

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Regina Tomiozzo

**PRODUÇÃO, VERNALIZAÇÃO E FASE DE BROTAÇÃO DE CORMOS
DE GLADIÓLO**

Santa Maria, RS
2020

Regina Tomiozzo

**PRODUÇÃO, VERNALIZAÇÃO E FASE DE BROTAÇÃO DE CORMOS DE
GLADIÓLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Prof. PhD. Nereu Augusto Streck

Santa Maria, RS
2020

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Tomiozzo, Regina

Produção, vernalização e fase de brotação de cormos de gladiolo / Regina Tomiozzo.- 2020.

125 p.; 30 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2020

1. Gladiolus x grandiflorus Hort 2. Floricultura 3. Material Propagativo 4. Manejo 5. Florescimento I. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

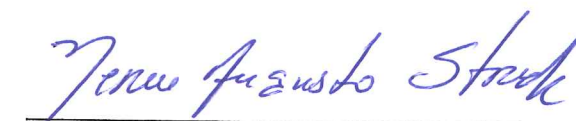
Declaro, REGINA TOMIOZZO, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para a obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Regina Tomiozzo

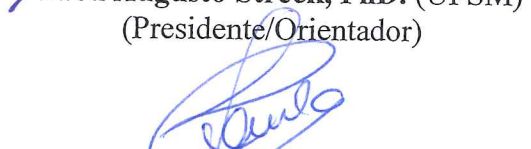
**PRODUÇÃO, VERNALIZAÇÃO E FASE DE BROTAÇÃO DE CORMOS DE
GLADIÓLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.


Aprovado em 06 de fevereiro de 2020:



Nereu Augusto Streck, PhD. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Gizelli Moiano de Paula, Dra. (UFSM)



Luana Fernandes Tironi, Dra. (EMATER)

Santa Maria, RS
2020

DEDICO

Aos meus avós
Santo e Regina Tomiozzo
José e Iracema Bigolin

(in memoriam)

Com todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

Meu profundo e sincero agradecimento a Deus, que me deu tenacidade, boa saúde, zelo e cuja fé pude atravessar este importante marco na minha carreira acadêmica. Oro para que Suas bênçãos estejam comigo até o final desta jornada de vida.

Meu vocabulário fica aquém das palavras para expressar minha gratidão e respeito aos meus pais, Álvaro e Marisete. Sem vocês este momento seria apenas uma ambição. Vocês me ensinaram, desde pequena, o valor do trabalho e seus sacrifícios, bênçãos sinceras e fé firme tornaram este momento possível. Obrigada pelo encorajamento e paciência ao longo desta caminhada.

As minhas irmãs Gabriela e Maria Luiza e ao meu irmão Pedro Santo, agradeço pelos bons momentos de sempre, vocês tornam minha vida mais leve. Obrigada por entenderem a minha ausência e por estarem sempre ao meu lado. Nada sou sem vocês.

Agradeço de todo meu coração, aos meus queridos padrinhos, tios e tias, primos e primas da Família Bigolin. A cada batalha vocês torceram por mim e a cada vitória vocês comemoraram comigo.

Ao meu orientador, Prof. Nereu Augusto Streck, agradeço inicialmente por acreditar e confiar no meu trabalho. Obrigada pela valiosa orientação, pelos ensinamentos, pela paciência eterna, pelo incentivo constante e por acompanhar de perto a minha trajetória durante este período de crescimento e aperfeiçoamento profissional.

Ao meu comitê de orientação, Profa. Natalia Teixeira Schwab e Profa. Mirta Terezinha Petry agradeço, enfaticamente, por suas valiosas sugestões e cooperação ao longo de todo o curso de mestrado.

As “gladioletes” e amigas Profa. Lilian, Camila e Profa. Natalia, a vocês minha gratidão não tem limites. Obrigada pela amizade, incentivo, apoio, mates e risadas. Saibam que a minha trajetória foi mais feliz tendo vocês ao meu lado. A concretização deste estudo só foi possível graças a constante disponibilidade, atenção e paciência de vocês, em me atender sempre que precisei. Vocês me inspiram.

A Equipe PhenoGlad, vocês foram fundamentais para a concretização deste trabalho. Reconheço o esforço e a dedicação de todos na condução dos experimentos de campo e na coleta dos dados, por isso muito obrigada pelo auxílio.

Aos “desorientados” da sala 02 agradeço pela amizade, paciência e principalmente, por tornarem mais leve, entre mates e prosas, o dia-a-dia na pós-graduação.

Ao amigo Alfredo Schons (in memoriam), saudosamente agradeço pelos conselhos, ensinamentos e amizade. Recordarei sempre o grande exemplo de profissional que fostes.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola agradeço o acolhimento e a oportunidade de realização do trabalho de mestrado. Orgulho-me desta instituição, a qual foi responsável pela minha formação profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Aos Professores do Departamento de Fitotecnia e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos os ensinamentos.

Embora o reconhecimento seja uma tarefa sem fim, gostaria de expressar aqui minha gratidão e agradecer a todos aqueles que eu possa ter falhado em mencionar aqui.

RESUMO

PRODUÇÃO, VERNALIZAÇÃO E FASE DE BROTAÇÃO DE CORMOS DE GLADIÓLO

AUTORA: Regina Tomiozzo
ORIENTADOR: Nereu Augusto Streck

O gladiólo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) é uma flor de corte propagada por cormos, muito popular pela sua diversidade de cores e rusticidade. Os objetivos nesta dissertação foram: (i) descrever um protocolo de produção de cormos de gladiólo a partir da produção de hastes florais, (ii) verificar a resposta do gladiólo a vernalização e avaliar uma função não linear de resposta a vernalização, (iii) caracterizar o efeito do estágio de brotação e da profundidade de plantio dos cormos de gladiólo na fase de brotação e na ocorrência da data do ponto da cultura e realizar uma análise do desempenho do modelo PhenoGlad em relação a esses fatores. A técnica de produzir cormos de gladiólo é pouco conhecida e devido à escassez de informações, um protocolo de produção de cormos foi descrito, passo a passo, para esta cultura. Experimentos de campo foram conduzidos durante três anos (2016, 2017 e 2018) para determinar como o manejo dos cormos pode afetar na produção das hastes florais de gladiólo. Cormos de gladiólos foram expostos a diferentes tratamentos de vernalização: quatro temperaturas (0,5°C, 5°C, 10°C e 20°C) durante cinco períodos de armazenamento (2, 4, 6, 8 e 10 semanas). Cinco profundidades de plantio dos cormos (5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm e 25 cm) e quatro estágios de desenvolvimento da fase de brotação dos cormos de gladiólo (S1, S2.1, S2.2 e S2.3) foram testadas. Dados de fenologia foram avaliados a partir do plantio nos diferentes experimentos e épocas. O modelo PhenoGlad foi utilizado para simular a data do ponto de colheita e comparar com a data observada a campo. Para obter um material de propagação de qualidade os cuidados devem iniciar ainda na colheita da haste floral produzida pelo corno mãe. Passado um período de crescimento a campo, os cormos necessitam serem colhidos, limpos, curados e vernalizados. Este processo dura cerca de seis meses até que se possa realizar um novo plantio, com cormos aptos para florescer. O conhecimento desta técnica é importante para reduzir os custos de produção e garantir a sustentabilidade da produção e uma função de resposta pode ajudar preencher esta lacuna. A resposta do desenvolvimento do gladiólo à vernalização nas condições proporcionadas neste estudo não foi bem simulada pela função proposta. Separar o efeito da quebra de dormência e da vernalização em relação à exposição a baixas temperaturas é um desafio e por isso é importante determinar as temperaturas cardinais de vernalização do gladiólo. Quando os cormos de gladiólos são plantados em profundidades maiores um atraso na velocidade de emergência das plantas é observado. Este atraso na velocidade de emergência também é observado quando os cormos são plantados com os brotos em estágios menos avançados. O atraso na emergência reflete na data de ocorrência do florescimento do gladiólo, mas não reduz a qualidade das hastes florais para comercialização. A partir dos resultados, entende-se que realizar uma alteração no código fonte do modelo PhenoGlad não é necessário, visto que na prática, mesmo superestimando o modelo acerta bem a data de colheita das hastes florais, antecipadamente.

Palavras-chave: *Gladiolus x grandiflorus* Hort. Floricultura. Material propagativo. Manejo. Florescimento.

ABSTRACT

PRODUCTION, VERNALIZATION AND SPROUTING PHASE OF GLADIOLUS CORMS

AUTHOR: Regina Tomiozzo
ADVISOR: Nereu Augusto Streck

Gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.), is a cut flower propagated by corms, very popular for its diversity of colors and robustness. The objectives in this dissertation were: (i) describe a production protocols for gladiolus corms from the floral stem production, (ii) verify the answer of gladiolus to vernalization and evaluate a nonlinear vernalization response function, (iii) characterize the effect of sprouting stages and the planting depths of gladiolus corms in the sprouting phase, in the occurrence of harvest point date and in the perform an analysis of the performance of the PhenoGlad model in relation these factors. The technique of producing gladiolus corms is little known and due the scarcity of information, a corm production protocol has been described, step by step, for this culture. Field experiments were conducted during three years (2016, 2017 and 2018) to determine how the management of corms can affect the production of gladiolus floral stems. Gladiolus corms were exposed a different vernalization treatments: four temperatures (0,5°C, 5°C, 10°C and 20°C) during five storage periods (2, 4, 6, 8 and 10 weeks). Five planting depths have been tested (5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm and 25 cm) and four developmental stages during sprouting phase of gladiolus corms (S1, S2.1, S2.2 and S2.3) were tested. Phenology data were evaluated starting at planting in different experiments and planting dates. The PhenoGlad model was used for simulating the harvest point date and compare with observed data in the field. To get a propagation material with quality, care should begin at the time of harvesting the floral stem produced by the mother corm. After a period of growth in the field, corms need to be harvested, cleaned, cured and vernalized. This process takes about six months before a new planting can take place, in order to have plants to be able to bloom. Knowledge of this technique is important for reducing production costs and ensuring production sustainability and a response function can help to bridge this gap. The response of gladiolus development to vernalization under the conditions provided in this study was not well simulated by the proposed function. Separating the effect of breaking dormancy and vernalization at low temperatures is a challenge and it is therefore important to determine the cardinal temperatures vernalization in gladiolus. When gladiolus corms are planted at greater depths a delay in the emergence speed of plants is observed. This lower emergence rate is also observed when corms are planted with less sprouting. The delay in emergence reflects the harvest point date of gladiolus, but does not reduce the quality of floral stems for commercialization. From these factors, it is understood that making change to the source code oh the PhenoGlad model was not necessary, whereas in practice, even overestimating the model, it correctly adjusts the harvest point date of floral stems, in advance.

Keywords: *Gladiolus x grandiflorus* Hort. Floriculture. Propagative material. Management. Flowering.

LISTA DE FIGURAS

REFERENCIAL TEÓRICO

FIGURA 1 – Mapa da Região Sul do Brasil representando os locais contemplados pelo projeto Flores para Todos, de 2017 a 2019.....	17
FIGURA 2 – Inflorescência do tipo espiga composta por floretes (A) e folha lanceolada com nervuras paralelinérveas (B) da planta de gladiólo.....	19
FIGURA 3 – Gladiólos utilizados para decoração de um casamento em Nova Candelária - RS (A) e interiores de residências em Santa Maria – RS (B e C).....	20
FIGURA 4 – Cultivo de gladiólos em canteiro, irrigado e adubação nitrogenada (A), prática do tutoramento (B) e ponto de colheita ideal das hastes florais de gladiólo (C).....	22
FIGURA 5 – Estrutura subterrânea do gladiólo apresentando os cormilhos entre o corno novo (acima dos cormilhos) e o corno-mãe (abaixo dos cormilhos).....	24
FIGURA 6 – Quatro estágios da fase de brotação dos cormos de gladiólo.....	26
FIGURA 7 – Interface gráfica do software PhenoGlad.....	34

ARTIGO I

FIGURE 1 – Morphological characterization of gladiolus corm, (A) upper side and (B) bottom side structure: nd – node, ax – axilar bud, ap – apical bud, ind – internodes, ar – adventitious roots.....	49
FIGURE 2 – Dry matter partitioning (%) in a gladiolus plant of cv. Jester: (A) from VE to R6 (plant senescence). The image (B) shows the growth of the new corm (Nc) above old corm (Oc)	50
FIGURE 3 – Gladiolus plant after the harvest of the floral stem, with six healthy leaves for corm growth in growing season 2017-2018 in Santa Maria/RS/Brazil.....	51
FIGURE 4 – Cured corm (A) and uncured corm (B); Corms during the cure with the leaves cut two centimeters above the corm, in Santa Maria/RS/Brazil.....	52
FIGURE 5 – Flowering period and frequency of gladiolus plants in flowering (R2), cv. Jester, as function of days after planting (DAP) in Santa Maria/RS/Brazil, during the 2017/2018 growing season. Plants that flower earlier will produce large corms while plants flowering late will produce small corms.....	53
FIGURE 6 – Gladiolus corms production schedule after harvesting floral stems for Mother's Day (A) and All Soul's Day (B)	55

ARTIGO II

FIGURE 1 – Response of the beta function with the cardinals temperatures for vernalization used by Streck and Schuh (2005) for lily for calculate the daily vernalization rate (fvn) for different treatments.....	71
FIGURE 2 – Daily mean air temperature throughout the gladiolus growing season in this study in Santa Maria – RS, Brazil.....	72

FIGURE 3 — Observed vernalization response of “Jester” (A) and “White Goddess” (B) gladiolus and the f(VD) predicted with the response function proposed by Streck (2002). The line continue represent the f(VD) and the points represent the VD for each cultivar.....	74
FIGURE 4 — Cycle duration in degree days (°C days) of “Jester” (A) and “White Goddess” (B) gladiolus for each vernalization treatment.....	75
FIGURE 5 — Flowering percentage of “Jester” (A) and “White Goddess” (B) gladiolus for each vernalization treatment.....	77
FIGURE 6 — Quality standard of floral stems of ‘Jester’ (A) and ‘White Goddess’ (B) gladiolus cultivars according to Veiling Holambra for each vernalization treatment.....	78

ARTIGO III

FIGURE 1 — Mean soil and air temperatures during the sprouting levels experiments for planting in 10/08/2016 (A, B), 08/30/2017 (C, D) and 05/16/2018 (E, F).....	88
FIGURE 2 — Mean soil and air temperatures during the planting depth experiments for planting in 08/08/2016 (A, B), 08/09/2017 (C, D) and 11/27/2018 (E, F).....	89
FIGURE 3 — Duration of the PL-VE, VE-R2 and PL-R2 phases in thermal time (TT, °C day) (A, C and E) and in days (B, D and F), respectively, for the sprouting levels. Capital letters compare sprouting level inside of each planting date and lowercase letters compare the planting date for each sprouting level, for Tukey test, $p \leq 0.05$	91
FIGURE 4 — Regression analyze for duration of the PL-VE and PL-R2 phases in thermal time for August/16 and August/17 (A, C, E) and for November/18 (B, D, F), respectively, for the planting depths.....	93
FIGURE 5 — Regression analyze for duration of the PL-VE, VE-R2 and PL-R2 phases in days for August/16 and August/17 planting (A, C, E) and for November/18 (B, D, F), respectively, on the planting depths.....	94
FIGURE 6 — Normalized rate for the sprouting levels (A) and planting depth (B) treatments on the sprouting phase (PL-VE) of gladiolus developmental cycle.....	95
FIGURE 7 — The simulated versus observed PL-VE (panel A and B), the simulated versus observed VE-R2 (panel C and D) and PL-R2 (panel E and F, respectively) for gladiolus cultivar Jester in different sprouting levels (panel A, C and E) and planting depth (panel B, D and F). The simulated was realized with the PhenoGlad Model. The solid line is the 1:1 line. RMSE = root mean square error; BIAS = BIAS index; dw = index of agreement; n = number of observations.....	96
FIGURE 8 — Duration of the PL-R2 phase for sprouting levels (A) and planting depth (B) observed and simulated with PhenoGlad Model, in days.....	97
FIGURE 9 — Quality standard of floral stems of gladiolus according to Veiling Holambra.....	99

DISCUSSÃO GERAL

FIGURA 1 – Colheita dos cormos de gladiolo produzidos pelos agricultores participantes do Projeto “Flores para Todos” no dia das Mães 2018 em Santiago – RS (A) e no dia de Finados 2018 em São João do Polêsine – RS (B) e em Formigueiro – RS (C).....	111
FIGURA 2 – Atividade prática sobre colheita dos cormos de gladiolo produzidos pelos professores e alunos da EMEF Nossa Senhora de Fátima de Cachoeira do Sul – RS (A) e pela EMEF Valentim Bastianello de Dilermando de Aguiar – RS (B).....	112

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

TABLE 1 — Corm size of Jester cultivar classified according to perimeter (cm) and their relation with average weight (g/corm) after the storage and number of corms harvested during the 2017-2018 growing season in Santa Maria/RS/Brazil.....	54
---	----

ARTIGO II

TABLE 1 — Vernalization treatments, associated effective vernalization days and thermal time accumulated from planting to flowering (R2 stage) for ‘Jester’ and ‘White Goddess’ gladiolus cultivars.....	73
TABLE 2 — Final leaf number, flowering date and final florets number for ‘Jester’ and ‘White Goddess’ gladiolus cultivars in the Summer/2019 for the vernalization treatments.....	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	11
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo geral.....	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 IMPORTÂNCIA DA FLORICULTURA BRASILEIRA.....	15
2.2 A CULTURA DO GLADÍOLO	18
2.2.1 Importância, descrição botânica e aspectos fitotécnicos da cultura do gladiolo	18
2.2.2 Propagação vegetativa do gladiolo	22
2.2.3 Fase de brotação do desenvolvimento do gladiolo.....	25
2.3 VERNALIZAÇÃO	26
2.3.1 Importância e definição	26
2.3.2 Resposta das culturas a vernalização.....	28
2.3.3 Função de vernalização para modelagem agrícola.....	29
2.4 PROFUNDIDADE DE PLANTIO.....	30
2.5 MODELO PHENOGLAD.....	32
3 ARTIGO I	35
4 ARTIGO II	57
5 ARTIGO III	79
6 DISCUSSÃO GERAL	81
7 CONCLUSÕES	115
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Dinâmica e promissora, a floricultura possui um importante papel no agronegócio brasileiro. Em 2019 estimou-se um faturamento de R\$ 8,5 bilhões, cerca de 8% a mais em relação ao ano de 2018. É uma atividade em expansão no Brasil que se tornou atrativa aos agricultores, por ser uma alternativa de produção na busca de novas oportunidades comerciais devido a sua capacidade de geração de renda por área produzida (DUVAL, 2014; JUNQUEIRA; PEETZ, 2017). O gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) é uma das principais bulbosas produzidas e consumidas no mercado brasileiro de flores e mundialmente importante como flor de corte, planta ornamental e para produção comercial de cormos (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008, 2017, 2018; THAKUR et al., 2015).

A reprodução do gladiolo ocorre por meio de um cormo que origina uma nova planta igual à planta-mãe, porém, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, este cormo é consumido e substituído por uma nova unidade (HALEVY, 1990). Este cormo novo poderá no futuro, quando em condições ideais, gerar uma nova planta e produzir uma nova haste floral de gladiolo. No entanto, a obtenção de cormos de qualidade torna-se um fator limitante para o sucesso da produção de hastes florais, pois poucos são os agricultores que conhecem o processo de produção de cormos e ficam dependentes da aquisição de cormos “prontos” (tratados e vernalizados). Visto que o cormo é o maior custo de produção, adquirir cormos a cada cultivo encarece a produção. Por isso, para os agricultores que cultivam gladiolo visando à comercialização da haste floral, produzir este cormo novo é importante para a redução de custos e para a sustentabilidade da produção.

A produção de cormos de gladiolo envolve diversos processos, desde a colheita e pós-colheita do cormo novo, e dominar esta técnica é essencial para garantir a qualidade e a uniformidade das hastes florais. Uma das etapas mais importantes durante o processo de pós-colheita dos cormos de gladiolo é a vernalização. A vernalização é um mecanismo de sobrevivência natural, no qual as plantas adquirem a competência para florescer após a exposição ao frio. Esta competência permite que em algum momento durante o ciclo de desenvolvimento, o meristema vegetativo se converta em meristema reprodutivo. Ou seja, apenas depois de vernalizado o cormo é que a planta poderá florescer.

Suprir essa necessidade de frio é uma das maiores dificuldades enfrentadas em países de clima tropical e, no Brasil, apenas os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul tem condições de atender essa demanda naturalmente (pelas baixas temperaturas do inverno), e a

vernalização artificial é uma estratégia a essa condição nas regiões que não são climaticamente adequadas, proporcionando autonomia aos agricultores locais (SANTOS et al., 2012). Para o gladiolo, ainda se conhece pouco sobre a sua resposta a vernalização, visto que habitualmente seu plantio ocorre no inverno para florescer na primavera, próximo ao dia de Finados.

Dessa forma, até então, o agricultor que produz seu próprio lote de cormos não precisava vernalizá-los artificialmente (devido à ação do inverno). No entanto, o gladiolo vem sendo utilizado para diversos fins, como decorações de eventos, e a demanda por suas hastes florais estendeu-se para outras épocas do ano. Por isso, modelar a resposta do gladiolo à vernalização, do ponto de vista prático, pode auxiliar os agricultores a diminuir a sazonalidade de oferta das hastes florais para atender a demanda do consumidor ao longo de todo o ano, além de garantir maior lucratividade.

Finalizada a produção e pós-colheita, os cormos estão prontos para o plantio e, neste momento, dois fatores devem ser levados em consideração para garantir a uniformidade da emergência das plantas e da produção de hastes florais. O primeiro fator é o estágio de brotação do cormo, pois mesmo após um processo pós-colheita bem realizado, um mesmo lote de cormos pode apresentar disparidade na brotação. O segundo fator é a profundidade de plantio do cormo, pois o método de plantio mais comum (manual com o auxílio de uma enxada) torna-se um fator limitante na obtenção da uniformidade da profundidade do sulco de plantio. Desta forma, ambos os fatores influenciam diretamente a fase de brotação dos cormos e conhecer seus efeitos no desenvolvimento do gladiolo torna-se importante, pois um atraso ou antecipação da emergência pode afetar a data ponto de colheita das hastes florais de gladiolo.

Além disso, estes dois fatores podem estar relacionados a um erro existente no modelo PhenoGlad, descrito por Uhlmann et al. (2017), que simula a fase de emissão de folhas e a fenologia do gladiolo. Este erro de 4,3 dias na simulação a partir do plantio está embutido na fase de brotação dos cormos. Em consequência, este erro vai se acumulando e errando na determinação da data ponto de colheita (estágio R2, Schwab et al. (2015)) das hastes florais de gladiolo, dificultando o planejamento da produção visando uma data de comercialização específica. A fim de eliminar dúvidas quanto aos fatores que podem estar induzindo este erro, compreender como o estágio de brotação e a profundidade de plantio dos cormos atuam sobre a fase de brotação torna-se fundamental.

Nesse sentido, estudos básicos que descrevam de forma detalhada os fatores que envolvem a produção e manejo pós-colheita dos cormos de gladiólo, em especial a vernalização, e a fase de brotação dos cormos necessitam ser realizados.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Trazer a luz da literatura informações práticas sobre a produção de cormos de gladiólo e como fatores intrínsecos e extrínsecos aos cormos atuam sobre o florescimento da cultura.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Descrever um protocolo para produção de cormos de gladiólo a partir da produção de hastes florais;
2. Verificar a resposta do gladiólo a vernalização e avaliar uma função não linear de resposta a vernalização;
3. Caracterizar o efeito do estágio de brotação e da profundidade de plantio dos cormos de gladiólo na fase de brotação e na ocorrência da data do ponto de colheita da cultura e realizar uma análise do desempenho do modelo PhenoGlad frente a esses fatores.

Os objetivos específicos são abordados nos três artigos que seguem nesta dissertação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DA FLORICULTURA BRASILEIRA

Em busca do desenvolvimento, o Brasil construiu um setor agrícola forte e competitivo e por isso a importância do agronegócio brasileiro é incontestável para a economia do país. Um dinâmico e promissor segmento do agronegócio brasileiro é a floricultura, responsável pela produção de flores e plantas ornamentais e que assume um importante papel no crescimento do setor. Além da importância econômica, a cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais possui grande valor social, pois valoriza a atividade agrícola em pequenas e médias propriedades e gera um grande número de empregos, especialmente para mulheres e jovens (MITSUEDA et al., 2011; JUNQUEIRA; PEETZ, 2017a).

O Brasil possui, atualmente, cerca de 15 mil hectares destinados a cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais com 8 mil produtores e gerando aproximadamente 200 mil postos de trabalho entre varejo, produção, atacado e outras funções (DUVAL, 2014). É um setor que está em constante evolução que iniciou em caráter comercial apenas na década de 50, consolidando-se a partir da década de 70 (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008; MITSUEDA et al., 2011) concentrando-se no estado de São Paulo, o coração da floricultura brasileira.

O setor produtivo de flores tem se destacado ao longo dos anos por apresentar crescentes aumentos, como de 2008 a 2010 em cerca de 12% a 15% ao ano em valor de mercado, 10% a 12% em 2012, 7% a 8% em 2013 e em 2017 com um aumento de 6% em relação a 2016 (JUNQUEIRA; PEETZ, 2018). Em 2018 o setor movimentou R\$ 8,1 bilhões e a projeção é que em 2019 ocorra um aumento de 7% a 8%, chegando a R\$ 8,5 bilhões. Esse bom desempenho se deve, em grande parte, ao investimento constante em tecnologias de ponta (JUNQUEIRA; PEETZ, 2017a). No entanto, esse crescimento e investimento não são homogêneos, pois existem várias disparidades na floricultura brasileira de acordo com a região, condições do clima e socioeconômicas, bem como a cultura dos consumidores (JUNQUEIRA; PEETZ, 2017a).

Em 2017, o consumo *per capita* médio anual do brasileiro foi de R\$ 33,2 reais, consumo este considerado baixo em relação a outros países com mercado mais desenvolvido, mas que vem crescendo ano a ano (JUNQUEIRA; PEETZ, 2018). O Distrito Federal é o estado com maior consumo *per capita* de flores e plantas ornamentais do país, seguido por Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul (JUNQUEIRA;

PEETZ, 2017a). Uma forte característica do mercado brasileiro de flores é a concentração do consumo em datas específicas, como Dia Internacional da Mulher, Dia das Mães, Dia dos Namorados, Dia dos Pais, Dia de Finados, Natal e Ano Novo (JUNQUEIRA; PEETZ, 2011, 2017). Entre os produtos mais consumidos no Brasil, estão as orquídeas e as rosas (MITSUEDA et al., 2011; JUNQUEIRA; PEETZ, 2017a,b).

São Paulo é responsável por 70% da produção nacional (KÄMPF; DAUDT, 1999) e possui polos de produção que são referências, como Holambra, casa das maiores cooperativas de flores do Brasil: Veiling Holambra e Cooperflora. Apenas em 2018, São Paulo exportou US\$ 8,41 milhões do montante total de US\$ 13,5 milhões exportados pelo Brasil. Com larga tradição na exportação de flores e plantas ornamentais o país possui forte atuação no comércio internacional de materiais propagativos, com destaque para a exportação de bulbos, tubérculos e rizomas de espécies como amarílis (*Hyppastrum sp.*), copo-de-leite (*Zantedeschia sp.*), gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) e lírio (*Lilium sp.*) (JUNQUEIRA; PEETZ, 2011; TOMBOLATO et al., 2010). Em especial a amarílis, a qual 60% da produção é destinada para a exportação e o gladiolo, que destina 40% da produção para o exterior, e o restante desse material é direcionado para o mercado brasileiro (JUNQUEIRA; PEETZ, 2018).

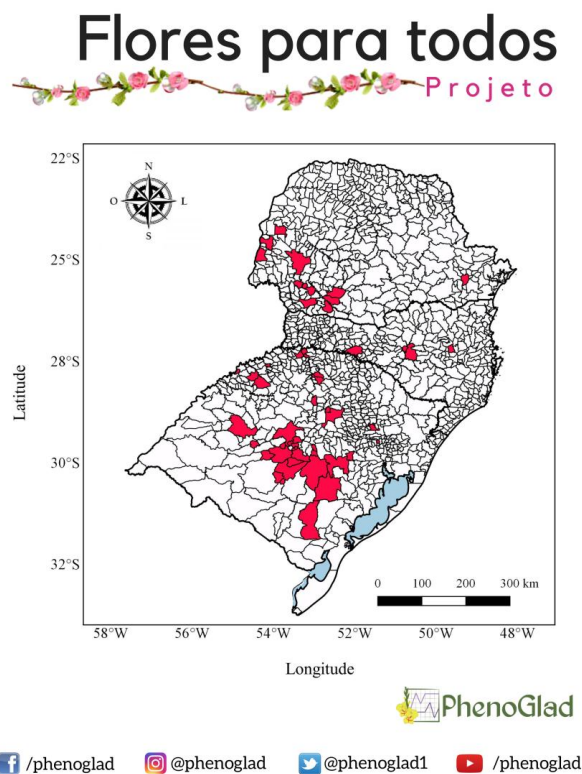
Ao longo dos anos, outros polos foram crescendo e consolidando-se nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Goiás e Distrito Federal (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008). Essa descentralização da produção ocorreu pela necessidade de buscar novas alternativas produtivas e comerciais para abrir novos canais e oportunidades e atender a exigente demanda por qualidade, durabilidade e frescor dos produtos com flexibilidade no preço final aos consumidores (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008).

