

SCHMIDT, D.; ZAMBAN, DT; PROCHNOW, D; CARON, BO; SOUZA, VQ; PAULA, GM; COCCO, C. 2017. Caracterização fenológica, filocrono e requerimento térmico de tomateiro italiano em dois ciclos de cultivo. *Horticultura Brasileira* 35: 089-096. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170114>

Caracterização fenológica, filocrono e requerimento térmico de tomateiro italiano em dois ciclos de cultivo

Denise Schmidt; Débora T Zamban; Daiane Prochnow; Braulio O Caron; Velci Q Souza; Gizelli M Paula; Carine Cocco

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Frederico Westphalen-RS, Brasil; denise@ufsm.br; deboraturchetto@hotmail.com; daia.prochnow@hotmail.com; otomarcaron@yahoo.com.br; velciq@gmail.com; gizellidepaula@gmail.com; carinecocco@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o filocrono e o requerimento térmico de híbridos de tomateiro italiano nas diferentes fases fenológicas e em diferentes ciclos de cultivo. Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen-RS, nos anos 2012 e 2013. O delineamento foi em blocos casualizados, em esquema 2x2x5, com dois híbridos de tomateiro, dois ciclos de cultivo e cinco fases fenológicas, em quatro repetições. Foram avaliados os híbridos San Vito e Netuno, com hábito de crescimento indeterminado, no inverno-primavera e no verão-outono. A soma térmica para cada fase fenológica foi calculada pelo acúmulo de temperatura no decorrer das mesmas. O híbrido San Vito apresentou filocrono superior ao Netuno no inverno-primavera, e no verão-outono ambos foram semelhantes. O requerimento térmico total para o cultivo de inverno-primavera foi de 1749,4 e 1717,5 graus dias para os híbridos San Vito e Netuno e de 1534,6 e 1495,2 graus dias no verão-outono, respectivamente. O híbrido Netuno foi mais precoce e apresentou período produtivo mais longo. No ciclo inverno-primavera, o maior requerimento térmico ocorreu na fase de maturação dos frutos, enquanto que no verão-outono ocorreu na fase de crescimento vegetativo. No verão-outono, o ciclo de ambos os híbridos foi menor, com produção mais precoce e concentrada dos frutos.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, estádios, emissão de folhas, temperatura, estações do ano.

ABSTRACT

Phenological characterization, phyllochron and thermal requirement of Italian tomato in two cropping seasons

The objective of this study was to evaluate the phyllochron and the thermal requirement of Italian tomato hybrids in different phenological phases and different cycles of cultivation. The experiments were carried out in the experimental area of the Federal University of Santa Maria campus Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul State, Brazil, in the years 2012 and 2013. The experimental design was a randomized block 2x2x5, with two tomato hybrids, two crop cycles and five phenological stages, with four replications. Hybrids San Vito and Neptune were evaluated, with indeterminate growth habit, during winter-spring and summer-autumn. Thermal needs for each phenological phase was calculated by the accumulation of temperature throughout each phase. Hybrid San Vito showed a phyllochron superior to Neptune in the winter-spring, but, both were similar in summer-autumn. The total thermal requirement for the winter-spring crop was 1749.4 and 1717.5 degrees days for San Vito and Neptune hybrids and 1534.6 and 1495.2 degrees days in the summer-autumn, respectively. Neptune hybrid was earlier and presented a longer production period. In the winter-spring cycle, the highest thermal requirement occurred in fruit maturation phase, while in the summer-fall, the highest thermal requirement occurred in the vegetative growth stage. During summer-autumn, the cycle of both hybrids was shorter, with early production and concentrated fruiting period.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, stage, leaf emission, temperature, solar radiation, season.

(Recebido para publicação em 21 de julho de 2015; aceito em 5 de abril de 2016)

(Received on July 21, 2015; accepted on April 5, 2016)

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortaliças mais difundidas. Em 2011, a produção mundial foi de 159,02 milhões de toneladas, sendo China, Índia e Estados Unidos os principais produtores, correspondendo a cerca de 49% da produção mundial (FAO, 2013). O Brasil é o oitavo produtor mundial e, em 2011 chegou a 4,42 milhões de toneladas em área de 69,31 mil ha, com produtividade estimada de

63,85 t/ha (FAO, 2013).

A grande variabilidade genética existente na espécie *Solanum lycopersicum* tem possibilitado o desenvolvimento de cultivares para atender às mais diversas demandas do mercado (Neitzke & Buttow, 2008). O grupo de tomate saladete, também chamado de italiano, é o mais novo no mercado, apresentando dupla aptidão, recomendado tanto para consumo *in*

natura quanto para processamento na indústria. Os frutos são alongados, biloculares, de polpa espessa, coloração vermelha intensa, firmes e adocicados (Alvarenga, 2004; Filgueira, 2008).

No Rio Grande do Sul, o tomateiro é cultivado tradicionalmente na safra de primavera, quando as condições de temperatura e radiação solar em elevação são mais adequadas para o crescimento das plantas. Porém, os preços

mais elevados desta hortaliça, ocorrem no outono, quando se verifica maiores dificuldades de cultivo. As elevadas temperaturas no início do outono e, após as baixas temperaturas do final desta estação, associadas à menor disponibilidade de radiação, consistem em entraves para o cultivo (Pereira *et al.*, 2002). Por outro lado, o cultivo de verão-outono pode ser uma alternativa, pois é época de entressafra, conferindo melhores preços de comercialização. Além disso, neste período existem restrições impostas pelas chuvas e maior incidência de pragas e doenças, em razão das condições climáticas (Goto, 1995).

