

LAURA MATOS RIBERA

**DESEMPENHO FISIOLÓGICO, ASPECTOS PRODUTIVOS, FATORES
NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DE CULTIVARES DE SOJA-HORTALIÇA
E CONVENCIONAL**

Botucatu

2022

LAURA MATOS RIBERA

**DESEMPENHO FISIOLÓGICO, ASPECTOS PRODUTIVOS, FATORES
NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DE CULTIVARES DE SOJA-HORTALIÇA
E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Horticultura).

Orientador(a): Dr. Filipe Pereira Giardini
Bonfim

Botucatu

2022

R484d	Ribera, Laura Matos Desempenho fisiológico, aspectos produtivos, fatores nutricionais e antinutricionais de cultivares de soja-hortaliça e convencional / Laura Matos Ribera. -- Botucatu, 2022 73 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu Orientador: Filipe Pereira Giardini Bonfim 1. Edamame. 2. Fotossíntese. 3. Produção. 4. Metabólitos secundários. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESEMPENHO FISIOLÓGICO, ASPECTOS PRODUTIVOS, FATORES NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DE CULTIVARES DE SOJA-HORTALIÇA E CONVENCIONAL

AUTORA: LAURA MATOS RIBERA

ORIENTADOR: FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM (Participação Virtual)
Producao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu UNESP

Profa. Dra. MAIELE LEANDRO DA SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul - Unidade Universitária de Aquidauana

Dra. JORDANY APARECIDA DE OLIVEIRA GOMES (Participação Virtual)
Horticultura / FCA Unesp Botucatu

Botucatu, 23 de fevereiro de 2022

A minha amorosa avó Aparecida Pereira Ribera
Ao meu amado avô José Ribera Linares, que durante esta
caminhada decidiu me acompanhar lá de cima,
dedico

AGRADECIMENTOS

A minha espiritualidade, Deus e todas as suas formas, embora convivamos de maneira harmoniosa e outras tão pouco, agradeço por me manter firme no objetivo que me propus.

Ao Prof. Dr. Filipe pelo aceite de orientação, oportunidade, disponibilidade, confiança e liberdade de trabalho concedida.

Aos estagiários Sthela, Ingrid e Gustavo, por toda ajuda e companheirismo, sem vocês este momento seria impossível.

As Pós-Doutorandas Dra. Jordany e Dra. Nathália pela ajuda durante as análises laboratoriais.

Aos meus pais Diva e Alexandre, a minha irmã Larizza, Tia Andrea, Tia Silvia, Tia Maninha, e aos meus avós Aparecida e José, só consigo chegar cada vez mais longe porque tenho o apoio incondicional de vocês.

Aos meus amigos da graduação, em especial, Dthenifer, Roanita e Regis presentes embrulhados que ganhei da vida, cuja a distância não conseguiu afastar. Ao meu amigo Santiago pela amizade. Aos meus amigos da “Noite da Pizza”, Bianca Moreira, Matheus, Bianca Aquino, Bianca Rodrigues, Nathália, Camila pela torcida, amizade de infância e troca constante.

Aos meus amigos de mestrado, em especial, Caio, Maiqui, Júlio e Jaqueline, por serem as pessoas mais incríveis que aqui conheci e por me permitirem usufruir bons momentos ao lado de vocês, o mestrado foi melhor, porque dele compartilhamos o companheirismo, estudo, tarefas, amizade e carinho. Ao Eduardo pelo auxílio nas análises fisiológicas e amizade sempre presente.

A Embrapa Soja, em especial, o Pesquisador Dr. José Ubirajara Vieira Moreira, pelo atendimento e fornecimento da cultivar BRS 267. A Empresa DiSolo pela concessão das sementes da cultivar BRSMG 790A.

A Fazenda Santa Fé Agropecuária- Grupo Folhas da Terra pela concessão das amostras das cultivares P96Y90 e TMG 7067 IPRO.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
pela bolsa de estudos concedida.

A Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP) e todos os seus
funcionários pelo acolhimento e ensinamento ao longo destes dois anos.

“O mundo é isso — revelou — um montão de gente, um mar de fogueirinhas. Cada pessoa brilha com luz própria entre todas as outras. Não existem duas fogueiras iguais. Existem fogueiras grandes e fogueiras pequenas e fogueiras de todas as cores. Existe gente de fogo sereno, que nem percebe o vento, e gente de fogo louco, que enche o ar de chispas. Alguns fogos, fogos bobos, não alumiam nem queimam; mas outros incendeiam a vida com tamanha vontade que é impossível olhar para eles sem pestanejar, e quem chegar perto, pega fogo”.