Em 2013, a região Sul era responsável por 21,6% da área cultivada no Brasil (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014) e o Rio Grande do Sul (RS) encontra-se entre os quatro principais estados produtores do Brasil. No RS as empresas de floricultura são essencialmente de cunho familiar, que apesar da reduzida área cultivada gera empregos em atividades agrícolas (KÄMPF; DAUDT, 1999). O estado é autossuficiente na produção de flores, porém cerca de 70% do que é consumido em flores de corte e de vaso são provenientes dos estados de São Paulo e Santa Catarina (NEVES; PINTO, 2015). A produção gaúcha de flores está comumente centralizada na Região do Vale do Caí e na Serra Gaúcha, no entanto, visando o fortalecimento e a consolidação da atividade no estado, progressivamente vem ocorrendo a descentralização produtiva e abrangendo outras regiões.

Uma forma de romper as limitações encontradas na floricultura gaúcha é a condução de projetos de extensão que incentivam popularizar a floricultura como atividade agrícola e

também tornar o consumo de flores e ornamentais habitual, de forma permanente e sustentável ao longo de todo ano. Um exemplo é o projeto Flores para Todos, uma iniciativa da Equipe PhenoGlad da Universidade Federal de Santa Maria e de inúmeras instituições de ensino superior em vários estados do Brasil e no RS juntamente com a EMATER-RS/Ascar. Um dos pilares do projeto é a construção da sustentabilidade da agricultura familiar através da floricultura como atividade para diversificação da produção com o cultivo do gladiólo (UHLMANN et al., 2019). Atualmente o projeto abrange 55 municípios entre os três estados do Sul brasileiro (RS, SC e PR) em duas vertentes: agricultores familiares e escolas do campo (Figura 1).

Figura 1 – Mapa da Região Sul do Brasil representando os locais contemplados pelo projeto Flores para Todos, de 2017 a 2019.



Fonte: Equipe PhenoGlad.

No Rio Grande do Sul, o projeto iniciou fortemente na Região da Depressão Central e atualmente alcançou outras regiões, como a Região do Médio Alto Uruguai e a Região Vale

do Rio Pardo. Desta forma, o projeto vem desempenhando um importante papel na popularização da floricultura no Brasil.

2.2 A CULTURA DO GLADIÓLO

2.2.1 Importância, descrição botânica e aspectos fitotécnicos da cultura do gladiólo

O gladiólo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) é originário do Sul da África e da região Mediterrâneo e foi introduzido no Brasil, pela principal colônia de imigrantes holandeses, fundada na década de 50 em Holambra, São Paulo (TOMBOLATO et al., 2004, 2005). É uma geófita ornamental que ocupa uma importante posição no mercado internacional, juntamente com a tulipa, o narciso e o lírio (KAMENETSKY; OKUBO, 2012; THAKUR et al., 2015).

Pertencente à família *Iridaceae* é uma planta herbácea, propagada por cormos e de inflorescência do tipo espiga composta por floretes que oferecem grande diversidade de tamanhos, formas e cores (VASANTHAKUMAR et al., 2015) (Figura 2A). Suas folhas são alongadas e lanceoladas, possuem cutícula cerosa e nervuras paralelinérveas (STRECK et al., 2012) (Figura 2B). Apresenta ciclo relativamente curto, possui fácil manejo, baixo custo de implantação e rápido retorno financeiro, fatores esses que determinam sua boa adaptabilidade ao cultivo em pequenas áreas (TOMBOLATO, 2004; UHLMANN et al., 2019).

Culturamente, em diversos países o gladiólo está vinculado a eventos fúnebres, assim como no Brasil e no Rio Grande do Sul, quando o maior pico de consumo das flores ocorre na época de Finados. Felizmente, este paradigma vem sendo rompido, pois espécies ornamentais como o gladiólo contribuem significativamente ao conceito de “qualidade de vida” e fazem as pessoas se sentirem melhores (KAMENETSKY; OKUBO, 2012). Assim, o gladiólo tornou-se uma excelente opção para uso na decoração de interiores e eventos (Figura 3), além de ter grande importância em outras datas comemorativas, como o dia das Mães (UHLMANN et al., 2019).

Uma escala fenológica para o gladiólo foi proposta por Schwab et al. (2015a), que adota critérios simples para a descrição dos estágios de desenvolvimento da cultura. Nesta escala, o desenvolvimento do gladiólo é dividido em quatro fases: fase de dormência dos cormos, fase de brotação, fase vegetativa e fase reprodutiva. A fase de brotação ocorre do aparecimento das raízes filiformes ao aparecimento dos catafilos, a fase vegetativa ocorre do aparecimento da primeira folha ao aparecimento da última folha e a fase reprodutiva ocorre do início do espigamento até a senescência total da planta.

Figura 2 – Inflorescência do tipo espiga composta por floretes (A) e folha lanceolada com nervuras paralelinérveas (B) da planta de gladiólo.



Fonte: a autora.

Segundo Tombolato et al. (2005) cultivares modernas de gladiólo podem possuir flores de diversas cores e por sua fácil hibridação mais de 10.000 cultivares tem sido reconhecidas, sendo a ‘Red Beauty’ (vermelha), ‘White Friendship’ (branca), ‘T704’ (lilás), ‘Peter Pears’ (laranja), ‘Jester’ (amarela com vermelho) e ‘Rose Friendship’ (rosa) as principais cultivares utilizadas comercialmente. As cultivares de gladiólo possuem diferentes ciclos de desenvolvimento até a floração, podendo ser de ciclo precoce, intermediário I, intermediário II e tardio. Essa diferença de ciclo ocorre em função da duração da fase de emissão de folhas, ou seja, quanto mais precoce a cultivar, menor a duração da fase de emissão de folhas (STRECK et al., 2012).

O ciclo de desenvolvimento do gladiólo é influenciado principalmente pela temperatura do ar (STRECK et al., 2012; Schwab et al., 2015a). Em períodos com

temperaturas mais baixas (inverno), o ciclo de desenvolvimento se alonga, enquanto que períodos com temperaturas mais altas (verão) encurtam o ciclo (STRECK et al., 2012; SCHWAB et al., 2018). Fatores como umidade e intensidade luminosa (ZUBAIR, 2006) também apresentam influencia no desenvolvimento da cultura. Quanto ao fotoperíodo, o gladiolo responder facultativamente (SHILLO; HALEVY, 1976)

Figura 3 – Gladiolos utilizados para decoração de um casamento em Nova Candelária - RS (A) e interiores de residências em Santa Maria – RS (B e C).



Fonte: Equipe PhenoGlad (facebook/phenoglad)

No Brasil, segundo Barbosa (2011), o gladiolo pode ser cultivado durante todo o ano, porém, a data de plantio possui grande importância na regulação do crescimento e na qualidade do gladiolo. No entanto, no Sul do Brasil, o cultivo do gladiolo é limitado pelas altas temperaturas do verão, que podem causar danos visuais nas hastes, e pelas baixas

temperaturas do inverno, que param o progresso do desenvolvimento das plantas (SCHWAB et al., 2018). Conforme Schwab et al. (2015b) para a região de Santa Maria no Rio Grande do Sul (RS), plantios realizados no final do inverno e início da primavera (julho, agosto e setembro) e no final do verão e início do outono (fevereiro, março e abril) são os mais indicados para produção de hastes florais.

Becker et al. (2020) definiram uma janela de plantio de gladiolo para colheita das hastes florais para o dia das Mães e o dia de Finados, no RS, considerando o Fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) que é a principal causa da variabilidade interanual da precipitação e da temperatura no estado. A data ótima de plantio no RS varia de acordo com a ocorrência do ENOS e tem maior interferência para o dia de Finados (BECKER et al., 2020).

Para evitar o apodrecimento dos cormos pelo excesso de umidade, recomenda-se que em solos mal drenados o plantio seja realizado em canteiros elevados (SEVERINO, 2007; UHLMANN et al., 2019). Para garantir a qualidade das hastes florais, o fornecimento regular de água ao longo do cultivo é indispensável, principalmente em dias quentes e a partir do estágio V3 (três folhas), quando a diferenciação da espiga floral está em estágio inicial (SCHWAB et al. 2015a). Entre os estágios V3-V4 (3-4 folhas) é importante realizar uma adubação de cobertura com nitrogênio e potássio, em conjunto com a amontoa e a capina (UHLMANN et al., 2019) (Figura 4A). A capina pode ser feita ao longo de todo o cultivo do gladiolo para manter os canteiros livres de plantas daninhas. Para evitar o tombamento e a deformação das hastes florais é fundamental realizar o tutoramento das plantas (UHLMANN et al., 2019) (Figura 4B).

O momento ideal para a colheita da haste floral é no estágio R2 (quando os três primeiros botões florais da base para o ápice apresentam a cor da corola visível), proporciona maior vida de prateleira das hastes florais (SCHWAB et al., 2015a), além do comércio para mercados distantes (Figura 4C). A colheita no estágio R3 (quando a corola do primeiro florete na base da espiga estiver aberta, com as anteras visíveis (SCHWAB et al., 2015a)) também é viável, porém, quando colhida nesse estágio recomenda-se a comercialização em mercados próximos ao local de produção.

Desta forma, Rees (1966) descreve que a história de vida de uma planta bulbosa cultivada em horticultura, pode ser considerada dividida em três etapas: a primeira, conservação do órgão de armazenamento seco; a segunda, o crescimento e desenvolvimento até a floração; e a terceira, a senescência da parte aérea até a colheita do órgão de armazenamento. Correlacionando a história descrita por Rees (1966) com Le Nard (1983), a história de vida do gladiolo ocorre nas seguintes etapas: a primeira, os cormos permanecem

em repouso durante o inverno; a segunda, na primavera as plantas crescem e se desenvolvem percorrendo o verão; a terceira, os novos cormos são colhidos com a chegada do outono.

Figura 4 – Cultivo de gladiólos em canteiro, irrigado e adubação nitrogenada (A), prática do tutoramento (B) e ponto de colheita ideal das hastas florais de gladiólo (C).



Fonte: a autora.

2.2.2 Propagação vegetativa do gladiólo

Muitas espécies ornamentais são geófitas originárias da região do Mediterrâneo que botanicamente são espécies perenes e propagadas vegetativamente, ou seja, a reprodução da planta ocorre por meio de um órgão especializado que origina uma nova planta igual a planta-mãe (HALEVY, 1990; INTERNATIONAL FLOWER BULB CENTER, 2011; KHODOROVA; CONTI, 2013; LAZARE; ZACCAI, 2016). No entanto, para algumas espécies este órgão é consumido e substituído por uma nova unidade, por isso são

considerados anuais, como é o caso do gladiolo, frésia, íris, tulipa e lírio (HALEVY, 1990). Este órgão especializado é um órgão de armazenamento subterrâneo, que pode ser um bulbo, cormo, tubérculo, rizoma ou uma raiz tuberosa, com caules ou folhas modificadas utilizadas para acumular toda a energia necessária para que a planta floresça e prospere (GUL, 2010; HALEVY, 1990; KHODOROVA; CONTI, 2013; LE NARD, 1983).

Para o gladiolo, este órgão especializado é um cormo. O cormo, também chamado de bulbo maciço, é um caule modificado que possui nós e entrenós, coberto por uma túnica fibrosa que o protege de danos, perda de umidade e ataque de insetos e doenças (APTE, 1962; INTERNATIONAL FLOWER BULB CENTER, 2011; TOMBOLATO et al., 2004). Um novo cormo pode ser gerado a cada estação de cultivo, quando cultivados em condições ideais (TOMBOLATO et al., 2004). Durante o desenvolvimento da planta de gladiolo, o crescimento do novo cormo inicia a partir do estágio V1, porém este crescimento é lento até o estágio R5, quando os fotoassimilados produzidos pelas folhas finalmente são translocados para o novo cormo ocorrendo um incremento de massa (SCHWAB et al., 2015a). Este novo cormo se desenvolve sobre o cormo velho (Figura 5) (APTE, 1962; MONGE, 1981; INTERNATIONAL FLOWER BULB CENTER, 2011; TOMBOLATO et al., 2004).

Cormos também podem ser produzidos a partir de cormilhos (Figura 5) (TOMBOLATO et al., 2004). Cormilhos diferenciam-se dos cormos, pela sua formação, pois são ligados por estolões que se originam nos brotos axilares do novo cormo (APTE, 1962). O crescimento dos cormilhos ocorre na base do novo cormo, geralmente, a partir do estágio R1 (SCHWAB et al., 2015a). Os cormilhos são replantados para gerar novos cormos, pois ainda não possuem as características necessárias para produzir flores e apenas após cerca de 1 a 2 anos o cormilho pode tornar-se um cormo comercial, ideal para a produção de flores (TOMBOLATO et al., 2004).

De modo geral, o tamanho do cormo é determinante para a qualidade da flor (HALEVY, 1990; KHODOROVA; CONTI, 2013). Cormos maiores apresentam melhor rendimento, pois produzem flores maiores em um menor tempo de maneira mais uniforme (INTERNATIONAL FLOWER BULB CENTER, 2011). Os cormos podem ser classificados conforme o seu perímetro (em centímetros) e, de acordo com esta classificação, os cormos são destinados para a produção de flores ou para a reprodução de cormos (PAIVA et al., 1999).

Espécies bulbosas, como o gladiolo, geralmente possuem um período de repouso vegetativo, chamado de dormência (REES, 1966). Schwab et al. (2015a) especificou este período na escala fenológica do gladiolo como fase dormente, representada pelo código S0. A dormência é um fenômeno natural de interrupção do crescimento marcado por uma parada

metabólica parcial, ou seja, o crescimento e desenvolvimento são suspensos temporariamente durante este período, que pode ser conveniente visando manuseio, transporte e tratamento e que possibilita sua sobrevivência em condições adversas (GUL, 2010; REES, 1966; SCHWAB et al., 2015a). A dormência governa a periodicidade do cormo, de modo que suas funções básicas de desenvolvimento são programadas para ocultar-se e exibir-se através da interação multifatorial de alterações hormonais, luminosidade, temperatura e ativação de genes (GUL, 2010).

Figura 5 - Estrutura subterrânea do gladiolo apresentando os cormilhos entre o cormo novo (acima dos cormilhos) e o cormo-mãe (abaixo dos cormilhos).



Fonte: a autora.

A emissão do broto e das raízes do cormo de gladiolo irá depender, antes de tudo, da cultivar e das condições ambientais em que os cormos foram cultivados: cormos produzidos em um período com alta temperatura e/ou alta intensidade luminosa brotam mais tarde (dormência profunda) do que cormos produzidos para com baixa temperatura e/ou fraca intensidade luminosa (LE NARD, 1983).

A quebra da dormência pela ação da temperatura em geófitas levou a uma considerável confusão na literatura, devido ao duplo papel desempenhado pela temperatura na dormência e no florescimento, pela ação do termoperiodismo (HALEVY, 1990; MANN; LEWIS, 1956). Em gladiólo, a quebra de dormência pode ocorrer lentamente em altas temperaturas (20°C a 30°C) ou rapidamente em baixas temperaturas (5°C a 10°C) (MANN; LEWIS, 1956). De acordo com Le Nard (1983), em baixas temperaturas a organogênese é praticamente interrompida e só voltará a ocorrer quando os cormos forem novamente expostos a temperaturas mais elevadas (20°C a 25°C), ou seja, primeiro é necessário armazenar os cormos a baixa temperatura e depois a altas temperaturas.

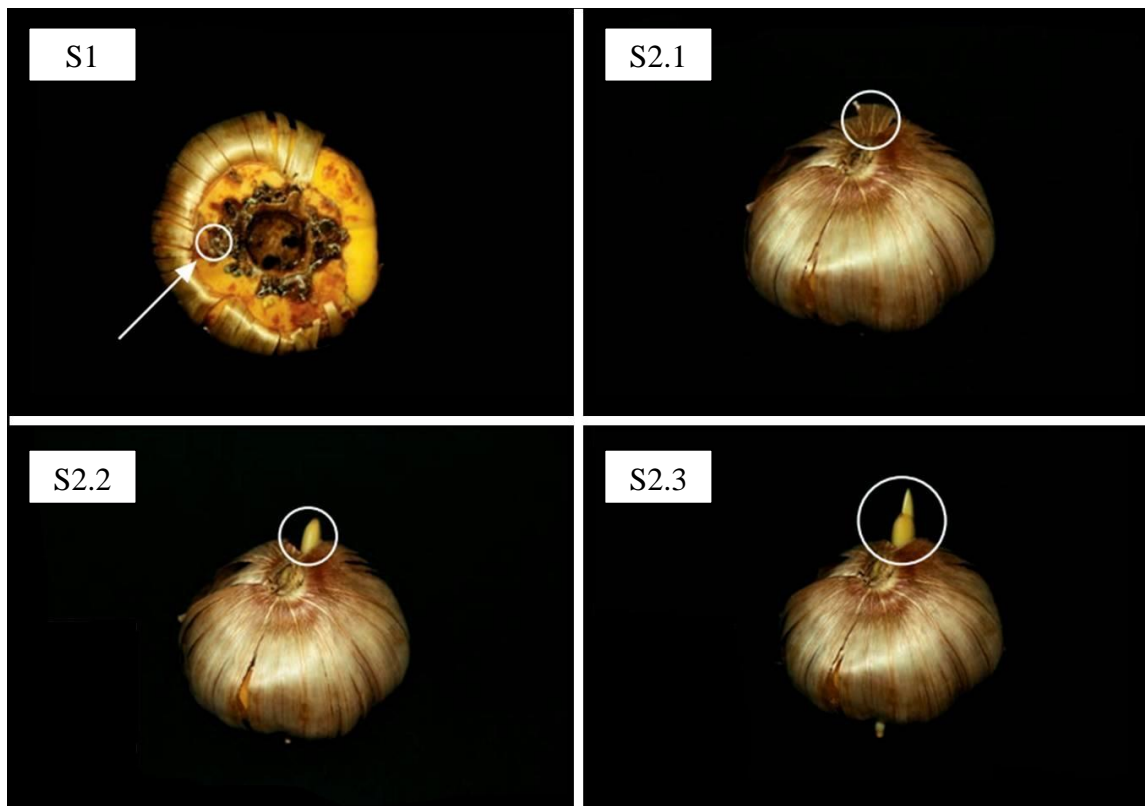
2.2.3 Fase de brotação do desenvolvimento do gladiólo

De acordo com a escala fenológica do gladiólo proposta por Schwab et al. (2015a) a fenologia do gladiólo é dividida em quatro fases: fase de dormência dos cormos, fase de brotação, fase vegetativa e fase reprodutiva. A fase de brotação é dividida em quatro estágios: S1, S2.1, S2.2 e S2.3 (Figura 6).

Em condições ideais de temperatura e umidade, as raízes filiformes na base do corno começam a ser emitidas a partir de nódulos radiculares (S1), dado início a fase de brotação. Após a emissão das raízes, inicia o desenvolvimento do broto na parte superior do corno, com o aparecimento do primeiro catáfilo (S2.1) que provoca o deslocamento das escamas no ápice do corno. O broto evolui até o aparecimento do segundo catáfilo (S2.2), desta forma há dois catáfilos presentes e o broto ultrapassa as escamas no ápice do corno. Quando o broto já está bem desenvolvido ocorre o aparecimento do terceiro catáfilo (S2.3), e assim o broto apresenta três catáfilos. Segundo Schwab et al. (2015a) é possível quarta bainha apareça no broto e, nesse caso, o estágio seria codificado como S2.4.

Cormos comerciais de gladiólos geralmente não estão mais dormentes, por isso é comum que os cormos apresentem o broto em algum desses estágios. A disparidade no desenvolvimento do broto que um lote de cormos apresenta no momento do plantio pode ou não influenciar na velocidade de emergência das plantas, por não haver uma uniformidade na brotação e assim interferir no planejamento da produção. Neste estudo os estágios de desenvolvimento da fase de brotação foram intitulados como “níveis de brotação”, desta forma cada estágio corresponde a um nível (nível S1, nível S2.1, nível S2.2 e nível S2.3).

Figura 6 – Quatro estágios da fase de brotação dos cormos de gladiólio.



Fonte: Adaptado Schwab et al. (2015a).

2.3 VERNALIZAÇÃO

2.3.1 Importância e definição

Durante o ciclo de vida vegetal um dos processos mais importantes é a decisão do momento certo de florescer, pois o florescimento é a expressão da competência reprodutiva da planta, e essa decisão de induzir a floração pode ocorrer com ou sem a dependência da condição do ambiente (MICHAELS; AMASINO, 2000; TAIZ et al., 2017). A formação da inflorescência acontece através do alongamento de um meristema apical e para ser capaz de florescer este meristema precisa passar por algumas transformações (LAZARE; ZACCAI, 2016). A não ocorrência da indução floral (promoção do estímulo floral) e evocação floral (meristema apical incumbido da formação de flores) no momento certo poderá atrasar o florescimento e em alguns casos este poderá não acontecer, impedindo que a planta reproduza (TAIZ et al., 2017).

Algumas espécies possuem um mecanismo de sobrevivência natural, chamado de vernalização, termo este derivado da palavra *vernalis*, referente a primavera (TAIZ et al., 2017). Trofim Lyzenko foi o pesquisador que deu nome a este fenômeno, chamando-o de “Jarovization” (Jar significa o deus da primavera), que em sua própria tradução para outros idiomas (inglês, francês, alemão) transformou-se em “Vernalization” ou vernalização, em português (CHOUARD, 1960).

Esse processo responde a uma exposição prolongada à temperaturas baixas, que induzem ou aceleram o desenvolvimento da capacidade de florescer, não imediatamente, mas como um efeito posterior (CHOUARD, 1960; MICHAELS; AMASINO, 2000). Para a vernalização ocorrer é necessário que durante a exposição ao frio o metabolismo do material a ser vernalizado esteja ativo (TAIZ et al., 2017; MICHAELS; AMASINO, 2000), como sementes hidratadas, plântulas e bulbos. Desta forma, durante o verdadeiro resfriamento vernalizante são usadas temperaturas suficientemente frias, não para iniciar os primórdios das flores, mas para criar a capacidade do florescimento subsequente (CHOUARD, 1960).

Erroneamente, a vernalização é confundida com a quebra de dormência. No entanto, o processo de quebra de dormência remove inibições de crescimento, muitas vezes pela ação do frio ou do calor, e permite um crescimento ativo, assim que as condições favoráveis retornarem, mas não estimulam a formação de novos tipos de órgãos, como a vernalização (CHOUARD, 1960). Essa discordância pode ser reflexo do papel das baixas temperaturas em ambas as situações, quando podem promover o florescimento (vernalização) mas também podem permitir a retomada do crescimento após a interrupção do desenvolvimento (quebra da dormência) (THOMPSON et al., 2011).

Chouard (1960) questiona este equívoco e argumenta que a vernalização é essencialmente um "processo preparatório" para florescer, mas não é o próprio processo de iniciação das flores. Em resumo, Chouard (1960) define vernalização como "a aquisição ou aceleração da capacidade de florescer por um tratamento de refrigeração". Desta forma, segundo o autor, a quebra de dormência pertence à fisiologia do crescimento, enquanto que a vernalização pertence à fisiologia do desenvolvimento reprodutivo.

A vernalização continua a ser um dos estímulos ambientais menos compreendidos, pois pouco é sabido sobre o mecanismo molecular da percepção do frio na vernalização, apenas que esta resulta em uma memória permanente de exposição a frio (MICHAELS; AMASINO, 2000; WOODS et al., 2014; XU; CHONG, 2018). Esta memória de uma exposição anterior ao frio ocorre nas células no broto do meristema apical ou células do SAM (shoot apical meristem), que percebem diretamente o frio (AMASINO, 2010). Para

compreender melhor este fenômeno, pesquisadores tem se dedicado ao estudo genético do florescimento da *Arabidopsis thaliana*, esclarecendo que o requisito a vernalização é frequentemente causado por um gene chamado *FRIGIDA* (FRI) em conjunto com um segundo gene *FLOWERING LOCUS C* (FLC) (AMASINO, 2010; LEE; AMASINO, 1995; MICHAELS; AMASINO, 2000; SONG et al., 2012).

2.3.2 Resposta das culturas a vernalização

A exigência a vernalização pode ser obrigatória ou facultativa e cada espécie responde de uma maneira diferente, especialmente quanto a duração da exposição a baixas temperaturas (STRECK; SCHUH, 2005; ALBERTO et al., 2009). Para algumas espécies o tratamento ao frio é obrigatório, pois não podem florescer sem serem expostas a estas condições, já para outras espécies essa necessidade é facultativa e sua exposição ao frio apenas acelerará a floração (MICHAELS; AMASINO, 2000). Espécies com vernalização obrigatória requerem uma sequencia de exposição frio-quente, enquanto que espécies com vernalização facultativa requerem um ciclo quente-frio-quente, que reflete a sua fenologia natural outono-inverno-primavera (THOMPSON et al., 2011). Para algumas espécies, apenas a exposição ao frio não é suficiente e por vezes é preciso após a vernalização um período de fotoperíodo com comprimento dos dias mais longos (WOODS; AMASINO, 2015).

Muitas plantas que germinam no outono, como o trigo (*Triticum aestivum*), tem sua sobrevivência garantida no inverno (vegetativamente), graças ao o processo de vernalização, assegurando que seu florescimento ocorra apenas na primavera e além de detectar a exposição ao frio as plantas também precisam mensurar o período de exposição a essa condição de baixas temperaturas, por isso a resposta a vernalização é determinada pela temperatura durante o processo e a duração desse período (ALBERTO et al., 2009; KIM et al., 2009; AMASINO, 2010; TAIZ et al., 2017). Segundo Wellensiek (1965) a duração da exposição pode variar de 4 dias a 110 dias, enquanto que a temperatura mínima de vernalização pode variar de -4°C a -8°C, a máxima pode variar de 15°C a 20°C e a temperatura ótima gira em torno de 0°C.

Na busca da compreensão de como cada espécie responde a este requerimento de vernalização, pesquisas vem sendo realizadas para culturas como trigo (*Triticum aestivum* L.) (ALBERTO et al., 2009; RIBEIRO et al. 2009;), alho (*Allium sativum* L.) (LOPES et al., 2016; MOTA et al., 2003), morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009; VERDIAL et al., 2007), canola (*Brassica napus* L.) (LUO et al., 2018)

e cebola (*Allium cepa* L.) (FUKUDA et al., 2017; REGHIN et al., 2005; SANTOS et al., 2012).

Visto que o florescimento é o momento mais importante durante o ciclo de vida da maioria das bulbosas ornamentais, culturas como o lírio (*Lilium longiflorum* L.) (ABREU et al., 2003; ALMEIDA et al., 2017; DOLE; WILKINS, 1991; LAZARE; ZACCAI, 2016; SCHUH et al., 2005), watsonia (*Watsonia* sp.) (THOMPSON et al., 2011), iris (ELPHINSTONE et al., 1991) e freesia (DARRAS et al., 2019) também tem recebido a atenção de pesquisadores. No entanto, para o gladiolo os esforços dos pesquisadores ao longo dos anos foram voltados apenas para a quebra de dormência utilizando baixas temperaturas e para a promoção do florescimento através do uso de hormônios (APTE, 1962; BHUJBAL et al., 2014; GINZBURG, 1973, 1974; TSUKAMOTO, 1974).

Por isso, pouco foi estudado especificamente sobre a necessidade de vernalização do gladiolo. Apenas alguns autores trazem vagas informações sobre a temperatura e o período ideal de vernalização para o gladiolo, como Castro et al. (1979) que indica um período de duas semanas de exposição a 4°C ou 8°C para promover a melhoria na qualidade da planta e da inflorescência de gladiolo. Dole (2003) aponta que o armazenamento pode ser de 2°C a 10°C durante 8 a 22 semanas. Cormos armazenados a 5°C ou a 10°C por 12 semanas florescem melhor, de acordo com Shillo e Simchon (1973). Riaz et al. (2009) recomendam o armazenamento dos cormos de gladiolo a 8°C. González et al. (1998) vernalizaram cormos de *Gladiolus tristis* L. a 5°C durante 3 e 6 semanas e concluíram que o período de 3 semanas possibilita a produção de flores nos padrões comerciais e mais cedo do que o período de 6 semanas. Ahmad et al. (2008) recomenda o armazenamento de cormos de gladiolo em temperaturas entre 2°C a 10°C, preferencialmente em torno de 4,5°C.

Essas divergências de informações que constam na literatura causam uma lacuna no conhecimento que precisa ser preenchida. Portanto, existe a necessidade de realizar uma pesquisa básica para compreender melhor a resposta do gladiolo a vernalização, pois com base nessas informações se poderá ter maior controle de mercado, facilitando o planejamento da produção para ofertar hastes florais ao consumidor ao longo do ano.

2.3.3 Função de vernalização para modelagem agrícola

Para descrever a resposta à vernalização quantitativamente, são utilizadas funções de resposta. Funções de vernalização podem ser úteis para pesquisar a temperatura do ideal de vernalização e a duração de exposição ao frio necessária para promover a floração e ainda

pode fornecer uma base para a triagem de plantas vulneráveis a mudanças climáticas (CAVE et al., 2013). Estas funções podem ser lineares ou não lineares, mas biologicamente, funções não lineares são mais realísticas (STRECK et al., 2003a). Além disso, funções não lineares permitem que as relações entre a temperatura, o nível de vernalização e a duração necessária para a vernalização completa sejam definidas (STRECK 2002, 2003; STRECK et al., 2003a; LIU, 2007).

