

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE**

Oscar Valeriano Sánchez Valera

**TEMPERATURA BASE, SOMA TÉRMICA, PLASTOCRONO E
DURAÇÃO DAS FASES FENOLÓGICAS DE CULTIVARES DE
PIMENTA BIQUINHO**

Frederico Westphalen, RS
2017

Oscar Valeriano Sánchez Valera

**TEMPERATURA BASE, SOMA TÉRMICA, PLASTOCRONO E DURAÇÃO DAS
FASES FENOLÓGICAS DE CULTIVARES DE PIMENTA BIQUINHO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Denise Schmidt

Frederico Westphalen, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Sánchez Valera, Oscar Valeriano
Temperatura base, soma térmica, plastocrono e duração das fases fenológicas de cultivares de pimenta biquinho / Oscar Valeriano Sánchez Valera.- 2017.
70 p.; 30 cm

Orientadora: Denise Schmidt
Coorientador: Braulio Otomar Caron
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2017

1. Capsicum chinense 2. Graus dia 3. Emissão de nós
4. Desenvolvimento vegetal I. Schmidt, Denise II. Otomar Caron, Braulio III. Título.

© 2017

Todos os direitos autorais reservados a Oscar Valeriano Sánchez Valera. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: oscar.valera@live.com.mx

Oscar Valeriano Sánchez Valera

**TEMPERATURA BASE, SOMA TÉRMICA, PLASTOCRONO E DURAÇÃO DAS
FASES FENOLÓGICAS DE CULTIVARES DE PIMENTA BIQUINHO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 21 de fevereiro de 2017:

Denise Schmidt, Dr^a. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Durval Dourado Neto, Dr. (Esalq/USP)

Gizelli Moiano de Paula, Dr^a. (UFSM)

Frederico Westphalen, RS
2017

DEDICATÓRIA

A Deus, pelo presente da vida, aos meus pais Valeriano Sánchez Jaime e Isabel Valera Castillo, meus irmãos Jose Eduardo, Keren Daniela e Valeria, à minha noiva Rebeca Cortes Garcia, por serem a fonte da minha felicidade, fortaleza e inspiração, dedico-lhes este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por me outorgar a vida, saúde e ser minha rocha forte na tribulação.

Aos meus pais, Valeriano Sánchez Jaime e Isabel Valera Castillo, pelas orações e conselhos outorgados, por terem me educado com os valores que regem a homem no céu e na Terra. Pela valiosa compreensão e justo apoio. Sobre tudo, pelo grande amor sempre incondicional.

Aos meus irmãos, Jose Eduardo, Keren Daniela e Valeria, pelo amor e sorrisos que sempre alimentam meu espírito, por serem minha admiração e inspiração.

À minha noiva, Rebeca Cortes Garcia, pelo maravilhoso amor oferecido ao longo destes anos. Pela compreensão, que em momentos importantes não estive junto dela. Por ter acreditado em meus sonhos e caminhar sempre de minha mão.

À professora Dr^a. Denise Schmidt, pela confiança, amizade, conselhos e ajuda sempre oportunas e incondicionais. Por ter não apenas me mostrado o caminho neste andar, mas por me ter ensinado a caminhar. Pelos ensinamentos e críticas sempre construtivas. Por compartilhar momentos de alegrias, risadas, lágrimas e conversas. Estarei sempre grato por ter acreditado em mim como aluno e como pessoa. Meu grande respeito e admiração.

Ao professor Dr. Bráulio Otomar Caron, pela oportunidade em primeira instância de permitir-me fazer parte do PPAAA. Pelos ensinamentos e conselhos que complementaram a aprendizagem. Pela confiança, amizade e parceria que ajudaram na minha formação como pessoa.

À professora Dr^a. Gizelli Moiano de Paula, por ajudar a resolver dúvidas no decorrer do estudo e pela oportunidade de participar numa das disciplinas que ministra.

À Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente e todo o corpo docente que o integra, pelo ensinamento e oportunidade de realizar minha formação acadêmica e profissional.

Ao governo do México, que através do CONACYT-Tecnológico Nacional de México, financia a bolsa.

Aos meus amigos e colegas, Marcos, Jhon, Carine, Danizinha, Maria e Cesar, pelos momentos de risadas, conversas, conselhos, apoio, confiança e parceria, que fizeram minha estadia inesquecível. Levarei sempre vocês.

A todos do laboratório (Lab02) que brindaram sua ajuda na execução deste trabalho.

Às funcionárias, Adrian e a Sandra, pelas aulas de português que voluntariamente ofereceram e que foram benéficas para minha formação.

A vocês e a todo o pessoal que em algum momento recebi de sua ajuda.

MUITO OBRIGADO!

Cuando la sabiduría entrare a tu corazón, y la ciencia fuere grata para tu alma, la discreción te guardará; te preservará la inteligencia, para librarte del mal camino, de los hombres que hablan perversidades.

Proverbios 2:10-12

RESUMO

TEMPERATURA BASE, SOMA TÉRMICA, PLASTOCRONO E DURAÇÃO DAS FASES FENOLÓGICAS DE CULTIVARES DE PIMENTA BIQUINHO

AUTOR: Oscar Valeriano Sánchez Valera
ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Denise Schmidt

O objetivo deste estudo foi estimar a temperatura base (T_b , °C), soma térmica acumulada (ST_a , °C) e plastocrono (°C dia nó⁻¹) das fases de desenvolvimento de cultivares de pimenta biquinho. O estudo foi conduzido na área experimental da UFSM *campus* Frederico Westphalem-RS, Brasil, no período de agosto de 2015 a maio de 2016. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, tendo como fatores dois cultivares de pimenta biquinho (BRS Moema e Airetama Biquinho Amarela) e quatro épocas de semeadura (24/08/15, 01/10/15, 13/11/15 e 15/03/16), com seis repetições. Pela identificação visual de diferentes estágios durante a fase vegetativa e reprodutiva, foram estabelecidas a partir da emergência as subfases: emergência-transplante (EM-TR), transplante-início da floração (TR-IF), início da floração-início da colheita (IF-IC), início da colheita-plena colheita (IC-PC), botão floral-ântese (BO-AN), ântese-frutificação (AN-FR), frutificação-maturação do fruto (FR-MA). Nas subfases foi estimado sua duração (em dias), ST_a e T_b . A T_b das subfases foi calculada pelos métodos de desvio padrão em dias, desvio padrão em graus dias, coeficiente de variação em dias, coeficiente de variação em graus dia, x-intercepto e desenvolvimento relativo. O plastocrono foi estimado para a fase vegetativa e reprodutiva. Para cada fase foi estimada T_b , ST_a e a emissão de nós numa haste da planta. A T_b foi estimada pelo método do quadrado médio do erro (QME). A partir do inverso do coeficiente angular da regressão linear simples entre o número de nós e a soma térmica acumulada foi calculado o plastocrono. O desenvolvimento foi similar em ambas as cultivares, sendo dependentes das épocas de cultivo e não do genótipo. A temperatura do ar influencia apenas a duração do período para as subfases EM-TR e TR-IF. A T_b para as subfases EM-TR, TR-IF, IF-IC, IC-PC foi de 16,5 °C, 14,8 °C e 20,2 °C, respectivamente. Para as subfases BO-AN, AN-FR, FR-MA a T_b foi de 20,2 °C. A ST_a foi de 446,2 °C dia, 377,1 °C dia, 558,0 °C dia, 781,8 °C dia para as subfases EM-TR, TR-IF, IF-IC, IC-PC, respectivamente e de 104,0 °C dia, 162,8 e 342,1 °C dia para as subfases BO-AN, AN-FR, FR-MA, respectivamente. Com as subfases estabelecidas foi proposta uma escala fenológica que indica a duração em dias e as necessidades térmicas em cada fase. O plastocrono (°C dia nó⁻¹) e a T_b , não foram influenciados pelo cultivar. Na fase vegetativa a T_b e o plastocrono (°C dia nó⁻¹) mostraram em média T_b de 16,8 °C e plastocrono de 43,6 °C dia nó⁻¹. Na fase reprodutiva tanto a T_b como o plastocrono foram similares nas épocas avaliadas, mostrando em média T_b de 16,7 °C e plastocrono de 64,4 °C dia nó⁻¹.

Palavras Chave: *Capsicum chinense*. Graus dia. Emissão de nós. Desenvolvimento vegetal.

ABSTRACT

BASE TEMPERATURE, DEGREE DAY, PLASTOCHRON, AND DURATION OF PHENOLOGICAL PHASES OF BIQUINHO PEPPER CULTIVARS

AUTHOR: Oscar Valeriano Sánchez Valera
ADVISER: Prof^a. Dr^a. Denise Schmidt

The objective of this study was to estimate the base temperature (T_b , °C), degree day (ST_a , °C day) and plastochron (°C dia nó⁻¹) of the development stages of the biquinho pepper cultivars. The study was conducted in the experimental area of the UFSM *campus* Frederico Westphalem-RS, Brazil, from August 2015 to May 2016. The experimental design was a randomized block design with factorial scheme 2x4, with two biquinho pepper cultivars (BRS Moema and Airetama Biquinho Amarela) and four growing seasons (24/08/2015, 01/10/2015, 13 / 11/2015 and 15/03/2016), with six replications. For the visual identification of different stages during the vegetative and reproductive phase, the following sub-phases were established: emergence-transplant (TR-FI), transplant-beginning of flowering (TR-IF), beginning of flowering-beginning of harvest (AN-FR), fruit-ripening-fruit (FR-MA), early harvesting (IC-PC), floral bud-anthesis (BO-AN), anthesis-fruitletting. In the subphases was estimated its duration (in days), ST_a and T_b . The subphase T_b was calculated by the methods of the standard deviation in days, the standard deviation in degrees days, the coefficient of variation in days, the coefficient of variation in degrees day, x-intercept, and relative development. The plastochron was estimated for the vegetative and reproductive phase. For each phase, we estimated the base temperature, degree day and the emission of nodes on a plant stem. The T_b was estimated by the mean error square method (QME). The plastochron was estimated from the inverse of the coefficient of simple linear regression between the number of nodes and ST_a . The development was similar between the two cultivars, being dependent on the cultivation times and not on the genotype. The air temperature influences only the duration of the period for the EM-TR and TR-IF phases. T_b for the EM-TR, TR-IF, IF-IC, IC-PC phases is 16.5 °C , 14.8 °C and 20.2 °C, respectively. For the sub-phases (BO-AN, AN-FR, FR-MA) the base temperature is 20.2 °C. The ST_a was 446.2 °C day, 377.1 °C day, 558.0 °C day, 781.8 °C day for the phases EM-TR, TR-IF, IF-IC, respectively, and 104.0 °C day, 162.8 and 342.1 °C day for the sub-phases BO-AN, AN-FR, FR-MA, respectively. With the established phases a phenological scale was proposed that indicates the duration in days and the thermal needs in each phase. In the estimation of the plastochron base temperature as well as the emission of nodes was not influenced by the cultivar. In the vegetative phase, T_b and plastochron had on average a T_b of 16.8 °C and a plastochron of 43.6 °C day nó⁻¹. In the reproductive phase both T_b and plastochron were similar at the evaluated times, showing in average a T_b of 16.7 °C and plastochron of 64.4 °C day nó⁻¹.

Key words: *Capsicum chinense*. Units of heat. Emission of nodes. Plant development.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 – Caracterização física e química do solo da área experimental. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017. 31

Tabela 2 – Duração (em dias) das subfases fenológicas emergência-transplante (EM-TR), transplante-início da floração (TR-IF), início da floração-início da colheita (IF-IC), início da colheita-plena colheita (IC-PC) botão floral-ântese (BO-AN), ântese-frutificação (AN-FR) e frutificação-maturação do fruto (FR-MA) de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017. 39

Tabela 3 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia) das subfases fenológicas emergência-transplante (EM-TR), transplante-início da floração (TR-IF), início da floração-início da colheita (IF-IC), início da colheita-plena colheita (IC-FC), botão floral-ântese (BO-AN), ântese-frutificação (AN-FR) e frutificação-maturação do fruto (FR-MA) de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017..... 42

ARTIGO 2

Tabela 1 – Característica física e química do solo da área experimental. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017. 56

Tabela 2 – Temperatura base (Tb, °C) para emissão de nós e plastocrono (°C dia nó⁻¹) de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

Tabela 3 – Valores do coeficiente de determinação (R²) obtidas nas regressões lineares simples entre o número de nós numa hasta e a soma térmica acumulada na estimativa do plastocrono (°C dia nó⁻¹) para as cultivares de pimenta biquinho BRS Moema (BRSM) e Airetama Biquinho Amarela (ABA), nas fases vegetativa e reprodutiva, em quatro épocas de semeadura. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017. 63

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1 – Estádios fenológicos de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.33

Figura 2 – Esquema de uma planta de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) nos estádios de transplante (A), bifurcação na haste principal (B), haste secundária (C), haste de terceira ordem (D) e haste de quarta ordem (E). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.34

Figura 3 – Temperatura do ar (°C) registrada no ambiente protegido na época 1(A), época 2 (B), época 3 (C), época 4 (D) e em campo (E), compreendidas entre o período de agosto 2015 e abril 2017. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.38

Figura 4 – Duração (em dias) das subfases fenológicas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) durante quatro épocas de cultivo. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

Figura 5 – Temperatura base (T_b, °C) de subfases fenológicas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) estimada por diferentes métodos estatísticos. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.41

Figura 6 – Soma térmica acumulada (°C dia) das subfases fenológicas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) durante quatro épocas de semeadura. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.443

Figura 7 – Escala fenológica de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) indicando a temperatura base (T_b, °C), duração (em dias) e a soma térmica acumulada (ST_a, °C dia) de cada subfase. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.444

ARTIGO 2

Figura 1 – Esquema de uma planta de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) nas etapas de transplante (A), bifurcação na haste principal (B), haste secundária (C), haste terceira ordem (D) e haste de quarta ordem (E). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.57

Figura 2 – Temperaturas do ar (°C) registradas no ambiente protegido na época 1(A), época 2 (B), época 3 (C) e época 4 (D) e em campo (E), compreendidas entre o período de agosto 2015 e abril 2017. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.59

Figura 3 – Quadrado médio do erro (QME) da regressão linear entre o número de nós acumulados numa haste e a soma térmica acumulada (°C dia), utilizando-se uma série de temperaturas base (T_b, °C), durante a fase vegetativa (A) e reprodutiva (B) de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) na data de semeadura de 13/11/2015. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

Figura 4 – Regressão linear entre o número de nós acumulados numa haste e a soma térmica acumulada (°C dia), na estimativa do plastocrono (°C dia nó⁻¹) durante a fase vegetativa (A) e

reprodutiva (B) de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) na data de semeadura de 01/10/2015. Frederico Westphalen-RS, Brasil.....62

Figura 5 – Influência da temperatura do ar (°C) no plastocrono (°C dia no^{-1}) em 48 observações de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) na fase vegetativa (A) e reprodutiva (B) . Frederico Westphalen, RS, Brasil. 2017 64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 ORIGEM E HISTÓRIA	18
2.2 DESCRIÇÃO BOTÂNICA E MORFOLÓGICA	18
2.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	19
2.4 FENOLÓGIA	20
2.5 SOMA TÉRMICA.....	21
2.6 TEMPERATURA BASE	22
2.7 PLASTOCRONO	23
2.8 REFERÊNCIAS	24
3 ARTIGO 1 TEMPERATURA BASE, SOMA TÉRMICA E DURAÇÃO DAS FASES DE DESENVOLVIMENTO DE PIMENTA BIQUINHO.	27
3.1 RESUMO	27
3.2 ABSTRACT	27
3.3 INTRODUÇÃO.....	28
3.4 MATERIAIS E MÉTODO	30
3.4.1 Condições de cultivo, delineamento experimental e material vegetal	30
3.4.2 Produção de mudas	30
3.4.3 Estabelecimento do cultivo	31
3.4.4 Registro da temperatura do ar	31
3.4.5 Fases fenológicas	32
3.4.6 Soma térmica	34
3.4.7 Temperatura base	34
3.4.7.1 <i>Desvio padrão em graus dias</i>	35
3.4.7.2 <i>Desvio padrão em dias</i>	35
3.4.7.3 <i>Coefficiente de variação em graus dias</i>	35
3.4.7.4 <i>Coefficiente de variação em dias</i>	36
3.4.7.5 <i>Coefficiente de regressão</i>	36
3.4.7.6 <i>X-intercepto</i>	36
3.4.8 Análise dos dados	37
3.5 RESULTADOS	37
3.5.1 Temperatura do ar	37
3.5.2 Fases de desenvolvimento em dias	38
3.5.3 Temperatura base	40
3.5.4 Fases de desenvolvimento em graus dia	42
3.5.5 Escala Fenológica	43
3.6 DISCUSSÃO	44
3.7 CONCLUSÕES	47
3.8 REFERÊNCIAS	48
4 ARTIGO 2 TEMPERATURA-BASE E PLASTOCRONO EM CULTIVARES DE PIMENTA BIQUINHO	52
4.1 RESUMO	52
4.2 ABSTRACT	52
4.3 INTRODUÇÃO.....	53
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
4.4.1 Condições de cultivo, material vegetal e delineamento experimental	54
4.4.2 Produção de mudas	55

4.4.3 Estabelecimento do cultivo	55
4.4.4 Registro da temperatura do ar	56
4.4.5 Emissão de nós	57
4.4.6 Soma térmica	57
4.4.7 Temperatura base e Plastocrono	58
4.4.8 Análise de dados	58
4.5 RESULTADOS	58
4.5.1 Temperatura do ar	58
4.5.2 Temperatura base e plastocrono	60
4.6 DISCUSSÕES	64
4.7 CONCLUSÕES	67
4.8 REFERÊNCIAS	68
5 DISCUSSÃO GERAL	70

1 INTRODUÇÃO

As pimentas do gênero *Capsicum* tem como centro da origem o continente Americano distribuído vastamente desde o México até o Brasil. Pertencem a família das Solanaceae, botanicamente é caracterizada como plantas anuais ou perenes, arbustivas e glabras, com folhas alternadas inteiras e ovaladas, flores pediceladas axilares, fruto globoso alongado ou de forma irregular (BASU; DE, 2003). Apresentam arquitetura simpodial terminando numa inflorescência apical (COHEN et al., 2014), conforme as características da flor são classificadas aproximadamente em 30 espécies (WAHYUNI et al., 2011).

Os frutos de pimenta contém um grupo de alcaloides denominados capsaicinoides concentrados no pericarpio, placenta e semente, o que lhe concede características organolépticas de pungência, sendo isso sua principal característica (KIM et al., 2014). Os frutos da pimenta vêm sendo utilizados como condimentos e fontes de alimento desde épocas precolombinas inicialmente pelos indígenas (AGUILAR-MELÉNDEZ et al., 2009). Atualmente as pimentas fazem parte da cultura gastronômica de diversos países do mundo por sua diversidade de cores e sabores, consumidos *in natura* bem como processados em forma de molhos, além de ser utilizada na indústria farmacêutica por suas qualidades antioxidantes e microbianas (MORAES et al., 2013).

Dentro do setor hortícola a cultura de pimentas é uma das mais importantes a nível mundial. Segundo dados da FAO (2017) no ano 2014 entre a China, México e Turquia geraram economicamente entre USD \$1.000 e USD \$11.000 milhões na produção de pimenta. No Brasil a produção de pimentas ocupa o segundo lugar da exportação total de hortaliças, tendo como maiores produtores os Estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul.

Em vista da grande demanda por pimentas, o melhoramento genético tem buscado desenvolver novas cultivares com a finalidade de oferecer ao mercado diversidade de frutos com característica que atingem a demanda dos consumidores. Entre essas encontra-se a pimenta biquinho que por seu fruto pequeno, colorido, formato de bico e quase nula pungência bem sendo apreciado pelos consumidores, sendo utilizado em forma de conservas, molhos, galeias ou bem consumido *in natura*. A produção de pimenta biquinho é realizada maioritariamente por pequenos produtores, o que o torna também de grande importância socioeconômica para agricultura familiar, pois permite uma renda a quem não tem grande superfícies de terra para laborar, além disso, gera fontes de emprego permitindo ao pessoal continuar com a dinâmica da agricultura regional.

Com respeito à cultura da pimenta biquinho, tem-se escassa informação referente a seu manejo agrônomo, bem como do seu crescimento e desenvolvimento, sendo que essas informações são essenciais no estabelecimento das culturas agrícolas. Para estabelecer as práticas agrícolas necessárias na cultura da pimenta biquinho, é preciso primeiramente descrever seu desenvolvimento, pois as necessidades da planta são diferentes em cada fase no decorrer de seu ciclo, sendo necessário descrever o desenvolvimento da pimenta biquinho e obter informações que auxiliem no planejamento da cultura.