O ciclo do tomateiro, conforme Alvarenga (2004), pode ser dividido em quatro fases: da sementeira ao transplante (três a quatro semanas), do transplante das mudas até o início do florescimento (quatro a cinco semanas), do florescimento ao início da colheita (cinco a seis semanas) e do início ao final da colheita. Dessa forma, a duração do ciclo, desde o transplante de mudas até a colheita, varia de 95 a 125 dias (Marouelli *et al.*, 2012). A duração de cada fase do desenvolvimento depende principalmente do genótipo, sanidade, nutrição e condições meteorológicas.

Fatores como temperatura, radiação solar e umidade do ar interferem significativamente nos processos de fotossíntese, crescimento, florescimento e frutificação, sendo que o tomateiro apresenta necessidades variáveis em cada fase do ciclo, sendo favorecido pelo clima ameno, seco e a alta luminosidade. A faixa de temperatura ideal para cultivo é de 20 a 25°C, durante o dia e de 11 a 18°C à noite. Além disso, a cultura requer uma faixa ótima de temperatura em cada fase fenológica, ou seja: germinação de 16 a 29°C, período vegetativo de 20 a 24°C; floração de 18 a 24°C; pegamento de frutos de 13 a 18°C noturna e de 19 a 25°C diurna e maturação dos frutos de 20 a 24°C (Silva & Nascimento, 2007; Filgueira, 2008). Porém tais condições nem sempre são observadas ao longo das estações do ano no Rio Grande do Sul.

As plantas apresentam limites de temperatura que acionam dispositivos metabólicos e abaixo destes, suas atividades fisiológicas são interrompidas, então, a soma de graus dia que a planta

necessita para completar parte ou todo o ciclo, tem sido utilizada para caracterizar as fases fenológicas e a produção das plantas (Martins *et al.*, 2007). Para a cultura do tomateiro, a temperatura base de crescimento é 10°C (Palaretti *et al.*, 2012).

O filocrono é uma das maneiras frequentemente utilizadas para calcular o número de folhas dos vegetais, nos modelos matemáticos, e relacionar o desenvolvimento vegetal com a temperatura do ar. É definido como o intervalo de tempo entre o aparecimento de duas folhas sucessivas na haste principal (Xue *et al.*, 2004; Streck *et al.*, 2005b), tendo como unidade de tempo a soma térmica, °C dia (McMaster & Smika, 1988).

O conhecimento das necessidades térmicas do desenvolvimento vegetativo, como, emissão de folhas, é vital para aperfeiçoar as estratégias de manejo e escolher as cultivares mais adaptadas às condições climáticas de cultivo (Pérez-Lopez *et al.*, 2008). Porém, estudos desta natureza para o tomate italiano, são escassos nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o filocrono e o requerimento térmico de híbridos de tomateiro italiano nas diferentes fases fenológicas e em diferentes ciclos de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em campo, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen (27°23'48"S; 53°25'45"O; 490 m de altitude), no período compreendido entre agosto de 2012 a maio de 2013. Segundo Köppen, o clima é subtropical úmido, tipo Cfa, e o solo predominante é classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico (Embrapa, 1999).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, no esquema 2x2x5 com dois híbridos de tomateiro, dois ciclos de cultivo, cinco fases fenológicas e quatro repetições. Foram utilizados os híbridos de tomate com frutos tipo italiano San Vito e Ne-

tuno, cultivados nos ciclos de inverno-primavera e verão-outono. Os híbridos apresentam hábito de crescimento indeterminado, sendo que o Netuno apresenta ciclo com duração média de 95 dias pós-transplante, enquanto que o híbrido San Vito apresenta ciclo médio pós transplante de 115-120 dias (Embrapa, 2003). As observações fenológicas foram realizadas diariamente, mediante observação visual das plantas. Foram registradas as datas de aparecimento e duração das fases fenológicas, de acordo com escala proposta por Alvarenga (2004): sementeira até transplante (fase I); transplante até 70-80% do desenvolvimento vegetativo (fase II); início do florescimento até início da colheita (fase III); início ao fim da colheita (fase IV).

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido, de 200 células, contendo substrato comercial, em sistema floating, onde as mesmas permaneceram sobre uma lâmina constante de água. Para o cultivo de inverno-primavera, a sementeira foi realizada em agosto de 2012 e o transplante das mudas a campo ocorreu em setembro de 2012, para ambos os híbridos. Para o cultivo de verão-outono a sementeira foi realizada em dezembro de 2012 e o transplante ocorreu em janeiro de 2013, para ambos os híbridos. O transplante ocorreu quando as mudas apresentavam cinco folhas definitivas.

O preparo do solo para cultivo das plantas foi realizado no sistema convencional, iniciando pela dessecção total da área, aração, gradagem e posterior formação dos sulcos de cultivo, com aproximadamente 20 cm de profundidade e aplicação da adubação de base. A análise de solo apresentou pH 6,1, argila de 64%, P 6,7 mg/L, K 239,5 mg/L, MO 2,9%, CTC 11,3, Ca 5,7 cmolc/L e B 0,4 mg/L, não havendo a necessidade da calagem. A adubação para a cultura seguiu a recomendação da comissão de química e fertilidade do solo (CQFSRS/SC, 2004), sendo que as determinações das quantidades e nutrientes a serem aplicados foram feitas de acordo com a análise de solo e a estimativa de rendimento. Foram utilizados os nutrientes N (150 kg/ha), P (300 kg/ha) e K (125 kg/ha), sendo 2/3 da adubação em pré-

-plantio e 1/3 na amontoa, aplicados na linha de cultivo.

As plantas foram conduzidas verticalmente no campo, em haste única, utilizando-se fitilho para tutoramento. Neste sistema, a planta é tutorada por fitilho preso a dois fios de arame horizontais e paralelos, o primeiro a 10 cm e o segundo a 1,8 m em relação ao solo. Foi utilizado espaçamento de 1,0x0,5 m entre e dentro das fileiras, contendo 4 linhas por bloco, sendo as duas centrais destinadas à avaliação e duas para bordadura. Foram selecionadas 20 plantas por híbrido, em cada bloco, para avaliação da duração de cada fase fenológica.