A resposta a vernalização é dada pela combinação da temperatura de exposição com a duração deste período (temperatura x tempo). A resposta normalmente é dada pela normalização da variável dependente da resposta (temperatura média diária, por exemplo) e que pode variar de zero a um durante um dia. Quando a planta é exposta a temperatura ótima vernalizante durante um período de 24 horas tem-se um dia efetivo de vernalização. Ao se afastar da temperatura ótima apenas uma fração de um dia de vernalização é acumulada (STRECK 2002, 2003; STRECK et al., 2003a; STRECK; SCHUH, 2005).

O conhecimento da resposta à vernalização é importante para ser usada em modelos de simulação do desenvolvimento de diversas culturas. Por isso, funções de vernalização foram desenvolvidas para trigo (*Triticum aestivum* L.) (RITCHIE, 1991; WANG et al., 1995; WANG; ENGEL, 1998; STRECK et al., 2003b; McMASTER et al., 2008; ALBERTO et al., 2009;), cenoura (*Daucus carota* L.) (YAN; HUNT, 1999), cebola (*Allium cepa* L.) (STRECK, 2003; FUKUDA et al., 2017), beterraba (*Beta vulgaris* L.) (MILFORD et al., 2010) e também para leguminosas anuais (LIU, 2007). Para espécies ornamentais foram encontrados registros na literatura de funções de vernalização para o lírio (*Lilium* spp.) (STRECK, 2002; STRECK; SCHUH, 2005), para *Brunonia australis* e *Calandrinia* sp. (CAVE et al., 2013). Uma função de resposta à vernalização para a cultura do gladiolo não foi encontrada.

2.4 PROFUNDIDADE DE PLANTIO

A profundidade de plantio adequada é particularmente importante para um bom estabelecimento das plantas, pois influencia na velocidade de emergência e conseqüentemente na produção (SILVA, 1991). A profundidade em que uma planta é capaz de germinar e emergir é variável entre as espécies (TILLMANN et al., 1994), por isso o seu efeito foi relatado para diversas culturas como o trigo (*Triticum aestivum* L.) (SILVA, 1991; JAME; CUTFORTH, 2004), tomate (*Solanum lycopersisum* L.) (TILLMANN et al. 1994), cebola (*Allium cepa* L.) (BOFF; DEBARBA, 1999), amendoim (*Arachis hypogaeae* L.) (GROTTA

et al., 2008), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) (REGINATO et al., 2013) e o milho (*Zea mays* L.) (SILVA et al., 2015).

A profundidade de plantio desempenha um importante papel na determinação do crescimento geral de uma planta, especialmente no caso de culturas bulbosas (GANI et al., 2019), pois influencia o espaço disponível para o desenvolvimento da planta e, portanto, bulbos, cormos e sementes devem ser plantados de acordo com as suas necessidades (AMJAD; AHMAD, 2012; KIZIL; KHAWAR, 2015). Nas plantas bulbosas, a profundidade de plantio tem um efeito significativo na emergência e na floração (HUSSAIN et al., 2016; TEHRANIFAR; AKBARI, 2012). Portanto, realizar o plantio a uma profundidade adequada e uniforme é necessário para garantir a colheita em um tempo adequado (KIZIL; KHAWAR, 2015).

Por isso, a influência da profundidade de plantio no crescimento e no florescimento de diversas espécies propagadas vegetativamente foi relatada para angélica (*Polianthes tuberosa* L.) (MANE et al., 2006; SUSEELA et al., 2016; TEHRANIFAR; AKBARI, 2012; HUSSAIN et al., 2016), lírio (*Lilium longifolium* L.) (AMJAD; AHMAD, 2012), alho-das-vinhas (*Allium vineale*) (PETERS; LOWANCE, 1981), caládio bicolor (*Caladium sp.*) (HUSSAIN; AMIN, 2018), tulipa (*Tulipa gesneriana* L.) (GANI et al., 2019), batata (*Solanum tuberosum* L.) (MERGA et al., 2018), acidantera bicolor (*Gladiolus callianthus*) (KOCIRA et al., 2015), açafão (*Crocus sativus* L.) (KOOCHKEKI; SEYYEDI, 2019) e inhame (*Colocasia esculenta* L.) (TUMUHIMBISE, 2015). Hagiladi et al. (1992) compilou em um estudo como a profundidade de plantio tem efeito em algumas espécies geófitas, como *Iris* sp., *Hyacinthus* sp. e *Narcissus* sp. e constatou que o aumento da profundidade de plantio atrasa a emergência e reduz a porcentagem de plantas emergidas.

Para o gladiolo poucos autores dedicaram-se a estudar como a profundidade de plantio pode influenciar no crescimento e desenvolvimento da cultura. Segundo Severino (2007) plantios em solos considerados mais pesados (argilosos) necessitam de uma profundidade menor (10 a 12 cm) e em solos mais leves (arenosos), profundidades maiores (15 a 18 cm). Mattos et al. (1983) estudaram o desempenho do plantio a 5 e 15 cm de profundidade e constataram que profundidades muito rasas como 5 cm não são indicadas quando a finalidade do cultivo é a produção de hastes florais. Segundo os autores, esta profundidade torna a planta mais predisposta ao tombamento, que apesar de poder ser corrigida através da prática do tutoramento, ainda é inviável e, por este motivo, a recomendação é que a profundidade de plantio seja realizada a 15 cm.

Tradicionalmente, o método de plantio do gladiolo adotado pelos agricultores é manual. Com o auxílio de uma enxada é feito um sulco onde os cormos são colocados manualmente no espaçamento desejado e, posteriormente, são cobertos com o mesmo solo. No entanto, este método possui alguns fatores limitantes como a falta de mão-de-obra e a dificuldade em conseguir uma uniformidade na profundidade do sulco de plantio. Singh e Gautam (2015) desenvolveram uma plantadeira de cormos de gladiolo com um sistema que ajusta a profundidade de plantio, todavia não apresentam em seus resultados se este sistema foi eficiente em garantir a uniformidade da profundidade de plantio. Para o gladiolo a uniformidade do plantio dos cormos é de grande importância, pois quanto mais uniforme for a emergência das plantas conseqüentemente mais plantas atingirão o ponto de colheita juntas.

2.5 MODELO PHENOGLAD

Os modelos matemáticos são uma simplificação da realidade que descrevem as interações existentes nos agroecossistemas e são usados para auxiliar nos sistemas de produção como ferramenta para planejamento da produção e apoio a tomada de decisão de práticas de manejo (STRECK; ALBERTO, 2006; SÁNCHEZ-MOLINA et al., 2015). Ao longo dos anos um crescente número de modelos foi desenvolvido para diferentes propósitos nas ciências agrárias e para culturas florícolas, os modelos têm aplicações mais específicas como para conhecer o efeito das condições ambientais no tempo de florescimento das culturas (BECKER, 2017).

Existem modelos matemáticos que descrevem o desenvolvimento do gladiolo (PhenoGlad) (UHLMANN, 2017), soja (SoyDev, SoySim, CMS-CROPGRO-Soybean) (SETIYONO et al., 2007), arroz (SimulArroz) (STRECK, et al. 2013), milho (CERES-Maize), mandioca (Simanihot) (TIRONI, et al. 2017) e trigo (CMS-CROPGRO-Wheat).

O modelo de desenvolvimento proposto para gladiolo, denominado “PhenoGlad” (Pheno de fenologia, e Glad de gladiolo), é um modelo matemático dinâmico que considera uma função de resposta não linear à temperatura para as diferentes fases e sub-fases de desenvolvimento do gladiolo (UHLMANN et al., 2017). Neste modelo, o ciclo de desenvolvimento da cultura é dividido em três fases e duas sub-fases de desenvolvimento, de acordo com a escala fenológica proposta para o gladiolo por Schwab et al. (2015a): fase de brotação, fase vegetativa, e fase reprodutiva. Durante a fase vegetativa, ocorre a emissão de folhas da cultura (SCHWAB et al., 2015a; UHLMANN et al., 2017).

A partir da data de plantio, o modelo calcula os estágios de desenvolvimento do gladiólo através da taxa de desenvolvimento diária e a taxa diária de aparecimento de folhas (LAR) (UHLMANN et al., 2017). Para realizar este cálculo, o modelo PhenoGlad utiliza de uma função de resposta não linear à temperatura, que considera três temperaturas cardinais (mínima, máxima e ótima) para cada uma das três fases de desenvolvimento (brotação, vegetativa e reprodutiva). Além das temperaturas cardinais, também são necessários dados da temperatura média do ar diária, que é calculada pela temperatura máxima e mínima do ar de cada dia (UHLMANN et al., 2017). Assim, quanto mais próxima a temperatura média do ar diária estiver da temperatura ótima de cada fase de desenvolvimento, mais rápido será o ciclo e, próximo das temperaturas sub e supra ótimas, o ciclo se alonga.

O modelo possui uma interface gráfica (Figura 7) que está disponível para download gratuitamente no site www.ufsm.br/phenoglad. Como aplicação prática do modelo, é possível determinar a data de ocorrência dos principais estágios fenológicos da cultura, como o ponto de colheita (R2) que ocorre quando os três primeiros botões florais estão com a cor da corola visível e o estágio V3, momento indicado para a realização da adubação nitrogenada de cobertura na lavoura (UHLMANN et al., 2017; UHLMANN et al., 2019).

Além disso, o modelo considera a ocorrência de danos por altas e baixas temperaturas. Por exemplo, se a temperatura mínima for menor que -2°C durante pelo menos três dias seguidos, então a cultura é morta pela geada (UHLMANN et al., 2017), visto que os gladiólos são muito sensíveis à geada (SCHWAB et al., 2018), principalmente quando as plantas se encontram em fase reprodutiva (SCHWAB et al., 2015b).

Entretanto, a precisão do modelo PhenoGlad na fase de brotação é menor quando a simulação ocorre a partir do plantio quando comparada a partir da emergência, apresentando um erro médio de 4,3 dias para a fase de brotação dos cormos e um erro médio de 6,5 dias para o ciclo total (UHLMANN et al., 2017). Segundo os autores, este erro pode estar associado a simulação propriamente dita, por considerar apenas a temperatura do ar, mas também a fatores intrínsecos ou extrínsecos ao cormo que podem estar influenciando a fase de brotação dos cormos de gladiólo

Figura 7 – Interface gráfica do software PhenoGlad.

The screenshot displays the PhenoGlad software interface, which is organized into four numbered steps for configuring a simulation. The interface features a top navigation bar with the PhenoGlad logo and the name of the institution, Universidade Federal de Santa Maria, established in 1960. The main content area is divided into four panels:

- Step 1: INSERIR DADOS METEOROLÓGICOS** (Insert Meteorological Data). A green button indicates the date range: "20 jul 16 a 15 mar 19".
- Step 2:** Selection of simulation mode. Radio buttons are present for "Cultivar" (selected) and "Ciclo". A dropdown menu below shows "cultivar/ciclo".
- Step 3:** Selection of simulation start point. Radio buttons are present for "Plantio" and "Emergência" (selected). A dropdown menu below shows "a partir de plantio/emergência". A text input field for "No. de anos a simular" is also visible.
- Step 4:** Selection of simulation end point. Radio buttons are present for "Ponto de colheita" and "Ciclo total" (selected). A large purple play button is located in the bottom right corner of this panel.

Fonte: www.ufsm.br/phenoglad

3 ARTIGO I

How to produce gladiolus corms?¹

¹ Artigo técnico publicado no periódico “Ornamental Horticulture” (v.25, n.3, p. 299-306, 2019).

How to produce gladiolus corms?

Regina Tomiozzo^{1*}, Lilian Osmari Uhlmann¹, Camila Coelho Becker¹, Natalia Teixeira Schwab¹, Nereu Augusto Streck¹, Darlan Scapini Balest¹.

Abstract

Gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.), also called as Palma-de-Santa-Rita, is culturally known in Brazil as the All Souls' Day flower. In recent years, it has also become popular in other special dates due to its robustness, liveliness, and magnificence. However, there are challenges regarding the cut flower production, since the largest producer investment is the corm acquisition. Due to the insufficiency of technical information, there are no fully established corm production protocols for gladiolus. Therefore, this technical article has the objective of bringing information related to the gladiolus corms production technique, in view of the sustainability of the production.

Key words: gladiolus, corms, propagation, postharvest.

Resumo

Gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) também chamado como Palma-de-Santa-Rita, é conhecido no Brasil como flor de Finados e, nos últimos anos, têm se popularizado em outras datas especiais devido à sua robustez, vivacidade e imponência. Porém, existem desafios em relação à produção da espécie para flor de corte, visto que o maior investimento do produtor é com a aquisição de cormos. Devido à escassez de informação técnica, não existem protocolos de produção de cormos totalmente estabelecidos para o gladiolo. Logo, esse artigo técnico teve o propósito de trazer informações relacionadas a técnica de produção de cormos de gladiolo, tendo em vista a sustentabilidade da produção.

Palavras chave: gladiolo, propagação, cormos, pós-colheita.

1. Introduction

Gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.), is culturally known in Brazil as the All Soul's Day flower, but in recent years, it has also become a popular flower in other special dates due to its robustness, liveliness, and magnificence. The production of flowers of gladiolus begins by planting the corm and its propagation is essentially vegetative. The corm is a solid bulb of rounded and flattened shape, swollen by the reserve accumulation with nodes and internodes and wrapped with dried leaf remains (Figure 1).

[Insert Figure 1 here]

The main technique of gladiolus corms production is by harvesting new corms formed from the old-corm, which loses its reserves and mummifies during plant growth. The formation of the new corm above the old corm occurs during the growth and development of the gladiolus plant, from V4 stage (four leaves) onwards and is structured as the leaves are emitted (Schwab et al., 2015) (Figure 2A). However, corm growth and development is limited before flowering, because the priority of the plant is the growth and development of the leaves and the floral stem, i.e., the photo-assimilates produced through photosynthesis are targeted for supply the needs of the above ground plant parts. It is only after harvesting the flower stems (the R2 stage) that the new corm becomes the main sink within the plant, and from then on its growth occurs more rapidly (Figure 2B).

[Insert Figure 2 here]

The production of gladiolus corms involves the field growth after removal the floral stem from the plant (R2 stage), harvesting and postharvesting. The obtaining of the gladiolus propagation material is one of the major problems in the productive chain of this flower crop, since few farmers have access to information on how to produce corms and, good management is essential to ensure uniformity and quality of the propagating material. In

addition, the purchase of commercial corms (treated and vernalized) each year makes the production of floral stems more expensive.

Gladiolus is an effective alternative for small farmers, who can offer an option for their customers along with fruits and vegetables at local markets. Because it is a flower easily produced, suitable for growing in open field and that demands low initial investment, gladiolus is attractive to producers. However, the acquisition of corms still represents the highest cost of gladiolus production, about 60% of total cost, besides the difficulty of finding suppliers and propagating material identified with the name of the cultivar, which is important when it is desired to know the duration of the cultivar cycle to carry out production scheduling.

Therefore, it is important to understand the technology of gladiolus corms production to help farmers, mainly small farmers, to obtain propagative material of high quality, and for reducing the production costs. Few are the farmers who have access to information about postharvest corms management, and generating a technical material containing applied information on the corms production in a simple, clear and objective way can fill this gap. Thus, the present study aimed to describe the main aspects related to the commercial production of *Gladiolus x grandiflorus Hort.* corms in Brazil, such as growing conditions and post harvest.

2. Propagation of corms

The period of corms production starts from the harvesting of the floral stem (R2 stage) and it is after the harvest of the floral stem that most of the photoassimilates are destined for the growth of the new corm. Therefore, it is important to cut the minimum number of leaves when harvesting the floral stem so that the plant remains with 5 to 6 leaves (Figure 3), on which the photoassimilates will be produced to nourish the new corm. The time required for

the corm to reach the appropriate size vary according to the growing season, since the developmental cycle of the gladiolus is governed by air temperature (Streck et al., 2012 Schwab et al., 2015; Uhlmann et al., 2017). When the production of corms occurs in periods that the air temperature is high (summer), and in dry periods, the corm filling is faster and about 45 at 50 days are sufficient to obtain a maximum size.

[Insert Figure 3 here]

In periods which air temperature is low (winter), the corms filler is slowly and are required from 60 to 70 days after harvesting floral stems, to reach a maximum size of the corm. In general, the longer the corm stays in the growing field, the greater its size. Ideally, harvesting should be performed when the plant begins the process of senescence (natural drying of the plant), that is, the plant begins to present the leaves with yellowish coloration, the corm filling stops, and the maximum size is reached. However, during the periods of high precipitation and humidity, the harvest anticipation is beneficial as regards phytosanitary, and the optimization of the production time of corms, reducing it and consequently, anticipating the next planting.

During the corm growing, the management of pests, diseases and weeds should continue to be performed to provide good conditions for corm growth. If the producer has an irrigation system, it is interesting to continue to irrigate the plants when the soil presents low humidity, but it is necessary to suspend the irrigation about two to three weeks before harvesting to avoid rotting of the corms. The weeds control is an important management aiming the harvest moment of corms, because the presence of weeds can make it difficult the harvest besides competing with plants, reducing the size corms.

3. Harvest and postharvest

Harvest

Harvesting can be mechanical or manual. The mechanical harvest usually is more used for the productions in large scale, with the support of specialized machines. Manual harvest can be made with the aid of a hoe, losing the soil around the plants and pulling out the whole plant. At this stage, care must be taken for not causing lesions or cuts in the corms, because corms damaged become more susceptible to infection by diseases that can cause their rot. If any corm is damaged during harvest, it is suggested that it should be discarded. During the harvest it is important to pack them in identified boxes with the cultivar name and the production season. This identification is important to uniform batches mainly in relation to the ones of the flower color that will be produced in the next crop.

Postharvest

Cure and cleaning

After harvest, the gladiolus corms must undergo to the cure process. The cure is performed for different bulbs such as garlic, onion, lily and amaryllis, and is the most efficient way to standardize the humidity of the corm and ensure a good cure at the insertion point of the leaves.

Firstly, it is necessary to realize the quick cure, which consists in leaving the whole plants in the field, exposed indirectly to the sun of 2 to 3 days, for rapid loss of moisture. Plants should be rowed, and corms covered with leaves of plants from the bottom row, and so on until the last row, in which corms should be covered with soil to avoid direct exposure to solar radiation.

After rapid cure, the corms should be routed to the cleaning process, where they will be cleaned with water to remove soil excess. The old corm should be removed from the base of the new corm and it is recommended to make a cut in the leaves to two centimeters above

the new corm (Figure 4A), to facilitate the drying of the leaves and the cauterization during the prolonged cure.

The drying of the corm is essential for forming the periderm (corm protective tissue), which replaces the epidermis when it dies or receives some mechanical damage, preventing the penetration of some pathogenic fungi (Monge, 1981). The optimal conditions for curing and optimum corm periderm formation are the conditioning in a shaded and airy location, with circulation of hot air and relative air humidity (about 80%) during the period of approximately thirty days. In addition, the leaves around the corm will also dry to form protective husks for the corm, serving as protection during the planting-emergence stage.

The correct corm cure allows the good formation of the apical bud that will form and generate a new plant in the next crop. Figure 4 shows a cured corm (B) and an uncured corm (C). The uncured corm (Figure 4C) has a perforation, where in the previous crop there was the floral stem. This perforation can occur due to the incorrect separation between the leaves and the corm, that is, the cut is not performed 2 cm above the corm and therefore the drying of the leaves does not occur efficiently. This poor curing can impair the formation of the new bud or even delay the emergence of plants.

[Insert Figure 4 here]

Classification

Grouping the corms into sizes is important to define the destination of the production and to guarantee the homogeneity of the lots and uniformity of the plants during the cultivation. Corms are classified according to their size and production destination and, in Brazil the corms are classified by perimeter (cm) following the European classification model. The American Model classifies the corms according to the diameter (cm). It is important to carry out the classification by forming lots with classes of close sizes, for example, class 14-16 contains corms between 14 and 16 cm in length. The uniformity of the corms ensures

uniformity in the production, in the time of floral stems harvesting, in the floral stems quality and facilitates management practices.

Large corms (bigger than 8 cm) are intended for the cut flowers production, as they will produce uniform and vigorous plants with larger flowers. Small corms or even the cormels (less than 8 cm) that develop at the base of the new corm are destined to a new production cycle until they reach the appropriate size for the production of a floral stem.

The size of the corms will vary according to the cultivar and, with the time of growth in the field. Thus, the longer growth time, results in greater corms. However, within a same bed, there is variation in flowering period (Figure 5) from the first plant to reach the harvesting point of the floral stem until the last, and thus, the period of growth of the corms also varies. Thus, the first plants to bloom will form larger size corm and those that last bloom will form corms of smaller size, considering that the harvest of the corms will be realized in the same day. Therefore, corms harvested at the same production site will have a large variation of sizes, weight and quantity (Table 1).

[Insert Figure 5 here]

[Insert Table 1 here]

Vernalization and storage

The next step in post harvest is the vernalization of gladiolus corms. The vernalization is a process in which corms are exposed to low temperatures for a given period, to induce or accelerate the ability to bloom, not immediately, but as a later effect (Chouard, 1960; Michaels and Amasino, 2000).

The vernalization need is a problem for tropical countries such as Brazil, where only the states of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul have climate to meet this demand for cold (due to the low winter temperatures). The vernalization can be supplied naturally or artificially. During the winter in southern Brazil, the corms vernalize naturally and after this

period, the plants bloom in the spring. That is why many people of these regions believe that the gladiolus only flowering in the All Soul's day. The natural vernalization allows the gladiolus cultivation only once a year, which becomes an obstacle for producers who wish to cultivate in more times of the year.

Artificial vernalization becomes an alternative in these cases and, is carried out with the use of cold chambers, providing autonomy to the producers that can produce gladiolus flower stems at any time of the year. To perform this practice, the corms must be exposed during a period at low temperatures, enough for the corm to recognize that "winter is over" and thus acquire the signaling to start a new cycle. The recommendation for gladiolus is that the corms are stored at 5°C for approximately 30 days. This is enough for vernalization and subsequent uniformity in flowering and quality aspects of flower stems.

In addition to enabling corms vernalization, cold storage also controls the corms sprouting. Cold storage is an alternative for growers who do not plan to plant the corms immediately and want to delay the corms budding. According to Tombolato (2004), corms that do not present shoots during summer should be stored at temperatures between 17 to 20°C and relative humidity of 70 to 80%. The relative air humidity is an important factor to be considered during the storage of the corms, because in low humidity, the speed of growth is reduced, there is weight loss and vigor reduction, already in very high humidity occurs the root growth in advance and development of corms rot.

The corms storage is also important for the artificial induction of dormancy breaking. Corms dormancy occurs when there is absence of growth of the buds and roots and is broken when subjected to low temperatures and low light, which increases the production of gibberellin and reduces the concentration of growth inhibitors such as abscisic acid (Tombolato, 2004).

After cold treatment, corms require a period of acclimatization before they are planted. It is therefore recommended to remove them from the cold chambers and leave them in an environment with a temperature of about 20 to 25°C for two weeks. This technique allows the proper development of roots and uniformity in sprouting.

4. Corms production schedule

In Brazil, the production of floral stem of gladiolus, occurs mainly in two special dates: Mother's Day and All Soul's Day. For the producer who wants to produce corms starting from these two dates, a simplified production schedule was elaborated (Figure 6).

After flowers harvest for Mother's Day (Figure 6A), in May, the plants staying in the field until the first fortnight of July, when the corms should be collected. In the Southern Brazil, where this period has high precipitation, care with the rotting corms due to high soil moisture and harvest can be earlier if necessary. The cure occurs in August and September and after this stage, the corms are taken to the artificial vernalization in October and November. In locations where winter is colder (with temperatures below 10°C), natural vernalization can occur, but even so is recommended that the corms are storage cold, to ensure that the vernalization process is satisfactory. Completed the vernalization period, the corms should be acclimated and from the December on the corms will be ready for the new planting.

For the All Soul's Day (Figure 6B), the flowers harvest is in November and the corms grow in the field until January. In this season, the corm size also can be larger due high summer temperatures and because of that, the others stages can be faster. After harvest, corms are ready for cure in February and March. During April, the vernalization is extremely necessary, because in this season the temperatures are still high and insufficient for supplying

the vernalization needs. Therefore, from the second half of May, corms will be ready for a new planting.

In both special dates, the total period for corms production is six months. But, this time can vary according to the location, year, labor and amount of production. If the producer wishes, the production can be stepped to have available corms all year. Furthermore, it is recommended the renovation with commercial corms, every two years, at least.

[Insert Figure 6 here]

5. Diseases

Several phytopathogenic fungi can infect gladiolus corms during their cultivation and during postharvest. To prevent infection, corms can be treated with chemical treatments (powder or solution) or to a set of complementary measures. Soil fungi such as *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* can infect corms by the roots or through the old corm and cause substantial crop losses due to the reduction of viable corms for flower production, plants death during the growing cycle and reduces the floral quality. A preventive measure for this disease is thermotherapy, which consists of immersing corms in hot water at 50°C for 15 minutes (Ramos-García et al., 2009). During storage, fungi such as *Penicillium gladioli* can cause corms rot, so it is necessary to carry out a periodic inspection of stored corms, changing the corms position inside the box and eliminating diseased or damaged corms.

6. Final considerations

Corms production, as well as the production of flowers, is an alternative to diversify rural property and generate additional income for farmers. Furthermore, the corms production reduces the production costs of the gladiolus flower stems and the knowledge of the production techniques guarantees the obtaining of quality propagating material. Therefore, a new opportunity arises for Brazilian floriculture with the possibility of producing corms,

filling this market gap in several regions of Brazil, supplying local demand, shortening the chain and facilitating the gladiolus production chain.

Knowledge is as important as technology in modern production systems. Therefore, challenges are pitched for scientific research to enhance corm production, updating existing information, and making gladiola cropping systems more efficient and more sustainable, both economically and environmentally.

References

CHOUARD, P. Vernalization and its relations to dormancy. **Annual Review of Plant Physiology**, v.11, p. 191-238, 1960. DOI: doi.org/10.1146/annurev.pp.11.060160.001203

MICHAEL, S. D.; AMASINO, R. M. Memories of winter: vernalization and the competence to flower. **Plant, Cell and Environment**, v.23, p.1145-1153, 2000. DOI: doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00643.x

MONGE, A. V. **Manejo de los bulbos de gladiolo**. Ministerio de Agricultura y Pesca del Chile, 1981, 20 p.

RAMOS-GARCÍA, M.; ORTEGA-CENTENO, S.; HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A. N.; ALIA-TEJACAL, I.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; BAUTISTA-BAÑOS, S. Response of gladiolus (*Gladiolus* spp.) plants after exposure corms to chitosan and hot water treatments. **Scientia Horticulturae**, v. 121, p480-484, 2009. DOI: 10.1016/j.scienta.2009.03.002

SCHWAB, N. T.; STRECK, N. A.; BECKER, C. C.; LANGNER, J. A.; UHLMANN, L. O.; RIBEIRO, B. S. M. R. A phenological scale for the development of *Gladiolus*. **Annals of Applied Biology**, v.166, n.3 p.496-507, 2015a. DOI: dx.doi.org/10.1111/aab.12198

STRECK, N. A.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A. L.; GABRIEL, L. F.; UHLMANN, L. O.; BECKER, C. C. Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo em gladiolo. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.1968-1974, 2012. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012001100010](https://doi.org/10.1590/S0103-84782012001100010)

TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. 221 p.

UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A.; BECKER, C. C.; SCHWAB, N. T.; BENEDETTI, R. P.; CHARÃO, A. S.; RIBEIRO, B. S. M. R.; SILVEIRA, W. B.; BACKES, F. A. A. L.; ALBERTO, C. M., MUTTONI, M., PAULA, G. M., TOMIOZZO, R., BOSCO, L. C., BECKER, D. PhenoGlad: A model for simulating development in Gladiolus. **European Journal of Agronomy**, v.82, Part A, p.33-49, 2017. DOI: [dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.001](https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.001)

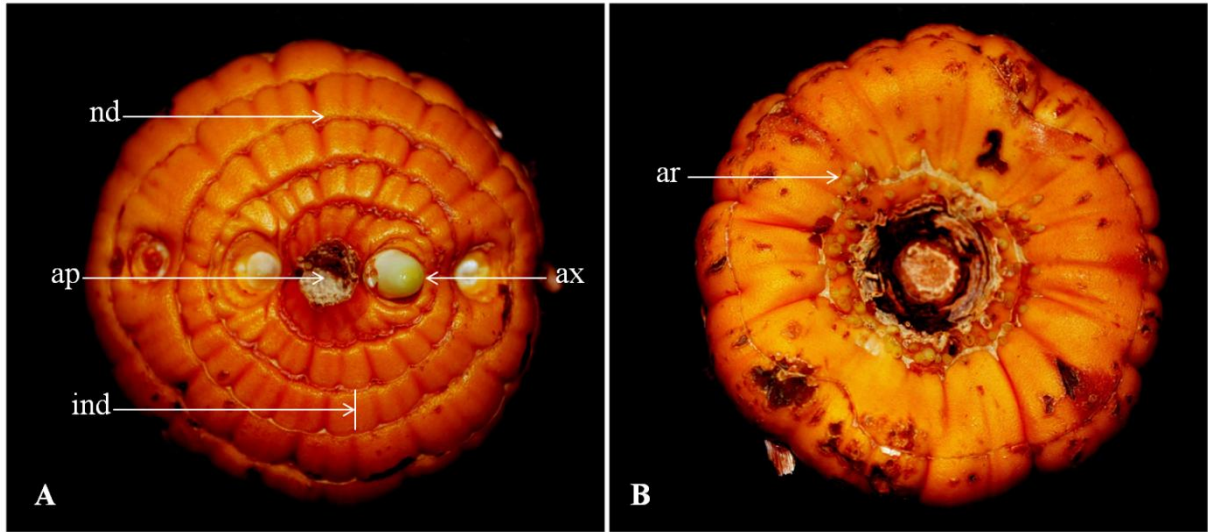


Figure 1. Morphological characterization of gladiolus corm, (A) upper side and (B) bottom side structure: nd – node, ax – axillary bud, ap – apical bud, ind – internodes, ar – adventitious roots.