O Livro dos Abraços

Eduardo Galeano

RESUMO

A soja-hortaliça (*Glycine max* (L.) Merrill) embora pouco conhecida é uma cultura com grande potencial de produção e de consumo no Brasil. Desta forma, o objetivo do estudo foi fornecer dados comparativos de cultivares de soja a partir das respostas fisiológicas, produtivas e de fatores nutricionais e antinutricionais de grãos para categorizá-las como hortaliça. O trabalho foi dividido em dois capítulos, no primeiro capítulo avaliou-se a partir das cultivares de soja-hortaliça (BRS 267), cultivar de duplo propósito (BRSMG 790A) e cultivar convencional (58HO124 EP RR) a resposta fisiológica e as principais características agronômicas destas cultivares, para produção como hortaliça, cultivadas em sistema orgânico. Avaliou-se as seguintes características: taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática, concentração de carbono interno, transpiração, eficiência no uso da água e de carboxilação. Para a resposta das cultivares em relação à luz foram mensurados o ponto de saturação de luz, ponto de compensação luminosa e respiração no escuro. Para as características agronômicas foram avaliadas à altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas, número de vagens por planta e produção de grãos imaturos por plantas. A distribuição de fotoassimilados variou conforme a cultivar. As cultivares BRS 267 e BRSMG 790A destacaram-se quanto altura de inserção da primeira vagem, já a cultivar BRS 267 destacou-se quanto altura de plantas e a cultivar 58HO124 EP RR destacou-se quanto ao número de vagens por planta. A cultivar BRSMG 790A apresenta capacidade de converter o assimilado em massa de grãos destacando-se para produção de *edamame*. No capítulo 2 estudou-se os compostos bioativos e fatores antinutricionais, bem como as similaridades e diferenças entre cultivares de soja, para prospecção de potenciais cultivares para utilização como hortaliça. As coletas das vagens foram provenientes de duas localidades. A primeira coleta foi realizada na FCA/UNESP em Botucatu-SP, das cultivares BRS 267, BRSMG 790A e da 58HO124 EP RR, e a segunda coleta na fazenda Santa Fé Agropecuária em Pardinho-SP com as sojas convencionais P96Y90 e TMG 7067 IPRO. Para tanto, foram quantificados os compostos fenólicos totais, flavonoides, atividade antioxidante, oxalatos, taninos, nitratos e alcaloides, sendo também, determinado o teor de proteína das amostras. Verificou-se então, em todas as cultivares amostradas, diferentes proporções destes compostos, exceto os alcaloides. A cultivar 58HO124 EP RR destacou-se quanto ao conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade

antioxidante, já a cultivar BRSMG 790A destacou-se quanto ao conteúdo de flavonoides. Os menores conteúdos de compostos antinutricionais foram apresentados pela cultivar P96Y90 para oxalato, pela cultivar 58HO124 EP RR para nitrato e pela cultivar BRS 267 para tanino. Todas as cultivares apresentaram conteúdo proteico. A partir destes resultados foi possível inferir que as sojas convencionais têm potencial de consumo como hortaliça, e que as cultivares próprias da categoria, possuem menos taninos e mais flavonoides quando comparada as cultivares convencionais, o que contribui e estimula seu consumo *in natura*.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill; soja verde; produção orgânica; fotossíntese; desempenho produtivo; análise fitoquímica.

ABSTRACT

The soybean vegetable (*Glycine max* (L.) Merrill), although not that popular, is a crop with great potential for production and consumption in Brazil. Therefore, this study aims to provide comparative data of soybean cultivars from the physiological responses, productive and nutritional and antinutritional factors of grains to categorize them as vegetables. The work is divided into two chapters, in the first chapter the physiological response and the main agronomic characteristics of these cultivars were evaluated from the soybean-horticultural cultivars (BRS 267), dual-purpose cultivar (BRSMG 790A) and conventional cultivar (58HO124 EP RR), for production as a vegetable, cultivated in organic system. The following characteristics were evaluated: CO₂ assimilation rate, stomatal conductance, internal carbon concentration, transpiration, water use efficiency and carboxylation efficiency. For the response of cultivars in relation to light, the light saturation point, light compensation point, and respiration in the dark were measured. For the agronomic characteristics, the insertion height of the first pod was evaluated, such as plant height, number of pods per plant and production of immature grains per plant. The distribution of photo-assimilates varied according to cultivar. The cultivars BRS 267 and BRSMG 790A stood out for the height of insertion of the first pod, while the cultivar BRS 267 stood out for plant height and the cultivar 58HO124 EP RR stood out for the number of pods per plant. The BRSMG 790A cultivar has the ability to convert the assimilate into grain mass, standing out for the production of edamame. Chapter 2 provided a study of the bioactive compounds and antinutritional factors, as well as the similarities and differences between soybean cultivars, to prospect potential cultivars for use as vegetables. The pods were collected from two locations. The first collection was performed at FCA/UNESP in Botucatu-SP, of the cultivars BRS 267, BRSMG 790A and 58HO124 EP RR, and the second collection was performed at Santa Fé Agropecuária farm in Pardinho-SP with the conventional soybeans P96Y90 and TMG 7067 IPRO. Therefore, total phenolic compounds, flavonoids, antioxidant activity, oxalates, tannins, nitrates and alkaloids were quantified, and the protein content of the samples was also determined. All the cultivars sampled had different proportions of these compounds, except for the alkaloids. The cultivar 58HO124 EP RR stood out regarding the content of total phenolic compounds and antioxidant activity, while the cultivar BRSMG 790A stood out regarding the content of flavonoids. The lowest contents of antinutritional

compounds were presented by cultivar P96Y90 for oxalate, by cultivar 58HO124 EP RR for nitrate and by cultivar BRS 267 for tannin. All cultivars presented protein content. From these results it was possible to infer that conventional soybeans have potential for consumption as a vegetable, and that the cultivars of this category have less tannin and more flavonoids when compared to conventional cultivars, which contributes and encourages its consumption *in natura*.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill; green soybean; organic production; photosynthesis; production performance; phytochemical analysis.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	17
CAPÍTULO 1 – DESEMPENHO FISIOLÓGICO E AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SOJA-HORTALIÇA E CONVENCIONAL SOB MANEJO ORGÂNICO.....	20
1.1 INTRODUÇÃO.....	22
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
1.2.1 Local do estudo.....	23
1.2.2 Delineamento experimental.....	24
1.2.3 Caracterização das cultivares.....	24
1.2.4 Produção de mudas.....	25
1.2.5 Preparo da área.....	25
1.2.6 Tratos culturais.....	26
1.2.7 Trocas gasosas.....	27
1.2.8 Curva de resposta da assimilação de CO ₂ em função da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos.....	28
1.2.9 Colheita e Análises Agronômicas.....	28
1.2.10 Análise estatística.....	29
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
1.4 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
CAPÍTULO 2- CULTIVARES DE SOJA CONVENCIONAL APRESENTAM SIMILARIDADES NUTRICIONAL E ANTINUTRICIONAL COM SOJA-HORTALIÇA?	48
2.1 INTRODUÇÃO.....	50
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
2.2.1 Locais do estudo.....	51
2.2.2 Caracterização das cultivares.....	51
2.2.3 Preparo da área e transplântio/semeadura.....	52
2.2.4 Coletas.....	53
2.2.5 Análises laboratoriais.....	54
2.2.5.1 Preparo do extrato.....	54

