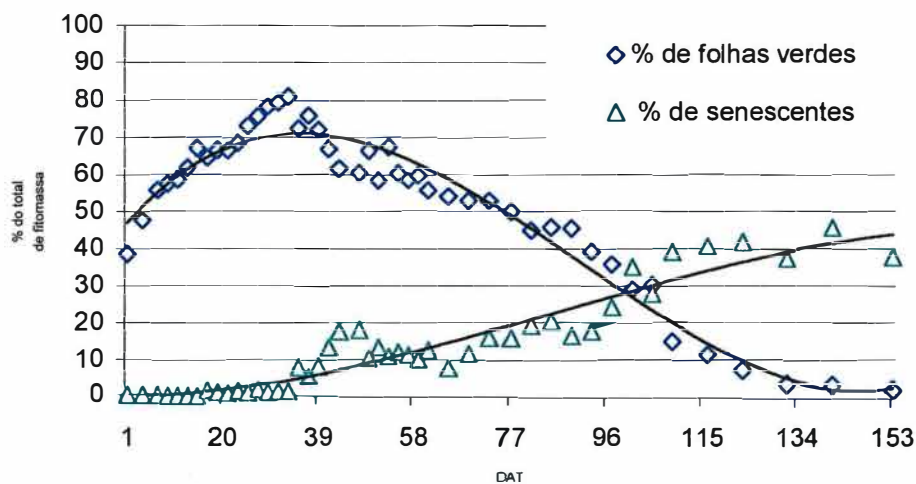


Figura 15 - Variação temporal em dias após o transplante (DAT) do percentual do total de fitomassa seca de folhas verdes e senescentes, por modelos polinomiais no experimento de outono.

Tabela 13. Equações polinomiais ajustadas e respectivos coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a variação temporal em dias após o transplante (DAT) do percentual do total de fitomassa seca dos compartimentos da planta: fitomassa seca de folha (FSF%), de talo (FSTalo%) e de raiz (FSR%), no experimento de primavera; e, fitomassa seca de folhas (FSF%= folhas verdes mais senescentes), de folhas verdes (FSFV%) e de senescentes (FSFS%), de talo (FSTalo%) e de raiz (FSR%), no experimento de outono.

Modelo ajustado ( $Y = a + bX + cX^2 + dX^3$ )	$R^2$
<b>Experimento de primavera</b>	
FSF%=45,68+1,847.DAT-0,03439023.DAT <sup>2</sup> +0,00015786.DAT <sup>3</sup>	0,9443
FSTalo%=54,26-2,527.DAT+0,04399045.DAT <sup>2</sup> -0,00020126.DAT <sup>3</sup>	0,9038
FSR%=-8,34+0,944.DAT-0,01267102.DAT <sup>2</sup> +0,00005563.DAT <sup>3</sup>	0,3247
<b>Experimento de Outono</b>	
FSF%=50,76+1,567.DAT-0,02672426.DAT <sup>2</sup> +0,00010990.DAT <sup>3</sup>	0,6655
FSFV%=51,86+1,364.DAT-0,02832419.DAT <sup>2</sup> -0,00011508.DAT <sup>3</sup>	0,9351
FSFS%=-1,06+0,200.DAT+0,00163109.DAT <sup>2</sup> -0,00000531.DAT <sup>3</sup>	0,8899
FSTalo%=-2,25+0,396.DAT-0,0006052.DAT <sup>2</sup>	0,8953
FSR%=-26,65-0,916.DAT+0,01360969.DAT <sup>2</sup> -0,00005538.DAT <sup>3</sup>	0,4936

Na Tabela 14 estão os resultados dos testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes de alface produzidas nos dois experimentos em hidroponia, bem como, dados dos componentes do rendimento. A alta qualidade fisiológica das sementes produzidas em hidroponia nos dois experimentos pode ser observada pelos testes de germinação e vigor (primeira contagem), não existindo diferenças significativas entre os dois experimentos, pelo teste t de Student, nem entre as duas épocas de colheita (plantas com 50 e 100% dos aquênios maduros). Porém, tanto no teste de condutividade elétrica, quanto nas medidas do comprimento da raiz, o experimento de primavera produziu sementes de maior vigor do que as de outono, diferindo significativamente pelo teste t em nível de 1% de probabilidade de erro.

Os componentes do rendimento de sementes de alface hidropônica, assim como a qualidade de sementes, foi significativamente superior no experimento de primavera. A colheita com 50% dos aquênios maduros no experimento de primavera foi a combinação de época de colheita e plantio que proporcionou o maior massa média de sementes por planta.

Em termos de rendimento de sementes, a melhor época de plantio e colheita em hidroponia supera em até três vezes o rendimento a campo no Estado do Rio Grande do Sul, outro indicativo desta superioridade foi obtido num experimento realizado em hidroponia com as variedades Deyse e Regina por Menezes & Romero (2000).

Comparando custos de produção de alface (folhas) em hidroponia com a produção de sementes no mesmo sistema, durante o ciclo para produção de sementes (113 dias) seria possível três ciclos de produção de folhas de alface (35 dias). Para o espaçamento de 0,25 x 0,30 m para produção de folhas de alface e 0,25 x 0,50 m para produção de sementes, teríamos 48 plantas.m<sup>-2</sup> produzidas na produção de folhas de alface para oito plantas.m<sup>-2</sup> na produção de sementes. Considerando um preço de venda da alface hidropônica a R\$0,50 (preço mais comum de venda a supermercados, restaurantes e cozinhas industriais, no Rio Grande do Sul, novembro/2002) e o preço do g de semente a R\$0,25 (preço médio de diversas variedades em Santa Maria, RS; preço de venda ao produtor, novembro/2002). Portanto, para um metro quadrado de alface hidropônica a renda bruta seria de R\$24,00 e de sementes R\$15,18 (para rendimento de 7,59 g.planta<sup>-1</sup>).

Alguns fatores devem ser levados em consideração nesta comparação: (i) na produção de sementes o espaçamento também foi de 0,25 x 0,30 m até o 46 DAT, com novo espaçamento de 0,25 x 0,50 m a partir dos 47 DAT para evitar erros na amostragem da fitomassa da planta, pois o espaçamento maior entre plantas facilita a coleta das folhas senescentes de sua respectiva planta; (ii) levando-se em conta que o novo espaçamento nessa fase final do período vegetativo não tenha efeito no rendimento de sementes, a renda bruta da produção de sementes por m<sup>2</sup> eleva-se para R\$30,36; (iii) não foi contabilizado o valor agregado à maior qualidade fisiológica da semente produzida em hidroponia do que a existente no mercado; e (iv) considerando dados da literatura, em que a exclusão de água e nutrientes na metade do período de florescimento não afeta o rendimento e qualidade de sementes, implica em diminuir o ciclo de 113 dias obtido para 93 dias.

Os custos de limpeza, secagem e beneficiamento da semente também não foram contabilizados.



Experimentos com manejos diferenciados na produção de sementes de alface em hidroponia e respectivo custo de produção são necessários para ser efetivamente estudado e testado tais questões e suposições.

Para o experimento de primavera, após a colheita e secagem das sementes, além de serem realizados testes de vigor e germinação nesta época, estas foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas por 210 dias em câmara fria (10 a 12°C e 45 a 55% de umidade relativa), quando foram realizados novamente os testes de qualidade fisiológica de sementes descritos acima, encontrando-se: 95,88%, 94,63%, 93,55  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , 2,4 cm e 1,03 g, para vigor, germinação, condutividade elétrica, comprimento da raiz e massa de mil sementes, respectivamente. Comparativamente aos valores encontrados na colheita do experimento de primavera, pode-se dizer que esta condição de armazenamento permite o uso ou mesmo a comercialização das sementes neste período, bem como, o beneficiamento não causou danos de efeitos latentes à semente.

A partir desses resultados pode-se concluir que o plantio de primavera, quando a temperatura do ar e a radiação solar foram mais elevadas do que no outono, propiciou maior qualidade fisiológica e rendimento de sementes, sendo que a época de colheita mais apropriada é com plantas no estágio de 50% dos aquênios maduros, pois além de rendimento e qualidade superiores, reduz a permanência da cultura nas bancadas (5% do ciclo) e conseqüentemente os custos que lhe são implícitos.

Tabela 14. Qualidade fisiológica e componentes do rendimento de sementes (aquênios) do cultivo de alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido nos experimentos de primavera em 2001 e outono em 2002, em função de duas épocas de colheita (plantas com 50 e 100% dos aquênios maduros - AM). Santa Maria, RS.

Qualidade fisiológica da semente	Experimento			
	Primavera		Outono	
	Época de colheita		Época de colheita	
	50% AM	100% AM	50% AM	100% AM
Vigor: primeira contagem (%)	99,5a <sup>1</sup>	99,5a	99,8a	94,3a
Germinação(%)	99,5a	99,5a	99,8a	94,3a
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ )	75,8a	96,4b	117,5c	164,5d
Comprimento médio da raiz (cm)	2,8a	3,0a	2,1b	2,0b
Massa média de 1000 aquênios <sup>2</sup>	0,995a	0,995a	1,348a	1,250a
<b>Componentes do rendimento</b>				
Nº médio de aquênios por capítulo	14,2a	10,4b	10,3b	7,9c
Nº médio de capítulos c/ aquênios/pl.	731,2a	528,1b	274,0c	269,3c
Massa média de sementes/planta(g) <sup>2</sup>	7,6a	4,5b	2,6c	2,1c

<sup>1</sup> médias seguidas por mesma letra na horizontal, não diferem entre si pelo teste t de Student, em nível de 1% de probabilidade de erro.

<sup>2</sup> Umidade da semente corrigida para 6% da massa.

## **5 CONCLUSÕES**

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que: (i) os modelos testados podem ser utilizados para estimar a variação temporal de fitomassa seca da cultura de alface em ambiente protegido, levando em consideração a estação de cultivo, assim como, para prever as épocas de máxima taxa de acúmulo de fitomassa e de florescimento; (ii) os modelos de simulação de crescimento de alface devem prever as necessidades diferenciadas de temperatura do ar e radiação solar entre as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; (iii) o uso da temperatura basal inferior para obtenção de graus-dia deve ser revista; e (iv) o sistema de produção em hidroponia é adequado para maximizar rendimento e qualidade de sementes de alface.

## **ANEXO**

## ANEXO: DADOS OBSERVADOS - FENOLOGIA

Tabela 15. Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_j$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_j - T_{BI}$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo ( $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ) e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$T_j$	$T_j - T_{BI}$	GD	$Dr(GD)_j^1$	Fenologia
7/set/01	1	25,00	15,00	15,00	0,008	2 a 5 folhas <sup>2</sup>
8/set/01	2	22,50	12,50	27,50	0,016	
9/set/01	3	20,50	10,50	38,00	0,021	
10/set/01	4	21,50	11,50	49,50	0,028	
11/set/01	5	19,75	9,75	59,25	0,034	
12/set/01	6	20,40	10,40	69,65	0,039	
13/set/01	7	15,15	5,15	74,80	0,042	
14/set/01	8	20,00	10,00	84,80	0,048	
15/set/01	9	19,75	9,75	94,55	0,053	
16/set/01	10	15,50	5,50	100,05	0,057	
17/set/01	11	20,00	10,00	110,05	0,062	
18/set/01	12	21,00	11,00	121,05	0,068	
19/set/01	13	21,25	11,25	132,30	0,075	
20/set/01	14	24,85	14,85	147,15	0,083	
21/set/01	15	22,40	12,40	159,55	0,090	6 a 8 folhas
22/set/01	16	24,25	14,25	173,80	0,098	
23/set/01	17	24,75	14,75	188,55	0,107	
24/set/01	18	24,50	14,50	203,05	0,115	
25/set/01	19	23,75	13,75	216,80	0,123	
26/set/01	20	19,50	9,50	226,30	0,128	
27/set/01	21	22,25	12,25	238,55	0,135	
28/set/01	22	21,50	11,50	250,05	0,141	
29/set/01	23	21,00	11,00	261,05	0,148	9 a 15 folhas
30/set/01	24	18,65	8,65	269,70	0,153	
1/out/01	25	23,75	13,75	283,45	0,160	
2/out/01	26	24,50	14,50	297,95	0,169	
3/out/01	27	19,75	9,75	307,70	0,174	
4/out/01	28	22,75	12,75	320,45	0,181	
5/out/01	29	24,00	14,00	334,45	0,189	
6/out/01	30	22,50	12,50	346,95	0,196	

Tabela 15. Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_j$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_j - T_{BI}$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo ( $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ) e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$T_j$	$T_j - T_{BI}$	GD	$Dr(GD)_j^1$	Fenologia
7/out/01	31	20,00	10,00	356,95	0,202	9 a 15 folhas
8/out/01	32	28,00	18,00	374,95	0,212	
9/out/01	33	22,40	12,40	387,35	0,219	16 a 22 folhas
10/out/01	34	24,00	14,00	401,35	0,227	
11/out/01	35	24,50	14,50	415,85	0,235	
12/out/01	36	26,00	16,00	431,85	0,244	
13/out/01	37	22,25	12,25	444,10	0,251	
14/out/01	38	27,50	17,50	461,60	0,261	
15/out/01	39	23,50	13,50	475,10	0,269	
16/out/01	40	25,00	15,00	490,10	0,277	
17/out/01	41	24,75	14,75	504,85	0,286	23 a 30
18/out/01	42	27,00	17,00	521,85	0,295	folhas <sup>3</sup>
19/out/01	43	26,50	16,50	538,35	0,305	
20/out/01	44	28,00	18,00	556,35	0,315	
21/out/01	45	22,75	12,75	569,10	0,322	
22/out/01	46	20,00	10,00	579,10	0,328	
23/out/01	47	20,50	10,50	589,60	0,334	
24/out/01	48	22,75	12,75	602,35	0,341	
25/out/01	49	28,00	18,00	620,35	0,351	
26/out/01	50	29,00	19,00	639,35	0,362	
27/out/01	51	28,00	18,00	657,35	0,372	
28/out/01	52	30,00	20,00	677,35	0,383	
29/out/01	53	23,00	13,00	690,35	0,391	
30/out/01	54	25,25	15,25	705,60	0,399	
31/out/01	55	22,75	12,75	718,35	0,406	Início da
1/nov/01	56	25,00	15,00	733,35	0,415	elongação do
2/nov/01	57	22,50	12,50	745,85	0,422	talo <sup>4</sup>
3/nov/01	58	22,50	12,50	758,35	0,429	
4/nov/01	59	24,50	14,50	772,85	0,437	
5/nov/01	60	28,50	18,50	791,35	0,448	
6/nov/01	61	29,00	19,00	810,35	0,458	
7/nov/01	62	23,00	13,00	823,35	0,466	
8/nov/01	63	26,00	16,00	839,35	0,475	
9/nov/01	64	26,75	16,75	856,10	0,484	
10/nov/01	65	23,75	13,75	869,85	0,492	
11/nov/01	66	26,00	16,00	885,85	0,501	
12/nov/01	67	25,50	15,50	901,35	0,510	
13/nov/01	68	27,00	17,00	918,35	0,520	
14/nov/01	69	23,50	13,50	931,85	0,527	

Tabela 15. Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_j$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_j - T_{BI}$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo ( $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ) e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$T_j$	$T_j - T_{BI}$	GD	$Dr(GD)_j$ <sup>1</sup>	Fenologia
15/nov/01	70	26,75	16,75	948,60	0,537	Início da
16/nov/01	71	24,50	14,50	963,10	0,545	elongação do
17/nov/01	72	23,75	13,75	976,85	0,553	talo <sup>4</sup>
18/nov/01	73	25,00	15,00	991,85	0,561	Primeira flor
19/nov/01	74	26,75	16,75	1008,60	0,571	
20/nov/01	75	30,50	20,50	1029,10	0,582	
21/nov/01	76	27,50	17,50	1046,60	0,592	
22/nov/01	77	29,50	19,50	1066,10	0,603	
23/nov/01	78	32,25	22,25	1088,35	0,616	
24/nov/01	79	27,00	17,00	1105,35	0,625	
25/nov/01	80	22,50	12,50	1117,85	0,632	
26/nov/01	81	27,50	17,50	1135,35	0,642	
27/nov/01	82	29,50	19,50	1154,85	0,653	
28/nov/01	83	25,50	15,50	1170,35	0,662	
29/nov/01	84	24,50	14,50	1184,85	0,670	
30/nov/01	85	25,25	15,25	1200,10	0,679	
1/dez/01	86	29,75	19,75	1219,85	0,690	
2/dez/01	87	27,00	17,00	1236,85	0,670	
3/dez/01	88	26,00	16,00	1252,85	0,709	
4/dez/01	89	20,75	10,75	1263,60	0,715	
5/dez/01	90	27,25	17,25	1280,85	0,725	
6/dez/01	91	27,25	17,25	1298,10	0,734	
7/dez/01	92	27,50	17,50	1315,60	0,744	
8/dez/01	93	23,25	13,25	1328,85	0,752	Plantas com
9/dez/01	94	24,25	14,25	1343,10	0,760	50% das
10/dez/01	95	27,75	17,75	1360,85	0,770	flores abertas <sup>5</sup>
11/dez/01	96	30,50	20,50	1381,35	0,782	
12/dez/01	97	31,00	21,00	1402,35	0,793	
13/dez/01	98	30,00	20,00	1422,35	0,805	
14/dez/01	99	30,25	20,25	1442,60	0,816	
15/dez/01	100	28,50	18,50	1461,10	0,827	Plantas com
16/dez/01	101	28,75	18,75	1479,85	0,837	100% das
17/dez/01	102	29,25	19,25	1499,10	0,825	flores abertas
18/dez/01	103	28,75	18,75	1517,85	0,835	
19/dez/01	104	29,00	19,00	1536,85	0,846	
20/dez/01	105	34,25	24,25	1561,10	0,859	
21/dez/01	106	33,25	23,25	1584,35	0,872	
22/dez/01	107	26,50	16,50	1600,85	0,881	
23/dez/01	108	25,00	15,00	1615,85	0,889	
24/dez/01	109	26,25	16,25	1632,10	0,898	
25/dez/01	110	26,75	16,75	1648,85	0,907	

Tabela 15. Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_j$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_j - T_{BI}$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo ( $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ) e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$T_j$	$T_j - T_{BI}$	GD	$Dr(GD)_j$ <sup>1</sup>	Fenologia
26/dez/01	111	29,25	19,25	1668,10	0,918	Plantas com
27/dez/01	112	30,75	20,75	1688,85	0,929	100% das flores abertas
28/dez/01	113	32,50	22,50	1711,35	0,942	50% dos
29/dez/01	114	32,00	22,00	1733,35	0,954	aquênios
30/dez/01	115	31,50	21,50	1754,85	0,966	maduros
31/dez/01	116	33,00	23,00	1777,85	0,978	
1/jan/02	117	29,50	19,50	1797,35	0,989	
2/jan/02	118	29,75	19,75	1817,10	1,000	100% dos aquênios maduros

$$^1 Dr_{(GD)_j} = \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{BI}) / GD_{pmf}$$

<sup>2</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas; e, as folhas contabilizadas tinham mais de 5 cm de comprimento.

