



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

FELIPE FAVORETTO FURLAN

**COMPONENTES DE PRODUÇÃO, RENDIMENTO E  
QUALIDADE NUTRICIONAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-  
VAGEM INDETERMINADO**

FELIPE FAVORETTO FURLAN

**COMPONENTES DE PRODUÇÃO, RENDIMENTO E  
QUALIDADE NUTRICIONAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-  
VAGEM INDETERMINADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lúcia Sadayo Assari  
Takahashi.

Londrina  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Furlan, Felipe Favoretto.

Componentes de produção, rendimento e qualidade nutricional de genótipos de feijão-vagem indeterminado / Felipe Favoretto Furlan. - Londrina, 2016.  
66 f. : il.

Orientador: Lúcia Sadayo Assari Takahashi.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Agricultura Orgânica - Teses. 2. Olericultura - Teses. 3. Feijão-vagem - Teses. I. Takahashi, Lúcia Sadayo Assari. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

FELIPE FAVORETTO FURLAN

**COMPONENTES DE PRODUÇÃO, RENDIMENTO E QUALIDADE  
NUTRICIONAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-VAGEM  
INDETERMINADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de mestre em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lúcia Sadayo Assari  
Takahashi  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Leandro Simões Azeredo Gonçalves  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Wilma Aparecida Spinosa  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thais de Rocha Souza  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 24 de fevereiro de 2016.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela força durante a realização deste trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade concedida.

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia Sadayo Assari Takahashi, por toda a disponibilidade, apoio e conhecimento transmitidos durante a realização deste trabalho.

Aos docentes que participaram da minha formação, em especial os professores Dr. Leandro S. Azeredo Gonçalves e Dr.<sup>a</sup>. Wilma Aparecida Spinosa, pelo auxílio nas análises estatísticas e laboratoriais.

A minha família pelo apoio ao percorrer do curso, especialmente meus pais Luiz Carlos Furlan e Luciane Mara Favoretto Furlan junto ao meu irmão Mateus Favoretto Furlan.

A minha namorada Fátima Giovana Pereira, por todo carinho, auxílio e paciência ao decorrer deste período.

Aos amigos do laboratório de Fitotecnia, Gustavo Henrique Freiria, Guilherme Renato Gomes, Nicolas Vengrus, Rodrigo Anshau, Andre Prechlak Barbosa, Douglas Bertoncilli Junior, Guilherme Augusto Cito Alves e Luiz Henrique Campos de Almeida pela disponibilidade em ajudar sempre que preciso!

Aos alunos e funcionários do laboratório de alimentos, em especial Tamara e Fernanda, pelo auxílio nas análises realizadas.

Obrigado!

*"Cada sonho que você deixa para trás, é um pedaço do seu futuro que deixa de existir."*

Steve Jobs

FURLAN, Felipe Favoretto. **Componentes de produção, rendimento e qualidade nutricional de genótipos de feijão-vagem indeterminado**. 2016. 66f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## RESUMO

O feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma hortaliça de importância econômica, caracterizada pela produção centralizada em propriedades familiares. Este produto é conhecido por concentrações desejáveis de nutriente e proteínas, destacando-se também pela presença de compostos fenólicos, os quais conferem propriedades antioxidantes. Devido a crescente demanda por alimentos saudáveis, torna-se possível agregar valor ao produto final por meio do cultivo orgânico protegido, o qual proporciona um ambiente sustentável e livre as intempéries ambientais. Desta forma, o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização agronômica, mineral e centesimal, assim como as quantificar as concentrações de compostos fenólicos e atividade antioxidante em genótipos de feijão-vagem de crescimento indeterminado em sistema de cultivo orgânico protegido. O experimento a campo foi conduzido por duas épocas em estufa com manejo orgânico estabelecido. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial com quatro repetições. Foram avaliados oito genótipos (Teresópolis Ag 481, HAV 69, HAV 41, Preferido Ag 482, Macarrão Brasília, Trepador Top Seed, HT 30 e Favorito Ag 480) em duas épocas (primavera/verão e outono/inverno). Avaliou-se dias para florescimento, número de vagens comerciais, peso médio de vagem, produtividade, comprimento e diâmetro de vagens comerciais. Na parte laboratorial, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições. As vagens foram coletadas das parcelas, secas e trituradas com posterior análise de macronutrientes, micronutrientes, proteínas, extrato etéreo, cinzas, carboidratos mais fibras, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade, e pela análise de componentes principais (ACP). Constatou-se influência ambiental em relação a maioria das variáveis. Uma correlação positiva foi observada entre as variáveis massa fresca, comprimento de vagens, diâmetro de vagens e produtividade, sendo que a cultivar Teresópolis Ag 481 foi a que apresentou o melhor desempenho a campo. Também verificou-se correlação positiva entre os teores de proteínas, extrato etéreo e cinzas, e correlação negativa dos mesmos com carboidratos + fibras e compostos fenólicos. A atividade antioxidante mostrou-se pouco responsiva as variações ambientais.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Hábito de crescimento. Produtividade. Qualidade nutricional. Cultivo protegido. Cultivo orgânico.

FURLAN, Felipe Favoretto. **Yield components, performance and nutritional quality of indeterminate snap beans genotypes.** 2016. 66p. Dissertation (Master Science in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## ABSTRACT

The snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a vegetable of economic importance, characterized by central production in family farms. This product is known to desirable concentrations of nutrients and proteins, also highlighting up by the presence of phenolic compounds, which confers antioxidant properties. Due to growing demand for healthy foods, it becomes possible to add value to the final product through the protected organic farming, which provides a sustainable environment, free of environmental weathering. Thus, the objective was to characterize agronomic, mineral and centesimal, as well as the concentrations of phenolic compounds and antioxidant activity in genotypes of snap beans with indeterminate growth in protected organic farming system. The field experiment was conducted for two seasons in a established organic management. The design was a randomized block in factorial design with four replications. Was evaluate eight genotypes (Teresópolis Ag 481, HAV 69 HAV 41, Preferido Ag 482, Macarrão Brasília, Trepador Top Seed, HT 30 and Favorito Ag 480) in two seasons (spring/summer and fall/winter). Were evaluated days to flowering, number of commercial pods, average weight of pods, yield, length and diameter of commercial pods. In the laboratory, the design was completely randomized, with three replications. The pods were collected from the plots, dried and crushed with subsequent analysis of macronutrients, micronutrients, protein, ether extract, ash, carbohydrates + fiber, phenolic compounds and antioxidant activity. Data were subjected to analysis of variance by F test and the averages compared by Tukey test, 5% probability, and the principal component analysis (PCA). It was found environmental influence in most of the variables. A positive correlation was observed between the variables fresh weight, pod length, pod diameter and productivity, and to cultivate Teresópolis Ag 481 showed the best performance in the field. Also found a positive correlation among the protein, ether extract and ash, and the same negative correlation with carbohydrate + fiber and phenolic compounds. The antioxidant activity was shown to be poorly responsive to environmental variations.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*. Growth habit. Productivity. Nutritional quality. Protected cultivation. Organic farming.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 3.1** – Valores de temperatura máxima (T máx. °C), mínima (T min. °C), média (T med. °C) e momento do florescimento (F) no município de Londrina - PR durante duas safras (A - primavera/verão 2014 e B - outono/inverno 2015), (Fonte: IAPAR), Londrina, 2016 .....36
- Figura 3.2** – Análise de componentes principais (ACP) obtidas pelas variáveis de campo de oito genótipos de feijão-vagem semeados nas safras primavera/verão (EP1) e outono/inverno (EP2). Londrina, 2016 .....40
- Figura 4.1** – Valores de temperatura máxima (T máx. °C), mínima (T min. °C), média (T med. °C) e momento do florescimento (F) no município de Londrina - PR durante duas safras (A - primavera/verão 2014 e B - outono/inverno 2015) .....48
- Figura 4.2** – Análise de componentes principais (ACP) obtidas pelas variáveis nutricionais e compostos fenólicos de oito genótipos de feijão-vagem semeados em primavera/verão (EP1) e outono/inverno (EP2). Londrina, 2016. ....55

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** – Análises químicas do solo com manejo orgânico estabelecido em duas épocas de cultivo. Londrina, 2016.. .....33
- Tabela 3.2** – Dias para florescimento (DPF), número de vagens comerciais (NVC), massa médio de vagens (MMV), produtividade (PROD), comprimento de vagens comerciais (CVC) e diâmetro de vagens comerciais (DVC) de genótipos de feijão-vagem de crescimento indeterminado cultivados em sistema orgânico protegido em diferentes épocas. Londrina, 2016.. .....35
- Tabela 4.1** – Teores médios de nutrientes em feijão-vagem de crescimento indeterminado cultivados em sistema orgânico protegido durante as safras primavera/verão 2014 (EP1) e outono/inverno 2015 (EP2), Londrina, 2016.. .....46
- Tabela 4.2** – Concentrações médias de proteína, extrato etéreo, teor de cinzas, carboidratos mais fibras (C+F), compostos fenólicos e atividade antioxidante de feijão-vagem de crescimento indeterminado cultivados em sistema orgânico protegido durante a safra primavera/verão 2014 (EP1) e outono/inverno 2015 (EP2), Londrina, 2016 .....51

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
2.1	ORIGEM DO FEIJÃO-VAGEM .....	13
2.2	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	15
2.3	ASPECTOS BOTÂNICOS .....	16
2.4	CONDUÇÃO DA CULTURA.....	19
2.5	SISTEMA DE CULTIVO ORGÂNICO.....	21
2.6	CULTIVO PROTEGIDO.....	23
2.7	ASPECTOS NUTRICIONAIS .....	25
<b>3</b>	<b>ARTIGO A: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-VAGEM CULTIVADOS EM SISTEMA ORGÂNICO PROTEGIDO.....</b>	<b>30</b>
3.1	RESUMO .....	30
3.2	ABSTRACT.....	30
3.3	INTRODUÇÃO.....	31
3.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
3.6	CONCLUSÕES.....	41
<b>4</b>	<b>ARTIGO B: CARACTERIZAÇÃO MINERAL E NUTRICIONAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-VAGEM EM SISTEMA ORGÂNICO PROTEGIDO .....</b>	<b>42</b>
4.1	RESUMO .....	42
4.2	ABSTRACT .....	42
4.3	INTRODUÇÃO .....	43
4.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	44
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
4.6	CONCLUSÃO .....	56
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-vagem pertence à mesma família e espécie botânica do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), no entanto é classificado como hortaliça por ser consumida com as vagens ainda imaturas e com os grãos ainda tênues. É um produto utilizado em diversas locais ao redor do globo, incluindo o Brasil, onde o consumo pode alcançar  $0,7 \text{ kg.pessoa}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Existem dois hábitos de crescimento, determinado e indeterminado. Os produtores, majoritariamente, optam pelo segundo tipo visto que possuem maior potencial produtivo permitindo o escalonamento de colheitas, além de facilitar a integração em um sistema de rotação, sobretudo com o tomate e o pepino, uma vez que tais culturas necessitam do mesmo aporte estrutural, os tutores. Estas particularidades estão presentes em propriedades geridas pela agricultura familiar, caracterizada pela diversidade de produtos cultivados em uma mesma área.

Como qualquer outro segmento agrícola, o sistema produtivo do feijão-vagem está sujeito a riscos, portanto opções para agregar valor ao produto final são essenciais para o sucesso e, desta forma, a agricultura orgânica figura como principal alternativa devido à crescente demanda por alimentos saudáveis e preocupação em preservar o ambiente.

Este tipo de manejo adota princípios como a reciclagem de recursos naturais, adubação baseada em compostagem ou rochas moídas com baixa concentração de nutrientes prontamente disponíveis, cobertura vegetal, rotação e consorciação de culturas, controle biológico de pragas, além do uso de caldas preventivas, sem uso de agrotóxicos, para fitopatógenos, visando a sustentabilidade.

Para que tal sistema seja efetivo, deve atentar-se às condições presentes no meio, tendo em vista que as maiores produtividades são alcançadas com temperaturas na faixa de 18 a 30°C, não tolerando extremos. Neste contexto, o cultivo protegido possibilita manter condições edafoclimáticas desejáveis, minimizando riscos potenciais presentes em qualquer área de cultivo.

O uso adequado do ambiente protegido possibilita produtividades superiores as observadas em campo, podendo atingir níveis elevados. Somado a tal fator, este sistema permite o cultivo em épocas desfavoráveis de produção ao ar livre, além de otimizar o aproveitamento dos recursos hídricos.

O feijão-vagem consolida-se como uma excelente fonte alimentar, provendo nutrientes requeridos na dieta alimentar humana. Dentre estes destacam-se as proteínas, fibra alimentar, carboidratos, vitaminas, além de minerais como fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro e zinco. Tais componentes proporcionam condições favoráveis no organismo humano, agindo na prevenção de doenças e no auxílio ao combate à desnutrição.

Desta forma o objetivo deste trabalho foi caracterizar os aspectos agronômicos e verificar o potencial nutricional por meio de sua composição centesimal e mineralógica, concentração de compostos fenólicos e atividade antioxidante de oito genótipos de feijão-vagem de hábito de crescimento indeterminado cultivados em um sistema orgânico protegido.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ORIGEM DO FEIJÃO-VAGEM

Pertencente ao gênero *Phaseolus*, o feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta populações silvestres em um vasto território, sendo originário das Américas, local de ocorrência da diversificação primária. Estendendo-se por mais de 5.000 km ao longo da costa leste dos Andes (BERGLUND-BRUCHER; BRUCHER, 1976), desde o norte do México até o norte da Argentina, em altitudes de 500 a 2000 m (DEBOUCK, 1986).

Desta forma a espécie *Phaseolus vulgaris* L. difundiu-se possibilitando o surgimento de várias raças locais, dificultando a localização exata de sua domesticação (FREITAS et al., 2006). A origem americana pode ser explicada por teorias baseadas em achados arqueológicos do México, no Vale de Tehuacan, e do Peru, na Caverna de Guitarrero (ZIMMERMANN et al., 1988), foram encontrados vestígios com idades próximas a 10 mil anos (GEPTS; DEBOUCK, 1991).

As diferenças de tamanho e cor de sementes, permitem inferir que não houve transporte ou troca de materiais entre a América Central e a do Sul, indicando um centro de origem difuso, com domesticação independente (KAPLAN, 1981).

O feijão teria sido transportado ao México e à Guatemala, após a domesticação, sugerindo uma única origem sul-americana. Existem evidências que suportam esta hipótese, com destaque ao fato de que os remanescentes arqueológicos da América do Sul serem mais antigos do que os encontrados no México (BERGLUND-BRUCHER; BRUCHER, 1976).

Por fim, a teoria de que, anteriormente à descoberta do sítio arqueológico no Peru, existe somente o centro de origem americano, excluindo o andino de sua composição, entretanto esta é considerada uma hipótese improvável (KAPLAN, 1981).

Devido a estes eventos de múltipla domesticação estabeleceram-se os centros de origem primários, os quais levaram a dois conjuntos genéticos principais, um mesoamericano e um andino (Sul do Peru, Bolívia e Norte da Argentina), com a possibilidade de um terceiro centro na região da Colômbia (GEPTS; DEBOUCK, 1991; SINGH et al., 1991), resultando em mudanças

significativas em sua morfologia, fisiologia e genética, tornando tal espécie geneticamente diversa de seus ancestrais selvagens (GEPTS; PAPA, 2003).

Outro segmento de pesquisa que visa definir os centros de origem do feijão baseiam-se em dados moleculares. Tais programas utilizam como parâmetro principal o gene *Phs*, responsável pela codificação da proteína faseolina, foco de estudos evolutivos relacionados à cultura. Assim sendo, pelo menos dez tipos referentes a esta proteína já foram identificados em variedades cultivadas e populações silvestres (GEPTS, 1988), resultando em alta correlação entre o tipo e o posicionamento geográfico de origem.

O feijão comum e o feijão-vagem, como comprovado, pertencem à mesma espécie botânica, diferenciando-se pelo fato de o primeiro apresentar como produto final o grão e o segundo as vagens ainda imaturas, desta forma, o centro de origem dos materiais são os mesmos.

Para De Oca (1987) o feijão-vagem originou-se em continente europeu, sendo resultado de mutações genéticas do feijão comum introduzido na América, e desenvolveu-se geneticamente na França e nos Países Baixos. Segundo o mesmo autor, em meados do século XIX, cruzamento de feijões cultivados na Europa e da América Central, mostraram-se como as primeiras cultivares apropriadas para o consumo de vagens.

O conhecimento genético demonstra que o feijão-vagem é derivado do comum, uma vez que maiores mudanças genéticas seriam necessárias para originar-se a partir de espécies silvestres. Os centros de origem, referentes à diversidade entre as espécies de *Phaseolus*, em detrimento ao *Phaseolus vulgaris* L., distribuindo-se em quatro *pools* gênicos (SINGH et al., 1991).

O *pool* primário corresponde a populações cultivadas e silvestres, sendo que as últimas são ancestrais mais próximos ao *P. vulgaris* L., distribuindo-se ao longo do continente americano, especificamente do norte mexicano até o noroeste argentino (GEPTS, 1986). Os materiais originários dos cruzamentos entre variedades cultivadas e silvestres, atribuídos a este *pool*, são férteis e sem impedimento de cruzamento entre si. O secundário compreende *P. coccineus* L., *P. costaricensis* e *P. polyanthus*. O terciário *P. acutifolius* L. e *P. parvifolius* e, por fim, o quaternário *P. filiformis* e *P. angustissimus* (SINGH, 2001).