2.2.5.2	Compostos fenólicos totais.....	54
2.2.5.3	Conteúdo de flavonoides.....	55
2.2.5.4	Atividade Antioxidante pelo Método do DPPH.....	55
2.2.5.5	Determinação do teor de proteína.....	56
2.2.5.6	Extração e quantificação de oxalato total.....	56
2.2.5.7	Extração e quantificação de nitrato.....	57
2.2.5.8	Extração e quantificação de taninos solúveis.....	57
2.2.5.9	Teste para alcaloides.....	57
2.2.6	Análise estatística.....	58
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
2.4	CONCLUSÃO.....	65
	REFERÊNCIAS.....	65
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
	REFERÊNCIAS	71

INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é agrupada em tipo grão e tipo alimento (YOKOMIZO, 2000). Ainda que pouco conhecido, este segundo grupo é constituído pelas sementes pequenas, sendo consumidas na forma de brotos, natto (soja fermentada), soja-hortaliça (salada) ou *edamame* (após cocção) (PACOVA, 1992). A soja-hortaliça tem como centro de origem o leste asiático (WANG et al., 2017; LARA et al., 2019; WILLIAMS, 2015; LUMPKIN et al., 1993), cujo os primeiros registros datam seu aparecimento em 1275 no Japão, em 1620 na China, e somente em 1855 nos Estados Unidos da América (SHANMUGASUNDARAM; YAN, 2010).

No Brasil, seja por questões culturais ou tradicionais, a soja-hortaliça está sendo timidamente introduzida ao cardápio dos brasileiros, ficando seu consumo centrado predominantemente aos descendentes de orientais residentes no país, especialmente na cidade de São Paulo (CASAS-LEAL, 2015). A desinformação sobre o potencial da soja-hortaliça, associada ao seu desconhecimento, constituem em uma das maiores dificuldades de popularização desta cultura.

Seja na forma de petisco, sopa, salada, lanches, ou como matéria-prima para fabricação de outros produtos, a soja-hortaliça, possui grande aplicabilidade na culinária (CARRÃO-PANIZZI, 2006). Associado a isso, os inúmeros benefícios de seu consumo a saúde humana englobam o alto teor proteico e de sacarose, reduzido teor de óleo (SHANMUGASUNDARAM; YAN, 2010), alto teor de carboidrato (até 83,20 mg/g) (SMIDERLE, 2007), sendo ainda, fonte de ferro e vitamina A, B, excetuando-se a B12, e C (CARRÃO-PANIZZI, 1988).

A soja-hortaliça possui grande conteúdo de isoflavonas, este composto é conhecido por sua ação antioxidante, anticarcinogênica e antimicrobiana (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os fitoestrógenos (genisteína, daidzeína e gliciteína), contidos nas isoflavonas, são estruturas fenólicas semelhantes ao hormônio feminino (estrogênio). Esta semelhança benéfica e natural, permite que a hortaliça atue na reposição hormonal durante a menopausa, amenizando os sintomas deste período (KIM et al., 2007).

A soja-hortaliça, por se equivaler fisiologicamente a soja convencional, também é considerada uma planta autógama, florescendo em um intervalo de 6 a 8 semanas

e dependendo do hábito de crescimento, é capaz de emitir flores por mais algumas semanas. Após os grãos serem colhidos, a venda varia conforme a finalidade requerida pelo mercado. Quando colhida com a finalidade de consumo, por exemplo, *edamame*, algumas proporções, como conteúdo inferior a 2% de material de outrem, 3% de grãos lesados e 10% de grãos quebrados, não devem ser excedidas para que não comprometa seu sabor (NILL, 2016).

Isto porque as cultivares utilizadas para o consumo como salada, possuem características palatáveis que facilitam seu consumo *in natura*. A princípio as cultivares de soja destinadas à produção comercial quando utilizadas com finalidade de hortaliça, exibiam características organolépticas diferentes das requeridas pela categoria, apresentando grãos menores, de sabor amargo e adstringente, tornando inviável o seu consumo. Por isso, a introdução de materiais originados do Japão e da China, foram essenciais para o melhoramento e surgimento de cultivares adaptadas as condições climáticas brasileiras e com característica de hortaliça (PACOVA, 1992).

Hoje as cultivares destinadas ao consumo como salada, sejam elas cultivares próprias ou convencionais com potencial para hortaliça, apresentam sabor suave e adocicado, consequência dos altos teores de açúcares, aminoácidos, amido e sacarose (LIMA et al., 2017), somado a ausência de enzimas lipoxigenases (L_1 , L_2 e L_3), importantes para a supressão do sabor de “beany flavor” (TEIXEIRA et al., 1995). Outra característica essencial para o consumo, é o baixo teor do inibidor de tripsina kunitz (ITK), pois em altos teores, o polipeptídeo ITK atua inibindo a digestibilidade proteica da soja (RANI et al., 2020).

Tão importante quanto a característica genética das cultivares, a condução da cultura deve ser realizada de forma natural, promovendo a formação de plantas saudáveis e rústicas, de elevado índice produtivo, sem a necessidade de aplicações excessivas de agroquímicos (PENTEADO, 2010). O sistema orgânico é um exemplo de manejo adotado pelos pequenos produtores de hortaliças. Entre as práticas orgânicas que podem ser utilizadas no sistema, a manutenção de palhada sob o solo, surge como alternativa para a manutenção da umidade e temperatura, reduz o impacto da gota de chuva, auxilia no controle de plantas invasoras e favorece a atividade da macro e micro fauna do solo (SOUZA; RESENDE, 2006).