<sup>3</sup> Posteriormente aos 40 DAT, o produto foi considerado não comercial pelo sabor amargo das folhas - exsudação da lactucina.

<sup>4</sup> A partir do estágio fenológico de primeira flor, inclusive este, todos os estádios correspondem, aproximadamente, à primeira data do período.

<sup>5</sup> Os estádios de primeira flor ao último, inclusive este, correspondem àquele desenvolvimento em 50% das plantas.



Tabela 16. Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa ( $RG_i$ ,  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ), radiação global total acumulada (RG,  $MJ.m^{-2}$ ), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_i = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$RG_i$	RG	$Dr(RG)_i^1$	Fenologia
7/set/01	1	6,36	6,36	0,004	3 a 5 folhas <sup>2</sup>
8/set/01	2	4,89	11,25	0,007	
9/set/01	3	5,17	16,42	0,010	
10/set/01	4	11,29	27,71	0,017	
11/set/01	5	16,31	44,02	0,027	
12/set/01	6	13,55	57,57	0,036	
13/set/01	7	1,29	58,86	0,036	
14/set/01	8	15,64	74,50	0,046	
15/set/01	9	14,61	89,11	0,055	
16/set/01	10	9,01	98,12	0,061	
17/set/01	11	15,90	114,02	0,071	
18/set/01	12	16,08	130,10	0,081	
19/set/01	13	9,92	140,03	0,087	
20/set/01	14	15,11	155,14	0,096	
21/set/01	15	11,97	167,10	0,104	6 a 8 folhas
22/set/01	16	15,71	182,81	0,113	
23/set/01	17	11,43	194,24	0,120	
24/set/01	18	6,72	200,96	0,125	
25/set/01	19	8,02	208,98	0,129	
26/set/01	20	7,36	216,34	0,134	
27/set/01	21	9,89	226,23	0,140	
28/set/01	22	8,27	234,50	0,145	
29/set/01	23	6,55	241,05	0,149	9 a 15 folhas
30/set/01	24	6,55	247,59	0,153	
1/out/01	25	12,15	259,74	0,161	
2/out/01	26	10,80	270,54	0,168	
3/out/01	27	6,76	277,30	0,172	
4/out/01	28	8,99	286,29	0,177	
5/out/01	29	11,70	297,99	0,185	
6/out/01	30	16,59	314,57	0,195	
7/out/01	31	3,02	317,60	0,197	
8/out/01	32	12,88	330,48	0,205	
9/out/01	33	16,36	346,84	0,215	16 a 22 folhas
10/out/01	34	19,88	366,73	0,227	
11/out/01	35	19,22	385,95	0,239	
12/out/01	36	18,30	404,25	0,250	
13/out/01	37	9,03	413,28	0,256	
14/out/01	38	10,39	423,67	0,262	
15/out/01	39	6,93	430,61	0,267	
16/out/01	40	6,41	437,02	0,271	

Tabela 16. Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa ( $RG_i$ ,  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ), radiação global total acumulada (RG,  $MJ.m^{-2}$ ), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_i = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$RG_i$	RG	$Dr(RG)_i$ <sup>1</sup>	Fenologia
17/out/01	41	15,70	452,72	0,280	23 a 30 folhas <sup>3</sup>
18/out/01	42	16,80	469,52	0,291	
19/out/01	43	17,14	486,66	0,302	
20/out/01	44	14,68	501,34	0,311	
21/out/01	45	12,89	514,23	0,319	
22/out/01	46	21,04	535,28	0,332	
23/out/01	47	21,21	556,49	0,345	
24/out/01	48	19,97	576,46	0,357	
25/out/01	49	18,30	594,76	0,368	
26/out/01	50	10,83	605,60	0,375	
27/out/01	51	10,29	615,88	0,382	
28/out/01	52	10,62	626,51	0,388	
29/out/01	53	3,14	629,65	0,390	
30/out/01	54	8,65	638,30	0,395	
31/out/01	55	19,77	658,07	0,408	
1/nov/01	56	18,36	676,43	0,419	Início da alongação do talo <sup>4</sup>
2/nov/01	57	19,88	696,31	0,431	
3/nov/01	58	20,41	716,71	0,444	
4/nov/01	59	17,77	734,48	0,455	
5/nov/01	60	18,41	752,89	0,466	
6/nov/01	61	5,20	758,09	0,470	
7/nov/01	62	19,28	777,37	0,482	
8/nov/01	63	18,06	795,43	0,493	
9/nov/01	64	8,67	804,10	0,498	
10/nov/01	65	4,53	808,63	0,501	
11/nov/01	66	16,56	825,19	0,511	
12/nov/01	67	7,73	832,92	0,516	
13/nov/01	68	16,89	849,81	0,527	
14/nov/01	69	3,81	853,62	0,529	
15/nov/01	70	19,77	873,40	0,541	
16/nov/01	71	18,36	891,76	0,553	
17/nov/01	72	19,88	911,63	0,565	
18/nov/01	73	20,41	932,04	0,577	Primeira flor
19/nov/01	74	17,77	949,80	0,588	
20/nov/01	75	18,41	968,21	0,600	
21/nov/01	76	5,20	973,42	0,603	
22/nov/01	77	19,28	992,70	0,615	
23/nov/01	78	18,06	1010,76	0,626	
24/nov/01	79	8,67	1019,43	0,632	

Tabela 16. Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa ( $RG_j$ ,  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ), radiação global total acumulada (RG,  $MJ.m^{-2}$ ), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$RG_j$	RG	$Dr(RG)_j$ <sup>1</sup>	Fenologia
25/nov/01	80	4,53	1023,96	0,634	Primeira flor
26/nov/01	81	16,56	1040,51	0,645	
27/nov/01	82	7,73	1048,25	0,649	
28/nov/01	83	16,89	1065,14	0,660	
29/nov/01	84	17,86	1083,00	0,671	
30/nov/01	85	9,38	1092,37	0,677	
1/dez/01	86	16,68	1109,05	0,687	
2/dez/01	87	17,90	1126,96	0,698	
3/dez/01	88	8,94	1135,89	0,704	
4/dez/01	89	2,15	1138,04	0,705	
5/dez/01	90	10,42	1148,46	0,712	
6/dez/01	91	13,09	1161,55	0,720	
7/dez/01	92	19,24	1180,79	0,732	
8/dez/01	93	10,85	1191,64	0,738	
9/dez/01	94	18,40	1210,04	0,750	Plantas com 50% das flores abertas <sup>5</sup>
10/dez/01	95	17,37	1227,42	0,760	
11/dez/01	96	15,78	1243,20	0,770	
12/dez/01	97	15,74	1258,94	0,780	
13/dez/01	98	10,35	1269,29	0,786	
14/dez/01	99	16,35	1285,64	0,797	
15/dez/01	100	14,48	1300,12	0,806	Plantas com 100% das flores abertas
16/dez/01	101	14,40	1314,51	0,814	
17/dez/01	102	19,16	1333,67	0,826	
18/dez/01	103	17,65	1351,33	0,837	
19/dez/01	104	18,10	1369,43	0,848	
20/dez/01	105	15,27	1384,70	0,858	
21/dez/01	106	14,07	1398,77	0,867	
22/dez/01	107	6,63	1405,40	0,871	
23/dez/01	108	17,25	1422,65	0,881	
24/dez/01	109	18,95	1441,60	0,893	
25/dez/01	110	19,17	1460,76	0,905	
26/dez/01	111	20,19	1480,95	0,918	
27/dez/01	112	19,94	1500,89	0,930	
28/dez/01	113	18,02	1518,91	0,941	50% dos aquênios
29/dez/01	114	17,85	1536,76	0,952	maduros
30/dez/01	115	20,17	1556,93	0,965	
31/dez/01	116	16,34	1573,27	0,975	
1/jan/02	117	20,47	1593,74	0,987	
2/jan/02	118	20,29	1614,03	1,000	100% dos aquênios maduros

$${}^1 Dr_{(RG)_j} = RG_j / RG_{pmf}$$

<sup>2</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas; e, as folhas contabilizadas tinham mais de 0,05 m de comprimento.

<sup>3</sup> Posteriormente aos 40 DAT, o produto foi considerado não comercial pelo sabor amargo das folhas - exsudação da lactucina.

<sup>4</sup> A partir do estágio fenológico de primeira flor, inclusive este, todos os estádios correspondem, aproximadamente, à primeira data do período.

<sup>5</sup> Os estádios de primeira flor ao último, inclusive este, correspondem àquele desenvolvimento em 50% das plantas.

Tabela 17. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos ( $GDE_i$ ), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDE)_i = f(\text{graus-dia efetivo})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$GDE_i$	GDE	$Dr(GDE)_i$ <sup>1</sup>	Fenologia
7/set/01	1	10,19	10,19	0,007	3 a 5 folhas <sup>2</sup>
8/set/01	2	8,27	18,46	0,013	
9/set/01	3	7,47	25,93	0,018	
10/set/01	4	9,55	35,48	0,025	
11/set/01	5	8,71	44,19	0,031	
12/set/01	6	9,02	53,21	0,037	
13/set/01	7	2,86	56,07	0,039	
14/set/01	8	8,87	64,94	0,045	
15/set/01	9	8,60	73,54	0,051	
16/set/01	10	4,90	78,44	0,054	
17/set/01	11	8,88	87,33	0,061	
18/set/01	12	9,68	97,00	0,067	
19/set/01	13	9,17	106,17	0,074	
20/set/01	14	12,41	118,58	0,082	
21/set/01	15	10,27	128,85	0,089	6 a 8 folhas
22/set/01	16	12,06	140,92	0,098	
23/set/01	17	11,72	152,64	0,106	
24/set/01	18	10,13	162,77	0,113	
25/set/01	19	10,24	173,01	0,120	
26/set/01	20	7,55	180,56	0,125	
27/set/01	21	9,82	190,37	0,132	
28/set/01	22	9,00	199,37	0,138	
29/set/01	23	8,23	207,61	0,144	9 a 15 folhas
30/set/01	24	6,84	214,45	0,149	
1/out/01	25	11,21	225,66	0,157	
2/out/01	26	11,43	237,09	0,164	
3/out/01	27	7,57	244,66	0,170	
4/out/01	28	9,93	254,59	0,177	
5/out/01	29	11,30	265,89	0,184	
6/out/01	30	10,86	276,75	0,192	
7/out/01	31	6,02	282,77	0,196	
8/out/01	32	14,07	296,84	0,206	
9/out/01	33	10,77	307,60	0,213	16 a 22 folhas
10/out/01	34	12,27	319,88	0,222	
11/out/01	35	12,60	332,48	0,231	
12/out/01	36	13,62	346,09	0,240	
13/out/01	37	9,64	355,73	0,247	
14/out/01	38	13,09	368,82	0,256	
15/out/01	39	9,72	378,54	0,263	
16/out/01	40	10,22	388,76	0,270	

Tabela 17. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos (GDE<sub>j</sub>), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivo})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDE <sub>j</sub>	GDE	Dr(GDE) <sub>j</sub> <sup>1</sup>	Fenologia
17/out/01	41	12,42	401,17	0,278	23 a 30 folhas <sup>3</sup>
18/out/01	42	14,14	415,31	0,288	
19/out/01	43	13,84	429,15	0,298	
20/out/01	44	14,45	443,60	0,308	
21/out/01	45	10,64	454,25	0,315	
22/out/01	46	9,13	463,38	0,321	
23/out/01	47	9,55	472,93	0,328	
24/out/01	48	11,31	484,24	0,336	
25/out/01	49	15,04	499,28	0,346	
26/out/01	50	14,07	513,35	0,356	
27/out/01	51	13,33	526,68	0,365	
28/out/01	52	14,53	541,21	0,375	
29/out/01	53	7,12	548,33	0,380	
30/out/01	54	11,27	559,60	0,388	
31/out/01	55	11,29	570,89	0,396	
1/nov/01	56	12,89	583,79	0,405	Início da alongação do talo <sup>4</sup>
2/nov/01	57	11,10	594,89	0,413	
3/nov/01	58	11,14	606,03	0,420	
4/nov/01	59	12,47	618,49	0,429	
5/nov/01	60	15,40	633,89	0,440	
6/nov/01	61	10,98	644,88	0,447	
7/nov/01	62	11,46	656,33	0,455	
8/nov/01	63	13,59	669,92	0,465	
9/nov/01	64	12,08	682,00	0,473	
10/nov/01	65	8,56	690,56	0,479	
11/nov/01	66	13,41	703,97	0,488	
12/nov/01	67	11,06	715,03	0,496	
13/nov/01	68	14,15	729,18	0,506	
14/nov/01	69	7,90	737,09	0,511	
15/nov/01	70	14,32	751,41	0,521	
16/nov/01	71	12,52	763,93	0,530	
17/nov/01	72	12,08	776,01	0,538	
18/nov/01	73	13,08	789,09	0,547	Primeira flor
19/nov/01	74	14,09	803,18	0,557	
20/nov/01	75	16,77	819,95	0,569	
21/nov/01	76	10,46	830,41	0,576	
22/nov/01	77	16,22	846,63	0,587	
23/nov/01	78	17,85	864,48	0,600	
24/nov/01	79	12,21	876,69	0,608	
25/nov/01	80	8,05	884,74	0,614	
26/nov/01	81	14,45	899,19	0,624	
27/nov/01	82	12,96	912,15	0,633	

Tabela 17. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos (GDE<sub>j</sub>), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [Dr(GDE)<sub>j</sub> = f(graus-dia efetivo)] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 07 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDE <sub>j</sub>	GDE	Dr(GDE) <sub>j</sub> <sup>1</sup>	Fenologia
28/nov/01	83	13,10	925,25	0,642	Primeira flor
29/nov/01	84	12,47	937,72	0,651	
30/nov/01	85	11,51	949,23	0,659	
1/dez/01	86	15,97	965,20	0,670	
2/dez/01	87	14,29	979,49	0,680	
3/dez/01	88	11,78	991,27	0,688	
4/dez/01	89	5,37	996,64	0,691	
5/dez/01	90	12,96	1009,60	0,700	
6/dez/01	91	13,65	1023,25	0,710	
7/dez/01	92	14,81	1038,06	0,720	
8/dez/01	93	10,65	1048,71	0,728	Plantas com 50% das flores abertas <sup>5</sup>
9/dez/01	94	12,34	1061,05	0,736	
10/dez/01	95	14,74	1075,78	0,746	
11/dez/01	96	16,27	1092,06	0,758	
12/dez/01	97	16,58	1108,63	0,769	
13/dez/01	98	14,43	1123,06	0,779	
14/dez/01	99	16,23	1139,29	0,790	
15/dez/01	100	14,73	1154,02	0,801	Plantas com 100% das flores abertas
16/dez/01	101	14,88	1168,90	0,811	
17/dez/01	102	16,03	1184,93	0,822	
18/dez/01	103	15,47	1200,39	0,833	
19/dez/01	104	15,70	1216,10	0,844	
20/dez/01	105	18,40	1234,50	0,856	
21/dez/01	106	17,47	1251,97	0,869	
22/dez/01	107	11,02	1262,99	0,876	
23/dez/01	108	12,78	1275,77	0,885	
24/dez/01	109	13,87	1289,64	0,895	
25/dez/01	110	14,26	1303,90	0,905	
26/dez/01	111	16,17	1320,06	0,916	
27/dez/01	112	17,18	1337,24	0,928	
28/dez/01	113	18,00	1355,24	0,940	50% dos aquênios maduros
29/dez/01	114	17,65	1372,89	0,952	
30/dez/01	115	17,72	1390,62	0,965	
31/dez/01	116	17,95	1408,56	0,977	
1/jan/02	117	16,38	1424,94	0,989	
2/jan/02	118	16,53	1441,47	1,000	100% dos aquênios maduros

$${}^1 Dr_{(GDE)_j} = \left[ \frac{1}{\left\{ \frac{1}{\left( \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{BI}) \right)} \right\} + 0,09 * (1/RFAI_j)} \right] / GDE_{pmf}$$

<sup>2</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas; e, as folhas contabilizadas tinham mais de 0,05 m de comprimento.