A irrigação da cultura foi realizada por gotejamento, com emissores espaçados a 50 cm, a quantidade, tempo e espaçamento do turno de rega levou em consideração a necessidade da cultura e os dados da estação meteorológica.

A amontoa foi realizada 20 dias após o transplante, em conjunto com a primeira adubação de cobertura, na qual foram aplicados os nutrientes nitrogênio e potássio, nas doses de 20 kg/ha de N e 30 kg/ha de K₂O₅. A adubação de cobertura foi parcelada em aplicações com intervalos de 10 dias, feita manualmente na lateral das plantas. Foram realizadas operações de desbrota, a cada dois dias e a retirada das folhas do baixeiro das pencas que já haviam produzido frutos. A poda apical foi realizada após a emissão da sétima inflorescência, pois conforme recomendação para a cultura, as plantas são conduzidas com uma haste e com seis a oito inflorescências por planta.

O controle de plantas invasoras e os tratamentos fitossanitários foram realizados conforme a necessidade e de acordo com as recomendações técnicas da cultura. O controle das plantas daninhas foi realizado com capina manual. Já o controle de pragas foi realizado para a vaquinha (*Diabrotica speciosa*) com Engeo Maxx (50 mL/100L de água) e broca (*Neoleucinodes elegantalis*) com Lannate Br (100 mL/100L de água). Realizou-se a aplicação de cálcio (CaCl₂ a 0,6%) via floral, para evitar a ocorrência de podridão apical nos frutos, realizada com pulverizador manual e aplicação dirigida para as estruturas florais, que tiveram início na antese, quando do aparecimento da primeira

estrutura floral até o final da frutificação.

A contagem do número de folhas visíveis na haste principal foi realizada duas vezes por semana. As folhas foram consideradas visíveis quando apresentavam pelo menos 1,0 cm de comprimento.

Os dados meteorológicos referentes aos dois ciclos de cultivo foram coletados de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a aproximadamente 200 m do experimento. Registrou-se a temperatura média, mínima e máxima diária e a temperatura média diurna e noturna (a partir do nascer e pôr do sol) durante o desenvolvimento da cultura do tomateiro, nas duas épocas de cultivo.

Os graus dia diários (GDD, °C dia) foram calculados conforme Streck *et al.* (2005a):

$$GDD = (T_{\text{média}} - T_b) * 1 \text{ dia, quando } T_b < T_{\text{média}} \leq T_{\text{ot}} \quad (1)$$

$$GDD = [(T_{\text{ot}} - T_b) * (T_{\text{média}} - T_{\text{max}})] / (T_{\text{ot}} - T_{\text{max}}) * 1 \text{ dia, quando } T_{\text{ot}} < T_{\text{média}} \leq T_{\text{max}} \quad (2)$$

em que T_b, T_{ot} e T_{max} são as temperaturas cardinais (base, ótima e máxima, respectivamente) de emissão de folhas. Foram assumidos T_b = 10°C, T_{ot} = 22°C e T_{max} = 34°C (Silva & Giordano, 2000). A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir do transplante foi calculada acumulando-se o GDD, ou seja STa = ΣGDD.

O plastocrono foi considerado como sendo o inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o número de

folhas acumuladas na haste principal e a soma térmica acumulada (Streck *et al.*, 2005b).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias analisadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização dos experimentos, nos dois cultivos, observaram-se variações na temperatura do ar (Tabela 1). Na maior parte do período experimental, a temperatura ficou dentro da faixa tolerável para o desenvolvimento da cultura, que segundo Alvarenga (2004) é de 10 a 35°C. Houve registro de temperaturas abaixo do tolerável durante as fases de produção das mudas (fase I) e crescimento vegetativo (fase II) no primeiro ciclo de cultivo e nas fases de florescimento a início da frutificação (fase III) e maturação dos frutos (fase IV) para o segundo ciclo de cultivo.

Durante o período de formação das mudas, constatou-se que nos dois ciclos de cultivo a temperatura média ficou dentro da faixa recomendada para a cultura, que varia de 16 a 29°C (Silva & Nascimento, 2007; Filgueira, 2008). Porém, no cultivo de verão-outono as temperaturas médias (máxima, mínima e média), foram mais elevadas em comparação com o inverno-primavera.

No período de crescimento vegetativo observou-se que no ciclo de

Tabela 1. Média da temperatura do ar registrada durante os ciclos de Inverno-primavera e verão-outono (average air temperature recorded during the spring-summer and summer-autumn seasons). Frederico Westphalen, UFSM, 2014.

Fases	Inverno-primavera (°C)			Verão-outono (°C)		
	Tmax	Tmed	Tmin	Tmax	Tmed	Tmin
I	29,8	18,5	4,2	33,8	23,7	16,2
II	33,5	19,5	2,3	35,2	22,0	11,4
III	34,0	22,2	13,1	31,2	19,3	6,0
IV	34,3	23,9	14,5	29,0	17,0	4,6
Média	32,9	21,0	8,5	32,3	20,5	9,6

Fases I: semeadura até transplante; II: transplante até 70-80% desenvolvimento vegetativo; III: início do florescimento até início da colheita; IV: início até fim da colheita (Age: I: sowing to transplanting; II: transplantation up to 70-80% vegetative development; III: early flowering to early harvest; IV: beginning to end of the harvest); temperaturas do ar obtidas durante as estações inverno-primavera e verão-outono (air temperature recorded during seasons winter-spring and summer-autumn).

Tabela 2. Soma térmica acumulada em cada fase fenológica de dois híbridos de tomateiro italiano em sistema convencional, no ciclo inverno-primavera e verão-outono (thermal time at each phenological stage in two Italian tomato hybrids in conventional system, at winter-spring and summer-autumn). Frederico Westphalen, UFSM, 2014.