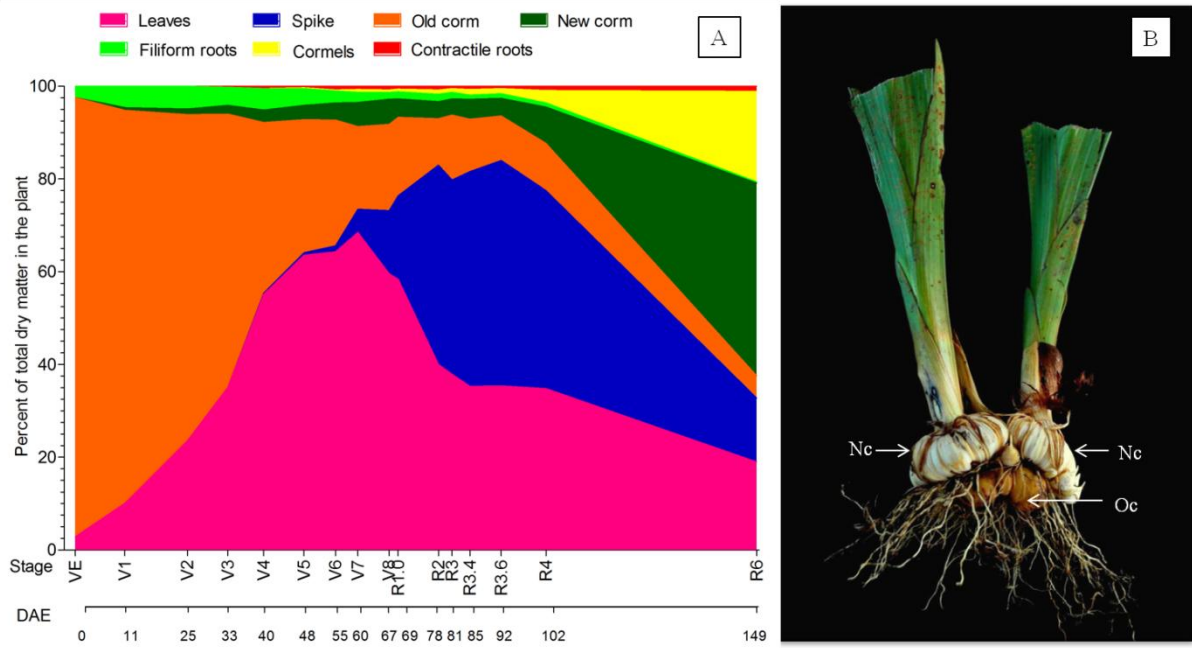


Figure 2. Dry matter partitioning (%) in a gladiolus plant of cv. Jester: (A) from VE to R6 (plant senescence). The image (B) shows the growth of the new corm (Nc) above old corm (Oc).



Figure 3. Gladiolus plant after the harvest of the floral stem, with six healthy leaves for corm growth in growing season 2017-2018 in Santa Maria/RS/Brazil.



Figure 4. Cured corm (A) and uncured corm (B); Corms during the cure with the leaves cut two centimeters above the corm, in Santa Maria/RS/Brazil.

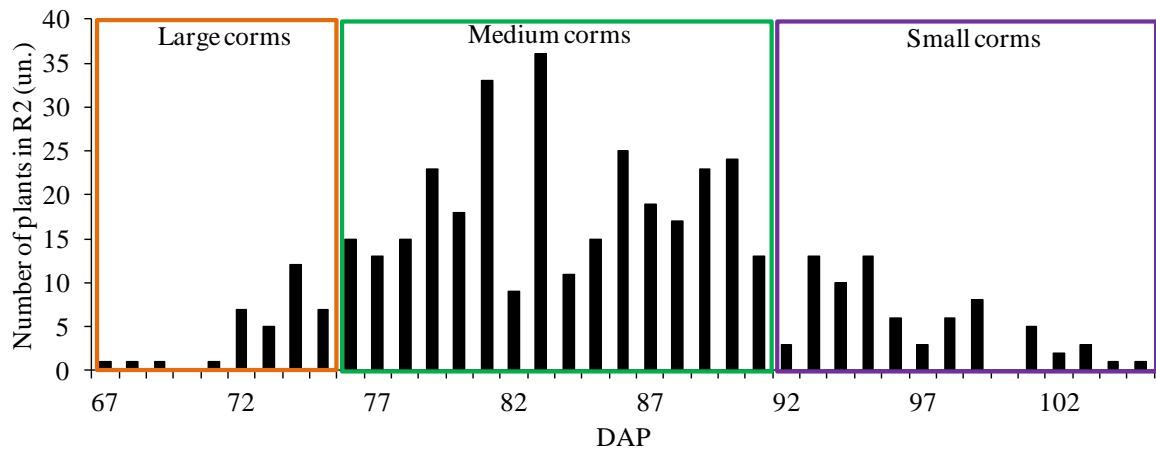


Figure 5. Flowering period and frequency of gladiolus plants in flowering (R2), cv. Jester, as function of days after planting (DAP) in Santa Maria/RS/Brazil, during the 2017/2018 growing season. Plants that flower earlier will produce large corms while plants flowering late will produce small corms.

Parameter	Corm size						
	Small		Medium			Large	
Perimeter corm (cm)	<10	10	12	14	16	18	20
Number of corms	120	71	103	145	76	11	4
Average weight (g/corm)	6.46	10.07	13.74	19.27	23.37	40.61	48.57

Table 1. Corm size of Jester cultivar classified according to perimeter (cm) and their relation with average weight (g/corm) after the storage and number of corms harvested during the 2017-2018 growing season in Santa Maria/RS/Brazil.

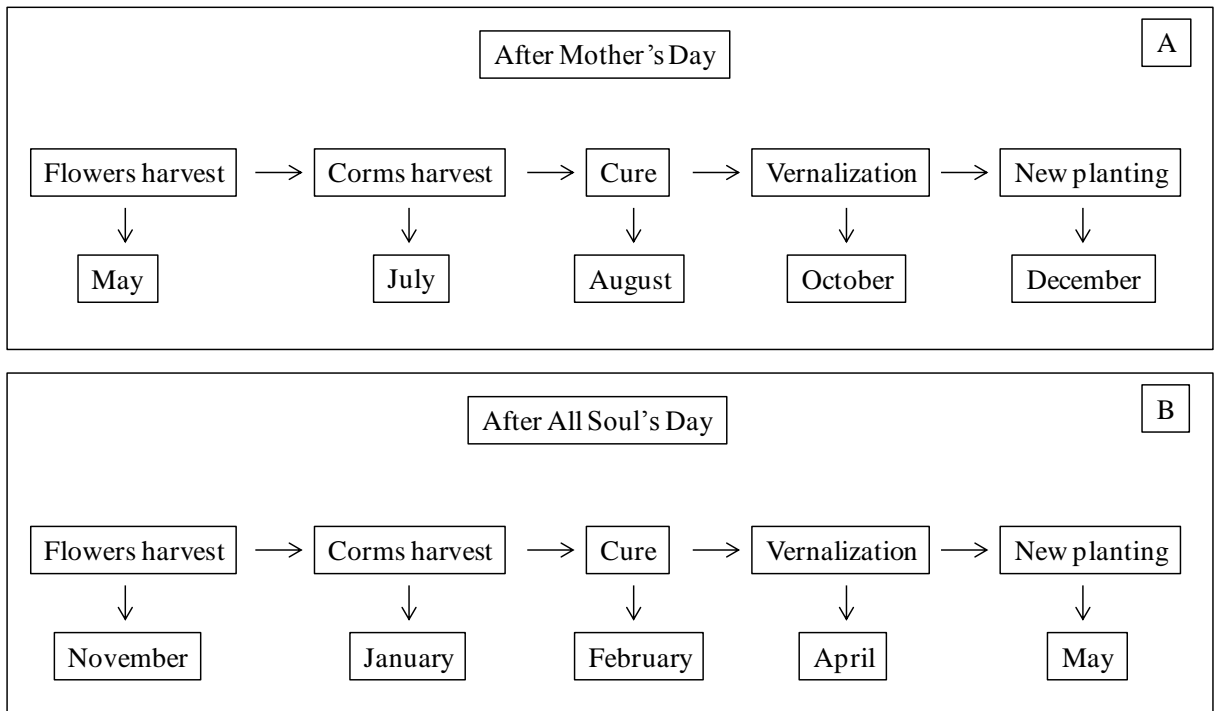


Figure 6. Gladiolus corms production schedule after harvesting floral stems for Mother's Day (A) and All Soul's Day (B).

4 ARTIGO II

Vernalization response of the gladiolus²

² Artigo científico organizado nas normas do periódico “The Journal of Horticultural Science and Biotechnology”

Vernalization response of the gladiolus

Abstract

Vernalization is an important process on the progress of certain crops, like gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.), to start the reproductive phase. This paper aimed to evaluate a nonlinear vernalization response function proposed by Streck (2002) for the gladiolus. A field experiment was carried out in Spring-Summer (2018-2019) in Santa Maria, RS, Brazil, when have been applied the vernalization treatments (0.5°C, 5°C and 10°C during 2, 4, 6, 8 and 10 weeks) and the unvernallized treatment (20°C) for two gladiolus cultivars ('Jester' and 'White Goddess') to provide an independent data set to evaluate the performance of the model. The daily vernalization rate and the effective vernalization days (VD) were calculated. The gladiolus response observed to VD employed was the accumulated thermal time from planting to flowering. All treatments have reached the flowering, inclusive the treatment of 20°C that corresponding to unvernallized plants. The developmental response of the gladiolus to vernalization was not well simulated by nonlinear vernalization response function proposed by Streck (2002) with a root mean square error of 0.285 for 'Jester' and 0.520 for 'White Goddess'.

Key Words: *Gladiolus x grandiflorus*; flowering; vernalization; response function; thermal time

Introduction

Gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) is a very important in the world market flower like as a cut flower and in Brazil, on the production and exportation of corms (Junqueira; Peetz, 2018; Thakur et al., 2015). Given this importance, optimizing the flowers quality and flowering time is a effort necessary, whereas the gladiolus corms require an exposure to low, non-freezing, temperature to accelerate the sprouting and flowering (Shillo & Shimchon, 1973).

This exposure to low treatments is called vernalization, a natural survival mechanism (Streck et al., 2003; Streck, 2003). Due to invisible nature, the phenomenon of vernalization for many species still remains a mystery (Yan & Hunt, 1999), like for gladiolus. In gladiolus, contrasting opinions exist as to the vernalization requirement. For Castro et al. (1979) a exposure of 4°C to 8°C during two weeks is benefit for the quality of plant and inflorescence of gladiolus. Dole (2003) and Ahmad et al. (2008) recommend the corms storage between 2°C

and 10°C. Riaz et al. (2009) recommended storing corms at 8°C during the summer. These divergences of information in the literature cause a knowledge gap.

According to Yan & Hunt (1999) a comprehensive investigation into vernalization involve treating plant material, in case of gladiolus the corms, at a series of temperatures for a series of durations before expose them a environment at high temperatures. The plant's status of vernalization can be a measure of effective vernalization days (VD) (Streck & Schuh, 2005). When the plants are submitted the vernalizing optimum temperature during 24 hours, one VD is got (Streck, 2003).

Many species are affect by the exposure a low temperatures and because that, vernalization models have been developed for crops such as lily (Streck, 2002), wheat (Streck et al., 2003; Alberto et al., 2009), calandrinia (*Calandrinia* sp.) and native cornflower (*Brunonia australis*) (Cave et al., 2013) and onion (Streck, 2003; Fukuda et al., 2017). Vernalization models are composed by a response function for VD and for quantify this response, are use dependent variables, as cycle duration in thermal time (Streck & Schuh, 2005; Wang et al., 1995). The dependent variable is normalized and varies from 0 to 1, as a modifier of the development rate (Streck, 2002; Streck et al., 2003).

A vernalization response function can be useful in helping to determine the temperature and duration of cold exposure appropriate for occur the vernalization and promote the flowering. According to Streck et al. (2003) a nonlinear function may be more realistic from a biological point of view. No vernalization response function has been found in the literature for gladiolus, which was the motivation for this work. Thus, this paper aimed to evaluate a nonlinear vernalization function response proposed by Streck (2002) for the gladiolus.

Materials and Methods

Cold storage of corms

The gladiolus corms used in this experiment were produced during Spring-Summer 2017-2018 to avoid exposure to vernalizing temperatures. Corms of gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) of two cultivars were used in this field study, 'Jester' and 'White Goddess' cultivars (both of intermediate II cycle). 'Jester' have florets of yellow and red color and 'White Goddess' have florets white color. These cultivars were chosen because of the better quality of the corms, of perimeter 12-14 cm.

After postharvest (clean and cure), the corms were stored a temperature constant of 20°C from May to August of 2018, to avoid natural vernalization due to low winter temperatures. From August, the vernalization started and the corms were exposed to cold room treatment, submitted to 0.5°C, 5°C, 10°C during 2, 4, 6, 8 and 10 weeks each. The witness corresponding to the unvernallized corms were kept at a constant temperature of 20°C. Six days before of the planting date, the corms of all treatments returned to constant temperature of 20°C.

Plant growth conditions

A field experiment was conducted in Spring-Summer 2018-2019 at the Federal University of Santa Maria in Santa Maria – RS, Brazil (29°43’S, 53°43’W). The planting (PL) was realized in 10/30/2018 (mm/dd/yyyy) and the experimental design was a 4 x 5 + 1, in beds of 22 m long and 1 m wide in two paired lines. Planting spacing was 40 cm between rows and 20 cm between plants, at a planting depth of 10 cm. The management practices performed was the fertilization in the planting groove, phytosanitary control, drip irrigation and supporting plastic net.

The emergence was considered when 50% of the plants were visible above soil surface, the number of leaves was noted and the flowering (R2) was analyzed according to the scale of development of gladiolus proposed by Schwab et al. (2015). The flowering was recorded daily and the total length of the stem, the diameter, the length of the floral and the final florets number were measured. These measure was used for classify the floral stems produced according to the quality standard used in Brazil, the Veiling Holambra Standard (Veiling Holambra, 2019) for commercialization of floral stems.

Vernalization response function

For determine the effective vernalization days (VD) the first step is calculate the daily vernalization rate [fvn, (day⁻¹)]. Among the various functions that can describe the temperature response of biological processes, a beta function is most appropriate (Streck, 2002; Streck et al., 2003; Streck, 2003). Thus, for each vernalization treatment was calculated the fvn (day⁻¹) with a beta function (Streck & Schuh, 2005):

$$fvn = [2(T-T_b)^{\alpha}(T_{opt}-T_b)^{\alpha}-(T-T_b)^{2\alpha}]/(T_{opt}-T_b)^{2\alpha} \quad [1]$$

for $T_b \leq T \leq T_B$

$f_{vn} = 0$ for $T < T_b$ or $T > T_B$

$$\alpha = \ln 2 / \ln[(T_B - T_b) / (T_{opt} - T_b)] \quad [2]$$

The cardinal temperatures for vernalization, minimum, optimum and maximum are represented by T_b , T_{opt} and T_B , respectively. For gladiolus, the cardinal temperatures for vernalization were not found in the literature, so the same cardinal temperatures for lily vernalization used for Streck (2002) and Streck & Schuh (2005) were used in this work, being $T_b = -1.5^\circ\text{C}$, $T_{opt} = 5^\circ\text{C}$ and $T_B = 21^\circ\text{C}$. The beta function with the cardinal temperatures is represented in Figure 1. After determined the f_{vn} , the VD were calculated by:

$$VD = \Sigma f_{vn} \quad [3]$$

The response to VD can be described a sigmoidal curve and your behavior follows a consistent pattern (Streck , 2002). That way, Streck et al. (2003) explain that plants exposed to less 8 to 10 VD are similar to unvernallized plants and at 50 VD the plants are fully vernalized. The extent to which exposure to VD in increase, the time to flowering decreasing and for that reason, a flexible sigmoidal response function was used for lily (Streck, 2002), wheat (Streck et al., 2003) and onion (Streck, 2003): the MMF (Morgan – Mercer – Flodin) function (Morgan et al., 1975):

$$y = (ab + cX^n) / (b + X^n) \quad [4]$$

where Y is a variable dependent, a is the intercept when $X=0$, b is interpreted as $(X_{0.5})^n$, with $X_{0.5}$ being the value of X when Y is half of the maximum response, c is the asymptote as X approach the infinity, X is a variable independent and n is a shape coefficient (Streck, 2002). Thus, Streck (2002) proposed a generalized vernalization response function [f(VD)]:

$$f(VD) = (VD)^5 / [(22.5)^5 + (VD)^5] \quad [5]$$

where Y varies from 0 to 1 (with 0 corresponding to the response of unvernallized plants and 1 to the response of fully vernalized plants), X is VD, the coefficient $a = 0$, $c = 1$, $VD_{0.5}$ was assumed to be 22.5 and $n = 5$ was used to determine the shape of the function (Streck et al., 2003).

Thermal time for flowering

According to Streck (2002) measure the time from planting to flowering is a widely accepted approach to quantify the vernalization response, in thermal time or calendar time. For this reason, the dependent variable used was the PL-R2 duration, calculated in accumulated thermal time (TT, °C day). The accumulated thermal time from PL to R2 was calculated by the formula:

$$TT = \Sigma GDD \quad [6]$$

To determine the accumulated TT, first was calculated the daily growing degree days (GDD, °C day) through of the Method 3 (Streck et al., 2007):

$$GDD3 = (T_{\text{mean}} - T_b) \cdot 1 \text{ day} \quad [7]$$

when $T_b = T_{\text{mean}} = T_{\text{opt}}$ and

$$GDD3 = (T_{\text{opt}} - T_b) \cdot (T_B - T_{\text{mean}}) / (T_B - T_{\text{opt}}) \quad [8]$$

when $T_{\text{opt}} < T_{\text{mean}} = T_B$,

if $T_{\text{mean}} < T_b$ then $T_{\text{mean}} = T_b$ and

if $T_{\text{mean}} > T_B$ then $T_{\text{mean}} = T_B$

where T_b , T_{opt} and T_B are the cardinal temperatures of gladiolus developmental (minimum, optimum and maximum) and T_{mean} is the daily mean temperature. The cardinal temperatures for sprouting phase are $T_b = 5^\circ\text{C}$, $T_{\text{opt}} = 25^\circ\text{C}$ e $T_B = 35^\circ\text{C}$; for the vegetative phase are $T_b = 2^\circ\text{C}$, $T_{\text{opt}} = 27^\circ\text{C}$ e $T_B = 45^\circ\text{C}$; and for the reproductive phase $T_b = 6^\circ\text{C}$, $T_{\text{opt}} = 25^\circ\text{C}$ and $T_B = 42^\circ\text{C}$ (UHLMANN et al., 2017). The daily mean air temperature was calculated with daily data on minimum and maximum air temperature during the field experiment. These data were collected weekly at the UFSM Main Weather Station.

The accumulated thermal time data for the PL-R2 phase each vernalization treatment and cultivars were normalized by:

$$ND = (D_{\text{uv}} - D_{\text{vn}}) / (D_{\text{uv}} - D_{\text{fv}}) \quad [9]$$

where ND is normalized duration from PL to R2 in accumulated TT, the duration from PL to R2 of unvernallized plants in accumulated TT is D_{uv} , the duration from PL to R2 of fully

vernalized plants in accumulated TT is D_{fv} and the duration from PL to R2 in accumulated TT for a given treatment is D_{vn} (Streck & Schuh, 2005). This normalization was necessary in order to obtain a 0 to 1 response, where 0 represents the unvernized plants and 1 represents the fully vernalized plants. Then, the ND data found for each cultivar were compared with the $f(VD)$ predicted by equation (5).

Statistical analysis

The Root Mean Square Error (RMSE) was used as a measure of performance of equation (1). The RMSE between observed (ND) and simulated [$f(VD)$] was calculated:

$$RMSE = [\Sigma(Si-Oi)^2/n]^{0.5} \quad [10]$$

where S_i = simulated $f(VD)$ values, O_i = observed ND values and n = number of observations. The unit of RMSE is the same of S_i and O_i , that is, in this study it is unitless. Lower the RMSE, better the prediction.

3 Results and discussion

The values of daily mean air temperature during the experiment are plotted in Figure 2. A dashed line has been plotted in Figure 2, so the periods below T_B can be easily identified. It is possible to observe that during the field experiment the plants were not exposed to vernalizing temperatures, most of the period being exposed to temperatures above the T_B considered in this study (21°C). Except in small periods that temperature dropped at 19 to 20°C , but which did not exceed 4 consecutive days. But, these few days are irrelevant.

The treatments used, the associated VD and the thermal time accumulated for each vernalization treatment are presented in Table 1. In practice, all treatments have reached the flowering, inclusive the treatment of 20°C that corresponds to unvernized plants. In this case, the plants of treatment of 20°C bloomed even with that have a 6.84 VD (less than 7 VD). Theoretically, plants with values less than 7 VD should be not vernalized (no flower formation) and plants with values greater than 50 VD are fully vernalized (Streck, 2002). In lily, the plants are unvernized at values less than 8 VD and fully vernalized at values greater than 40 VD (Streck & Schuh, 2005). Even if the model proposed by Streck (2002) has predicted this compartment also to gladiolus, the observed data show that gladiolus plants didn't respond equally to lily.

The Figure 3 show the vernalization response observed and the $f(VD)$ predicted. For gladiolus, this model doesn't describe well the vernalization for both cultivars. How much more close the points are to the continuous line better is the model prediction, but in this study, the points do not follow this behavior. Several observed points at intermediate VD values occurred, therefore, implying in a high RMSE. The RMSE of the estimate for 'Jester' was 0.285 and for 'White G.' was 0.520. The low model performance can be directly related to factors intrinsic to gladiolus and some observations can help to better understand this result.

The main effect of vernalization for certain plant species is a reduction of the duration of the leaf primordial production as the number of leaves is how plants delay development, thus the final leaf number is reduced (Robertson, Brooking & Ritchie, 1996; Wang et al., 1995). But, in this study, the final leaf number of gladiolus was didn't have much influenced by the vernalization treatments (Table 2). The final leaves number vary from 8 to 10 leaves for 'Jester' and 'White G.' cultivars. Gladiolus has, generally, 8 to 9 leaves (Shillo & Halevy, 1975). Because that, this difference of one or two leaves is very small, so it cannot be said that this was due to the vernalization treatments. The effect in number of leaves due to vernalization was related for others species such as wheat (Alberto et al., 2009) and garlic (Lopes et al., 2016).

In Figure 4 is plotted the cycle duration until the flowering in degree days for both cultivars, showing the specific duration for each phase: sprouting phase (PL-VE), vegetative phase (VE-R1) and reproductive phase (R1-R2). The vernalization treatments result in any substantial reduction in cycle duration for some treatments. The shortest thermal time accumulated of 'Jester' cultivar occurred in the treatment $0.5^{\circ}\text{C}/2$ weeks (1539.44°C days), $0.5^{\circ}\text{C}/4$ weeks (1552.54°C days) and 20°C (1564.84°C days) (Table 1 and Figure 4). For 'White G.', the shortest thermal time accumulated was of 1631.89°C days for $0.5^{\circ}\text{C}/2$ weeks and $10^{\circ}\text{C}/2$ weeks. Contrary, the longest thermal time accumulated it happened to $5^{\circ}\text{C}/4$ weeks (2051.11°C days) and $10^{\circ}\text{C}/6$ weeks (2051.28°C days) for 'Jester'. For 'White G.' it happened to $0.5^{\circ}\text{C}/8$ weeks (1826.98°C days) and $5^{\circ}\text{C}/10$ weeks (1928.86°C days). That way the earliest flowering dates has been checked for 20°C , $0.5^{\circ}\text{C}/2$ weeks and $0.5^{\circ}\text{C}/4$ weeks in the first half of January/2019 and the latest has been verified to $5^{\circ}\text{C}/4$ weeks, $5^{\circ}\text{C}/8$ weeks and $10^{\circ}\text{C}/6$ weeks in the first half of February/2019 (Table 2).

It is possible to verify the variation of the total cycle duration (PL-R2) as the vernalization treatment vary and this variation may be mainly related to the duration of sprouting phase, especially for 'Jester' cultivar (Figure 4). What else may have influenced the

increase in duration of sprouting phase is the quality of corm lot used in this study and the storage temperatures. It is possible that the corms were not well sprouted, i. e., corm with the bud formed (unhealed). The corms that were exposed earlier to vernalizing temperatures (10 and 8 weeks treatments) had not yet visible bud and those that were exposed later (2 and 4 weeks) longer exposed to 20°C, had buds formed.

Another factor that may have influenced the delay in emergence is the corms dormancy. The temperatures during the corms formation, in summer, may have influenced the level of dormancy. Corms of the summer crop are more dormant when harvested than those of the winter crop (Ginzburg, 1973; Apte, 1962). After the harvest, the gladiolus corms are dormant for several months and this may vary with the cultivar. The variation in temperature during the corm development may be affecting later the corm response (Shillo & Shimchon, 1973). The previous period to the vernalization treatment (started in August), where the corms were stored at 20°C from May to August (around 98 days), may be contributed to overcoming dormancy and vernalization. González et al. (1998) also tested the cold treatment for *Gladiolus tristis* and concluded that one of the temperatures used to storing the corms (18 - 25°C) might have been sufficient to break of dormancy.

During this period the storage conditions contributed for the vernalization, if we consider that the upper basal temperature (T_B) of gladiolus vernalization is similar to the others species bulbous such as *Lilium longiflorum* (Streck, 2002; Streck & Shuh, 2005) and *Iris x hollandica* (Elphistone, Rees & Atherton, 1990) (with $T_B = 21^\circ\text{C}$ and $T_B = 27^\circ\text{C}$, respectively). In view of this, the prolonged exposition at 20°C provide a daily vernalization rate of $0,10 \text{ day}^{-1}$ that influenced the vernalization treatment, because the vernalization of corms occurs even slowly.

In Figure 5 are plotted the flowering percentage according to vernalization treatments. No treatment had 100% of flowering and this result may be considered very low. For the treatment of 20°C, the flowering occurs in 48% ('Jester') and 64% ('White G.') of plants (Figure 5). The lowest flowering percentage for 'Jester' was 10°C/6 weeks and 5°C/8 and 10 weeks (all with 31%), for 'White G.' the lowest percentage was 5°C/6 and 8 weeks (both with 23%). The bigger flowering percentage was of 85% for 10°C/10 weeks ('Jester'), for 0.5°C/2 weeks ('White G.') and 10°C/2 weeks. The low percentage of flowering occurred because part of the plants died and others had their development delayed, not flowering until the end of the data collection. The florets number in the floral stem varied from 16 to 20 florets for

‘Jester’ and from 17 to 18 florets for ‘White G.’ (Table 2). This effect may be intrinsic to the genetics of cultivars. There was no morphological distinction in leaves or floral stems.

Generally, all treatments flowering but not all produced floral stems within the quality standards required by the market (Figure 6). The floral stems of ‘Jester’ cultivar that had their vernalized corms during 8 weeks in temperatures of 0.5°C and 10°C were not classified able for commercialization because the floral stems produced were less than the minimum required length (75 cm). The same occur for the floral stems of ‘White Goddess’ cultivar that had their corms vernalized at 5°C/4 and 10 weeks. In others vernalization treatments, all the floral stems produced were able for commercialization, most of them were used as *Class 75*, for both ‘Jester’ and ‘White Goddess’. With the exception of the floral stems that had their vernalized corms at 0.5°C/2 and 6 weeks for ‘Jester’ cultivar and 10°C/2 weeks for ‘Jester’ and ‘White Goddess’ cultivars, that were classified as *Class 90*.

From this study, it is not possible to confirm the exact need for vernalization of the gladiolus corms, so the results were inconclusive. Further studies on gladiolus vernalization are suggested. Among the factors that may influence the results found in this study are i) quality of corms, ii) break dormancy, iii) cardinal temperatures of vernalization. A first and important step would be the determination of cardinal temperatures of vernalization for gladiolus. The cardinal temperature for vernalization used in this study (same of lily), that although not legitimate of the gladiolus, can approach since both species have the same center of origin (Halevy, 1990). But, still, the knowledge of the vernalization response is very important for construct a vernalization response model (Yeh, Atherton & Craigon, 1997) and describes the cardinal temperature for vernalization in gladiolus is crucial to that. Thus, the response of gladiolus to vernalization, in the future, can be better accounted for the vernalization response function proposed by Streck (2002).

4 Conclusions

In this study, the observed results obtained did not allow a good simulation with the nonlinear vernalization response function proposed by Streck (2002). Gladiolus plants were vernalized in all values of VD. For better evaluate the vernalization response model proposed, is very important determine the cardinal temperatures of vernalization for gladiolus.