<sup>3</sup> Posteriormente aos 40 DAT, o produto foi considerado não comercial pelo sabor amargo das folhas - exsudação da lactucina.

<sup>4</sup> A partir do estágio fenológico de primeira flor, inclusive este, todos os estádios correspondem, aproximadamente, à primeira data do período.

<sup>5</sup> Os estádios de primeira flor ao último, inclusive este, correspondem àquele desenvolvimento em 50% das plantas.

Tabela 18. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEm<sub>j</sub>), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 7 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDEm <sub>j</sub>	GDEm	Dr(GDEm) <sub>j</sub> <sup>1</sup>	Fenologia
7/set/01	1	10,19	10,19	0,010	3 a 5 folhas <sup>2</sup>
8/set/01	2	8,27	18,46	0,018	
9/set/01	3	7,47	25,93	0,025	
10/set/01	4	9,55	35,48	0,035	
11/set/01	5	8,71	44,19	0,043	
12/set/01	6	9,02	53,21	0,052	
13/set/01	7	2,86	56,07	0,055	
14/set/01	8	8,87	64,94	0,064	
15/set/01	9	8,60	73,54	0,072	
16/set/01	10	4,90	78,44	0,077	
17/set/01	11	8,88	87,33	0,086	
18/set/01	12	9,68	97,00	0,095	
19/set/01	13	9,17	106,17	0,104	
20/set/01	14	12,41	118,58	0,117	
21/set/01	15	10,27	128,85	0,127	6 a 8 folhas
22/set/01	16	12,06	140,92	0,139	
23/set/01	17	11,72	152,64	0,150	
24/set/01	18	10,13	162,77	0,160	
25/set/01	19	10,24	173,01	0,170	
26/set/01	20	7,55	180,56	0,178	
27/set/01	21	9,82	190,37	0,187	
28/set/01	22	9,00	199,37	0,196	
29/set/01	23	8,23	207,61	0,204	9 a 15 folhas
30/set/01	24	6,84	214,45	0,211	
1/out/01	25	11,21	225,66	0,222	
2/out/01	26	11,43	237,09	0,233	
3/out/01	27	7,57	244,66	0,241	
4/out/01	28	9,93	254,59	0,250	
5/out/01	29	11,30	265,89	0,261	
6/out/01	30	10,86	276,75	0,272	
7/out/01	31	6,02	282,77	0,278	
8/out/01	32	14,07	296,84	0,292	



Tabela 18. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEm<sub>j</sub>), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 7 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDEm <sub>j</sub>	GDEm	Dr(GDEm) <sub>j</sub> <sup>1</sup>	Fenologia	
9/out/01	33	10,77	307,60	0,302	16 a 22 folhas	
10/out/01	34	12,27	319,88	0,315		
11/out/01	35	12,60	332,48	0,327		
12/out/01	36	13,62	346,09	0,340		
13/out/01	37	9,64	355,73	0,350		
14/out/01	38	13,09	368,82	0,363		
15/out/01	39	9,72	378,54	0,372		
16/out/01	40	10,22	388,76	0,382		
17/out/01	41	12,42	401,17	0,394		23 a 30 folhas <sup>3</sup>
18/out/01	42	14,14	415,31	0,408		
19/out/01	43	13,84	429,15	0,422		
20/out/01	44	14,45	443,60	0,436		
21/out/01	45	10,64	454,25	0,447		
22/out/01	46	9,13	463,38	0,456		
23/out/01	47	9,55	472,93	0,465		
24/out/01	48	11,31	484,24	0,476		
25/out/01	49	15,04	499,28	0,491		
26/out/01	50	14,07	513,35	0,505		
27/out/01	51	13,33	526,68	0,518	Início da alongação do talo <sup>4</sup>	
28/out/01	52	14,53	541,21	0,532		
29/out/01	53	7,12	548,33	0,539		
30/out/01	54	11,27	559,60	0,550		
31/out/01	55	11,29	570,89	0,561		
1/nov/01	56	12,89	583,79	0,574		
2/nov/01	57	11,10	594,89	0,585		
3/nov/01	58	11,14	606,03	0,596		
4/nov/01	59	12,47	618,49	0,608		
5/nov/01	60	15,40	633,89	0,623		
6/nov/01	61	10,98	644,88	0,634		
7/nov/01	62	11,46	656,33	0,645		
8/nov/01	63	13,59	669,92	0,659		
9/nov/01	64	12,08	682,00	0,671		
10/nov/01	65	8,56	690,56	0,679	Primeira flor	
11/nov/01	66	13,41	703,97	0,692		
12/nov/01	67	11,06	715,03	0,703		
13/nov/01	68	14,15	729,18	0,717		
14/nov/01	69	7,90	737,09	0,725		
15/nov/01	70	14,32	751,41	0,739		
16/nov/01	71	12,52	763,93	0,751		
17/nov/01	72	12,08	776,01	0,763		
18/nov/01	73	6,03	782,04	0,769		
19/nov/01	74	5,76	787,81	0,775		

Tabela 18. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEm<sub>j</sub>), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos modificado})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 7 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDEm <sub>j</sub>	GDEm	Dr(GDEm) <sub>j</sub>	Fenologia
20/nov/01	75	6,30	794,11	0,781	Primeira flor
21/nov/01	76	2,24	796,35	0,783	
22/nov/01	77	6,40	802,76	0,789	
23/nov/01	78	6,37	809,13	0,796	
24/nov/01	79	3,42	812,55	0,799	
25/nov/01	80	1,90	814,45	0,801	
26/nov/01	81	5,58	820,03	0,806	
27/nov/01	82	3,20	823,23	0,809	
28/nov/01	83	5,43	828,65	0,815	
29/nov/01	84	5,49	834,14	0,820	
30/nov/01	85	3,56	837,70	0,824	
1/dez/01	86	5,82	843,52	0,829	
2/dez/01	87	5,82	849,34	0,835	
3/dez/01	88	3,46	852,80	0,839	
4/dez/01	89	0,97	853,77	0,839	
5/dez/01	90	3,97	857,73	0,843	
6/dez/01	91	4,71	862,44	0,848	
7/dez/01	92	6,16	868,61	0,854	
8/dez/01	93	3,82	872,43	0,858	Plantas com 50% das flores abertas <sup>5</sup>
9/dez/01	94	5,55	877,98	0,863	
10/dez/01	95	5,79	883,77	0,869	
11/dez/01	96	5,65	889,42	0,875	
12/dez/01	97	5,68	895,10	0,880	
13/dez/01	98	4,08	899,17	0,884	
14/dez/01	99	5,78	904,95	0,890	
15/dez/01	100	5,16	910,11	0,895	Plantas com 100% das flores abertas
16/dez/01	101	5,16	915,27	0,900	
17/dez/01	102	6,35	921,62	0,906	
18/dez/01	103	5,96	927,58	0,912	
19/dez/01	104	6,09	933,67	0,918	
20/dez/01	105	5,76	939,42	0,924	
21/dez/01	106	5,35	944,78	0,929	
22/dez/01	107	2,74	947,51	0,932	
23/dez/01	108	5,44	952,95	0,937	
24/dez/01	109	5,94	958,89	0,943	
25/dez/01	110	6,05	964,95	0,949	
26/dez/01	111	6,57	971,52	0,955	
27/dez/01	112	6,68	978,20	0,962	

Tabela 18. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEm<sub>j</sub>), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [Dr(GDEm, g=0,91)<sub>j</sub> = f(graus-dia efetivos modificado)] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 7 de Setembro de 2001 a 02 de Janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

28/dez/01	113	6,38	984,59	0,968	50% dos
29/dez/01	114	6,30	990,89	0,974	aquênios
30/dez/01	115	6,81	997,70	0,981	maduros
31/dez/01	116	5,98	1003,68	0,987	
1/jan/02	117	6,66	1010,34	0,993	
2/jan/02	118	6,65	1017,00	1,000	100% dos aquênios maduros

<sup>1</sup> Do primeiro estágio até o início da elongação do talo, inclusive este, (fase vegetativa):

$$Dr_{(GDEm_{g=0,91})_j} = \left[ 1 / \left\{ 1 / \left( \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{BI}) \right) + 0,91 * (1 / RFAI_i) \right\} \right] / GDEm_{pmf}$$

Do estágio fenológico de primeira flor até o último, inclusive este, (fase reprodutiva):

$$Dr_{(GDEm)_j} = \left[ 1 / \left\{ 1 / \left( \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{BI}) \right) + 0,09 * (1 / RFAI_i) \right\} \right] / GDEm_{pmf}$$

<sup>2</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas; e, as folhas contabilizadas tinham mais de 0,05 m de comprimento.

<sup>3</sup> Posteriormente aos 45 DAT, o produto foi considerado não comercial pelo sabor amargo das folhas - exsudação da lactucina.

<sup>4</sup> A partir do estágio fenológico de primeira flor, inclusive este, todos os estágios correspondem, aproximadamente, à primeira data do período.

<sup>5</sup> Os estágios de primeira flor ao último, inclusive este, correspondem àquele desenvolvimento em 50% das plantas.

Tabela 19. Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar (T<sub>j</sub>, °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C (T<sub>j</sub> - T<sub>BI</sub>, em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo [Dr(GD)<sub>j</sub> = f(graus-dia)] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	T <sub>j</sub>	T <sub>j</sub> - T <sub>BI</sub>	GD	Dr(GD) <sub>j</sub> <sup>1</sup>	Fenologia
26/04/02	1	19,50	9,50	9,50	0,007	2 a 5folhas <sup>2</sup>
27/04/02	2	18,00	8,00	17,50	0,014	
28/04/02	3	17,75	7,75	25,25	0,020	
29/04/02	4	18,00	8,00	33,25	0,026	
30/04/02	5	21,50	11,50	44,75	0,035	
1/05/02	6	23,75	13,75	58,50	0,046	
2/05/02	7	22,00	12,00	70,50	0,055	
3/05/02	8	21,25	11,25	81,75	0,064	

Tabela 19. Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_j$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_j - T_{BI}$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo [ $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$T_j$	$T_j - T_{BI}$	GD	$Dr(GD)_j$	Fenologia
4/05/02	9	20,50	10,50	92,25	0,072	2 a 5folhas <sup>2</sup>
5/05/02	10	17,00	7,00	99,25	0,077	
6/05/02	11	19,50	9,50	108,75	0,085	
7/05/02	12	21,00	11,00	119,75	0,093	
8/05/02	13	21,25	11,25	131,00	0,102	
9/05/02	14	20,00	10,00	141,00	0,110	
10/05/02	15	16,00	6,00	147,00	0,115	6 a 8 folhas
11/05/02	16	21,50	11,50	158,50	0,124	
12/05/02	17	25,75	15,75	174,25	0,136	
13/05/02	18	26,50	16,50	190,75	0,149	
14/05/02	19	27,00	17,00	207,75	0,162	
15/05/02	20	26,50	16,50	224,25	0,175	
16/05/02	21	23,75	13,75	238,00	0,186	9 a 15 folhas
17/05/02	22	21,50	11,50	249,50	0,195	
18/05/02	23	18,00	8,00	257,50	0,201	
19/05/02	24	21,50	11,50	269,00	0,210	
20/05/02	25	19,00	9,00	278,00	0,217	
21/05/02	26	16,00	6,00	284,00	0,222	
22/05/02	27	18,00	8,00	292,00	0,228	
23/05/02	28	16,00	6,00	298,00	0,232	
24/05/02	29	21,75	11,75	309,75	0,242	
25/05/02	30	19,50	9,50	319,25	0,249	
26/05/02	31	20,25	10,25	329,50	0,257	
27/05/02	32	20,00	10,00	339,50	0,265	
28/05/02	33	23,00	13,00	352,50	0,275	16 a 22 folhas
29/05/02	34	22,50	12,50	365,00	0,285	
30/05/02	35	18,50	8,50	373,50	0,291	
31/05/02	36	18,50	8,50	382,00	0,298	
1/06/02	37	16,00	6,00	388,00	0,303	
2/06/02	38	18,00	8,00	396,00	0,309	
3/06/02	39	17,00	7,00	403,00	0,314	
4/06/02	40	23,00	13,00	416,00	0,325	
5/06/02	41	25,50	15,50	431,50	0,337	
6/06/02	42	27,50	17,50	449,00	0,350	
7/06/02	43	17,00	7,00	456,00	0,356	
8/06/02	44	14,00	4,00	460,00	0,359	
9/06/02	45	16,00	6,00	466,00	0,364	
10/06/02	46	16,50	6,50	472,50	0,369	
11/06/02	47	12,00	2,00	474,50	0,370	
12/06/02	48	15,50	5,50	480,00	0,374	
13/06/02	49	12,75	2,75	482,75	0,377	
14/06/02	50	13,75	3,75	486,50	0,380	

Tabela 19. Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_j$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_j - T_{BI}$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo [ $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$T_j$	$T_j - T_{BI}$	GD	$Dr(GD)_j$ <sup>1</sup>	Fenologia
15/06/02	51	14,00	4,00	490,50	0,383	16 a 22 folhas
16/06/02	52	16,75	6,75	497,25	0,388	
17/06/02	53	14,50	4,50	501,75	0,391	23 a 30
18/06/02	54	15,75	5,75	507,50	0,396	folhas <sup>3</sup>
19/06/02	55	16,00	6,00	513,50	0,401	
20/06/02	56	16,50	6,50	520,00	0,406	
21/06/02	57	11,25	1,25	521,25	0,407	
22/06/02	58	12,00	2,00	523,25	0,408	
23/06/02	59	11,00	1,00	524,25	0,409	
24/06/02	60	12,50	2,50	526,75	0,411	
25/06/02	61	11,50	1,50	528,25	0,412	
26/06/02	62	12,25	2,25	530,50	0,414	
27/06/02	63	16,50	6,50	537,00	0,419	
28/06/02	64	22,25	12,25	549,25	0,429	
29/06/02	65	26,75	16,75	566,00	0,442	
30/06/02	66	16,00	6,00	572,00	0,446	
1/07/02	67	14,00	4,00	576,00	0,449	Início da
2/07/02	68	19,00	9,00	585,00	0,456	elongação do
3/07/02	69	22,50	12,50	597,50	0,466	talo <sup>4</sup>
4/07/02	70	24,50	14,50	612,00	0,477	
5/07/02	71	22,50	12,50	624,50	0,487	
6/07/02	72	16,75	6,75	631,25	0,492	
7/07/02	73	11,75	1,75	633,00	0,494	
8/07/02	74	14,00	4,00	637,00	0,497	
9/07/02	75	14,00	4,00	641,00	0,500	
10/07/02	76	10,50	0,50	641,50	0,500	
11/07/02	77	10,50	0,50	642,00	0,501	
12/07/02	78	13,75	3,75	645,75	0,504	
13/07/02	79	16,00	6,00	651,75	0,508	
14/07/02	80	17,50	7,50	659,25	0,514	
15/07/02	81	18,00	8,00	667,25	0,521	
16/07/02	82	18,50	8,50	675,75	0,527	
17/07/02	83	16,50	6,50	682,25	0,532	
18/07/02	84	18,25	8,25	690,50	0,539	
19/07/02	85	20,75	10,75	701,25	0,547	
20/07/02	86	18,50	8,50	709,75	0,554	
21/07/02	87	16,50	6,50	716,25	0,559	
22/07/02	88	17,50	7,50	723,75	0,565	
23/07/02	89	20,00	10,00	733,75	0,572	
24/07/02	90	24,75	14,75	748,50	0,584	
25/07/02	91	16,75	6,75	755,25	0,589	

Tabela 19. Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_i$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_i - T_{BI}$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo [ $Dr(GD)_i = f(\text{graus-dia})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$T_i$	$T_i - T_{BI}$	GD	$Dr(GD)_i^1$	Fenologia
26/07/02	92	10,75	0,75	756,00	0,590	Início da alongação do talo <sup>4</sup>
27/07/02	93	17,75	7,75	763,75	0,596	
28/07/02	94	16,50	6,50	770,25	0,601	
29/07/02	95	15,50	5,50	775,75	0,605	
30/07/02	96	11,00	1,00	776,75	0,606	
31/07/02	97	16,25	6,25	783,00	0,611	
1/08/02	98	10,25	0,25	783,25	0,611	Primeira flor
2/08/02	99	8,50	0,00	783,25	0,611	
3/08/02	100	17,50	7,50	790,75	0,617	
4/08/02	101	18,50	8,50	799,25	0,624	
5/08/02	102	18,50	8,50	807,75	0,630	
6/08/02	103	13,50	3,50	811,25	0,633	
7/08/02	104	19,75	9,75	821,00	0,641	
8/08/02	105	17,00	7,00	828,00	0,646	
9/08/02	106	19,50	9,50	837,50	0,653	
10/08/02	107	17,50	7,50	845,00	0,659	
11/08/02	108	18,75	8,75	853,75	0,666	
12/08/02	109	21,75	11,75	865,50	0,675	
13/08/02	110	16,50	6,50	872,00	0,680	
14/08/02	111	17,75	7,75	879,75	0,686	
15/08/02	112	15,75	5,75	885,50	0,691	
16/08/02	113	18,75	8,75	894,25	0,698	
17/08/02	114	24,75	14,75	909,00	0,709	
18/08/02	115	26,00	16,00	925,00	0,722	
19/08/02	116	25,25	15,25	940,25	0,734	
20/08/02	117	18,25	8,25	948,50	0,740	
21/08/02	118	18,75	8,75	957,25	0,747	
22/08/02	119	21,25	11,25	968,50	0,756	
23/08/02	120	16,25	6,25	974,75	0,760	
24/08/02	121	22,00	12,00	986,75	0,770	
25/08/02	122	31,50	21,50	1008,25	0,787	
26/08/02	123	29,00	19,00	1027,25	0,801	
27/08/02	124	26,75	16,75	1044,00	0,815	
28/08/02	125	23,50	13,50	1057,50	0,825	
29/08/02	126	20,25	10,25	1067,75	0,833	Plantas com 50% das flores abertas <sup>5</sup>
30/08/02	127	17,75	7,75	1075,50	0,839	
31/08/02	128	17,75	7,75	1083,25	0,845	
1/09/02	129	13,25	3,25	1086,50	0,848	
2/09/02	130	15,50	5,50	1092,00	0,852	
3/09/02	131	18,25	8,25	1100,25	0,858	
4/09/02	132	25,75	15,75	1116,00	0,871	