Somado a isso, os alimentos orgânicos possuem aceitabilidade do público de 91% quando comparada com hortaliças produzidas convencionalmente (PORTO; NORDI, 2019). No entanto, para a expansão de cultivo e consumo da hortaliça é necessário tornar seu valor conhecido, com a disponibilização de cultivares adaptadas as diversas regiões, como já pode ser visto com cultivares destinadas à produção comercial. Ainda hoje é difícil encontrar grãos de soja-hortaliça disponíveis em revendedoras para semeadura, e estabelecimentos, supermercados ou feiras que englobem em seu cardápio a olerícola.

Analisando as questões apontadas, verifica-se a necessidade de trabalhos que forneçam avaliações comparativas de cultivares de soja a partir das respostas fisiológicas, produtivas e de composição fitoquímica de grãos para categorizá-las como hortaliça.

CAPÍTULO 1

DESEMPENHO FISIOLÓGICO E AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SOJA-HORTALIÇA E CONVENCIONAL SOB MANEJO ORGÂNICO

RESUMO

Este estudo teve por objetivo avaliar a resposta fisiológica e as principais características agronômicas de cultivares de soja, para produção como hortaliça, cultivadas em sistema orgânico. O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrônômicas no Departamento de Produção Vegetal- Setor Horticultura (FCA/UNESP), Campus de Botucatu-SP. O delineamento adotado foi em blocos ao acaso, onde os tratamentos consistiram em três cultivares de soja BRS 267, BRSMG 790A e 58HO124 EP RR com dez repetições. Para caracterização fotossintética das cultivares, avaliou-se as trocas gasosas e a resposta das cultivares à luz. O desempenho agrônômico foi avaliado através da altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas, número de vagens por planta e produção de grãos imaturos por plantas. A taxa de assimilação de CO₂ e eficiência de carboxilação foram maiores para as cultivares BRS 267 e 58HO124 EP RR, para a condutância estomática verificou-se que a partir do 12h00min houve decréscimo desta variável para todas as cultivares. Quanto a concentração de carbono interno destaque para a cultivar BRSMG 790A, já os picos de transpiração variaram, no entanto, a eficiência no uso da água foi similar entre as cultivares. A cultivar 58HO124 EP RR necessita de mais densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos para assimilar CO₂, possuindo também maior taxa respiratória. Relacionando-se as variáveis estudadas percebe-se que a distribuição de fotoassimilados variou conforme a cultivar. As cultivares BRS 267 e BRSMG 790A os direcionaram para altura de inserção da primeira vagem, além desta, a cultivar BRS 267 destinou parte dos fotoassimilados para seu crescimento vegetativo. Em contrapartida, a cultivar 58HO124 EP RR destinou estes fotoassimilados para a emissão floral, proporcionando-lhe média expressiva de número de vagens, mas insuficientes para proporcionar maior enchimento de seus grãos, atribuindo-se a BRSMG 790A a capacidade de converter o CO₂ assimilado em massa de grãos, destacando-se para produção de *edamame* em manejo orgânico.

Palavras-chave: Trocas gasosas; *edamame*; fotossíntese; potencial de produção.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the physiological response and the main agronomic characteristics of soybean cultivars, for its production as a vegetable grown in an organic system. The experiment was conducted at the Faculdade de Ciências Agronômicas, Departamento de Produção Vegetal- Setor Horticultura (FCA/UNESP), Campus de Botucatu-SP. The randomized block design consisted of three soybean cultivars BRS 267, BRSMG 790A and 58HO124 EP RR with ten repetitions. For photosynthetic characterization of the cultivars, gas exchange and the response of cultivars to light were evaluated. The agronomic performance was evaluated through the height of insertion of the first pod, plant height, number of pods per plant and production of immature grains per plant. The rate of CO₂ assimilation and carboxylation efficiency were higher for the cultivars BRS 267 and 58HO124 EP RR, for the stomatal conductance it was found that from 12:00 am there was a decrease of this variable for all cultivars. As for the concentration of internal carbon, the cultivar BRSMG 790A stood out, while the transpiration peaks varied, however, the water use efficiency was similar among cultivars. The cultivar 58HO124 EP RR needs more photosynthetically active photon flux density to assimilate CO₂, also having a higher respiration rate. Relating the variables studied, one can see that the distribution of photo-assimilates varied according to the cultivar. The cultivars BRS 267 and BRSMG 790A directed them to the height of insertion of the first pod and, beyond that, the cultivar BRS 267 directed part of the photo-assimilates for its vegetative growth. In contrast, the cultivar 58HO124 EP RR directed these photo-assimilates for floral emission, providing it with an expressive average number of pods, but insufficient to provide greater filling of its grains BRSMG 790A is attributed the ability to convert the assimilated CO₂ into grain mass, standing out for the production of edamame in organic management.

Keywords: Gas exchange; *edamame*; photosynthesis; production potential.

1.1 INTRODUÇÃO

A soja-hortaliça (*Glycine max* L. Merrill) ou *edamame* são cultivares de soja desenvolvidas para o consumo como hortaliça. Da planta são aproveitadas as vagens cheias e verdes com pouca pubescência (ZHANG et al., 2010) e as sementes grandes de intensa cor verde (CZAIKOSKI et al., 2012). Na culinária a hortaliça é versátil, podendo ser utilizada no preparo de guisados, salgadinhos (SANTANA et al., 2012), lanches, sopas e saladas (BATTISTINI et al., 2018). O sabor adocicado e suave (WILLIAMS, 2015) aliado à boa aparência e textura, são atributos que favorecem seu consumo (CZAIKOSKI et al., 2012), especialmente *in natura*, sendo ainda, parâmetros utilizados para avaliar a qualidade da hortaliça (HOU et al., 2011).