Uma das ferramentas utilizada para descrever o desenvolvimento das plantas é a fenologia, que segundo Richardson et al., (2013) é definida como o estudo dos acontecimentos biológicos de ocorrência periódica e sua interação com os fatores ambientais. Na pimenta biquinho a fenologia pode ser descrita por meio do aparecimentos dos órgãos vegetativos e reprodutivos, que se associam a emergência, emissão de nós, emissão de folhas, floração e frutificação, chamando-se fases de desenvolvimento. Para a descrição das fases de desenvolvimento usualmente é utilizado os dias como medida do tempo fenológico, no entanto, este pode apresentar variações quando se fornecem dados obtidos em latitudes diferentes, pois as plantas respondem as sinais dos fatores ambientais essencialmente das condições climáticas que podem alterar o desenvolvimento (NORD; LYNCH, 2009).

Entre os elementos climáticos a temperatura do ar é um dos principais que influencia o desenvolvimento das plantas, influenciado nas reações bioquímicas e enzimáticas que controlam seu metabolismo (BADECK et al., 2004). Dependendo da espécie as plantas se desenvolvem numa ampla faixa da temperatura do ar, nesta faixa existe uma temperatura mínima, onde abaixo de esta o desenvolvimento é nulo ou, a planta consegue-se desenvolver, mas em taxas muito pequenas que se tornam desprezíveis. Esta temperatura é conhecida como temperatura base (LIMA; SILVA, 2008).

Um dos métodos utilizados para descrever a fenologia é o método da soma térmica que inclui os efeitos da temperatura do ar, visto que podem descrever o tempo dos processos biológicos no desenvolvimento da planta permitindo uma estimativa com maior precisão que se utilizasse outro valor cronológico (SALAZAR-GUTIERREZ et al., 2013). O método da soma térmica também chamado de método de unidades térmicas o graus dia, baseia no conceito de que a planta precisa de uma quantidade de calor (energia), pois o desenvolvimento é dependente do calor acumulado no seu ciclo (MOTA, 1977). Para o cálculo da soma térmica é subtraída da temperatura média a temperatura base da planta, o resíduo será a temperatura acumulada no dia, ou seja, os graus dia (° C dia), assim no período

serão somados os valores diários para obter-se a soma térmica total ($^{\circ}\text{C dia}$) registrada em determinada fase.

Diversos modelos matemáticos em base a soma térmica são utilizados para descrever o desenvolvimento vegetal, entre eles o plastocrono, que é definido como o intervalo de tempo entre o aparecimento de dois nós sucessivos na haste da planta (LUCAS et al., 2012). O plastocrono é calculado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear simples entre o número de nós na haste e a soma térmica acumulada, o valor obtido do cálculo indica o acúmulo térmico, ou seja a quantidade de calor que a planta necessita para emissão de um novo nó, o qual será dado em graus dia por nó ($^{\circ}\text{C dia nó}^{-1}$).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi estimar a temperatura base, soma térmica e plastocrono nas diferentes fases de desenvolvimento, bem como propor uma escala fenológica em dois cultivares de pimenta biquinho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM E HISTÓRIA

As pimentas do gênero *Capsicum* são nativas das regiões tropicais e temperadas da América, distribuídas amplamente desde o México até o Brasil (GARCÍA et al., 2016). A consonância dos botânicos é que o centro do origem do *Capsicum* se encontra na região montanhosa da Bolívia sobre as ladeiras orientais (CHIOU; HASTORF, 2014). Indistintamente da região, embora separadas geograficamente (Norte, Centro e Sul de América), as sociedades indígenas pré-colombinas domesticaram diferentes espécies de *Capsicum* anos antes do contato com o povo Europeu (VOTAVA; BARAL; BOSLAND, 2005), utilizando-as como condimentos e fonte de alimento, sendo componentes de uma dieta complexa (AGUILAR-MELÉNDEZ et al., 2009). Os indígenas inicialmente chamavam de *Axi (aji)*, mas nas explorações dos espanhóis ao continente americano, eles chamaram de pimenta pelo sabor e aroma parecido à pimenta preta (*Piper nigrum* L.). No México os frutos de *Capsicum* são conhecido como “chile” que vem derivado da língua Nahuatl (*chilli*) (CHIOU; HASTORF, 2014).

2.2 DESCRIÇÃO BOTÂNICA E MORFOLÓGICA

A descrição taxonômica de *Capsicum* (De, 2004), pode-se descrever do seguinte modo:

Reino: Plantae;

Division: Magniolfita;

Classe: Magniopsida;

Ordem: Solanaceae;

Genero: *Capsicum*;

O mesmo autor indica que as características mais significativas do gênero *Capsicum* são: plantas anuais ou perenes, arbustivas e glabras, folhas alternadas inteiras e ovaladas, flores pediceladas axilares solitárias ou de duas à três juntas, cinco sépalas inteira ou levemente unidas formando um cálice dentado mais curto que o fruto, cinco pétalas unidas conformando uma corola rotada, tubo polínico curto, lóbulos valvados no botão floral, cinco estames unidos à corola com filete curto, anteras não excedem o filete, deiscência longitudinal, contém dois ou raramente três carpelos por ovários, estilo fino, estigma sub

capitado, fruto globoso alongado ou de forma irregular contendo muitas sementes de forma discoidal lisas ou subescabrosa e embrião periférico.

As pimenteiras apresentam arquitetura com meristema simpodial terminando numa inflorescência apical, por meio de meristemas laterais (simpodiales) desenvolvidos na axila da folha mais jovem debaixo da inflorescência apical a planta realiza seu crescimento, posteriormente novos meristemas são formados na axila da folha mais superior no segmento precedido por órgãos vegetativos e reprodutivos (COHEN et al., 2014). Conforme as características da flor são classificadas em diferentes espécies estabelecendo-se em torno de 25 a 30 espécies entre pungentes e não pungentes (YALDIZ; OZGUVEN; SEKEROGLU, 2010; WAHYUNI et al., 2011).

Agronomicamente as pimentas são classificadas dentro das culturas olerícolas (OLIVEIRA et al., 2014). As principais espécies cultivadas são as *C. annum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens* e *C. baccatum* (COSTA et al., 2015). Uma das principais características das pimentas é a pungência, isto é devido ao conteúdo de capsaicinoides, um grupo de alcalóides entre os quais a capsaicina e dihidrocapsaicina representam 90% dos capsaicinóis totais (SANATOMBI; SHARMA, 2008), estes capsaicinoides estão concentrados no pericarpo, placenta e sementes (KIM et al., 2014).

2.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

As pimentas são utilizadas amplamente na culinária mundial como fonte de alimentação *in natura* ou como temperos, tendo grande importância econômica, pois a produção de pimenta gera entre USD \$1.000 e USD \$11.000 milhões, sendo a China o maior produtor com área cultivada de 711.696 hectares, seguida do México e Turquia com superfícies de 143.465 e 101.000 hectares respectivamente (FAO, 2017). Brasil não aponta entre os principais produtores mundiais, no entanto, a nível nacional a produção de pimentas utiliza área de 2.000 hectares com uma produtividade variando de 10 a 30 t ha⁻¹ ocupando o segundo lugar da exportação de hortaliças, sendo os Estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul os maiores produtores (PAULA et al., 2011; PAULUS et al., 2015).

Procurando atender a demanda dos consumidores o cultivo das pimentas no Brasil vem assumindo grande importância pela ampliação do setor devido á sua agregação do valor quando processado para elaboração de subprodutos (BARROCA et al., 2015), tais como pimentas enlatadas, compotas exóticas, chocolate com pimenta e outras formas de

processamento (RÊGO et al., 2012), além de ser utilizadas nas indústrias farmacêutica e cosmética por ser fonte de vitaminas e possuir qualidades antioxidantes e antimicrobicas (ALÓS; RODRIGO; ZACARÍAS, 2013; MORAES et al., 2013). Esta ampla utilização vem originando uma dinâmica econômica e social, pois o cultivo de pimentas é empregado tanto pelos pequenos agricultores bem como grandes empresas que interagem entre si, gerando fontes de emprego e rendas para agricultura familiar (RUFINO; PENTEADO, 2006).

2.4 FENOLÓGIA

A fenologia vem sendo definida como o estudo dos eventos biológicos que acontecem periodicamente e sua interação com os fatores bióticos e abióticos entre as fases das plantas (RICHARDSON et al., 2013). Neste sentido a fenologia estuda o desenvolvimento das espécies vegetais indicando o progresso de uma série de mudanças qualitativas, ou seja, das características morfológicas (MOTA, 1977).

O desenvolvimento das espermatófitas (plantas com semente) é dividido em três estádios principais, embriogênese, desenvolvimento vegetativo e desenvolvimento reprodutivo. A embriogênese refere-se ao desenvolvimento embrionário (transformação de uma célula em uma entidade multicelular) ocorrendo no óvulo da flor. O desenvolvimento vegetativo é o estágio onde a planta, mediante os meristemas apicais da raiz e do caule, elaboram as estruturas laterais (folhas, por exemplo) que permitiram seu estabelecimento no meio. Já o desenvolvimento reprodutivo vem da transição do desenvolvimento vegetativo onde são formados os meristemas florais especializados que originam a formação de flores (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Nas plantas os eventos fenológicos se referem à emergência, brotação, expansão foliar, floração, frutificação e abscisão foliar (senescência), alguns destes eventos ocorrem por padrões internos já preestabelecidos (FENNER, 1998). Geralmente esses eventos descrevem as fases de desenvolvimento sendo caracterizados pelo aparecimento de um órgão na planta, podendo haver subfases dentro do período de cada fase (FAGUNDES et al., 2010).

A ocorrência dos eventos fenológicos resulta de uma complexa interação entre os genes do organismo e os vários fatores ambientais externos, tais como temperatura do ar, o qual pode controlar diretamente os eventos fenológicos ou atuando como sinalizadores internos (FORREST; MILLER-RUSHING, 2010). Com o conhecimento da fenologia é possível sua previsão, assim a exata previsão fenológica possibilita a melhor compreensão da interação entre o meio e a espécie, incrementar a precisão das previsões de produtividade e

auxiliar na seleção da melhor espécie com respeito à adaptação as condições ambientais do meio (CLELAND et al., 2007).

Estudos fenológicos são indicadores das alterações climáticas, pois estes integram os sinais do clima ao longo de um período e é facilmente medido (NORD; LYNCH, 2009), inversamente o desempenho do clima vem sendo utilizado como um indicador de respostas fenológicas. O principal elemento utilizado nos estudo fenológicos é a temperatura do ar, pois é o principal elemento meteorológico que influencia no crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, determinando, assim sua distribuição sobre o planeta.

Uma forma prática de apresentar as observações fenológicas é mediante a escala fenológica. Utilizando-se uma escala de mensuração nominal, ou seja, que indica a presença ou ausência do órgão vegetal em questão para identificar as fases dentro do ciclo da planta. Fornece informações relevantes em estudos de curto período de tempo sobre espécies com padrões de desenvolvimento definidos (BENCKE; MORELLATO, 2002). De forma didática as fases fenológicas são ilustradas para auxiliar na identificação das fases juntamente com as datas de ocorrências, o que permite planejar oportunamente os tratos culturais necessários que a planta irá precisar em determinada fase (BARBASSO et al., 2005).

Uma escala fenológica de fácil identificação auxilia também na criação de modelos de desenvolvimento, bem como prever possíveis injúrias ocasionados pelos fatores ambientais (MORAIS et al., 2008). Além de indicar os dias para a provável ocorrência dos eventos fenológicos, uma escala proporciona informações a respeito dos requerimentos térmicos, bem como a temperatura mínima requerida em cada fase de desenvolvimento, podendo aumentar a precisão na sua previsão.

2.5 SOMA TÉRMICA

O tempo cronológico vem sendo utilizado para a previsão das datas fenológicas, no entanto é limitada quando são realizadas previsões para locais que se encontram fora dos lugares de onde foi extraída a informação. Isto ocorre devido à dependência do desenvolvimento das culturas em relação aos fatores do ambiente como a temperatura do ar (SLAFER; SAVIN, 1991). Com a finalidade de medir a duração das fases fenológicas com uma maior precisão do que utilizando o tempo cronológico, vem se utilizando diferentes modelos, entre eles o conceito da soma térmica, chamado também de graus-dia. Este conceito data de mais de 200 anos e baseia-se na ideia que o crescimento e desenvolvimento da planta dependem da quantidade de calor à qual a planta é submetida durante seu ciclo de vida,

podendo também ser conceituado como o somatório do calor efetivo, o qual é expresso em graus dia ($^{\circ}\text{C}$ dia), que é a diferença da temperatura média diária acima da temperatura mínima requerida pela espécie, também chamada de temperatura base (MOTA, 1977).

Conforme a disponibilidade térmica em locais ou épocas mais quentes o desenvolvimento irá ser mais rápido, logo maior precocidade (WAGNER et al., 2011). Os graus-dia são utilizados para incluir os efeitos da temperatura do ar já que descrevem o tempo dos processos biológicos nos diferentes estágios de desenvolvimento permitindo uma estimativa aproximada do tempo em que uma determinada fase fenológica irá ocorrer (SALAZAR-GUTIERREZ et al., 2013).

2.6 TEMPERATURA BASE

As espécies vegetais se desenvolvem numa ampla faixa da temperatura do ar. Nesta faixa se encontra a temperatura mínima, conhecida como temperatura base, na qual abaixo desta o desenvolvimento é nulo ou existe, mas em taxas muito lentas (LIMA; SILVA, 2008). As taxas de reações químicas, como as reações de enzimas catalisadoras, são dependentes da temperatura que geralmente incrementam com o aumento da temperatura, diversos processos são sensíveis à temperatura como a desnaturação das enzimas (altas temperaturas), movimentação enzimática, dinâmica dos fluídos da membrana celular. Baixas temperaturas podem provocar um congelamento que pela formação de cristais de gelo ocasiona danos na estrutura celular (BADECK et al., 2004).

Valores extremos diários da temperatura do ar, tanto máximos como mínimos podem ser prejudiciais para as culturas agrícolas, pois são limitantes da taxa de crescimento e desenvolvimento, bem como da sua produtividade (STRECK et al., 2011). A taxa de desenvolvimento aumenta linearmente a partir de uma temperatura base inferior para um limiar superior, temperaturas abaixo ou acima dos limiares não são considerados ideais para o desenvolvimento (CESARACCIO et al., 2001).

A temperatura base relaciona-se com adaptação das espécies vegetais à temperatura do ar. Geralmente para espécies de clima temperado tem-se valores abaixo a 8°C e para espécies de clima tropical valores acima a 12°C . A estimativa correta da temperatura base pode fornecer informações para seleção de espécies numa determinada região (MORENO et al., 2014). Conceitualmente a temperatura base pode ser descrita fisiológica ou estatisticamente. Fisiologicamente é pressuposto que abaixo de uma determinada temperatura o crescimento e

desenvolvimento paralisam, entretanto, estatisticamente a temperatura base resulta na menor variação no acúmulo térmico em diferentes períodos (YANG; LOGAN; COFFEY, 1995).

2.7 PLASTOCRONO

O termo plastocrono foi introduzido por Erickson e Michelini (1957) na tentativa de avaliar o crescimento e desenvolvimento vegetal sem que este fosse destrutivo e com maior grau de precisão relacionado com o tempo. Os mesmos autores utilizando uma planta do gênero *Xanthium*, definiram o termo plastocrono como o intervalo de tempo entre o desenvolvimento correspondente de duas folhas sucessivas podendo-se escolher qualquer estágio de desenvolvimento da folha como etapa de referência. Posteriormente, diversas formulações foram derivadas para melhorar algumas limitações da fórmula proposta no estudo inicial e adaptá-las a diferentes campos de estudos como biologia marinha, biologia molecular, biotecnologia, ciência dos alimentos, sendo mais prevalente na ciência vegetal, ambiental e agricultura (MEICENHEIMER, 2014).

Atualmente o plastocrono vem sendo utilizado em modelos de desenvolvimento vegetal, adotando esta ideia para medir a emissão de nós, folhas e abertura floral para o qual se tem estabelecidos diversos conceitos. Por exemplo, Lucas et al., (2012) define o intervalo de tempo entre o aparecimento de dois nós sucessivos na haste principal da planta como plastocrono. Davidson et al., (2015) menciona que o tempo decorrido entre a emissão de folhas sucessivas no caule pode ser definido como filocrono. Para abertura floral Schwab et al., (2014) propôs o termo antocrono o qual define como o intervalo de tempo entre a abertura de flores sucessivas em uma inflorescência.

Para medir o intervalo de tempo estes modelos utilizam a soma térmica, justificando-se pela maior precisão que quando se utiliza o número de dias. Assim, mediante o inverso do coeficiente angular da regressão linear entre a número de órgãos (nó, folha ou flor) e a soma térmica acumulada é dado a quantidade de calor que a planta requer para emitir determinado órgão, o qual é dado em graus dia ($^{\circ}\text{C dia}$), ou seja, a velocidade de emissão do órgão. O arranjo espacial dos órgãos ao longo do eixo da planta, bem como o tempo de emissão, são padrões originais da planta estabelecidos já geneticamente (LEE; YU; JACKSON, 2009), onde a temperatura do ar irá influenciar apenas na sua velocidade de desenvolvimento.

2.8 REFERÊNCIAS

- AGUILAR-MELÉNDEZ, A. et al. Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*; Solanaceae) from Mexico. **American Journal of Botany**, v. 96, n. 6, p. 1190–1202, 1 jun. 2009.
- ALÓS, E.; RODRIGO, M. J.; ZACARÍAS, L. Transcriptomic analysis of genes involved in the biosynthesis, recycling and degradation of L-ascorbic acid in pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). **Plant Science**, v. 207, p. 2–11, jun. 2013.
- BADECK, F.-W. et al. Responses of spring phenology to climate change. **New Phytologist**, v. 162, n. 2, p. 295–309, 1 maio 2004.
- BARBASSO, D. V. et al. Phenological characterization of varieties similar to Murcott grafted on three rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 399–403, dez. 2005.
- BARROCA, M. V. et al. Lâminas de irrigação nos componentes de produção das pimentas “De cheiro” e “Dedo-de-Moça. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 3, p. 243, 7 out. 2015.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparison of two methods of plant phenology estimation, their interpretation and representation. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, n. 3, p. 269–275, set. 2002.
- CESARACCIO et al. An improved model for determining degree-day values from daily temperature data. **International journal of biometeorology**, v. 45, n. 4, p. 161–169, 2001.
- CHIOU, K. L.; HASTORF, C. A. A Systematic Approach to Species–Level Identification of Chile Pepper (*Capsicum* spp.) Seeds: Establishing the Groundwork for Tracking the Domestication and Movement of Chile Peppers through the Americas and Beyond. **Economic Botany**, v. 68, n. 3, p. 316–336, 1 set. 2014.
- CLELAND, E. E. et al. Shifting plant phenology in response to global change. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 22, n. 7, p. 357–365, jul. 2007.
- COHEN, O. et al. *Capsicum annuum* S (CaS) promotes reproductive transition and is required for flower formation in pepper (*Capsicum annuum*). **New Phytologist**, v. 202, n. 3, p. 1014–1023, 1 maio 2014.
- COSTA, L. V. et al. Caracterização de acessos de pimentas do Amazonas. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 290–298, set. 2015.
- DAVIDSON, A. et al. The phyllochron of *Prunus persica* shoots is relatively constant under controlled growth conditions but seasonally increases in the field in ways unrelated to patterns of temperature or radiation. **Scientia Horticulturae**, v. 184, p. 106–113, 5 mar. 2015.
- DE, A. K. **Capsicum: The genus Capsicum**. 1. ed. New York: Taylor e Francis, 2004.
- ERICKSON, R. O.; MICHELINI, F. J. The Plastochron Index. **American Journal of Botany**, v. 44, n. 4, p. 297–305, 1957.
- FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/es/>>. Acesso em: 17 jan. 2017.
- FAGUNDES, J. D. et al. Base temperature and thermal accumulation of growth stages of *Aspilia montevidensis*. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 499–507, 2010.

- FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 1, n. 1, p. 78–91, 1 jan. 1998.
- FORREST, J.; MILLER-RUSHING, A. J. Toward a synthetic understanding of the role of phenology in ecology and evolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1555, p. 3101–3112, 12 out. 2010.
- GARCÍA, C. C. et al. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). **Annals of Botany**, v. 118, n. 1, p. 35–51, 1 jul. 2016.
- KIM, S. et al. Genome sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. **Nature Genetics**, v. 46, n. 3, p. 270–278, mar. 2014.
- LEE, B.; YU, S.; JACKSON, D. Control of Plant Architecture: The Role of Phyllotaxy and Plastochron. **Journal of Plant Biology**, v. 52, n. 4, p. 277–282, 1 ago. 2009.
- LIMA, E. P.; SILVA, E. L. DA. Base temperature, crop coefficients and degrees-day for arabic coffee plants in the implantation phase. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 266–273, jun. 2008.
- LUCAS, D. D. P. et al. Base temperature for node appearance and plastochron of watermelon plant. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 288–292, jun. 2012.
- MEICENHEIMER, R. D. The plastochron index: Still useful after nearly six decades. **American Journal of Botany**, v. 101, n. 11, p. 1821–1835, 1 nov. 2014.
- MORAES, I. C. F. et al. Dehydration of “dedo de moça” pepper: kinetics and phytochemical concentration. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 33, p. 134–141, fev. 2013.
- MORAIS, H. et al. Detailed phenological scale of the reproductive phase of *Coffea arabica*. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 257–260, 2008.
- MORENO, L. S. B. et al. Base temperature determination of tropical *Panicum* spp. grasses and its effects on degree-day-based models. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 186, p. 26–33, 15 mar. 2014.
- MOTA, F. S. DA. **Meteorologia agrícola**. 3 ed. ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1977.
- NORD, E. A.; LYNCH, J. P. Plant phenology: a critical controller of soil resource acquisition. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 7, p. 1927–1937, 1 maio 2009.
- OLIVEIRA, F. A. et al. Pepper seedlings production fertigated with various nutrient solutions. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 458–463, dez. 2014.
- PAULA, F. L. M. DE et al. Tabasco pepper production with CO₂ application using drip irrigation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 133–138, mar. 2011.
- PAULUS, D. et al. Growth, yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum*) at different spacings. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 91–100, mar. 2015.
- RÊGO, E. R. DO et al. Testing methods for producing self-pollinated fruits in ornamental peppers. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 669–672, dez. 2012.
- RICHARDSON, A. D. et al. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 169, p. 156–173, 15 fev. 2013.

- RUFINO, J. L. DOS S.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 27, n. 235, p. 7–15, 2006.
- SALAZAR-GUTIERREZ, M. R. et al. Relationship of base temperature to development of winter wheat. **ResearchGate**, v. 7, n. 4, p. 741–762, 21 ago. 2013.
- SANATOMBI, K.; SHARMA, G. J. Capsaicin Content and Pungency of Different Capsicum spp. Cultivars. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 36, n. 2, p. 89–90, 2008.
- SCHWAB, N. T. et al. Aplicabilidade do termo antocrono para representar a velocidade de abertura de flores em inflorescência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 9, p. 657–664, 20 out. 2014.
- SLAFER, G. A.; SAVIN, R. Developmental Base Temperature in Different Phenological Phases of Wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Experimental Botany**, v. 42, n. 8, p. 1077–1082, 1 ago. 1991.
- STRECK, N. A. et al. Interdecadal variability in the secular series of air temperature in Santa Maria, RS, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 781–790, ago. 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- VOTAVA, E. J.; BARAL, J. B.; BOSLAND, P. W. Genetic Diversity of Chile (*Capsicum annum* var. *annuum* L.) Landraces from Northern New Mexico, Colorado, and Mexico. **Economic Botany**, v. 59, n. 1, p. 8–17, 2005.
- WAGNER, M. V. et al. Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, 2011.
- WAHYUNI, Y. et al. Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implications for breeding. **Phytochemistry**, v. 72, n. 11–12, p. 1358–1370, ago. 2011.
- YALDIZ, G.; OZGUVEN, M.; SEKEROGLU, N. Variation in capsaicin contents of different *Capsicum* species and lines by varying drying parameters. **Industrial Crops and Products**, v. 32, n. 3, p. 434–438, nov. 2010.
- YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 74, n. 1, p. 61–74, 1 abr. 1995.

3 ARTIGO 1: METODOS PARA ESTIMATIVA DE TEMPERATURA BASE E DURAÇÃO DAS SUBFASES FENOLOGICAS DE PIMENTA BIQUINHO.

3.1 RESUMO

A temperatura do ar é um dos principais elementos meteorológicos que influenciam o desenvolvimento das plantas. Abaixo de uma temperatura basal inferior, as plantas não se desenvolvem ou crescem em taxas muito lentas, precisando de uma determinada quantidade de calor para atingir determinada fase de desenvolvimento. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo estimar a temperatura base (T_b , °C), soma térmica (STa , °C dia) de diferentes subfases fenológicas de cultivares de pimenta biquinho. O experimento foi conduzido na área experimental da UFSM *campus* Frederico Westphalen-RS, Brasil. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, sendo os fatores compostos por dois cultivares de pimenta biquinho (BRS Moema e Airetama Biquinho Amarela) e quatro épocas de cultivo (24/08/15, 01/10/15, 13/11/15 e 15/03/16), com seis repetições composta por quatro plantas cada uma. A partir da emergência foram avaliadas a duração do ciclo (em dias), STa e T_b das subfases emergência-transplante (EM-TR), transplante-início da floração (TR-IF), início da floração-início da colheita (IF-IC), início da colheita-plena colheita (IC-PC), botão floral-ântese (BO-AN), ântese-frutificação (AN-FR), frutificação-maturação do fruto (FR-MA). O desempenho das subfases foi similar para ambos cultivares. A temperatura do ar (°C) influencia apenas a duração do período para as fases EM-TR e TR-IF. A T_b para as subfases EM-TR, TR-IF, IF-IC, IC-PC é de 16,5 °C, 14,8 °C e 20,2 °C, respectivamente. Para as subfases BO-AN, AN-FR, FR-MA a T_b é de 20,2 °C. A STa foi de 446,2 °C dia, 377,1 °C dia, 558,0 °C dia, 781,8 °C, 104,0 °C dia 162,8 e 342,1 °C dia para as subfases EM-TR, TR-IF, IF-IC, IC-PC, BO-AN, AN-FR, FR-MA, respectivamente.

Palavras Chave: *Capsicum chinense*. Graus dia. Fenologia. Épocas de cultivo.

3.2 ABSTRACT

The air temperature in one of the main meteorological elements influencing the development of plants. Below a lower basal temperature, plants do not develop or grow at very slow rates, requiring a certain amount of heat to reach a certain phase of development. In this sense, the present study had as objective to estimate the base temperature (T_b , °C) and degree day (STa , °C dia) of different phenological subphases of biquinho pepper cultivars. The experiment was conducted in the experimental area of the UFSM *campus* Frederico Westphalen-RS, Brazil. The experimental design was a randomized block design in factorial scheme 2x4, the factors were composed of two cultivars of biquinho pepper (BRS Moema and Airetama Biquinho Amarela) and four growing seasons (08/24/2015, 01/10/2015, 13/11/2015, and 15/03/2016), with six replicates composed of four plants each one. From the emergency, were evaluated the duration of the cycle (in days), STa and T_b of the subphases emergency-transplant (EM-TR), transplant-beginning of flowering (TR-IF), beginning of flowering-beginning of the harvest (IF-IC), beginning of the harvest-full harvest (IC-PC), utton floral-opening flower (BO-AN), opening flower-fruited (AN-FR), fruited-fruit maturation (FR-MA). The behavior of the subphases was similar for both cultivars. The air temperature influences only the duration of the period for the EM-TR and TR-IF phases. The T_b for the subphase EM-TR and TR-IF is 16.5 °C and 14.8 °C, respectively. For the subphases IF-IC, IC-PC, BO-AN, AN-FR

and FR-MA the Tb is 20.2 °C. The STa was 446.2 °C day, 377.1 °C day, 558.0 °C day, 781.8 °C day, 104.0 °C day, 162.8 and 342.1 °C day for the phases EM-TR, TR-IF, IF-IC, BO-AN, AN-FR and FR-MA, respectively.

Keywords: *Capsicum chinense*. Units of heat. Phenology. Growing seasons.

3.3 INTRODUÇÃO

As pimentas pertencem à família das solanáceas do gênero *Capsicum*, agronomicamente classificadas dentro das culturas olerícolas (OLIVEIRA et al., 2014). Com base nas características florais, tais como forma do cálice, número e orientação de flores por nó o *Capsicum* é classificado em diferentes espécies, constituindo-se entre 25 e 30 espécies cultivadas em regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo a China e Turquia os maiores produtores (YALDIZ; OZGUVEN; SEKEROGLU, 2010). Dentre do número de espécies identificadas as mais cultivadas são as *C. annum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens* e *C. baccatum* (COSTA et al., 2015). Os frutos do *Capsicum* apresentam uma diversidade de formatos e cores, caracterizados principalmente pelo conteúdo de capsaicínides concentrados no pericarpo, placenta e semente, o que lhe pode conceder características organolépticas de pungência, dependendo do teor deste componente (KIM et al., 2014).

No Brasil a produção de pimentas ocupa o segundo lugar da exportação nacional de hortaliças, utilizando anualmente uma área de dois mil hectares com produtividade média de 10 a 30 t ha⁻¹, apontando-se os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul como os principais produtores (PAULA et al., 2011; PAULUS et al., 2015);. Atualmente o mercado das pimentas vem se expandindo pela agregação de valor ao produto, sendo utilizada na indústria culinária, farmacêutica e cosmética, por ser fonte de vitaminas e possuir propriedades antioxidantes e antimicrobianas (ALÓS; RODRIGO; ZACARIAS, 2013; CONFORTI; STATTI; MENICHINI, 2007; MORAES et al., 2013). Estes fatores tornam o cultivo das pimentas de grande importância a nível econômico e social, pois tem movimentado o agronegócio brasileiro gerando rendas e fontes de emprego (DOMENICO et al., 2012).

Visando a ampliação do mercado das pimentas vem se observando maior dinamismo na exploração de novas variedades de pimentas, entre elas a pimenta biquinho, que por seu tamanho (3 x 1,5 cm), formato triangular em forma de bico, coloração e baixa pungência, vem sido apreciada na culinária regional (GARRUTI et al., 2013). No entanto as informações disponíveis na literatura com respeito a seu cultivo, bem como seu ciclo são escassas. Estas

informações são de importância agrônômica no estabelecimento da cultura dentro e fora do seu centro de origem, pois o conhecimento do ciclo auxiliaria a estabelecer o melhor período de emprego dos manejos culturais tais como adubação, aplicação de defensivos, assim como no estabelecimento de datas de plantio e colheita.

A caracterização do ciclo de uma espécie vegetal é determinado pelas diferentes fases de desenvolvimento estabelecidas pelas mudas morfológicas ocorridas dentro de um intervalo de tempo (FAGUNDES et al., 2010). A fenologia aborda os eventos biológicos que se repetem numa ou diferentes espécies, e a relação com os fatores bióticos e abióticos entre as fases características em determinados eventos (MAZZA; SANTOS; MAZZA, 2011). Assim o estudo da fenologia das espécies vegetais tornam-se uma ferramenta para avaliar e quantificar o tempo necessário para atingir cada fase de desenvolvimento, aferir a influência dos elementos meteorológicos e fatores ambientais sobre esta, bem como para seu planejamento agrônômico (QUEIROZ et al., 2013). Entre os elementos meteorológicos, a temperatura do ar é o principal elemento que afeta o desenvolvimento das culturas agrícolas (LUCAS et al., 2012), desempenhando um papel modulador no desencadeamento do progresso visível da fenologia (KÖRNER; BASLER, 2010). Dependendo da espécie, as plantas respondem diferentemente a uma ampla faixa da temperatura do ar, nesta faixa se encontra a temperatura mínima, ótima e máxima para o desenvolvimento conhecidas como temperaturas cardinais (ERPEN et al., 2013).

Para a quantificação do ciclo das culturas agrícolas é usado comumente o tempo cronológico (dias), no entanto, nem sempre o tempo é similar para uma o diferentes fases, pois a planta irá responder a diversos fatores ambientais que variam com o local e estação do ano (ALBERTO et al., 2009). Uma das técnicas para quantificar de maneira mais precisa o tempo biológico das culturas agrícolas é o método da soma térmica conhecido também como graus dia (PAULA et al., 2005). Este método se baseia na premissa de que as plantas necessitam de certa quantidade de energia térmica acumulada para completar cada fase fenológica, assim acima de uma temperatura base inferior (T_b) na qual abaixo desta o desenvolvimento é desprezível ou nulo, é pressupondo uma relação linear entre a temperatura do ar e o desenvolvimento vegetal (BARROS et al., 2010; TRENTIN et al., 2008).

Diante ao exposto o método da soma térmica pode ser uma ferramenta para estimar as fases de desenvolvimento. Por tanto o objetivo deste estudo é determinar a duração em dias, soma térmica e a temperatura base das subfases emergência-transplante, transplante-início da floração, início da floração-início da coleta, início da coleta-plena coleta, botão floral-ântese,

ântese-frutificação e frutificação-maturação do fruto, das cultivares de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) BRS Moema e Airetama Biquinho Amarela.

3.4 MATERIAIS E MÉTODO

3.4.1 Condições de cultivo, delineamento experimental e material vegetal

O estudo foi realizado em duas etapas, sendo a primeira conduzida em ambiente protegido para a produção de mudas, e a segunda a partir do estabelecimento do cultivo à campo, ambas dirigidas na área experimental pertencente à Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, localizada à 27° 23' 40'' S, 53° 25' 45'' O com altitude de 490m. Segundo a classificação climática de Köppen o clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa, apresentando temperatura média anual em torno de 18°C, com máximas no verão atingindo 41°C e mínimas no inverno que chegam a valores inferiores a 0°C.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, com seis repetições, constituídos por dois cultivares de pimenta biquinho e quatro épocas de semeadura. Cada unidade experimental foi composta por quatro plantas, totalizando-se 48 plantas na avaliação em cada época. Foi utilizada as cultivares de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) BRS Moema e Airetama Biquinho Amarela, estas cultivares apresentam crescimento intermediário e são caracterizados por frutos de cor vermelho (BRS Moema) e amarelo (Airetama Biquinho Amarela) quando maduros. Foi estabelecido quatro diferentes épocas de semeadura compreendendo o período entre agosto de 2015 e maio de 2016, assim o início de cada época foi estabelecido nos dias 24/08/15 (época 1), 01/10/15 (época 2), 13/11/15 (época 3) e 15/03/16 (época 4), realizando-se o transplante nos dias 21/10/15 (época 1), 20/11/15 (época 2), 09/01/16 (época 3) e 19/04/16 (época 4).

3.4.2 Produção de mudas

A produção das mudas foi realizada no interior de estufa com estrutura em forma de arco coberta com filme plástico de 150 micras de espessura, pé direito de 3,5 m de altura e dimensões de 10 m de largura e 20 m de comprimento. Para a propagação foi utilizadas semente colocadas em bandeja de poliestireno expandido com 128 células, preenchidas com substrato comercial Carolina®, utilizando-se duas sementes por célula. Após o aparecimento

da primeira folha verdadeira foi realizado o desbaste das mudas, mantendo-se apenas a plântula mais vigorosa em cada célula. As mudas foram mantidas em bancadas a 1,5 m de altura do solo, sendo irrigadas em sistema tipo *floating* com solução nutritiva composta por Hidrogod®, Calvicit® e ferro em concentrações de 0,5, 0,4 e 0,06 g L⁻¹ respectivamente, em períodos de 8 a 10hrs e de 15 a 17 hrs diariamente, até o ponto de transplante.

3.4.3 Estabelecimento do cultivo

O transplante das mudas foi estabelecido à campo, conforme a recomendação para os cultivares. O espaçamento para a BRS Moema foi 0,80 m entre fileiras e 0,50 m entre planta, entanto que, para Airetama Biquinho Amarela foi de 1,20 m entre linha e 0,80 m entre planta, colocando-se fileiras de bordadura. O solo do local de acordo com o EMBRAPA (2013) é classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico, apresentando as características descritas na Tabela 1. Durante o estabelecimento do cultivo, em cada época, o preparo do solo consistiu em aragem pesada seguida de gradagem e posterior realização do sulcamento. A correção de fertilidade foi baseada no análises química do solo, realizando a adubação conforme a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004). A irrigação da cultura foi realizada por gotejamento mediante mangueiras plásticas. Para manter a umidade do solo e evitar plantas daninhas foi colocada cobertura plástica de cor preta (*mulching*). Na ocorrência de pragas foram realizados controles fitossanitários utilizando-se produtos registrados para a cultura.

Tabela 1 – Caracterização física e química do solo da área experimental. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

pH	Índice SMP	Argila	M.O	P	K	S	Zn	Cu	B	Mn	Al	Ca	Mg	CTC
		%		mg/L						cmolc/L				
6,0	6,3	53,0	2,6	2,4	68,5	7,5	11,7	18,7	0,2	21,0	0,0	8,0	3,8	14,7

3.4.4 Registro da temperatura do ar

No interior do ambiente protegido a temperatura do ar, foi registrada a partir de um termômetro digital colocado dentro de um abrigo meteorológico localizado a 3 m de distância

da bancada das mudas e a 1 m de altura do solo, assim os valores da temperatura máxima e mínima foram registradas diariamente às 9 horas, sendo registrada a temperatura mínima do dia e máxima do dia anterior. No campo os valores da temperatura máxima e mínima do ar foram coletados de uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada aproximadamente a 50 m de distância do experimento.

A partir dos valores da temperatura do ar obtidos foi calculada a temperatura média diária durante o período do experimento (Figura 3), utilizando-se a equação seguinte:

$$T_{med} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (1)$$

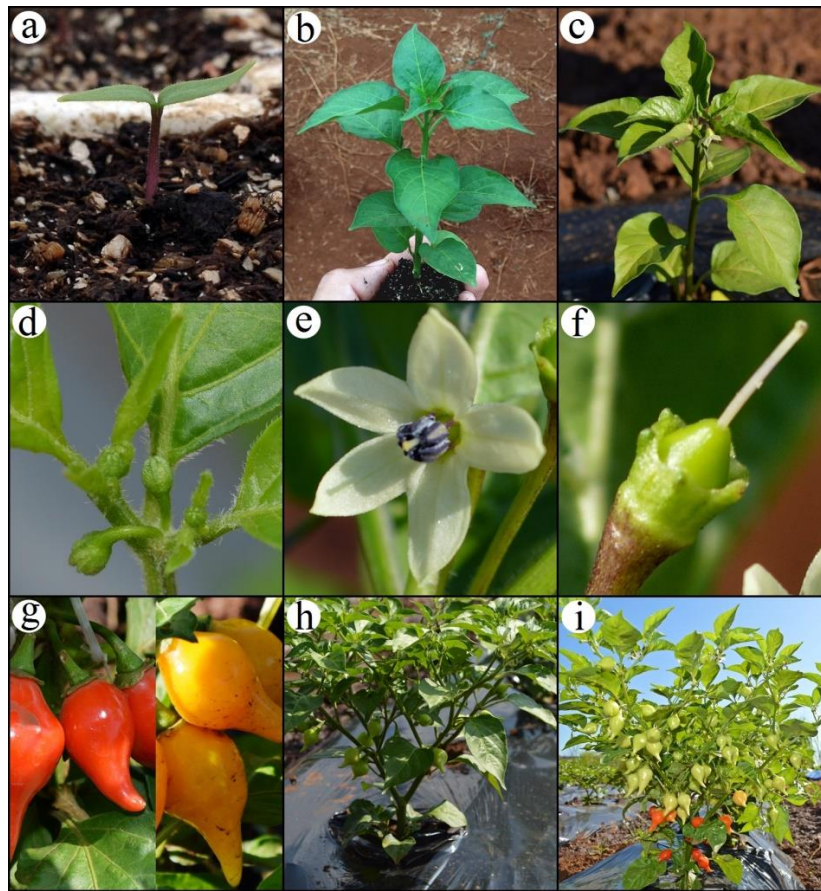
em que T_{med} é a temperatura média do ar, T_{max} é a temperatura máxima do ar e T_{min} é a temperatura mínima do ar.