Segundo Delgado-Salinas et al. (2006) o *pool* genético dos programas de melhoramento é constituído pelas espécies domesticadas: *P. vulgaris* L., *P. dumosus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* L. e *P. lunatus* L.

No Brasil, os genótipos cultivados possivelmente foram introduzidos a partir dos originários do México. Outra hipótese seria a de utilização dos provenientes dos Andes peruanos e, finalmente, a introdução baseada em feijão trazido por imigrantes europeus (DEBOUCK et al., 1993).

A domesticação, proporcionou hábitos de crescimento mais compactos, eretos, com aumento das partes vegetativas, aumento de tamanho de sementes e vagens, perda de sensibilidade ao fotoperíodo e dormência de sementes, além de reduzir a deiscência de vagens (SMARTT, 1980).

## 2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A produção de hortaliças é uma atividade caracterizada, em sua maioria, pela presença em pequenas propriedades, seja para consumo próprio ou com a finalidade de comercialização (VIEIRA et al., 2014).

A estimativa de produção de feijão-vagem no mundo é em torno de 21 milhões de toneladas, sendo a China, Indonésia, Índia, Turquia e Tailândia os maiores produtores (FAO, 2014). No Brasil, a produção é destinada principalmente para o consumo *in natura*, com a menor parte utilizada para indústria de conservas e exportação (VIGGIANO, 1990).

No cenário nacional o cultivo tornou-se importante, sendo os principais produtores de vagem os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, que produzem juntos cerca de 80% de toda a produção do país (IBGE, 2003). A produtividade média na safra de 2012 foi de 57 mil toneladas (IBGE), encontrando-se no sexto lugar em volume produzido entre as hortaliças, sendo consumido em diversas localidades, atingindo valores de 0,7 kg.pessoa.<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (SIDRA, 2006).

Além da crescente demanda, a cultura possui como atrativo comercial a possibilidade do cultivo no período de entressafra de outras olerícolas, uma vez que a estrutura necessária para a condução é semelhante, além do fato de atuar na quebra do ciclo de algumas doenças (SANTOS et al., 2012).

O comércio das vagens era realizado principalmente em caixas de madeira tipo “K”, as quais apresentam capacidade de armazenamento de 17 a 20 kg e 13 a 17 kg para as vagens do tipo Manteiga e tipo Macarrão, respectivamente. Entretanto, o processo de readequação das embalagens de comercialização esta em vigência, por meio da substituição de caixas de madeira, usada em média cinco vezes, por plástico, usada 260 vezes (LUENGO et al., 2012).

Segundo os autores, a caixa de plástico é higienizável, com vida útil extensa além de poder ser reciclada, de modo que seu impacto ambiental seja reduzido.

### 2.3 ASPECTOS BOTÂNICOS

O feijão-vagem é uma espécie predominantemente autógama, domesticada há mais de sete mil anos, classificada como planta anual diplóide (VIEIRA et al., 1999), do tipo C<sub>3</sub>, portanto com mecanismo de carboxilação caracterizado pelo ciclo de Calvin.

O feijoeiro é uma fabácea anual, herbácea, com sistema radicular superficial e pivotante, cuja haste é angulosa e recoberta por pelos simples. As folhas são compostas e trifolioladas, e, baseando-se em sua estrutura floral, é classificada como uma planta autógama, uma vez que o processo de polinização ocorre após a antese floral. Este fenômeno é atingido, aproximadamente, no momento em que 20 folhas trifolioladas encontram-se devidamente expandidas e fotossinteticamente ativas, sendo que a abertura obedece o sentido ascendentes (CASTELLANE et al., 1988). Baseando-se em parâmetros culturais como o porte, distribuição de flores e vagens, grau e tipo de ramificação, necessidade de tutoramento e desempenho em campo, os hábitos de crescimento são classificados e agrupados em quatro tipos.

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2007), o primeiro tipo é o determinado, caracterizado por inflorescência terminal na haste principal e nos ramos laterais. Possui caule resistente e pouco ramificado com número reduzido de entrenós, desta forma apresenta pequeno porte, variando de 25 a 50 cm. Caracteriza-se por um ciclo mais precoce com elevada uniformidade de maturação de vagens, favorecendo a operação de colheita.

O segundo tipo classifica-se como indeterminado arbustivo, o qual apresenta tendência de crescimento vertical da haste principal, quando apoiado em

tutores, com ramos laterais curtos e numerosos. Devido ao hábito indeterminado o crescimento vegetativo é contínuo, mesmo após o início do florescimento. Plantas deste grupo possuem a capacidade de compensação quando há redução de estande.

O terceiro corresponde ao crescimento indeterminado prostrado, destacando-se pela numerosa incidência de ramificações, caracterizado por guias alongadas e ramos laterais bem desenvolvidos. Apresenta grande potencial produtivo com capacidade de compensação de menores estandes, em contrapartida, apresentam desuniformidade de maturação de vagens, especificamente aquelas localizadas no terço inferior da planta.

O tipo quatro classifica-se pelo hábito de crescimento indeterminado trepador, caracterizado pelo desenvolvimento elevado da haste principal, com muitos nós (cerca de 30) e poucos ramos laterais. Possui dominância apical predominante, necessitando tutores adequados para possibilitar a expressão do seu potencial produtivo.

No cenário comercial as principais cultivares pertencem ao grupo indeterminado, devido à maior produtividade quando comparadas ao hábito de crescimento determinado. Entretanto, a escolha de cultivares baseia-se também no formato das vagens, pois certos produtos enfrentam restrições do mercado consumidor.

Baseando-se no exposto, a classificação é realizada a partir da separação dos produtos em lotes visualmente homogêneos, os quais são descritos por propriedades padronizadas, caracterizadas pelo grupo varietal, classe e categoria (GRASSMANN, 2014).

De acordo com as Normas de Classificação (2012), o grupo varietal corresponde, na organização de cultivares, como sendo grupos com características morfológicas semelhantes e agrupados em quatro formatos, holandesa, macarrão, manteiga e metro.

Segundo as normas, a classe é uma variável associada ao comprimento, em centímetros, da menor vagem encontrada no lote. Entretanto, deve-se levar em consideração a variabilidade presente na formação de cada lote, que devem respeitar o limite de 25% para comprimento e 50% para diâmetro, comparando com maior e o menor fruto presente no lote.

Por fim, o último parâmetro utilizado é a como categoria. Esta variável define a qualidade do produto, compreendida pela tolerância do material às injúrias encontradas no produto final. Tal classificação é baseada no grau de severidade das injúrias, variando de muito grave à leve, considerando a consistência da vagem, quanto mais tenra maior seu valor comercial.

Em levantamento feito por Grassmann (2014) no estado de São Paulo, o tipo macarrão ocupa a faixa de 82 a 89% do mercado, apresentando vagens arredondadas ou levemente ovuladas, com comprimento variando de 15 a 18 cm e diâmetro de 0,8 cm. As vagens holandesa, com 11%, ocupa a segunda posição, sendo esta caracterizada pelo formato elíptico, com comprimento variando de 10 à 15 cm e diâmetro de 0,8 cm. O tipo manteiga, com 4%, é classificado por vagens de secção achatada com comprimento de 21 a 23 cm com diâmetro médio de 1,5 cm (MALUF, 1994). O tipo metro ocupa uma porção não significativa do mercado.

Para que as necessidades do feijoeiro sejam supridas, tanto para o desenvolvimento da planta quanto para a formação das vagens, a influência dos fatores ambientais devem ser considerados. Dentre os mais complexos destacam-se a temperatura máxima, mínima, estresse hídrico, umidade relativa do ar e nutrição mineral (ZIMMERMANN et al., 1988).

De acordo com Filgueira (2006) a cultura possui ampla adaptação, atuando em uma faixa térmica de 18 a 30°C. Entretanto constata-se que o termoperíodo ideal, sem o qual não é possível maximizar a produção, é em torno de 29,5°C durante o dia e 21°C à noite.

Temperaturas próximas a 35°C tendem a causar decréscimo no estande, aborto de flores e frutos, culminando em baixo vigamento das vagens. Este fenômeno também é responsável pela elevação da taxa respiratória, provocando redução nos teores de amido e açúcares, e conseqüentemente, atuando diretamente na redução na formação e retenção de vagens (ZIMMERMANN et al., 1988).

Ainda, segundo o mesmo autor, baixas temperaturas provocam elevação na taxa de abortamento das sementes, intensificando a danificação aos órgãos reprodutivos da planta, culminando em decréscimo acentuado na germinação do grão de pólen. Farlow (1981), ao estudar a influência dos efeitos térmicos no desenvolvimento reprodutivo do feijoeiro, constatou que temperaturas

inferiores a 12,8°C diminuem o número de vagem e sementes por planta, sendo estabilizadas somente ao atingirem 21°C.

Associado aos fatores térmicos, baixos percentuais de umidades relativa aliada a altas temperaturas e ação de ventos, fazem com que o ambiente propicie condições desfavoráveis na atmosfera ao redor da planta. A ocorrência do aborto excessivo e redução da retenção de vagens, são consequências prejudiciais ao plantel, as quais culminam em redução de produção e influência deletéria em variáveis nutricionais (FANCELLI; DOURADO NETTO, 2007; ZIMMERMANN et al., 1988).

O estresse hídrico diminui a eficiência fotossintética e ocasiona a escassez de fotoassimilados, o que reduz o enchimento de vagens (O'TOOLE et al. 1977). Tal escassez tem a capacidade de gerar instabilidade na relação entre a demanda de evapotranspiração e tensão de água apresentada na planta.

Desta forma, a nutrição da planta torna-se essencial e, se realizada incorretamente, também é classificada como fator limitante, agindo diretamente sobre o abortamento de flores e vagens. Quando mal nutrida, o feijoeiro não atinge a capacidade máxima na emissão floral e, conseqüentemente, diminui o estande final de vagens comerciais. Neste contexto, o nitrogênio destaca-se como o nutriente requerido em demanda elevada e disponível, majoritariamente, nas fases de florescimento e enchimento de grãos e vagens (FANCELLI; DOURADO NETTO, 2007; ZIMMERMANN et al., 1988).

#### 2.4 CONDUÇÃO DA CULTURA

No cenário nacional, o feijão-vagem de crescimento indeterminado é o preferido entre os produtores. O fator que influencia na escolha do cultivo tutorado é a possibilidade de consorciação e rotação de culturas com diversas hortaliças, principalmente o tomate e o pepino, pois necessitam de instalações semelhantes e depositam uma variedade de resíduos culturais, importante em um sistema que prioriza um cultivo diversificado e escalonado.

A implantação da lavoura de feijão-vagem é caracterizada pela semeadura direta, já que para esta cultura a prática do transplantio mostra-se inviável. São semeadas de duas a três sementes por cova, no espaçamento de 1 a 1,2 m entre linhas e 0,2 a 0,5 m entre plantas, dimensões referentes a cultivares de crescimento indeterminado. A profundidade de semeadura varia de 4 a 7 cm,

dependendo das condições da área de cultivo e, após 10 a 20 dias da emergência, realiza-se o desbaste, mantendo uma ou duas plantas por cova (BOHMER, 2008).

Em um sistema sustentável, o qual visa o escalonamento de épocas de semeadura, o ciclo vegetativo torna-se uma característica fenológica determinante. Quanto mais precoce o genótipo, maior as opções disponíveis para a programação de colheitas, particularidade importante, pois as vagens atingem o ponto de colheita em momentos distintos (PEIXOTO et al., 2001).

Desta forma, época de semeadura é determinada pela variação de temperatura e distribuição pluviométrica. A cultura do feijoeiro apresenta três épocas básicas de semeadura, sendo elas época das águas (agosto a novembro), da seca (janeiro a março) e época de inverno (abril a julho).

Para a implantação da cultura seja feito adequadamente, o manejo de plantas daninhas deve ser realizado visando combater os efeitos negativos que as plantas invasoras implicam sobre a cultura, caracterizando-as como agentes competidores. O controle deve abranger o ciclo como um todo, uma vez que a redução do rendimento produtivo da cultura devido a competição pode atingir 90%, dependendo da espécie, grau de infestação, condições ambientais e estágio fenológico mais sensível (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007).

Segundo os autores, uma estratégia adequada de manejo deve aliar eficiência técnica e econômica com o momento de maior suscetibilidade das plantas invasoras, sendo que os métodos de controle utilizados são o cultural, mecânico, físico, biológico e químico. A adoção do método de controle mais apropriado depende das condições e limitações do meio produtivo, devendo respeitar aos padrões apresentados por cada propriedade.

O controle de pragas e doenças figura entre as maiores restrições culturais. O manejo correto, o qual visa minimizar impactos negativos ao ambiente, tem tornado-se preferência entre produtores. Os métodos de controle mais utilizados são o químico e o biológico, realizados quando o nível de controle de pragas ou doenças é atingido. A utilização destes métodos visam a redução da degradação ambiental, agindo majoritariamente de maneira preventiva, buscando produtos ao final da colheita com maior qualidade.

A colheita inicia-se de 60 a 70 dias após a semeadura, estendendo-se por mais 30 dias, para cultivares com maior porte e 55 a 60 dias, prolongando-se por mais 15 dias, para as cultivares de porte reduzido (BOHMER, 2008). As vagens

são colhidas imaturas, com sementes pouco desenvolvidas, quando estas atingirem o máximo de acréscimo de massa, entretanto antes de tornarem-se fibrosas e com sementes salientes, normalmente no estágio R8 (BARZAN et al., 2014).

## 2.5 SISTEMA DE CULTIVO ORGÂNICO

Existem diversas opções para condução e estabelecimento de um sistema produtivo, dentre eles destaca-se o cultivo orgânico aliado ao protegido. A definição do sistema deve ser realizada adequando as condições locais, incluindo a demanda do mercado consumidor da região.

Todavia, a produção está sujeita a riscos além daqueles enfrentados pela agricultura convencional. A preocupação com o meio ambiente aliado à alimentação saudável vem proporcionando um crescimento significativo da agricultura orgânica. De acordo com Sedyama et al. (2014), o cultivo orgânico é, em sua maioria, adotado por agricultores familiares devido a adaptação de gestão das pequenas propriedades, caracterizando-se pelo cultivo de diversos produtos com mão de obra familiar, menor necessidade de recursos e capital externos.

Este conceito arquiteta um sistema produtivo sustentável, fundamentado na preservação ambiental, visando diminuir os efeitos adversos no ecossistema, por meio de alternativas de manejo. Possui como característica a proibição do uso de compostos sintéticos como herbicidas, pesticidas, reguladores de crescimento e fertilizantes (LUZ et al., 2007).

Desta forma, a adubação orgânica tem por finalidade restabelecer os nutrientes retirados pela planta, aumentando gradativamente a fertilidade do solo, priorizando práticas de manejo que incrementam ou potencializam as atividades biológicas do solo (PEREIRA et al., 2015).

A utilização de recursos deve ser realizada por meio do fornecimento de nutrientes de forma ampla e diversificada baseando-se em adubos verdes, compostos orgânicos, restos culturais, dejetos de animais, dentre outros (SANTOS, 2011).

Uma vez que grande parte das hortaliças são consumidas *in natura*, é essencial conhecer a qualidade sanitária dos resíduos aplicados no solo, principalmente quando esterco de animais são utilizados (SEDIYAMA et al., 2000). Desta forma, segundo o autor, a fermentação da matéria orgânica presente nos dejetos e na compostagem com outros resíduos é importante, pois reduz a

contaminação de microrganismos patogênicos, melhorando a qualidade e disponibilidade de nutrientes para a cultura.

Neste contexto, a compostagem é a estratégia apropriada para o emprego dos resíduos. Um composto adequado apresenta matéria orgânica transformada em húmus, com condições de armazenamento de água, ar e nutrientes totalmente estruturadas (LUCON; CHAVES, 2004). A compostagem é o procedimento aeróbico concretizado pela decomposição microbiana da matéria orgânica, caracterizado pela simplicidade e baixo custo (SEDIYAMA et al., 2014), sendo, portanto, o mais empregado neste sistema.

A sucessão e rotação de culturas aparece como manejo apropriado para lavouras de hortaliças, indispensável no cultivo devido a elevada incidência de pragas e doenças, destacando-se negativamente como o grupo com maiores problemas fitossanitários. A atividade consiste em evitar o plantio sucessivo de uma mesma cultura ou família em um determinado local por período de tempo duradouro. Busca-se evitar a reprodução e acúmulo de organismos fitopatogênicos, facilitando o controle (SEDIYAMA et al., 2014; CORRÊA et al., 2014; BRANCO et al., 2010),

De modo geral, em hortas familiares, há maior incidência desta prática. Para o feijão-vagem recomenda-se rotações com plantios após as culturas do almeirão, chicória, brócolis, beterraba, ervilha e quiabo e, antes de repolho, alface e cereais, já quando realiza-se a prática de sucessão é comum utilizar tomate (TRANI et al., 2015; BRANCO et al., 2010).