5 Acknowledgment

Thanks PhenoGlad team, especially Darlan Scapini Balest, Paola Ana Buffon, Paulo Marcks and Veronica Fuzer Guarienti for all help during the conduction of field experiments. Thanks also to the teacher Auri Brackmann for lending the cold chambers and your oriented Suele Fernanda Prediger Schmidt for all help with the controlling the temperature during the cold storage of the corms.

6 References.

- Ahmad, T., Ahmad, I. & Qasin, M. (2008). Present status and future prospects of gladiolus cultivation in Punjab, Pakistan. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, v.5, n.3, p.227-238.
- Alberto, C. M., Streck, N. A., Walter, L. C., Rosa, H. T., Brackmann, A., Oliveira, F. B., Zanon, A. J. & Fagundes, L. K. (2009). Resposta à vernalização de cultivares brasileiras de trigo. *Bragantia*, v.68, n.2, p.535-543. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000200029>
- Apte, S. S. (1962). *Dormancy and sprouting in gladiolus*. The State Agricultural University, Wageningen, Netherlands.
- Castro, P. R. C., Minami, K., Gil, C. M. & Demétrio, C. G. B. (1979). Efeitos da vernalização e de fitorreguladores no desenvolvimento de *Gladiolus x grandiflorus*. Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”, v.35.
- Cave, R.L., Hammer, G. L., McLean, G., Birch, C. J., Erwin, J. E. & Johnston, M. E. (2013). Modelling temperature, photoperiod and vernalisation responses of *Brunonia australis* (Goodeniaceae) and *Calandrinia* sp. (Portulacaceae) to predict flowering time. *Annals of Botany*, v.111, p.629–639. doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mct028>
- Dole, J. M. (2003). Research approaches for determining cold requirements for forcing and flowering of geophytes. *HortScience*, v.38, n.3, p.341-346. doi: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.3.341>
- Elphinstone, E. D., Rees, A. R. & Atherton, J. G. (1990). Temperature and development in *Iris x hollandica* during pre-planting storage. II. Floral initiation. *Journal of Horticultural Science*, v.65, n.2, p.185-192. doi: 10.1080/00221589.1990.11516045
- Fukuda, M., Yanai, Y., Nakano, Y. & Higashide, T. (2017). Differences in vernalisation responses in onion cultivars. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. doi: <https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1372111>
- Ginzburg, C. (1973). Hormonal regulation of cormel dormancy in *Gladiolus grandiflorus*. *Journal of Experimental Botany*, v.24, n.80, p.558-566.

- González, A., Bañón, S., Fernández, J. A., Franco, J. A., Casas, J. L. & Ochoa, J. (1998). Flowering responses of *Gladiolus tristis* (L.) after exposing corms to cold treatment. *Scientia Horticulturae*, v.74, p.279-284.
- Halevy, A. H. (1990). Recent advances in control of flowering and growth habit of geophytes. *Acta Horticulturae*, v.266.
- Junqueira, A. H. & Peetz, M. da S. (2018). Sustainability in Brazilian floriculture: introductory notes to a systemic approach. *Ornamental Horticulture*, v.24, n.2, p.155-162. doi: 10.14295/oh.v24i2.1253
- Lopes, W. A. R., Negreiros, M. Z., Resende, F. V., Lucena, R. M. R., Soares, A. M., Silva, O. M. P. & Medeiros, J. F. (2016). Produção de alho submetido a períodos de vernalização e épocas de plantio em região de clima semiárido. *Horticultura Brasileira*, v.34, p.249-256.
- Robertson, M. J., Brooking, I. R. & Ritchie, J. T. (1996). Temperature response of vernalization in Wheat: modeling the effect on the final number of mainstem leaves. *Annals of Botany*, v.78, p.371-381.
- Schwab, N. T. et al. (2015). A phenological scale for the development of *Gladiolus*. *Annals of Applied Biology*, p. 496-507.
- Shillo, R. & Halevy, A. H. (1975). Winter blindness of gladiolus: interaction of light and temperature. *Acta Horticulturae*, v.47, p.277-285.
- Shillo, R. & Simchon, S. (1973). Effect of water content and storage temperature of gladiolus corms on flowering. *Scientia Horticulturae*, v.1, p.57-62.
- Streck, N.A. (2002). A generalized vernalization response function for lily (*Lilium spp.*). *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.10, p.221-228.
- Streck, N.A. (2003). A vernalization model in onion (*Allium cepa* L.). *Revista Brasileira de Agrociência*, v.10, p.99-105. doi: HTTP://DX.DOI.ORG/10.18539/CAST.V9I2.520
- Streck, N. A., Weiss, A. & Baenziger, P. S. (2003). Improving predictions of developmental stages in winter wheat. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.115, n.3-4, p.139-150. doi: https://doi.org/10.1016/S0168-1923(02)00228-9
- Streck, N.A. et al. (2003b). A generalized vernalization response function for winter wheat. *Agronomy Journal*, v.95, p.155-159. doi: 10.2134/agronj2003.1550
- Streck, N. A. & Schuh, M. (2005). Simulating the vernalization response of the “Snow Queen” Lily (*Lilium longiflorum* Thunb.). *Scientia agricola*, v.62, n.2, p.117-121. doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000200004
- Streck, N. A., Paula, F. L. M. de, Bisognin, D. A., Heldwein, A. B. and Dellai, J. (2007). Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agricultural and Forest Meteorology*, v.142, p.1-11. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.09.012

Thakur, T.; Dhatt, K. K. & Ahmed, S. (2015). Effect of planting time on growth and flowering of Gladiolus. *International Journal of Current Research and Academic Review*, v.3, n.5, p.145-152.

Veiling Holambra (2019). Critérios de classificação: Gladiolo de Corte. Available in: <http://veiling.com.br/uploads/padrao/gladiolo-fc.pdf>.

Wang, S. Y., Ward, R. W., Ritchie, J. T., Fischer, R. A. & Schulthess, U. (1995). Vernalization in wheat. I. A model based on the interchangeability of plant age and vernalization duration. *Field Crops Research*, v.41, p.91-100.

Yan, W. & Hunt, L. A. (1999). Reanalyzes of vernalization data of wheat and carrot. *Annals of Botany*, v.84, p.615-619. doi: <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0956>

Yeh, D. M., Atherton, J. G. & Craigon, J. (1997). Manipulation of flowering in cineraria. III. Cardinal temperatures and thermal times for vernalization. *Journal of Horticultural Science*, v.72, n.3, p.379-387. doi: <https://doi.org/10.1080/14620316.1997.11515525>

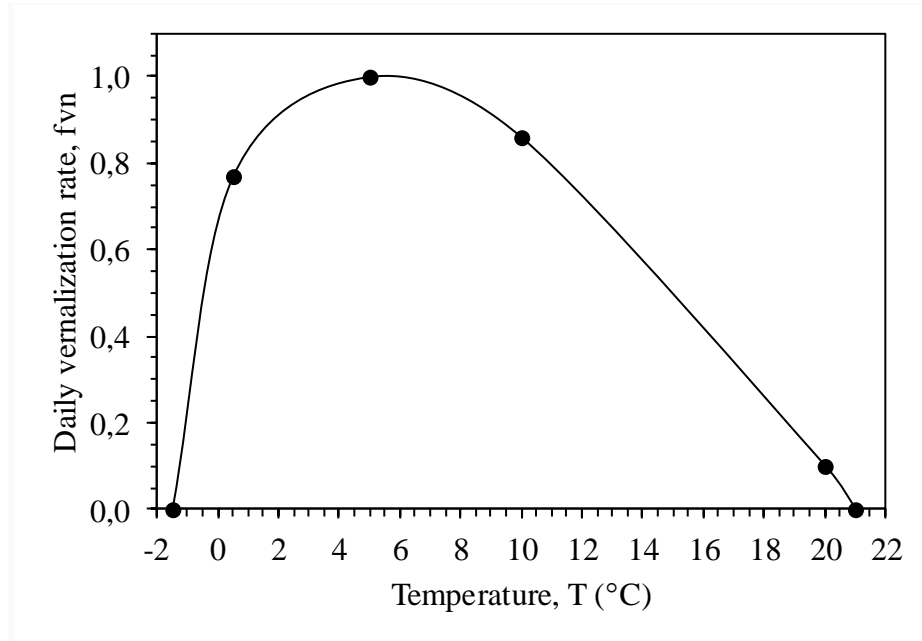


Figure 1. Response of the beta function with the cardinal temperatures for vernalization used by Streck and Schuh (2005) for lily for calculate the daily vernalization rate (f_{vn}) for different treatments.

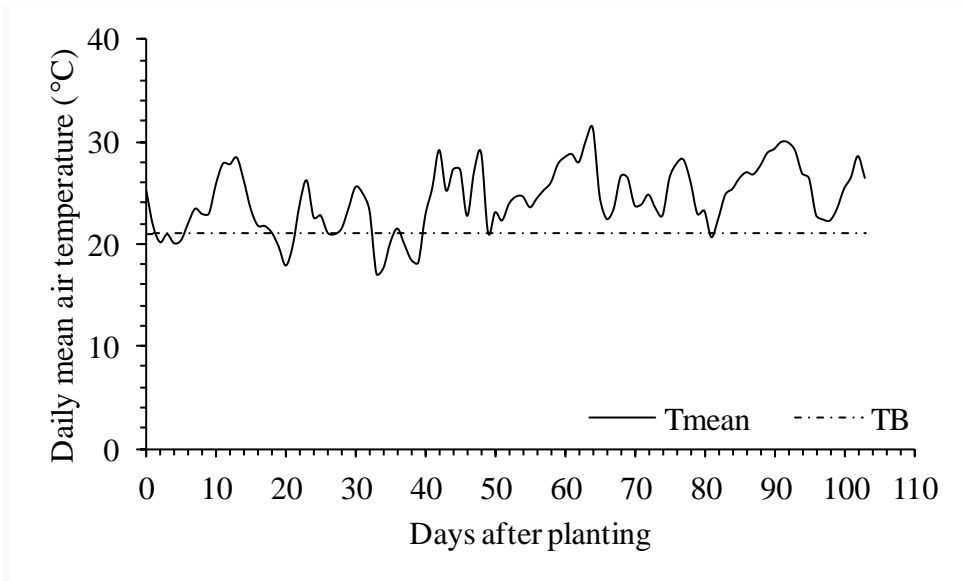


Figure 2. Daily mean air temperature throughout the gladiolus growing season in this study in Santa Maria – RS, Brazil.

Table 1. Vernalization treatments, associated effective vernalization days and thermal time accumulated from planting to flowering (R2 stage) for ‘Jester’ and ‘White Goddess’ gladiolus cultivars.

Treatments		Effective vernalization days (VD)	Thermal time accumulated (°C days)	
Temperature	Weeks		Jester	White G.
0.5°C	2	10.75	1539.44	1631.89
0.5°C	4	21.49	1552.54	1646.54
0.5°C	6	32.24	1693.89	1670.14
0.5°C	8	42.99	1767.83	1826.98
0.5°C	10	53.73	1670.49	1804.28
5°C	2	14.00	1732.58	1712.89
5°C	4	28.00	2051.11	1820.33
5°C	6	42.00	1939.56	1783.98
5°C	8	56.00	1942.14	1805.28
5°C	10	70.00	1822.33	1928.86
10°C	2	12.03	1648.44	1631.89
10°C	4	24.06	1805.33	1821.33
10°C	6	36.09	2051.28	1805.33
10°C	8	48.12	1816.33	1722.54
10°C	10	60.15	1785.98	1738.09
20°C	10	6.84	1564.84	1719.49

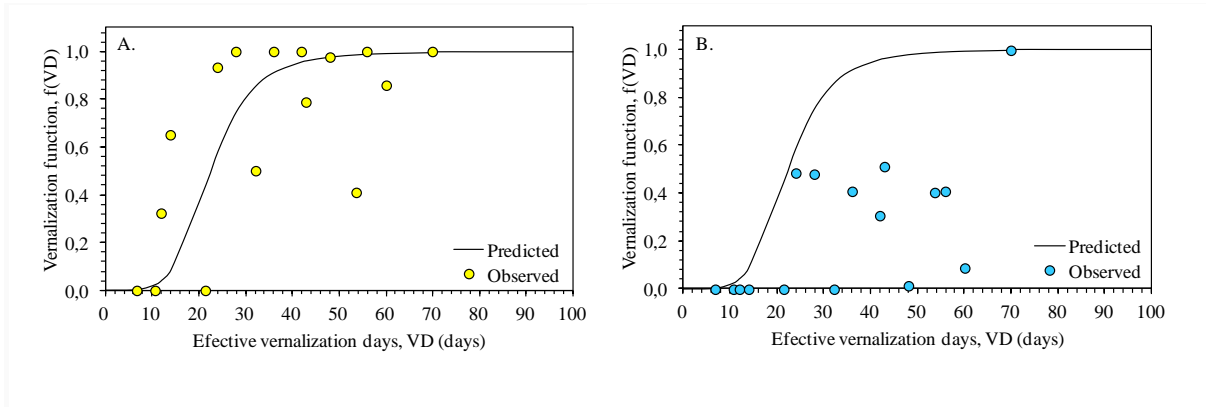


Figure 3. Observed vernalization response of ‘Jester’ (A) and ‘White Goddess’ (B) gladiolus and the $f(VD)$ predicted with the response function proposed by Streck (2002). The line continue represent the $f(VD)$ and the points represent the VD for each cultivar.

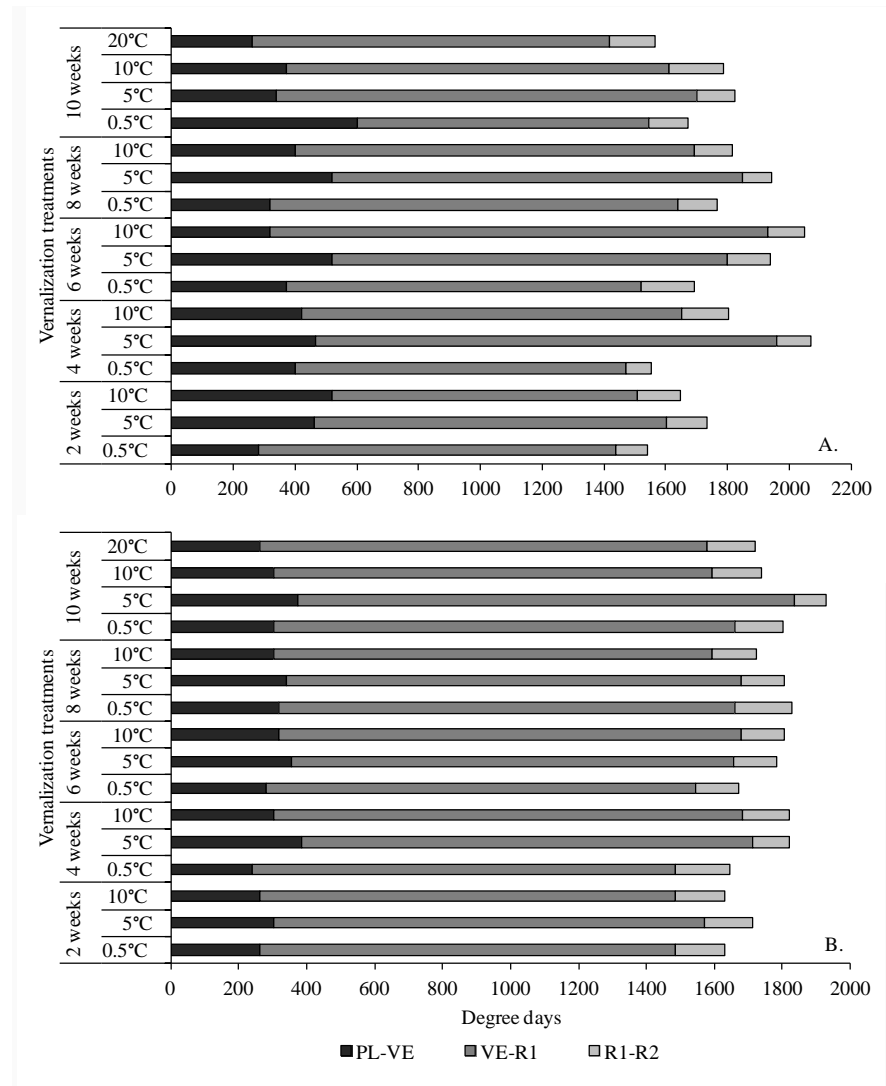


Figure 4. Cycle duration in degree days (°C days) of 'Jester' (A) and 'White Goddess' (B) gladiolus for each vernalization treatment.

Table 2. Final leaf number, flowering date and final florets number for ‘Jester’ and ‘White Goddess’ gladiolus cultivars in the Summer/2019 for the vernalization treatments.

Time	Cultivar	Vernalization temperature											
		Final leaf number				Flowering Date				Final florets number			
		0.5°C	5°C	10°C	20°C	0.5°C	5°C	10°C	20°C	0.5°C	5°C	10°C	20°C
2 weeks	Jester	10	10	9	-	13/01	23/01	20/01	-	20	16	16	-
	White G.	9	8	10	-	18/01	21/01	18/01	-	18	18	18	-
4 weeks	Jester	9	9	10	-	14/01	06/02	27/01	-	18	17	18	-
	White G.	9	9	9	-	19/01	27/01	27/01	-	18	18	17	-
6 weeks	Jester	10	10	9	-	22/01	03/02	06/02	-	17	17	16	-
	White G.	9	10	10	-	20/01	25/01	26/01	-	17	18	18	-
8 weeks	Jester	10	10	10	-	24/01	02/02	29/01	-	16	17	18	-
	White G.	9	10	10	-	28/01	26/01	22/01	-	18	17	17	-
10 weeks	Jester	10	10	10	9	21/01	26/01	26/01	15/01	19	17	17	17
	White G.	9	10	10	9	26/01	01/02	23/01	13/01	17	18	18	17

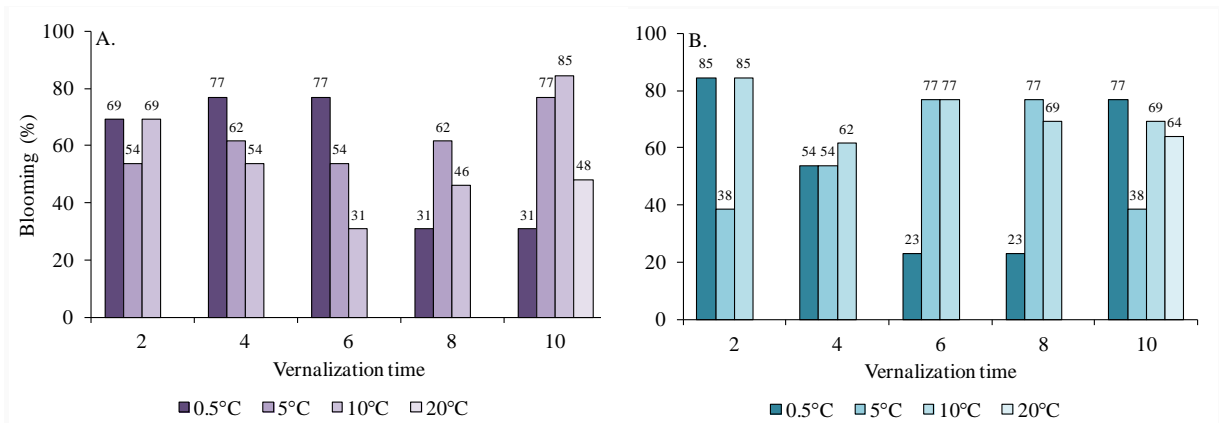


Figure 5. Flowering percentage of 'Jester' (A) and 'White Goddess' (B) gladiolus for each vernalization treatment.

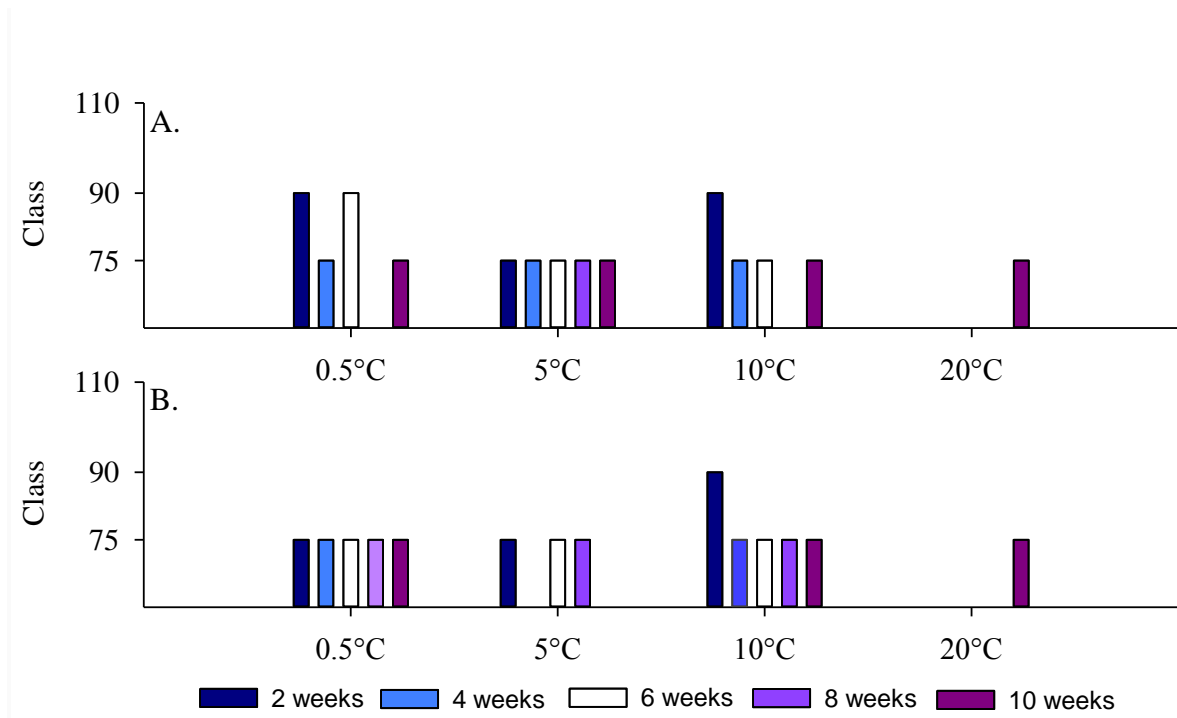


Figure 6. Quality standard of floral stems of 'Jester' (A) and 'White Goddess' (B) gladiolus cultivars according to Veiling Holambra for each vernalization treatment.

5 ARTIGO III

How do the sprouting levels and planting depth affect harvest point date of gladiolus?³

³ Artigo científico organizado nas normas do periódico “Scientia Horticulturae”.

How do the sprouting stage and planting depth affect the harvest point date of Gladiolus?

Abstract

PhenoGlad Model is a mathematical model for gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) with an error in simulating the R-stages when run starting from planting date and, this error can be associated with the emergence speed of plants. However, many factors are involved in the emergence process. Because that, the effect of different sprouting stages and planting depths of gladiolus corms on the emergence rate and of its impact on the harvest point date, as well as the PhenoGlad Model performance with regard to these factors was evaluated. In three consecutive years (2016, 2017 and 2018) in Santa Maria - RS, Brazil, field experiments for testing the effect of sprouting stages (S1, S2.1, S2.3 and S2.3) and planting depths (5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm and 25 cm) of gladiolus corms (cv. Jester) were performed. The emergence date and the occurrence of phenological stages were noted and the PhenoGlad Model was run. The duration of developmental phases (PL-VE, VE-R2 and PL-R2) were calculated in days and in thermal time (°C day). The sprouting stages and planting depth have a influence in emergence speed and on flowering. A corm with a higher sprouting stage (S2.3) and planted at a shallow depth (5 cm) will emergence and flowering sooner than a corm with a smaller or no bud (S1) and planted at a deeper depth (25 cm). In relation at these factors, the PhenoGlad Model is overestimating the harvest point date of gladiolus.

Key Words: *Gladiolus x grandiflorus* Hort., sprouting phase, emergence, harvest point, PhenoGlad Model.

1 Introduction

In Brazilian agribusiness, floriculture is a growing sector but flower consumption is concentrated in special occasions, like Mother's Day, All Souls' Day and New's Year Eve (Junqueira & Peetz, 2017; 2018; Uhlmann et al., 2018). A cut flower very popular in these dates is gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.), specially because its robustness and magnificence (Tomiozzo et al., 2019). For producing floral stems aiming specific dates, the right time of planting for the harvest is the first most important moment in gladiolus cultivation. The PhenoGlad model is a practical tool for helping farmers in the decision of the optimum planting date as well as for management practices throughout the growing season (Uhlmann et al., 2017). The PhenoGlad Model is a mathematical model that simulates leaf appearance and phenology of gladiolus but the accuracy this model in simulate the developmental stages was lower when it was run from planting date compared to when it was run from emergence date (Uhlmann et al., 2017). As a result, there is a cumulative error throughout the simulation that impacts the estimation of harvest point.

A hypothesis is that the error in the simulation of harvest point by the PhenoGlad Model is that the rate of emergence during the sprouting phase (from planting to plant emergence) can be affected by sprouting stage of the corms and/or planting depth, which are not taken into account in the model (Uhlmann et al., 2017). Furthermore, a uniform emergence is very important for synchronizing flowering and these two factors can affect a uniform emergence of gladiolus plants during the sprouting phase (Schwab et al., 2015a).

In the literature, little information about the effect of sprouting stage of corms and planting depth is available for gladiolus. Therefore, studies relating these factors are important not only for the scientific community, but also for farmers who need to harvest and market their gladiolus spikes on a specific date. Thus, the objective of this study was to evaluate the

effect of different sprouting stages and planting depths of gladiolus corms on the emergence rate and of its impact on the harvest point date, as well as the PhenoGlad Model performance with regard to these factors.

2 Materials and Methods

2.1 Plant material

Commercial corms of *Gladiolus* previously treated and vernalized, were used. Was used the 'Jester' cultivar, intermediate II cycle, with florets of yellow and red color. This cultivar was chosen because it is widely grown by farmers in Brazil and has excellent acceptance by consumers.

2.2 Treatments

2.2.1 Sprouting stages

In order to test the effect of different sprouting stages the treatments were based on the stages of the sprouting phase of the corms according to the phenological scale proposed for the gladiolus by Schwab et al. (2015a), where:

- S1 stage (appearance of roots): roots start growing from root nodules at the base of the corm;

- S2.1 stage (first sheath): the first sheath that grew from the apex is visible at the top of the corm pushing up the husks;

- S2.2 stage (second sheath): sheath continues its growth through the husks and the second sheath is visible at the top of the corm;

- S2.3 stage (third sheath): third sheath is visible at the top of the corm.

Thus, four treatments were used: S1, S2.1, S2.2 and S2.3. The corms with different sprouting stages were previously prepared for planting, that is, those that were planted with a more advanced sprout stage (stage S2.2 and S2.3) were allowed to sprout at room temperature, while the corms of the others treatments were kept in a cold chamber at 0.5°C to delay sprouting. This early preparation was necessary for planting all treatments on the same day.

2.2.2 Planting depth

Five planting depths of the corms were tested: 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm e 25 cm. The planting depth at 10 cm was assumed as the standard depth and used in experiments for the PhenoGlad Model calibration (Uhlmann et al, 2017). The others planting depths were selected to have a range above and below the standard depth. All corms were at the S1 stage (Schwab et al., 2015a) at planting.

2.3 Field experiments

Field experiments were conducted in Santa Maria, RS, Brazil, during three years (2016, 2017 and 2018). The experiment design was a completely randomized block with four replications and each plot consisted of six plants. The planting dates (mm/dd/yyyy) for the sprouting stages experiment were: 10/08/2016 (October/16), 08/30/2017 (August/17) and 05/16/2018 (May/18). For the planting depth experiments the planting dates were: 08/08/2016 (August/16), 08/09/2017 (August/17) and 11/27/2018 (November/18).

The experiments were arranged in beds 17 m long and 1 m wide, where corms were planted in two paired lines 40 cm apart and 20 cm among plants. The agronomic practices performed in the experiments consisted of fertilization at planting according to chemical soil test, weed control, control of diseases and insects, drip irrigation, and supporting plastic net.

2.4 Plant and weather data collection in the field experiments

The emergence date of plants and the date of phenological stages were observed according to the development scale proposed by Schwab et al. (2015a). The emergence date was considered when at least 50% of the plants were visible above soil. In the vegetative phase, the number of leaves was counted, and on reaching the reproductive phase the date of occurrence of the stages R1 (spike tip first visible at the shoot whorl) and R2 (harvest point) was recorded daily. In R2, the total length of the stem, its diameter and the length of the spike (from the insertion of the first floret to the tip of the spike) were measured to classify the floral stems produced according to the quality standard used in Brazil (Veiling Holambra Standard). Daily data of minimum and maximum air temperature and soil temperature was collected weekly from an automated weather station located about 200 m from the experiments. Bare soil temperature data were measured at a depth of 10 cm at 00H UTC, 12H UTC and 18H UTC and averaged daily.

2.5 PhenoGlad Model

The PhenoGlad Model presented an average error of 6.5 days for simulating the R2 Stage when the simulation started on the planting date (Uhlmann et al., 2017). In order to compare the efficiency of the model in simulating the harvest point, for each experiment of sprouting stages and planting depth the PhenoGlad Model was run. Each run started on planting date up to the R2 stage (harvest point date). As a result, the date of occurrence of phenological stages and the cycle duration in days was noted.