3.4.5 Fases fenológicas

As subfases fenológicas foram determinadas através do aparecimento de órgãos vegetativos e reprodutivos identificados visualmente durante o ciclo da cultura a partir da emergência até a plena colheita. Para avaliação das fases foi identificado com fitas de cores o haste principal, haste de segunda, terceira e quarta ordem. A partir das características visíveis foram determinados os seguintes estádios:

- a) Emergência: plântulas com os cotilédones completamente expandidos (Figura 1 a);
- b) Transplante: mudas com presença de cinco pares de folhas (Figura 1 b);
- c) Início da floração: presença de pelo menos um botão floral na haste principal e secundário (Figura 1 c);
- d) Início da colheita: presença de pelo menos um fruto maduro com coloração vermelha (BRS Moema) ou amarela (Airetama Biquinho) na haste principal ou secundária (Figura 1 d);
- e) Plena colheita: pelo menos um fruto maduro nas hastes posteriores à haste secundária (Figura 1 e);
- f) Botão floral: pedúnculo do botão floral visível (Figura 1 f);
- g) Ântese: pétalas completamente expandidas (Figura 1 g);
- h) Frutificação: ovário fecundado e sem presença de pétalas (Figura 1 h);
- i) Maturação do fruto: coloração dos frutos entre 90 e 100% (Figura 1 i);

Figura 1 – Estádios fenológicos de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

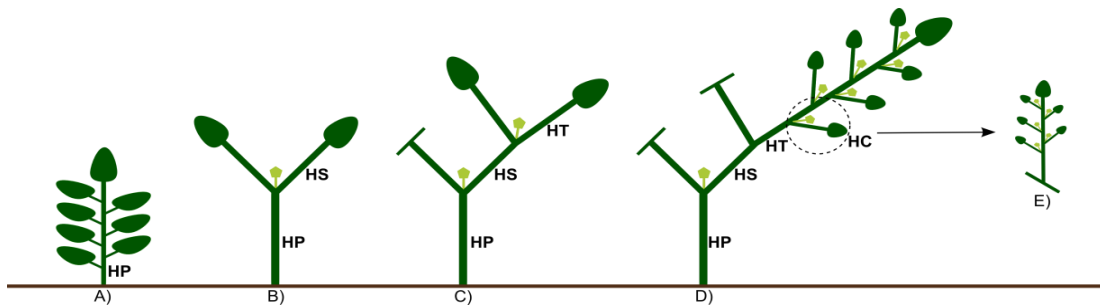


Emergência (a), transplante (b), início da floração (c), início da colheita (d), plena colheita (e), botão floral (f), ântese (g), frutificação (h) e maturação de fruto (i).

FONTE: (VALERA, 2017)

Quando 50% das plantas apresentavam as características dos estádios (Figura 1) emergência, transplante, início da floração, início da colheita, plena colheita, botão floral, ântese, frutificação e maturação de frutos, foi estabelecido o início de determinado estágio. Com as datas de ocorrência entre um estágio e o seguinte, foi estimado a duração (em dias) das subfases de emergência-transplante (EM-TR), transplante-início da floração (TR-IF), início da floração-início da colheita (IF-IC) e início da colheita-plena colheita (IC-PC). Dentro de subfase início da floração-plena coleta foram estabelecidas as subfases botão floral-ântese (BO-AN), ântese-frutificação (AN-FR) e frutificação-maturação do fruto (FR-MA). Devido a cultura apresentar um crescimento indeterminado, a estimativa da duração das subfases BO-AN, AN-FR e FR-MA foram realizadas a média da duração de cada inflorescências registradas no primeiro nó das hastes de quarta ordem (Figura 2 D).

Figura 2 – Esquema de uma planta de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) nos estádios de transplante (A), bifurcação na haste principal (B), haste secundária (C), haste de terceira ordem (D) e haste de quarta ordem (E). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.



HP=haste principal, HS=haste de segundo ordem, HT=haste de tercer ordem, HC=haste de quarta ordem.

FONTE: (VALERA, 2017)

3.4.6 Soma térmica

Foi estimada a soma térmica acumulada (STa , °C dia) obtida a partir da soma térmica diária (STd , °C dia), a qual é calculada de acordo com a seguinte equação (ARNOLD, 1960):

$$STd = (T_{med} - T_b) \text{ } ^\circ \text{ C dia} \quad (2)$$

$$STd = 0, \text{ quando } T_b > T_{med}$$

em que STd é a soma térmica diária (°C dia), T_{med} é a temperatura média do ar (°C) e T_b é a temperatura base (°C).

A soma térmica acumulada (°C dia) foi calculada a partir do início de cada subfase fenológica, assim obteve-se a Soma Térmica Acumulada (STa , °C dia), a partir da soma térmica diária:

$$STa = \sum STd \text{ } ^\circ \text{ C dia} \quad (3)$$

3.4.7 Temperatura base

Para a estimativa da temperatura basal inferior (T_b) foram utilizadas diferentes metodologias propostas por Arnold (1959) sendo utilizadas também por diferentes autores

(FAGUNDES et al., 2010; LUZ et al., 2012; PEZZOPANE et al., 2008; ROBERTO et al., 2004; SOUZA; MARTINS, 2014).

3.4.7.1 Desvio padrão em graus dias

O método do desvio padrão em graus dias (DP_{gd}) considera a T_b como aquela que resulta do menor desvio padrão das somas térmicas obtidas utilizando-se uma série de T_b . O DP_{gd} é calculado usando-se a equação:

$$DP_{gd} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (GD_i - MGD)^2}{n-1}} \quad (4)$$

em que DP_{gd} = desvio padrão em graus-dia, GD_i = graus-dia acumulados na i -ésima época de avaliação utilizando uma série de T_b , MGD = média dos graus-dia acumulados em todas as i -ésimas épocas de transplante, n = número de épocas de avaliação.

3.4.7.2 Desvio padrão em dias

No método de desvio padrão em dias (DP_d) estabelece que a T_b é aquela que resulta do menor desvio padrão entre as diferentes épocas de avaliação, de acordo com a equação:

$$DP_d = \frac{DP_{gd}}{\bar{x} - T_b} \quad (5)$$

em que DP_d = desvio padrão em dias, DP_{gd} = desvio padrão em graus-dia utilizando uma série de T_b , \bar{x} = temperatura média do ar ($^{\circ}C$) de todas as i épocas, T_b = temperatura basal inferior ($^{\circ}C$).

3.4.7.3 Coeficiente de variação em graus dias

O método de coeficiente da variação em graus dias (CV_{gd}), considera como T_b aquela que apresentar o menor coeficiente de variação em relação as os graus-dias acumulados na fase de desenvolvimento em questão. O CV_{gd} se obtém da fórmula:

$$CV_{gd} = \frac{DP_{gd}}{MGD} \cdot 100 \quad (6)$$

3.4.7.4 Coeficiente de variação em dias

O método de coeficiente de variação em dias (CV_d) determina a T_b no menor coeficiente de variação obtido da relação entre o desvio padrão em dias (DP_d) e o número de dias da fase de desenvolvimento, assim o CV_d determina-se da equação:

$$CV_d = \frac{DP_d}{\bar{x}_d} \cdot 100 \quad (7)$$

em que CV_d = coeficiente de variação e dias (%), \bar{x}_d = média do número de dias da fase de desenvolvimento.

3.4.7.5 Coeficiente de regressão

O método do CR se baseia numa relação linear existente entre a temperatura média do ar e os graus-dia (GD_i) acumulados durante a fase do desenvolvimento. Considerando-se assim:

$$GD_i = a \cdot T_{med} + b \quad (8)$$

em que a = coeficiente angular da regressão linear, b = coeficiente linear.

Quando o valor de a é igual ou próximo de zero indicara o valor da T_b , compreendendo que o valor de a positivo ou negativo indicaram que a T_b encontrasse acima ou abaixo, respectivamente, do valor correto.

3.4.7.6 X-intercepto

Este método é baseado na relação linear entre a temperatura média do ar (T_{med}) durante a fase de desenvolvimento e os valores do Desenvolvimento Relativo (DR), conforme a equação:

$$DR = a \cdot T_{med} + b; \quad (9)$$

$$\text{sendo que } D_r = \frac{100}{N} \quad (10)$$

em que a = coeficiente angular da regressão linear, b = coeficiente linear, 100 = valor arbitrário de ponderação, N = número de dias da fase do desenvolvimento em cada época avaliada. No X-intercepto, o valor da T_b é dado quando $DR = 0$, obtida pelo prolongamento da regressão linear entre o DR em função de $T_{\text{méd}}$, de tal forma que $T_b = -b/a$.

3.4.8 Análise dos dados

Para cada um dos métodos no cálculo da T_b foram utilizados valores de 0 a 25°C em incrementos de 0,5°C. A T_b foi determinada pela média dos valores obtidos pelos diferentes métodos. Para os dados da duração em dias e em graus dias (°C dia) das diferentes fases e sub-fases foi aplicado o análise de variância, quando F foi significativo, procedeu-se a realizar a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

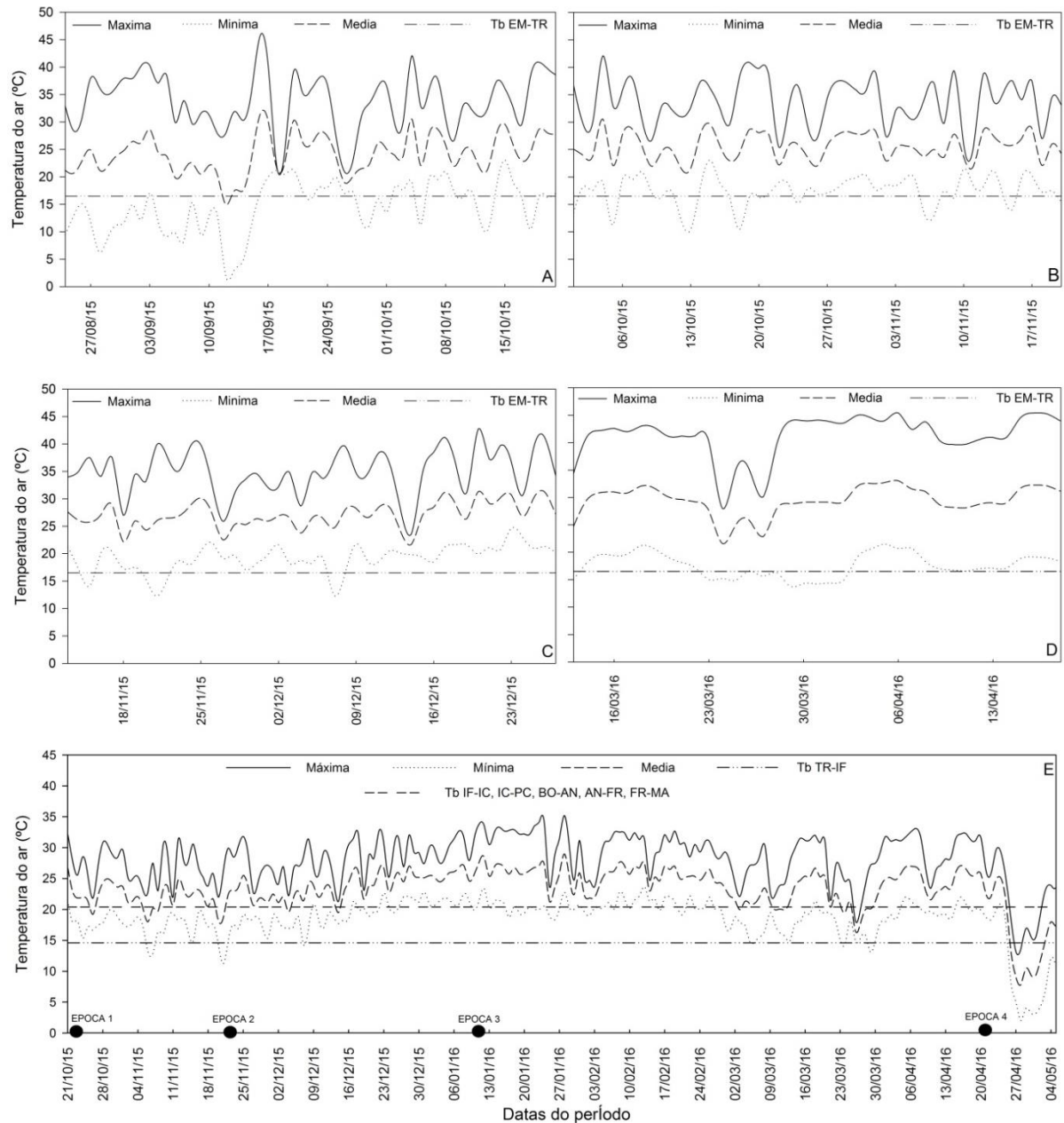
3.5 RESULTADOS

3.5.1 Temperatura do ar

Durante a avaliação do experimento no ambiente protegido, na época 1 foram observadas as temperaturas mais baixas (Figura 3A) com média entorno de 24,2 °C registrando-se máximas e mínimas absolutas com valores de 45,4 °C (16/09/16) e 1,8 °C (12/09/16) respectivamente. Nas épocas 2 e 3 as temperaturas médias mantiveram-se em torno de 25,6 e 27,1°C, com máximas de 42,1 °C (04/10/16) e 42,7 °C (20/12/16), mínimas de 10,4 °C (18/10/16) e 17,0°C (14/11/16), respectivamente (Figura 3B e C). Na época 4 foram observadas as maiores temperaturas (Figura 3D) com média de 29,5°C, registrando-se valores absolutos de 45,5 °C (16/04/16) e 14,9 °C (25/03/16) máxima e mínima respectivamente.

No campo (Figura 3 E), conforme os dados coletados pela estação meteorológica nos períodos das épocas 1, 2, 3 e 4 foram observadas temperaturas médias de 23,3 °C, 24,2 °C, 25,3 °C e 19,8 °C respectivamente. Nesses períodos registraram-se temperaturas absolutas do ar com valores de 35,2 (28/01/16) e 2,0 °C (28/04/16) máxima e mínima respectivamente.

Figura 3 – Temperaturas do ar (°C) registradas no ambiente protegido na época 1(A), época 2 (B), época 3 (C) época 4 (D) e em campo (E), compreendidas entre o período de agosto 2015 e abril 2016. Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2017.



Tb: temperatura base (°C). EM: emergência, TR: transplante, IF: início da floração, IC: início da colheita, PC: plena colheita, BO: botão floral, AB: ântese, FR: frutificação, MA: maturação do fruto. Pontos pretos indicam a data de transplante nas diferentes épocas

3.5.2 Fases de desenvolvimento em dias

Para a duração em dias das subfases avaliadas não houve diferença significativa ($p < 0,05$) na interação entre os cultivares e as épocas de cultivo. Quando os fatores foram

isolados houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as épocas apenas nas subfases GE-TR (Emergência-Transplante) e TR-IF (Transplante-Início da floração) (Tabela 2).

Tabela 2 – Duração (em dias) das subfases fenológicas emergência-transplante (EM-TR), transplante-início da floração (TR-IF), início da floração-início da colheita (IF-IC), início da colheita-plena colheita (IC-PC), botão floral-ântese (BO-AN), ântese-frutificação (AN-FR) e frutificação-maturação do fruto (FR-MA) de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*), em quatro épocas de semeadura. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

Época	Subfase fenológica						
	EM-TR	TR-IF	IF-IC	IC-PC	BO-AN	AN-FR	FR-MA
Dias							
E1	57 a	38 a	53 a	130 a	12 a	18 a	42 a
E2	50 b	28 b	53 a	104 a	16 a	24 a	51 a
E3	41 c	27 b	35 a	97 a	13 a	23 a	53 a
E4	34 d	-	-	-	-	-	-
σ	10	6	10	17	2	3	6
Med	46	31	47	110	13	22	48
CV(%)	2,04	9,73	15,61	9,47	31,63	20,75	12,65

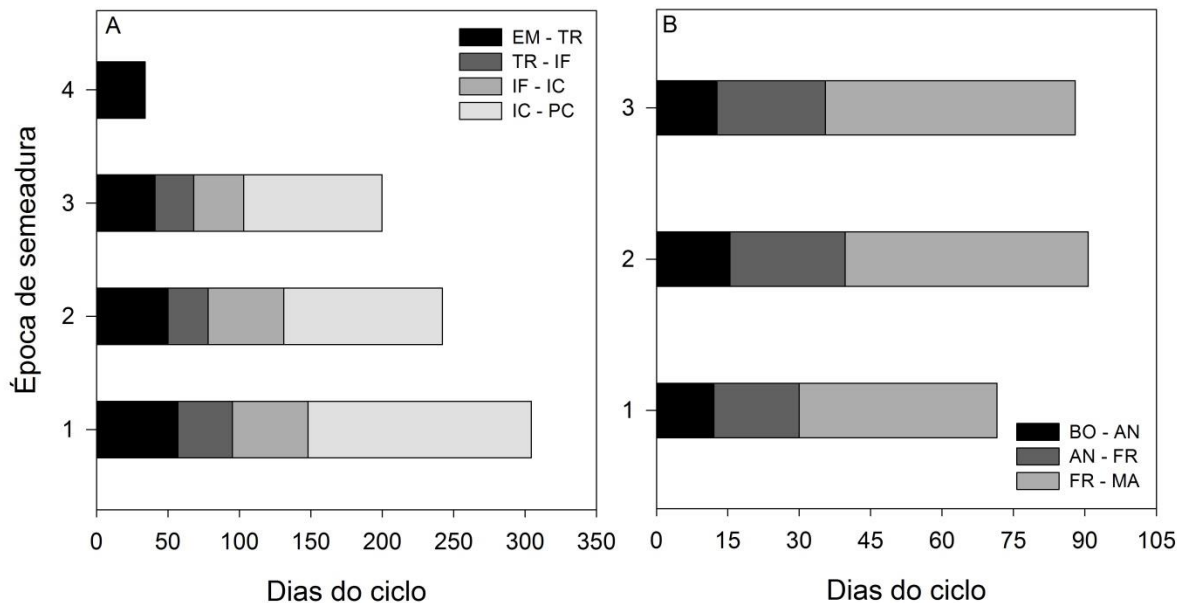
Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Épocas de semadura: E1= 24/08/15, E2= 01/10/15, E3= 13/11/15 e E4= 15/03/16.

Na subfase de EM-TR foi encontrado diferença significativa ($p < 0,05$) entre todas as épocas, observando-se que na E1 foi registrado um período de 57 dias para atingir determinada fase, sendo maior aos registrados nas épocas E2, E3 e E4 que mostraram períodos de 50, 41 e 34 dias, respectivamente (Tabela 2 e Figura 4A).

Similarmente na subfase de TR-IF o maior período foi observado na E1 registrando-se 38 dias, a partir do transplante, para atingir o início da floração, sendo significativamente maior ($p < 0,05$) aos períodos E2 e E3 que mostraram valores de 28 e 27 dias para determinada fase (Tabela 2 e Figura 4A).

Nas subfases de IF-IC e IC-PC a duração em média foi 47 e 110 dias respectivamente (Tabela 2). Entretanto que a duração em média das subfases BO-AN, AN-FR e FR-MA, foi de 13, 22 e 48 dias, respectivamente (Tabela 2).