Fases	Inverno-primavera		Verão-outono	
	Netuno	San Vito	Netuno	San Vito
	(Graus dias)			
I	350,3 aB*	350,3 aB	405,9 aA	405,9 aA
II	326,6 aB	288,9 bB	503,0 aA	436,0 bA
III	387,5 bA	452,9 aA	277,4 bB	379,3 aB
IV	654,8 aA	573,5 bA	319,0 aB	236,6 bB
Total**	1749,4 aA	1717,5 bA	1534,6 aB	1495,2 bB
CV (%)	8,0			

*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha, não diferem os híbridos no mesmo ciclo e maiúsculas na coluna, não diferem o mesmo híbrido nas épocas distintas pelo teste de Tukey a 5% de significância (means followed by the same letter, lowercase on the line, indicate no difference among hybrids at the same time and uppercase letters on the column, indicate no difference among hybrids in different seasons, Tukey test, 5%); **total da sementeira ao final da colheita (total from sowing to the final harvest). Fases I: sementeira até transplante; II: transplante até 70-80% desenvolvimento vegetativo; III: início do florescimento até início da colheita; IV: início até fim da colheita (ages: I: sowing to transplanting; II: transplantation up to 70-80% vegetative development; III: early flowering to early harvest; IV: beginning to end of the harvest).

Tabela 3. Filocrono e número de folhas de dois híbridos de tomateiro italiano em dois ciclos de cultivo (phyllochron and number of leaves in two hybrids of Italian tomatoes in two cropping seasons). Frederico Westphalen, UFSM, 2014.

Híbridos	Filocrono (°C dia)		Folhas (nº planta)	
	Ciclos de cultivo			
	Inverno-primavera	Verão-outono	Inverno-primavera	Verão-outono
San Vito	21,6aB	23,1aA	25,4bA	26,2aA
Netuno	20,1bB	23,4aA	26,9aA	26,1aA
CV (%)	8,18		5,46	

*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (means followed by the same letter, lowercase in the column and uppercase in the line, do not differ, Tukey test, 5% significance).

inverno-primavera a temperatura média se manteve abaixo dos 20°C. Porém, no verão-outono a temperatura média ficou dentro da faixa ideal. De acordo com Filgueira (2008), a temperatura ideal para esta fase é de 20 a 24°C.

Durante o florescimento e início da frutificação verificou-se que em ambos os cultivos a temperatura média permaneceu dentro da faixa recomendada para a cultura, que segundo Filgueira (2008) e Silva & Nascimento (2007) é de 18 a 24°C. Porém, no verão-outono, observou-se a ocorrência de temperaturas mais amenas, ficando a mínima

abaixo do tolerável para a cultura, que segundo Alvarenga (2004) é de 10°C.

A faixa de temperatura ideal para o período de maturação dos frutos é de 20 a 24°C (Silva & Nascimento, 2007; Filgueira, 2008) e, avaliando esta fase observou-se que no inverno-primavera a temperatura média permaneceu dentro do recomendado (23,9°C); no entanto, no verão-outono a temperatura ficou abaixo (17°C).

No verão-outono, a ocorrência de temperaturas mais baixas, ocasionou a maturação concentrada dos frutos e, consequentemente a redução do ciclo

de cultivo, pois as plantas, quando submetidas a condições de estresse, alteram o metabolismo de maneira que não prejudique o desenvolvimento normal da planta (Embrapa, 2006). A aceleração/redução do ciclo é devida à elevada respiração, resposta da planta às condições de stress.

A radiação solar global incidente, observada oscilou entre o valor máximo de 32,4 MJ/m²/dia, mínimo de 0,14 MJ/m²/dia e com média de 17,6 MJ/m²/dia para o primeiro cultivo e 31,5 MJ/m²/dia máximo, mínimo de 1,35 MJ/m²/dia, e 17,5 MJ/m²/dia de média para o segundo cultivo. Nos dois ciclos de cultivo observaram-se valores acima e abaixo do nível trófico para a cultura (Figura 1).

No cultivo de inverno-primavera a radiação solar foi menor no início do ciclo, aumentando no decorrer do mesmo, sendo que os valores mais elevados foram encontrados durante a fase de maturação dos frutos. No cultivo de verão-outono observou-se tendência oposta, onde a radiação é mais elevada no início do ciclo, com decréscimo no decorrer do mesmo. Também se verificou que nas fases de formação das mudas e crescimento vegetativo no cultivo de inverno-primavera e nas fases de florescimento, frutificação e maturação dos frutos no ciclo verão-outono, a radiação solar permaneceu por vários dias abaixo do limite trófico para a cultura.

Segundo Andriolo (2000), o nível de radiação solar para o tomateiro produzir o mínimo de fotoassimilados necessários à sua manutenção é de aproximadamente 8,4 MJ/m²/dia, no entanto, as plantas que estão em plena frutificação exigem níveis de radiação mais elevados do que plantas em início de crescimento vegetativo. Porém, quando a radiação disponível diminui no decorrer do ciclo da cultura, uma competição passa a existir pelos assimilados entre as partes vegetativas e os frutos.