2.6 Data and statistical analysis

The duration of the different developmental phases was calculated (PL-VE, VE-R2 and PL-R2) in days and in thermal time (TT, °C day). To determine the TT of each phase, the daily growing degree days (GDD, °C day) were calculated as (Streck et al., 2007):

$$\text{GDD} = (T_{\text{mean}} - T_b) \cdot 1 \text{ day}$$

when $T_b = T_{\text{mean}} = T_{\text{opt}}$ and

$$\text{GDD} = (T_{\text{opt}} - T_b) \cdot (T_B - T_{\text{mean}}) / (T_B - T_{\text{opt}})$$

when $T_{\text{opt}} < T_{\text{mean}} = T_B$,

if $T_{\text{mean}} < T_b$ then $T_{\text{mean}} = T_b$ and

if $T_{\text{mean}} > T_B$ then $T_{\text{mean}} = T_B$

where T_b , T_{opt} and T_B are the cardinal temperatures of gladiolus developmental and T_{mean} is the daily mean temperature, but the cardinal temperature are different for each developmental phase. In the sprouting phase, the cardinal temperatures are $T_b = 5^\circ\text{C}$, $T_{\text{opt}} = 25^\circ\text{C}$ e $T_B = 35^\circ\text{C}$ (Muttoni et al., 2017; Uhlmann et al., 2017); in the vegetative phase are $T_b = 2^\circ\text{C}$, $T_{\text{opt}} = 27^\circ\text{C}$ e $T_B = 45^\circ\text{C}$; and in the reproductive phase $T_b = 6^\circ\text{C}$, $T_{\text{opt}} = 25^\circ\text{C}$ and $T_B = 42^\circ\text{C}$ (Uhlmann et al., 2017). For the sprouting phase, soil temperature data were used, and for the other developmental phases, air temperature data were used.

After calculating the GDD, the thermal time was calculated as $\text{TT} = \Sigma\text{GDD}$, for each developmental phase and sub-phase and the total cycle, according with the phenological scale proposal for gladiolus by Schwab et al. (2015a): sprouting phase (PL-VE), vegetative phase (VE-R1) and reproductive phase (R1-R5), which, in this study, was evaluated up to R2 stage (sub-phase blooming (R1-R2)). Thus, the developmental phases studied were PL-VE, VE-R2 and PL-R2.

For the sprouting phase, in both treatments, the developmental rate was normalized and where then fitted using linear regression. The results for sprouting stages were analyzed

with the SAS program. Variance analysis and Tukey test ($p \leq 0.05$) were performed. For the planting depth, the results were analyzed by linear regression.

The values of the PL-VE, VE-R2 and PL-R2 observed and simulated with the PhenoGlad Model were evaluated with the statistics Root Mean Square Error (RMSE), BIAS index (Wallach, 2006) and index of agreement (dw) (Willmott, 1981). For a good model, low RMSE, close to zero BIAS and close to one dw are aimed (Uhlmann et al, 2017).

3 Results

3.1 Temperature conditions

The soil and air temperature during the sprouting phase for each planting date is show in Figure 1 for sprouting stages and in Figure 2 for plating depth experiments. Overall, the soil and air temperature differed among planting dates.

During the sprouting phase, the mean soil temperature was of 21°C, 20°C and 11°C for sprouting stages experiments (Figure 1A, C and E) and 16°C, 18°C and 28°C for planting depth experiments (Figure 2A, C and E) in the first, second and third planting dates, respectively.

The mean air temperature during the vegetative and reproductive phases for sprouting stages was of 19°C, 21°C and 25°C (Figure 1B, D and F) in the three planting dates. Mean while, for the planting depth experiments the mean air temperature in August/16 and August/17 ranged from 20 to 21°C and for the last planting date, in November/18, the average was 15°C (Figure 2B, D and F).

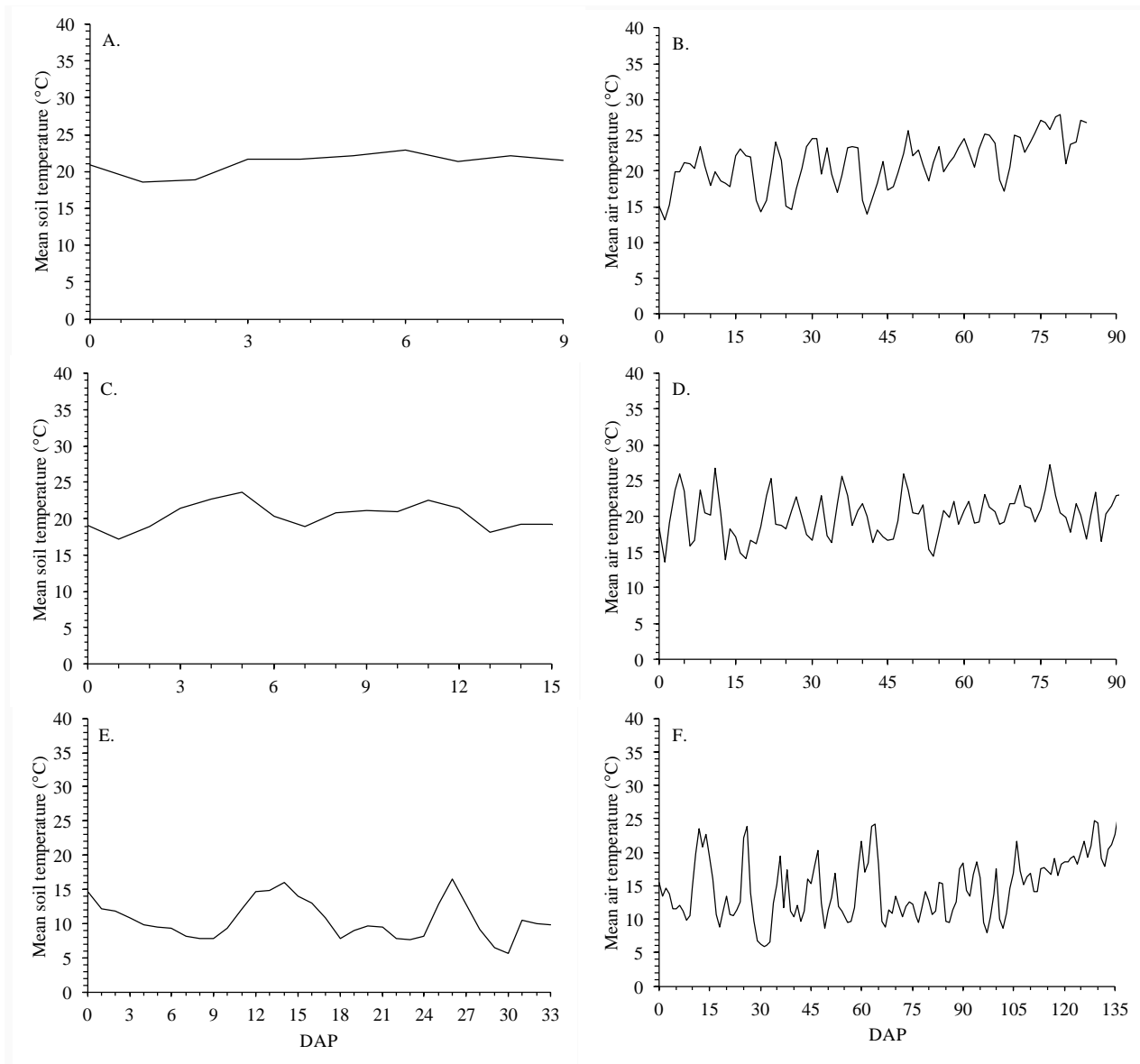


Figure 1 – Mean soil and air temperatures during the sprouting stages experiments for planting on 10/08/2016 (A, B), 08/30/2017 (C, D) and 05/16/2018 (E, F).

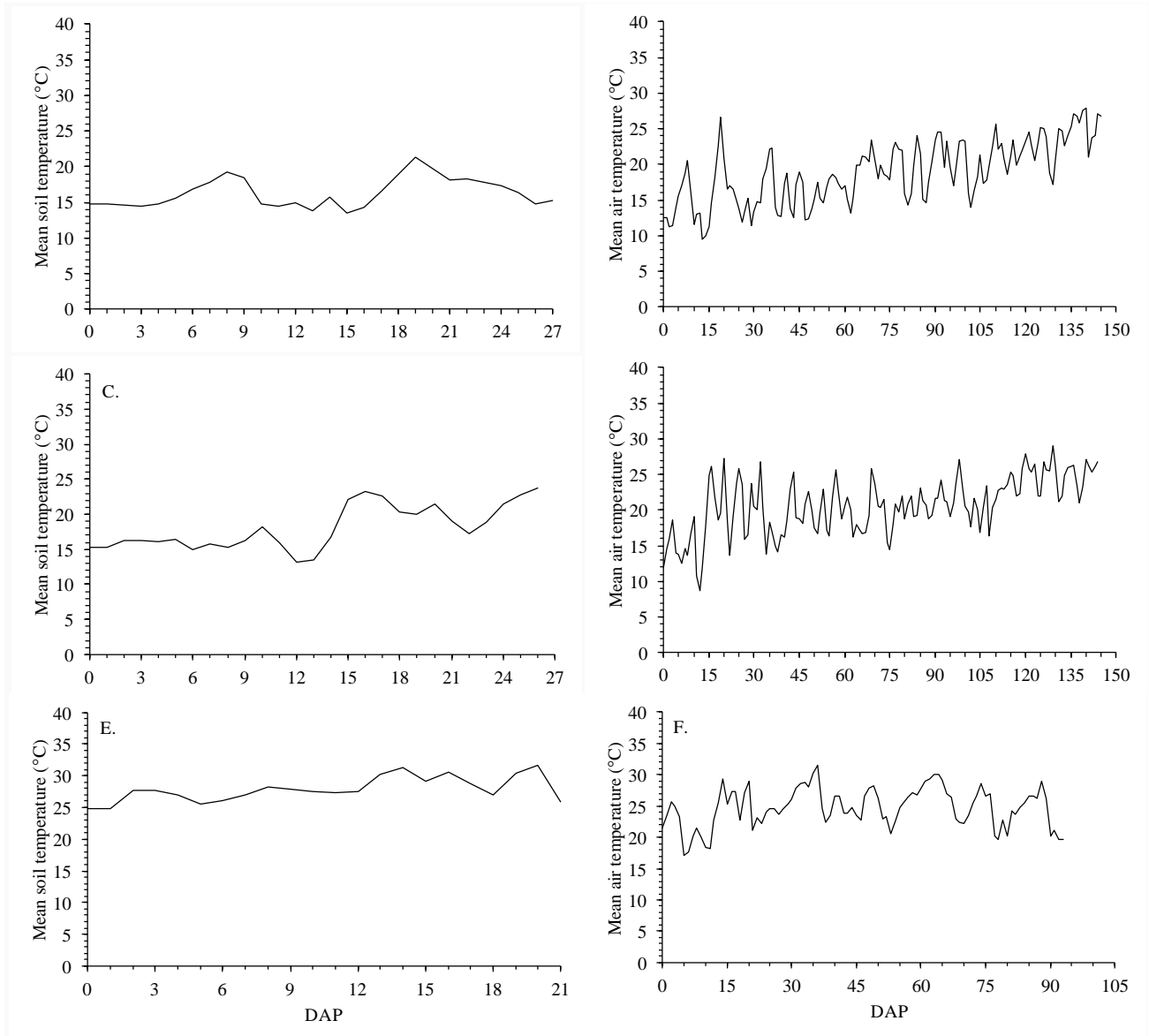


Figure 2 – Mean soil and air temperatures during the planting depth experiments for planting on 08/08/2016 (A, B), 08/09/2017 (C, D) and 11/27/2018 (E, F).

3.2 Duration of phenological phases

3.2.1 Sprouting stages

The duration of sprouting phase (PL-VE) varied according to planting date and sprouting stage (Figure 3). Both in TT (Figure 3A) as in days (Figure 3B), when compared the sprouting stage inside of each planting date, by the Tukey test, the S1 stage differed from the others stages when the planting date occur in October/17 and in May/18. In August/17 the S1

stage it was not analyzed. The TT of S1 stage did not differ between October/16 and May/17, but differ in days, with 9 and 30 days, respectively. In October/16 and August/17, for TT and days, the S2.1, S2.2 and S2.3 stages did not differ from each other.

When comparing planting dates, in TT (Figure 3A), the S2.1, S2.2 e S2.3 stages presented longer duration in August/17 differing from planting of the October/16 and May/18. While in days (Figure 3B), the PL-VE duration for August/17 ranged from 13 to 15 days and for May/18 ranged from 12 to 17 days, on the S2.3 and S2.1 stages, respectively, and did not differ from each other. But both differing of October/16, that presented the shortest duration.

The duration of VE-R2 phase in TT (Figure 3B) did not differ between sprouting stages in October/16, but differ in August/17 and May/18. In August/17, the TT ranged from 1126°C day on the S2.3 stage to 1183°C day on the S2.1 stage. In relation to May/18 planting, only the S1 stage differ of the others stages and, besides that the TT for the S1 stage was different between the October/16 and May/18. This difference occurs because, in Spring-Summer cultivation the TT was 124°C days shorter compared to Autumn-Winter. The S2.3 stage, the biggest bud, was statistically equal in three planting dates, by the Tukey test.

This difference found in VE-R2 duration in TT was not identified for days in none of planting dates, where no sprouting stage differed from each other, by the Tukey test (Figure 3D). In this phase, there was a significant difference only among for the planting dates. The May/18 differed of the others planting dates, for presenting the longest duration for all sprouting stages, approximately 101-103 days. And, for the October/16 and August/17 the VE-R2 duration, varies on average, of 62 to 67 days, respectively.

When calculated the total cycle (PL-R2) in TT (Figure 3E), there is a variation in TT from S2.3 stage to S1 stage. In August/17, the variation occurred among 1335°C day to 1429°C day on the S2.3 and S2.1 stages. Because that, a significant difference was identified between sprouting stages in this planting dates. Between planting dates, the second one

outperformed the others, with the longest duration PL-R2 in the three stages of sprouted corms (S2.1, S2.2 and S2.3).

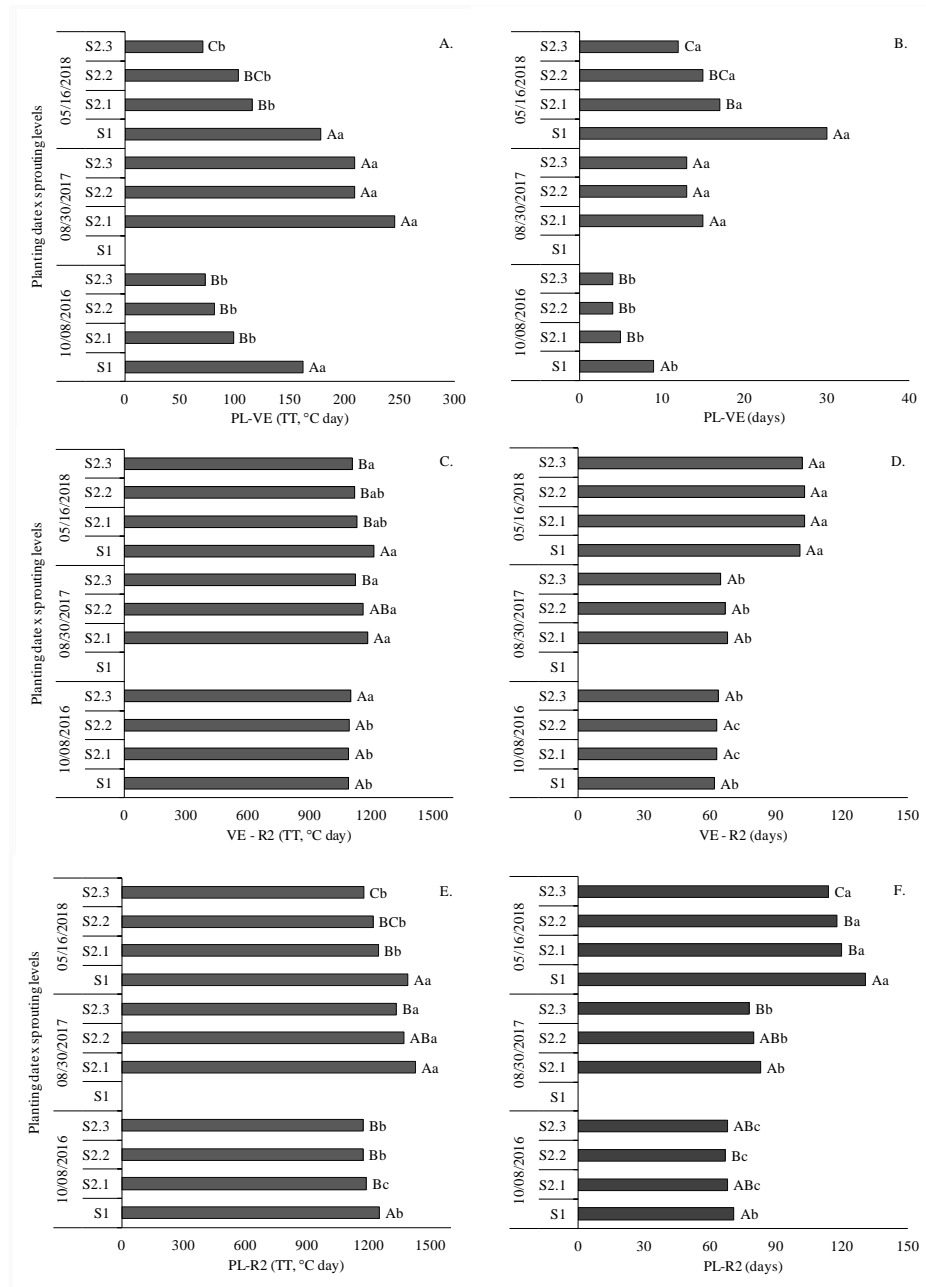


Figure 3 – Duration in thermal time (TT, °C day) of the PL-VE, VE-R2 and PL-R2 developmental phases (A, C and E) and in days (B, D and F), respectively, for the sprouting stages. Capital letters compare sprouting stage inside of each planting date and lowercase letters compare the planting date for each sprouting stage, for Tukey test, $p \leq 0.05$.

The total cycle in days (Figure 3F) also to presented difference between sprouting stages at different planting dates. The duration, in days, had a considerable increase in May/18 planting compared to the other planting dates. In which the duration was of 131, 120, 118 and 114 days on the S1, S2.1, S2.2 and S2.3 stages, respectively. That is, an increment of approximately 60, 52, 51 and 46 days on the S1, S2.1, S2.2 and S2.3 stages compared to October/16 and 40, 38 and 36 days on the S2.1, S2.2 and S2.3 stages compared to August/17, respectively.

3.2.2 Planting depth

The effect of planting depth in the duration of phases can be seen in Figures 4 and 5 with the lines of regression adjusted. The PL-VE duration in TT had a positive linear relation with the planting depths. When the plants were exposed to a planting depth of 5 cm, the PL-VE duration in TT ranged from 150°C day to 169°C day on the August/17 and August/16, respectively, and in November/18 this duration was of 166°C day. As planting depth increase, the PL-VE duration in TT also increase, as can be seen at the Figure 4A and B. The TT for the highest planting depth (25 cm) ranged from 227°C day for August/16 to 331°C day for November/18. When expressed in °C day the PL-VE had the sequence 25 cm > 20 cm > 15 cm > 10 cm > 5 cm in the three planting dates.

In days, this trend repeated itself (Figure 5). The PL-VE in days also to had a positive linear relation. The duration at this phase range was from 15 to 26 days for August/16, 13 to 25 days for August/17 and 9 to 21 days for November/18, on the 5 cm and 25 cm planting depth, respectively.

The VE-R2 phase, when analyzed in days (Figure 5C and D), the results indicate that the duration of this phase does not depend on the planting. In addition, the relation in days at this phase is negative, i. e., the VE-R2 duration decreases as the planting depth increases. In

TT (Figure 4C and D), the duration depends more on August than November and only on August the relation is negative, with a decrease (Figure 4C).

For the PL-R2 there was no significant relation with the planting depths at August plantings for °C day (Figure 4E) and days (Figure 5E). In November/18, the 25 cm planting depth didn't develop until R2 stage and because that, the PL-R2 duration at is planting date was considered only up to 20 cm, for days and TT. Which allowed a positive linear relation, by the regression (Figure 4D and 5D), in °C day and in day.

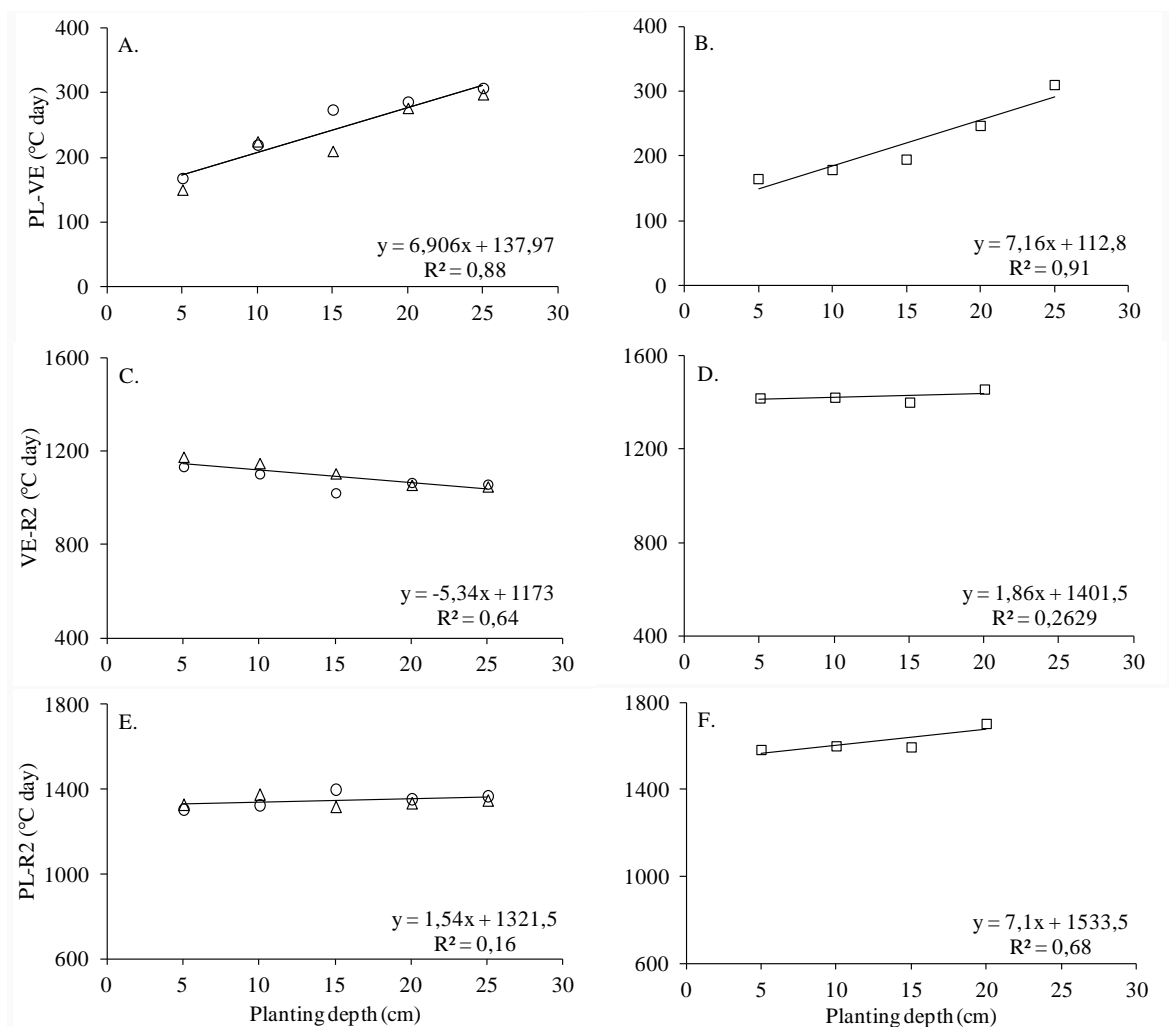


Figure 4 – Regression analysis for the duration of the PL-VE, VE-R2 and PL-R2 developmental phases, in thermal time (°C day) against planting depth for August/16 and August/17 (A, C, E) and for November/18 (B, D, F), respectively.

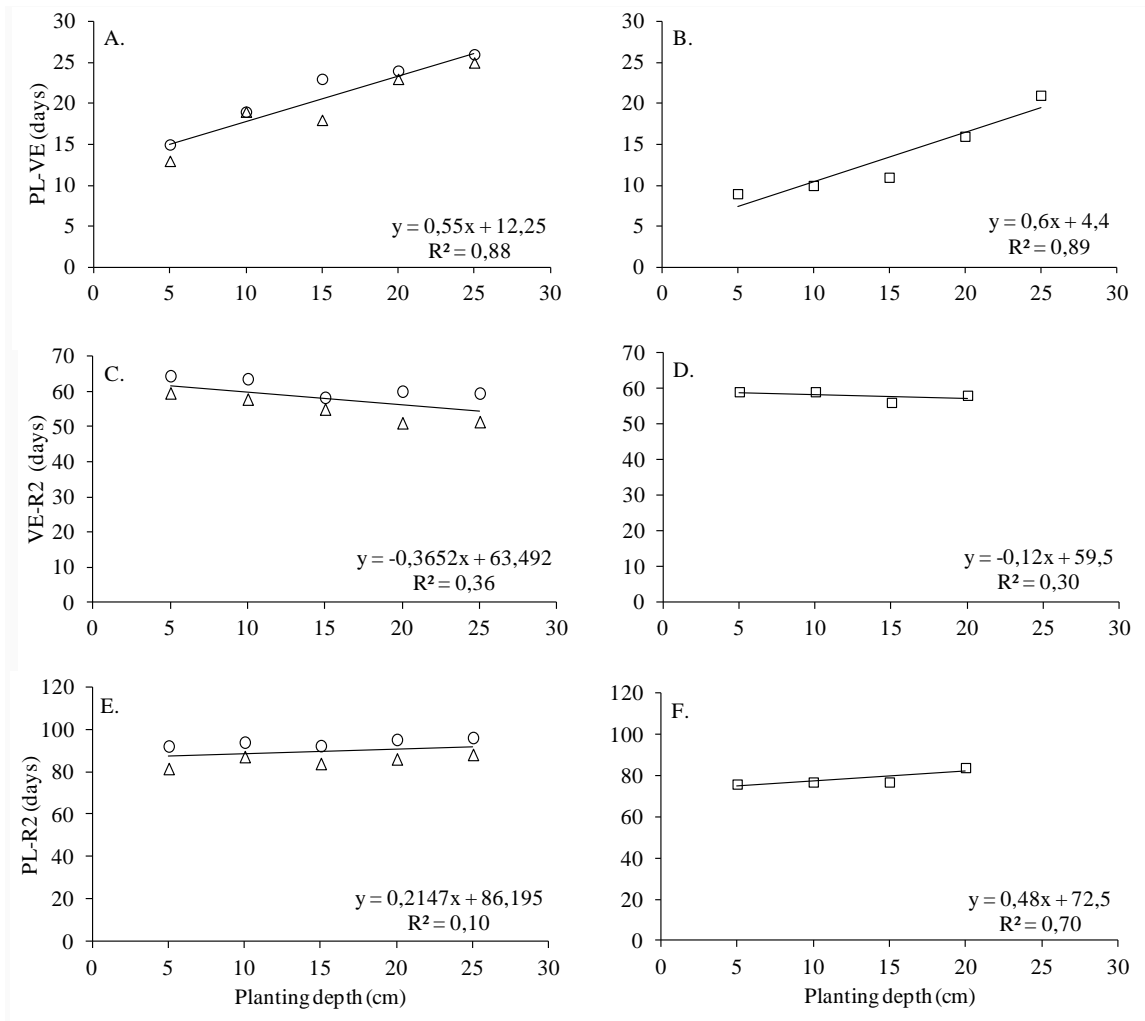


Figure 5 – Regression analysis for duration of the PL-VE, VE-R2 and PL-R2 developmental phases, in days against planting depth for August/16 and August/17 planting (A, C, E) and for November/18 (B, D, F), respectively.

3.3 Emergence speed for sprouting stages and planting depth

Mean emergence time for each treatment made it possible a good estimate of emergence speed. The Figure 6 shows the normalized rate for the sprouting stages (Figure 6A) and planting depth (Figure 6B).

The maximum emergence rate estimated for the sprouting stages was the S2.3 stage, with 1.54 and the minimum was the S1 stage, with 0.62. The normalized rate for S2.1 and S2.2 was of 1.0 and 1.19, respectively. The planting depth of 5 cm presented the highest

emergence rate and as the planting depth increased to 25 cm, the emergence rate decreased (from 1.30 to 0.68).