Para o controle de plantas daninhas, a estratégia de prevenção é a principal proposta de manejo e compreende na adoção de práticas que evitem a entrada de espécies indesejadas na área de cultivo. Uma das maneiras de alcançar tal objetivo é pelo impedimento mecânico da emergência das plantas espontâneas, por meio da cobertura morta. É um método de baixo custo com fácil execução, além de proteger e reduzir a erosão do solo (SEDIYAMA et al., 2010; TRANI et al., 2015).

Outra tática comum é a redução do espaçamento entre fileiras até o estabelecimento do sistema existente (CORRÊA et al., 2014), sem causar um desequilíbrio ecológico e com a menor interferência nos componentes produtivos.

O controle fitossanitário, em um sistema orgânico, somente é realizado quando a possibilidade de danos à produção é eminente. Este sistema enfrenta grande desafios pela não utilização de agroquímicos (SHALLENBERGER et

al, 2013), logo, o melhor controle é atingido com um agrupamento de estratégias de manejo, variando conforme a região (VIDA et al., 2004; ZAMBOLIM et al., 1993).

O manejo integrado pode ser conduzido por uma gama de possibilidades. Uma consiste na diversificação da vegetação ao redor da lavoura, introduzindo plantas que atuam como abrigo e alimento alternativo para inimigos naturais, os quais podem ser liberados, com finalidade de aumentar a população (SANTOS, 2011; SEDIYAMA et al., 2014).

A utilização de produtos naturais aparece entre as técnicas mais comuns, destacando-se urina e leite cru de vaca, extratos de plantas como o óleo de Neem, e as caldas tradicionais, como a Bordaleza, Sulfocálcica e Visoça (CAMPANHOLA; VALARINI, 2001). Apesar da existência de vários métodos alternativos, um grande revés é a falta de registros para produtos naturais e agentes biológicos, dificultando atender a demanda dos produtores (SEDIYAMA et al., 2014).

## 2.6 CULTIVO PROTEGIDO

O sistema de cultivo tradicional está à mercê da sazonalidade edafoclimática, limitando as épocas de cultivos para cada espécie, além de ficarem exposto a pragas e doenças por um período mais prolongado. O cultivo protegido possibilitou a produtores gerenciar um cronograma que possibilite estabilidade produtiva e, conseqüentemente, financeira, elevando a margem lucrativa (BEZERRA, 2003).

O uso adequado deste sistema permite atingir produtividades superiores as obtidas a campo. Pode-se exemplificar por meio da cultura do pimentão, que alcança cerca de 30 toneladas de frutos por hectare em ambiente convencional, contra 180 toneladas em cultivo protegido (BOHMER, 2008).

Este ambiente pode ser caracterizado por túnel, estufa agrícola ou casa de vegetação, construídas de madeira ou metal, revestidas por plástico ou vidro, sendo que quando as estruturas apresentam altura elevada é possível ser realizado o cultivo em solo (PURQUEIRO; TIVELLI, 2006).

O conhecimento do microclima e sua interação com diversos elementos do sistema são essenciais para o manejo. No interior das estufas, as condições ambientais podem ser criadas e mantidas por meio de equipamentos como ventiladores, exaustores, aquecedores, nebulizadores, lâmpadas e outros gerando um microclima ideal com temperatura, umidade do ar, radiação, solo e

vento, independente da estação do ano, permitindo a passagem da luz, indispensável para a fotossíntese (BEZERRA, 2003).

A radiação solar é o principal fator limitante, especialmente no inverno e em altitudes elevadas. No ambiente protegido, a fração difusa é maior do que a encontrada no ambiente externo, sendo favorável para o cultivo, pois resulta em maior eficiência para a realização da fotossíntese, atuando de forma multidirecional e, assim, penetra e distribui-se uniformemente no estande vegetal (ANDRIOLO, 1999). Todavia, deve-se levar em consideração que parte da radiação que penetra no interior da estufa é absorvida pelo meio e convertida em energia térmica, classificada como radiação de onda longa. Após tal radiação ser transmitida para o espaço, fica em parte retida no ambiente, culminando na elevação da temperatura do ar, fenômeno conhecido como efeito estufa. O crescimento e desenvolvimento da cultura ocorrem somente quando a quantidade de radiação recebida for superior ao limite trófico (BECKMANN et al., 2006).

Desta forma, a temperatura deve ser conduzida conforme a necessidade da cultura, tendo atenção voltada para as escolhas estruturais como a altura do pé direito, presença de cortinas laterais móveis, posição da estufa conforme a inclinação do terreno, telas sintéticas e nebulizadores (PURQUEIRO; TIVELLI, 2006). Para a cultura do feijão-vagem se deve propiciar ambientes que evitem temperaturas mínimas prejudiciais para o cultivo e as estufas agrícolas mostram-se eficientes no aumento da temperatura mínima do ar em seu interior (ANDRIOLO, 1999).

Ao comparar temperaturas médias de um ambiente protegido cultivado com feijão-vagem Macarrão Favorito Ag 480 com o meio externo, Aldrighi (2000) verificou que a média semanal das temperaturas máximas diárias no interior foi superiores as constatadas no ambiente externo. Para temperaturas máximas foi observado variações de 1,3 a 7,9°C, entre outubro e março, e -3,7 a 11,6°C no período de março a junho. Em contrapartida, a variação da temperatura mínima correspondeu a 0,1 a 2,1°C entre o ambiente interno e externo, no período de outubro a março, e de -2,1 a 1,2°C de março a junho. De acordo com o autor, as menores temperaturas não diferem muito entre os ambientes, fazendo com que aumentasse o ciclo do feijoeiro, sendo constatado o oposto para as mais elevadas.

Por fim, a umidade relativa do ar no interior da estrutura é extremamente variável, sendo determinada pela temperatura, em uma relação inversa (SANTOS et al, 2012).

Conforme o aumento gradativo da temperatura durante o dia, a umidade relativa diminui, atingindo níveis iguais ou inferiores ao ambiente externo. Contudo, durante a noite, os níveis elevam-se exponencialmente, podendo chegar a 100%, por meio da queda da temperatura e retenção de vapor d'água pela cobertura (ALDRIGHI, 2000).

Este fator está vinculado ao equilíbrio hídrico das plantas, o qual deve ser monitorado para evitar alterações indesejadas, suprimindo a demanda hídrica e, desta forma, reduzir os riscos de queda de produtividade (DE SÁ et al., 2005).

## 2.7 ASPECTOS NUTRICIONAIS

As deficiências de nutrientes minerais afetam grande parte da população mundial, logo, estratégias de suplementação alimentar mais abrangente são desejáveis. Em meio aos vegetais mais consumidos, as leguminosas destacam-se como alternativa adequada, uma vez que possuem composição nutricional abrangente, atendendo a demanda de diversos componentes.

Desta forma, uma quantidade adequada pode ser consumida diariamente para manter a atividade metabólica, ocasionando normalidade no funcionamento celular (JOST et al., 2010). Neste contexto, o feijoeiro incide como fonte alimentar apropriada, provendo produtos como vagens e sementes que apresentam quantidades adequadas de minerais como fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe) e zinco (Zn), (MESQUITA et al., 2007; SANTOS et al., 2002; SATHE et al., 1984).

Para o organismo humano são necessários, em  $\text{mg dia}^{-1}$ , 1.000 a 1200 de Ca, 4.700 de K, 700 de P, 850 de S, 315 e 410 de Mg e 11 e 14 de Zn para mulheres e homens, respectivamente. Para o Fe, é exigido 0,05 a 4.000  $\text{mg dia}^{-1}$  para cada litro de sangue, independente ao sexo (FIB, 2008).

Nas vagens os nutrientes são encontrados em faixas que variam de 3,20 a 4,50% de nitrogênio, 0,24 a 0,29% de P, 1,50 a 2,20% de K, 0,20 a 0,40% de Ca, 0,30 a 0,40% de Mg, 1,20 a 3,00  $\text{mg L}^{-1}$  de Fe e, 45 a 66  $\text{mg L}^{-1}$  de Zn. As concentrações estão sujeitas a variações conforme as condições presentes nos sistema, mas sempre se mantendo próximo ao relatado (ZIMMERMANN et al, 1988).

O feijão proporciona diversos benefícios a saúde, é uma das principais fontes de cálcio entre os vegetais, presente em vagens e grãos imaturos e encontra-se prontamente disponível para a absorção do organismo humano (MIGLIORANZA et al., 2003). O cálcio é o mineral mais abundante no organismo humano, constitui aproximadamente 2% do peso corporal e 39% dos minerais encontrados no corpo. A organização mundial de saúde recomenda a ingestão de cálcio para todos os grupos etários, devido sua participação na formação de massa e densidade óssea, influenciando na transmissão nervosa e na regulação da função muscular cardíaca (LOBO; TRAMONTE, 2004).

O fósforo está em segundo lugar, referente a presença nos tecidos humanos, com cerca de 700 g constituindo tecidos adultos e 85% presente no esqueleto e dentes como cristais de fosfato de cálcio. Os 15% restantes encontram-se em um pool metabolicamente ativo nas células corporais e no compartimento de fluido extracelular (MADRUGA et al., 2004).

O ferro é outro nutriente presente em grandes quantidades nas vagens, sendo que grande parte encontra-se disponível para absorção do organismo, devendo ser consumido regularmente, pois, sua deficiência implica em anemia. O corpo humano adulto contém ferro em dois sistemas: o funcional da hemoglobina, mioglobina e enzimas e o ferro armazenado na ferritina, hemossiderina e transferrina. É um mineral altamente conservado pelo corpo, cerca de 90% são recuperados e reutilizados (VIEIRA et al., 1999).

O potássio é o principal cátion do fluido intracelular, estando presente em pequenas quantidades no fluido extracelular. Juntamente com o sódio, o potássio está envolvido na manutenção do equilíbrio hídrico normal, equilíbrio osmótico e o equilíbrio ácido-base. Juntamente com o cálcio, é importante na regulação da atividade neuromuscular (BEYER; QUEBEDEAUX, 2005). Hendler (1994) relata que as maiores fontes naturais de potássio são as frutas e hortaliças frescas.

Aliado a composição mineral, as vagens e sementes caracterizam-se por elevados teores proteicos e baixos índices lipídicos, possuindo efeitos benéficos no controle de doenças cardiovasculares, diabetes, dentre outras (GOUVEIA, 2013) além de elevados teores de fibra alimentar, carboidratos complexos, vitaminas do complexo B, A e C (MESQUITA et al., 2007).

A qualidade nutricional das proteínas vegetais pode estar subestimada devido aos estudos com fontes animais. Dados referentes à alimentação humana mais relevante confirmam a adequação das proteínas vegetais no suprimento das necessidades de adultos e de crianças, fazendo das vagens um produto alternativo.

Os lipídios presente são constituídos por uma mistura de tri, di e monoacilgliceróis, ácidos graxos livres, glicolipídios, fosfolipídios, esteróis e outras substâncias. A maior parte destes constituintes é oxidável em diferentes graus, sendo que os ácidos graxos insaturados são as estruturas mais susceptíveis ao processo oxidativo. Os teores proteicos e lipídicos das vagens, segundo Baudoin e Maquet (1999), atingem valores na faixa de 20 a 28,13% para proteínas, e cerca de 2% de extrato etéreo.

Este alimento possui substâncias que elevam sua atratividade perante o consumidor. Diferentes fitoquímicos, muitos dos quais desempenham funções biológicas, com destaque para aqueles com ação antioxidante, estão presentes em sua constituição. Estudos têm demonstrado que além de  $\beta$ -caroteno, vitamina C e vitamina E, os compostos fenólicos também estão relacionados à capacidade antioxidante de vários vegetais (LIMA, et al., 2004).

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso, se formam em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, entre outros. Tais compostos encontram-se em larga escala nas plantas cultivadas, sendo um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina. Os fenólicos, em plantas, são essenciais no crescimento e reprodução dos vegetais, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuírem na pigmentação (SHAHIDI; NACZK, 1995). Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (PELEG et al., 1998).

Definidos como substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo os seus grupos funcionais, possuem estrutura variável e multifuncional. Existem cerca de cinco mil fenóis, entre eles, destacam-se os ácidos fenólicos (ácidos benzóico, cinâmico e seus derivados), os flavonóides (antocianinas, flavonóis e seus derivados), os fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis. Os compostos fenólicos englobam desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Encontram-se presentes nos

vegetais na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas (BRAVO, 1998)

Neste contexto, os antioxidantes aparecem como compostos relevantes, podendo ser divididos em duas classes: a com e sem atividade enzimática. Na primeira, estão os compostos capazes de bloquear a iniciação da oxidação, ou seja, as enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio. Na segunda, moléculas que interagem com as espécies radicalares e são consumidas durante a reação (ANGELO; JORGE, 2007).

Estas são moléculas naturais, que previnem a formação descontrolada de radicais livres e espécies reativas de oxigênio ou que inibem a sua reação com as estruturas biológicas. Ocorre a interrupção da reação em cadeia, resultando na formação de radicais com baixa reatividade de propagação, sendo neutralizados por outro radical, formando produtos estáveis e/ou podem ser reciclados por outro antioxidante (VALKO et al., 2004).

Nos seres vivos, a produção de radicais livres é controlada por diversos compostos oxidantes, os quais podem ter origem endógena (superóxido dismutase, a catalase e a peroxidase entre outras) ou serem provenientes da dieta alimentar, entre outras fontes. São exemplo os tocoferóis, ácido ascórbico, polifenóis, selênio e os carotenoides (VALKO et al., 2004). Quando a disponibilidade de antioxidantes é reduzida, podem ocorrer lesões oxidativas de caráter acumulativo. Os antioxidantes são capazes de estabilizar ou desativar os radicais livres antes que ataquem os alvos biológicos nas células (SOUSA et al., 2007).

O feijão contém uma grande diversidade de flavonoides, antocianinas, proantocianidinas e isoflavonas, bem como alguns ácidos fenólicos. Os compostos fenólicos encontram-se presentes predominantemente no tegumento (revestimento) do feijão (BENINGER; HOSFIELD; NAIR 1998).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos deve-se sobretudo às suas propriedades redutoras e estrutura química. Estas características têm um papel importante na neutralização ou sequestro de radicais livres e na quelação de metais de transição, atuando tanto na etapa de iniciação como no desenvolvimento do processo oxidativo. Os intermediários formados pela ação dos antioxidantes fenólicos são relativamente estáveis, devido à ressonância do anel aromático presente na estrutura destas substâncias (SOUSA et al., 2007).

Estudos atribuem potencial do feijão na prevenção e redução de várias patologias como a obesidade, diabetes, dislipidemias, neoplasias, doenças cardíacas, colesterol entre outras perturbações crônicas. Finley et al. (2007) concluiu que o consumo diário de feijão reduz o colesterol em indivíduos saudáveis e nos pré-condicionados para a síndrome metabólica. Este estudo indica também que o consumo de feijão pode afetar favoravelmente o perfil lipídico associado com a doença cardiovascular. Winham et al. (2007) recomendam a ingestão de feijão na redução do colesterol sérico total e LDL reduzindo assim o risco de doença cardíaca coronária.

Diversos estudos estão sendo realizados com o objetivo de desenvolver alimentos a base de feijão devido as características apresentadas (GOUVEIA, 2013).

### **3 ARTIGO A: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-VAGEM CULTIVADOS EM SISTEMA ORGÂNICO PROTEGIDO.**

#### **3.1 RESUMO**

A procura por alimentos saudáveis possibilita agregar valor ao sistema produtivo das hortaliças, dentre elas o feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), por meio de associação de técnicas como o cultivo orgânico protegido. Desta forma, objetivou-se avaliar o desempenho agronômico de genótipos de feijão-vagem de crescimento indeterminado em sistema orgânico protegido. O experimento foi conduzido por duas épocas em estufa com manejo orgânico estabelecido. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial, com quatro repetições. Foram avaliados oito genótipos (Teresópolis Ag 481, HAV 69, HAV 41, Preferido Ag 482, Macarrão Brasília, Trepador Top Seed, HT 30 e Favorito Ag 480) em duas épocas (primavera/verão e outono/inverno). Foram avaliados dias para florescimento, número de vagens comerciais, massa média de vagem, produtividade, comprimento e diâmetro de vagens comerciais. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade, e pela análise de componentes principais (ACP). Constatou-se influência ambiental e uma correlação positiva entre as variáveis massa fresca, comprimento de vagens, diâmetro de vagens e produtividade, sendo que a cultivar Teresópolis Ag 481 foi a que apresentou o melhor desempenho.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L., orgânico, manejo, crescimento indeterminado.

#### **3.2 ABSTRACT**

The demand for healthy foods allows adding value to the production system of vegetable crops, among them the snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.), through association of techniques like the protected organic cropping. In this way, the work aimed to evaluate the agronomic performance of snap bean genotypes of indeterminate growth habit in protected organic system. The experiment was conducted for two seasons in greenhouse with established organic management. The experimental design was a randomized block in a factorial design with four replications, were evaluated eight genotypes (Teresópolis Ag 481, HAV 69, HAV 41,

Preferido Ag 482, Macarrão Brasília, Trepador Top Seed, HT 30 and Favorito Ag 480) in two seasons (spring/summer and fall/winter). Were evaluated days to flowering, number of commercial pods, average mass of pods, yield, length and diameter of commercial pods. The data have been submitted to analysis of variance by F test ( $p < 0.05$ ) and the averages compared by Tukey test, 5% probability, and the principal component analysis (PCA). It was observed high environmental influence and a positive correlation between the variables fresh weight, length of pods, pod diameter and productivity, and the cultivate Teresopolis was the one with the best performance in the field.