Em ambos os cultivos pode-se observar os efeitos fisiológicos dos diferentes níveis de radiação recebidos pelas plantas. No cultivo de verão-outono observou-se que a maior quantidade de radiação solar recebida nas fases iniciais foi de grande importância para o desenvolvimento inicial das plantas, com maior porcentagem de germinação

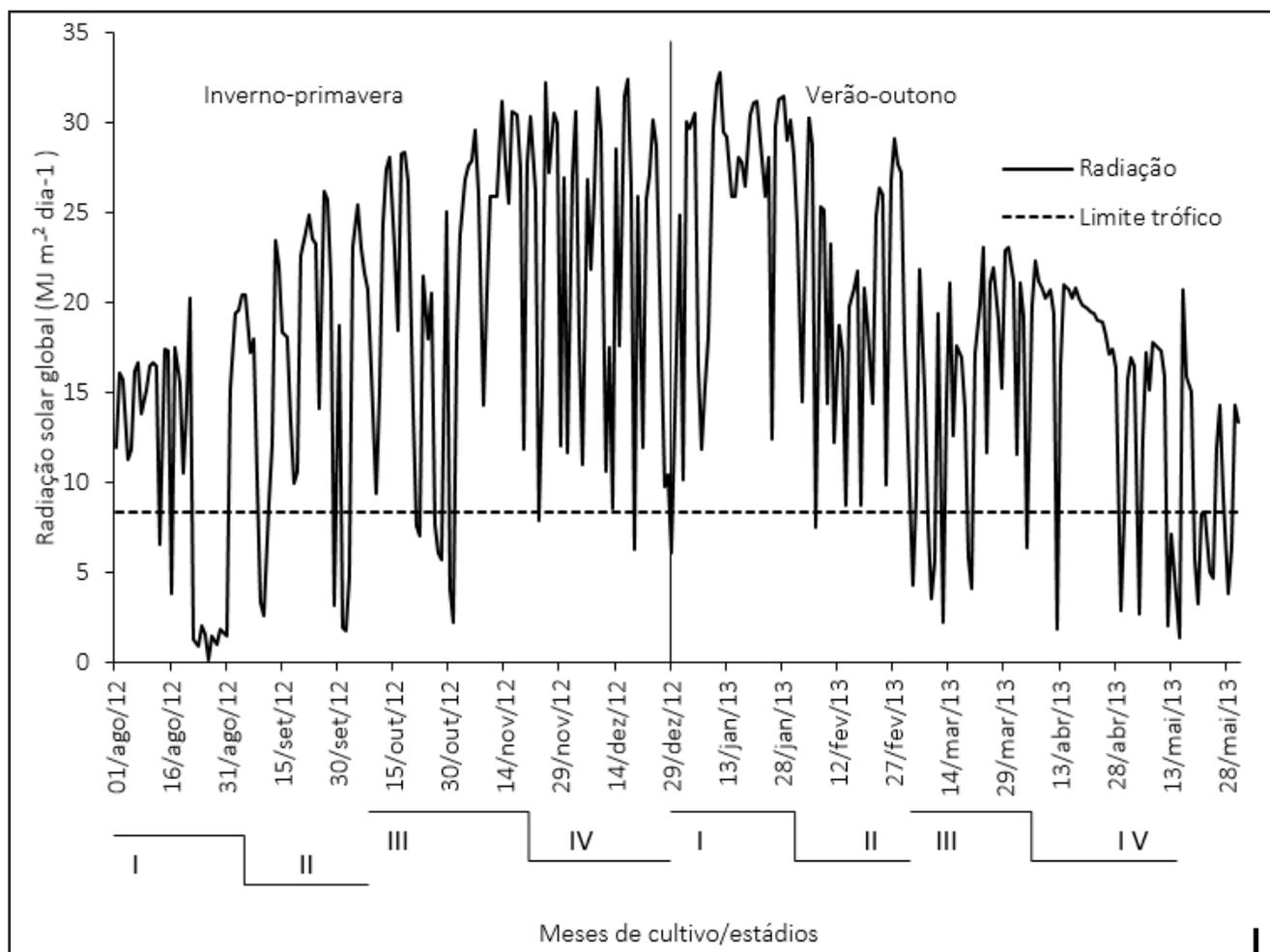


Figura 1. Média da radiação solar global registrada durante as épocas de inverno-primavera e verão-outono (average global solar radiation recorded during winter-spring and summer-autumn). Frederico Westphalen, UFSM, 2014.

em curto espaço de tempo e maior crescimento das plantas em altura. Porém a diminuição da radiação solar nas fases de floração, frutificação e maturação dos frutos, neste mesmo ciclo de cultivo, ocasionou menor produção de fotoassimilados gerando competição entre a parte vegetativa e reprodutiva da planta.

A umidade relativa do ar, durante os dois ciclos de cultivo, permaneceu na faixa de 63 a 80%. A média para o cultivo de inverno-primavera foi de 71% e para o cultivo de verão-outono de 76%. De acordo com Guimarães *et al.* (2007), a faixa de umidade relativa do ar diária mais indicada para esta cultura varia de 50 a 70%.

De acordo com a análise estatística, houve interação significativa época x híbrido, para a soma térmica acumulada e para a interação época x híbrido para a variável número de folhas, enquanto

que para a variável filocrono houve efeito significativo somente para o fator época de cultivo.

Com relação à soma térmica acumulada na fase de formação das mudas, que compreende o período da sementeira ao transplante das mudas, observou-se que os híbridos não apresentaram diferença no acúmulo térmico dentro da mesma época, sendo que no verão-outono o acúmulo foi maior para ambos os híbridos. O acúmulo térmico para ambos os híbridos foi de 350,3 e 405,9 para os cultivos de inverno-primavera e verão-outono, respectivamente.

No inverno-primavera, na fase I, o acúmulo térmico foi menor em decorrência de temperaturas mais baixas associadas à menor disponibilidade de radiação solar, que chegou a ser inferior ao limite trófico para a cultura. Enquanto que no verão-outono, a temperatura do

ar foi mais elevada, ocasionando maior acúmulo térmico. A temperatura e a radiação solar têm um efeito importante sobre o desenvolvimento vegetativo da planta; o aumento da radiação solar pode elevar a produção de fotoassimilados e sua disponibilidade para o crescimento das plantas (Andriolo, 2000).