Tabela 19. Dias após o transplante (DAT), temperatura média diária do ar ( $T_j$ , °C), temperatura média diária do ar menos temperatura base de 10°C ( $T_j - T_{BI}$ , em °C), soma calórica acumulada (GD, °C.dia), desenvolvimento relativo [ $Dr(GD)_j = f(\text{graus-dia})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$T_j$	$T_j - T_{BI}$	GD	$Dr(GD)_j$ <sup>1</sup>	Fenologia	
5/09/02	133	13,00	3,00	1119,00	0,873	Plantas com 100% das flores abertas	
6/09/02	134	13,25	3,25	1122,25	0,876		
7/09/02	135	16,50	6,50	1128,75	0,881		
8/09/02	136	17,50	7,50	1136,25	0,886		
9/09/02	137	19,50	9,50	1145,75	0,894		
10/09/02	138	22,25	12,25	1158,00	0,903		
11/09/02	139	19,75	9,75	1167,75	0,911		
12/09/02	140	17,00	7,00	1174,75	0,917		
13/09/02	141	17,50	7,50	1182,25	0,922		50% dos aquênios maduros
14/09/02	142	18,00	8,00	1190,25	0,929		
15/09/02	143	17,50	7,50	1197,75	0,934		
16/09/02	144	21,50	11,50	1209,25	0,943		
17/09/02	145	17,00	7,00	1216,25	0,949		
18/09/02	146	18,25	8,25	1224,50	0,955		
19/09/02	147	21,50	11,50	1236,00	0,964		
20/09/02	148	16,50	6,50	1242,50	0,969		
21/09/02	149	15,25	5,25	1247,75	0,973		
22/09/02	150	17,50	7,50	1255,25	0,979		
23/09/02	151	19,25	9,25	1264,50	0,987		
24/09/02	152	17,75	7,75	1272,25	0,993		
25/09/02	153	19,50	9,50	1281,75	1,000	100% dos aquênios maduros	

$$^1 Dr_{(GD)_j} = \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{BI}) / GD_{pmf}$$

<sup>2</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas; e, as folhas contabilizadas tinham mais de 0,05 m de comprimento.

<sup>3</sup> Posteriormente aos 52 DAT, o produto folha foi considerado não comercial pelo seu sabor amargo - exsudação da lactucina.

<sup>4</sup> A partir do estágio fenológico de priméria flor, inclusive este, todos os estádios correspondem, aproximadamente, à primeira data do período.

<sup>5</sup> Os estádios de primeira flor ao último, inclusive este, correspondem àquele desenvolvimento em 50% das plantas.

Tabela 20. Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa ( $RG_j$ ,  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ), radiação global total acumulada (RG,  $MJ.m^{-2}$ ), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$RG_j$	RG	$Dr(RG)_j$ <sup>1</sup>	Fenologia
26/04/02	1	1,92	1,92	0,002	2 a 5 folhas <sup>2</sup>
27/04/02	2	10,85	12,77	0,015	
28/04/02	3	8,48	21,25	0,026	
29/04/02	4	1,00	22,25	0,027	
30/04/02	5	3,33	25,58	0,031	
1/05/02	6	5,10	30,68	0,037	
2/05/02	7	5,00	35,68	0,043	
3/05/02	8	8,00	43,68	0,053	
4/05/02	9	8,00	51,68	0,063	
5/05/02	10	1,00	52,68	0,064	
6/05/02	11	3,33	56,01	0,068	
7/05/02	12	5,38	61,38	0,074	
8/05/02	13	3,07	64,46	0,078	
9/05/02	14	7,57	72,03	0,087	
10/05/02	15	7,16	79,19	0,096	6 a 8 folhas
11/05/02	16	6,04	85,23	0,103	
12/05/02	17	6,78	92,01	0,112	
13/05/02	18	5,36	97,37	0,118	
14/05/02	19	4,25	101,62	0,123	
15/05/02	20	1,34	102,96	0,125	
16/05/02	21	8,00	110,96	0,135	9 a 15 folhas
17/05/02	22	1,04	112,00	0,136	
18/05/02	23	2,80	114,80	0,139	
19/05/02	24	2,80	117,60	0,143	
20/05/02	25	1,45	119,05	0,144	
21/05/02	26	4,87	123,92	0,150	
22/05/02	27	6,09	130,01	0,158	
23/05/02	28	6,11	136,11	0,165	
24/05/02	29	5,21	141,32	0,171	
25/05/02	30	4,01	145,33	0,176	
26/05/02	31	6,83	152,15	0,185	
27/05/02	32	3,29	155,44	0,189	



Tabela 20. Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa ( $RG_j$ ,  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ), radiação global total acumulada (RG,  $MJ.m^{-2}$ ), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$RG_j$	RG	$Dr(RG)_j$ <sup>1</sup>	Fenologia
28/05/02	33	3,04	158,48	0,192	16 a 22 folhas
29/05/02	34	1,00	159,49	0,194	
30/05/02	35	2,23	161,72	0,196	
31/05/02	36	1,47	163,18	0,198	
1/06/02	37	3,83	167,01	0,203	
2/06/02	38	1,64	168,65	0,205	
3/06/02	39	5,16	173,81	0,211	
4/06/02	40	5,65	179,46	0,218	
5/06/02	41	4,91	184,37	0,224	
6/06/02	42	1,91	186,28	0,226	
7/06/02	43	0,91	187,19	0,227	
8/06/02	44	1,26	188,45	0,229	
9/06/02	45	1,15	189,60	0,230	
10/06/02	46	6,58	196,18	0,238	
11/06/02	47	2,03	198,21	0,241	
12/06/02	48	5,81	204,02	0,248	
13/06/02	49	4,74	208,76	0,253	
14/06/02	50	4,80	213,56	0,259	
15/06/02	51	6,12	219,68	0,267	
16/06/02	52	2,69	222,36	0,270	
17/06/02	53	0,87	223,23	0,271	
18/06/02	54	3,92	227,15	0,276	
19/06/02	55	5,77	232,92	0,283	
20/06/02	56	5,13	238,05	0,289	
21/06/02	57	2,05	240,11	0,291	
22/06/02	58	3,67	243,78	0,296	
23/06/02	59	5,08	248,85	0,302	
24/06/02	60	6,44	255,29	0,310	
25/06/02	61	6,38	261,67	0,318	
26/06/02	62	5,54	267,21	0,324	
27/06/02	63	5,51	272,72	0,331	
28/06/02	64	6,30	279,02	0,339	
29/06/02	65	6,57	285,59	0,347	
30/06/02	66	6,75	292,34	0,355	

Tabela 20. Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa ( $RG_j$ ,  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ), radiação global total acumulada (RG,  $MJ.m^{-2}$ ), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$RG_j$	RG	$Dr(RG)_j$	Fenologia
1/07/02	67	6,95	299,29	0,363	Início da alongação do talo <sup>4</sup>
2/07/02	68	4,08	303,37	0,368	
3/07/02	69	4,39	307,76	0,373	
4/07/02	70	5,44	313,21	0,380	
5/07/02	71	3,82	317,03	0,385	
6/07/02	72	0,75	317,78	0,386	
7/07/02	73	1,99	319,77	0,388	
8/07/02	74	3,81	323,58	0,393	
9/07/02	75	3,28	326,87	0,397	
10/07/02	76	1,58	328,44	0,399	
11/07/02	77	3,17	331,62	0,402	
12/07/02	78	5,62	337,24	0,409	
13/07/02	79	6,35	343,58	0,417	
14/07/02	80	6,33	349,91	0,425	
15/07/02	81	6,63	356,54	0,433	
16/07/02	82	5,78	362,32	0,440	
17/07/02	83	6,32	368,64	0,447	
18/07/02	84	6,86	375,50	0,456	
19/07/02	85	6,35	381,85	0,463	
20/07/02	86	4,23	386,08	0,468	
21/07/02	87	0,96	387,05	0,470	
22/07/02	88	1,79	388,84	0,472	
23/07/02	89	5,36	394,20	0,478	
24/07/02	90	4,13	398,33	0,483	
25/07/02	91	2,79	401,11	0,487	
26/07/02	92	1,19	402,30	0,488	
27/07/02	93	6,54	408,85	0,496	
28/07/02	94	7,28	416,13	0,505	
29/07/02	95	7,13	423,26	0,514	
30/07/02	96	1,00	424,26	0,515	
31/07/02	97	1,00	425,26	0,516	
1/08/02	98	2,46	427,73	0,519	
2/08/02	99	1,67	429,39	0,521	
3/08/02	100	5,40	434,79	0,528	
4/08/02	101	5,70	440,49	0,534	
5/08/02	102	6,86	447,35	0,543	

Tabela 20. Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa ( $RG_j$ ,  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ), radiação global total acumulada (RG,  $MJ.m^{-2}$ ), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$RG_j$	RG	$Dr(RG)_j$	Fenologia
6/08/02	103	2,09	449,44	0,545	Primeira flor
7/08/02	104	5,28	454,72	0,552	
8/08/02	105	0,23	454,96	0,552	
9/08/02	106	5,56	460,51	0,559	
10/08/02	107	9,28	469,79	0,570	
11/08/02	108	8,89	478,69	0,581	
12/08/02	109	8,49	487,18	0,591	
13/08/02	110	1,00	488,18	0,592	
14/08/02	111	8,25	496,43	0,602	
15/08/02	112	7,84	504,27	0,612	
16/08/02	113	5,11	509,38	0,618	
17/08/02	114	8,53	517,91	0,628	
18/08/02	115	8,57	526,48	0,639	
19/08/02	116	2,18	528,66	0,641	
20/08/02	117	1,13	529,79	0,643	
21/08/02	118	3,14	532,92	0,647	
22/08/02	119	3,05	535,98	0,650	
23/08/02	120	0,84	536,81	0,651	
24/08/02	121	6,69	543,51	0,659	
25/08/02	122	9,95	553,46	0,672	
26/08/02	123	9,07	562,53	0,683	
27/08/02	124	10,82	573,35	0,696	
28/08/02	125	10,21	583,55	0,708	
29/08/02	126	2,32	585,88	0,711	
30/08/02	127	11,74	597,62	0,725	Plantas com 50% das flores abertas <sup>5</sup>
31/08/02	128	10,56	608,18	0,738	
1/09/02	129	5,18	613,36	0,744	
2/09/02	130	10,05	623,41	0,756	
3/09/02	131	8,49	631,90	0,767	
4/09/02	132	6,76	638,66	0,775	
5/09/02	133	9,92	648,58	0,787	Plantas com 100% das flores abertas
6/09/02	134	1,16	649,74	0,788	
7/09/02	135	10,88	660,62	0,802	
8/09/02	136	12,19	672,81	0,816	
9/09/02	137	12,21	685,02	0,831	
10/09/02	138	8,61	693,63	0,842	
11/09/02	139	1,91	695,54	0,844	
12/09/02	140	3,24	698,78	0,848	

Tabela 20. Dias após o transplante (DAT), radiação global total incidente no interior da estufa ( $RG_j$ ,  $MJ.m^{-2}.d^{-1}$ ), radiação global total acumulada (RG,  $MJ.m^{-2}$ ), desenvolvimento relativo [ $Dr(RG)_j = f(\text{radiação global incidente})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$RG_j$	RG	$Dr(RG)_j$	Fenologia
13/09/02	141	12,90	711,68	0,864	50% dos
14/09/02	142	12,29	723,97	0,878	aquiênios
15/09/02	143	11,55	735,52	0,892	maduros
16/09/02	144	4,60	740,13	0,898	
17/09/02	145	0,30	740,43	0,898	
18/09/02	146	1,02	741,45	0,900	
19/09/02	147	4,65	746,10	0,905	
20/09/02	148	11,38	757,48	0,919	
21/09/02	149	9,09	766,57	0,930	
22/09/02	150	13,54	780,12	0,947	
23/09/02	151	14,58	794,69	0,964	
24/09/02	152	15,05	809,74	0,983	
25/09/02	153	14,39	824,13	1,000	100% dos aquiênios maduros

$${}^1 Dr_{(RG)_j} = RG_j / RG_{pmf}$$

<sup>2</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas; e, as folhas contabilizadas tinham mais de 0,05 m de comprimento.

<sup>3</sup> Posteriormente aos 45 DAT, o produto foi considerado não comercial pelo sabor amargo das folhas - exsudação da lactucina.

<sup>4</sup> A partir do estágio fenológico de primeira flor, inclusive este, todos os estágios correspondem, aproximadamente, à primeira data do período.

<sup>5</sup> Os estágios de primeira flor ao último, inclusive este, correspondem àquele desenvolvimento em 50% das plantas.

Tabela 21. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos ( $GDE_j$ ), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$GDE_j$	GDE	$Dr(GDE)_j$ <sup>1</sup>	Fenologia
26/04/02	1	4,77	4,77	0,005	2 a 5 folhas <sup>2</sup>
27/04/02	2	6,97	11,74	0,013	
28/04/02	3	6,55	18,30	0,021	
29/04/02	4	3,08	21,37	0,025	
30/04/02	5	6,80	28,18	0,032	
1/05/02	6	8,93	37,11	0,043	
2/05/02	7	8,11	45,22	0,052	

Tabela 21. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos ( $GDE_j$ ), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	$GDE_j$	GDE	$Dr(GDE)_j$ <sup>1</sup>	Fenologia
3/05/02	8	8,78	54,00	0,062	2 a 5 folhas <sup>2</sup>
4/05/02	9	8,32	62,31	0,071	
5/05/02	10	2,92	65,23	0,075	
6/05/02	11	6,05	71,28	0,082	
7/05/02	12	7,81	79,09	0,091	
8/05/02	13	6,49	85,58	0,098	6 a 8 folhas
9/05/02	14	7,91	93,49	0,107	
10/05/02	15	5,14	98,63	0,113	
11/05/02	16	8,33	106,96	0,123	
12/05/02	17	10,75	117,71	0,135	
13/05/02	18	10,22	127,92	0,147	9 a 15 folhas
14/05/02	19	9,44	137,37	0,158	
15/05/02	20	4,77	142,14	0,163	
16/05/02	21	10,23	152,37	0,175	
17/05/02	22	3,58	155,95	0,179	
18/05/02	23	5,09	161,03	0,185	16 a 22 folhas
19/05/02	24	6,31	167,34	0,192	
20/05/02	25	4,02	171,37	0,197	
21/05/02	26	4,81	176,18	0,202	
22/05/02	27	6,33	182,51	0,209	
23/05/02	28	5,01	187,53	0,215	16 a 22 folhas
24/05/02	29	8,10	195,63	0,224	
25/05/02	30	6,44	202,07	0,232	
26/05/02	31	7,88	209,95	0,241	
27/05/02	32	6,22	216,17	0,248	
28/05/02	33	7,01	223,18	0,256	16 a 22 folhas
29/05/02	34	3,58	226,76	0,260	
30/05/02	35	4,83	231,58	0,266	
31/05/02	36	3,94	235,52	0,270	
1/06/02	37	4,57	240,09	0,275	
2/06/02	38	4,05	244,13	0,280	16 a 22 folhas
3/06/02	39	5,51	249,64	0,286	
4/06/02	40	8,90	258,54	0,297	
5/06/02	41	9,50	268,05	0,307	
6/06/02	42	6,17	274,22	0,315	
7/06/02	43	2,75	276,97	0,318	

Tabela 21. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos (GDE<sub>j</sub>), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDE <sub>j</sub>	GDE	Dr(GDE) <sub>j</sub>	Fenologia
8/06/02	44	2,45	279,42	0,321	16 a 22 folhas
9/06/02	45	2,94	282,36	0,324	
10/06/02	46	5,43	287,79	0,330	
11/06/02	47	1,67	289,46	0,332	
12/06/02	48	4,62	294,08	0,337	
13/06/02	49	2,46	296,55	0,340	
14/06/02	50	3,24	299,79	0,344	
15/06/02	51	3,54	303,33	0,348	
16/06/02	52	4,49	307,82	0,353	
17/06/02	53	2,21	310,03	0,356	
18/06/02	54	4,45	314,48	0,361	
19/06/02	55	4,97	319,44	0,366	
20/06/02	56	5,19	324,63	0,372	
21/06/02	57	1,11	325,74	0,374	
22/06/02	58	1,80	327,55	0,376	
23/06/02	59	0,96	328,51	0,377	
24/06/02	60	2,32	330,83	0,379	
25/06/02	61	1,43	332,26	0,381	
26/06/02	62	2,08	334,34	0,384	
27/06/02	63	5,26	339,60	0,390	
28/06/02	64	8,82	348,42	0,400	
29/06/02	65	11,09	359,52	0,412	
30/06/02	66	5,09	364,61	0,418	
1/07/02	67	3,59	368,20	0,422	Início da alongação do talo <sup>4</sup>
2/07/02	68	6,25	374,44	0,430	
3/07/02	69	7,96	382,41	0,439	
4/07/02	70	9,46	391,87	0,450	
5/07/02	71	7,56	399,42	0,458	
6/07/02	72	2,42	401,84	0,461	
7/07/02	73	1,49	403,33	0,463	
8/07/02	74	3,31	406,63	0,466	
9/07/02	75	3,22	409,85	0,470	
10/07/02	76	0,47	410,32	0,471	
11/07/02	77	0,48	410,81	0,471	
12/07/02	78	3,31	414,11	0,475	
13/07/02	79	5,05	419,16	0,481	
14/07/02	80	6,06	425,22	0,488	
15/07/02	81	6,45	431,67	0,495	
16/07/02	82	6,57	438,24	0,503	
17/07/02	83	5,39	443,63	0,509	
18/07/02	84	6,65	450,28	0,517	
19/07/02	85	8,03	458,31	0,526	