**Key-words:** *Phaseolus vulgaris* L., organic, types of management, indeterminate growth.

### 3.3 INTRODUÇÃO

A crescente demanda da população por alimentos saudáveis vem estimulando o aumento exponencial da agricultura orgânica (BRANCO et al., 2010), a qual é baseada em um manejo sustentável, preocupada tanto com o componente ambiental quanto com o socioeconômico (CARNEIRO, 2014).

No Brasil, o feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) desponta como importante hortaliça (VIDAL et al., 2007), figurando entre as mais consumidas, com produtividade média da safra de aproximadamente 21 mil toneladas (DERAL/SEAB, 2013).

O feijoeiro é classificado conforme o hábito de crescimento em determinado e indeterminado. Dentre as áreas cultivadas, as principais cultivares são de hábito indeterminado, caracterizadas por um meristema apical vegetativo, o qual permite um crescimento constante, e pela possibilidade de realização de colheitas escalonadas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007) com rotação ou consorciação de culturas.

Vários órgãos de pesquisa vêm comprovando a viabilidade do cultivo do feijão-vagem orgânico (SANTOS, 2011), todavia, é uma cultura que necessita de maior aporte de pesquisa, para que possibilite a obtenção de genótipos mais produtivos e com maior qualidade comercial (ALMEIDA et al., 2014), além de retorno

financeiro para agricultores familiares (CONSTANTY; DAROLT, 2014), os quais são os principais produtores.

Dentre as principais características deste sistema encontra-se a manutenção da fertilidade por meio de composto orgânicos e resíduos culturais, controle biológico de insetos e combate preventivo de doenças por meio de caldas tradicionais (SANTOS, 2011).

Como o manejo orgânico confronta com riscos que vão além daqueles presentes no manejo convencional (SEDIYAMA et al., 2014), a adoção de práticas como o cultivo protegido torna-se uma opção para diminuí-los.

Este ambiente propicia proteção para as plantas contra intempéries meteorológicas, permitindo a passagem de luz, essencial para um sistema fotossintético, além do controle de temperatura, umidade do ar, vento e disponibilidade hídrica (PURQUEIRO; TIVELLI, 2006).

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico de genótipos de feijão-vagem de hábito de crescimento indeterminado em manejo orgânico protegido.

### **3.4 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL), localizada 23°19'42" S, 51°12'11" W e altitude 594m, em solo Latossolo vermelho eutroférico e, segundo a classificação de Koppen, a região se enquadra no clima tipo Cfa, com verões quentes e baixa frequência de geadas.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, resultando em esquema fatorial, com quatro repetições. Foram avaliados oito genótipos de feijão-vagem de hábito indeterminado (Teresópolis Ag 481, HAV 69, HAV 41, Preferido Ag 482, Macarrão Brasília, Trepador Top Seed, HT 30 e Favorito Ag 480) em duas épocas de cultivo (primavera/verão e outono/inverno). Cada tratamento foi composto por 10 plantas espaçadas em 0,20 m na linha e 1 m entre linhas.

O trabalho foi conduzido em área de cultivo protegido com manejo orgânico estabelecido. Realizou-se a manutenção da fertilidade com base em análises química do solo (Tabela 3.1), por meio da aplicação de composto orgânico.

**Tabela 3.1** - Análises químicas do solo com manejo orgânico estabelecido em duas épocas de cultivo, Londrina, 2016.

EP	pH*	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+</sup>	H + Al	K <sup>+</sup>	SB <sup>3</sup>	CTC <sup>4</sup>	P	C	MO <sup>5</sup>	V <sup>6</sup>
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	%
1 <sup>1</sup>	6,26	8,90	2,50	0,00	3,18	0,54	11,94	15,12	122,34	2,10	3,63	78,97
2 <sup>2</sup>	5,64	5,45	3,82	0,02	2,88	0,39	9,66	12,54	80,61	1,48	2,55	77,03

<sup>1</sup> Primeira época primavera/verão; <sup>2</sup> Segunda época outono/inverno; <sup>3</sup> Soma de bases; <sup>4</sup> Capacidade de troca catiônica; <sup>5</sup> Matéria Orgânica; <sup>6</sup> Saturação de bases.

\*pH em CaCl<sub>2</sub>; SB calculada com base em pH 7

A semeadura da primeira época ocorreu em 05 de setembro de 2014 e a segunda em 02 de abril de 2015. Foram utilizadas três sementes por cova e, após o feijoeiro atingir o estágio V3, realizou-se o raleio mantendo uma planta por cova, a irrigação foi realizada por aspersão, acionada sempre que necessária, mantendo o solo em condição friável.

Os tratos culturais seguiram os parâmetros tolerados para o cultivo orgânico (MAPA, 1999; BRASIL, 2003). Para o controle de pragas, como a mosca branca (*Bemisia tabaci* Geen.), pulverizou-se uma solução com detergente neutro a 1 % (VIDAL et al., 2007) e, não houve necessidade de combate a doenças, devido a baixa incidência.

As avaliações realizadas foram: dias para florescimento (DPF) - número de dias da semeadura à antese da primeira flor; número de vagens comerciais (NVC) - vagens por planta maiores que 10 cm; massa média de vagem (MMV); produtividade (PROD) - três colheitas durante o ciclo; comprimento de vagens comerciais (CVC) - mensuradas em 10 vagens por planta e, diâmetro de vagens comerciais (DVC) - avaliadas 10 vagens na área mediana, medidas com paquímetro.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade, e pela análise de componentes principais (ACP). Utilizou-se o software R para análise dos dados.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, constatou-se diferença significativa para a interação Genótipos (G) x Épocas (E) para todas as variáveis, à exceção de dias para florescimento (DPF), a qual não apresentou interação entre os

fatores (Tabela 3.2) Os coeficientes de variação (CV) encontram-se na faixa de 3,42 a 12,62, estando de acordo com valores relatados por Peixoto et al. (2001) e Peixoto et al. (2002).

A variação em DPF correlaciona-se diretamente com a duração do ciclo dos genótipos, sendo que tal característica é exclusiva de cada material e considerada no processo de seleção dos mesmos, uma vez que serve como parâmetro para estudos que tem por finalidade a produção de genótipos com maior precocidade e alta produtividade (SILVA et al., 2014), portanto, quanto menor o período para a antese das primeiras flores menor a duração do ciclo de cultivo. Nas condições de cultivo estabelecidas, observou-se que a linhagem HAV 69 foi a mais precoce, necessitando de 37 dias para florescer e, HT 30 apresentou o ciclo mais tardio, com 48 dias (Tabela 3.2). A determinação do DPF é de suma importância, pois, possibilita posicionar cada cultivar nas condições ambientais mais adequadas para que os genótipos possam expressar seu máximo potencial produtivo, além de permitir uma melhor planejamento do processo de colheita (PEIXOTO et al., 2001).

Com relação à variação atribuída as épocas de cultivo, pode-se observar maior precocidade para os genótipos cultivados na primeira época (Tabela 3.2). Este comportamento é explicado pela diferença de temperatura entre os períodos de condução da cultura, pois o florescimento ocorre após um determinado acúmulo de unidades térmicas, sendo que as altas temperaturas (Figura 3.1) proporcionam a redução no número de dias para florescimento (DIDONET; SILVA, 2015). Os mesmos autores, também relatam que tais efeitos ocorrem devido a influência da temperatura nos processos metabólicos internos da planta, os quais estão diretamente relacionados com mudanças visuais externas durante o ciclo da cultura, dentre elas o aparecimento de flores.

Para número de vagens comerciais (NVC), houve predominância de maiores médias durante a segunda época de cultivo, com exceção para o genótipo HAV 41, o qual destacou-se na primeira safra superando os demais, apresentando 42 vagens comerciais por planta. Este comportamento foi contrário ao seu desempenho na segunda época, onde foi estatisticamente semelhante a cultivar Teresópolis Ag 481, a qual apresentou o menor número de vagens comerciais por planta (25,49) (Tabela 3.2). Estes resultados diferem daqueles encontrados por Peixoto et al. (2001), que alcançaram média de 60 vagens comerciais por planta para a linhagem HAV 41, fazendo com que esta figurasse entre as mais responsivas.

**Tabela 3.2** - Dias para florescimento (DPF), número de vagens comerciais (NVC), massa médio de vagens (MMV), produtividade (PROD), comprimento de vagens comerciais (CVC) e diâmetro de vagens comerciais (DVC) de genótipos de feijão-vagem de crescimento indeterminado cultivados em sistema orgânico protegido em diferentes épocas, Londrina, 2016.

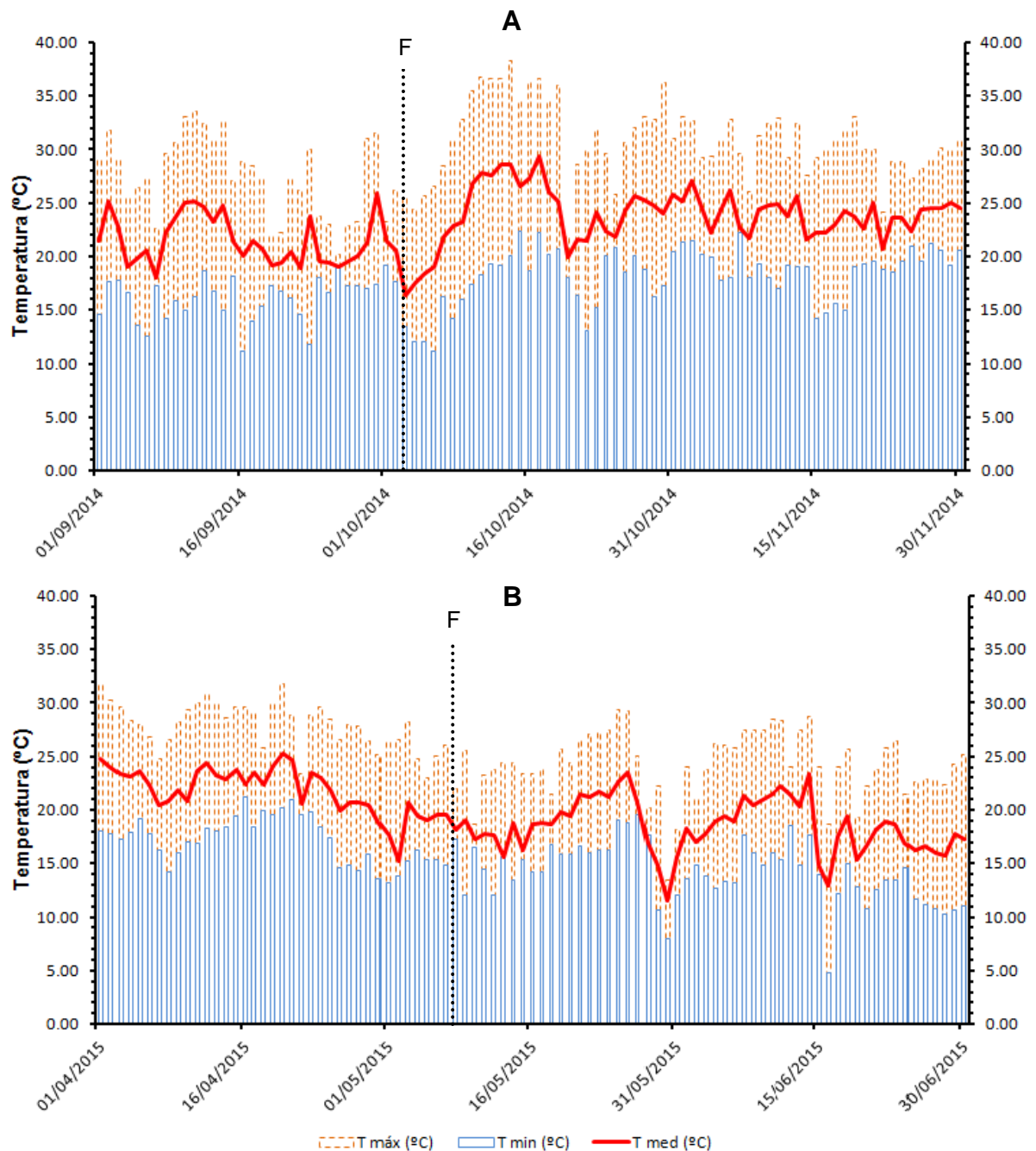
Genótipos	DPF (dias)		NVC (planta <sup>-1</sup> )		MMV (g)		PROD (t ha <sup>-1</sup> )		CVC (cm)		DVC (cm)	
	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2
Teresópolis	45,38 b		27,40 Acd	25,49 Ad	9,21 Ba	15,26 Aa	12,57 Bab	19,39 Aa	17,91 Ba	21,84 Aa	1,11 Ba	1,24 Aa
HAV 69	36,13 f		39,82 Aab	42,22 Aa	5,83 Bc	7,93 Abc	11,60 Bab	16,67 Aab	13,61 Bbc	14,96 Ad	1,01 Aabcd	1,02 Abc
HAV 41	39,25 e		42,05 Aa	31,99 Bcd	6,53 Bbc	8,37 Abc	13,73 Aa	13,23 Ab	14,31 Ab	15,05 Ad	0,86 Acd	0,91 Ac
Preferido	41,13 de		33,15 Abc	36,15 Aabc	7,80 Bab	8,83 Abc	12,88 Ba	15,93 Aab	12,67 Bcd	15,09 Acd	0,94 Abcd	0,88 Ac
Brasília	44,25 b		33,74 Bbc	39,57 Aab	7,25 Bbc	9,74 Ab	12,20 Bab	19,39 Aa	14,11 Bbc	17,00 Ab	0,99 Aabcd	0,96 Abc
Trepador	44,13 bc		23,28 Bd	34,93 Abc	7,62 Ab	8,47 Abc	8,82 Bb	14,96 Ab	11,92 Bd	14,78 Ad	0,86 Ad	0,96 Abc
HT 30	47,88 a		29,68 Bcd	35,74 Aabc	7,66 Ba	9,51 Ab	11,35 Bab	16,94 Aab	14,36 Bb	16,58 Abc	1,07 Aabc	1,08 Aab
Favorito	41,88 cd		30,37 Ac	32,46 Ac	7,43 Ab	8,42 Abc	11,26 Aab	13,66 Ab	15,12 Ab	13,83 Bd	1,09 Aab	0,92 Bbc
Média	41,94 B	43,06 A	32,44	34,82	7,42	9,56	11,8	16,27	14,35	16,05	1	0,99
Quadrado Médio												
Bloco	5,542		30,831		1,109		6,81		0,367		0,006	
Época (E)	20,250**		90,764**		73,859**		319,61**		46,342**		0,001 <sup>ns</sup>	
Genótipo (G)	109,365**		176,511**		20,871**		15,74**		32,945**		0,075**	
G x E	0,071 <sup>ns</sup>		81,405**		5,644**		13,78**		6,730**		0,018**	
Resíduo	2,113		9,42		0,496		3,14		0,456		0,005	
CV (%)	3,42		9,13		8,29		12,62		4,44		7,47	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si nas colunas (minúsculas) e na linha (maiúsculas) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*Significativo a 1%; \*Significativo a 5%; <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F (p<0,05).

A variação encontrada no desempenho da linhagem HAV 41 nas condições deste trabalho, pode ser atribuída a oscilação da temperatura, sendo que tal material mostrou-se mais sensível a este fenômeno.

**Figura 3.1** - Valores de temperatura máxima (T máx. °C), mínima (T min. °C), média (T med. °C) e momento do florescimento (F) no município de Londrina - PR durante duas safras (A - primavera/verão 2014 e B - outono/inverno 2015), (Fonte: IAPAR) Londrina, 2016.



A faixa ideal para o cultivo do feijoeiro é de 18 a 30 °C (PRELA; RIBEIRO, 2002), valores próximos aos predominantes na segunda época (outono/inverno), contrariando aqueles registrados na primeira época (primavera/verão), onde foram anotados picos de aproximadamente 39 °C (Figura 3.1).

Os demais genótipos seguiram um padrão, apresentando maiores valores de NVC na segunda época de cultivo, diferindo ou não da primeira. A classificação de genótipos entre épocas para NVC foi semelhante, com a linhagem HAV 69 apresentando maiores valores em ambas condições, seguida de HAV 41 na safra primavera/verão e Preferido Ag 482, Macarrão Brasília e HT 30 na safra outono/inverno, diferindo dos resultados encontrados por Peixoto et al. (2002), os quais verificaram maiores médias de NVC por hectare para a cultivar Teresópolis Ag 481.

Para a variável massa média de vagens (MMV), as médias foram superiores na safra outono/inverno, com exceção para os genótipos Trepador Top Seed e Favorito Ag 480, os quais não apresentaram diferença estatística (Tabela 3.2). Para os demais, a variação entre épocas está relacionado a oscilação de temperatura, uma vez que a disponibilidade hídrica e correção da fertilidade do solo estavam sob controle.

Dentre os materiais avaliados, a cultivar Teresópolis Ag 481 apresentou a maior massa fresca de vagens em ambas as épocas, com valores de 9,21 e 15,26 g respectivamente, destacando-se entre os materiais com elevada produtividade. Tal situação assemelha-se aquela encontrada por Peixoto et. al. (2002), onde as vagens da cultivar Teresópolis Ag 481 apresentaram massa fresca consideravelmente superior às demais analisadas, com média de 15,9 g. Ainda, segundo os autores, tal discrepância é atribuída ao tipo de vagem, pois aquelas classificadas como achatadas possuem maior massa fresca, confirmando os resultados observados neste experimento (Tabela 3.2).