A cultura assemelha-se a soja convencional quanto à forma de condução (CARRÃO-PANIZZI, 2006), época de semeadura, recomendação de adubação e necessidade de controle de pragas e doenças. As culturas se diferem quanto à época de colheita, para a soja-hortaliça, sucede quando as vagens apresentam-se com cerca de 80% de maturação e umidade em torno de 65% (KUMAR et al., 2011). Para o seu cultivo, recomenda-se a produção de mudas com sementes que possuam germinação mínima de 85%, em conjunto com as condições consideradas ótimas para o cultivo, como solo fértil, bem drenado, com pH entre 5,8 a 7,0 (SHANMUGASUNDARAM; YAN, 2010).

O conhecimento sobre as fontes utilizadas para construção da fertilidade do solo é de interesse dos produtores para cultivo de sucesso, e dos consumidores na hora da compra, os quais, procuram produtos cultivados sem o uso de defensivos agrícolas. Para satisfazer esta exigência, a cultura deve ser manejada sob sistema de produção adequado. O sistema orgânico é um destes, pois baseia-se em princípios ecológicos, os quais visam a preservação do meio ambiente, através do uso racional de seus componentes (PENTEADO, 2010).

Este sistema é usualmente utilizado pelos pequenos produtores (SMIDERLE; OLIVEIRA; SCHWENGBER, 2011) que a partir dos recursos alternativos disponíveis, geram produtos de alto valor e de boa aceitação. Para o produtor, conduzir a cultura sob manejo orgânico e como planta hortícola, contribui para a obtenção de maiores produtividades e de tamanho de grãos (ESPOLADOR et al., 2017), disponibilizando ao consumidor, produtos compatíveis com as suas exigências.

Além do potencial consumidor, o Brasil é potencial produtor de soja-hortaliça, pois apresenta solo, clima e relevo favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Para tanto, estudos que caracterizem os aspectos fisiológicos da cultura são fundamentais, pois auxiliarão no posicionamento correto das cultivares em função do ambiente de produção, além de fornecer informações sobre a potencialidade de genótipos para cada região.

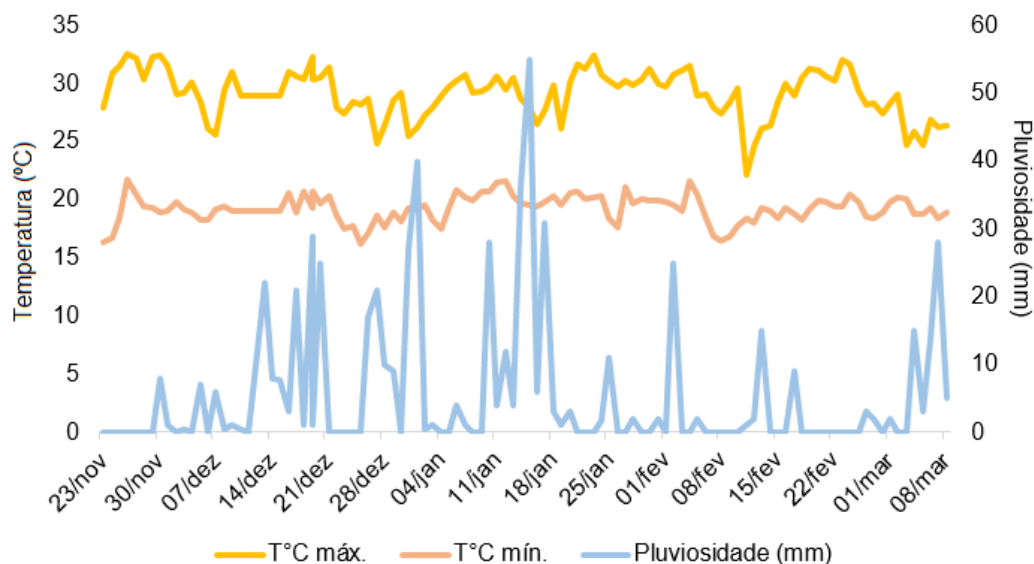
As medidas de trocas gasosas fornecem informações importantes sobre o estado fisiológico das plantas, e a fotossíntese é um dos processos metabólicos fundamentais e está correlacionado com a biomassa da cultura. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta fisiológica e as principais características agrônômicas de cultivares de soja, para produção como hortaliça, cultivadas em sistema orgânico.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Local do estudo

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, no Departamento de Produção Vegetal- Setor Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP), campus de Botucatu, no período de novembro de 2020 a março de 2021. O município de Botucatu localiza-se entre os paralelos 22° 51' S de latitude e os meridianos 48° 26' W de longitude, com altitude de 786 m. Segundo a classificação de *Köppen-Geiger* o clima enquadra-se como temperado quente (mesotérmico) úmido (Cfa), com temperatura e precipitação médias anuais de 19,5°C e 1.314 mm, respectivamente (CUNHA; MARTINS, 2009), e solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro (SANTOS et al., 2018). Os dados climáticos do período de condução da pesquisa podem ser observados na Figura 1.

Figura 1 - Condições climáticas do transplântio a colheita das sojas. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



1.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, cujo os tratamentos consistiram em três cultivares de soja BRS 267 (soja-hortaliça), BRSMG 790A (dupla aptidão) e 58HO124 EP RR (soja convencional) com dez repetições por tratamento.

Adotou-se espaçamento entre plantas de 0,10 m (CASTOLDI et al., 2009) e espaçamento entre as linhas de 0,50 m, perfazendo-se 10 plantas por metro, numa densidade populacional de 200.000 plantas por hectare. Cada parcela continha 4 m², com total de 100 plantas de soja por parcela, totalizando 54 plantas na área útil.

1.2.3 Caracterização das Cultivares

BRS 267: cultivar própria para o cultivo como hortaliça, exibe sementes grandes, podendo ser utilizada para a produção de leite, tofu e salada. A cultivar apresenta hábito de crescimento determinado, cor do hilo amarela, grau de maturidade médio e peso de cem grãos de 25g (ESPOLADOR et al., 2017).