Figura 4 – Duração (em dias) das subfases fenológicas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) durante quatro épocas de semeadura. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

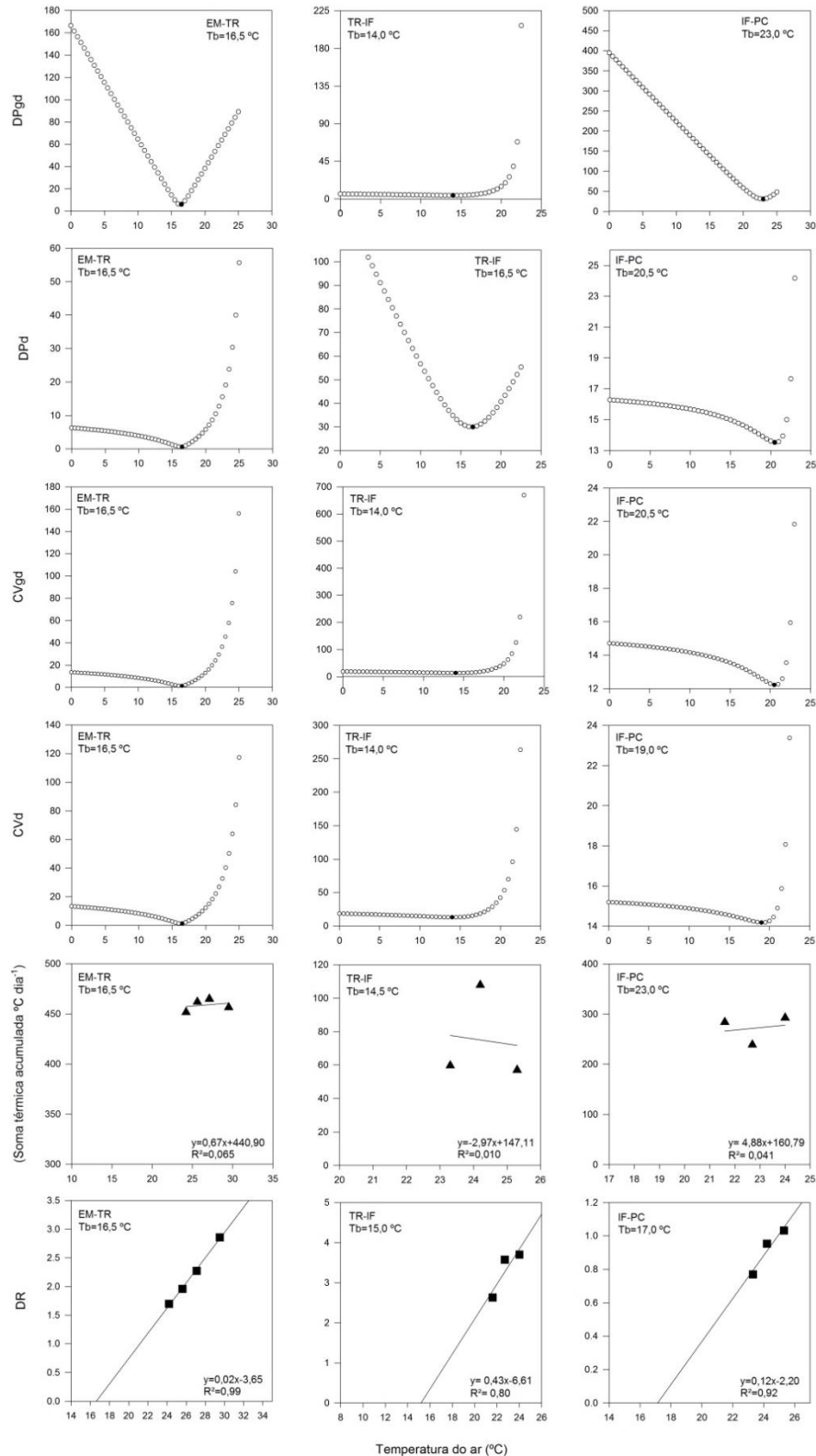


EM: emergência, TR: transplante, IF: início da floração, IC: início da colheita, PL: plena colheita, BO: botão floral, AN: ântese, FR: frutificação, MA: maturação. Época 1: 24/08/15, Época 2: 01/10/15, Época 3: 13/11/15 e Época 4: 15/03/16

3.5.3 Temperatura base

Para estimar a temperatura base (T_b , °C) utilizou-se os valores da duração em dias observados e a temperatura do ar média registrada em cada época para cada subfase fenológica. Para a subfase EM-TR a T_b foi similar entre todos os métodos utilizados neste estudo (DPgd, DPd, CVgd, CVd, CR e X-intercepto) obtendo-se valor de 16,5°C (Figura 5). Na subfase de transplante-início da floração (TR-IF) os valores da T_b foram de 16,5 °C, 14,0 °C, 14,0 °C, 14,0 °C, 14,5 °C, 15,0 °C para os métodos de DPgd, DPd, CVgd, CVd, CR e X-intercepto, respectivamente (Figura 5). Entanto que para as subfases IF-IC, IC-PC, BO-NA, AN-FR e FR-MA, os valores da T_b foram iguais á zero (dados não apresentados), considerando-os irrealista as temperaturas médias registradas, por tanto se opto por descartá-las. Devido á isso, considerou-se estimar a T_b para a subfase compreendida entre o inicio da floração-plena coleta (IF-PC). Com os métodos DPgd, DPd, CVgd, CVd, CR e X-intercepto os valores da T_b para IF-PC foram de 23,0 °C, 20,5 °C, 20,5 °C, 19,0 °C, 23,0 °C e 17,0 °C, respectivamente (Figura 5).

Figura 5 – Temperatura base (T_b , °C) das subfases fenológicas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) estimada por diferentes métodos estatísticos. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.



Pontos pretos indicam a T_b (°C). EM: emergência, TR: transplante, IF: início da floração, PC: plena colheita. DPgd: desvio padrão em graus dia, DPd: desvio padrão em dias, CVgd: coeficiente de variação em dias, CVd: coeficiente de variação, CR: coeficiente de regressão, DR: desenvolvimento relativo.

3.5.4 Fases fenológicas em graus dia

Com os valores estimados de temperatura base (T_b) foi calculado a soma térmica para cada uma das fases de desenvolvimento, sendo que para as subfase IF-IC, IC-PC, BO-AN, AN-FR e FR-MA foi utilizado o valor da T_b calculado para a fase de IF-PC (Tabela 3).

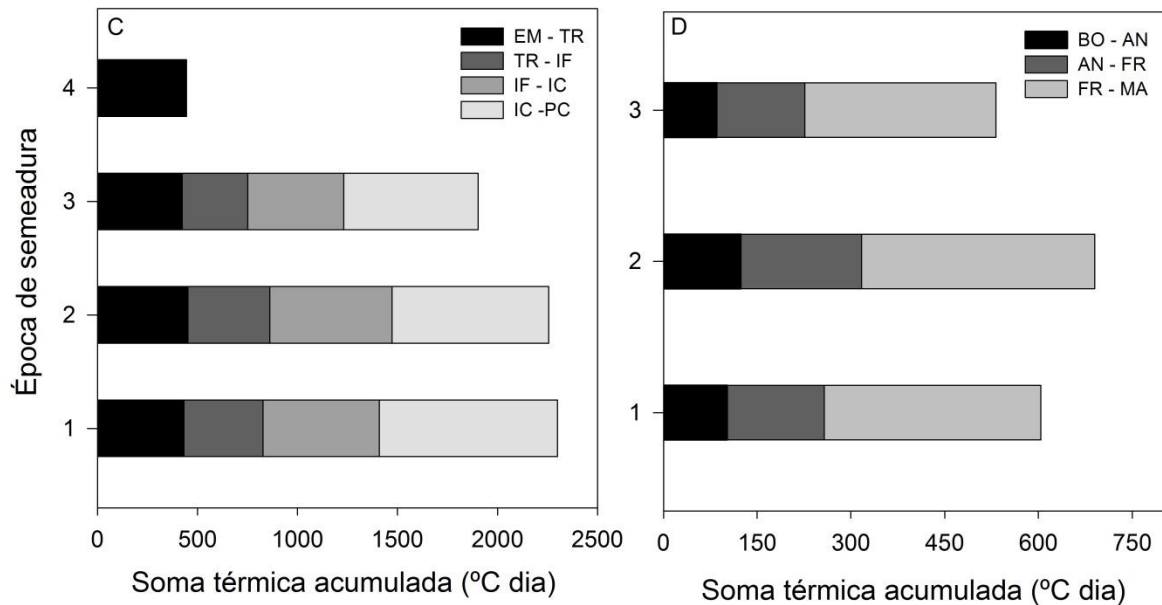
Tabela 3 – Soma térmica acumulada (ST_a , °C dia) das subfases fenológicas emergência-transplante (EM-TR), transplante-início da floração (TR-IF), início da floração-início da colheita (IF-IC), início da colheita-plena colheita (IC-PC), botão floral-ântese (BO-AN), ântese-frutificação (AN-FR) e frutificação-maturação do fruto (FR-MA) de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

Época	Subfase						
	GE-TR	TR-IF	IF-IC	IC-PC	BO-AN	AN-FR	FR-MT
ST _a (°C dia)							
E1	440,9 a	395,3 a	582,2 a	890,3 a	102,3 a	154,8 a	347,1 a
E2	452,4 a	409,0 a	610,8 a	783,4 a	123,9 a	193,0 a	373,4 a
E3	442,0 a	327,0 a	481,0 a	671,7 a	85,8 a	140,4 a	305,8 a
E4	449,5 a	-	-	-	-	-	-
σ	5,6	43,9	68,2	109,3	19,1	27,2	34,1
Med	446,2	377,1	558,0	781,8	104,0	162,8	342,1
CV%	3,56	9,35	9,80	7,55	22,80	20,3	11,81

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Épocas de cultivo: E1= 24/08/15, E2= 01/10/15, E3= 13/11/15 e E4= 15/03/16.

Na soma térmica a análise da variância não mostrou diferença significativa ($p < 0,05$) para nenhum dos fatores avaliados. Para fins de referência na Tabela 3 e nas Figuras 6 são apresentados os acúmulos térmicos (°C dia) observados em cada subfase durante as épocas de avaliação.

Figura 6 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia) das subfases fenológicas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) durante quatro épocas de semeadura. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

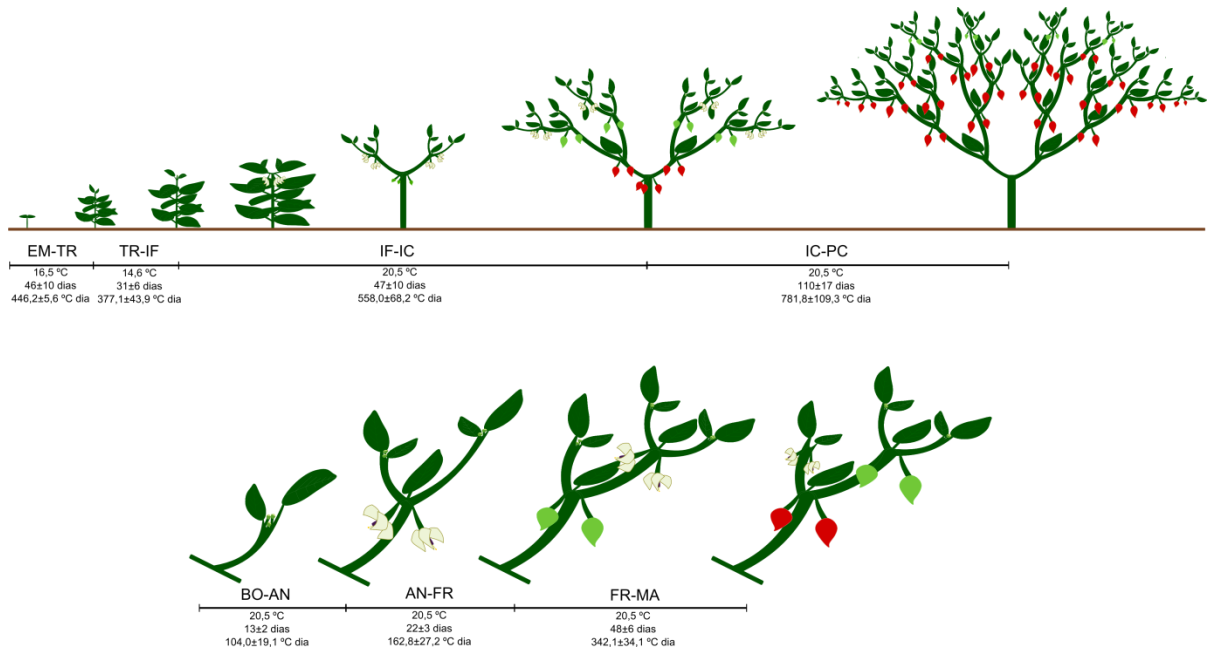


EM: emergência, TR: transplante, IF: início da floração, IC: início da colheita, PL: plena colheita, BO: botão floral, AN: ântese, FR: frutificação, MA: maturação. Época 1: 24/08/15, Época 2: 01/10/15, Época 3: 13/11/15 e Época 4: 15/03/16

3.5.5 Escala Fenológica

Com os resultados observados propõe-se uma escala fenológica para a cultura da pimenta biquinho, identificando a temperatura base (T_b) para seu desenvolvimento, a duração e a exigência térmica (°C dia) requerida pela cultura, a qual de maneira ilustrativa é apresentada na Figura 6. Utilizando-se critérios de fácil identificação visual a descrição das fases de desenvolvimento proposta pode auxiliar na elaboração de modelos de desenvolvimento da pimenta biquinho, bem como no planejamento das práticas agrônômicas ideais ou previr eventos críticos que possam alterar a cultura.

Figura 7 – Escala fenológica de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) indicando a temperatura base (Tb), duração (em dias) e a soma térmica acumulada (STa, °C dia) de cada subfase. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.



EM: emergência, TR: transplante, IF: início da floração, IC: início da colheita, PC: plena colheita, BO: botão floral, AN: antese, FR: frutificação, MA: maturação do fruto

FONTE: (VALERA, 2017)

3.6 DISCUSSÃO

Esperava-se uma diferença entre os cultivares, que segundo Fonseca et al., (2013) genótipos diferentes podem não responder de forma similar mesmo em ambientes iguais. Contrário a isto e ao esperado, não houve diferença entre as cultivares nas variáveis medidas e nas condições em que foi conduzido este estudo.

A diferença observada na duração (em dias) das subfases EM-TR e TR-IF foram provavelmente pela influencia de temperatura do ar, pois é o principal elemento meteorológico responsável pelo desenvolvimento das culturas agrícolas (LUCAS et al., 2012). As respostas da planta à temperatura difere ao longo do ciclo da cultura influenciando principalmente sobre a fenologia da mesma, ou seja, no desenvolvimento das diferentes fases (HATFIELD; PRUEGER, 2015), sendo que temperaturas fora da faixa ótima podem prejudicar no desenvolvimento.

Souza et al., (2009) num estudo com *Ficus carica* em diferentes épocas, observaram variações na duração (em dias) entre estádios fenológicos (poda-início da colheita), apontando essa variação principalmente a oscilação da temperatura do ar ocorrida em cada época. Wagner et al., (2012) avaliando a duração de diferentes estádios fenológicos da cultura do milho (*Zea mays*) em nove épocas de semeaduras, observaram ciclos mais curtos conforme o aumento da temperatura do ar, relatando que a influencia da temperatura na diminuição do ciclo é marcada no desenvolvimento vegetativo. Num estudo com batata (*solanum tuberosum*) em duas épocas de avaliação. Bisognin et al., (2008) observaram que quando a temperatura do ar foi mais elevada a duração entre a subfase da formação do túbero e senescência aumento significativamente. Betemps et al., (2014) no seu trabalho avaliando diferentes estágios fenológicos em *Physalis peruviana* (Solanaceae como o gênero *Capsicum*) durante três épocas de semeadura, observaram que na época onde ocorreram maiores temperaturas do ar a duração de todos os estádios foram menores.

Segundo An et al., (2011) quando a temperatura do está abaixo de 15°C pode diminuir o crescimento da pimenta, sendo uma cultura de clima tropical exige condições de alta temperatura, porém as temperatura ótima para seu desenvolvimento encontram-se entre 25 e 35°C (AIRAKI et al., 2012; GARRUÑA-HERNÁNDEZ et al., 2014). Assim, na época onde foram registradas baixas temperaturas, como o caso da época 1 (Figura 3 A e E) o período foi mais longo. Já com temperaturas mais elevadas a duração das fases foi menor, como observado principalmente nas épocas 3 e 4 durante as subfases TR-IF e EM-TR, respectivamente. A duração das subfases IF-IC, IC-PC, BO-AN, AN-FR e FR-MF não apresentaram diferença significativa, possivelmente porque a que a temperatura do ar manteve-se mais constante durante as épocas avaliadas (Figura 3). Na subfase IC-PC o final da colheita foi determinado quando as plantas sofreram danos por geada quando ainda encontravam-se em produção.

Para a cultura de pimenta biquinho é escassa a informação a respeito das fases fenológicas e a sua duração, no entanto, os resultados observados neste estudo foram similares aos relatados por Del C. Moreno Pérez et al., (2011), que avaliando diferentes caracteres fenológicos em treze híbridos de *Capsicum annum* observaram que para o início da floração, frutificação e colheita os períodos em média foram de 33, 44 e 102 dias após o transplante. Silva Jaque, Alay Marquez e Negrón Guerrero (2013), observaram em quatro genótipos de *Capsicum chinense* e *C. annum* que para o início dos estádios fenológicos de floração, frutificação e primeira colheita foram necessários de 45, 77 e 119 dias respectivamente a partir da emergência. Contudo, os melhores resultados foram observados na época 3, que após

o transplante foi similar as épocas 1 e 2, apresentou o menor período na etapa de muda (41 dias). A época 4, embora tenha apresentado menor período na subfase EM-TR, para as condições do local de estudo não poderia ser indicada como a melhor época, pois a ocorrência de geadas causaria a morte das plantas ainda na fase vegetativa.

Com respeito à temperatura base (T_b), observou-se valores iguais (16,5 °C) para a T_b na subfase de EM-TR entre todos os métodos utilizados (DPgd, DPd, CVgd, CVd, CR e X-intercepto). Já para as subfases de TR-IF e IF-PC os valores foram de 14,0 °C a 16,5 °C e de 17,0 °C a 23,0 °C com uma variação máxima de 2,5 °C e 6,0 °C respectivamente. Fagundes et al., (2010) na estimativa da T_b de *Aspilia montevidensis*, observou variações de 1,1°C e de 3,8°C em duas fases de desenvolvimento utilizando os métodos de desvio padrão em dias (DPd), coeficiente de regressão (CR) e x-intercepto. Júnior et al., (2004), utilizando os métodos de desvio padrão em dias e x-intercepto na estimativa de temperatura base em três cultivares de triticale, observaram variações de 0,3 °C, 0,5 °C e 0,5 °C respectivamente para cada cultivar entre os dois métodos. Souza e Martins (2014), com métodos similares utilizados neste estudo observaram também variação nos valores estimados de temperatura base em dois cultivares de *Olea europea* L.

Os métodos utilizados neste estudo para a estimativa da T_b dependem dos valores da temperatura média diária, porém se faz necessário que as diferentes fases de desenvolvimento sejam submetidas a faixas de temperatura que oscilem entre a mínima e máxima tolerado pela cultura, já que a duração do ciclo da cultura é correlacionada com a temperatura média do ar durante o período em questão (MORENO et al., 2014). Isto pode ser identificado nos valores da T_b estimada nas diferentes subfases, que como observado foi mais preciso na subfase de EM-TR, pois esta subfase foi submetida tanto a baixas (14,4°C) como a altas temperaturas (41,4°C). A diferença das outras fases que durante o período de avaliação as temperaturas foram mais constantes (Figura 3), não registrando-se temperaturas que pudessem deprimir significativamente o desenvolvimento da cultura, tanto que na fase IF-FC em dois dos métodos utilizados a T_b estimada atingiu valores de 22,5 °C e 23 °C sendo irrealista as temperaturas mínimas registradas (17,2°C). Segundo Miranda e Júnior (2010) quando utilizado métodos estatísticos na estimativa da T_b , pode-se obter valores de T_b discrepantes podendo existir uma diferença entre a temperatura base fisiológica (real) e a temperatura base obtida estatisticamente. No entanto para fins de correlacionar a duração da cultura com a temperatura do ar, a T_b estimada pela soma térmica pode ser utilizada.

O conceito de graus dia baseia-se na necessidade térmica requerida pelas plantas para completar determinada fase fisiológica substituindo o tempo cronológico pelo acúmulo

térmico (MOURA et al., 2012), de modo que o acúmulo térmico da cultura é independente da duração do ciclo. Neste estudo, isto foi observado apenas para as subfases EM-TR e TR-IF, pois o acúmulo térmico nestas fases não diferiram entre as épocas, indicando que quando se utilizou os graus dia para medir a duração do ciclo foi mais preciso que o tempo cronológico (Tabela 3 e Figura 4 e 6). Nas subfases em que a duração (em dias) foram similares entre épocas o acúmulo térmico, como se esperava, também foi similar. Se bem não houve diferença significativa na soma térmica das fases e subfases entre as diferentes épocas o acúmulo térmico não foi sempre igual, havendo variações de até 200 °C dia como observado na fase IC-PC. Isto foi também ressaltado por Tecchio et al., (2013) no seu estudo com videira utilizando diferentes porta-enxertos em três épocas de cultivo, que observaram diferença no acúmulo térmico nas épocas de cultivo, apontando essa diferença a altas temperatura e à amplitude térmica. Similarmente na cultura da melancia Trentin et al., (2008) observaram variação da soma térmica em duas épocas de cultivo, argumentando uma influencia de altas temperaturas do ar nessa variação.

Provavelmente em alguns períodos a temperatura do ar esteve acima da faixa ótima para a pimenta biquinho sendo prejudiciais para seu desenvolvimento, aumentando seu ciclo, mas computadas como favoráveis no acumulo térmico, pois no método da soma térmica utilizado neste estudo não é considera a temperatura base superior (máxima suportada pela cultura) fazendo que a soma térmica aumente em altas temperaturas (RENATO et al., 2013). Assim, variações da soma térmica entre diferentes épocas é devido à pressuposição de uma linearidade entre o desenvolvimento vegetal e a temperatura do ar, sabendo-se que biologicamente a resposta entre a planta e a temperatura do ar não é linear (STRECK et al., 2007). Métodos que incluem a temperatura ótima e basal superior poderiam mostrar valores mais precisos na soma térmica (LISBOA et al., 2012), no entanto em pimenta biquinho esses valores de temperatura ainda precisam ser elucidados.