As linhagens HAV 69 e HAV 41 apresentaram os menores valores de MMV, independente da época de cultivo analisada. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Oliveira et al. (2001), que classificaram a linhagem HAV 41 como um dos genótipos com menores massa média de vagens, com apenas 7,9 g. De acordo com os autores, não constatou-se diferença significativa entre as cultivares Favorito Ag 480, Preferido Ag 482 e Trepador Top Seed, as quais apresentaram

valores entre 8 e 8,7, sendo similar aos resultados registrados neste trabalho (Tabela 3.2).

De forma geral, o feijão-vagem apresenta produções elevadas quando cultivado em estações com temperaturas acima de 18°C, uma vez que esta cultura não atinge padrões adequados em condições térmicas inferiores a 15 °C (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007), portanto as produções mais satisfatórias ocorrem durante a primavera e/ou verão.

Entretanto, neste trabalho observou-se o inverso, maiores médias produtivas na safra outono/inverno. Tal situação ocorre devido a temperaturas elevadas, comparadas àquelas historicamente relatadas para este período, aliado ao fato de que ao decorrer do cultivo primavera/verão temperaturas próximas ao nível crítico para sobrevivência do feijoeiro foram frequentes.

Constatou-se predominância de maiores médias produtivas durante a safra outono/inverno, sendo que apenas a linhagem HAV 41 e a cultivar Favorito Ag 480 não apresentaram diferença significativa nas épocas de cultivo (Tabela 3.2). Omae et al. (2007) trabalhando com feijão-vagem relatam que a fase reprodutiva é a mais sensível as altas temperaturas, o que pode ocasionar perdas substanciais na produtividade.

Pode então observar-se uma separação dos genótipos em dois grupos independentes a safra analisada, o primeiro constituído pelos genótipos mais produtivos e o segundo por aqueles que ocuparam as últimas colocações. Aqueles que atingiram valores mais elevados para produtividade (PROD) na primeira época foram os genótipos HAV 41 e Preferido Ag 482, com médias de 13,73 e 12,88 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Para a segunda época constatou-se o mesmo padrão previamente descrito, porém com alteração dos líderes produtivos, uma vez que as cultivares Teresópolis Ag 481 e Macarrão Brasília foram o destaque, ambas com média de 19,39 ton. ha<sup>-1</sup>.

Tal variação dos genótipos em relação as épocas de cultivo pode ser atribuída a sensibilidade dos mesmos as variações ambientais, pois segundo Borém (1997) variedades cultivadas em diferentes condições podem apresentar desempenhos distintos em virtude do ambiente, fato este também confirmado por Torres et al. (2013), que ao trabalharem com estabilidade do feijão-caupi constataram este fenômeno.

Nas condições estabelecidas neste trabalho, verificou-se um destaque positivo para as cultivares Teresópolis Ag 481, Macarrão Brasília e Preferido Ag 482. Os resultados são semelhantes com aqueles encontrados por Oliveira et al. (2001) em sistema convencional, os quais constataram que a cultivar Teresópolis Ag 481 foi a mais produtiva com  $58,5 \text{ ton ha}^{-1}$ , seguida pela cultivar Preferido Ag 482 com  $39,1 \text{ ton ha}^{-1}$ . Destaca-se os maiores valores registrados pelos autores comparados aos encontrados no presente trabalho, devido ao número superior de colheitas realizadas pelos memos.

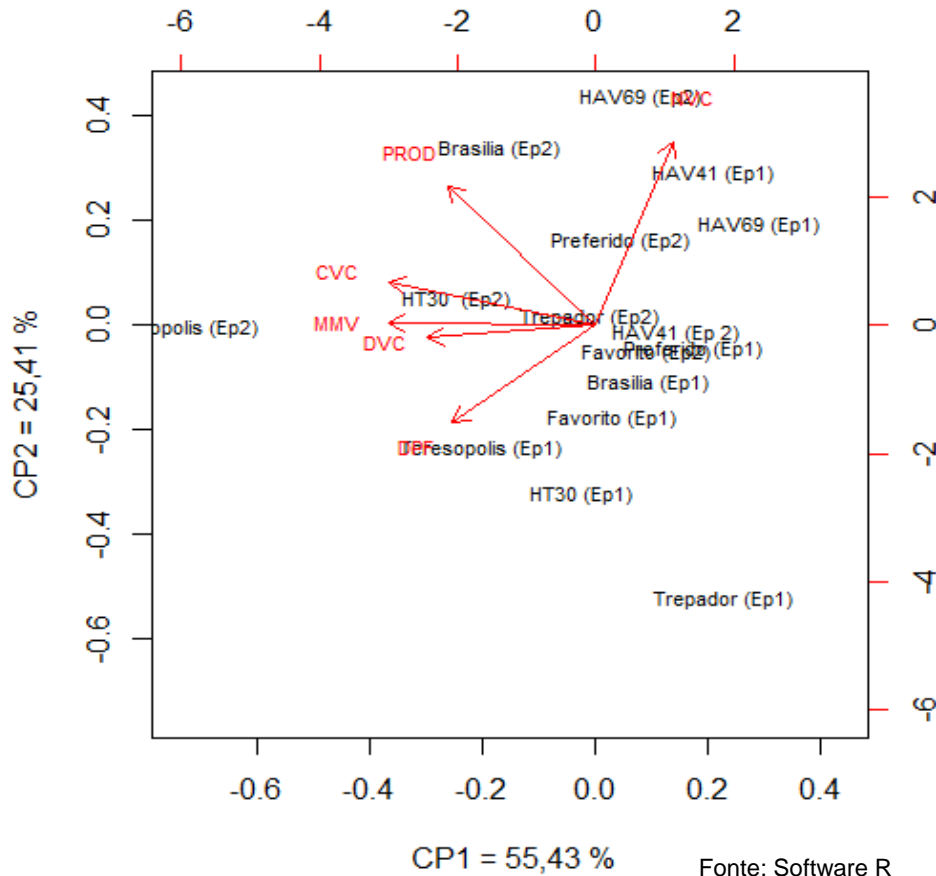
Os resultados contradizem aqueles encontrados por Peixoto et al. (2002), onde foi constatado que os genótipos HAV 41 e Favorito Ag 480 foram os mais produtivos em cinco e sete ambientes, respectivamente, em um total de oito locais. Peixoto et al. (2001) também verificaram que em quatro ambientes avaliados a cultivar Favorito Ag 480 foi a mais produtivas em todos os locais, com média de  $15,49 \text{ ton. ha}^{-1}$ , seguida por Preferido Ag 482 com  $13,13 \text{ ton. ha}^{-1}$  e HAV 41 com  $12,71 \text{ ton. ha}^{-1}$ , onde ambos apresentaram as maiores produções.

Para a avaliação completa dos genótipos não basta considerar os níveis produtivos. A morfologia das vagens desponta entre as características com maior relevância, uma vez que parte do mercado consumidor tem preferência por vagens cilíndricas, portanto aquelas classificadas como grandes e achatadas podem sofrer restrições do mercado consumidor (OLIVEIRA et al., 2001).

Desta forma, ao analisar as características fitométricas das vagens observa-se que os valores de CVC e DVC relacionam-se. Os genótipos que apresentaram maiores comprimentos também atingiram os maiores dimensões de diâmetro médio, sendo que o inverso também foi constatado.

A cultivar que apresentou maiores médias de CVC e DVC foi a Teresópolis Ag 481, independente a época de cultivo, sendo este o material com maior MMV. Este fato expõe que vagens com elevada massa fresca possui maiores médias de comprimento e diâmetro. Tais resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Peixoto et al. (2001) e Peixoto et al. (2002), os quais verificaram que a cultivar Teresópolis Ag 481 apresentou maior CVC e DVC, com valores de 23,5 e 1,5 cm respectivamente, com massa fresca de 13,7 e 15,9 g, próximos aos relatados (Tabela 3.2).

**Figura 3.2** - Análise de componentes principais (ACP) obtidas pelas variáveis de campo de oito genótipos de feijão-vagem semeados nas safras primavera/verão (EP1) e outono/inverno (EP2). Londrina, 2016.



Os genótipos HAV 41 e Trepador Top Seed apresentaram os menores valores de CVC e DVC. Estes materiais posicionaram-se entre os genótipos com menores médias de MMV, entretanto, apresentaram valores elevados de NVC, mostrando que a menor MMV foi parcialmente compensada pelo maior NVC. Resultados semelhantes aos encontrados por Peixoto et al. (2001), Oliveira et al. (2001) e Peixoto et al. (2002). Os pontos são apresentados por meio da análise de componentes principais (ACP) (Figura 3.2), em que ângulos agudos das projeções referentes às avaliações mostram correlação positiva entre si e ângulos obtusos correlações negativas.

Para esta análise é necessário que a somatória dos eixos utilizados expliquem um mínimo de 70% na variabilidade, pré requisito alcançado no plano CP1 e CP2, onde o primeiro componente principal explicou 55,43% da variabilidade

inicial e o segundo foi responsável por 25,41%, resultando em um acumulado de 80,84%. Moreira et al. (2009) e Bottega et al. (2013) avaliando componentes principais em feijão-vagem obtiveram valores acumulados de 72,84 e 71,17% até o segundo componente principal, respectivamente.

Pode se observar que as variáveis PROD, MMV, CVC e DVC apresentam ângulos inferiores a 90°, confirmando a correlação positiva entre estas características. Contudo, a relação NVC e MMV com ângulos próximos a 90° indicam baixa correlação.

A cultivar Teresópolis Ag 481, em ambas as épocas, apresentou alta relação com PROD, MMV, CVC e DVC, sendo que o oposto foi constatado para os genótipos HAV 41 e Trepador Top Seed. Também é possível visualizar alta influência ambiental na expressão das variáveis analisadas, onde a cultivar Macarrão Brasília e HT 30 estão plotadas em regiões distintas da figura em relação as épocas de semeadura.

### **3.6 CONCLUSÕES**

O feijão-vagem sofre influência ambiental, e a safra outono/inverno apresentou temperaturas adequadas para o cultivo.

A cultivar Teresópolis Ag 481 apresentou a melhor adaptação entre os genótipos testados no cultivo orgânico protegido.

## **4 ARTIGO B: CARACTERIZAÇÃO MINERAL E NUTRICIONAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-VAGEM EM SISTEMA ORGÂNICO PROTEGIDO.**

### **4.1 RESUMO**

O feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma hortaliça consumida em grande escala que possui elevado teor nutricional e quando cultivada em sistema orgânico possibilita agregar valor ao produto final. Desta forma, objetivou-se avaliar a caracterização mineral e a composição centesimal de oito genótipos de feijão-vagem de crescimento indeterminado cultivados em sistema orgânico protegido. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 8x2, sendo oito genótipos (Teresópolis Ag 481, HAV 69, HAV 41, Preferido Ag 482, Macarrão Brasília, Trepador Top Seed, HT 30 e Favorito Ag 480) e duas épocas de semeadura (primavera/verão e outono/inverno). Foram avaliados os teores de nutrientes, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas, carboidratos + fibras, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade, e pela análise de componentes principais (ACP). Constatou-se influência ambiental nas variáveis, sendo que verificou-se correlação positiva entre os teores de proteínas, extrato etéreo e cinzas, e negativa dos mesmos com carboidratos + fibras e compostos fenólicos. A atividade antioxidante mostrou-se pouco responsiva as variações ambientais.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L., bromatologia, genótipo x época, crescimento indeterminado.

### **4.2 ABSTRACT**

The snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a vegetable consumed on a large scale, with high nutritional value and when grown in organic system enables adding value to the final product. Thus, it aimed to evaluate the mineral characterization and chemical composition eight genotypes of snap beans indeterminate growth grown in protected organic system. A completely randomized design was used with three replications in a 8x2 factorial design, eight genotypes (Teresopolis Ag 481, HAV 69 HAV 41, Preferido Ag 482, Macarrão Brasilia, Trepador Top Seed, HT 30 and Favorito Ag 480) and two sowing times (spring/summer and fall/winter). Were evaluated the nutrient content, crude protein, ether extract, ash, carbohydrates +

fiber, phenolic compounds and antioxidant activity. Data were subjected to analysis of variance by F test ( $p < 0,05$ ) and the averages compared by Tukey test, 5% probability, and the principal component analysis (PCA). It was found great influence on environmental variables as the characteristics of higher concentrations varied between genotypes. There was a positive correlation between the protein, ether extract and ashes, on the other hand there was a negative correlation of them with carbohydrates + fibers and phenolic compounds. The antioxidant activity was shown to be poorly responsive to environmental variations.

**Key-words:** *Phaseolus vulgaris* L., bromatology, genotype x season, indeterminate growth.

### 4.3 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa de maior consumo mundial devido, majoritariamente, a sua composição bioquímica e qualidade nutricional (GOUVEIA, 2013), possuindo como um dos produtos finais a vagem, hortaliça consumida em larga escala.

Entre os nutrientes presentes nas vagens encontra-se nitrogênio (3,20 a 4,50%), fósforo (0,24 a 0,29%), potássio (1,50 a 2,20%), cálcio (0,20 a 0,40%), magnésio (0,30 a 0,40%), ferro (1,20 a 3,00 mg L<sup>-1</sup>) e zinco (45 a 66 mg L<sup>-1</sup>) além de proteínas, geralmente, na faixa de 20 a 29%, lipídios com aproximadamente 2% e carboidratos complexos (SILVA et al., 2009; GOUVEIA, 2013; ZIMMERMANN et al., 1988).

Além dos componentes nutritivos, o feijão apresenta compostos fenólicos e propriedades antioxidativas. Os antioxidantes são substâncias que podem retardar ou inibir danos oxidativos, evitando o início ou a propagação das reações de oxidação em cadeia e, dessa forma, prevenir doenças inibindo os prejuízos causados por radicais livres (SILVA et al., 2009).

Portanto, metodologias que atuam na concentração e relação entre os componentes nutricionais são de interesse, uma vez que o incremento destes compostos é almejado. Tais componentes podem sofrer variação conforme o sistema e o manejo em que a cultura se encontra (ZIMMERMANN et al., 1988).

Desta forma, o cultivo orgânico aparece como alternativa de manejo, possibilitando agregar valor a cultura por meio de práticas que priorizam a qualidade

do produto (SANTOS, 2011). Aliado a este manejo, a adoção de técnicas como o ambiente protegido propicia proteção para as plantas contra intempéries meteorológicas (PURQUEIRO et al., 2006).

O objetivo do trabalho foi realizar a caracterização mineral, composição centesimal e concentração de compostos fenólicos e atividade antioxidante de oito genótipos de feijão-vagem de crescimento indeterminado cultivados em duas épocas em sistema orgânico protegido.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de oito genótipos de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), foram semeados em duas épocas, sendo os genótipos: Teresópolis Ag 481, HAV 69, HAV 41, Preferido Ag 482, Macarrão Brasília, Trepador Top Seed, HT 30 e Favorito Ag 480 enquanto as épocas de cultivo foram compreendidas pela safra primavera/verão e outono/inverno, com quatro repetições, resultando em um esquema fatorial 8x2.

O experimento foi conduzido em sistema orgânico com cultivo protegido, respeitando as normas estabelecidas pelo MAPA (1999) e BRASIL (2003). Coletaram-se amostras de vagens de cada tratamento, as quais foram pesadas, lavadas em águas corrente, posteriormente lavadas em água destilada e deionizada, colocadas para secar em estufa com circulação de ar a 60°C até peso constante e, após, trituradas.

Realizou-se a determinação do teor mineral, proteínas, extrato etéreo, cinzas, umidade, carboidrato mais fibra (C+F), compostos fenólicos e atividade antioxidante.

Os minerais cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram determinados em espectrofotômetro de plasma induzido por argônio, ICP/OES (PERKIN ELMER®, EUA), o fósforo (P) e enxofre (S) foram quantificados por colorimetria e potássio (K), por fotometria de chama.

O teor de proteínas foi medido pelo método de Kjeldahl, sendo que para a conversão da porcentagem de nitrogênio em proteínas, utilizou-se o fator 6,25, de acordo com o método 920.152 da AOAC (2012). Os teores de extrato etéreo (lipídeos) foram determinados de acordo com o método 948.22 da AOAC (2012). As cinzas foram determinadas por incineração da amostra em mufla, de acordo com o método 940.26 da AOAC (2012). O conteúdo de carboidratos foi

obtido por diferença, em porcentagem, do teor de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas para o total.

Para determinação de fenóis totais, utilizou-se a metodologia descrita por Swain & Hillis (1959), utilizando como padrão o ácido gálico. Em um tubo de ensaio adicionou-se 0,1 g da amostra, 5 mL de metanol (80%) e agitado por 30 min, em seguida centrifugou-se a 2500 rpm por 5 min, coletou-se 0,5 ml do sobrenadante e adicionou-se 0,5 ml de Folin (0,9 N) e 0,5 mL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (10%). Após repouso por 30 min em escuro, procedeu-se a leitura a 760 nm, no espectrofotômetro.