Palaretti *et al.* (2012), avaliando a soma térmica no desenvolvimento dos estádios do tomateiro cv. Sheila em Pará de Minas-MG, encontraram 220 graus dias durante a fase de sementeira e transplante das mudas. Estes dados são inferiores aos encontrados neste estudo para os dois ciclos em que os híbridos foram cultivados, em razão das diferenças climáticas entre os dois locais de cultivo, pois no caso deste trabalho a ocorrência de temperaturas mais elevadas proporcionou maior acúmulo térmico para atingir esta fase.

Na fase de crescimento vegetativo, que compreende o período do transplante ao desenvolvimento vegetativo, observou-se que no verão-outono o acúmulo térmico foi maior para ambos os híbridos, sendo que o híbrido Netuno apresentou maior acúmulo térmico que o San Vito em ambos os ciclos de cultivo (Tabela 2), o que pode ter ocorrido em função de uma maior sensibilidade deste em relação à ocorrência de baixas temperaturas.

O menor acúmulo térmico na fase II, para o inverno-primavera, se justifica pela ocorrência de picos de temperatura abaixo da temperatura base para a cultura, pois estas foram limitantes para o crescimento vegetativo das plantas, devido à queda na velocidade das reações enzimáticas das plantas, reduzindo consequentemente o crescimento e o desenvolvimento das mesmas (Caliman *et al.*, 2005). Ainda, conforme Caliman *et al.* (2005), o menor crescimento vegetativo das plantas causa aumento no ciclo total da cultura e maior exigência térmica para completar o ciclo final.

De acordo com Alvarenga (2000), em condições de temperatura abaixo de 10°C, o desenvolvimento da cultura pode ser prejudicado, havendo uma diminuição na taxa de crescimento, aumentando assim o ciclo da cultura. Palaretti *et al.* (2012), avaliando a soma térmica no desenvolvimento das fases do tomateiro cv. Sheila em Minas Gerais, encontraram 118 graus dias durante a fase de crescimento vegetativo. Estes dados são bem inferiores aos encontrados neste estudo para os dois ciclos em que os híbridos foram cultivados, no entanto a cv. Sheila pertence ao grupo salada, os quais possuem a fase vegetativa menos extensa.

Na fase de florescimento e início da frutificação observou-se maior acúmulo térmico no inverno-primavera para ambos os híbridos, sendo que o San Vito apresentou maior acúmulo nos dois ciclos. A redução na disponibilidade de radiação solar, associada às elevadas temperaturas do início do verão-outono, fez com que as plantas atingissem a soma térmica necessária, chegando à fase de florescimento antecipadamente, alterando seu ciclo de acordo com as condições térmicas da época (De Fina &

Ravello, 1972). O florescimento envolve uma sequência de etapas com profundas mudanças, sendo altamente influenciado pelas condições ambientais, e as plantas têm a habilidade de detectar as variações do ambiente permitindo que determinado evento aconteça dentro das condições favoráveis.

Palaretti *et al.* (2012), avaliando a soma térmica no desenvolvimento dos estádios do tomateiro cv. Sheila em Minas Gerais, encontraram 602 graus dias durante a fase de florescimento e frutificação. Estes dados são superiores aos encontrados neste estudo para os dois ciclos em que os híbridos foram cultivados. O maior acúmulo térmico para a cv. Sheila nesta fase se justifica pelo genótipo ser do grupo salada, o qual apresenta maior período produtivo.

Analisando a fase de maturação dos frutos, observou-se que no inverno-primavera o acúmulo térmico foi maior para ambos os híbridos, sendo que o híbrido Netuno apresentou maior acúmulo nos dois ciclos. Essa diferença no acúmulo térmico pode ser atribuída a uma menor suscetibilidade do híbrido Netuno perante as oscilações de temperatura, com menor efeito negativo na maturação dos frutos, não interferindo na duração desta fase.

No cultivo de verão-outono, o menor acúmulo térmico para ambos os híbridos pode ter sido influenciado pela menor disponibilidade de radiação solar e a ocorrência de baixas temperaturas, ocorrendo com isso maturação mais concentrada dos frutos, pois as plantas, quando submetidas a estresse, tendem a reduzir o ciclo (Embrapa, 2006).

Palaretti *et al.* (2012), avaliando a soma térmica no desenvolvimento dos estádios do tomateiro cv. Sheila em Pará de Minas-MG encontraram 609 graus dias durante a fase de produção dos frutos. Estes dados são bem inferiores aos encontrados neste estudo para ambos os híbridos cultivados no verão-outono e semelhantes aos encontrados para os híbridos cultivados no inverno-primavera, que é a época recomendada para cultivo. Neste trabalho, no ciclo outono-inverno, os dados foram bem inferiores em função da baixa temperatura ocorrida nesta época.

Verificou-se que o híbrido Netuno

foi mais precoce que o San Vito nos dois ciclos de cultivo, necessitando de menor acúmulo térmico para completar a fase de maturação dos frutos, apresentando florescimento antecipado e maior período produtivo.

Com relação ao ciclo total, observou-se no inverno-primavera que ambos os híbridos necessitaram de maior acúmulo térmico para completar seu ciclo, sendo que nos dois ciclos, o híbrido Netuno necessitou de maior acúmulo térmico (Tabela 2). Neste ciclo, as condições meteorológicas foram mais adequadas ao desenvolvimento da cultura, assim os híbridos apresentaram seu máximo desempenho.

Palaretti *et al.* (2012), avaliando a soma térmica no desenvolvimento dos estádios do tomateiro cv. Sheila em Pará de Minas-MG, encontraram acúmulo térmico de 1548 graus dias para o ciclo total da cultura. Esses dados são semelhantes aos encontrados neste estudo para o verão-outono e inferiores aos encontrados no inverno-primavera. Essa semelhança dos resultados com o verão-outono se deve pela semelhança nas condições meteorológicas da época de cultivo do experimento citado acima.