3.7 CONCLUSÕES

A duração em média das subfases emergência-transplante, transplante-início da floração, início da floração-início da colheita e início da colheita-plena colheita foi de 46, 31, 47, 110 dias, respectivamente. Para as subfase botão floral-ântese, ântese-frutificação e frutificação-maturação foi de 13, 22, 48 dias.

A temperatura base para as subfases emergência-transplante, transplante-início da floração foi de 16,5 °C de 14,8 °C. Para as subfases início da floração-início da colheita, início da

colheita-plena colheita e para as subfases botão floral-ântese, ântese-frutificação e frutificação-maturação a temperatura base foi de 20,2 °C.

O acúmulo térmico requerido para a fase emergência-transplante, transplante-início da floração, início da floração-início da colheita e início da colheita-plena colheita foi de 446,2 °C dia, 377,1 °C dia, 558,0 °C dia e 781,8 °C dia, respectivamente. Para as subfases botão floral-ântese, ântese-frutificação e frutificação-maturação 104, 0 °C dia, 162,8 °C dia e 342,1 °C dia.

3.8 REFERÊNCIAS

AIRAKI, M. et al. Metabolism of reactive oxygen species and reactive nitrogen species in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under low temperature stress. **Plant, Cell & Environment**, v. 35, n. 2, p. 281–295, 1 fev. 2012.

ALBERTO, C. M. et al. Modeling wheat development considering different cardinal temperatures and methods for the temperature response function calculation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 6, p. 545–553, jun. 2009.

ALÓS, E.; RODRIGO, M. J.; ZACARÍAS, L. Transcriptomic analysis of genes involved in the biosynthesis, recycling and degradation of L-ascorbic acid in pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). **Plant Science**, v. 207, p. 2–11, jun. 2013.

AN, S.-J. et al. Characterization and genetic analysis of a low-temperature-sensitive mutant, sy-2, in *Capsicum chinense*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 122, n. 3, p. 459–470, 1 fev. 2011.

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

ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **American Society for Horticultural Science**, v. 76, p. 682–692, 1960.

BARROS, M. P. DE et al. Photothermal units and lower base temperature for alfa mango fruit on the Baixada Cuiabana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 479–485, jun. 2010.

BETEMPS, D. L. et al. Time of sowing, phenology and growth of cape gooseberry plants in southern Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 179–185, mar. 2014.

BISOGNIN, D. A. et al. Desenvolvimento e rendimento de clones de batata na primavera e no outono. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 6, p. 699–705, jun. 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de adubaçã e de 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, 2004.

CONFORTI, F.; STATTI, G. A.; MENICHINI, F. Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum* var. *acuminatum* L.) in relation to maturity stage. **Food Chemistry**, v. 102, n. 4, p. 1096–1104, 2007.

COSTA, L. V. et al. Caracterização de acessos de pimentas do Amazonas. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 290–298, set. 2015.

DEL C. MORENO PÉREZ, E. et al. Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. **Revista Chapingo. Serie horticultura**, v. 17, n. SPE.2, p. 5–18, jan. 2011.

DOMENICO, C. I. et al. Caracterização agronômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 466–472, set. 2012.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Clasificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013.

ERPEN, L. et al. Estimating cardinal temperatures and modeling the vegetative development of sweet potato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1230–1238, nov. 2013.

FAGUNDES, J. D. et al. Base temperature and thermal accumulation of growth stages of *Aspilia montevidensis*. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 499–507, 2010.

FONSECA, A. P. DA et al. Phenotypic stability of strawberry genotypes subjected to variable number of in vitro subcultures. **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, p. 1345–1350, ago. 2013.

GARRUÑA-HERNÁNDEZ, R. et al. Understanding the Physiological Responses of a Tropical Crop (*Capsicum chinense* Jacq.) at High Temperature. **PLoS ONE**, v. 9, n. 11, 3 nov. 2014.

GARRUTI, D. DOS S. et al. Volatile profile and sensory quality of new varieties of *Capsicum chinense* pepper. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 33, p. 102–108, fev. 2013.

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. **Weather and Climate Extremes**, USDA Research and Programs on Extreme Events. v. 10, Part A, p. 4–10, dez. 2015.

JÚNIOR, P. et al. Base-temperature, growing degree-days and crop growth cycle duration of triticale cultivars. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 447–453, dez. 2004.

KIM, S. et al. Genome sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. **Nature Genetics**, v. 46, n. 3, p. 270–278, mar. 2014.

- KÖRNER, C.; BASLER, D. Phenology Under Global Warming. **Science**, v. 327, n. 5972, p. 1461–1462, 19 mar. 2010.
- LISBOA, P. M. M. et al. Vegetative development of two olive cultivars in seedling phase. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1556–1562, set. 2012.
- LUCAS, D. D. P. et al. Base temperature for node appearance and plastochron of watermelon plant. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 288–292, jun. 2012.
- LUZ, G. L. DA et al. Baseline temperature and cycle of canola híbridos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1549–1555, set. 2012.
- MAZZA, M. C. M.; SANTOS, J. E. DOS; MAZZA, C. A. DA S. Reproductive phenology of *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae) in the Irati National Forest, Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, n. 4, p. 565–574, dez. 2011.
- MIRANDA, M. N.; JÚNIOR, J. H. C. Soma térmica para o subperíodo semeadura-maturação de feijão cv. carioca em Colorado do Oeste, Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 40, n. 2, p. 10–5216/pat.v40i2.6790, 23 jun. 2010.
- MORAES, I. C. F. et al. Dehydration of “dedo de moça” pepper: kinetics and phytochemical concentration. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 33, p. 134–141, fev. 2013.
- MORENO, L. S. B. et al. Base temperature determination of tropical *Panicum* spp. grasses and its effects on degree-day-based models. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 186, p. 26–33, 15 mar. 2014.
- MOURA, J. Z. et al. ESCALA DE DESENVOLVIMENTO FENOLÓGICO E EXIGÊNCIA TÉRMICA ASSOCIADA A GRAUS-DIA DO FEIJÃO-CAUPI. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 66–71, 30 set. 2012.
- OLIVEIRA, F. A. et al. Pepper seedlings production fertigated with various nutrient solutions. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 458–463, dez. 2014.
- PAULA, F. L. M. DE et al. Thermal time of some developmental phases in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1034–1042, out. 2005.
- PAULA, F. L. M. DE et al. Tabasco pepper production with CO₂ application using drip irrigation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 133–138, mar. 2011.
- PAULUS, D. et al. Growth, yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annum*) at different spacings. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 91–100, mar. 2015.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Heat requeriments of Mundo Novo coffee for the flowering-harvest phenological stage. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1781–1786, dez. 2008.

QUEIROZ, M. F. DE et al. Growth and phenology of species of *Jatropha* during the rainy season. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 405–411, abr. 2013.

RENATO, N. DOS S. et al. Influence of methods for calculation of degree-days under conditions of temperature increase for maize and bean crops. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 382–388, dez. 2013.

ROBERTO, S. R. et al. Phenology and thermal summation (degree days) for “Isabel” grape (*Vitis labrusca*) produced in the Northwest of Parana State. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 25, n. 4, p. 273–280, 30 maio 2004.

SILVA JAQUE, C.; ALAY MARQUEZ, A.; NEGRÓN GUERRERO, N. Características de ocho híbridos experimentales de pimiento (*Capsicum annuum* L.), en el valle de Azapa. **Idesia (Arica)**, v. 31, n. 3, p. 107–111, out. 2013.

SOUZA, A. P. DE et al. Basic temperatures and thermal sum for the fig trees pruned in different months. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 314–322, jun. 2009.

SOUZA, P. M. B. DE; MARTINS, F. B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 2, p. 307–313, jun. 2014.

STRECK, N. A. et al. Thermal time of some developmental phases of the COUNCE scale for irrigated rice cultivars grown in Southern Brazil. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 357–364, 2007.

TECCHIO, M. A. et al. Effect of rootstock and the pruning periods in the duration of phenological stages and in the accumulation of degree-days on grape “Niagara Rosada”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1073–1080, dez. 2013.

TRENTIN, R. et al. Thermal time of developmental phases in watermelon. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2464–2470, dez. 2008.

WAGNER, M. V. et al. Evaluation of corn crop phenology cycle in Guarapuava, South of Brazil based on the thermal sum. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 4, n. 1, p. 135–149, 15 jan. 2012.

YALDIZ, G.; OZGUVEN, M.; SEKEROGLU, N. Variation in capsaicin contents of different *Capsicum* species and lines by varying drying parameters. **Industrial Crops and Products**, v. 32, n. 3, p. 434–438, nov. 2010.

4 ARTIGO 2: ESTIMATIVA DA TEMPERATURA BASE E DO PLASTOCRONO DE CULTIVARES DE PIMENTA BIQUINHO

4.1 RESUMO

A emissão de nós é um parâmetro de desenvolvimento vegetal que pode ser estimado pelo plastocrono ($^{\circ}\text{C dia nó}^{-1}$), o qual é o intervalo de tempo entre o aparecimento de dois nós sucessivos na haste da planta. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar a temperatura base (T_b , $^{\circ}\text{C}$) para emissão de nós e o plastocrono em cultivares de pimenta biquinho. O estudo foi realizado na área experimental pertencente à UFSM *campus* Frederico Westphalen-RS, Brasil. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, sendo os fatores dois cultivares de pimenta biquinho (BRS Moema e Airetama Biquinho Amarela) e quatro épocas de semeadura (24/08/15, 01/10/15, 13/11/15 e 15/03/16), com seis repetições, integrada por quatro plantas em cada uma. A partir da emergência foi realizada a contagem de nós numa das hastes da planta durante a fase vegetativa e reprodutiva. A T_b foi estimada pelo método do menor quadrado médio do erro (QME). Com a T_b , calculou-se a soma térmica acumulada (ST_a , $^{\circ}\text{C dia}$) durante cada uma das fases (vegetativa e reprodutiva). O plastocrono foi estimado a partir da inversa do coeficiente angular da regressão linear simples entre o número de nós e a ST_a . A T_b e o plastocrono não foram influenciados pelo cultivar. Na fase vegetativa a T_b e o plastocrono foram dependentes da época de semeadura, apresentando em média uma T_b de $16,8^{\circ}\text{C}$ e um plastocrono de $43,6^{\circ}\text{C dia nó}^{-1}$. Na fase reprodutiva tanto a T_b como o plastocrono foram similares nas épocas de semadura, mostrando em média uma T_b de $16,7^{\circ}\text{C}$ e plastocrono de $64,4^{\circ}\text{C dia nó}^{-1}$.

Palavras Chave: *Capsicum chinense*, graus dia. Emissão de nós. Desenvolvimento vegetal.

4.2 ABSTRACT

The emission of nodes is a parameter of plant development that can be estimated by plastochron ($^{\circ}\text{C dia nó}^{-1}$), which is the time interval between the appearance of two successive nodes on the stem of the plant, below a base temperature there is no development or it is so slow that is almost contemptible. Accordingly, the objective of this work was to estimate the base temperature (T_b , $^{\circ}\text{C}$) for the emission of nodes and the plastochron in biquinho pepper cultivars. The study was conducted in the experimental area belonging to the UFSM campus Frederico Westphalen-RS, Brazil. The experimental design was a randomized block design in factorial scheme 2x4, with two cultivars of biquinho pepper (BRS Moema and Airetama Biquinho Amarela) and four sowing seasons (08/24/15, 01/10/15, 13/11/15 and 03/15/16) with six repetitions integrated by four plants in each one. From the emergency, we counted nodes on one of the stems of the plant during the vegetative and reproductive phase. T_b was estimated by the least error mean square method (QME). With the T_b , the degree day (ST_a , $^{\circ}\text{C day}$) during each of the phases (vegetative and reproductive) was calculated. The plastochron was estimated from the inverse of the coefficient of the simple linear regression between the number of nodes and the ST_a . The T_b as well as the plastochron were not influenced by the cultivar. In the vegetative phase, T_b and plastochron were dependent on the sowing season, showing on average a T_b of 16.8°C and a plastochron of $43.6^{\circ}\text{C day node}^{-1}$. In the reproductive phase both T_b and plastochron were similar at the evaluated times, showing on average a T_b of 16.7°C and plastochron of $64.4^{\circ}\text{C day node}^{-1}$.

Keywords: *Capsicum chinense*. Units of heat. Emission of nodes. Plant development.

4.3 INTRODUÇÃO

As pimentas são a principal especiaria originária do continente americano e compõem uma importante parte do agronegócio. O setor hortícola brasileiro tem encontrado grande potencial econômico no cultivo das pimentas, sendo este segmento composto desde pequenos produtores e agroindústrias artesanais até grandes indústrias exportadoras. A crescente demanda das pimentas se dá pela sua ampla forma de consumo *in natura* bem como em seus produtos derivados como conservas, molhos, pápricas, geléias, pimenta desidratada, cosméticos e farmacêuticos. O interesse comercial destas espécies deve-se aos seus frutos, pois apresenta diversidade de cores e formatos, caracterizados principalmente pelo conteúdo de capsaicinoides, responsável pelas características organolépticas de pungência (KIM et al., 2014; PAULUS et al., 2015).

As espécies de pimentas são cultivadas em várias regiões do mundo, onde os principais países produtores são a China com uma produção média anual em torno de 16 milhões de toneladas, seguido de México e Turquia com produções de aproximadamente 2 milhões de toneladas (FAO, 2017). O Brasil ainda não aponta dentro os principais produtores, no entanto, segundo (PAULUS et al., 2015) a nível nacional as pimentas ocupam o segundo lugar das exportações de hortaliças, sendo os Estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Rio Grande do Sul, e Ceará os maiores produtores.

O Brasil destaca-se por apresentar grande diversidade de pimentas e contempla quatro espécies domesticadas, dentre estas se destaca a pimenta biquinho (*Capsicum chinense*). A espécie possui centro de origem na bacia amazônica e seus frutos caracterizam-se por ser de pequeno tamanho (3,0 x 1,5 cm), formato triangular, coloração intensa, baixa pungência, elevada produtividade e alto valor gastronômico.

No entanto, ainda são poucas as informações a respeito do seu cultivo, bem como as características relacionadas a seu desenvolvimento, bem como as condições ambientais que possam influenciá-la. O aparecimento de novas estruturas na planta até a sua senescência é importante para auxiliar no planejamento agrônomo e nos tratamentos culturais que possam potencializar sua produtividade (LUCAS et al., 2012), pois as necessidades da planta são diferentes durante cada estágio ou fase do ciclo. Além disso, informações relacionadas ao desenvolvimento auxiliam na elaboração de modelos matemáticos que permitem descrever e interpretar o desempenho das culturas (CHARLO et al., 2011).

Um dos parâmetros utilizados para quantificar o desenvolvimento das plantas é o número de nós acumulados nas hastes, pois a emissão de nós está relacionada com o surgimento de órgãos vegetais como folhas, novos ramos e inflorescências (HELDWEIN et al., 2010). A emissão de nós pode ser determinada mediante o plastocrono, que é o tempo necessário para o aparecimento de dois nós sucessivos na haste da planta (FAGUNDES et al., 2008). Para a determinação do plastocrono é utilizado a soma térmica, o qual é um método que mede o tempo biológico levando em conta a influencia da temperatura do ar, baseado no conceito que a planta necessita determinada quantidade de calor para atingir determinada fase de desenvolvimento, sendo mais preciso que o tempo cronológico, pois a temperatura do ar é o principal elemento climático que Afeta o desenvolvimento das culturas agrícolas (TOEBE et al., 2010; SOUZA et al., 2009). O desenvolvimento vegetal, bem como a emissão de nós, ocorre numa ampla faixa de temperatura do ar, dentro desta encontra-se uma temperatura mínima na qual abaixo não há desenvolvimento ou este existe em taxas lentas que são quase desprezíveis. Esta temperatura mínima é conhecida como temperatura base (T_b) (ROSA et al., 2011).

Por ser uma espécie de clima tropical as pimentas do gênero *Capsicum* tem seu máximo desenvolvimento entre temperaturas de 25 e 30 °C. Abaixo de 15 °C, tanto as funções fisiológicas, como o desenvolvimento podem ser afetadas (AIRAKI et al., 2012). Para a pimenta biquinho esses valores de temperatura poderiam ser similares, no entanto, segundo Martins, Reis, & Pinheiro (2012), valores de temperatura base podem ser diferentes mesmo entre culturas da mesma espécie

Apesar da espécie *Capsicum chinense*, ser facilmente encontrada no Brasil, não há disponibilidade de informação científica sobre a temperatura base necessária para emissão de nós, assim como, do plastocrono. Sendo estas informações fundamentais para avaliar o desenvolvimento da cultura este trabalho teve como objetivo estimar a temperatura base e plastocrono de dois cultivares de pimenta biquinho durante as fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Condições de cultivo, material vegetal e delineamento experimental

O presente estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen-Rio Grande do Sul, situada nas coordenadas

geográficas 27° 23'40" S e 53°25'45" O, com altitude de 490m. Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa, com temperatura média anual de 18°C, apresenta no verão temperaturas máxima de até 41°C e no inverno mínimas que alcançam 0°C. O delineamento experimental empregado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, sendo dois cultivares de pimenta biquinho e quatro épocas de cultivo, composto por seis repetições, onde cada repetição foi constituída por quatro plantas. Foi utilizadas as cultivares de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) BRS Moema e Airetama Biquinho Amarela, estes cultivares apresentam crescimento intermédio e são caracterizados pela cor de fruto vermelho (BRS Moema) e amarelo (Airetama Biquinho Amarela) quando maduros. Foi estabelecido quatro épocas de semeadura entre o período de agosto 2015 e maio 2016. Cada época foi estabelecido nos dias 24/08/15 (época 1), 01/10/15 (época 2), 13/11/15 (época 3) e 15/03/16 (época 4), realizando-se o transplante nos dias 21/10/15 (época 1), 20/11/15 (época 2), 09/01/16 (época 3) e 19/04/16 (época 4).

4.4.2 Produção de mudas

Para a produção de mudas foram utilizadas sementes alocadas em bandeja de poliestireno expandido com 128 células preenchidas com substrato comercial Carolina®, colocando-se duas sementes por célula. Posteriormente, quando aparecia à primeira folha verdadeira foi realizado o desbaste das plântulas germinadas, conservando-se a mais vigorosa. A irrigação das mudas foi realizada em sistema tipo *floating* com solução nutritiva conformada por Hidrogod®, Calvicit® e ferro em concentrações de 0,5, 0,4 e 0,06 g L⁻¹ respectivamente, mantendo-se de 8 a 10 h e de 15 a 17 h diariamente, ate o ponto de transplante. As mudas foram colocadas em bancadas a 1,5 m de altura do solo, mantidas em estufa com estrutura em forma de arco coberta com filme plástico de 150 micras de espessura, pé direito de 3,5 m de altura e dimensões de 10 m de largura e 20 m de comprimento.

4.4.3 Estabelecimento do cultivo

As mudas foram transplantadas no solo em campo, seguindo a recomendação para os cultivares o espaçamento foi de 0,80 m entre fileiras e 0,50 m entre planta para a BRS Moema, e de 1,20 entre fileiras e 0,80 m entre planta para Airetama Biquinho Amarela, colocando-se plantas de bordadura. De acordo com a EMBRAPA (2013) o solo da região é classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico, as características estão descritas

na Tabela 1. Para a preparação do solo foi realizado aragem pesada, gradagem e sulcado, durante o estabelecimento de cada época. Baseado no análises químico do solo se realizou a correção de fertilidade conforme a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFSRS/SC, 2004). Para a irrigação foi utilizado sistema por gotejamento, colocando-se cobertura plástica de cor preta (*mulching*) para manter a umidade do solo e evitar plantas daninhas. Quando ocorrência de pragas foram realizados os controles fitossanitários utilizando os produtos autorizados para a cultura.