A atividade antioxidante foi mensurada mediante a metodologia descrita por Rufino et al. (2007), baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60  $\mu\text{M}$ ). 0,1 ml do extrato obtido para fenóis totais foi transferido para um tubo de ensaio, adicionou-se 3,9 ml do radical DPPH (0,06 mM), homogeneizado e mantido em escuro por 30 min, em seguida realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 515 nm.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade, e pela análise de componentes principais (ACP). Utilizou-se o software R para o processamento dos dados.

#### **4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na análise de variância da composição nutricional, os nutrientes enxofre (S) e cobre (Cu) apresentaram significância para a interação genótipo (G) e época de semeadura (E), e os demais foram responsivos somente para a variação ambiental (Tabela 4.1).

Os coeficientes de variação (CV) ficaram na faixa de 9,49 a 25,43%, similar aos encontrados por Jost et al. (2010) e Miglioranza et al. (2003). Revelou-se maiores teores médios na safra primavera/verão, onde apenas o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram superiores no outono/inverno (Tabela 4.1).

**Tabela 4.1** - Teores médios de nutrientes em feijão-vagem de crescimento indeterminado cultivados em sistema orgânico protegido durante a safra primavera/verão 2014 (EP1) e outono/inverno 2015 (EP2), Londrina, 2016.

Genótipos	P		K		S		Ca		Mg		Fe		Cu		Zn	
	----- g.kg <sup>-1</sup> -----															
	----- mg.kg <sup>-1</sup> -----															
	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2
Teresópolis	4,25		29,53		3,10 Aa	1,90 Ba	8,77		1,90		174,10		6,43 Aab	2,87 Ba		26,52
HAV 69	3,84		25,08		2,33 Ab	2,00 Aa	8,88		2,04		157,28		2,07 Ac	2,50 Aa		23,85
HAV 41	4,09		25,42		2,76 Aab	1,91 Ba	8,79		1,87		209,13		5,47 Aab	3,43 Ba		30,40
Preferido	4,01		27,85		3,03 Aa	2,12 Ba	9,83		1,88		195,27		5,30 Ab	4,47 Aa		31,50
Brasília	4,33		29,86		3,02 Aa	2,34 Ba	9,33		1,90		177,88		6,63 Aab	3,43 Ba		30,63
Trepador	4,47		32,72		3,28 Aa	2,14 Ba	10,01		1,91		165,15		5,13 Ab	4,33 Aa		29,02
HT 30	4,13		30,87		3,19 Aa	2,10 Ba	12,63		1,81		198,65		8,43 Aa	3,80 Ba		26,07
Favorito	3,96		26,26		3,06 Aa	2,48 Ba	10,39		1,79		184,62		7,17 Aab	5,20 Ba		30,35
Média	4,58 A	3,69 B	33,51 A	23,38 B	2,97	2,12	8,71 B	10,95 A	1,74 B	2,04 A	221,62 A	143,90 B	5,83	3,75	33,94 A	23,15 B
Quadrado Médio																
Época (E)	0,489**		1232,24**		8,591**		59,731**		1,094**		72471,00**		51,667**		1397,520**	
Genótipo (G)	0,255 <sup>ns</sup>		45,400 <sup>ns</sup>		0,254**		9,879 <sup>ns</sup>		0,035 <sup>ns</sup>		1856,00 <sup>ns</sup>		8,735**		44,820 <sup>ns</sup>	
G x E	0,503 <sup>ns</sup>		23,230 <sup>ns</sup>		0,140**		1,442 <sup>ns</sup>		0,086 <sup>ns</sup>		997,00 <sup>ns</sup>		4,180**		45,320 <sup>ns</sup>	
Resíduo	0,787		30,240		0,058		5,823		0,230		988,00		1,271		22,200	
CV (%)	20,75		19,33		9,49		24,55		25,43		17,19		23,53		16,51	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si nas colunas (minúsculas) e na linha (maiúsculas) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*Significativo a 1%; \*Significativo a 5%; <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F (p<0,05).

Analisando as maiores concentrações relatadas na primavera/verão de cultivo para os nutrientes fósforo (P), potássio (K), ferro (Fe) e zinco (Zn), pode-se atribuir este efeito as altas temperaturas (Figura 4.1).

O Fe atua na composição das proteínas ferro-enxofre e como catalizador em reações redox mediadas por enzimas, como aquelas presentes no metabolismo do nitrogênio (TAIZ; ZEIGUER, 2009), o qual é elevado em altas temperaturas.

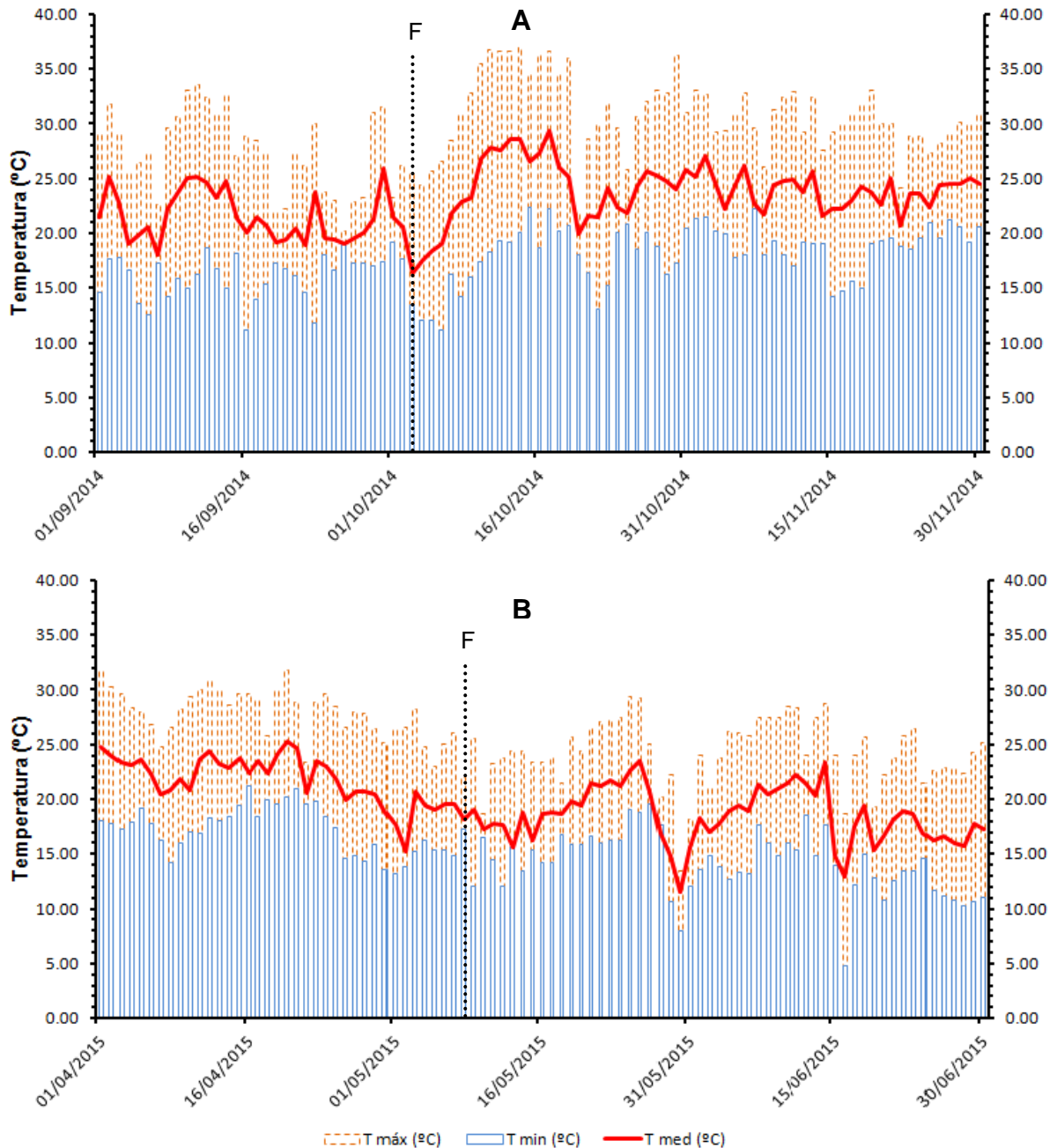
Quando a temperatura encontra-se acima do ponto de compensação térmica foliar, o processo de fotossíntese não consegue repor o carbono usado como substrato para a respiração, como consequência as reservas de carboidratos diminuem e os frutos perdem açúcares, intensificando assim a relação fonte-dreno. Os drenos são classificados como órgãos vegetais que não produzem fotossintatos em quantidade suficiente para suprir as próprias necessidades de crescimento e reserva (TAIZ; ZEIGUER, 2009).

Desta forma, a medida que as temperaturas se elevam, a integridade da membrana biológica é afetada, os fosfolípidos tornam-se mais fluídos, proteínas transportadoras mudam sua conformação, os potenciais da membrana para um determinado gradiente de concentração aumentam e a difusão eleva-se a medida que as moléculas estão mais agitadas termoeletricamente, sendo que o agrupamento destes fatores fazem com que a liberação de nutrientes inorgânicos aumentem (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Com o aumento exponencial no fluxo fonte-dreno, as vagens receberam um constante aporte de fotossintatos fazendo com que os teores de P, K, e Zn se elevassem. Os valores de P e K (Tabela 4.1) diferem daqueles encontrados por Netto et al. (1971) em vagens de *Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho colhidas aos 66 dias após a semeadura, com teores de 2,7 e 19,5 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

O fenômeno que atribui menores concentrações para Ca e Mg na safra primavera/ verão é explicado pela ampla variação da temperatura (Figura 4.1), pois quando estas encontram-se elevadas, um decréscimo na força das pontes de hidrogênio e das interações eletrostáticas entre os grupos polares de proteínas na fase aquosa da membrana é constatado, modificando assim a composição e a estrutura, causando a perda de íons (TAIZ; ZEIGUER, 2009).

**Figura 4.1** - Valores de temperatura máxima (T máx. °C), mínima (T mín. °C), média (T med. °C) e momento do florescimento (F) no município de Londrina - PR durante duas safras (A - primavera/verão 2014 e B - outono/inverno 2015), (Fonte: IAPAR ), Londrina, 2016.



Tais teores foram relatados por Miglioranza et al. (2003), que ao quantificarem a concentração de Ca em frutos de feijão-vagem encontraram valores de 4,97 e 5,7 mg g<sup>-1</sup> de matéria seca. Netto et al. (1971) constataram concentração de 5,2 g kg<sup>-1</sup> em vagens da variedade de feijão Roxinho, semelhante ao exposto.

Segundo Filgueira (2006), o feijão-vagem apresenta 40 mg de Ca por 100 g de vagens cozidas. Portanto, pode-se afirmar que é desejável obter as maiores concentrações possíveis, uma vez que este nutriente é imediatamente absorvido pelo organismo humano (GRUSAK et al., 1996), o qual requer cerca 1.200 mg dia<sup>-1</sup> (FIB, 2008).

Para o Mg as concentrações foram de 1,79 à 2,04 g kg<sup>-1</sup>, valores próximos aos encontrados por Pereira et al. (2011) em grãos de feijão comum, os quais variaram de 0,63 à 2,79 g kg<sup>-1</sup>. Em contrapartida, Netto et al. (1971) relatou teores superiores, com valor de 4,1 g kg<sup>-1</sup> em vagens de feijão comum.

Para o S, as médias dos genótipos variaram durante a safra primavera/verão, sendo que a linhagem HAV 69 apresentou um nível de concentração inferior aos demais, não diferindo apenas da linhagem HAV 41. Os materiais remanescentes não diferenciaram-se em ambas as épocas, no entanto constatou-se maiores médias na primavera/verão, sendo que apenas a linhagem HAV 69 distinguiu-se entre os períodos (Tabela 4.1).

Houve variação entre as cultivares para o Cu na safra primavera/verão, com destaque para a cultivar HT 30 com concentração de 8,43 mg kg<sup>-1</sup>. Por outro lado, os genótipos que apresentaram as menores médias foram o Preferido Ag 482 com 5,70 mg kg<sup>-1</sup> e o HAV 69 com 2,07 mg kg<sup>-1</sup>, sendo este último o que apresentou a menor concentração de Cu entre os materiais avaliados, independente a época de semeadura analisada.

As menores concentrações encontradas para S e Cu nas linhagens é explicado pelo manejo apropriado da água e ciclagem de minerais que o ambiente protegido com cultivo orgânico proporciona. A mineralização de nutrientes torna-se mais ativa nas camadas mais superficiais (0-20 cm) do solo, as raízes menos profundas recuperam mais rapidamente o fertilizante aplicado e os nutrientes liberados na matéria orgânica do solo. Devido a este fator, a eficiência de absorção de nutrientes tem aumentado em cultivares comerciais (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Observou-se significância para a interação G x E para proteína, extrato etéreo, cinzas, carboidratos mais fibras (C+F), compostos fenólicos e atividade antioxidante. Os coeficientes de variação (CV) relatados estão de acordo aos apresentados em trabalhos referêntes a cultura do feijão-vagem (Tabela 4.2).

As atividades fisiológicas das plantas, incluindo as nutricionais, são uma função da constituição genética das mesmas e do ambiente em que vivem,

sendo adaptadas a diversidades (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Para proteínas, houve maiores concentrações nos genótipos cultivados na safra primavera/verão, sendo que apenas a linhagem HAV 41 foi inferior neste período. As cultivares Macarrão Brasília e Favorito Ag 480 atingiram os níveis mais elevados com 27,46 e 24,96%, respectivamente, porém, na safra outono/inverno, houve destaque para as linhagens HAV 41 e HAV 69, com valores de 24,61 e 22,21%.

A superioridade da primeira época de semeadura (primavera/verão) é explicada pelas altas temperaturas ocorridas no período (Figura 4.1). Em resposta à elevações repentinas de temperatura, as plantas produzem um conjunto de proteínas de choque térmico. Tal estresse faz com que muitas delas atuem como proteínas suportes com função de alcançar um dobramento correto para aquelas afetadas pelo estresse térmico e, conseqüentemente, facilita o funcionamento adequado das células (TAIZ; ZEIGUER, 2009).

Ainda, de acordo com os autores, as células induzidas à síntese das proteínas protetoras mostram desenvolvimento da tolerância térmica, podendo assim suportar temperaturas que, em circunstâncias de intenso estresse, são letais.

Os resultados encontrados (Tabela 4.2) mostram-se semelhantes àqueles de Pires et al. (2006), que ao analisarem grãos de feijão secos e cozidos registraram 20,30% de proteína bruta. Silva et al. (2009) em grãos de feijão cru de três cultivares, BRS Pontal, BRS Supremo e WAF 75, obtiveram médias proteicas de 24,62, 24,53 e 24,50%, respectivamente, resultados expressos em base seca. Mesquita et al. (2007), ao analisar grãos de 21 linhagens de feijão observaram concentrações proteicas na faixa de 22,34 a 36,28. Pereira et al. (2011), cultivando feijão em anos distintos constatou teores de proteína bruta na faixa de 21,875 a 31,172% para o primeiro e 19,961 a 27,891% referente ao segundo.

As concentrações de extrato etéreo apresentam o mesmo padrão de proteínas, diferindo na resposta dos genótipos as variações ambientais. Os genótipos que atingiram os maiores teores na safra primavera/verão mantiveram-se entre os melhores no cultivo outono/inverno (Tabela 4.2).

A cultivar HT 30 atingiu concentrações mais elevadas nas duas épocas de cultivo, destacando-se com teores de 4,45 e 2,96%, respectivamente, podendo-se ressaltar que a média correspondente a safra primavera/verão aproximou-se ao dobro do valor referente ao cultivo outono/inverno.

**Tabela 4.2** - Concentrações médias de proteína, extrato etéreo, teor de cinzas, carboidratos mais fibras (C+F), compostos fenólicos e atividade antioxidante de feijão-vagem de crescimento indeterminado cultivados em sistema orgânico protegido durante a safra primavera/verão 2014 (EP1) e outono/inverno 2015 (EP2), Londrina, 2016.