BRSMG 790A: cultivar de duplo-propósito, exibe sementes grandes, favoráveis para a indústria e para o consumo humano. A cultivar apresenta hábito de crescimento

determinado, cor do hilo amarela, grau de maturidade longo e peso de cem grãos de 19,6g (ARANTES et al., 2010).

58HO124 EP RR: cultivar tipo grão, exibe grãos menores e finalidade de produção comercial. A cultivar apresenta hábito de crescimento indeterminado, cor do hilo marrom clara, grau de maturidade médio e peso de cem grãos de 17g (SEMENTES TORMENTA, 2021).

1.2.4 Produção de mudas

As sementes da cultivar BRS 267 foram doadas pelo pesquisador Dr. José Ubirajara Vieira Moreira da Embrapa Soja, sediada na cidade de Londrina-PR, referentes a safra 20/21 com porcentagem de germinação de 80%, pureza mínima de 99%, e sem nenhum tipo de tratamento. As sementes da cultivar BRSMG 790A foram doadas pela Empresa Di Solo, sediada na cidade de São Carlos-SP, referentes a safra 20/21 com porcentagem de germinação de 80%, pureza mínima de 99% e sem nenhum tipo de tratamento. E as sementes da cultivar 58HO124 EP RR foram doadas pela Fazenda Experimental Lageado, adquiridas comercialmente da marca Sementes Tormenta, referentes a safra 19/20 com porcentagem de germinação de 80%, pureza mínima de 99%, sem nenhum tipo de tratamento, porém, com tecnologia roundup ready (RR).

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno com 128 células, dez dias antes do transplântio, utilizando-se de substrato comercial Carolina Soil®, colocando-se uma semente por célula. As sementes foram inoculadas no momento da semeadura no substrato, aplicando-se 2 mL de inoculante líquido (Masterfix L Premier), com *Bradyrhizobium elkanii* e *Bradyrhizobium japonicum*, para cada 0,5kg de sementes. O transplântio a campo, respeitando o delineamento experimental adotado foi realizado em 24/11/2020.

1.2.5 Preparo da área

A amostragem do solo foi feita na camada de 0 a 20 cm de profundidade e posteriormente encaminhada ao Departamento de Ciência do Solo da FCA. Os resultados obtidos demonstraram as seguintes características químicas: pH =4,4 em CaCl₂; M.O.= 21 g dm⁻³ Presina=5 g dm⁻³; Al³⁺=3 mmol dm⁻³; H+Al= 36 mmol dm⁻³; K=1,4 mmol dm⁻³; Ca=10 mmol dm⁻³; Mg=3 mmol dm⁻³; SB=14 mmol dm⁻³; CTC=51

mmol dm⁻³; V%=29%; S=10 mmol dm⁻³; B=0,21 mg dm⁻³; Cu=2,3 mg dm⁻³; Fe=74 mg dm⁻³; Mn=6,3 mg dm⁻³; Zn=0,8 mg dm⁻³.

O preparo do solo foi realizado com auxílio de arado 48 dias antes do transplântio em 07/10/2020 e o encanteirador passado duas vezes na área 36 dias antes do transplântio em 19/10/2020. Tendo em vista os resultados obtidos na análise de solo, foi realizada a correção e a adubação para a cultura da soja, seguindo a recomendação para o Estado de São Paulo, segundo Raij et al. (1997), utilizando adubos orgânicos.

Concomitantemente ao preparo da área com o encanteirador foram aplicados 2.521,34 kg ha⁻¹ de calcário (PRNT 90) e em adubação para o plantio, foram aplicados 1.184,48 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e 13,25 kg ha⁻¹ de K₂O utilizando como fonte o fosfato natural e o sulfato de potássio, respectivamente, distribuídas manualmente nas parcelas experimentais.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, sendo implantado de início na área, com duas linhas de fita gotejadora em cada canteiro, com espaçamento entre os emissores de 0,5m e 0,3m entre as fitas, com rega diária no período da manhã. Imediatamente após o transplântio, foram depositadas sob as parcelas palhada para manutenção da umidade, proteção das mudas e controle de plantas invasoras.

1.2.6 Tratos culturais

Os tratos culturais adotados foram de acordo com o recomendado para o manejo orgânico de produção, em acordo com o regulamentado pela Lei Nº 10.831 (Brasil, 2003) e o Regulamento Técnico da Instrução Normativa 46 (Brasil, 2011) complementada pela IN 17 (Brasil, 2014), sendo estes, capinas manuais, controle de doenças e pragas.

Para o controle de doenças, foram aplicadas regularmente calda de leite e calda bordalesa, a fim de controlar o oídio (*Microsphaera diffusa*) e o míldio (*Peronospora manshurica*). Já para o controle de insetos recorrentes como a vaquinha (*Diabrotica spiciosa*), o complexo de percevejos (*Euschistus heros*, *Nezara viridula*, *Edessa meditabunda* e *Piezodorus guildinii*), o torrãozinho da soja (*Aracanthus mourei*), o metaleiro (*Magacelis sp.*) e as lagartas como a da soja (*Anticarsia*

gemmatalis), a do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e a elasmopalmus (*Elasmopalpus lignosellus*), foram aplicadas calda de fumo associada a catação manual.

Em 14/02/2021, 82 dias após o transplântio (DAT), foram identificados os primeiros focos de ferrugem asiática-da-soja (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultivar BRS 267. Devido ao rápido avanço da doença nesta e nas demais cultivares, para a avaliação das variáveis agrônômicas, foram amostradas dez plantas aparentemente saudáveis retiradas da área útil entre os estádios R5 e R6.

1.2.7 Trocas gasosas

Análises correlacionando a taxa de assimilação líquida e a taxa de crescimento da cultura da soja, indicaram que ocorrem dois picos de atividade fotossintética durante o desenvolvimento da cultura, um na época do florescimento (estádios R1 e R2) e outro durante o enchimento de vagens (estádios R 5.1 e R 5.2) (CAMARA; HEIFFIG, 2000). Em razão disto, optou-se por realizar as análises de trocas gasosas no estágio R1-R2.