Tabela 1 – Característica física e química do solo da área experimental. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

pH	Índice SMP	Argila	M.O	P	K	S	Zn	Cu	B	Mn	Al	Ca	Mg	CTC
		%									mg/L			
6,0	6,3	53,0	2,6	2,4	68,5	7,5	11,7	18,7	0,2	21,0	0,0	8,0	3,8	14,7

4.4.4 Registro da temperatura do ar

No ambiente protegido (estufa plástica) durante a etapa de produção de mudas, a temperatura do ar foi registrada utilizando-se um termômetro digital localizado dentro de um abrigo meteorológico á 3 metros de distancia da bancada das mudas e á 1 m de altura do solo. Diariamente a temperatura máxima e mínima foram registradas as 9hrs, sendo as mínimas do dia e as máximas do dia anterior. A temperatura do ar (máximas e mínimas) em campo foi registrada a partir dos dados coletados de uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada aproximadamente á 50 m de distancia do local do experimento. Assim, utilizando-se os valores mínimos e máximos, foi calculado o valor médio diário da temperatura do ar ocorrida durante o período de estudo, utilizando-se a seguinte equação:

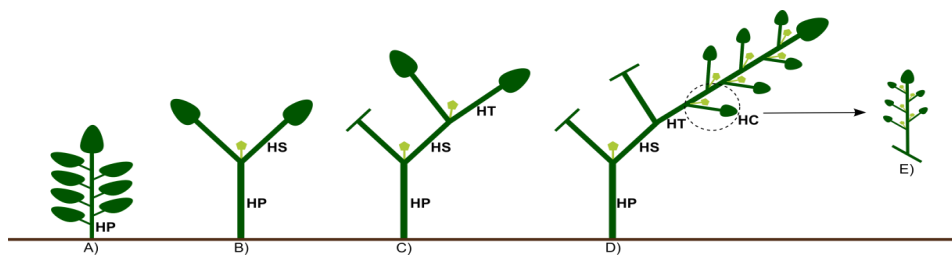
$$T_{med} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (1)$$

em que T_{med} é a temperatura media do ar, T_{max} é a temperatura máxima do ar e T_{min} é a temperatura mínima do ar.

4.4.5 Emissão de nós

Foi realizada a contagem de emissão de nós nas fases do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, considerando-se os nós localizados nas hastes avaliadas em cada uma das fases, realizando-se o contagem pelo menos três vezes por semana. No desenvolvimento vegetativo (etapa muda) foi avaliado a emissão de nós na haste principal após a emergência (Figura 1), considerando-se um novo nó quando no meristema apical o pecíolo da folha localizada no se encontrava visivelmente separado do pecíolo da folha oposta. Na fase de desenvolvimento vegetativo a contagem de emissão de nós foi realizada numa das quatro hastes de tercer ordem (HT) identificadas em cada planta (Figura 1), a qual foi marcada com fios de cor branco, seguindo o mesmo padrão realizado na fase vegetativa para considerar a emissão de um novo nó. Devido a injúrias de geada, as plantas correspondentes à época 4 não atingiram o desenvolvimento reprodutivo, portanto foi realizado o contagem de nós apenas na fase vegetativa.

Figura 1 – Esquema de uma planta de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) nas etapas de transplante (A), bifurcação na haste principal (B), haste secundário (C), haste terceira ordem (D) e haste de quarta ordem (E). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.



HP=haste principal, HS=haste de segunda ordem, HT=haste de terceira ordem, HC=haste de quarta ordem.

FONTE: (VALERA, 2017)

4.4.6 Soma térmica

A soma térmica acumulada foi calculada a partir da soma térmica diária (STd), a qual é calculada de acordo com a seguinte equação (ARNOLD, 1960):

$$STd = (T_{med} - T_b)^\circ C \text{ dia} \quad (1)$$

$$STd = 0, \text{ quando } Tb > Tmed$$

em que STd é a soma térmica diária, $Tmed$ é a temperatura média do ar e Tb é a temperatura base.

A soma térmica foi calculada a partir da emissão do primeiro nó tanto para a fase vegetativa como para a reprodutiva, assim obteve-se a Soma Térmica Acumulada (STa), a partir da soma térmica diária:

$$STa = \sum Std \text{ } ^\circ \text{ C dia} \quad (2)$$

4.4.7 Temperatura base e plastocrono

A temperatura base (Tb) para a emissão de nós foi calculada mediante a metodologia que utiliza o menor quadrado médio do erro (QME) obtido da regressão linear simples entre o número de nós (Nn) e a soma térmica acumulada (STa , $^\circ\text{C dia}$). Assim para cada planta de cada época foi estimada uma regressão linear simples, utilizando-se uma série de Tb com valores de 0 a 25 $^\circ\text{C}$ em incrementos de 0,5 $^\circ\text{C}$. Portanto a Tb foi aquela que apresentou o menor QME nas regressões lineares simples. Com o valor da Tb estimada para a emissão de nós foi estimado o plastocrono, utilizando-se a regressão simples entre o Nn e a STa . Assim, o valor do plastocrono, o qual é dado em $^\circ\text{C dia nó}^{-1}$, foi considerado como o inverso do coeficiente angular da equação da regressão linear simples entre o Nn e a STa .

4.4.8 Análise de dados

Os valores da temperatura base e Plastocrono obtidos foram submetidos à análise de variância, quando F foi significativo, procedeu-se a realizar a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

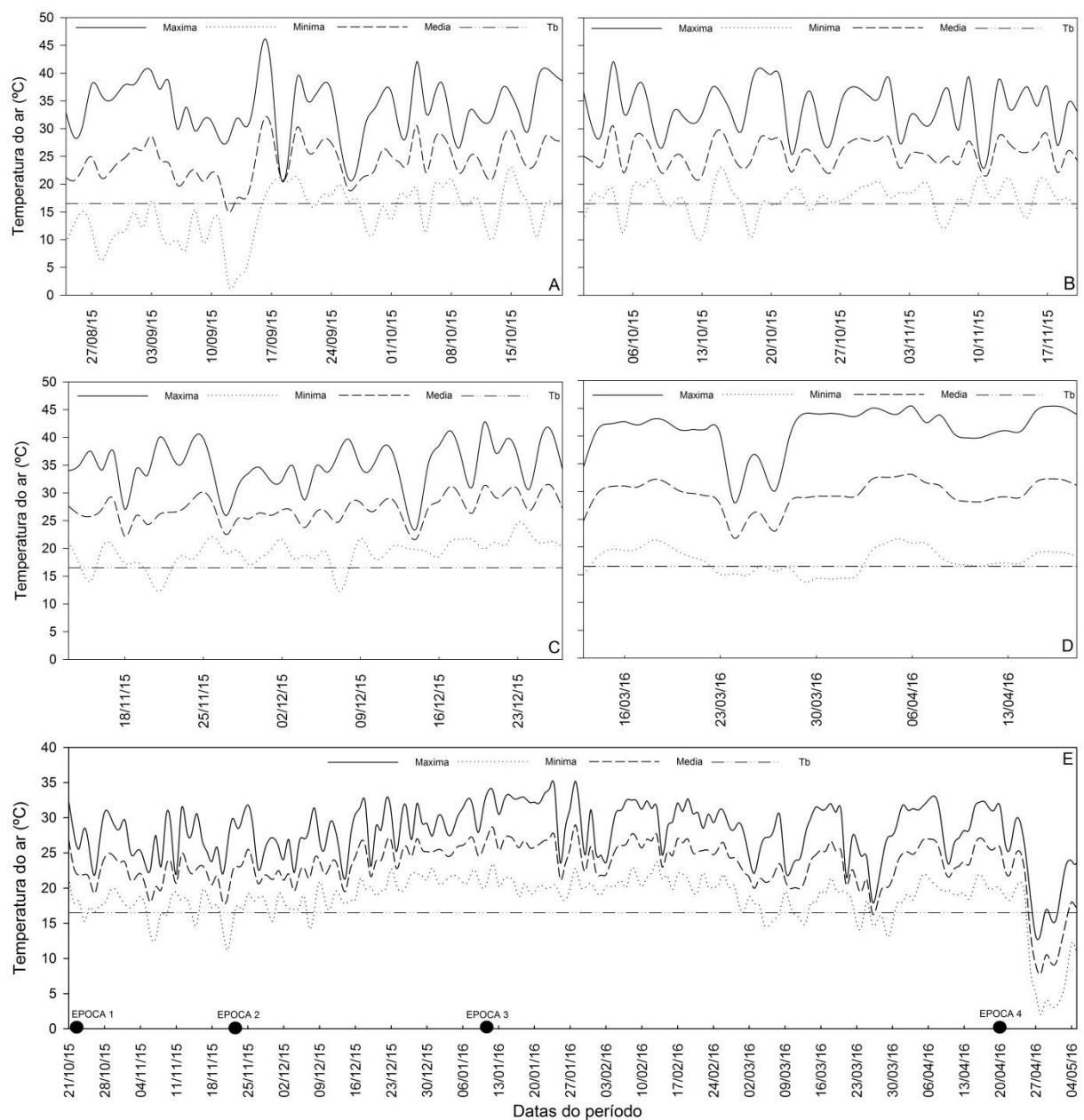
4.5 RESULTADOS

4.5.1 Temperatura do ar

No ambiente protegido, na época 1 foram registradas as menores temperaturas (Figura 2A) com valores médios de 24,2 $^\circ\text{C}$, mínimas de 14,4 $^\circ\text{C}$ e máximas de 33,6 $^\circ\text{C}$, com valores absolutos de 1,8 $^\circ\text{C}$ e 45,4 $^\circ\text{C}$ mínima e máxima respectivamente. As maiores temperaturas

forma registradas na época 4 (Figura 2D) com médias de 29,5 °C, mínimas de 17,7 °C, máximas de 41,4 °C e valores absolutos de 14,9 °C e 45,5 °C mínimas e máximas respectivamente. No entanto, para as épocas 2 (Figura 2B) e 3 (Figura 2C) foram registradas temperaturas com média de 25,6 °C e 26,5 °C respectivamente.

Figura 2 – Temperatura do ar (°C) registrada no ambiente protegido na época 1(A), época 2 (B), época 3 (C) e época 4 (D) e em campo (E) compreendidas entre o período de agosto 2015 e abril 2016. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.



Tb: temperatura base da pimenta biquinho (*Capsicum chinense*). Pontos de cor pretos indicam a data de transplante.

4.5.2 Temperatura base e plastocrono

Para a Temperatura base (Tb) a análise de variância não mostrou diferença significativa ($p < 0,05$) na interação entre as cultivares. Entretanto, quando os fatores foram isolados houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as épocas apenas na fase vegetativa.

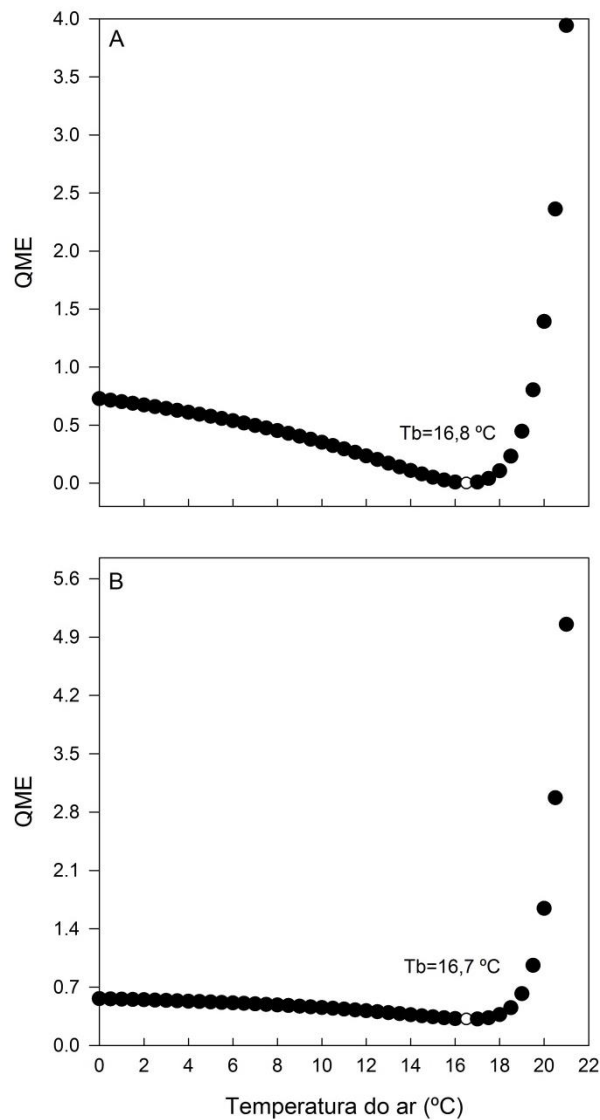
Tabela 2 – Temperatura base (Tb, °C) para emissão de nós e plastocrono de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*). Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

Época	Tb (°C)		Plastocrono (°C dia nó ⁻¹)	
	FV	FR	FV	FR
E1	13,4 c	15,6 a	55,7 a	70,4 a
E2	17,9 ab	17,6 a	40,8 b	64,3 a
E3	15,7 bc	16,8 a	35,2 c	58,4 a
E4	20,4 a	-	42,2 b	-
σ	3,0	1,0	8,7	6,0
Média	16,8	16,7	43,6	64,4
CV(%)	17,5	8,81	9,77	9,87

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. FV= fase vegetativa, FR= fase reprodutiva. Épocas de cultivo : E1= 24/08/15, E2= 01/10/15, E3= 13/11/15 e E4= 15/03/16.

Assim, para a fase vegetativa, na Época 1 foi observada a menor Tb com valor de 13,4 °C, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) das épocas 2 e 4 que mostraram as maiores Tb, com valores de 17,9 °C e 20,4 °C respectivamente (Tabela 2). Na fase reprodutiva, apesar de não ter ocorrido diferença significativa ($p < 0,05$), a temperatura base calculada variou entre as épocas, encontrando-se valores entre 15,6 °C e 17,7 °C. Na Figura 3 pode observar-se os valores do QME na estimativa da Tb para as duas fases.

Figura 3 – Quadrado médio do erro (QME) da regressão linear entre o número de nós acumulados numa haste e a soma térmica acumulada ($^{\circ}\text{C}$ dia), utilizando-se uma série de temperaturas base (T_b , $^{\circ}\text{C}$), durante a fase vegetativa (A) e reprodutiva (B) de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) na data de semeadura de 13/11/2015. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017

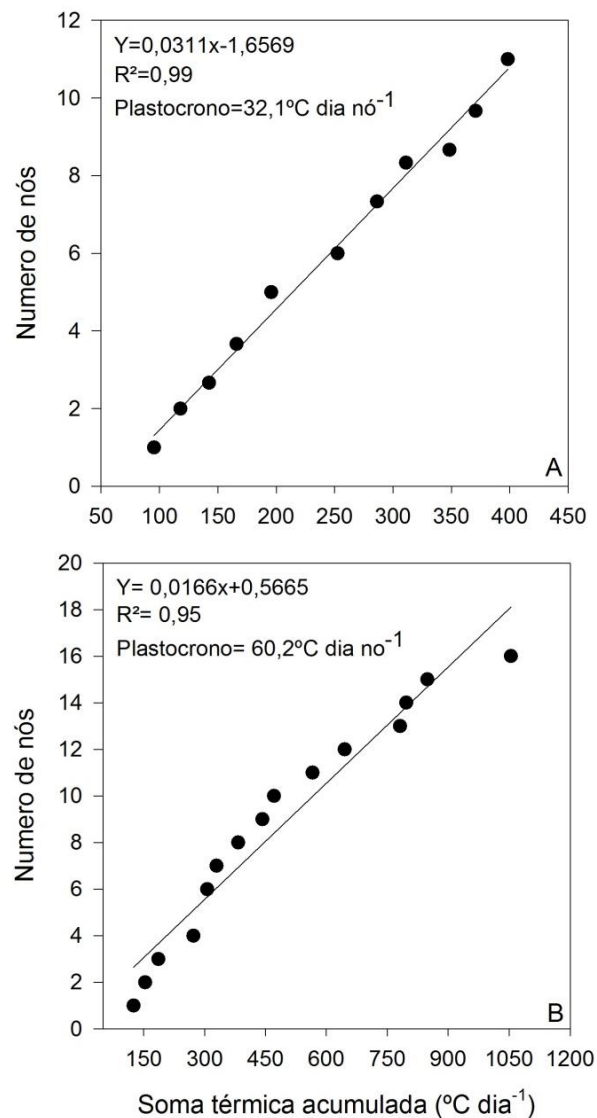


O círculo de cor branco indica o menor QME representando a Temperatura base para emissão de nós.

Com os valores da T_b estimados para emissão de nós durante a fase vegetativa ($16,8^{\circ}\text{C}$) e reprodutiva ($16,7^{\circ}\text{C}$) foi calculado o plastocrono. A análise de variância para o plastocrono mostrou diferença significativa ($p < 0,05$) apenas no fator época para a fase vegetativa. O menor valor foi observado na Época 3, mostrando que nessa época foi necessário $35,2^{\circ}\text{C}$ dia nó^{-1} para emissão de um nó, diferindo significativamente ($p < 0,05$) das outras épocas, sendo que o maior plastocrono foi observado na Época 4 com valor de $55,7^{\circ}\text{C}$ dia nó^{-1} (Tabela 2). À modo de ilustração, na Figura 4 são apresentados regressões entre o

numero de nós e a soma térmica acumulada durante a fase vegetativa (Figura 4 A) e reprodutiva (Figura 4 B) no cálculo do plastocrono.

Figura 4 – Regressão linear entre o número de nós acumulados numa haste e a soma térmica acumulada(°C dia), na estimativa do plastocrono durante a fase vegetativa (A) e reprodutiva (B) de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) na data de semeadura de 01/10/2015. Frederico Westphalen-RS, Brasil. 2017



Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes de determinação obtidos das regressões lineares simples no cálculo do plastocrono, observando-se coeficientes com valores acima de 0,84.

Tabela 3 – Valores do coeficiente de determinação (R^2) obtidas nas regressões lineares simples entre o número de nós numa haste e a soma térmica acumulada na estimativa do plastocrono para as cultivares de pimenta biquinho BRS Moema (BRSM) e Airetama Biquinho Amarela (ABA), nas fases vegetativa e reprodutiva, em quatro épocas de semeadura. Frederico Westphalen-RS, Brasil, 2017.