Genótipos	Proteína		Extrato Etéreo		Cinza		C+F		C. Fenólico		AA	
	----- % -----											
	----- mg eq ác. ga. g <sup>-1</sup> -----		----- mg DPPH g <sup>-1</sup> -----									
	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2	EP 1	EP 2
Teresópolis	20,86 Ad	18,62 Bc	2,48 Ac	1,85 Bcd	9,24 Ab	7,02 Bc	67,43 Ba	72,51 Aa	131,24 Aab	153,47 Aa	1,77 Aabc	1,46 Ac
HAV 69	22,42 Abcd	22,21 Aab	3,79 Aab	2,83 Bab	7,98 Ac	7,49 Abc	65,81 Aab	67,47 Ac	106,65 Bb	188,23 Aa	1,87 Babc	2,94 Aab
HAV 41	21,63 Bcd	24,16 Aa	2,52 Ac	1,81 Bd	10,73 Aa	7,26 Bbc	65,12 Aabc	66,77 Ac	113,71 Bb	180,84 Aa	1,30 Ac	2,02 Aabc
Preferido	24,53 Ab	21,34 Bcd	3,74 Ab	2,19 Bbcd	9,46 Ab	7,03 Ac	62,26 Bcde	69,44 Abc	115,74 Ab	145,35 Aa	3,08 Aa	2,53 Aabc
Brasília	27,46 Aa	20,25 Bbc	2,93 Ac	2,53 Aabc	9,71 Aab	8,38 Bab	59,91 Be	68,84 Abc	105,69 Bb	167,27 Aa	2,88 Aab	2,69 Aabc
Trepador	24,58 Ab	19,74 Bbc	2,43 Ac	2,62 Aab	8,96 Abc	8,97 Aa	64,02 Bbcd	68,67 Abc	109,86 Bb	150,37 Aa	1,61 Bbc	3,28 Aa
HT 30	23,62 Abc	19,58 Bbc	4,45 Aa	2,96 Ba	10,01 Aab	6,93 Bcd	61,92 Bde	70,54 Aab	109,22 Bb	150,91 Aa	2,53 Aabc	1,95 Aabc
Favorito	24,96 Aab	18,62 Bc	3,79 Aab	2,51 Babc	10,08 Aab	5,78 Bd	61,20 Bde	73,09 Aa	167,69 Aa	134,87 Ba	2,36 Aabc	1,91 Abc
Média	23,76	20,57	3,27	2,41	9,52	7,36	63,46	69,67	119,98	158,91	2,76	2,35
Quadrado Médio												
Época (E)	121,943**		8,773**		56,282**		462,540**		17503,700**		0,353 <sup>ns</sup>	
Genótipo (G)	8,877**		1,797**		1,576**		15,230**		425,900 <sup>ns</sup>		1,219**	
G x E	15,370**		0,530**		3,301**		19,650**		1751,000**		1,112**	
Resíduo	1,059		0,067		0,218		1,200		325,200		0,263	
CV (%)	4,64		9,12		5,53		1,65		12,97		22,68	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si nas colunas (minúsculas) e na linha (maiúsculas) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*Significativo a 1%; \*Significativo a 5%; <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F (p<0,05).

Médias de proteína, extrato etéreo, cinzas e C+F calculadas em base seca.

A diferença entre as concentrações obtidas são explicadas por meio da resposta da membrana celular as condições estabelecidas pelo meio. O extrato etéreo (lipídeos) é classificado como uma forma reduzida do carbono em comparação aos carboidratos, respondendo de forma semelhante quando exposto a um aquecimento térmico demasiado.

Quando constata-se tal fenômeno ocorre o aumento na fluidez e ajuste da composição dos lipídeos presentes na membrana, fazendo com que organismos se ajustem às mudanças de temperatura (TAIZ; ZEIGUER, 2009). No presente trabalho verificou-se uma correlação positiva entre os teores de proteínas e extrato etéreo, logo, o aumento verificado para os níveis lipídicos acompanham a elevação da concentração proteica (Figura 4.2).

Os resultados são superiores àqueles encontrados por Silva et al. (2009) que ao analisarem grãos de feijão cru em base seca verificaram teores de extrato etéreo de 2,28, 2,56 e 1,93% para as cultivares BRS Pontal, BRS Supremo e WAF 75, em sequência.

Mesquita et al. (2007) também encontraram níveis inferiores, na faixa de 0,53 a 2,55% em grãos de 21 linhagens de *Phaseolus vulgaris* L., Oliveira et al. (2001) relataram 2,3% de extrato etéreo em feijão cru, assim como Barampama e Simard (1993), com valores de 1,9 a 2,0%.

Para cinzas, houve predomínio de teores elevados durante a primeira época de cultivo, sendo a linhagem HAV 41 com maior concentração (4,45%), seguida por Favorito Ag 480, HT 30 e Macarrão Brasília (Tabela 4.2). Na segunda época, a cultivar Macarrão Brasília permaneceu entre as que apresentaram maiores concentrações, semelhante a cultivar Trepador Top Seed, com teores de 8,38 e 8,97%, respectivamente. Esta característica corresponde ao material inerte remanescente da incineração, o qual é composto, em sua maioria, pelos nutrientes descritos na Tabela 4.1.

Silva et al. (2009) obtiveram teores de cinza de 4,91, 4,95 e 4,65% em grãos de três cultivares de feijão comum, valores semelhantes ao registrados por Mesquita et al. (2007) que constataram teores na faixa de 3,23 a 4,87%.

A variável C+F comportou-se de forma distinta, superior na safra outono/inverno, exceção para as linhagens HAV 41 e HAV 69 que não diferiram entre os períodos. Nota-se que estes materiais apresentaram os maiores níveis de

C+F na safra primavera/verão, juntamente com a cultivar Teresópolis Ag 481, com porcentagem de 65,12, 67,44 e 72,51, respectivamente.

A cultivar Teresópolis Ag 481 manteve-se com o maior percentual na segunda safra, com o valor de 72,51, não diferindo de Favorito Ag 480, com 73,09, e HT 30, com 70,54. Todavia, as linhagens HAV 41 e HAV 69, destaques na primavera/verão, apresentaram na safra outono/inverno os menores valores, 66,77 e 67,47% respectivamente.

As menores concentrações encontradas na primeira época de semeadura são atribuídas ao efeito de altas temperaturas aos processos de fotossíntese e respiração. Quando este fenômeno é constatado, a fotossíntese não é capaz de repor o carbono utilizado como substrato para a respiração, portanto as reservas de carboidratos diminuem e os frutos e verduras perdem açúcares. As elevações das taxas respiratórias e fotossintéticas em resposta a ascensão térmica são mais prejudiciais em plantas  $C_3$ , como o feijoeiro, pois tais taxas são aumentadas no escuro (TAIZ; ZEIGUER, 2009).

Os resultados de C+F estão de acordo com os obtidos por Silva et al. (2009), que ao analisarem as cultivares BRS Pontal, BRS Supremo e WAF 75 verificaram percentuais de 67,19, 67,97 e 68,92. Entretanto, as concentrações (Tabela 4.2) são inferiores as expostas por Gomes et al. (2006), de 72,75%.

As concentrações correspondentes aos compostos fenólicos apontam superioridade na safra outono/inverno, sendo que apenas Teresópolis Ag 481 e Preferido Ag 482 foram semelhantes e, Favorito Ag 480, apresentou maior concentração na primeira safra (Tabela 4.2). Para compostos fenólicos verificou-se pouca variação dos genótipos em cada época. A variabilidade entre genótipos na safra outono/inverno mostrou-se nula, enquanto na primavera/verão, Favorito Ag 480 apresentou a maior concentração, com 167,69 mg. eq. ác. ga.  $g^{-1}$ , não diferindo de Teresópolis Ag 481, ressaltando que no outono/inverno, com temperaturas amenas, não houve variação entre genótipos.

A maior concentração de compostos fenólicos na segunda época pode ser explicada pela taxa de absorção de nutrientes, inferior neste período. As classes mais abundantes de compostos fenólicos em plantas são derivadas da fenilalanina, por meio de diversas reações catalisadas pela fenilalanina amônia liase (PAL).

A atividade desta enzima aumenta por fatores ambientais, como baixos níveis de nutrientes, sendo que a regulação da atividade da PAL torna-se mais complexa pela existência de múltiplos genes que codificam tal enzima, alguns deles expressos somente em certas condições ambientais (TAIZ; ZEIGUER, 2009).

As concentrações foram semelhantes as encontradas por Silva et al. (2009), que obtiveram teores de 5; 2,5 e 1,18 mg. de catequina g<sup>-1</sup>. Cardador-Martinez et al. (2002) verificaram fenólicos totais em feijão cru entre 0,6 e 6,3 mg g<sup>-1</sup> equivalente em catequina .

Os genótipos apresentaram baixa variação entre as épocas para a atividade antioxidante, somente HAV 49 e Trepador Top Seed foram inferiores na safra primavera/verão. A maioria dos materiais foram semelhantes, sendo a cultivar Preferido Ag 482 aquela com maior teor, apresentando 3,08 mg. DPPH g<sup>-1</sup>, e a linhagem HAV 41 a menor, com 1,30 mg. DPPH g<sup>-1</sup>.

Na segunda época, o mesmo padrão foi constatado, entretanto alterou-se a classificação dos genótipos, sendo o Trepador Top Seed o destaque e a cultivar Teresópolis Ag 481 como a menos responsiva, com 3,28 e 1,46 mg. DPPH g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Cardador-Martinez et al. (2002) encontraram valores para atividade antioxidante pelo método de DPPH em amostras de feijão cru entre 2,1 e 2,4 expressos como equivalentes de Trolox. Oomah et al. (2005) e Xu et al. (2007) encontraram teores que variaram de 5,19 a 33,12 equivalentes de Trolox em grãos de feijões crus. Silva et al. (2009) obtiveram concentrações de 34,75, 35,36 e 4,77 em equivalentes de Trolox.

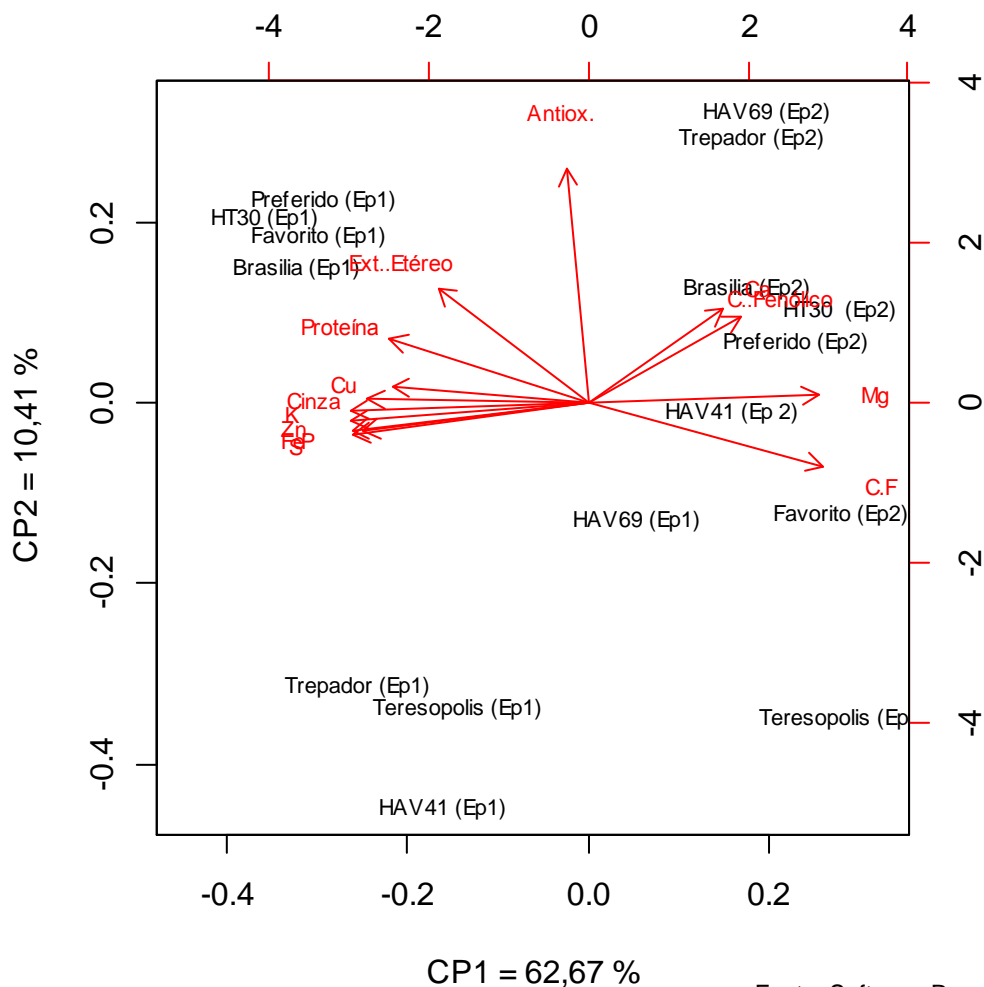
Os resultados obtidos são confirmados pela análise de componentes principais (ACP) (Figura 4.2). A figura ilustra as projeções dos componentes nutricionais e químicos das vagens, bem como as relações com os genótipos estudados na primeira e segunda época de cultivo, no plano CP 1 e CP 2. Em que, o primeiro componente principal (CP 1) explicou 62,67 % da variabilidade contida nas variáveis originais e o segundo componente (CP 2) acrescentou 10,41 %, para um acumulado de 73,08 %.

Observaram-se mudanças na plotagem do genótipo quando se alterou a época de cultivo, o que indica que as relações genótipo e componentes químicos e nutricionais de vagens se alteram com as variações ambientais. De maneira geral, a primeira época possibilitou maior acúmulo de proteína, extrato

etéreo, cinzas, Cu, P, K, S, Fe e Zn nas vagens, em especial para os genótipos Preferido Ag 482, HT 30, Favorito Ag 480 e Macarrão Brasília. Já na segunda época os maiores acúmulos foram de compostos fenólicos, C+F, Ca e Mg, maiores valores também encontrados para os mesmos.

Considerando a dissimilaridade genética, ocorreu a formação de três grupos em ambas as épocas de semeadura. Na primeira época o Grupo I foi formado pela cultivar Preferido Ag 482, HT 30, Favorito Ag 480 e Macarrão Brasília, o Grupo II por HAV 69 e o Grupo III por Trepador Top Seed, Teresópolis Ag 481 e HAV 41.

**Figura 4.2** - Análise de componentes principais (ACP) obtidas pelas variáveis nutricionais e compostos fenólicos de oito genótipos de feijão-vagem semeados em primavera/verão (EP1) e outono/inverno (EP2), Londrina, 2016.



Fonte: Software R

A proximidade de alguns genótipos se alteraram com a mudança da data de semeadura, com a formação na segunda época do agrupamento de HAV 69 e Trepador Top Seed, da inclusão de HAV 41 no grupo formado por Macarrão Brasília, HT 30, Preferido Ag 482 e Favorito Ag 480 e pela baixa proximidade genética da cultivar Teresópolis Ag 481 com os demais genótipos.

Altas temperaturas elevam os teores de proteínas, principalmente as protetoras, responsáveis por manter a estabilidade das membranas. Contudo, para carboidratos ocorre o decréscimo devido à alta taxa respiratória. E pela modificação da composição e estrutura da membrana ocorre a perda de íons, dentre estes  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ . O que corrobora com os resultados obtidos, pois na primeira época de semeadura altas temperaturas foram observadas, acima de 35 °C nas semanas centrais do mês de outubro, o que não ocorreu na segunda época.

Observou-se correlação negativa de proteína com C+F, Ca, Mg e Composto fenólico, sendo que estes se correlacionam positivamente entre si. Os teores de cinza se correlacionaram positivamente com a maioria dos minerais (Cu, K, Zn, P, Fe e S) e negativamente com Ca e Mg. Os níveis de antioxidante apresentaram baixas correlações com o demais componentes e minerais estudados.

Moreira et al. (2009) e Bottega et al. (2013) avaliando componentes principais em feijão-vagem obtiveram valores acumulados de 72,84 e 71,17% até o segundo componente principal, respectivamente.

#### **4.6 CONCLUSÃO**

No cultivo orgânico, a alta temperatura influenciou a composição mineral, centesimal e compostos fenólicos.

Verificou-se predominância de maiores concentrações para P, K, S, Fe, Cu, Zn, proteínas, extrato etéreo e cinzas na safra primavera/verão e para Ca, Mg, C+F e compostos fenólicos na safra outono/inverno. A atividade antioxidante pouco variou perante a oscilação da temperatura.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

Pode-se concluir que houve alta influência ambiental, destacando a safra outono/inverno para os componentes de produção, uma vez que estes foram otimizados com as condições proporcionadas. Todavia, a safra primavera/verão apresentou determinados parâmetros que elevaram as concentrações da maior parte da composição nutricional e centesimal das vagens.

A cultivar Teresópolis Ag 481 foi a melhor adaptada as condições de cultivo, atingindo médias elevadas de massa fresca de vagem comercial e produtividade. Os genótipos HAV 41 e Trepador Top Seed foram aqueles que tiveram os piores desempenhos, destacando-se apenas no número de vagens comerciais.

Para os componentes bromatológicos não houve um genótipo destaque, sendo que para cada variável sobressaiu-se um material distinto, alterando-se conforme o ambiente.

Por fim, os compostos fenólicos apresentam baixa variação entre genótipos porém alta sensibilidade ao ambiente. A atividade antioxidante respondeu sucintamente as variações ambientais, tendo como base de variação a influência genotípica.

## REFERÊNCIAS

- ALDRIGHI, C. B. Produção de feijão-vagem em duas épocas de cultivo em ambiente protegido com adubação orgânica. **Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas**, Pelotas. p. 62. 2000.
- ALMEIDA, S. N. C.; THIEBAUT, J. T. L.; DE AMARAL GRAVINA, G.; ARAÚJO, L. C.; DAHER, R. F. Avaliação de características morfológicas e agrônômicas de linhagens de feijão-de-vagem em Bom Jesus do Itabapoana-RJ, com potencial de recomendação. **Vértices**, v. 16, n. 1, p. 39-50, 2014.
- ANDRIOLO, J. L. Fisiologia das culturas protegidas. **Santa Maria**, Editora UFSM, p.141, 1999.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 01-09, 2007..
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 19 ed. Virginia: AOAC International v. 1 ou 2, 2012.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Quebec, v. 47, n. 2, p. 159-167, 1993.
- BARZAN, R. R.; DE FREITAS FREGONEZI, G. A.; FURLAN, F. F.; KLEIN, P. H.; TAKAHASHI, L. S. A. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre a produtividade de feijão-vagem de crescimento determinado. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 9, n. 1, 2014.
- BAUDOIN, J.; MAQUET, A. Improvement of protein and amino acid contents in seeds of food legumes. A case study in *Phaseolus*. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, v. 3, n. 4, p. 220-224, 1999.
- BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; DE PAULA, V. A.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, 2006.
- BENINGER, C. W.; HOSFIELD, G. L.; NAIR, M. G. Flavonol Glycosides from the Seed Coat of a New Manteca-Type Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 8, p. 2906-2910, 1998.
- BERGLUND-BRÜCHER, O; BRÜCHER, H. The South American wild bean (*Phaseolus aborigineus* Burk.) as ancestor of the common bean. **Economic Botany**, v. 30, n. 3, p. 257-272, 1976.
- BEYER, E.M.; QUEBEDEAUX, B. Parthenocarpy in cucumber: mechanism of action of auxin transport inhibitors. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.99, n.5, p.385-390, 1974.