Analisando todas as fases fenológicas, observou-se no cultivo de inverno-primavera que o maior acúmulo térmico ocorreu durante a fase de maturação dos frutos, e ambos os híbridos apresentaram período produtivo mais longo. No verão-outono, o maior acúmulo térmico ocorreu durante a fase de crescimento vegetativo, devido à temperatura do ar ser mais adequada para o desenvolvimento da cultura. Após esta fase observou-se redução do ciclo total em consequência das temperaturas mais baixas.

Para a variável filocrono observou-se que no cultivo de inverno-primavera o híbrido San Vito apresentou valor superior ao Netuno; isso significa que o San Vito necessitou de maior quantidade de energia (°C) para emitir uma folha (Tabela 3). A diferença entre o filocrono dos híbridos para este ciclo foi de 1,5°C dia/folha. Desempenho semelhante foi encontrado por Maldaner *et al.* (2009) que, avaliando o filocrono em berinjeleira, da mesma família do tomateiro, encontrou valores de 22,3°C dia/folha para

berinjela conduzida com uma haste.

Dados diferentes foram encontrados por Pivetta *et al.* (2007) que, avaliando distintos genótipos de tomateiro, em cultivo em estufa, encontraram valores de filocrono variando de 14,2 a 16,9°C dia/folha. Essa diferença se justifica pela variação das condições meteorológicas nos ambientes de cultivo, onde no cultivo em estufa tem-se maior controle destes elementos, assim necessitando de menor quantidade de energia para emissão das folhas, enquanto que a campo a cultura está exposta a todo o momento às variações do ambiente.

O mesmo desempenho não foi observado no cultivo de verão-outono, onde os híbridos apresentaram desempenho semelhante, indicando que, os mesmos necessitam a mesma quantidade de energia (°C) para emitir uma folha. A diferença de filocrono entre os híbridos nesta época foi de 0,30°C dia/folha. Isso indica que as épocas caracterizadas por baixas temperaturas tendem a alongar o ciclo da cultura, ou acelerar se ocorrer na maturação.

Ambos os híbridos apresentaram desempenho distinto entre as épocas de cultivo, com valores de filocrono superiores no verão-outono, com diferença entre os ciclos de cultivo de 1,5°C dia/folha para o San Vito e 3,3°C dia/folha para o Netuno. Esses dados são semelhantes aos encontrados por Streck *et al.* (2005b) para a cultura do melão, em que o filocrono variou com época de cultivo desta cultura olerícola.

O filocrono geralmente varia com a época de cultivo (Streck *et al.*, 2005a), pois este é altamente influenciado pela temperatura do ar. Para a cultura do tomate, temperaturas abaixo de 10°C ocasionam redução da taxa de crescimento vegetativo, bem como a taxa e velocidade de emissão das folhas (Alvarenga, 2000; Andriolo, 2000). Diferenças de filocrono entre os ciclos de cultivo também foram relatadas para espécies cultivadas, tais como trigo, cevada e pastagens (Kirby, 1995), lírio (Streck *et al.*, 2004) e batata (Paula *et al.*, 2005).

As razões para maiores valores de filocrono no verão-outono se devem a variação na temperatura do ar ocorrida neste período, que tem um papel

importante nessa resposta, afetando a velocidade de emissão de folhas, como acontece em trigo (Streck *et al.*, 2003) e em batata (Paula *et al.*, 2005). Neste ciclo de cultivo, os dias começam a ficar mais curtos e a temperatura mais amena; com isso tem-se menor disponibilidade de radiação solar, conseqüentemente menor acúmulo diário de energia e maior quantidade de energia necessária para emitir folhas.

Na avaliação do número de folhas emitidas pelas plantas de tomate, observou-se que ambos os híbridos apresentaram desempenho semelhante entre os ciclos de cultivo (Tabela 3). No ciclo de inverno-primavera, o híbrido Netuno, apresentou maior número de folhas que o San Vito, o mesmo não pode ser observado no ciclo de verão-outono, onde o desempenho de ambos os híbridos foi semelhante. Estes resultados são corroborados por Andriolo (2000) que, avaliando o híbrido longa vida “Diva”, cultivado em estufa, encontraram número de folhas em plantas conduzidas com uma haste de 27 folhas/planta na primavera e 37 folhas/planta no outono.

Os valores médios de número de folhas para a maioria das cultivares de tomateiro variam de 20 a 28 para plantas conduzidas com uma haste e sete inflorescências. Geralmente a maior variação ocorre até a emissão da primeira inflorescência; após, o número é constante (3 folhas por inflorescência). O número de folhas emitidas na planta, e sua velocidade de emissão são fatores importantes, pois estão relacionados com o surgimento de outros órgãos, expansão da área foliar, interceptação da radiação solar, fotossíntese e acúmulo de fitomassa (Xue *et al.*, 2004).

Analisando o filocrono e a emissão de folhas em conjunto, observou-se que no inverno-primavera os híbridos necessitam de menor quantidade de energia para emitir uma folha, quando comparado com o cultivo de verão-outono. Neste mesmo ciclo de cultivo, o híbrido Netuno emitiu maior quantidade de folhas que o San Vito, com menor necessidade de energia. No cultivo de verão-outono não houve diferença entre filocrono e emissão de folhas para os híbridos cultivados.

O ciclo da cultura, do transplante

até a colheita, no primeiro cultivo foi de 117 e 121 dias para os híbridos San Vito e Netuno, respectivamente. No segundo cultivo foi de 104 e 111 dias para os híbridos San Vito e Netuno, respectivamente. Da sementeira até a colheita final os híbridos Netuno e San Vito necessitam de 1749,4 e 1717,5 graus dias no inverno-primavera e de 1534,6 e 1495,2 graus dias no verão-outono, respectivamente.