Tabela 21. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos (GDE<sub>j</sub>), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDE)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDE <sub>j</sub>	GDE	Dr(GDE) <sub>j</sub>	Fenologia
20/07/02	86	6,06	464,37	0,533	Início da alongação do talo <sup>4</sup>
21/07/02	87	2,77	467,14	0,536	
22/07/02	88	4,08	471,22	0,541	
23/07/02	89	7,28	478,51	0,549	
24/07/02	90	8,60	487,11	0,559	
25/07/02	91	4,55	491,65	0,564	
26/07/02	92	0,67	492,32	0,565	
27/07/02	93	6,27	498,58	0,572	
28/07/02	94	5,52	504,10	0,578	
29/07/02	95	4,76	508,87	0,584	
30/07/02	96	0,83	509,70	0,585	Primeira flor
31/07/02	97	2,78	512,48	0,588	
1/08/02	98	0,25	512,72	0,588	
2/08/02	99	0,00	512,72	0,588	
3/08/02	100	5,87	518,59	0,595	
4/08/02	101	6,55	525,14	0,602	
5/08/02	102	6,81	531,95	0,610	
6/08/02	103	2,62	534,57	0,613	
7/08/02	104	7,12	541,69	0,621	
8/08/02	105	1,00	542,70	0,623	
9/08/02	106	7,08	549,78	0,631	
10/08/02	107	6,46	556,23	0,638	
11/08/02	108	7,31	563,54	0,646	
12/08/02	109	9,20	572,75	0,657	
13/08/02	110	2,83	575,57	0,660	
14/08/02	111	6,52	582,10	0,668	
15/08/02	112	5,01	587,11	0,673	
16/08/02	113	6,52	593,63	0,681	
17/08/02	114	10,96	604,59	0,694	
18/08/02	115	11,65	616,24	0,707	
19/08/02	116	6,35	622,59	0,714	
20/08/02	117	3,36	625,95	0,718	
21/08/02	118	5,62	631,56	0,724	
22/08/02	119	6,48	638,04	0,732	
23/08/02	120	2,51	640,55	0,735	
24/08/02	121	8,83	649,38	0,745	
25/08/02	122	15,01	664,39	0,762	
26/08/02	123	13,39	677,79	0,777	
27/08/02	124	12,79	690,58	0,792	
28/08/02	125	10,68	701,25	0,804	

Tabela 21. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos (GDE<sub>j</sub>), graus-dia efetivos acumulados (GDE), desenvolvimento relativo [Dr(GDE)<sub>j</sub> = f(graus-dia efetivos)] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDE <sub>j</sub>	GDE	Dr(GDE) <sub>j</sub>	Fenologia
29/08/02	126	5,45	706,70	0,811	Plantas com
30/08/02	127	6,85	713,54	0,818	50% das flores
31/08/02	128	6,76	720,30	0,826	abertas <sup>5</sup>
1/09/02	129	2,89	723,19	0,830	
2/09/02	130	4,96	728,15	0,835	
3/09/02	131	6,91	735,05	0,843	
4/09/02	132	10,74	745,80	0,855	
5/09/02	133	2,83	748,63	0,859	Plantas com
6/09/02	134	2,08	750,71	0,861	100% das flores
7/09/02	135	5,81	756,51	0,868	abertas
8/09/02	136	6,68	763,19	0,875	
9/09/02	137	8,22	771,41	0,885	
10/09/02	138	9,54	780,95	0,896	
11/09/02	139	4,83	785,78	0,901	
12/09/02	140	4,89	790,66	0,907	
13/09/02	141	6,72	797,38	0,915	50% dos
14/09/02	142	7,08	804,46	0,923	aquíênios
15/09/02	143	6,64	811,10	0,930	maduros
16/09/02	144	7,67	818,77	0,939	
17/09/02	145	1,24	820,01	0,941	
18/09/02	146	3,16	823,17	0,944	
19/09/02	147	7,69	830,86	0,953	
20/09/02	148	5,83	836,69	0,960	
21/09/02	149	4,71	841,40	0,965	
22/09/02	150	6,75	848,15	0,973	
23/09/02	151	8,21	856,36	0,982	
24/09/02	152	7,03	863,39	0,990	
25/09/02	153	8,39	871,78 <sub>f</sub>	1,000	100% dos
					aquíênios
					maduros

$${}^1 Dr_{(GDE)_j} = \left[ 1 / \left\{ \left[ 1 / \left( \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{Bl}) \right) \right] + 0,09 * (1 / RFAI_i) \right\} \right] / GDE_{pmf}$$

<sup>2</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas; e, as folhas contabilizadas tinham mais de 0,05 m de comprimento.

<sup>3</sup> Posteriormente aos 45 DAT, o produto foi considerado não comercial pelo sabor amargo das folhas - exsudação da lactucina.

<sup>4</sup> A partir do estágio fenológico de primeira flor, inclusive este, todos os estádios correspondem, aproximadamente, à primeira data do período.

<sup>5</sup> Os estádios de primeira flor ao último, inclusive este, correspondem àquele desenvolvimento em 50% das plantas.



Tabela 22. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEm<sub>j</sub>), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDEm <sub>j</sub>	GDEm	Dr(GDEm) <sub>j</sub> <sup>1</sup>	Fenologia
26/04/02	1	4,77	4,77	0,007	2 a 5 folhas <sup>2</sup>
27/04/02	2	6,97	11,74	0,018	
28/04/02	3	6,55	18,30	0,028	
29/04/02	4	3,08	21,37	0,033	
30/04/02	5	6,80	28,18	0,043	
1/05/02	6	8,93	37,11	0,057	
2/05/02	7	8,11	45,22	0,069	
3/05/02	8	8,78	54,00	0,083	
4/05/02	9	8,32	62,31	0,095	
5/05/02	10	2,92	65,23	0,100	
6/05/02	11	6,05	71,28	0,109	
7/05/02	12	7,81	79,09	0,121	
8/05/02	13	6,49	85,58	0,131	
9/05/02	14	7,91	93,49	0,143	
10/05/02	15	5,14	98,63	0,151	6 a 8 folhas
11/05/02	16	8,33	106,96	0,164	
12/05/02	17	10,75	117,71	0,180	
13/05/02	18	10,22	127,92	0,196	
14/05/02	19	9,44	137,37	0,210	
15/05/02	20	4,77	142,14	0,218	
16/05/02	21	10,23	152,37	0,233	9 a 15 folhas
17/05/02	22	3,58	155,95	0,239	
18/05/02	23	5,09	161,03	0,247	
19/05/02	24	6,31	167,34	0,256	
20/05/02	25	4,02	171,37	0,263	
21/05/02	26	4,81	176,18	0,270	
22/05/02	27	6,33	182,51	0,280	
23/05/02	28	5,01	187,53	0,287	
24/05/02	29	8,10	195,63	0,300	
25/05/02	30	6,44	202,07	0,310	
26/05/02	31	7,88	209,95	0,322	
27/05/02	32	6,22	216,17	0,331	
28/05/02	33	7,01	223,18	0,342	16 a 22 folhas
29/05/02	34	3,58	226,76	0,347	
30/05/02	35	4,83	231,58	0,355	
31/05/02	36	3,94	235,52	0,361	
1/06/02	37	4,57	240,09	0,368	
2/06/02	38	4,05	244,13	0,374	
3/06/02	39	5,51	249,64	0,382	

Tabela 22. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEm<sub>j</sub>), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDEm <sub>j</sub>	GDEm	Dr(GDEm) <sub>j</sub>	Fenologia
4/06/02	40	8,90	258,54	0,396	16 a 22 folhas
5/06/02	41	9,50	268,05	0,411	
6/06/02	42	6,17	274,22	0,420	
7/06/02	43	2,75	276,97	0,424	
8/06/02	44	2,45	279,42	0,428	
9/06/02	45	2,94	282,36	0,433	
10/06/02	46	5,43	287,79	0,441	
11/06/02	47	1,67	289,46	0,444	
12/06/02	48	4,62	294,08	0,451	
13/06/02	49	2,46	296,55	0,454	
14/06/02	50	3,24	299,79	0,459	
15/06/02	51	3,54	303,33	0,465	
16/06/02	52	4,49	307,82	0,472	
17/06/02	53	2,21	310,03	0,475	23 a 30 folhas <sup>3</sup>
18/06/02	54	4,45	314,48	0,482	
19/06/02	55	4,97	319,44	0,489	
20/06/02	56	5,19	324,63	0,497	
21/06/02	57	1,11	325,74	0,499	
22/06/02	58	1,80	327,55	0,502	
23/06/02	59	0,96	328,51	0,503	
24/06/02	60	2,32	330,83	0,507	
25/06/02	61	1,43	332,26	0,509	
26/06/02	62	2,08	334,34	0,512	
27/06/02	63	5,26	339,60	0,520	
28/06/02	64	8,82	348,42	0,534	
29/06/02	65	11,09	359,52	0,551	
30/06/02	66	5,09	364,61	0,559	
1/07/02	67	3,59	368,20	0,564	Início da
2/07/02	68	6,25	374,44	0,574	elongação do
3/07/02	69	7,96	382,41	0,586	talo <sup>4</sup>
4/07/02	70	9,46	391,87	0,600	
5/07/02	71	7,56	399,42	0,612	
6/07/02	72	2,42	401,84	0,616	
7/07/02	73	1,49	403,33	0,618	
8/07/02	74	3,31	406,63	0,623	
9/07/02	75	3,22	409,85	0,628	
10/07/02	76	0,47	410,32	0,629	
11/07/02	77	0,48	410,81	0,629	
12/07/02	78	3,31	414,11	0,634	
13/07/02	79	5,05	419,16	0,642	
14/07/02	80	6,06	425,22	0,652	

Tabela 22. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEm<sub>j</sub>), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [ $Dr(GDEm, g=0,91)_j = f(\text{graus-dia efetivos})$ ] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDEm <sub>j</sub>	GDEm	Dr(GDEm) <sub>j</sub>	Fenologia
15/07/02	81	6,45	431,67	0,661	Início da alongação do talo <sup>4</sup>
16/07/02	82	6,57	438,24	0,671	
17/07/02	83	5,39	443,63	0,680	
18/07/02	84	6,65	450,28	0,690	
19/07/02	85	8,03	458,31	0,702	
20/07/02	86	6,06	464,37	0,712	
21/07/02	87	2,77	467,14	0,716	
22/07/02	88	4,08	471,22	0,722	
23/07/02	89	7,28	478,51	0,733	
24/07/02	90	8,60	487,11	0,746	
25/07/02	91	4,55	491,65	0,753	Início da alongação do talo <sup>4</sup>
26/07/02	92	0,67	492,32	0,754	
27/07/02	93	6,27	498,58	0,764	
28/07/02	94	5,52	504,10	0,772	
29/07/02	95	4,76	508,87	0,780	
30/07/02	96	0,83	509,70	0,781	
31/07/02	97	2,78	512,48	0,785	
1/08/02	98	0,25	512,72	0,786	
2/08/02	99	0,00	512,72	0,786	
3/08/02	100	5,87	518,59	0,795	
4/08/02	101	6,55	525,14	0,805	Primeira flor
5/08/02	102	6,81	531,95	0,815	
6/08/02	103	0,80	532,75	0,816	
7/08/02	104	2,06	534,81	0,819	
8/08/02	105	0,11	534,92	0,820	
9/08/02	106	2,13	537,05	0,823	
10/08/02	107	2,85	539,90	0,827	
11/08/02	108	2,93	542,83	0,832	
12/08/02	109	3,09	545,92	0,836	
13/08/02	110	0,46	546,38	0,837	
14/08/02	111	2,67	549,06	0,841	
15/08/02	112	2,31	551,37	0,845	
16/08/02	113	1,96	553,33	0,848	
17/08/02	114	3,28	556,61	0,853	
18/08/02	115	3,35	559,96	0,858	
19/08/02	116	1,01	560,97	0,860	
20/08/02	117	0,52	561,49	0,860	
21/08/02	118	1,32	562,81	0,862	
22/08/02	119	1,33	564,14	0,864	
23/08/02	120	0,39	564,53	0,865	
24/08/02	121	2,59	567,12	0,869	

Tabela 22. Dias após o transplante (DAT), graus-dia efetivos modificado (GDEm<sub>j</sub>), graus-dia efetivos modificado acumulados (GDEm), desenvolvimento relativo [Dr(GDEm, g=0,91)<sub>j</sub> = f(graus-dia efetivos)] e estágio fenológico da cultura da alface, variedade Vera, em hidroponia sob ambiente protegido. 26 de Abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Data	DAT	GDEm <sub>j</sub>	GDEm	Dr(GDEm) <sub>j</sub>	Fenologia
25/08/02	122	4,00	571,13	0,875	Primeira flor
26/08/02	123	3,63	574,76	0,881	
27/08/02	124	4,05	578,81	0,887	
28/08/02	125	3,67	582,48	0,892	
29/08/02	126	1,03	583,52	0,894	
30/08/02	127	3,32	586,84	0,899	Plantas com 50% das flores abertas <sup>5</sup>
31/08/02	128	3,12	589,96	0,904	
1/09/02	129	1,43	591,39	0,906	
2/09/02	130	2,61	594,00	0,910	
3/09/02	131	2,78	596,78	0,914	
4/09/02	132	2,76	599,54	0,919	Plantas com 100% das flores abertas
5/09/02	133	1,86	601,40	0,921	
6/09/02	134	0,49	601,89	0,922	
7/09/02	135	2,94	604,83	0,927	
8/09/02	136	3,34	608,17	0,932	
9/09/02	137	3,69	611,87	0,937	50% dos aqüênios maduros
10/09/02	138	3,16	615,02	0,942	
11/09/02	139	0,86	615,89	0,944	
12/09/02	140	1,30	617,19	0,946	
13/09/02	141	3,45	620,64	0,951	
14/09/02	142	3,45	624,09	0,956	100% dos aqüênios maduros
15/09/02	143	3,24	627,33	0,961	
16/09/02	144	1,90	629,23	0,964	
17/09/02	145	0,15	629,38	0,964	
18/09/02	146	0,48	629,86	0,965	
19/09/02	147	1,91	631,77	0,968	
20/09/02	148	3,02	634,79	0,973	
21/09/02	149	2,42	637,21	0,976	
22/09/02	150	3,54	640,75	0,982	
23/09/02	151	4,05	644,80	0,988	
24/09/02	152	3,80	648,60	0,994	
25/09/02	153	4,07	652,66	1,000	

<sup>1</sup> Do primeiro estágio até o de início de elongação do talo, inclusive este (fase vegetativa):

$$Dr_{(GDE)} = \left[ 1 / \left\{ \left[ 1 / \left( \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{Bl}) \right) \right] + 0,09 * (1 / RFAI_i) \right\} \right] / GDEm_{pmf}$$

Do estágio fenológico de primeira flor até o último, inclusive este (fase reprodutiva):

$$Dr_{(GDEm, g=0,91)} = \left[ 1 / \left\{ \left[ 1 / \left( \sum_{j=1}^n (\bar{T}_j - T_{Bl}) \right) \right] + 0,91 * (1 / RFAI_i) \right\} \right] / GDEm_{pmf}$$

<sup>2</sup> As duas primeiras folhas cotiledonares estão excluídas da contagem do número de folhas; e, as folhas contabilizadas tinham mais de 0,05 m de comprimento.

<sup>3</sup> Posteriormente aos 45 DAT, o produto foi considerado não comercial pelo sabor amargo das folhas - exsudação da lactucina.

<sup>4</sup> A partir do estágio fenológico de primeira flor, inclusive este, todos os estágios correspondem, aproximadamente, à primeira data do período.

<sup>5</sup> Os estágios de primeira flor ao último, inclusive este, correspondem àquele desenvolvimento em 50% das plantas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIOLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.26-33, 2000.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BARBIN, D. **Componentes de variância: teoria e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Esalq/USP, 1993. 120 p.
- BRUNINI, O. Temperatura-base para alface cultivar "white boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, v.35, p.213-219, 1976.
- CARON, B.O. Crescimento de alface a campo e em estufa plástica. Santa Maria, RS, 2002. 51p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. de. **Cultivo sem solo: hidroponia**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.
- CASTRO, P.R.C. Utilização de reguladores vegetais na fruticultura, na olericultura e em plantas ornamentais. **Série Produtor Rural**, p.9-92, 1998. Número Especial.
- CIOLKOSZ, D.E.; ALBRIGHT, L.D.; BOTH, A.J. Characterizing evapotranspiration in a greenhouse lettuce crop. **Acta Horticulturae**, v.456, p.255-261, 1998.
- VECCHIA, P.T.D.; KOCH, P.S.; KIKUCHI, M. Vera: nova cultivar de alface crespa resistente ao florescimento prematuro. **Horticultura Brasileira**, v.17, n.2, p.171, 1999.
- DOURADO NETO, D. Principles of Crop Modeling and Simulation. I. Uses of mathematical models in agriculture science. **Scientia Agricola**, v.55, p.46-50, 1998.