Para isso, utilizou-se o aparelho IRGA – 6400 (*Infrared Gas Analyzer*) da Li-Cor. As análises foram realizadas 74 DAT, com leitura realizada a cada 2 horas, entre as 08h00min e 18h00min. Para tanto, foram selecionadas e padronizadas 6 plantas de cada cultivar, sendo utilizada uma folha completamente expandida do terço médio de cada planta. Com as plantas no mesmo estágio de desenvolvimento, mensurou-se:

- A taxa de assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).
- Condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).
- Concentração de carbono interno (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$).
- Transpiração (E , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).
- Eficiência no uso da água (EUA, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}/\text{mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$): determinada através da relação entre a taxa de assimilação de CO₂ e transpiração.
- Eficiência de carboxilação (A/C_i $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}/\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$): obtida através da relação entre a taxa de assimilação de CO₂ e a concentração de carbono interno.

Para garantir que as condições experimentais fossem consistentes, a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi padronizada por meio do uso de diodo emissor de luz acoplado ao IRGA, de acordo com o DFFFA durante cada horário de avaliação (Tabela 1). A concentração de CO_2 de referência usada durante a avaliação foi a ambiente, com valores, variando de 380–400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de ar.

Tabela 1- Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), das 08h00min às 18h00min sob condições de campo. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021

Hora do dia	Temperatura do ar $^{\circ}\text{C}$	Umidade Relativa %	DFFFA $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
08h00min	24,4	56,3	600
10h00min	27,5	58,3	1540
12h00min	29,2	52,8	2150
14h00min	31,4	47,5	1570
16h00min	30,6	41,8	1350
18h00min	26,1	49,7	220

1.2.8 Curva de resposta da assimilação de CO_2 em função da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos

A curva da taxa de assimilação de CO_2 (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) como resposta a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi obtida através do decréscimo do DFFFA de 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ até 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ com intervalos de 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ até 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e posteriormente com intervalos de 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, para maior precisão de inclinação da curva. A temperatura utilizada durante a avaliação foi a ambiente, em torno de $25 \pm 3 ^{\circ}\text{C}$.

A curva resposta foi ajustada para função hiperbólica $A = a [(A_{\text{máx}} * \text{DFFFA}) / (b + \text{DFFFA})]$, onde $A_{\text{máx}}$ é a máxima assimilação de CO_2 e a e b são os parâmetros da equação hiperbólica. A partir dessa função foi calculada a respiração no escuro (parâmetro a da equação) e a compensação de luz ponto (correspondente ao valor de DFFFA onde A é zero). O ponto de saturação da luz foi determinado ajustando uma linha reta ($y = 1$) aos pontos mais altos da curva.

1.2.9 Colheita e Análises Agronômicas

As plantas foram colhidas e analisadas conforme atingiam o ponto de colheita, para a soja-hortaliça, esse ponto dá-se quando os grãos ainda verdes, ocupam todo o lóculo da vagem (PINTO et al., 2020). Para a cultivar BRS 267 e para a cultivar 58HO124 EP RR esse momento foi em 93 DAT em 25/02/2021, no entanto, para a cultivar BRSMG 790A esse momento foi em 104 DAT em 08/03/2021.

As plantas colhidas foram encaminhadas ao Laboratório de Plantas Medicinais, sediado no Departamento de Produção Vegetal- Setor Horticultura, para as seguintes avaliações:

- Altura de inserção da primeira vagem (cm): determinada em uma amostra de dez plantas colhidas da área útil, medida com o auxílio de uma fita métrica, do nível do solo até a primeira vagem.
- Altura de plantas (cm): determinada a partir da mesma amostra, medida com o auxílio de uma fita métrica, do nível do solo até a extremidade da folha mais alta.
- Número de vagens por planta: determinada a partir da mesma amostra, contando-se o número de vagens de cada planta.
- Produção de grãos imaturos por plantas (g planta^{-1}): obtida considerando-se o número de vagens por plantas (NVP), o número médio de sementes por vagem (NSV) e a massa média de 100 sementes (M100S), calculada através da seguinte expressão: $\text{NVP} \times \text{NSV} \times \text{M100S}$ (CASTOLDI, 2008).