BEZERRA, F. C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2003.

BOHMER, C. R. K. Caracterização do microclima de ambiente protegido cultivado com feijão-vagem. **Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas**, Pelotas, 2008.

BRANCO, R. B.; SANTOS, L. G. D. C.; GOTO, R.; ISHIMURA, I.; SCHLICKMANN, S.; CHIARATI, C. S. Cultivo orgânico sequencial de hortaliças com dois sistemas de irrigação e duas coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n.1, p. 75-80, 2010.

BRASIL. Lei Nº 10.831 de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre agricultura orgânica. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF. 2003.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition reviews**, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, p. 527, 1997.

BOTTEGA, D. B.; RODRIGUES, N. E. L.; DA SILVA, A. G.; COSTA, E. N.; JÚNIOR, A. L. B. Resistência de genótipos de feijão-vagem ao ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833)(Coleoptera: Chrysomelidae). **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 43, n. 1, p. DOI: 10.1590/S1983-40632013000100014, 2013.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 18, n. 3, p. 69-101, 2001.

CARDADOR-MARTÍNEZ, A.; LOARCA-PIÑA, G.; OOMAH, B. D. Antioxidant Activity in Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 24, p. 6975-6980, 2002.

CARNEIRO, E. Análise das mudanças sócio, econômico e ambientais após a transição do manejo convencional para o orgânico na produção de hortifrutas em uma propriedade rural no município de Ouro Fino–MG. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6, n. 1, 2014.

CASTELLANE, P.D.; VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo e produção de sementes. **Jaboticabal. FUNEP/FCAV-UNESP**, p. 60, 1988.

CONSTANTY, H. F. P; DAROLT, M. R. O Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos: o caso do estado do Paraná. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 1, 2014.

CORRÊA, C. V.; CARDOSO, A. S. L.; ANTUNES, W.; MAGOLBO, L. Produção de beterraba em função do espaçamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 111-114, jan/mar 2014.

DE OCA, G.M. Mejoramiento genético de la habichuela en el CIAT y resultados de viveros internacionales. In: DAVIS, J.; JASSEM, W. (Ed.) El Mejoramiento genético de la habichuela in **América Latina: memorias de un taller**. Cali, Colombia, CIAT, p. 60-72 (Documentos de trabajo, 30), 1987.

DE SÁ, N. S.; PEREIRA, G. M.; ALVARENGA, M. A.; MATTIOLI, W.; CARVALHO, J. D. A. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 341-347, 2005.

DEBOUCK, D.G. Primary diversification of *Phaseolus* in the Americas: three centers. **Plant Genetic Resources Newsletter**, v. 67, p. 2-8, 1986.

DEBOUCK, D. G.; TORO, O.; PAREDES, O. M.; JOHNSON, W. C.; GEPTS, P. Genetic diversity and ecological distribution of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in northwestern South America. **Economic botany**, v. 47, n. 4, p. 408-423, 1993.

DELGADO-SALINAS, A.; BIBLER, R.; LAVIN, M. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. **Systematic Botany**, v. 31, n. 4, p. 779-791, 2006.

DERAL/SEAB. Feijão vagem. Departamento de economia rural. **Secretaria de agricultura e abastecimento do estado do Paraná**. Comunicação pessoal, 2013.

DIDONET, A. D.; DA SILVA, S. C. Produtividade do feijoeiro: efeito dos elementos climáticos. Embrapa. <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/finep/metas-fisicas/meta-fisica-18/publicacoes/03%20-%20publicacao-05-assad.pdf>>. Acesso em:17/12/2015.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop science**, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas. 2ª. Ed. Londrina, **Editora Planta**, 2006.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de Feijão. **ESALQ/USP**. 2007.

FARLOW, P. J. Effect of low temperature on number and location of developed seed in two cultivars of French beans (*Phaseolus vulgaris* L.).**Crop and Pasture Science**, v. 32, n. 2, p. 325-330, 1981.

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations. **Rome, URL: <http://faostat.fao.org>**, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa: Empresa Júnior de Agronomia, 2006.

FINLEY, J. W.; BURRELL, J. B.; REEVES, P. G. Pinto bean consumption changes SCFA profiles in fecal fermentations, bacterial populations of the lower bowel, and lipid profiles in blood of humans. **The Journal of nutrition**, v. 137, n. 11, p. 2391-2398, 2007.

FREITAS, F DE O. Genetic-archaeological evidences about the origin of common bean in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1199-1203, 2006.

GEPTS, P.; DEBOUCK, DI. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Common beans: research for crop improvement**, p. 7-53, 1991.

GEPTS, P. Phaseolin as an evolutionary marker. In: Genetic resources of *Phaseolus* beans. **Springer Netherlands**, p. 215-241, 1988.

GOMES, J. C.; DA SILVA, C. O.; COSTA, N. M. B.; PIROZI, M. R. Desenvolvimento e caracterização de farinhas de feijão. **Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 309, 2006.

GOUVEIA, C. S. S. Avaliação de recursos genéticos agrícolas: análise nutricional e anti-nutricional de variedades regionais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Dissertação (Mestrado) - Universidade da Madeira**. 2013.

GRASSMANN, C. da S. Variedades de vagem na CEAGESP. **Centro de qualidade em horticultura da CEAGESP**. Disponível em <http://www.hortibrasil.org.br/>, 2014.

GRUSAK, M. A.; PEZESHGI, S.; O'BRIEN, K. O.; ABRAMS, S. A. Intrinsic <sup>42</sup>Ca-Labeling of Green Bean Pods for Use in Human Bioavailability Studies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 70, n. 1, p. 11-15, 1996.

HENDLER, S. S. A enciclopédia de vitaminas e minerais. **Rio de Janeiro: Editora Campos**, p. 114-120, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário de 2003**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário de 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, p. 396, 2006.

JOST, E.; RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ANTUNES, I. F. Composição de macrominerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 16, p. 31-38, 2010.

KAPLAN, L. What is the origin of the common bean?. **Economic Botany**, v. 35, n. 2, p. 240-254, 1981.

LIMA, V. L. A. G. D.; MÉLO, E. D. A.; MACIEL, M. I. S.; SILVA, G. S. B.; LIMA, D. E. D. S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 53-57, jan/mar, 2004.

- LOBO, A. S.; TRAMONTE, V. L. C. Effects of supplementation and food fortification on mineral bioavailability. **Revista de Nutrição**, Campinas v. 17, n. 1, p. 107-113, jan./mar., 2004.
- LUENGO, R. F. A; CALBO, A. G.; FREITAS, V. M. T.; MATSUURA, F. C. A. U. Grupos de caixas Embrapa para comercialização de hortaliças e frutas. **Circular Técnica 107**, EMBRAPA, Brasília - DF, out, 2012.
- LUCON, C. M. M.; CHAVES, A. L. R. Horta orgânica. **Biológico, São Paulo**, v. 66, n. 1/2, p. 59-62, 2004.
- LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; DA SILVA, M. A. D. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 2, 2007.
- MADRUGA, M. S.; SANTOS, H. B.; BION, F. M.; ANTUNES, N. L. M. Avaliação nutricional de uma dieta suplementada com multimistura: estudo em ratos. **Ciência Tecnológica de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 129-33, jan/mar, 2004.
- MALUF, W.R. Melhoria do Feijão-vagem: melhoria de hortaliças. **Lavras: UFLA** (Apostila), 1994.
- MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. D.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. D. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade proteica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1114-1121, 2007.
- MIGLIORANZA, E.; ARAUJO R.; ENDO R.M.; SOUZA J.R.P.; MONTANARI, M.A. Teor de cálcio em frutos de diferentes cultivares de feijão-vagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 158-161, abr/jun, 2003.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. 1999. Normalização para a produção de produtos orgânicos. Brasília: **MAPA (IN n.º 07, 17/05/1999)**.
- MOREIRA, R. M. P., FERREIRA, J. M., TAKAHASHI, L. S. A., VASCONCELOS, M. E. C., GEUS, L. C., & BOTTI, L. Potencial agrônomo e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 4Sup1, p. 1051-1060, 2009.
- NETTO, A. C; ACCORSI, W. R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 28, p. 257-274, 1971.
- NORMAS DE CLASSIFICAÇÃO. **Programa brasileiro para a modernização da horticultura**. v.10, n.1, p.6, 2012.
- OMAE, H.; KASHIWABA, K.; SHONO, M. Influence of temperature shift after flowering on dry matter partitioning in two cultivars of snap bean (*Phaseolus vulgaris*) that differ in heat tolerance. **Plant Production Science**, n. 10, v. 1, p. 14 - 19, 2007.
- OLIVEIRA, A. C. D.; QUEIROZ, K. D. S.; HELBIG, E.; REIS, S. M. P. M.; CARRARO, F. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores

antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiose e verbascose. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Cararas, v. 51, n. 3, p. 276-283, 2001.

OLIVEIRA, A. P.; ANDRADE, A. C.; TAVARES SOBRINHO, J. P.; PEIXOTO, N. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem de crescimento indeterminado, no município de Areia-PB. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 159-162, 2001.

OOMAH, B. D.; CARDADOR-MARTÍNEZ, A.; LOARCA-PIÑA, G. Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 6, p. 935-942, 2005.

O'TOOLE, J. C.; OZBUN, J. L.; WALLACE, D. H. Photosynthetic response to water stress in *Phaseolus vulgaris*. **Physiologia plantarum**, v. 40, n. 2, p. 111-114, 1977.

PAPA, R.; GEPTS, P. Asymmetry of gene flow and differential geographical structure of molecular diversity in wild and domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mesoamerica. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 106, n. 2, p. 239-250, 2003.

PEIXOTO, N.; BRAZ, L. T.; BANZATTO, D. A.; MORAES, E. A.; MOREIRA, F. DA M. Resposta de feijão-vagem a diferentes níveis de fertilidade. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 593-596, 2002.

PEIXOTO, N.; BRAZ, L.T.; BANZATTO, D.A.; MORAES, E.A.; MOREIRA, F.M. Características agronômicas, produtividade, qualidade de vagens e divergência genética em feijão-vagem de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p.447-451, set, 2002.

PEIXOTO, N.; MORAES E. A.; MONTEIRO, J. D.; THUNG, M. D. Seleção de linhagens de feijão-vagem de crescimento indeterminado para cultivo no Estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 85-88, 2001.

PELEG, H.; BODINE, K. K.; NOBLE, A. C. The influence of acid on astringency of alum and phenolic compounds. **Chemical senses**, v. 23, n. 3, p. 371-378, 1998.

PEREIRA, L. B.; ARF, O.; DOS SANTOS, N. C. B.; DE OLIVEIRA, A. E. Z.; KOMURO, L. K.. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 45, n. 1, 2015.

PEREIRA, T.; COELHO, C. M. M.; SANTOS, J. C. P. D.; BOGO, A.; MIQUELLUTI, Diversidade no teor de nutrientes em grãos de feijão crioulo no Estado de Santa Catarina **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá. v. 33, n. 3, p. 477-485, 2011.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. D. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 179-187, 2006.

PRELA, A.; RIBEIRO, A.M.A. Determinação de graus-dia acumulados e sua aplicação no planejamento do cultivo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) para Londrina-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p. 83-86, 2002.

PURQUEIRO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. **Manual técnico de orientação: projeto hortalimento. São Paulo: Codeagro**, 2006.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: - Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Técnico on line. ISSN 1679-6535**. Fortaleza. jul, 2007.

SANTOS, F.F.; MATOS, M.J.L.F.; MELO, M.F.; LANA, M.M.; LUENGO, R.F.A.; TAVARES, S.A. **Feijão-de-vagem: 2002**  
<[www.emater.df.gov.br/ecndicasind.html#](http://www.emater.df.gov.br/ecndicasind.html#)> em 06/08/ 2012.

SANTOS, D.; HAESBAERT, F.M.; LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 1, p. 119-128, 2012.

SANTOS, N. C. B. Potencialidades de produção do feijão orgânico. **Pesquisa & Tecnologia, Campinas**, v. 8, n. 2, 2011.

SATHE, S.K.; DESHPANDE, S.S.; SALUNKHE, D.K. Dry Beans of Phaseolus. A Review, Part 2. Chemical Composition: Carbohydrates, Fiber, Minerals, Vitamins and Lipids. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.21, n.1, p.41-93, 1984.

SCHALLENBERGER, E.; REBELO, J. A.; MAUCH, C. R.; TERNES, M.; STUKER, H.; PEGORARO, R. A. Viabilização de sistema orgânico de produção de tomate por meio de abrigos de cultivo. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 1, 2013.

SEDIYAMA, M. A. N.; DOS SANTOS, I. C.; DE LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Ceres**, v. 61, supl., 2014.

SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; VIDIGAL, S. M.; MATOS, A. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 1, p. 185-189, 2000.

SHAHIDI, F.; NACSK, M. Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects and Application, **Technomic Publ.** Lancaster, PA, 1995.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; D'AREDE, L. O.; SILVA, C. J.; ROCHA, M. M. Estimativa de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 399-407, 2014.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATTI BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum *Phaseolus vulgaris* L.) Physico-chemical characterization, protein digestibility and antioxidant activity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2009.

SINGH, S. P. Broadening the genetic base of common bean cultivars. **Crop Science**, v. 41, n. 6, p. 1659-1675, 2001.

SINGH, S. P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**, v. 45, n. 3, p. 379-396, 1991.

SINGH, S. P.; GUTIERREZ, J. A.; MOLINA, A.; URREA, C.; GEPTS, P. Genetic diversity in cultivated common bean: II. Marker-based analysis of morphological and agronomic traits. **Crop Science**, v. 31, n. 1, p. 23-29, 1991.

SMARTT, J. Evolution and evolutionary problems in food legumes. **Economic Botany**, v. 34, n. 3, p. 219-235, 1980.

SOUSA, C. D. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. D.; ARAÚJO, D. S.; ... ; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63-68, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Universitat Jaume I, 4<sup>a</sup> ed., 2009.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; PASSOS, F. A. **Horticultura Sustentável**. Disponível em <[http://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Passos/publication/279512691\\_Horticultura\\_Sustentavel/links/5593eff008ae16f493efb9d1.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Francisco_Passos/publication/279512691_Horticultura_Sustentavel/links/5593eff008ae16f493efb9d1.pdf)>, acesso: 25/08/2015.

TORRES, M. H. R. M.; DAMASCENO, K. J.; SILVA, M. D. M.; ROCHA, A. C. D. N. Efeito da interação genótipos x ambientes em linhagens de feijão-caupi. In Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **Congresso nacional de feijão-caupi**, 3., 2013, Recife. Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais. Recife: IPA, 2013.

VALKO, M.; IZAKOVIC, M.; MAZUR, M.; RHODES, C. J.; TELSER, J. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. **Molecular and cellular biochemistry**, v. 266, n. 1-2, p. 37-56, 2004.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. **Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética**. p. 496, 1992.

VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D. J.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VERZIGNASSI, J. R.; CAIXETA, M. P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 355-372, 2004.

VIDAL, V. L.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, N.; MORAES, E. A. Desempenho de feijão-vagem arbustivo, sob cultivo orgânico em duas épocas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 10-14, 2007.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. **Viçosa. Ed. UFV**, p. 273-349, 1999.

VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; PAULA, A. D. Composição centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de soja destinadas à alimentação humana. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 34, n. 7, p. 1277-1283, jul., 1999.

VIEIRA, J. C. B.; PUIATTI, M., CECON, P. R.; DA SILVA BHERING, A.; DA SILVA, G. D. C. C.; COLOMBO, J. N. Viabilidade agroeconômica da consorciação do taro com feijão-vagem indeterminado em razão da época de plantio. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 226-233, 2014.

VIGGIANO, J. Produção de sementes de feijão-vagem. In CASTELLANE, P. D., NICOLOSI, W. M., HASEGAWA, M. Produção de sementes de hortaliças. **Jaboticabal, FUNEP/FCAV/UNESP**. p. 127-140, 1990.

XU, B. J.; YUAN, S. H.; CHANG, S. K. C. Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected food legumes. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 2, p. 167-177, 2007.

WINHAM, D. M.; HUTCHINS, A. M.; JOHNSTON, C. S. Pinto bean consumption reduces biomarkers for heart disease risk. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 26, n. 3, p. 243-249, 2007.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; LUZ, W. C. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral das plantas. **Revisão anual de patologia de plantas, Passo Fundo**, v. 1, p. 275-318, 1993.

ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M; YAMADA, T. Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1988.