- DOURADO NETO, D. Modelos fitotécnicos referentes à cultura de milho. Piracicaba, 1999. 227p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2.ed. New York: Wiley, 1981. 709p.
- FAO PROTECTED CULTIVATION IN THE MEDITERRANEAN CLIMATE. Rome, 313p. 1990. v.1.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.
- FRISINA, V.A.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estrutura de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.10, p.1775-1786, 1999.
- FURLANI, P.R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: IAC, 1995. 18p. (Documentos, 55).
- GILMORE, E.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, n.50, p.611-615, 1958.
- GOTO, E.; TAKAKURA, T. Promotion of Ca accumulation in inner leaves by air supply for prevention of lettuce tipburn. **Transactions of ASAE**, v.35, p.647-650, 1992.
- GOUDRIAAN, J.; LAAR, H.H. van. **Modelling potential crop growth processes: textbook with exercises**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994. 238p.
- GRAY, D.; WURR, D.C.E.; WARD, J.A.; FELLOWS, J.R. Influence of post-flowering temperature on seed development and subsequent performance of crisp lettuce. **Annals of applied biology**, v.113, 391-402, 1988.
- HAMADA, E.; TESTEZLAF, R. Análise de crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a diferentes laminas de água aplicadas através da irrigação. **Ecosistema**, v.21, p.62-65, 1996.
- HUANG, B. K. **Computer Simulation Analysis of Biological and agricultural systems**. New York: CRC Press, 1993. 613p.

- IZZELDIN, H.; LIPPERT, L.F.; TAKATORI, F.H. An influence of water stress at different growth stages on yield and quality of lettuce seed. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.105, p.68-71, 1980.
- JONES, J.W.; MISHOE, J.W.; BOOTE, K.J. **Introduction to simulation and modeling**. Gainesville: Food and Fertilizer Technology Center, 1987. 18p. (Technical Bulletin, 100).
- JOUBERT, T.G.G.; COERTZE, A.F. **The cultivation of lettuce**. Pretoria: Horticultural Research Institute, 1982. 7p.
- KROPFF, M.J.; MATTEWS, R.B.; VAN LAAR, H.H.; TEN BERGE, H.F.M. The rice model Oryza1 and its testing. In: MATTHEWS, R.B.; KROPFF, M.J.; BACHELET, D.; van LAAR, H.H. (Ed.). **Modeling the impact of climate change on rice production in Asia**. Manila: International Rice Research Institute, 1995. p.27-50.
- MATTOS, K.M.da C. Efeito da temperatura do ar das canaletas e da estufa sobre o crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico em função do material de cobertura da bancada. Piracicaba, 2000. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MARODIM, V.S.; STORCK, L.; LOPES, S.J.; SANTOS, O.S dos; SCHMIDT, D. Delineamento experimental e tamanho de amostra para alface cultivada em hidroponia. **Ciência Rural**, Maria, v.30, n.5, p.779-781, 2000.
- MENEZES, N.L. de.; ROMERO, C. Produção de sementes de alface. In: SANTOS, O.S. (Ed.) **Hidroponia da alface**. Santa Maria, RS: UFSM, 2000. p.52-69.
- OHSE, S. Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina C em alface sob hidroponia. Piracicaba, 1999. 103 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- PEREIRA, A.R. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.2, p.139-42, 1989.
- PIMENTA, H.; SANTOS, FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Modelo matemático para estimar o acúmulo de matéria seca e prever as épocas do florescimento e do ponto de maturidade fisiológica da cultura de feijão. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, p.915-920. 1999.



- RAPPAPORT, L.; WITTEWER, S.H. Flowering in head lettuce as influenced by seed vernalization, temperature, and photoperiod. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**. v.67, p.429-37, 1956.
- RATKOWSKY, D.A. **Nonlinear regression modeling - A unified practical approach**. New York and Basel: Marcel Dekker, 1983. 276p.
- REGHIN, M.Y.; OTTO, R.F.; ROCHA, A. Indução do florescimento de sementes de alface com diferentes doses de ácido giberélico. **Horticultura Brasileira**, v.18, n.3, p.171-175, 2000.
- RYDER, E. J. Early flowering time in lettuce as influenced by a second flowering time gene and seasonal variation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.113, p.456-460, 1988.
- RYDER, E. J. Inheritance, linkage, and gene interaction studies in lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.108, p.985-91, 1983.
- RYDER, E. J. **Lettuce, endive and chicory**. California: CABI, 1998. 203p.
- SANCHES, C.A. Growth and yield of crisp head lettuce under various shade conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.114, n.6, p.884-890, 1989.
- SCAIFE, A.; JONES, D. Effect of seed weight on lettuce growth. **Annals of Botany**, v.59, p.325-334, 1987.
- SCAIFE, A.; COX, E.F.; MORRIS, G.E.L. The relationship between shoot weight, plant density and time during the propagation of four vegetable species. **Journal of Horticultural Science**, v.45, p.299-302, 1970.
- SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S. Cultivares de alface. In: SANTOS, O.S. (Ed.). **Hidroponia da alface**. Santa Maria, RS: UFSM, 2000. p.72-79.
- SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; CARLET, F.L.; HELDWEIN, A.B. Tecnologia para diminuir temperaturas excessivamente elevadas no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.2, p.147-149, 1998.
- SILVA, E.L.; MARTINEZ, L.F.; YITAYEW, M. Relação entre coeficientes de cultura e graus-dia de desenvolvimento da alface. **Horticultura Brasileira**, v.17, n.2, p.134-142, 1999.

- SMITH, O.E.; WELCH, N.C.; LITTLE, T.M. Studies on seed quality: I. Effect of seed size and weight, on vigor. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.98, p.529-533, 1973a.
- SMITH, O.E.; WELCH, N.C.; MCCOY, O.D. Studies on lettuce seed quality: II. Relationship of seed vigor to emergence, seedling weight, and yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.98, p.25-56, 1973b.
- SOFFER, H.; SMITH, O.E. Studies on lettuce seed quality: III. Individually measured embryo and seed characteristics in relation to continuous plant growth (vigor) under controlled conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.99, p.270-275, 1974b.
- SOFFER, H.; SMITH, O.E. Studies on lettuce seed quality: III. Relationship between flowering pattern, seed yield, and seed quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.99, p.114-117, 1974a.
- SOFFER, H.; SMITH, O.E. Studies on lettuce seed quality: V. Nutritional effects. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.99, p.459-463, 1974c.
- SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1998. 505p.
- STORCK, L., ESTEFANEL, V. GARCIA, D.C. **Experimentos fatoriais, Modelos de Análise pelos pacotes SAS, SAEG e SOC**. Santa Maria: UFSM - Centro de Ciências Rurais, 1995, 53 p.
- TERUEL, D.A. Modelagem do índice de área foliar da cana-de-açúcar em diferentes regimes hídricos. Piracicaba, 1995. 93p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- VAN KEULEN, H.; WOLF, J. **Modelling of Agricultural Production, Weather, Soil and Crops**. Wageningen: The Netherlands, 1986, 613p.
- VARLET-GRANCHER C.; GOSSE, G.; CHARTIER, M., SINOQUET, H.; BONHOMME, R.; ALLIRAND, J.M. Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un courvet végétal. **Agronomie**, v. 9, p.419-439, 1989.

- VIGGIANO, J. **Produção de sementes de hortaliças**, Jaboticabal, FCAV/FUNEP, p.61-77, 1990.
- VOGT, C. **COM CIÊNCIA -REVISTA ELETRÔNICA DE JORNALISMO CIENTÍFICO**: (20 fev. 2002).
- WATSON, D.J. The physiological basis of a variation in yield. **Advances in Agronomy**, v.4, p.101-144, 1952.
- WHISLER, F.D.; ACOCK, B.; BAKER, D.N.; FYE, R.E.; HODGES, H.F.; LAMBERT, J.R.; LEMMON, H.E.; McKINION, J.M.; REDDY, V.R. Crop simulation models in agronomic systems. **Advances in Agronomy**, v.40, p.141-208, 1986.
- WIEBE, H. F. Effects of low temperature during seed development on the mother plant on bolting of vegetable crops. **Acta Horticulturae**, v. 253, p.25-30, 1989.
- WURR, D.C.E.; FELLOWS, J.R. The influence of solar radiation and temperature on the head weight of crisp lettuce. **Journal of Horticultural Science**, v. 66, p.183-190, 1991.
- WURR, D.C.E.; FELLOWS, J.R.; HIRON, R.W.P.; ANTILL, D.N.; HAND, D.J. The development and evaluation of techniques to predict when to harvest iceberg lettuce heads. **Journal of Horticultural Science**, v.67, p.385-393, 1992.
- WURR, D.C.E.; FELLOWS, J.R.; PITTAN, A.J. The influence of plant raising conditions and transplant age on the growth and development of crisp lettuce. **Journal of Horticultural Science**, v.109, p.573-81, 1987.
- WURR, D.C.E.; FELLOWS, J.R.; SUCKLING, R.F. Crop continuity and prediction of maturity in the crisp lettuce variety Saladin **Journal of Horticultural Science**, v.111, p.481-866, 1988.

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE: DADOS CLIMÁTICOS E DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Tabela 23. Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima (T<sub>máx.j</sub>), mínima (T<sub>mín.j</sub>) e média (T<sub>j</sub>), umidade relativa máxima do ar (UR<sub>máx.j</sub>), mínima (UR<sub>mín.j</sub>) e média (UR<sub>j</sub>), radiação total (RG<sub>j</sub>) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 07 de setembro de 2001 a 02 de janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Dia Juliano	Data	T <sub>máx.</sub> C	T <sub>mín.</sub> C	T <sub>j</sub> C	UR <sub>máx.</sub> %	UR <sub>mín.</sub> %	UR <sub>j</sub> %	RG <sub>j</sub> MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	IN h.d <sup>-1</sup>
250	7/set/01	32,50	17,50	25,00	78,00	40,00	59,00	6,36	2,0
251	8/set/01	27,00	18,00	22,50	89,00	34,50	61,75	4,89	0,0
252	9/set/01	26,00	15,00	20,50	95,50	32,50	64,00	5,17	0,3
253	10/set/01	30,00	13,00	21,50	96,00	36,00	66,00	11,29	8,1
254	11/set/01	28,50	11,00	19,75	70,00	45,00	57,50	16,31	10,4
255	12/set/01	31,80	9,00	20,40	75,00	24,00	49,50	13,55	5,0
256	13/set/01	16,80	13,50	15,15	86,00	70,00	78,00	1,29	0,0
257	14/set/01	25,00	15,00	20,00	90,00	34,00	62,00	15,64	9,7
258	15/set/01	25,50	14,00	19,75	73,00	31,00	52,00	14,61	8,2
259	16/set/01	24,00	7,00	15,50	73,00	31,00	52,00	9,01	2,0
260	17/set/01	27,00	13,00	20,00	74,00	38,00	56,00	15,90	10,3
261	18/set/01	31,00	11,00	21,00	83,00	29,00	56,00	16,08	10,7
262	19/set/01	30,50	12,00	21,25	79,00	40,00	59,50	9,92	0,0
263	20/set/01	35,70	14,00	24,85	85,00	32,00	58,50	15,11	9,2
264	21/set/01	33,00	11,80	22,40	83,00	38,00	60,50	11,97	1,9
265	22/set/01	32,00	16,50	24,25	84,00	36,00	60,00	15,71	8,6
266	23/set/01	32,00	17,50	24,75	83,00	46,00	64,50	11,43	7,4
267	24/set/01	30,00	19,00	24,50	80,00	56,00	68,00	6,72	0,0
268	25/set/01	30,00	17,50	23,75	87,00	54,00	70,50	8,02	0,4
269	26/set/01	25,00	14,00	19,50	87,00	60,00	73,50	7,36	0,4
270	27/set/01	29,00	15,50	22,25	91,00	51,00	71,00	9,89	2,2
271	28/set/01	28,00	15,00	21,50	94,00	60,00	77,00	8,27	1,5
272	29/set/01	26,00	16,00	21,00	90,00	60,00	75,00	6,55	4,8
273	30/set/01	21,00	16,30	18,65	98,00	85,00	91,50	6,55	0,0
274	1/out/01	29,50	18,00	23,75	95,00	35,00	65,00	12,15	6,5
275	2/out/01	32,00	17,00	24,50	78,00	50,00	64,00	10,80	4,0
276	3/out/01	23,00	16,50	19,75	85,00	59,00	72,00	6,76	0,3
277	4/out/01	28,50	17,00	22,75	81,00	49,00	65,00	8,99	0,7
278	5/out/01	31,00	17,00	24,00	84,00	40,00	62,00	11,70	5,4
279	6/out/01	28,00	17,00	22,50	81,00	44,00	62,50	16,59	6,4

Tabela 23. Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima ( $T_{máx.j}$ ), mínima ( $T_{mín.j}$ ) e média ( $T_j$ ), umidade relativa máxima do ar ( $UR_{máx.j}$ ), mínima ( $UR_{mín.j}$ ) e média ( $UR_j$ ), radiação total ( $RG_j$ ) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 07 de setembro de 2001 a 02 de janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Dia Juliano	Data	$T_{máx.}$ °C	$T_{mín.}$ °C	$T_j$ °C	$UR_{máx.}$ %	$UR_{mín.}$ %	$UR_j$ %	$RG_j$ MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	IN h.d <sup>-1</sup>
288	15/out/01	28,00	19,00	23,50	91,00	60,00	75,50	6,93	0,0
289	16/out/01	32,00	18,00	25,00	97,00	50,00	73,50	6,41	2,3
290	17/out/01	31,00	18,50	24,75	95,00	47,00	71,00	15,70	8,5
291	18/out/01	35,00	19,00	27,00	88,00	37,00	62,50	16,80	7,6
292	19/out/01	33,00	20,00	26,50	94,00	43,00	68,50	17,14	7,5
293	20/out/01	37,00	19,00	28,00	89,00	36,00	62,50	14,68	7,7
294	21/out/01	28,50	17,00	22,75	85,00	54,00	69,50	12,89	5,4
295	22/out/01	27,00	13,00	20,00	78,00	27,00	52,50	21,04	11,9
296	23/out/01	29,00	12,00	20,50	76,00	24,00	50,00	21,21	11,2
297	24/out/01	32,50	13,00	22,75	77,00	29,00	53,00	19,97	10,6
298	25/out/01	40,00	16,00	28,00	81,00	22,00	51,50	18,30	9,8
299	26/out/01	36,00	22,00	29,00	85,00	33,00	59,00	10,83	0,0
300	27/out/01	36,50	19,50	28,00	94,00	40,00	67,00	10,29	0,8
301	28/out/01	39,00	21,00	30,00	90,00	30,00	60,00	10,62	2,4
302	29/out/01	25,00	21,00	23,00	95,00	81,00	88,00	3,14	0,0
303	30/out/01	32,50	18,00	25,25	98,00	48,00	73,00	8,65	4,4
304	31/out/01	30,50	15,00	22,75	86,00	38,00	62,00	19,77	11,8
305	1/nov/01	34,00	16,00	25,00	80,00	33,00	56,50	18,36	11,8
306	2/nov/01	29,00	16,00	22,50	80,00	42,00	61,00	19,88	8,3
307	3/nov/01	30,00	15,00	22,50	83,00	39,00	61,00	20,41	10,9
308	4/nov/01	33,00	16,00	24,50	83,00	41,00	62,00	17,77	9,8
309	5/nov/01	39,00	18,00	28,50	83,00	28,00	55,50	18,41	11,7
310	6/nov/01	38,00	20,00	29,00	86,00	30,00	58,00	5,20	9,8
311	7/nov/01	26,00	20,00	23,00	95,00	75,00	85,00	19,28	0,4
312	8/nov/01	31,00	21,00	26,00	96,00	49,00	72,50	18,06	2,0
313	9/nov/01	34,50	19,00	26,75	86,00	47,00	66,50	8,67	7,0
314	10/nov/01	28,00	19,50	23,75	94,00	66,00	80,00	4,53	0,0
315	11/nov/01	33,00	19,00	26,00	97,00	24,00	60,50	16,56	9,7
316	12/nov/01	35,00	16,00	25,50	76,00	24,00	50,00	7,73	2,2
317	13/nov/01	35,00	19,00	27,00	87,00	43,00	65,00	16,89	6,1
318	14/nov/01	28,50	18,50	23,50	89,00	50,00	69,50	3,81	1,3
319	15/nov/01	34,50	19,00	26,75	89,00	31,00	60,00	19,77	11,1
320	16/nov/01	33,00	16,00	24,50	80,00	33,00	56,50	18,36	11,6
321	17/nov/01	33,50	14,00	23,75	86,00	28,00	57,00	19,88	11,8
322	18/nov/01	35,00	15,00	25,00	77,00	17,00	47,00	20,41	11,9
323	19/nov/01	38,00	15,50	26,75	76,00	24,00	50,00	17,77	5,5
324	20/nov/01	42,00	19,00	30,50	81,00	21,00	51,00	18,41	11,4
325	21/nov/01	33,00	22,00	27,50	85,00	53,00	69,00	5,20	1,1
326	22/nov/01	38,00	21,00	29,50	89,00	40,00	64,50	19,28	10,9
327	23/nov/01	42,00	22,50	32,25	87,00	40,00	63,50	18,06	10,1
328	24/nov/01	33,00	21,00	27,00	78,00	50,00	64,00	8,67	0,0