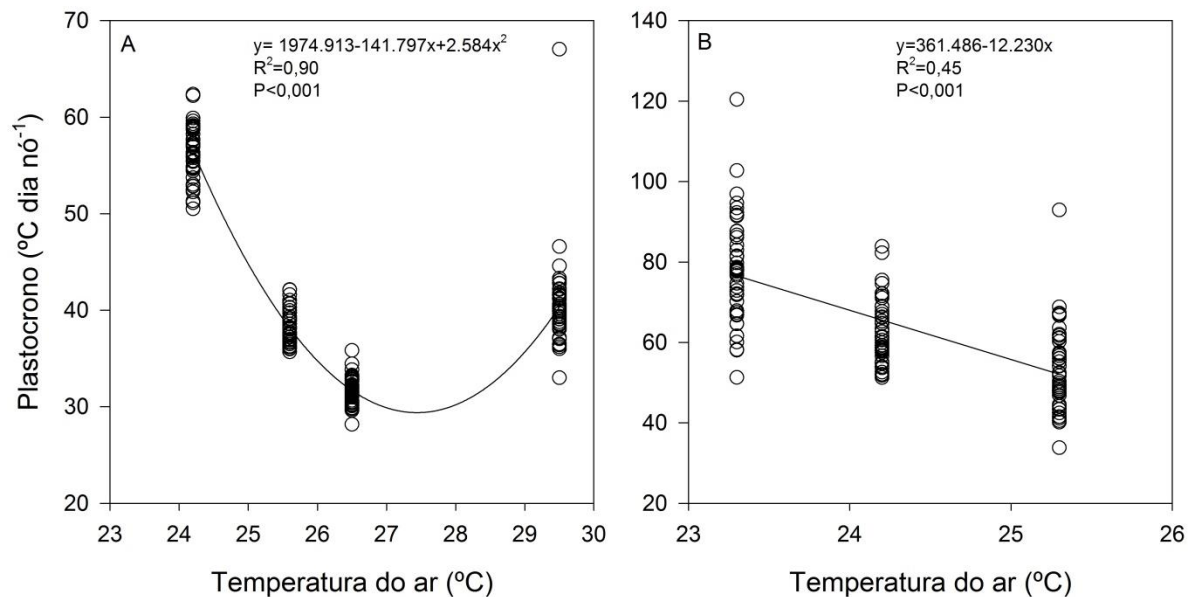
No. Obs.	Fase vegetativa								Fase reprodutiva					
	BRSM				ABA				BRSM			ABA		
	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E1	E2	E3
	R^2													
1	0,92	0,93	0,99	0,95	0,91	0,96	0,99	0,96	0,87	0,92	0,86	0,95	0,97	0,92
2	0,89	0,94	0,99	0,95	0,89	0,97	0,99	0,97	0,91	0,95	0,86	0,92	0,98	0,90
3	0,87	0,93	0,99	0,95	0,87	0,97	0,99	0,96	0,93	0,95	0,88	0,83	0,97	0,97
4	0,87	0,94	0,99	0,97	0,91	0,97	0,99	0,96	0,90	0,94	0,94	0,91	0,81	0,98
5	0,92	0,95	0,99	0,96	0,94	0,97	0,98	0,95	0,94	0,84	0,92	0,93	0,96	0,97
6	0,88	0,95	0,99	0,95	0,91	0,96	0,99	0,98	0,94	0,96	0,93	0,87	0,96	0,96
7	0,89	0,95	0,99	0,97	0,93	0,96	0,98	0,98	0,91	0,90	0,93	0,91	0,98	0,91
8	0,93	0,95	0,99	0,93	0,90	0,96	0,99	0,97	0,79	0,94	0,86	0,92	0,98	0,90
9	0,88	0,95	0,98	0,92	0,89	0,95	0,99	0,96	0,91	0,90	0,86	0,91	0,96	0,98
10	0,91	0,95	0,99	0,96	0,90	0,95	0,99	0,97	0,91	0,90	0,86	0,95	0,96	0,97
11	0,90	0,96	0,99	0,95	0,92	0,96	0,99	0,97	0,93	0,96	0,83	0,88	0,93	0,92
12	0,93	0,96	0,99	0,96	0,91	0,94	0,99	0,95	0,94	0,93	0,80	0,88	0,98	0,94
13	0,94	0,96	0,99	0,96	0,92	0,96	0,99	0,93	0,94	0,94	0,95	0,92	0,95	0,96
14	0,92	0,95	0,99	0,97	0,86	0,96	0,99	0,97	0,85	0,93	0,96	0,86	0,93	0,90
15	0,90	0,95	0,99	0,97	0,88	0,97	0,99	0,96	0,85	0,95	0,97	0,97	0,94	0,97
16	0,90	0,95	0,99	0,95	0,89	0,96	0,99	0,98	0,91	0,93	0,92	0,93	0,91	0,93
17	0,92	0,96	0,99	0,96	0,89	0,95	0,99	0,96	0,95	0,95	0,93	0,98	0,96	0,94
18	0,91	0,96	0,99	0,95	0,88	0,94	0,99	0,95	0,94	0,96	0,91	0,91	0,97	0,94
19	0,91	0,96	0,99	0,96	0,85	0,96	0,98	0,95	0,89	0,90	0,92	0,88	0,98	0,92
20	0,93	0,96	0,99	0,94	0,91	0,95	0,98	0,96	0,89	0,95	0,86	0,94	0,96	0,98
21	0,88	0,96	0,99	0,95	0,91	0,96	0,99	0,95	0,94	0,94	0,90	0,91	0,95	0,91
22	0,91	0,95	0,99	0,95	0,88	0,94	0,99	0,95	0,90	0,95	0,94	0,92	0,97	0,90
23	0,90	0,95	0,99	0,94	0,90	0,96	0,99	0,96	0,94	0,95	0,91	0,93	0,97	0,94
24	0,91	0,96	0,99	0,95	0,84	0,97	0,99	0,97	0,92	0,96	0,94	0,93	0,73	0,98

Épocas de cultivo: E1= 24/08/15, E2= 01/10/15, E3= 13/11/15 e E4= 15/03/16.

A influencia da temperatura do ar na velocidade de emissão de nós (plastocrono) pode observar-se na figura 5. Na fase vegetativa (Figura 5A) o plastocrono teve um ajuste quadrático ($p < 0,001$) em relação à temperatura do ar, mostrando que o plastocrono diminuiu conforme aumento da temperatura acima de 23 °C até 27 °C, sendo a que a temperaturas próximas de 30 °C o plastocrono aumento. Na fase reprodutiva (Figura 5B) o plastocrono teve um ajuste lineal, com uma baixa influencia da temperatura sobre o plastocrono ($R^2=0,45$).

Isso, apenas entra uma faixa entre 23 °C e 25,5 °C, no entanto pode observar-se que acima de 23 °C conforme aumento da temperatura o plastocrono foi menor.

Figura 5 – Influência da temperatura do ar (°C) no plastocrono (°C dia nó⁻¹) em 48 observações de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) na fase vegetativa (A) e reprodutiva (B). Frederico Westphalen, RS, Brasil. 2017.



4.6 DISCUSSÕES

Conforme os resultados obtidos na interação entre os cultivares, verifica-se que houve maior influência do ambiente que do genótipo nas condições em que foi realizado o estudo, ou seja, a emissão de nós não é distinta entre as cultivar, dependendo, neste caso, da influência da temperatura do ar. Embora houvesse diferença significativa apenas na fase vegetativa, o objetivo do estudo foi estimar a T_b e quantidade diária de calor (°C dia) que a cultura de pimenta biquinho necessita para emissão de nós (plastocrono) durante a fase vegetativa e reprodutiva em base a diferentes épocas, optou-se por tanto em apresentar os dados obtidos nas épocas de estudo.

No cálculo da T_b observou-se variação máxima entre épocas de 7,0 °C e 2,2 °C para fase vegetativa e reprodutiva, respectivamente, informando que os valores da T_b calculada em cada planta foram de 4,5 °C a 24,0 °C na fase vegetativa e de 8,0 °C a 19,5°C na fase reprodutiva (dados não apresentados). Lucas et al., (2012) no cálculo da T_b utilizando o

método do menor QME para estimativa do plastocrono em melancia, observaram variações entre plantas de 0 a 20,0°C. Similarmente Paula e Streck (2008) em seu estudo com papuã e corriola utilizando o método do menor QME, observaram variação de 0 °C a 17,5 °C (papuã) e de 0 °C a 16,5°C (corriola). Em milho Streck et al., (2009) também observaram ampla variação, apontando à influência de altas temperaturas do ar como causa desta elevada diferença.

No caso da fase vegetativa, observou-se que na época onde ocorreram as temperaturas mais baixas (Figura 2 A) estimou-se o menor valor de T_b (13,4 °C), no entanto, nas épocas onde a temperatura foi maior (Figura 2 D) a T_b atingiu valores mais altos como observado na Época 4 (20,4 °C). Para a fase reprodutiva esta tendência não foi observada porque não houve temperaturas que permitiram determinar a temperatura mínima suportada pela pimenta biquinho. Segundo Martins et al., (2007) quando se utiliza o método do menor QME para a estimativa da T_b é necessário que a planta em questão seja submetida a baixas temperaturas, já que em condições de altas temperaturas o método pode não ser viável (Fagundes et al., 2008). Isto indica que para o cálculo da T_b é necessário que exista uma ampla variação de temperaturas entre as diferentes épocas (Martins et al., 2012), caso contrário a T_b calculada não será próxima a real. No cálculo da T_b na pimenta biquinho realizada neste estudo o QME (quadrado médio do erro) na maioria das regressões manteve-se em valores entre 0 e 0,9 (dados não apresentados) ou seja próximo de zero como indica a metodologia para estimativa da T_b (Figura 3 A e B) não podendo se descartar as T_b calculadas nas diferentes épocas. Assim, com a variação nos valores da T_b observados, em ambas as fases, se decidiu utilizar a média aritmética entre os valores da T_b calculados, resultando em T_b de 16,8 °C e 16,7 °C para a fase vegetativa e reprodutiva, respectivamente (Tabela 2, Figura 3 A e B).

Segundo Toebe et al., (2010) modelos similares ao plastocrono (por exemplo o filocrono) são influenciados pelas épocas de cultivo que pelo genótipo, como observado neste estudo em relação as cultivares de pimenta biquinho utilizadas. Martins et al., (2011) observaram resultados contrários, pois encontraram diferença significativa na interação entre cultivares de soja e épocas de semeadura, no entanto, verificaram maior influência do ambiente (temperatura do ar) que do pelo genótipo.

Os valores do plastocrono nas diferentes épocas foi significativamente diferença para a fase vegetativa, mostrando uma variação de até 20,2 °C dia nó⁻¹ entre épocas. Embora na fase reprodutiva não houvesse diferença significativa ($p < 0,05$), pode-se observar que o plastocrono teve variação máxima de 12 °C dia nó⁻¹. Similarmente Fagundes et al., (2008) avaliando o plastocrono em malmequer-do-campo observaram diferenças entre épocas de cultivo,

indicando que os maiores valores do plastocrono ocorreram nas épocas em que foram registradas as temperaturas mais baixas. Paula e Streck (2008) em corriola observaram que o plastocrono variou de 33,6 °C a 46 °C dia nó⁻¹. Segundo Streck et al., (2005) variações no plastocrono são regidos por diversos fatores ecológicos, descartando o fotoperíodo e a radiação solar.

Neste estudo, na fase vegetativa, o maior plastocrono foi calculado durante a Época 1, mostrando que a planta necessitou de maior quantidade de calor para a emissão de nós (55,7 °C dia nó⁻¹), o qual provavelmente foi devido as baixas temperaturas, tendo em vista que estas mantiveram-se abaixo da temperatura base na maior parte do ciclo (Figura 2 A).

Poderia esperar-se que o plastocrono decrescesse progressivamente conforme o aumento da temperatura do ar no transcurso das épocas, isto aconteceu apenas durante as primeiras três épocas observando-se plastocrono de 55,7 °C, 40,8 °C e 35,2 °C dia nó⁻¹ respectivamente, sendo que na época onde foram registradas as maiores temperaturas o plastocrono foi ainda maior que na época 3 (42,2°C dia nó⁻¹) (Figura 4A). As altas temperaturas ocorridas na época 3 possivelmente extrapolaram o valor do plastocrono. A soma térmica utilizada no cálculo do plastocrono pode ser alterado em condições de altas temperaturas quando se considera apenas uma temperatura base inferior e não se utiliza a temperatura basal superior suportada pela cultura (RENATO et al., 2013), como realizado neste estudo, pois é pressuposto resposta linear entre a emissão de nós e a temperatura sabendo-se que biologicamente não é linear (STRECK et al., 2007), no entanto a emissão de nós não foi afetada.

Para a fase reprodutiva consegue-se observar uma diminuição no valor do plastocrono em relação ao aumento da temperatura do ar (Figura 5), sendo que o maior plastocrono foi observado na Época 1, onde ocorreram as menores temperaturas (Figura 2 E). No entanto, as baixas temperaturas registradas nesta época não atingiram com periodicidade o valor da temperatura base (16,7 °C), não influenciado significativamente os valores do plastocrono, indicando também, que as temperaturas nessa fase foram adequadas para emissão de nós durante as épocas avaliadas. Estes resultados observados na fase reprodutiva são importantes no estabelecimento da cultura, tendo em vista que a produtividade em pimenta é determinada pela emissão de nós (SILVA et al., 2010).

É evidente a necessidade de incluir a temperatura ótima e basal-superior para maior precisão na estimativa do plastocrono, para isso seria necessário maior número de épocas com amplas variações de temperatura, tanto mínima como máxima. No entanto, o uso de modelos como ferramenta para predizer às respostas das culturas agrícolas, como o plastocrono,

implica somente nas condições ambientais em que diversos fatores influenciem no desenvolvimento, neste caso, a temperatura do ar, pois no ambiente ela não é constante e a amplitude térmica pode variar em curtos períodos.

Contudo, conforme a regressão entre o número de nós e a soma térmica foi possível observar linearidade, tanto para a fase vegetativa (Figuras 4 A e B). Também, observou-se altos coeficientes de determinação (0,99 e 0,95) nas regressões lineares realizadas para cada uma das observações neste estudo os coeficientes de determinação (R^2) foram acima de 0,80 (Tabela 3). Estes resultados indicam que apesar de haver variações no plastocrono, a temperatura do ar é o fator principal que Afeta a emissão de nós, portanto no desenvolvimento (COCCO et al., 2016).

O plastocrono indica a velocidade de emissão de nós, ou seja, a velocidade de desenvolvimento, maiores valores de plastocrono indicam lento desenvolvimento, logo menores valores indicam rápido desenvolvimento (HELDWEIN et al., 2010), sendo então a velocidade de desenvolvimento dependente da quantidade de calor ($^{\circ}\text{C}$ dia). Assim, quanto mais lento for o desenvolvimento maior será a duração do ciclo da fase em questão. Conforme os resultados, o desenvolvimento mais rápido tanto durante na fase vegetativa como reprodutiva foi na Época 3 (data de semeadura em 13/11/16).

4.7 CONCLUSÕES

Nas cultivares de pimenta biquinho BRS Moema e Airetama Biquinho Amarela a emissão de nós teve mais influência da temperatura do ar do que pelas características genotípicas.

Pelo método do menor quadrado médio do erro (QME) a temperatura base estimada para emissão de nós em pimenta biquinho é de $16,8^{\circ}\text{C}$ para a fase vegetativa e $16,7^{\circ}\text{C}$ para a fase reprodutiva.

As regressões entre o número de nós e a soma térmica mostraram altos coeficientes de determinação, indicando ser bem sucedidas na estimativa do plastocrono em pimenta biquinho.

O plastocrono médio da pimenta biquinho é de $43,6^{\circ}\text{C}$ dia nó⁻¹ para a fase vegetativa e $64,4^{\circ}\text{C}$ dia nó⁻¹ para a fase reprodutiva.

4.8 REFERÊNCIAS

- AIRAKI, M. et al. Metabolism of reactive oxygen species and reactive nitrogen species in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under low temperature stress. **Plant, Cell & Environment**, v. 35, n. 2, p. 281–295, 1 fev. 2012.
- ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **American Society for Horticultural Science**, v. 76, p. 682–692, 1960.
- CHARLO, H. C. DE O. et al. Growth analysis of sweet pepper cultivated in coconut fiber in a greenhouse. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 316–323, set. 2011.
- COCCO, K. L. T. et al. Estimated phyllochron in low tunnel cultivated strawberry cultivars. **Ciência Rural**, v. 46, n. 9, p. 1546–1552, set. 2016.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de adubaçã e de 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, 2004.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013.
- FAGUNDES, J. D. et al. Base temperature, plastochron and final node number in yellow calendula. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2471–2477, dez. 2008.
- FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em: 17 jan. 2017.
- HELDWEIN, A. B. et al. Plastochron and snap bean yield grown under protected environment and in open field in late fall sowing. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 768–773, abr. 2010.
- KIM, S. et al. Genome sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. **Nature Genetics**, v. 46, n. 3, p. 270–278, mar. 2014.
- LUCAS, D. D. P. et al. Base temperature for node appearance and plastochron of watermelon plant. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 288–292, jun. 2012.
- MARTINS, F. B.; REIS, D. DA F.; PINHEIRO, M. V. M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1975–1981, nov. 2012.
- MARTINS, F. B.; SILVA, J. C. DA; STRECK, N. A. Estimating base temperature for leaf appearance rate and the phyllochron in two eucalyptus species during seedling phase. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 373–381, 2007.
- MARTINS, J. D. et al. Plastochron and final node number of soybean cultivars as a function of sowing date. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p. 954–959, jun. 2011.

- PAULA, G. M. DE; STRECK, N. A. Base temperature for leAN and node appearance, phyllochron and plastochron in the weeds Alexander grass and Morning glory. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2457–2463, dez. 2008.
- PAULUS, D. et al. Growth, yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum*) at different spacings. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 91–100, mar. 2015.
- RENATO, N. DOS S. et al. Influence of methods for calculation of degree-days under conditions of temperature increase for maize and bean crops. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 382–388, dez. 2013.
- ROSA, H. T. et al. Base temperature for leAN appearance and phyllochron of selected strawberry cultivars in a subtropical environment. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 939–945, 2011.
- SILVA, P. I. B. E et al. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 132–139, fev. 2010.
- SOUZA, A. P. DE et al. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 314–322, jun. 2009.
- STRECK, N. A. et al. Estimating the plastochron in muskmelon (*Cucumis melo* L.) grown inside plastic greenhouse at different planting dates. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1275–1280, dez. 2005.
- STRECK, N. A. et al. Thermal time of some developmental phases of the COUNCE scale for irrigated rice cultivars grown in Southern Brazil. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 357–364, 2007.
- STRECK, N. A. et al. Base temperature for leaf appearance and phyllochron of the BRS Missões maize variety. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 224–227, fev. 2009.
- TOEBE, M. et al. Estimating the plastochron in crambe. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 793–799, abr. 2010.

5 DISCUSSÃO GERAL

A temperatura do ar foi um fator que influenciou no desenvolvimento da pimenta biquinho, sendo considerado um elemento climático vital, pois as ocorrências de geadas (baixas temperaturas extremas) causaram a morte das plantas. As cultivares de pimenta biquinho utilizados neste estudo (BRS Moema e Airetama Biquinho) mostraram respostas similares, observando-se que o desenvolvimento foi dependente da temperatura do ar e não do genótipo.

A identificação fenológica realizada a partir das mudanças morfológicas mais características permitiu quantificar a duração de quatro fases (emergência-transplante transplante-início da floração, início da floração-início da colheita e início da colheita-plena colheita), e ainda quantificar três subfases (botão floral-ântese, ântese-frutificação e frutificação-maturação do fruto).

Baixas temperaturas influenciaram apenas para as fases que compreenderam o desenvolvimento vegetativo (emergência-transplante e transplante-início da floração). Conforme aumento da temperatura o desenvolvimento foi mais rápido, indicado pelo menor número de dias para completar as determinadas fases. Indicando que baixas temperaturas causaram lento desenvolvimento, portanto, maior número de dias para completar o ciclo. Nas fases correspondentes à fase reprodutiva (desde o início da floração até plena colheita, incluindo as subfases) não foi possível observar a influência da temperatura, provavelmente a temperatura do ar nesta fase não atingiu valores extremos que pudessem deprimir o desenvolvimento.

A temperatura base calculadas por meio da duração em dias e pela emissão de nós variaram conforme os métodos utilizados e a época de cultivo. Quando as fases foram submetidas a baixas temperaturas a temperatura base atingiu valores de 16,5 °C até 13,4 °C. Entretanto, as altas temperaturas alcançaram valores de 20,4 °C até 23,0 °C. A estimativa foi realizada por meio de métodos estatísticos que utilizam a temperatura do ar média diária registrada e o desenvolvimento da planta num determinado período, quando cada fase foi submetida às temperaturas mínimas suportadas pela planta, maior precisão na estimativa da temperatura base foi obtida.

Quando as fases de desenvolvimento foram medidas em graus dia a soma térmica foi similar durante as épocas avaliadas. Este resultado ocorreu porque algumas fases não diferiram na duração em dias, o que levou a somas térmicas similares. No entanto, nas fases

em que houve diferença quando avaliado o ciclo em dias o método de graus dias mostrou ser mais preciso para estimar sua duração.

No cálculo do plastocrono as regressões lineares entre o número de nós e a soma térmica mostraram altos coeficientes de determinação o que indica que a temperatura do ar influencia na emissão de nós, podendo se utilizar como modelo de desenvolvimento. Os valores do plastocrono durante a fase vegetativa indicaram que tanto baixas como as altas temperaturas prejudicaram a emissão de nós, requerendo de maior necessidade térmica diária, o que se refletiu numa lenta taxa de emissão de nós. Em baixas temperaturas fica evidente esta necessidade térmica diária, mas em altas temperaturas o excesso de calor foi prejudicial para a emissão de nós. Durante a fase reprodutiva o plastocrono mostrou taxas similares durante as épocas avaliadas, necessitando em média de 64,4 °C dia para emissão de um novo nó (°C dia nó⁻¹), sendo maior que a que necessidade térmica na fase vegetativa (em média 43 °C dia nó⁻¹).

As condições climáticas no Rio Grande do sul, especificamente da temperatura do ar, apresentam-se limitantes para o estabelecimento da cultura da pimenta biquinho. No entanto, a cultura pode ser bem sucedida quando se conhece as épocas adequadas de plantio e as fases de desenvolvimento que possam ser críticas quando a temperatura do ar atinja valores prejudiciais. A época estabelecida no dia 24/08/15 (época 1) embora teve um alongamento no ciclo vegetativo, apresentou-se como a mais indicada, pois a fase entre o início da colheita e plena colheita foi ligeiramente maior podendo-se refletir num maior número de colheitas portanto maior produção.

Serão necessários estudos adicionais que impliquem o estabelecimento do cultivo em maior número de épocas, com a finalidade de submeter a cultura em todos os cenários possíveis da temperatura do ar, já que ano com ano a temperatura não é constante. Este estudo é base para estudos posteriores com respeito ao desenvolvimento da pimenta biquinho podendo incluir os dados obtidos em modelos que requeiram a temperatura base.