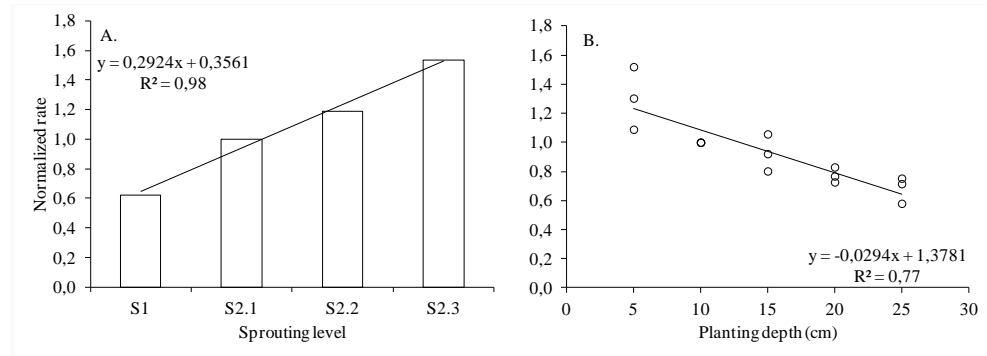


Figure 6 – Normalized rate of plant emergence during the sprouting phase (PL-VE) of gladiolus for the sprouting stages (A) and planting depth (B) treatments.

3.4 PhenoGlad model performance

The PL-VE, VE-R2 and PL-R2 phases observed and simulated with the PhenoGlad model are presented in Figure 7 and 8. For the sprouting stages, the largest RMSE for the PL-VE (Figure 7A) was 10.34 days and the others statistics was BIAS = 0.93 and $dw = 0.43$, this statistics demonstrate a bad performance of model in relation a S2.3 stage, for overestimating the result. The best sprouting stages performance of model was in relation at S1 stage, with the smallest RMSE (5.10 days), low BIAS (0.05) and good dw (0.90). When the PL-VE on the different planting depths (Figure 9B) was evaluated, the planting depth of 5 cm showed a bad performance of PhenoGlad Model in simulating this phase. However, for 10 cm, 15 cm and 20 cm planting depths, the model showed good performance with good statistics, where RMSE was 2.94, 2.16 and 2.38 days, BIAS was 0.17, 0.08 and -0.11 and dw was 0.87, 0.98 and 0.90, respectively.

When analyzing the VE-R2 phase (Figure 7C) for sprouting stages, the model showed a good performance for all stages. For planting depth (Figure 7D), the error it as much bigger

and how much more was the depth, higher the RMSE. The lowest RMSE was for 5 cm and the higher for 25 cm. In this order, the BIAS ranged from 0.17 to 0.36 and dw 0.35 to 0.31, respectively. These are bad statistics for model in this phase.

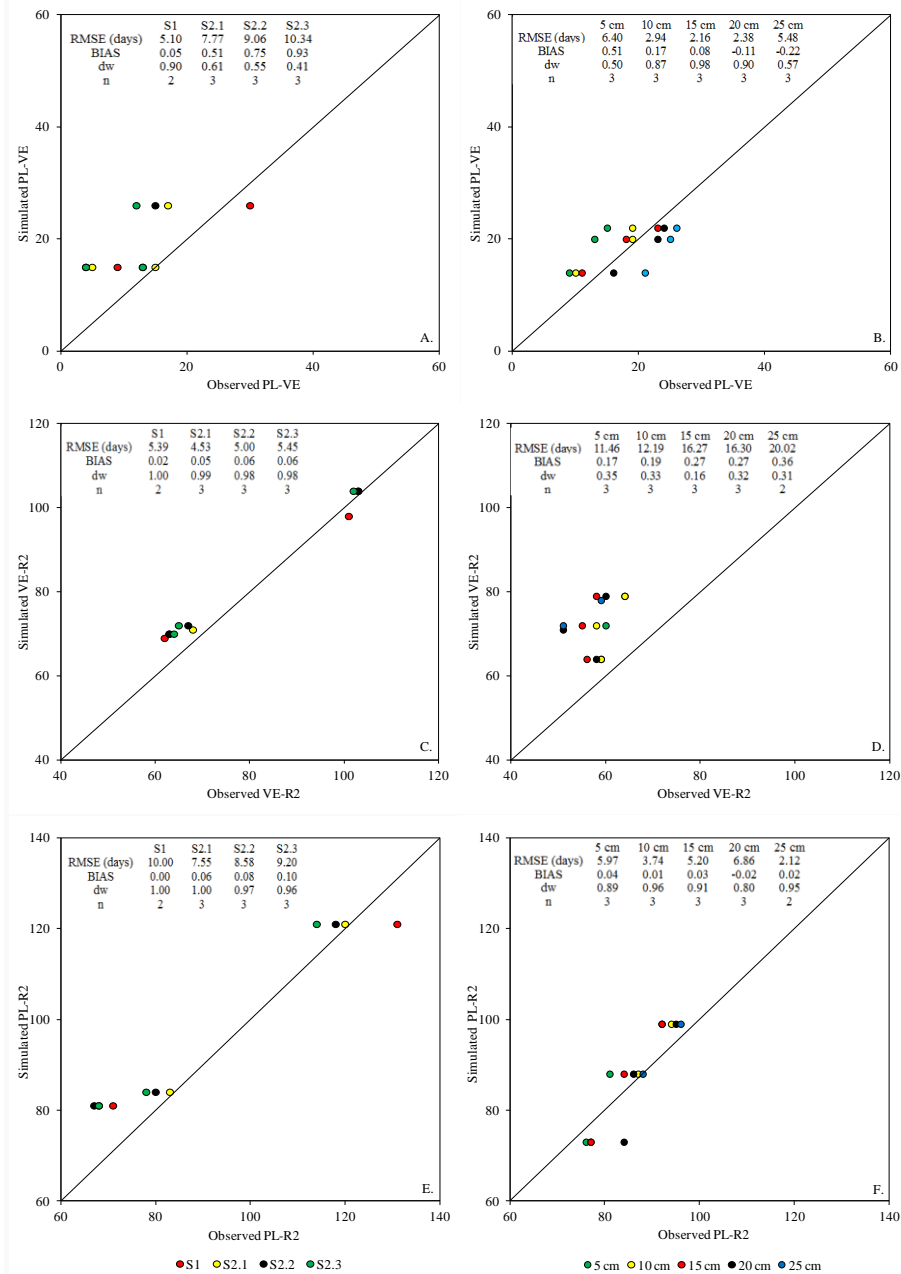


Figure 7 – The simulated versus observed PL-VE (panel A and B), the simulated versus observed VE-R2 (panel C and D) and PL-R2 (panel E and F, respectively) for gladiolus cultivar Jester in different sprouting stages (panel A, C and E) and planting depth (panel B, D and F). The simulated

was with the PhenoGlad Model. The solid line is the 1:1 line. RMSE = root mean square error; BIAS = BIAS index; dw = index of agreement; n = number of observations.

Comparing PL-R2 simulated and observed, the model presented good performance for both sprouting stages (Figure 7E) and planting depth (Figure 7F). Despite the high RMSE for the S1 stage, the others statistics were great. The lowest RMSE was for the S2.1 stage and also was good to BIAS and dw. For planting depth, the statistics was good too for 10 cm of planting depth. Good statistics were also found for 5 cm and 15 cm.

The Figure 8 show the duration in PL-R2 in days observed and simulated with the PhenoGlad model in planting dates of the sprouting stages and planting depths experiments. It is observed that the duration of PL-R2 phase simulated by model for October/16, August/17 and May/18 on the sprouting stages (Figure 8A) experiments was of 81, 84 and 121 days, respectively, and for August/16, August/17 and November/18 on the planting depths (Figure 8B) experiments was of 99, 88 and 73 days, respectively.

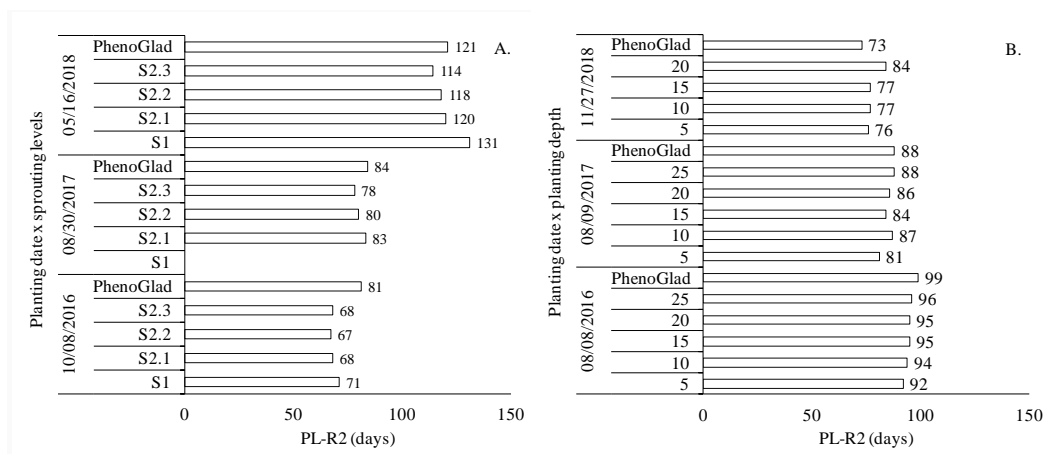


Figure 8 – Duration of the PL-R2 developmental phase of gladiolus for sprouting stages (A) and planting depth (B) observed and simulated with the PhenoGlad model, in days.

When analyzing each time individually, some particularities are perceived. The result simulated for PhenoGlad model for sprouting stage in May/18 and August/17 was closer to the observed field result of the S2.1 stage. Comparing with planting in October/16, the model result was well above the observed (10 to 13 days). When planted in August/16 for planting depth, the model simulated the occurrence of the harvest point date from 3 to 7 days after the field observation. While in August/17, the simulated was closer to that observed at depths 10 cm and 25 cm. Only in November/18 the model simulated the harvest point date 3 days before the observed at the earliest harvest (5 cm).

3.5 Quality standard of floral stems

The classification of the floral stems of gladiolus, according to the marketing standard used in Brazil, is in the Figure 9. When the floral stems was produced in different sprouting stages and planting dates, a difference in stems classification was identified (Figure 9A). In October/16, floral stems of all sprouting stages was classified *Class 90* and in August/17, *Class 75* (except for S1 stage, which was not studied at this planting date). On the last planting date (May/19), plants of all treatments produced floral stems above *Class 90* (S2.1 and S2.2 was classified *Class 110*).

For planting depth (Figure 9B), the floral stems produced at August/16 and August/17 was classified *Class 90*, for all depths. Just for November/18 the floral stems was classified *Class 75*, except for depth of 10 cm. At this depth, on the three planting dates, the stems was classified *Class 90*.

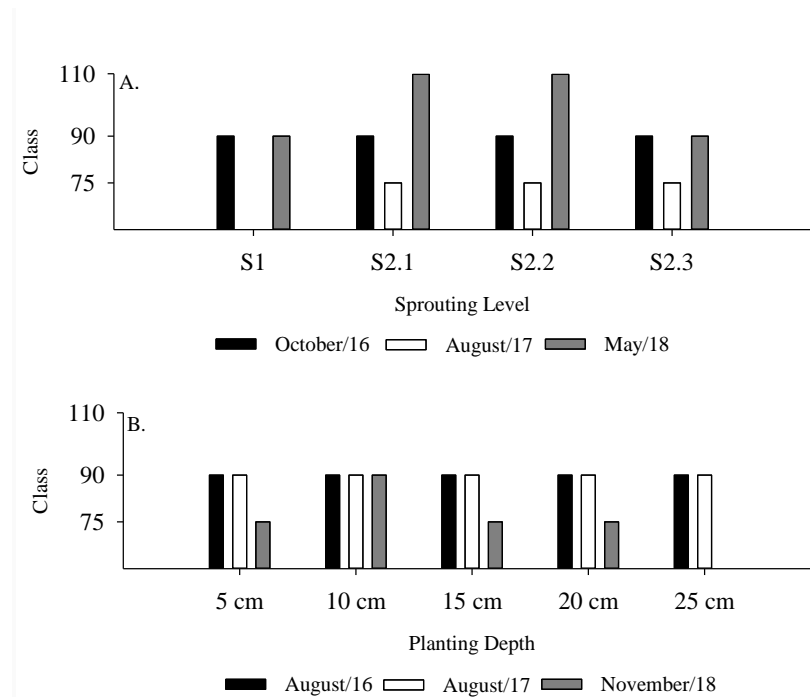


Figure 9 - Quality of floral stems of gladiolus as a function of sprouting stages of the corms and planting depth.

4 Discussion

The different planting dates enabling the plants to grow under distinct conditions. This is important in order to test the effect of sprouting stages and planting depth on the time of developmental stages of gladiolus. The air temperature was lowest at the beginning of the experiments and was gradually increased until the harvest point date. This behavior also can be verified for the soil temperature, except for planting in May/18, when the sprouting phase occur during the Autumn and the temperatures are decreasing due to the arrival of the Winter Solstice, in the South Hemisphere. Use the air temperature was important for to describe your effect on the development of gladiolus in thermal time (Figure 3, 4 and 5) and the soil temperature, also was important to, for describe the rate of development of the sprouting phase (Figure 6).

The little variation on the duration of the different phases of developmental cycle of gladiolus between planting dates for each sprouting stage and planting depths, when the time was counted as days of civil calendar and thermal time is mainly explained by temperature. In sprouting phase (PL-VE) the number of days required for corms sprouting is reduced as the temperature increases (Kadam and Singh, 2013) and with temperatures between 22 and 25°C the duration of this phase occur more faster, in about 13 days (Muttoni et al., 2017). This effect can be clearly observed for sprouting stages in planting of October/16, when the soil temperature were closer to the great range (less days to emerge), and May/18, when the soil temperature were much closer to the base temperature (more days to emerge). Also for planting depths, when the planting was in November/18 (during Spring-Summer), and the average soil temperature was higher than the optimum range.

Emergence is an important developmental stage, because it represents the beginning of leaf area growth and therefore the beginning of solar radiation interception by the canopy for photosynthesis (Schwab et al., 2015a). In the present study, the emergence is affected by sprouting stages and planting depth. Regarding sprouting stages, the lower the sprouting stage the more days and °C day were required for emergence to occur. Therefore, the normalized rate is bigger when the sprouting stage is more advanced (S2.3 stage), i. e., when more sprouted the corm, much faster the emergence speed will be (Figure 6A). Corms of S1 stage, although they have roots, are not yet developed bud. As a result, the emergence of buds above ground stage takes longer to occur than the other sprouting stages. For it takes time for the corm to emit the bud, and then a time for the bud to grow and the emergence to occur.

The results concluded that, there was effect in the days until the emergence with the planting depth. The normalized rate behavior observed for sprouting stages also occurred at different planting depth, where the emergence speed is higher at the lowest planting depths (5 and 10 cm) (Figure 6B). The delay in emergence with the increasing depth found in this study

with the result reported by various authors in others species (An et al., 2018; Harker et al., 2012; Li et al., 2006, Luo; Zhao et al., 2015). This is probably due to the emergence limitation caused by the physical barrier of the thick soil layer (Li et al., 2006).

Feriz et al. (2003) found that in addition to delaying the emergence, the depth of planting also affected flowering time in gladiolus. But, in this study the effect of planting depth of corms on the flowering time was not significant. Despite the difference in the emergence speed in the planting depths, there is compensation in the development cycle from the emergence and the flowering is synchronized. A possible explanation for this compensation is the differentiation of leaf beginnings at the apex of the bud and the corm perception of depth is related to temperature (Halevy 1986; Schwab et al., 2015a). This same perception also can be occurs for sprouting stages.

The leaves of gladiolus can be distinguished in sheath leaves (sheath without a blade) and true leaves (Halevy, 1986). Second Shillo and Halevy (1976) the main bud of gladiolus corms contains primordia of 9 to 11 sheath leaves and of 3 to 4 true leaves, but the primordia sheath leaves are damaged during the emergence and only the innermost grow above soil stage. According Halevy (1986) the planting depth had a marked effect on the growth of the upper sheath leaf that grew a few centimeters above ground and then stopped. After planting, the apex differentiates a further number of true leaves (Shillo & Halevy, 1976).

So, since the planting the plant was developing leaves internally and accumulating °C day, after the emergence this leaves are externalized and continue accumulating °C day. Plants with deeper corms or corms with smaller buds, spent more time accumulating °C day in sprouting phase and after the emergence until the harvest point, these same plants needed to accumulated less °C day compared to plants with shallower corms or corms with larger, reflecting on the flowering time in days.

Although not directly influencing the occurrence of the harvest point date, depths greater than 15 cm and on S1 stage are unfeasible to farmers. These results confirm that planting gladiolus corms with visible and developed buds (S2.1, S2.2 and S2.3) and at a depth from 10 to 15 cm is optimal under most conditions and could benefit the development of gladiolus, because help to ensure greater uniformity in the emergence and occurrence of the harvest point date.

But, taking a “recipe” approach is not appropriate for all conditions. Care must be taken when choosing the depth, because according Mattos et al. (1983) at a shallower depth, such as 5 cm, a limiting factor in cultivation to produce floral stems is the tipping of the plants. The same orientation can be considered when choosing the sprouting stages of the corm for planting. For example, in Winter it is preferable to avoid picking corms at the S1 stage for planting. Low Winter temperatures will delay the appearance of the bud in the corm and consequently will delay the emergence and flowering.

In terms of quality standard, the floral stems of all sprouting stages and planting depths were framed within the quality standards required by the market, and are an excellent result. The lower classification of floral stems produced in November/18 (*Class 75*) at planting depths, may be related to the low quality of the corms used for this experiment. During the growing period, in the field the low vigor of the plants was observed, even at a shallow depth. This may also explain why plants at a depth of 25 cm did not develop until flowering in this planting date. The variation in the classification of the floral stems produced in different sprouting stages is mainly related to the planting dates. Similar results were found by Schwab et al. (2015b) and Tomiozzo et al. (2018).

Comparing simulated versus observed emergence for sprouting stages, this error is increase because the model is overestimating the occurrence of R2 stage. This overestimating also occurs to planting depth, but with smaller RMSE. According Uhlmann et al. (2017) the

error in simulating the harvest point date when PhenoGlad model run from planting is greater, because the model had an average error of 4.3 days to predict the emergence, what explains this overestimation in relation these factors. The effect of sprouting stages and planting depths on the duration of phases of development are equally significant in day or degree days. In summary, although there is, as yet, a significant difference, this is not sufficient to consider a change in PhenoGlad model.

5 Conclusions

In conclusion, the sprouting stages and the planting depth were effect on the emergence speed. Higher sprouting corms take less days to emergence as well as shallower planting. Avoid planting un-sprouted corms (S1 stage). For planting, prioritize the use of corms with the presence of buds (from S2.1 stage) and depth up to 15 cm. Standardization is the best way to success of production. The effect of sprouting stage and planting depth on the flowering is minimal and because of that, change the source code of the PhenoGlad model was not necessary. Gladiolus farmers can improve the production efficiency of gladiolus floral stems when considering the practical information available in this work.

6 Acknowledgements

Thanks PhenoGlad team for their help in conducting the field experiments.

7 References

An, Y., Gao, Y. and Tong, S. Emergence and growth performance of *Bolboschoenus planiculmis* varied in response to water level and soil planting depth: Implications for wetland restoration using tuber transplantation. *Aquatic Botany*, v. 148, p. 10-14, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2018.04.005>

Feriz, M. K., Akparpour, V., Davarinejad, G. Investigation of the planting depth effects of gladiolus corms. In: *Proceedings of the Applied-Scientific Seminar on Flowers and Ornamental Plants (2nd: 2003: Mahallat, Iran), Mahallat (Iran)*, Mahallat National Research Center of Ornamental Plants, 2003.

Halevy, A. H. The induction of contractile roots in *Gladiolus grandiflorus*. *Planta*, v. 167, p. 94-100, 1986. doi: doi.org/10.1007/BF00446374

Harker, K. N., O'Donovan, J. T., Blackshaw, R. E., Johnson, E. N., Lafond, G. P. and May, W. E. Seeding depth and seeding speed effects on no-till canola emergence, maturity, yield and seed quality. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 92, p. 795-802, 2012. doi: [10.4141/CJPS2011-189](https://doi.org/10.4141/CJPS2011-189)

Junqueira, A. H., Peetz, M. da S. Brazilian consumption of flowers and ornamental plants: habits, practices and trends. *Ornamental Horticulture*, v. 23, n. 2, p. 178-184, 2017. doi: [10.14295/oh.v23i2.1070](https://doi.org/10.14295/oh.v23i2.1070)

Junqueira, A. H., Peetz, M. da S. Sustainability in Brazilian floriculture: introductory notes to a systemic approach. *Ornamental Horticulture*, v. 24, n. 2, p. 155-162, 2018. doi: [10.14295/oh.v24i2.1253](https://doi.org/10.14295/oh.v24i2.1253)

Kadam, G. B., Singh, K. P. Effect of different temperature regimes on morphological and flowering characteristics in gladiolus (*Gladiolus* (Tourn) L.). *Indian Journal Plant Physiology*, v. 18, n. 1, p. 49-54, 2013. doi: [10.1007/s40502-013-0003-5](https://doi.org/10.1007/s40502-013-0003-5)

Li, Q. Y., Zhao, W. Z. and Fang, H. Y. Effects of sand burial depth and seed mass on seedling emergence and growth of *Nitraria sphaerocarpa*. *Plant Ecology*, v. 185, p. 191-198, 2006. doi: [10.1007/s11258-005-9094-z](https://doi.org/10.1007/s11258-005-9094-z)

Luo, W., Zhao, W. Burial depth and diameter of the rhizome fragments affect the regenerative capacity of a clonal shrub. *Ecological Complexity*, v. 23, p. 34-40, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2015.05.004>

Mattos, J. R., Junior, R. L. C. B. and Campos, H. Estudo de 7 cultivares de gladiolos (*Gladiolus grandiflorus* L.) em duas profundidades de plantio. *Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"*, v. 40, 1983.

Muttoni, M., Alberto, C. M., Bartz, A. C., Uhlmann, L. O., Tartaglia, V. de L., Streck, N. A. Cardinal temperatures for planting-emergence phase in gladiolus. *Ciência Rural*, v. 47, n. 10, e20160824, 2017. doi: 10.1590/0103-8478cr20160824

Schwab, N. T., Streck, N. A., Becker, C. C., Langner, J. A., Uhlmann, L. O. and Ribeiro, B. S. M. R. A phenological scale for the development of *Gladiolus*. *Annals of Applied Biology*, v. 166, p. 496-507, 2015a. doi: 10.1111/aab.12198

Schwab, N.T., Streck, N. A., Ribeiro, B. S. M. R., Becker, C. C., Langner, J. A., Uhlmann, L. O. and Ribas, G. G. Parâmetros quantitativos de hastes florais de gladiolo conforme a data de plantio em ambiente subtropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 10, p. 902-911, 2015b. doi: 10.1590/S0100-204X2015001000006

Schwab, N. T., Uhlmann, L. O., Becker, C. C., Tomiozzo, R., Streck, N. A., Bosco, L. C., Bonatto, M. I. and Stanck, L. T. Gladiolo: fenologia e manejo para produção de hastes e bulbos. Santa Maria, ed 1, p. 136, 2019.

Shillo, R. and Halevy, A. H. Inflorescence development of flowering and blasted gladiolus plants in relation to development of other plant parts. *Scientia Horticulturae*, v. 4, n. 1, p. 79-86, 1976. doi: [doi.org/10.1016/0304-4238\(76\)90068-6](http://doi.org/10.1016/0304-4238(76)90068-6)

Streck, N. A., Paula, F. L. M. de, Bisognin, D. A., Heldwein, A. B. and Dellai, J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 142, p. 1-11, 2007. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.09.012

Tombolato, A. F. C. *Cultivo comercial de plantas ornamentais*. Campinas: Instituto Agronômico, 211 p., 2004.

Tomiozzo, R., Paula, G. M. de, Streck, N. A., Uhlmann, L. O., Becker, C. C., Schwab, N. T., Muttoni, M. and Alberto, C. M. Cycle duration and quality of gladiolus floral stems in three locations of Southern Brazil. *Ornamental Horticulture*, v. 24, n. 4, p. 317-326, 2018. doi: dx.doi.org/10.14295/oh.v24i4.1237

Tomiozzo, R., Uhlmann, L. O., Becker, C. C., Schwab, N. T., Streck, N. A. and Balest, D. S. How to produce gladiolus corms?. *Ornamental Horticulture*, v. 25, n. 3, p. 299-306, 2019. doi: 10.1590/2447-536X.v25i3.2048

Uhlmann, L. O., Streck, N. A., Becker, C. C., Schwab, N. T., Benedetti, R. P., Charão, A. S., Ribeiro, B. S. M. R.; Silveira, W. B.; Backes, F. A. A. L.; Alberto, C. M., Muttoni, M., Paula, G. M., Tomiozzo, R., Bosco, L. C. and Becker, D. PhenoGlad: A model for simulating development in Gladiolus. *European Journal of Agronomy*, v. 82, Part A, p. 33-49, 2017. doi: dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.001

Uhlmann, L. O., Becker, C. C., Tomiozzo, R. Streck, N. A., Schons, A., Balest, D. S., Braga, M. dos S., Schwab, N. T. and Langner, J. A. Gladiolus as an alternative for diversification and profit in small rural property. *Ornamental Horticulture*, v. 25, n. 2, p. 200-208, 2019. doi: 10.14295/oh.v25i2.1541

Wallach, D. *Evaluating crop models*. In: Wallach, D., Makowski, D., Jones, J.W. (Eds.), *Working with Dynamic Crop Models: Evaluation, Analysis, Parameterization, and Applications*. Elsevier, Amsterdam, p. 11–50, 2006.

Willmott, C. J. On the validation of models. *Physical Geography*, v. 2, p. 184–194, 1981. doi: 10.1080/02723646.1981.10642213.

6 DISCUSSÃO GERAL

Após a colheita da haste floral do gladiolo, o crescimento do corno novo é beneficiado, pois torna-se o dreno principal dos fotoassimilados produzidos pela fotossíntese. Por isso, para produzir um novo corno é importante manter a planta com cerca de cinco folhas saudáveis, livres de doenças. Este período de crescimento do corno novo pode variar em relação à época do ano, necessitando de um período maior de crescimento em épocas com temperaturas mais baixas e um período menor em épocas com temperaturas mais altas.

Em pequenos cultivos, a colheita dos cornos pode ser viabilizada com o auxílio de uma pá. No entanto, é importante ter cuidado para não cortar ou machucar o novo corno. Colhidos, os cornos precisam ser curados. A cura é um processo que auxilia na uniformização da umidade e na cicatrização dos cornos. Duas curas são realizadas: a cura rápida (exposição ao sol das plantas inteiras durante 2 a 3 dias, ainda no campo, caso não chova) e a cura prolongada (armazenamento dos cornos à sombra e em local ventilado, durante cerca de 30 dias). Entre uma cura e outra os cornos precisam ser limpos, ou seja, retirado o solo, as folhas e o corno mãe. Um corte nas folhas de 2 cm acima do corno auxiliará na melhor cicatrização dos cornos. Cornos bem cicatrizados possuem uma boa formação do broto, que emerge e se desenvolvem melhor.

Separar os cornos por tamanhos é uma boa prática para melhorar a qualidade das hastes florais e a uniformidade do florescimento. O tamanho dos cornos produzidos é influenciado pelo período de crescimento no campo, pois depende do momento da colheita das hastes florais, devido à variação existente no florescimento dentro de uma população de plantas de gladiolo (algumas plantas florescem mais cedo e outras mais tarde). Dessa forma, também existe uma variação no tempo individual que cada corno novo, dentro desta população, precisa para alcançar um tamanho apto para produzir uma nova haste floral.

Antes do plantio dos novos cornos, estes precisam ser expostos a 5°C durante cerca de 30 dias para quebrar a dormência e vernalizá-los. Em seguida, exposição dos cornos a uma temperatura de cerca de 25°C é recomendada. De modo geral, o processo de produção dos cornos (crescimento e pós-colheita) dura em torno de 6 a 7 meses. Cornos produzidos a partir da produção de hastes florais para o dia das Mães podem ser plantados em dezembro e cornos produzidos a partir da produção de hastes florais para o dia de Finados podem ser plantados em maio.

Realizar a própria produção de cornos de gladiolo permite a redução de custos e a sustentabilidade da produção. A aquisição de um novo lote de cornos comerciais só será

necessária em épocas em que os cormos de produção independente não estão aptos para o plantio. Além disso, o planejamento da produção de hastes florais de gladiolo é facilitado pela produção independente dos cormos, por atender a demanda local e evitar imprevistos oriundos do fornecimento da empresa, como receber um lote de cormos de uma cultivar diferente da qual foi encomendada ou atrasar a data de plantio pelo atraso na entrega dos cormos por problemas de logística com o transporte.

A produção independente de cormos de gladiolo é muito importante, não apenas por reduzir os custos de produção, mas também por promover o resgate desta cultura que durante algum tempo ficou à parte no mercado brasileiro de flores. No Sul do Brasil, este resgate vem sendo possível graças à atuação do projeto “Flores para Todos”, inclusive para as novas gerações. Agricultores familiares (Figura 1) e escolas rurais (Figura 2), especialmente do RS, vêm trabalhando ano a ano, no cultivo de hastes florais de gladiolo e na produção de cormos. Como exemplo de escolas rurais pode-se citar a Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF) Nossa Senhora de Fátima de Cachoeira do Sul – RS (Figura 2A) e a Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF) Valentim Bastianello de Dilermando de Aguiar – RS (Figura 2B), que junto com o Projeto “Flores para Todos” vêm incentivando os alunos a produzir, além das hastes florais de gladiolo, também os cormos.