Tabela 23. Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima ( $T_{máx.j}$ ), mínima ( $T_{mín.j}$ ) e média ( $T_j$ ), umidade relativa máxima do ar ( $UR_{máx.j}$ ), mínima ( $UR_{mín.j}$ ) e média ( $UR_j$ ), radiação total ( $RG_j$ ) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 07 de setembro de 2001 a 02 de janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Dia	Data	$T_{máx.}$	$T_{mín.}$	$T_j$	$UR_{máx.}$	$UR_{mín.}$	$UR_j$	$RG_j$	IN
Juliano		°C	°C	°C	%	%	%	MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	h.d <sup>-1</sup>
329	25/nov/01	26,00	19,00	22,50	80,00	55,00	67,50	4,53	0,0
330	26/nov/01	37,00	18,00	27,50	86,00	48,00	67,00	16,56	7,0
331	27/nov/01	37,00	22,00	29,50	85,00	45,00	65,00	7,73	0,8
332	28/nov/01	33,00	18,00	25,50	73,00	33,00	53,00	16,89	7,5
333	29/nov/01	33,00	16,00	24,50	78,00	35,00	56,50	17,86	11,5
334	30/nov/01	31,50	19,00	25,25	72,00	43,00	57,50	9,38	3,6
335	1/dez/01	41,50	18,00	29,75	80,00	25,00	52,50	16,68	9,0
336	2/dez/01	37,00	17,00	27,00	80,00	29,00	54,50	17,90	10,8
280	7/out/01	23,00	17,00	20,00	85,00	70,00	77,50	3,02	0,0
281	8/out/01	39,00	17,00	28,00	90,00	44,00	67,00	12,88	4,9
282	9/out/01	28,80	16,00	22,40	79,00	40,00	59,50	16,36	9,6
283	10/out/01	32,00	16,00	24,00	82,00	35,00	58,50	19,88	11,1
284	11/out/01	33,00	16,00	24,50	81,00	39,00	60,00	19,22	10,9
285	12/out/01	34,00	18,00	26,00	84,00	43,00	63,50	18,30	9,3
286	13/out/01	28,00	16,50	22,25	85,00	61,00	73,00	9,03	2,7
287	14/out/01	35,00	20,00	27,50	86,00	47,00	66,50	10,39	2,4
337	3/dez/01	33,00	19,00	26,00	80,00	48,00	64,00	8,94	0,7
338	4/dez/01	22,50	19,00	20,75	96,00	78,00	87,00	2,15	0,0
339	5/dez/01	35,50	19,00	27,25	94,00	45,00	69,50	10,42	3,0
340	6/dez/01	35,50	19,00	27,25	83,00	43,00	63,00	13,09	3,9
341	7/dez/01	37,00	18,00	27,50	83,00	32,00	57,50	19,24	11,5
342	8/dez/01	29,50	17,00	23,25	80,00	46,00	63,00	10,85	4,4
343	09/dez/01	33,00	15,50	24,25	75,00	36,00	55,50	18,40	9,4
344	10/dez/01	40,50	15,00	27,75	78,00	33,00	55,50	17,37	10,3
345	11/dez/01	40,00	21,00	30,50	79,00	30,00	54,50	15,78	7,3
346	12/dez/01	40,00	22,00	31,00	80,00	35,00	57,50	15,74	8,5
347	13/dez/01	37,00	24,00	30,00	83,00	48,00	65,50	10,35	3,5
348	14/dez/01	37,50	23,00	30,25	81,00	39,00	60,00	16,35	9,0
349	15/dez/01	35,50	21,50	28,50	75,00	34,00	54,50	14,48	6,7
350	16/dez/01	37,00	20,50	28,75	72,00	34,00	53,00	14,40	7,7
351	17/dez/01	35,50	23,00	29,25	84,00	23,00	53,50	19,16	12,3
352	18/dez/01	37,00	20,50	28,75	94,00	28,00	61,00	17,65	11,7
353	19/dez/01	40,00	18,00	29,00	87,00	27,00	57,00	18,10	11,7
354	20/dez/01	44,50	24,00	34,25	96,00	36,00	66,00	15,27	7,8
355	21/dez/01	43,00	23,50	33,25	94,00	40,00	67,00	14,07	7,1
356	22/dez/01	32,00	21,00	26,50	96,00	68,00	82,00	6,63	2,1
357	23/dez/01	31,50	18,50	25,00	86,00	28,00	57,00	17,25	10,2
358	24/dez/01	34,50	18,00	26,25	82,50	36,00	59,25	18,95	11,5
359	25/dez/01	35,50	18,00	26,75	84,50	37,00	60,75	19,17	12,3
360	26/dez/01	39,50	19,00	29,25	81,00	31,50	56,25	20,19	12,0

Tabela 23. Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima ( $T_{máx.j}$ ), mínima ( $T_{mín.j}$ ) e média ( $T_j$ ), umidade relativa máxima do ar ( $UR_{máx.j}$ ), mínima ( $UR_{mín.j}$ ) e média ( $UR_j$ ), radiação total ( $RG_j$ ) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 07 de setembro de 2001 a 02 de janeiro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Dia Juliano	Data	$T_{máx.}$ °C	$T_{mín.}$ °C	$T_j$ °C	$UR_{máx.}$ %	$UR_{mín.}$ %	$UR_j$ %	$RG_j$ MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	IN h.d <sup>-1</sup>
361	27/dez/01	41,00	20,50	30,75	78,00	33,00	55,50	19,94	11,7
362	28/dez/01	41,00	24,00	32,50	79,50	33,50	56,50	18,02	9,4
363	29/dez/01	40,00	24,00	32,00	80,00	38,00	59,00	17,85	9,2
364	30/dez/01	40,00	23,00	31,50	84,00	35,00	59,50	20,17	12,0
365	31/dez/01	43,00	23,00	33,00	83,50	32,50	58,00	16,34	7,4
366	1/jan/02	36,00	23,00	29,50	78,00	37,50	57,75	20,47	12,4
367	2/jan/02	36,50	23,00	29,75	74,00	40,00	57,00	20,29	12,2

Tabela 24. Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima ( $T_{máx. j}$ ), mínima ( $T_{mín.j}$ ) e média ( $T_j$ ), umidade relativa máxima do ar ( $UR_{máx.j}$ ), mínima ( $UR_{mín.j}$ ) e média ( $UR_j$ ), radiação total ( $RG_j$ ) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 26 de abril a 25 de setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Dia Juliano	Data	$T_{máx.}$ °C	$T_{mín.}$ °C	$T_j$ °C	$UR_{máx.}$ %	$UR_{mín.}$ %	$UR_j$ %	$RG_j$ MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	IN h.d <sup>-1</sup>
116	26/abr/02	23,00	16,00	19,50	100,00	18	59	1,92	.
117	27/abr/02	26,00	10,00	18,00	91,00	13	52	10,85	.
118	28/abr/02	26,50	9,00	17,75	93,00	17	55	8,48	.
119	29/abr/02	20,00	16,00	18,00	100,00	16,5	58,25	1,00	.
120	30/abr/02	27,00	16,00	21,50	100,00	18	59	3,33	.
121	1/mai/02	32,50	15,00	23,75	100,00	17	58,5	5,10	.
122	2/mai/02	29,00	15,00	22,00	95,00	16	55,5	5,00	.
123	3/mai/02	29,50	13,00	21,25	95,00	16,5	55,75	8,00	.
124	4/mai/02	28,50	12,50	20,50	94,00	35,00	64,50	8,00	6,4
125	5/mai/02	20,00	14,00	17,00	95,00	75,00	85,00	1,00	0,0
126	6/mai/02	23,00	16,00	19,50	92,00	62,00	77,00	3,33	0,7
127	7/mai/02	27,00	15,00	21,00	94,00	55,00	74,50	5,38	3,5
128	8/mai/02	26,50	16,00	21,25	90,00	64,00	77,00	3,07	1,7
129	9/mai/02	27,00	13,00	20,00	90,00	46,00	68,00	7,57	6,3
130	10/mai/02	19,00	13,00	16,00	90,00	50,00	70,00	7,16	5,8
131	11/mai/02	30,00	13,00	21,50	90,00	42,00	66,00	6,04	7,6
132	12/mai/02	34,50	17,00	25,75	88,00	32,00	60,00	6,78	9,6
133	13/mai/02	34,00	19,00	26,50	85,00	35,50	60,25	5,36	9,7



Tabela 24. Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima ( $T_{máx. j}$ ), mínima ( $T_{mín. j}$ ) e média ( $T_j$ ), umidade relativa máxima do ar ( $UR_{máx. j}$ ), mínima ( $UR_{mín. j}$ ) e média ( $UR_j$ ), radiação total ( $RG_j$ ) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 26 de abril a 25 de setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Dia Juliano	Data	$T_{máx.}$ °C	$T_{mín.}$ °C	$T_j$ °C	$UR_{máx.}$ %	$UR_{mín.}$ %	$UR_j$ %	$RG_j$ MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	IN h.d <sup>-1</sup>
134	14/mai/02	34,00	20,00	27,00	76,00	33,50	54,75	4,25	9,4
135	15/mai/02	34,00	19,00	26,50	91,00	54,00	72,50	1,34	1,6
136	16/mai/02	30,00	17,50	23,75	95,00	50,00	72,50	8,00	5,4
137	17/mai/02	27,00	16,00	21,50	95,00	83,00	89,00	1,04	0,0
138	18/mai/02	20,00	16,00	18,00	98,00	74,00	86,00	2,80	0,4
139	19/mai/02	27,00	16,00	21,50	95,00	69,00	82,00	2,80	0,0
140	20/mai/02	23,00	15,00	19,00	90,00	84,00	87,00	1,45	0,0
141	21/mai/02	17,00	15,00	16,00	94,00	55,00	74,50	4,87	3,8
142	22/mai/02	26,00	10,00	18,00	91,00	53,00	72,00	6,09	7,9
143	23/mai/02	24,00	8,00	16,00	95,00	40,00	67,50	6,11	7,7
144	24/mai/02	31,50	12,00	21,75	89,00	39,00	64,00	5,21	9,4
145	25/mai/02	27,00	12,00	19,50	87,00	42,00	64,50	4,01	8,5
146	26/mai/02	28,50	12,00	20,25	87,00	39,00	63,00	6,83	6,7
147	27/mai/02	27,00	13,00	20,00	85,00	48,00	66,50	3,29	0,0
148	28/mai/02	26,00	20,00	23,00	90,00	43,00	66,50	3,04	1,5
149	29/mai/02	29,00	16,00	22,50	99,00	86,00	92,50	1,00	0,0
150	30/mai/02	20,00	17,00	18,50	97,00	75,00	86,00	2,23	0,0
151	31/mai/02	22,00	15,00	18,50	96,00	79,00	87,50	1,47	0,1
152	01/jun/02	19,00	13,00	16,00	95,00	64,00	79,50	3,83	2,2
153	02/jun/02	25,00	11,00	18,00	100,00	83,50	91,75	1,64	0,2
154	03/jun/02	20,00	14,00	17,00	95,00	58,00	76,50	5,16	5,6
155	04/jun/02	28,00	18,00	23,00	90,00	39,00	64,50	5,65	5,8
156	05/jun/02	33,00	18,00	25,50	63,00	40,00	51,50	4,91	3,7
157	06/jun/02	34,00	21,00	27,50	92,00	72,00	82,00	1,91	0,0
158	07/jun/02	20,00	14,00	17,00	100,00	85,00	92,50	0,91	0,0
159	08/jun/02	15,00	13,00	14,00	98,00	75,00	86,50	1,26	0,0
160	09/jun/02	19,00	13,00	16,00	99,00	88,00	93,50	1,15	0,0
161	10/jun/02	25,00	8,00	16,50	95,00	56,00	75,50	6,58	8,7
162	11/jun/02	14,00	10,00	12,00	78,00	87,00	82,50	2,03	0,0
163	12/jun/02	23,00	8,00	15,50	83,00	44,00	63,50	5,81	6,1
164	13/jun/02	17,50	8,00	12,75	85,00	53,00	69,00	4,74	2,2
165	14/jun/02	22,50	5,00	13,75	84,00	38,00	61,00	4,80	8,5
166	15/jun/02	24,00	4,00	14,00	83,00	50,00	66,50	6,12	7,0
167	16/jun/02	20,50	13,00	16,75	80,00	70,00	75,00	2,69	0,0
168	17/jun/02	16,00	13,00	14,50	99,00	89,00	94,00	0,87	0,0
169	18/jun/02	23,50	8,00	15,75	98,00	57,50	77,75	3,92	2,2
170	19/jun/02	26,00	6,00	16,00	89,00	37,50	63,25	5,77	8,9
171	20/jun/02	27,00	6,00	16,50	83,50	53,00	68,25	5,13	5,7
172	21/jun/02	17,00	5,50	11,25	92,00	60,00	76,00	2,05	0,0
173	22/jun/02	21,00	3,00	12,00	86,50	48,00	67,25	3,67	8,2

Tabela 24. Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima ( $T_{\text{máx. }j}$ ), mínima ( $T_{\text{mín. }j}$ ) e média ( $T_j$ ), umidade relativa máxima do ar ( $UR_{\text{máx. }j}$ ), mínima ( $UR_{\text{mín. }j}$ ) e média ( $UR_j$ ), radiação total ( $RG_j$ ) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 26 de abril a 25 de setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Dia Juliano	Data	$T_{\text{máx.}}$ C	$T_{\text{mín.}}$ C	$T_j$ C	$UR_{\text{máx.}}$ %	$UR_{\text{mín.}}$ %	$UR_j$ %	$RG_j$ MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	IN h.d <sup>-1</sup>
174	23/jun/02	19,50	2,50	11,00	95,00	53,00	74,00	5,08	5,5
175	24/jun/02	23,00	2,00	12,50	91,00	47,50	69,25	6,44	8,7
176	25/jun/02	21,50	1,50	11,50	92,00	49,00	70,50	6,38	8,3
177	26/jun/02	22,00	2,50	12,25	89,00	51,00	70,00	5,54	5,5
178	27/jun/02	27,00	6,00	16,50	94,50	54,00	74,25	5,51	6,7
179	28/jun/02	31,50	13,00	22,25	77,00	33,00	55,00	6,30	7,7
180	29/jun/02	34,00	19,50	26,75	80,00	40,00	60,00	6,57	5,2
181	30/jun/02	19,00	13,00	16,00	89,00	80,00	84,50	6,75	0,0
182	01/jul/02	16,00	12,00	14,00	89,00	80,00	84,50	6,95	0,0
183	02/jul/02	26,00	12,00	19,00	99,00	70,00	84,50	4,08	3,4
184	03/jul/02	29,50	15,50	22,50	100,00	57,00	78,50	4,39	1,4
185	04/jul/02	33,00	16,00	24,50	92,50	50,00	71,25	5,44	3,7
186	05/jul/02	28,00	17,00	22,50	93,50	63,00	78,25	3,82	1,0
187	06/jul/02	18,50	15,00	16,75	95,00	88,50	91,75	0,75	0,0
188	07/jul/02	16,00	7,50	11,75	95,50	75,50	85,50	1,99	0,0
189	08/jul/02	21,00	7,00	14,00	86,00	51,50	68,75	3,81	5,1
190	09/jul/02	22,00	6,00	14,00	86,00	54,00	70,00	3,28	5,1
191	10/jul/02	16,00	5,00	10,50	82,50	60,00	71,25	1,58	0,0
192	11/jul/02	16,00	5,00	10,50	87,50	62,00	74,75	3,17	0,1
193	12/jul/02	24,00	3,50	13,75	88,00	43,00	65,50	5,62	3,8
194	13/jul/02	26,00	6,00	16,00	86,00	42,00	64,00	6,35	9,0
195	14/jul/02	29,00	6,00	17,50	85,00	38,50	61,75	6,33	9,0
196	15/jul/02	30,00	6,00	18,00	84,00	43,00	63,50	6,63	9,0
197	16/jul/02	30,00	7,00	18,50	85,00	38,00	61,50	5,78	8,9
198	17/jul/02	24,00	9,00	16,50	90,00	47,00	68,50	6,32	5,4
199	18/jul/02	27,00	9,50	18,25	92,50	42,00	67,25	6,86	7,7
200	19/jul/02	31,00	10,50	20,75	87,00	40,00	63,50	6,35	7,0
201	20/jul/02	27,00	10,00	18,50	90,00	57,50	73,75	4,23	0,0
202	21/jul/02	18,50	14,50	16,50	97,00	80,00	88,50	0,96	0,0
203	22/jul/02	22,00	13,00	17,50	93,00	64,00	78,50	1,79	0,8
204	23/jul/02	29,50	10,50	20,00	95,00	46,00	70,50	5,36	6,9
205	24/jul/02	36,00	13,50	24,75	89,00	38,00	63,50	4,13	7,5
206	25/jul/02	23,00	10,50	16,75	88,00	60,50	74,25	2,79	0,5
207	26/jul/02	12,50	9,00	10,75	98,00	80,00	89,00	1,19	0,0
208	27/jul/02	27,00	8,50	17,75	98,00	43,00	70,50	6,54	6,2
209	28/jul/02	28,00	5,00	16,50	83,00	37,00	60,00	7,28	9,4
210	29/jul/02	26,00	5,00	15,50	85,00	43,00	64,00	7,13	8,4
211	30/jul/02	12,50	9,50	11,00	97,50	83,00	90,25	1,00	0,0
212	31/jul/02	22,00	10,50	16,25	99,00	71,00	85,00	1,00	0,0
213	01/ago/02	13,50	7,00	10,25	90,00	69,00	79,50	2,46	0,4