Dentre as fases fenológicas, no inverno-primavera, o maior requerimento térmico ocorreu durante a fase de maturação dos frutos, enquanto que no verão-outono ocorreu durante a fase de crescimento vegetativo. No ciclo verão-outono, o ciclo de cultivo de ambos os híbridos foi menor, com produção mais precoce e concentrada dos frutos.

Do ponto de vista climático, os resultados observados neste estudo demonstram que o cultivo de tomateiro italiano a campo no Rio Grande do Sul, no verão-outono é uma prática viável, desde que seja realizada a sementeira antecipada da cultura, de modo que as baixas temperaturas do final do ciclo de cultivo não afetem drástica e negativamente a fisiologia da planta.

Conhecendo-se as necessidades térmicas de cada fase fenológica do tomateiro pode-se identificar as melhores épocas de plantio/semear, de maneira que as fases mais críticas de cultivo, como crescimento vegetativo e florescimento não coincidam com as condições meteorológicas prejudiciais para a cultura, buscando-se uma produção escalonada com colheitas em épocas de menor oferta de produto e conseqüentemente maior procura.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, MAR. 2000. *Cultura do tomateiro*. Lavras: UFLA. 91p.
- ALVARENGA, MAR. 2004. *Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA. 400p.
- ANDRIOLO, JL. 2000. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 18: 26-33.
- CALIMAN, FRB; SILVA, DJH; FONTES, PCR; STRINGHETA, PC; MOREIRA, GR; CARDOSO, AA. 2005. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de

- Viçosa. *Horticultura Brasileira* 23: 255-259.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-CQFSRS/SC. 2004. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul.
- DE FINA, AL; RAVELLO, AC. 1972. *Climatologia y fenología agrícolas*. Buenos Aires: EUDEBA, 281p.
- EMBRAPA. 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro. 412p.
- EMBRAPA. 2006. Cultivo de tomate para industrialização. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/colheita.html
- EMBRAPA. 2003. *Tomate San Vito*. Brasília: Embrapa Hortaliças (folder).
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013, 13 de fevereiro. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org/>
- FILGUEIRA, FAR. 2008. *Novo manual de olericultura*. Viçosa: UFV. 421p.
- GOTO, R. 1995. Manejo nutricional no cultivo de hortaliças em estufa. In: 9^o Encontro de Hortaliças, 6^o Encontro de Plasticultura da Região Sul, Maringá. *Anais*, Universidade Estadual de Maringá. p.11-18.
- GUIMARÃES, MA; CALIMAN, FRB; SILVA, DJH; FLORES, MP; ELSAYED, AYAM. 2007. Exigências climáticas da cultura do tomateiro. In: SILVA, DJH; VALE, FXR (eds). *Tomate: Tecnologia de produção*. 85-99p.
- KIRBY, EJ. 1995. Factors affecting rate of emergence in barley and wheat. *Crop Science*, Madison 35: 11-19.
- MALDANER, IC; GUSE, FI; STRECK, NA; HELDWEIN, AB; LUCAS, DDP; LOOSE, LH. 2009. Filocrono, área foliar e produtividade de frutos de berinjela conduzidas com uma e duas hastes por planta em estufa plástica. *Ciência Rural* 39: 3.
- MARQUELLI, WA; SILVA, HR; SILVA, WLC. 2012. *Irrigação do tomateiro para processamento*. Brasília: Embrapa Hortaliças 24p.
- MARTINS, FB; SILVA, JC; STRECK, NA. 2007. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. *Revista Arvore* 31: 373-381.
- McMASTER, GS; SMIKA, DE. 1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. *Agricultural and Forest Meteorology* 43: 1-18.
- NEITZKE, RS; BUTTOW, MV. 2008. Tomate: presente dos astecas para a gastronomia mundial. In: BARBIERI, RL; STUMPF, ERT (coord). *Origem e evolução de plantas cultivadas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica 35: 803-818.
- PALARETTI, LF; MANTOVANI, EC; SILVA, DJH; CECON, PR. 2012. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. *Revista Brasileira de Agricultura* 6: 240-246.
- PAULA, FLM; STRECK, NA; HELDWEIN, AB; BISOGNIN, DA; PAULA, AL; DELLAI, J. 2005. Soma térmica de algumas fases de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). *Ciência Rural* 35:1034-1042.
- PEREIRA, AR; ANGELOCCI, LR; SENTELHAS, PC. 2002. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 478p.
- PÉREZ-LÓPEZ, D; RIBAS, F; MORIANA, A; RAPOPORT, HF; DE JUAN, A. 2008. Influence of temperature on the growth and development of olive (*Olea europaea* L.) trees. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 83: 171-176.
- PIVETTA, CR; TAZZO, IF; MAASS, GF; STRECK, NA; HELDWEIN, AB. 2007. Emissão e expansão foliar em três genótipos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Ciência Rural* 37: 1274-1280.
- SILVA, JBC; GIORDANO, LB. 2000. *Tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 168p.
- SILVA, SC; NASCIMENTO, DJ. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36: 121-138.
- STRECK, NA; BELLÉ, RA; HELDWEIN, AB; BURIOL, GA; SCHUH, M. 2004. Estimating the phyllochron in lily (*Lilium longiflorum* Thumb.). *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 12: 355-358.
- STRECK, NA; BELLÉ, RA; ROCHA, EK; SCHUH, ML. 2005b. Estimating leaf appearance and phyllochron in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Ciência Rural* 35: 1448-1450.
- STRECK, NA; TIBOLA, T; LAGO, I; BURIOL, GA; HELDWEIN, AB; SCHNEIDER, FM; ZAGO, V. 2005a. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. *Ciência Rural* 35: 1275-1280.
- STRECK, NA; WEISS, A; XUE, Q; BAENZIGER, PS. 2003. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. *Annals of Botany* 92: 181-190.
- XUE, Q; WEISS, A; BAENZIGER, PS. 2004. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. *Ecological Modeling* 175: 261-270.