Devido à importância da produção independente de cormos de gladiolo para o agricultor, estudos mais detalhados podem ser realizados para melhorar a qualidade dos cormos produzidos e, conseqüentemente, das hastes florais. Dentre os possíveis estudos, pode-se dedicar esforços para compreender melhor o processo de cicatrização do cormo para evitar um possível atraso na emergência. Estudos mais detalhados também podem ser realizados quanto a produção de cormos a partir dos cormilhos, bem como pode-se também desenvolver outras técnicas de produção de cormos, como por exemplo, sem produzir a haste floral antes do cormo (para priorizar o cormo como dreno principal).

Um dos processos pós-colheita mais importante dos cormos é a vernalização, para garantir o florescimento das plantas. O florescimento foi promovido pelas diferentes condições vernalizantes (temperatura x tempo), até mesmo o tratamento de 20°C, que teoricamente não deveria ter vernalizado, pois plantas com valores menores que 7 a 8 dias efetivos de vernalização (VD) geralmente não são vernalizadas. Ou seja, plantas de todos os tratamentos produziram flores. A função não linear de resposta a vernalização proposta por Streck (2002) não descreveu bem a resposta à vernalização observada a campo para o gladiolo, em tempo térmico acumulado, principalmente para cultivar White Goddess.

Figura 1 – Colheita dos cormos de gladiólo produzidos pelos agricultores participantes do Projeto “Flores para Todos” no dia das Mães 2018 em Santiago – RS (A) e no dia de Finados 2018 em São João do Polêsine – RS (B) e em Formigueiro – RS (C).



Fonte: a autora e Equipe PhenoGlad (facebook.com/phenoglad).

Os tratamentos de vernalização não afetaram significativamente o número final de folhas, mas afetaram a duração do ciclo em tempo térmico acumulado. A diferença observada na duração do ciclo foi influenciada principalmente pela duração da fase de brotação (PL-VE). O tempo térmico acumulado apresentou mais extremos entre os tratamentos para cultivar Jester do que para cultivar White Goddess. O que pode ter ocasionado tamanha diferença foi o período de armazenamento a 20°C antes de iniciar os tratamentos de vernalização.

Cormos com menor tempo de exposição a temperaturas vernalizantes permaneceram um período maior armazenados a 20°. Durante este período de armazenamento, pode-se observar que aqueles cormos que ficaram mais tempo expostos a 20°C apresentaram o broto formado antes do que aqueles que ficaram menos tempo expostos. Pois, mesmo que a baixa temperatura promova a quebra de dormência, esta ocorre lentamente e desta forma os brotos

destes tratamentos demoram mais para surgir no ápice do cormo. O florescimento das plantas expostas a 20°C está condicionado ao efeito vernalizante que esta temperatura tem sobre a cultura, se for considerada que a temperatura basal superior para vernalização seja superior a esta temperatura.

Figura 2 – Atividade prática sobre colheita dos cormos de gladiólio produzidos pelos professores e alunos da EMEF Nossa Senhora de Fátima de Cachoeira do Sul – RS (A) e pela EMEF Valentim Bastianello de Dilermando de Aguiar – RS (B).



Fonte: Projeto Identidade Rural (facebook.com/Projeto-Identidade-Rural) e Luciane Bello (facebook.com/luciane.bello).

Apesar de todos os tratamentos terem atingido o florescimento, nenhum tratamento teve 100% das plantas florescidas. Houve uma penalização na porcentagem das plantas florescidas, devido a fatores como morte de plantas e atraso florescimento (não floresceram até o final das avaliações). Porém, não se pode afirmar com certeza se este atraso está relacionado diretamente com a vernalização, ou algum outro fator como qualidade do cormo ou quebra de dormência. De modo geral, os tratamentos produziram hastes florais dentro dos padrões de qualidade exigidos pelo mercado para comercialização.

Contudo, não foi possível confirmar a necessidade exata de vernalização para cormos de gladiolo, por isso os resultados foram inconclusivos. Devido a isso, mais estudos sobre a resposta do gladiolo a vernalização são encorajados, principalmente para determinar as temperaturas cardinais de vernalização.

Na fase de brotação do gladiolo, o tempo necessário para ocorrer a emergência é influenciado pelo nível de brotação do cormo e pela profundidade de plantio. O número de dias até a emergência é reduzido à medida que a temperatura aumenta e é aumentado à medida que a temperatura diminui. Esse efeito pode ser observado nos experimentos de níveis de brotação de outubro de 2016, quando a temperatura do solo estava mais próxima da faixa ótima (menos dias para emergir) e de maio de 2018, quando a temperatura do solo estava mais próxima da temperatura basal inferior (mais dias para emergir). Também no experimento de profundidades de plantio em novembro de 2018 (durante a primavera-verão) quando a temperatura média do solo foi superior à faixa ótima.

A ocorrência da emergência das plantas de gladiolo é um importante estágio do ciclo de desenvolvimento da cultura e é influenciada pelo nível de brotação e pela profundidade de plantio dos cormos. A emergência é mais tardia quando os cormos não apresentam broto (nível S1) e a medida que aumenta o nível de brotação do cormo, mais rápida é a emergência. A velocidade de emergência também é mais rápida quando os cormos são plantados em profundidade mais rasas (5 cm, por exemplo) e diminui conforme a profundidade aumenta.

Apesar da influência desses fatores na emergência, a data de colheita do gladiolo é pouco afetada. A maior diferença no florescimento ocorre entre o nível S1 (sem broto) e os demais níveis (com broto). Assim, se o cormo apresentar a brotação desenvolvida a diferença no florescimento é mínima. Da mesma forma, a ocorrência da data de colheita a diferença entre as profundidades de plantio foi pequena. Mesmo em uma profundidade de plantio maior, a ocorrência da data de colheita acompanhou as demais profundidades, variando de 4 a 8 dias entre a menor e a maior profundidade.

Essa pequena diferença na data de colheita das hastes florais de gladiolo ocorre devido a uma compensação no desenvolvimento das plantas, sincronizando o florescimento. Isto ocorre pela diferenciação do meristema foliar e pela percepção da temperatura. Desta forma, o broto principal que já possui primórdios foliares diferenciados, vem desenvolvendo folhas desde internamente e acumulando °C dia. Após a emergência essas folhas são externalizadas e continuam acumulando °C dia. Assim, as plantas com cormos mais profundos ou com brotos menores, passaram mais tempo acumulando °C dia na fase de brotação e após a emergência até o ponto de colheita, essas mesmas plantas precisavam acumular menos °C dia em

comparação com as plantas com cormos plantados rasos ou com brotos maiores, refletindo na duração do plantio até a data de colheita em dias.

Em termos de padrão de qualidade para comercialização, as hastes florais de todos tratamentos foram enquadradas dentro dos padrões exigidos pelo mercado. Isto é um excelente resultado, pois mesmo em condições parcialmente inapropriadas, as plantas conseguiram crescer e se desenvolver, demonstrando sua rusticidade. Quando os resultados foram comparados com os simulados pelo Modelo PhenoGlad, percebe-se uma superestimação na ocorrência da data de colheita simulada pelo modelo. Esta superestimação foi maior em relação aos níveis de brotação e menor em relação as profundidades de plantio.

No entanto, atualmente considera-se descabida a atualização do Modelo PhenoGlad para considerar estas informações sobre níveis de brotação e profundidades de plantio. Isto porque nos dois últimos anos (2018 – 2019) o modelo vem sendo validado através do projeto de extensão “Flores para Todos”. O Modelo PhenoGlad é a principal ferramenta utilizada no projeto, no formato de aplicativo Mobile, para a determinação da data de plantio dos cormos de gladiolo para colheita das hastes florais no dia das Mães e no Dia de Finados em todo o estado do RS e também em SC e PR. Esta ferramenta vem funcionando bem e apresentando ótimos resultados, onde a maioria dos cultivos geralmente florescem antecipadamente da data simulada pelo modelo.

7 CONCLUSÕES

A produção de cormos, bem como a produção de flores é uma alternativa para a agricultura familiar. Reduz os custos de produção das hastes florais de gladiolo e conhecer as técnicas de produção garante a obtenção de cormos de qualidade. Uma lacuna de mercado é preenchida com a possibilidade da produção de cormos local, por encurtar cadeia e facilitar a cadeia de produção. Para tornar a produção de gladiolos mais eficiente e sustentável, é necessário atualizar as informações existentes e desenvolver métodos para aperfeiçoar e facilitar da técnica de produzir cormos para quem produz.

A vernalização é um importante determinante do crescimento e desenvolvimento do gladiolo. A exposição dos cormos a baixas temperaturas proporcionou o florescimento de todos os tratamentos (temperaturas e períodos), inclusive o tratamento de 20°C. A resposta do desenvolvimento do gladiolo à vernalização não foi bem simulada pela função de resposta de vernalização não linear proposta por Streck (2002). As plantas de gladiolo foram vernalizadas em todos os valores de DV. Mais estudos sobre a resposta do gladiolo a vernalização necessitam ser realizados. Para melhor avaliar o modelo de resposta de vernalização proposto, é importante determinar as temperaturas cardinais de vernalização para o gladiolo.

O nível de brotação e a profundidade de plantio dos cormos influenciam na velocidade de emergência das plantas de gladiolo. Cormos que apresentam um nível de brotação menor demoram mais dias para emergir. O mesmo acontece com cormos plantados em uma profundidade maior. Para uniformizar a emergência e o florescimento, priorizar o uso de cormos com brotação a partir do nível S2.1 e profundidade de plantio de até 15 cm. Evitar plantar cormos sem brotação (nível S1). O Modelo PhenoGlad está superestimando a data do ponto de colheita das hastes florais de gladiolo frente a esses fatores, que interferem minimamente na ocorrência do florescimento, e por isso não é necessário incluir estas informações no Modelo PhenoGlad.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, R. M. et al. Influência do frio sobre a quebra de dormência e vernalização dos bulbos de quatro variedades de lírio. **Revista Ceres**, v.50, n.288, p.261-271, 2003.
- AHMAD, T. et al. Present status and future prospects of gladiolus cultivation in Punjab, Pakistan. **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**, v.5, n.3, p.227-238, 2008.
- ALBERTO, C. M. et al. Resposta à vernalização de cultivares brasileiras de trigo. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.535-543, 2009.
- ALMEIDA, B. de. et al. Influence of vernalization and bulb size on the production of lily cut flowers and lily bulbs. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 2399-2408, 2017.
- AMASINO, R. Seasonal and developmental timing of flowering. **The Plant Journal**, v. 61, p.1001–1013, 2010.
- AMJAD, A.; AHMAD, I. Optimizing plant density, planting depth and postharvest preservatives for *Lilium longifolium*. **Journal of Ornamental and Horticultural Plants**, v. 2, n. 1, p. 13-20, 2012.
- APTE, S. S. **Dormancy and sprouting in gladiolus**. The State Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 1962. (Tese de Doutorado)
- BARBOSA, J. G. **Palma-de-Santa-Rita: produção comercial de flores e bulbos**. Viçosa: UFV, 2011, 113 p.
- BECKER, C. C. et al. Scheduling optimum planting window for gladiola based on El Niño Southern Oscillation. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 05, e20180336, 2020. doi: 10.1590/1678-992X-2018-0336
- BHUJBAL, G. B. et al. Importance of growth regulatore and cold storage treatments for breaking of gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus*) corm dormancy. **The Bioscan: an International Quarterly Journal of Life Sciences**, v. 9, n. 2, p. 501-505, 2014.
- BOFF, P.; DEBARBA, J. F. Tombamento e vigor de mudas de cebola em função de diferentes profundidades e densidades de semeadura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.1, p.15-19, 1999.
- CASTRO, P. R. C. et al. Efeitos da vernalização e de fitorreguladores no desenvolvimento de *Gladiolus x grandiflorus*. Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”, v. 35, 1979.
- CAVE, R.L., et al. Modelling temperature, photoperiod and vernalisation responses of *Brunonia australis* (Goodeniaceae) and *Calandrinia* sp. (Portulacaceae) to predict flowering time. **Annals of Botany**, v.111, p.629–639, 2013.
- CHOUARD, P. Vernalization and its relations to dormancy. **Annual Review of Plant Physiology**, v.11, p. 191-238, 1960.

- DARRAS, A. I. et al. Regulation of corm sprouting, growth and flowering of pot Freesia hybrida L. plants by cold and UV-C irradiation forcing. **Scientia Horticulturae**, v. 252, p. 110-112, 2019. doi: 10.1016/j.scienta.2019.03.045
- DOLE, J. M.; WILKINS, H. F. Interaction of bulb vernalization and shoot photoperiod on 'Nellie White' Easter Lily. **HortScience**, v. 29, n. 3, p. 143-145, 1991.
- DOLE, J. M. Research approaches for determining cold requirements for forcing and flowering of geophytes. **HortScience**, v. 38, n. 3, p. 341-346, 2003.
- DUVAL, C. M. A produção de flores e a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 32, n. 2, 2014. doi: 10.1590/S0102-05362014000200022
- ELPHISTONE, E. D. et al. Temperature and development in *Iris x hollandica* during pre-planting storage. II. Floral initiation. **Journal of Horticultura Science**, v. 65, n. 2, p. 185-192, 1991. doi: 10.1080/00221589.1990.11516045
- FUKUDA, M. et al. Differences in vernalisation responses in onion cultivars. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 2017.
- GANI, G. et al. Effect of nutrient sprays and planting depths on growth and bulb production of tulips. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 30, n. 2, p. 1-8, 2019.
- GINZBURG, C. Hormonal regulation of cormel dormancy in *Gladiolus grandiflorus*. **Journal of Experimental Botany**, v. 20, n. 80, p. 558-566, 1973.
- GINZBURG, C. Studies on the role of ethylene in gladiolus cormel germination. **Plant Science Letters**, v. 2, p. 133-138, 1974.
- GONZÁLEZ, A. et al. Flowering responses of *Gladiolus tristis* (L.) after exposing corms to cold treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 74, p. 279-284, 1998.
- GROTTA, D. C. C. et al. Influência da profundidade de semeadura e da compactação do solo sobre a semente na produtividade do amendoim. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p. 547-552, 2008.
- GUL, F. **Studies on physiological and biochemical changes associated with flower senescence in some ornamental members of family Amaryllidaceae**. University of Kashmir (Tese de Doutorado), 2010. Arquivo disponível em <http://hdl.handle.net/10603/72514>. Acesso realizado em 05/12/2019.
- HAGILADI, A. et al. The effect of planting depth on emergence and development of some geophytic plants. **Acta Horticulturae**, v. 325, p. 131-137, 1992.
- HALEVY, A. H. Recent advances in control of flowering and growth habit of geophytes. **Acta Horticulturae**, 266, 1990.
- HUSSAIN, M. A. et al. Response of Tuberose (*Polianthes tuberosa*) to potassium and planting depth. **Pure and Applied Biology**, v. 5, n. 4, p. 1101-1106, 2016.

HUSSAIN, I.; AMIN, N. U. *Caladium* cv. Florida sweetheart production at different planting depths and sowing dates. **Ornamental horticulture**, v. 24, n. 4, p. 311-316, 2018.

INTERNATIONAL FLOWER BULB CENTER. **Gladiolus as cut flower: guidelines for cut flower production**. Netherlands, 2011, 35 p. Arquivo disponível em <<https://edepot.wur.nl/167428>>. Acesso realizado em 04/12/2019.

JAME, Y. W.; CUTFORTH, H. W. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. **Agricultural and Forest Meteorology**, p.207-218, 2004.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 37-52, 2008. doi: 10.14295/rbho.v14i1.230

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. Panorama socioeconômico da floricultura no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 101-108, 2011. doi: 10.14295/rbho.v17i2.704

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 115-120, 2014. doi: 10.14295/rbho.v20i2.727

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. Brazilian consumption of flowers and ornamental plants: habits, practices and trends. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 178-184, 2017a. doi: 10.14295/oh.v23i2.1070

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. Intellectual property rights in Brazilian floriculture: innovations for the growth and development of the market. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 296-306, 2017b. doi: 10.14295/oh.v23i3.1071

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. Sustainability in Brazilian floriculture: introductory notes to a systemic approach. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 155-162, 2018. doi: 10.14295/oh.v24i2.1253

KÄMPF, A. N.; DAUDT, R. S., Diagnóstico da floricultura no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 561-563, 1999. doi: 10.1590/S0103-84781999000300031
KAMENETSKY, R.; OKUBO, H. **Ornamental Geophytes: from basic science to sustainable production**. CRC Press, USA, 2012. 553 p.

KHODOROVA, N. V.; CONTI, M. B. The role of temperature in the growth and flowering in geophytes. **Plants**, n. 2, p. 699-711, 2013. doi:10.3390/plants2040699

KIM, D. H. ET AL. Vernalization: Winter and the Timing of Flowering in Plants. **The Annual Review of Cell and Developmental Biology**, v. 25, p.277-99, 2009.

KIZIL, S.; KHAWAR, K. M. Effect of planting depths on some agronomic characteristics of *Allium tuncelianum*. **Scientific Papers** (Series B, Horticulture), v. 59, p.229-332, 2015.

KOCIRA, A. et al. Yield of corms of *Acidanthera bicolor* var. *murielae* perry depending on the date and depth of planting corms. **Acta Agrobotanica**, v. 68, n. 1, p. 86-96, 2015.

KOOCHKEKI, A.; SEYYEDI, S. M. Mother corm origin and planting depth affect physiological responses in saffron (*Crocus sativus* L.) under controlled freezing conditions. **Industrial Crops & Products**, v. 138, 2019.

LAZARE, S.; ZACCAI, M. Flowering pathway is regulated by bulb size in *Lilium longiflorum* (Easter lily). **Plant Biology**, v.18, p. 577-584, 2016.

LEE, I.; AMASINO, R. M. Effect of vernalization, photoperiod and light quality on the flowering phenotype of Arabidopsis plants containing the FRIGIDA Gene. **Plant Physiology**, v. 108, p. 157-162, 1995. doi: 10.1104/pp.108.1.157

LE NARD, M. **Physiology and storage of bulbs: concepts and nature of dormancy in bulbs**. In: Lieberman M. (eds) Post-Harvest Physiology and Crop Preservation. Nato Advanced Study Institutes Series (Series A: Life Sciences), v. 46. Springer, Boston, MA, 1983.

LIU, D.L. Incorporating vernalization response functions into an additive phenological model for reanalysis of the flowering data of annual pasture legumes. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 331-342, 2007.

LOPES, W. A. R. et al. Produção de alho submetido a períodos de vernalização e épocas de plantio em região de clima semiárido. **Horticultura Brasileira**, v.34, p.249-256, 2016.

LUO, T. et al. Temperature variation caused by sowing dates significantly affects floral initiation and floral bud differentiation processes in rapeseed (*Brassica napus* L.). **Plant Science**, v. 271, p. 40-51, 2018. doi: 10.1016/j.plantsci.2018.03.004

MANN, L. K.; LEWIS, D. A. Rest and dormancy in garlic. **Hilgardia**, v. 26, n. 3, p. 161-189, 1956. doi:10.3733/hilg.v26n03p161

MATTOS, J. R. et al. Estudo de 7 cultivares de gladiolos (*Gladiolus grandiflorus* L.) em duas profundidades de plantio. **Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"**, v.41, 1983.

McMASTER, G. S. Simulating the Influence of Vernalization, Photoperiod and Optimum Temperature on Wheat Developmental Rates. **Annals of Botany**, v. 102, p. 561–569, 2008.

MANE, P. K. et al. Effect of spacing, bulb size and depth of planting on growth and bulb production in tuberose (*Polianthes tuberosa*) cv. Single. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 40, n. 1, p. 64-67, 2016.

MERGA, B. et al. Effect of seed tuber planting depth and nitrogen rate on yield and yield related traits of potato (*Solanum tuberosum* L.) at Haramaya and Hirna, Eastern Ethiopia. **East African Agricultural and Forestry Journal**, v. 83, n. 2, p. 101-108, 2018.

MICHAEL, S. D.; AMASINO, R. M. Memories of winter: vernalization and the competence to flower. **Plant, Cell and Environment**, v.23, p.1145-1153, 2000.

MITSUEDA, N. C.; COSTA, E. V. da; D'OLIVEIRA, P. S. Aspectos ambientais do agronegócio flores e plantas ornamentais. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 9-20, 2011.

MILFORD, G. F. J. et al. A vernalization-intensity model to predict bolting in sugar beet. *The Journal of Agricultural Science*, v. 148, p. 127-137, 2010.

MONGE, A. V. **Manejo de los cormos de gladiolos**. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura y Pesca, n.17-18/81,1981.

MOTA, J. H. et al. Efeito de períodos de vernalização de alho (*Allium sativum* L.) sobre a cultivar Roxo Pérola de Caçador “in vitro”. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, 2003.

NEVES, M. F; PINTO, M. J. A. **Mapeamento e Quantificação da Cadeia de Flores e Plantas Ornamentais do Brasil**. [Coordenação e organização]. São Paulo: OCESP, 2015.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 091-095, 2009.

PAIVA, P. D. de O. **Cultura do Gladiolo**. Lavras: Departamento de Agricultura, 1999. 28p.
PETERS, E.; LOWANCE, S. Effects of date and depth of burial on wild garlic (*Allium vineale*) plants. **Weed Science**, v. 29, n. 1, p. 110-113, 1981.
doi:10.1017/S0043174500025947

REES, A. R. The physiology of ornamental bulbous plants. **The Botanical Review**, v. 32, n. 1, 1966. doi: 10.1007/BF02858583

REGHIN, M. Y. et al. Vernalização em bulbos e efeito no rendimento e potencial fisiológico de sementes de cebola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.294-298, 2005. doi: 10.1590/S0102-05362005000200026

REGINATO, P. et al. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de crame em diferentes épocas e profundidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.10, p.1410-1413, 2013.

RIAZ, T. et al. Response of some new hybrids of *Gladiolus grandiflorus* to different corm storage temperatures. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 11, p. 498-500, 2009.

RIBEIRO, T. L. P. et al. Respostas fenológicas de cultivares brasileiras de trigo à vernalização e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1383-1390, 2009.

RITCHIE, J.T. **Wheat phasic development**. In: HANKS, R.J.; RITCHIE, J.T. Modeling plant and soil systems. Madison: ASA; CSSA; SSSA, cap.3, p.31-54, 1991.

SANTOS, M. G. P. et al. Vernalização e corte do terço apical dos bulbos na produção e qualidade de sementes de cebola. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n. 3, p. 989-996, 2012.

SÁNCHEZ-MOLINA, J.A. et al. Support system for decision making in the management of the greenhouse environmental based on growth model for sweet pepper. **Agricultural Systems**, Oxford, v.139, p.144-152, out. 2015.

SCHUH, M. et al. Vernalização afeta filocrono em lírio. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.25-32, 2005. doi: 10.1590/S0006-87052005000100003

SCHWAB, N. T. et al. A phenological scale for the development of Gladiolus. **Annals of Applied Biology**, p. 496-507, 2015a.

SCHWAB, N.T. et al. Parâmetros quantitativos de hastes florais de gladiolo conforme a data de plantio em ambiente subtropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 10, p. 902-911, 2015b.

SCHWAB, N.T. et al. Duration of cycle and injuries due to heat and chilling in gladiolus as a function of planting dates. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 163-173, 2018.

SETIYONO, T.D. et al. Understanding and modeling the effect of temperature and daylength on soybean phenology under high-yield conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.100, n.2-3. p. 257-271, 2007.

SEVERINO, C. A. de M. **Cultivo comercial de Palma de Santa Rita**. Bahia: [s.n.], 2007. 22p. (Dossiê Técnico).

SHILLO, R., SIMCHON, S. Effect of water content and storage temperature of gladiolus corms on flowering. **Scientia Horticulturae**, v.1, p.57-62, 1973.

SHILLO, R.; HALEVY, A. H. The effect of various environmental factors on flowering of gladiolus. II-Length of the day. **Scientia Horticulturae**, v.4, n.2, p.139-146, 1976.

SILVA, D. B. Efeito da profundidade de plantio sobre o trigo irrigado na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.5, p.769-773, 1991.

SILVA, P. R. A. et al. Emergência de plântulas de milho em diferentes profundidades de semeadura. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 178-185, 2015.

SINGH, T. P.; GAUTAM, V. Development and performance evaluation of a gladiolus planter in field for planting corms. **International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering**, v. 9, n. 12, p. 1243-1248, 2015.

SONG, J. et al. Vernalization – a cold-induced epigenetic switch. **Journal of Cell Science**, v. 125, p. 3723-3731, 2012. doi: 10.1242/jcs.084764

STRECK, N.A. A generalized vernalization response function for lily (*Lilium spp.*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.221-228, 2002.

STRECK, N.A. A vernalization model in onion (*Allium cepa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, p.99-105, 2003.

STRECK, N. A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 115, n. 3-4, p. 139-150, 2003a.

STRECK, N.A. et al. A generalized vernalization response function for winter wheat. **Agronomy Journal**, v.95, p.155-159, 2003b.

STRECK, N. A.; SCHUH, M. Simulating the vernalization response of the “Snow Queen” Lily (*Lilium longiflorum* Thunb.). **Scientia agricola**, Piracicaba. v.62, n.2, p.117-121, 2005.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 424-433, 2006.

STRECK, N. A. et al. Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo em gladiolo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p.1968-1974, 2012.

STRECK, N. A. et al. SimulArroz: um aplicativo para estimar produtividade de arroz no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, VIII, 2013. **Anais...** Santa Maria: SOSBAI, 2013.

SUSEELA, T. et al. Effect of spacing, bulb size and depth of planting on growth, flowering and vase life of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Suvasini. **The Bioscan: an International Quarterly Journal of Life Sciences**, v. 11, n. 4, p. 2715-2720, 2016.

TAIZ, et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed, 6 ed., 2017.

TEHRANIFAR, A.; AKBARI, R. Effect of planting depth, bulb size and their interactions on growth and flowering of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). **American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, v. 12, n. 11, p. 1452-1456, 2012.

THAKUR, T.; DHATT, K. K.; AHMED, S. Effect of planting time on growth and flowering of Gladiolus. **International Journal of Current Research and Academic Review**, v. 3, n. 5, p. 145-152, 2015.

THOMPSON, D. I. et al. Flowering control in *Watsonia*: effects of corm size, temperature, photoperiod and irradiance. **Scientia horticultrae**, v. 129, p. 493-502, 2011. doi: 10.1016/j.scienta.2011.04.004

TILLMANN, M. A. A. et al. Efeito da profundidade de semeadura na emergência de plântulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.2, p. 206-263, 1994.

TIRONI, L. F. et al. Simanihot: A process-based model for simulating growth, development and productivity of cassava. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 471-483, 2017.

TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 211 p. 2004.

- TOMBOLATO, A. F. C. et al. Melhoramento genético do gladiólo no IAC: novos cultivares 'IAC Carmim' e 'IAC Paranapanema'. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p.142-147, 2005.
- TOMBOLATO, A. F. C. et al. Bulbosas ornamentais no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 127-138, 2010. doi: 10.14295/rbho.v16i2.553
- TSUKAMOTO, Y. Breaking dormancy of gladiolus corms and inhibitors inducing dormancy. *Acta Horticulturae*, v. 43, 1974.
- TUMUHIMBISE, R. Plant spacing and planting depth effects on corm yield of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). **Journal of Crop Improvement**, v. 29, p. 747-757, 2015.
- UHELLMANN, L. O. et al. PhenoGlad: A model for simulating development in *Gladiolus*. **European Journal of Agronomy**, v. 82, p. 33-49, 2017.
- UHELLMANN, L. O. et al. *Gladiolus* as an alternative for diversification and profit in small rural property. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 200-208, 2019. doi: 10.14295/oh.v25i2.1541
- VASANTHAKUMAR, K.; BEZU, T.; BEKELE, A. Response of varieties and planting dates on growth and flowering of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* Andrews) under the ecological conditions of Haramaya University, Eastern Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 7, n. 5, p. 112-117, 2015. doi: 10.5897/JHF2015.0392
- VERDIAL, M. F. et al. Vernalização em cinco cultivares de morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.976-981, 2007. doi: 10.1590/S0103-84782007000400009
- WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops. **Agricultural Systems**, London, v. 58, n. 1, p. 1-24, set. 1998.
- WANG, S. et al. Vernalization in wheat. I - A model based on the interchangeability of plant age and vernalization duration. **Field Crops Research**, v.41, p.91-100, 1995.
- WELLENSIEK, S. J. Recent developments in vernalization. *Acta Botanica Neerlandica*, v. 14, p. 308-314, 1965. doi: 10.1111/j.1438-8677.1965.tb00196.x
- WOODS, D. P. et al. Memory of the vernalized state in plants including the model grass *Brachypodium distachyon*. **Plant Science**, v. 5, n. 99, 2014.
- WOODS, D. P.; AMASINO, R. M. Dissecting the Control of Flowering Time in Grasses Using *Brachypodium distachyon*. In: **Plant Genetics and Genomics: Crops Models**, 2015.
- XU, S.; CHONG, K. Remembering winter through vernalisation. **Nature Plants**, v.4, p. 997-1009, 2018. doi: 10.1038/s41477-018-0301-z
- YAN, W.; HUNT, L.A. Reanalysis of vernalization data of wheat and carrot. **Annals of Botany**, v.84, p.615-619, 1999.

ZUBAIR, M. et al. Planting dates affect floral characteristics of *Gladiolus* under the soil and climatic conditions of Peshawar. Pakistan **Journal of Biological Sciences**, v.9, n.9, p. 1669-1676, 2006.