Tabela 24. Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima ( $T_{máx. j}$ ), mínima ( $T_{mín. j}$ ) e média ( $T_j$ ), umidade relativa máxima do ar ( $UR_{máx. j}$ ), mínima ( $UR_{mín. j}$ ) e média ( $UR_j$ ), radiação total ( $RG_j$ ) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 26 de abril a 25 de setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Dia Juliano	Data	$T_{máx.}$ °C	$T_{mín.}$ °C	$T_j$ °C	$UR_{máx.}$ %	$UR_{mín.}$ %	$UR_j$ %	$RG_j$ MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	IN h.d <sup>-1</sup>
214	02/ago/02	10,50	6,50	8,50	95,50	78,00	86,75	1,67	0,0
215	03/ago/02	26,50	8,50	17,50	99,00	51,50	75,25	5,40	2,6
216	04/ago/02	27,00	10,00	18,50	95,50	48,00	71,75	5,70	3,7
217	05/ago/02	27,00	10,00	18,50	94,00	49,50	71,75	6,86	5,5
218	06/ago/02	17,50	9,50	13,50	95,00	75,00	85,00	2,09	0,0
219	07/ago/02	28,00	11,50	19,75	93,50	51,50	72,50	5,28	3,0
220	08/ago/02	19,00	15,00	17,00	100,00	88,00	94,00	0,23	0,0
221	09/ago/02	28,50	10,50	19,50	97,50	37,00	67,25	5,56	8,5
222	10/ago/02	28,00	7,00	17,50	90,00	25,00	57,50	9,28	9,8
223	11/ago/02	30,50	7,00	18,75	96,50	32,50	64,50	8,89	9,6
224	12/ago/02	33,00	10,50	21,75	91,00	38,00	64,50	8,49	8,9
225	13/ago/02	18,50	14,50	16,50	95,00	85,00	90,00	1,00	0,0
226	14/ago/02	26,50	9,00	17,75	95,00	37,50	66,25	8,25	7,3
227	15/ago/02	25,00	6,50	15,75	86,50	43,00	64,75	7,84	4,6
228	16/ago/02	26,00	11,50	18,75	95,00	56,50	75,75	5,11	1,2
229	17/ago/02	35,00	14,50	24,75	98,50	40,00	69,25	8,53	8,0
230	18/ago/02	35,00	17,00	26,00	89,00	28,00	58,50	8,57	8,8
231	19/ago/02	29,50	21,00	25,25	92,00	45,00	68,50	2,18	0,0
232	20/ago/02	21,00	15,50	18,25	97,50	83,50	90,50	1,13	0,0
233	21/ago/02	25,00	12,50	18,75	92,50	55,00	73,75	3,14	0,9
234	22/ago/02	30,00	12,50	21,25	92,00	46,50	69,25	3,05	0,5
235	23/ago/02	18,00	14,50	16,25	95,00	84,00	89,50	0,84	0,0
236	24/ago/02	32,00	12,00	22,00	85,00	32,00	58,50	6,69	0,8
237	25/ago/02	44,00	19,00	31,50	82,50	27,50	55,00	9,95	10,0
238	26/ago/02	39,00	19,00	29,00	90,50	32,50	61,50	9,07	9,8
239	27/ago/02	34,50	19,00	26,75	89,00	32,50	60,75	10,82	10,0
240	28/ago/02	34,00	13,00	23,50	78,00	32,50	55,25	10,21	8,7
241	29/ago/02	25,50	15,00	20,25	87,00	46,50	66,75	2,32	0,0
242	30/ago/02	25,00	10,50	17,75	88,00	27,50	57,75	11,74	10,4
243	31/ago/02	27,00	8,50	17,75	75,50	24,00	49,75	10,56	8,0
244	01/set/02	20,00	6,50	13,25	75,00	47,00	61,00	5,18	3,6
245	02/set/02	26,00	5,00	15,50	83,00	35,00	59,00	10,05	9,6
246	03/set/02	27,50	9,00	18,25	89,00	37,00	63,00	8,49	10,0
247	04/set/02	34,00	17,50	25,75	94,00	27,50	60,75	6,76	10,1
248	05/set/02	18,00	8,00	13,00	94,00	70,00	82,00	9,92	7,6
249	06/set/02	21,00	5,50	13,25	80,00	35,00	57,50	1,16	0,0
250	07/set/02	24,00	9,00	16,50	83,00	33,00	58,00	10,88	8,3
251	08/set/02	24,00	11,00	17,50	82,00	34,00	58,00	12,19	10,1
252	09/set/02	28,00	11,00	19,50	85,00	38,00	61,50	12,21	8,3
253	10/set/02	30,00	14,50	22,25	89,50	47,00	68,25	8,61	5,3

Tabela 24. Caracterização das variáveis climáticas: temperatura máxima ( $T_{máx. j}$ ), mínima ( $T_{mín. j}$ ) e média ( $T_j$ ), umidade relativa máxima do ar ( $UR_{máx. j}$ ), mínima ( $UR_{mín. j}$ ) e média ( $UR_j$ ), radiação total ( $RG_j$ ) e insolação (IN) no interior da casa-de-vegetação durante o experimento de primavera da cultura de alface no período de 26 de abril a 25 de setembro de 2002. Santa Maria, RS (latitude 29°41'25" S).

Dia Juliano	Data	$T_{máx.}$ °C	$T_{mín.}$ °C	$T_j$ °C	$UR_{máx.}$ %	$UR_{mín.}$ %	$UR_j$ %	$RG_j$ MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup>	IN h.d <sup>-1</sup>
254	11/set/02	22,50	17,00	19,75	100,00	82,00	91,00	1,91	0,0
255	12/set/02	22,00	12,00	17,00	100,00	65,00	82,50	3,24	0,2
256	13/set/02	26,00	9,00	17,50	89,00	31,00	60,00	12,90	10,1
257	14/set/02	26,00	10,00	18,00	82,50	35,00	58,75	12,29	9,9
258	15/set/02	26,00	9,00	17,50	83,00	38,00	60,50	11,55	9,5
259	16/set/02	30,00	13,00	21,50	90,00	52,00	71,00	4,60	0,0
260	17/set/02	19,00	15,00	17,00	99,00	85,00	92,00	0,30	0,0
261	18/set/02	22,00	14,50	18,25	98,00	77,00	87,50	1,02	0,0
262	19/set/02	29,00	14,00	21,50	100,00	44,00	72,00	4,65	2,2
263	20/set/02	23,00	10,00	16,50	85,00	25,00	55,00	11,38	8,1
264	21/set/02	24,00	6,50	15,25	83,00	25,50	54,25	9,09	7,1
265	22/set/02	28,00	7,00	17,50	82,50	22,50	52,50	13,54	9,8
266	23/set/02	27,50	11,00	19,25	84,00	32,00	58,00	14,58	10,2
267	24/set/02	26,00	9,50	17,75	78,00	25,00	51,50	15,05	9,7
268	25/set/02	30,00	9,00	19,50	76,00	32,50	54,25	14,39	10,7

Tabela 25. Valores médios de dois reservatórios de características da solução nutritiva: pH inicial (pHi), pH final (pHf), condutividade elétrica ( $CE_{SN}$ ) em dS.m<sup>-1</sup>, temperatura da solução nutritiva ( $T_{SN}$ ) em °C e água repostada (AR) em litros durante o cultivo de alface nos períodos de 06 de setembro a 28 de dezembro de 2001, e 24 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS.

data	pHi	pHf	$CE_{SN}$ dS.m <sup>-1</sup>	$T_{SN}$ °C	data	pHi	pHf	$CE_{SN}$ dS.m <sup>-1</sup>	$T_{SN}$ °C	AR <sup>2</sup> L
6/set/01 <sup>1</sup>	6,00	6,00	1,84	21,00	24/abr/02 <sup>1</sup>	5,76	6,10	1,25	26,00	-
8/set/01	7,03	5,82	1,33	22,40	26/abr/02 <sup>1</sup>	7,07	6,00	1,20	22,20	3,76
10/set/01	5,27	6,01	1,29	20,50	28/abr/02 <sup>1</sup>	6,14	6,14	1,16	18,10	9,12
12/set/01	5,50	6,07	1,24	25,90	30/abr/02 <sup>1</sup>	6,40	6,10	1,15	19,10	8,64
14/set/01	6,43	6,00	1,27	19,70	2/mai/02 <sup>1</sup>	6,85	6,20	1,07	20,20	8,68
16/set/01	6,26	6,00	1,20	22,60	4/mai/02	5,80	5,80	2,51	19,40	0,00
18/set/01	6,43	6,06	1,11	22,40	6/mai/02	5,49	5,82	2,37	19,60	22,50
23/set/01	5,41	5,98	2,49	26,60	8/mai/02	5,25	5,85	2,31	21,30	17,50
25/set/01	5,87	6,01	2,25	23,70	10/mai/02	5,83	5,98	1,66	19,70	23,50
27/set/01	6,46	6,02	2,23	21,40	13/mai/02	6,39	6,17	1,45	24,05	79,00

Tabela 25. Valores médios de dois reservatórios de características da solução nutritiva: pH inicial (pHi), pH final (pHf), condutividade elétrica ( $CE_{SN}$ ) em  $dS.m^{-1}$ , temperatura da solução nutritiva ( $T_{SN}$ ) em  $^{\circ}C$  e água repostada (AR) em litros durante o cultivo de alface nos períodos de 06 de setembro a 28 de dezembro de 2001, e 24 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS.

data	pHi	pHf	$CE_{SN}$ $dS.m^{-1}$	$T_{SN}$ $^{\circ}C$	data	pHi	pHf	$CE_{SN}$ $dS.m^{-1}$	$T_{SN}$ $^{\circ}C$	AR <sup>2</sup> L
29/set/01	6,68	6,00	1,94	24,10	15/mai/02	6,45	6,19	1,27	26,90	87,50
1/out/01	6,52	5,97	1,74	23,15	17/mai/02	6,47	6,03	1,30	19,20	45,00
3/out/01	7,09	5,99	1,46	21,55	19/mai/02	6,54	5,92	1,27	19,55	17,50
5/out/01	6,59	6,01	1,09	22,20	21/mai/02	6,61	5,83	1,14	17,70	17,50
7/out/01	6,65	6,02	0,59	22,85	23/mai/02	6,75	5,81	0,94	22,20	50,00
9/out/01	6,07	5,99	1,74	23,20	24/mai/02	5,84	5,84	1,86	19,50	28,50
11/out/01	6,18	5,97	2,01	24,70	26/mai/02	6,46	6,01	1,46	19,00	80,00
13/out/01	6,65	6,00	1,18	21,90	28/mai/02	6,49	6,19	1,22	20,65	65,00
15/out/01	6,93	5,98	0,78	23,40	30/mai/02	6,69	6,04	1,05	18,95	45,00
17/out/01	6,50	5,98	1,62	23,20	1/jun/02	6,81	5,85	0,95	16,55	25,00
19/out/01	5,73	5,99	1,92	24,25	3/jun/02	6,00	6,00	0,86	19,85	30,00
21/out/01	6,17	5,90	1,74	24,90	5/jun/02	7,37	6,08	0,73	24,90	60,00
23/out/01	6,78	5,94	1,07	21,25	7/jun/02	7,06	6,05	0,62	16,80	62,50
25/out/01	6,87	5,92	0,68	23,20	8/jun/02	5,98	5,98	2,17	15,50	20,00
27/out/01	5,68	5,85	1,56	29,15	10/jun/02	5,81	5,87	2,22	18,90	30,00
29/out/01	6,39	5,94	1,25	25,05	12/jun/02	5,70	5,83	2,03	14,00	25,00
31/out/01	6,57	5,95	0,97	21,55	14/jun/02	5,59	5,90	1,82	18,80	30,00
2/nov/01	7,21	5,91	0,60	24,50	19/jun/02	6,12	6,06	1,59	14,55	30,00
4/nov/01	6,81	5,90	0,61	21,40	21/jun/02	6,05	6,05	1,52	16,70	40,00
6/nov/01	6,15	5,95	0,39	26,80	23/jun/02	6,22	6,17	1,40	13,10	30,00
8/nov/01	5,87	5,87	2,68	23,50	25/jun/02	6,17	6,05	1,35	12,05	25,00
10/nov/01	6,39	5,92	1,01	25,00	27/jun/02	6,14	6,14	1,27	13,15	32,50
12/nov/01	6,15	6,05	1,07	24,80	29/jun/02	6,30	5,89	1,22	20,60	45,00
14/nov/01	6,20	5,95	1,04	24,50	1/jul/02	6,34	5,82	1,09	16,85	45,00
16/nov/01	6,21	5,85	1,01	24,95	3/jul/02	6,00	6,00	1,06	21,50	27,50
18/nov/01	7,06	5,86	0,79	30,00	5/jul/02	6,26	5,80	1,01	23,00	42,50
20/nov/01	5,69	5,87	0,71	24,80	7/jul/02	5,99	5,99	0,93	17,05	19,00
22/nov/01	5,93	5,93	2,67	34,80	9/jul/02	6,13	5,94	0,86	14,25	22,50
24/nov/01	5,97	5,97	2,70	31,95	11/jul/02	6,13	6,13	0,83	14,45	25,00
28/nov/01	6,02	6,02	2,25	25,85	13/jul/02	6,10	6,10	0,86	21,80	12,50
30/nov/01	6,06	6,06	2,05	29,25	15/jul/02	6,08	6,08	0,78	14,80	57,50
4/dez/01	6,08	5,91	1,93	25,45	17/jul/02	5,95	5,95	0,71	18,30	52,50
8/dez/01	6,14	6,01	1,74	28,55	19/jul/02	6,28	5,99	0,68	18,40	40,00
12/dez/01	5,91	5,91	1,65	29,80	21/jul/02	5,59	5,83	2,49	16,05	0,00
16/dez/01	6,07	6,07	1,57	29,95	23/jul/02	6,15	5,95	2,26	20,90	50,00
20/dez/01	6,16	5,92	1,58	30,80	25/jul/02	5,37	5,88	2,05	18,80	57,50
24/dez/01	6,38	5,91	1,54	27,30	27/jul/02	5,82	5,82	1,95	17,60	15,00
28/dez/01	6,09	6,09	1,28	27,10	29/jul/02	5,81	5,81	1,81	18,50	35,00
-	-	-	-	-	31/jul/02	5,56	5,97	1,91	9,15	12,50
-	-	-	-	-	2/ago/02	5,72	5,93	1,85	9,10	30,00

Tabela 25. Valores médios de dois reservatórios de características da solução nutritiva: pH inicial (pHi), pH final (pHf), condutividade elétrica ( $CE_{SN}$ ) em  $dS.m^{-1}$ , temperatura da solução nutritiva ( $T_{SN}$ ) em  $^{\circ}C$  e água repostada (AR) em litros durante o cultivo de alface nos períodos de 06 de setembro a 28 de dezembro de 2001, e 24 de abril de 2002 a 25 de Setembro de 2002. Santa Maria, RS.

data	pHi	pHf	$CE_{SN}$ $dS.m^{-1}$	$T_{SN}$ $^{\circ}C$	data	pHi	pHf	$CE_{SN}$ $dS.m^{-1}$	$T_{SN}$ $^{\circ}C$	AR <sup>2</sup> L
-	-	-	-	-	4/ago/02	5,78	6,00	1,75	15,00	30,00
-	-	-	-	-	6/ago/02	6,02	6,02	1,79	16,75	2,50
-	-	-	-	-	8/ago/02	6,02	6,02	1,72	17,80	15,00
-	-	-	-	-	10/ago/02	6,48	6,13	1,75	16,90	0,00
-	-	-	-	-	12/ago/02	6,03	6,03	1,92	17,85	37,50
-	-	-	-	-	14/ago/02	5,86	5,86	1,83	19,50	37,50
-	-	-	-	-	16/ago/02	6,11	6,11	1,84	18,55	7,50
-	-	-	-	-	18/ago/02	5,93	5,93	1,74	15,55	32,50
-	-	-	-	-	20/ago/02	6,21	6,08	1,83	18,00	22,50
-	-	-	-	-	22/ago/02	6,12	6,12	1,76	22,70	15,00
-	-	-	-	-	24/ago/02	6,22	6,22	1,53	19,00	10,00
-	-	-	-	-	26/ago/02	6,00	6,00	1,34	19,50	30,00
-	-	-	-	-	28/ago/02	6,26	5,91	1,33	24,90	45,00
-	-	-	-	-	30/ago/02	5,78	5,90	1,22	17,70	25,00
-	-	-	-	-	3/set/02	5,88	5,88	1,12	24,50	10,00
-	-	-	-	-	5/set/02	6,40	6,00	1,16	26,70	25,00
-	-	-	-	-	7/set/02	6,05	6,00	1,19	21,50	10,00
-	-	-	-	-	9/set/02	6,00	6,00	1,11	22,40	30,00
-	-	-	-	-	11/set/02	6,06	6,06	1,14	19,70	15,00
-	-	-	-	-	13/set/02	6,20	6,20	1,08	20,00	15,00
-	-	-	-	-	15/set/02	6,04	6,04	1,11	19,30	15,00
-	-	-	-	-	17/set/02	6,16	6,16	1,10	20,80	25,00
-	-	-	-	-	21/set/02	6,30	6,30	1,07	23,50	20,00
-	-	-	-	-	25/set/02	6,12	6,12	1,06	23,20	60,00

<sup>1</sup> datas correspondentes ao período de berçário (valores de um reservatório).

<sup>2</sup> a água repostada (AR) somente foi quantificada no período de 26 de abril de 2002 a 25 de setembro de 2002, realizando-se a média de dois reservatórios.