1.2.10 Análise estatística

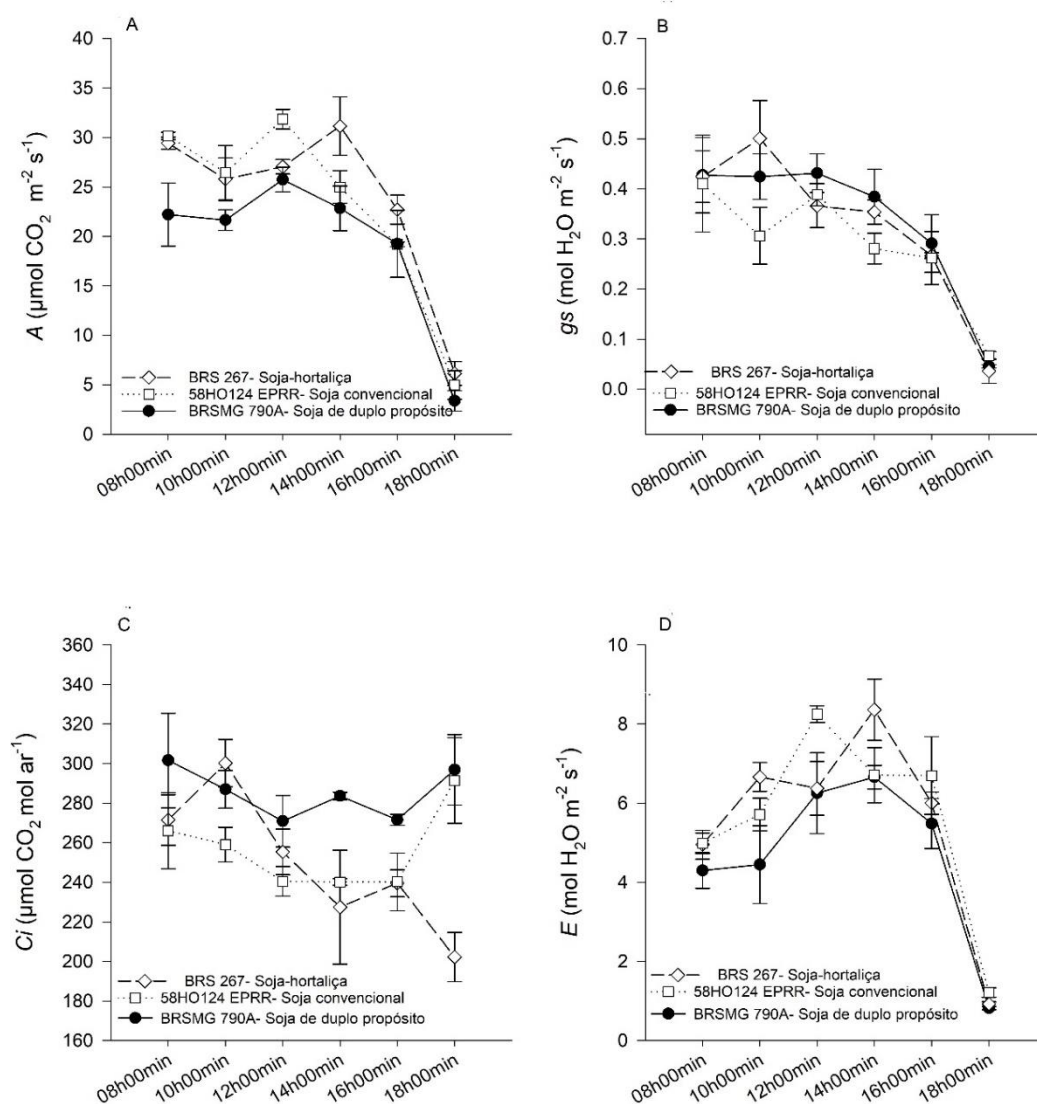
Os dados foram previamente submetidos aos testes de homogeneidade de Bartlett e de normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. Verificada a normalidade e homogeneidade, procedeu-se a análise de variância (Teste F), através do software R Studio (RSTUDIO, 2017) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para ajuste da função hiperbólica das curvas de resposta a luz, utilizou-se o programa estatístico SAS 9 (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1999). E para a análise multivariada foi utilizado o programa MetaboAnalyst (XIA et al., 2009).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, demonstrou-se o comportamento fisiológico das cultivares de soja com a variação de DFFFA, temperatura e umidade relativa do ar no decorrer do dia (Figura 2). A fotossíntese, é processo fisiológico e bioquímico complexo, restrito por muitos fatores ambientais, como PAR, temperatura, umidade e concentração de CO_2 atmosférico (PENG et al., 2015).

Figura 2- Taxa de assimilação de CO_2 (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (A), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (B), concentração de carbono interno (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$) (C) e transpiração (E , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (D) de cultivares de soja.

FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



Quanto à taxa de assimilação de CO₂ (A) observou-se maiores valores para as cultivares 58HO124 EP RR e BRS 267, entretanto, o pico de A ocorreu em horários distintos, às 12h00min e 14h00min, respectivamente (Figura 2A). Já a cultivar BRSMG 790A apresentou a maior A de 25,0 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ às 12h00min. A A mensurada na fase reprodutiva da soja, expressa a máxima exigência fisiológica da cultura (FAGAN et al., 2010).

Para todas as cultivares estudadas a A, se mantém acima de 20,0 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ até às 16h00min, com acentuada queda às 18h00min devido à baixa DFFFA. Fato comprovado pois a cultivar BRS 267 apresentou o pico de A às 14h00min, momento em que o DFFFA foi de 1570 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, já as cultivares BRSMG 790A e 58HO124 EP RR às 12h00min, momento de maior DFFFA, 2150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 1).

Estudo avaliando a intensidade luminosa em cultivo consorciado entre soja e milho, demonstrou que a redução do sombreamento e aumento da transmitância do PAR, para 1636,8 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, pode melhorar as características fotossintéticas das plantas de soja (RAZA et al., 2019). Percebe-se que a cultura da soja é exigente quanto ao PAR e a indicação de cultivares convencional ou hortaliça para determinadas regiões ou forma de cultivo (consórcio com grandes culturas ou olerícolas), deve considerar a intensidade luminosa do ambiente de produção.

Com relação à condutância estomática (g_s) as cultivares apresentaram comportamento diferente até às 12h00min (Figura 2B). A partir deste horário, houve decréscimo dessa variável, influenciada pelo aumento da temperatura e redução da umidade relativa do ar até às 16h00min, após este horário esse comportamento é observado em decorrência da menor DFFFA (Tabela 1). Os menores valores de g_s foram observados para a cultivar 58HO124 EP RR, cuja a estratégia de fechar parcialmente os seus estômatos, é uma forma de evitar a perda de água. A cultivar BRS 267 apresentou pico de g_s às 10h00min, cerca de 0,53 $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, horário com maior umidade relativa do ar (Tabela 1).

A g_s interfere na concentração de carbono interno (C_i) de maneira que a concentração de CO₂ nas folhas, seja limitada por sua capacidade de carboxilação e regeneração da ribulose-1,5-bifosfato (TAIZ; ZEIGER, 2013). Sendo assim, a concentração de carbono interno (C_i) foi superior na cultivar BRSMG 790A em todos

os horários avaliados, exceto às 10h00min, demonstrando uma menor eficiência da enzima rubisco (Figura 2C).

A cultivar 58HO124 EP RR, apresentou os menores valores de C_i durante o dia, exceto às 14h00min e 18h00min, o que pode indicar que o CO_2 adquirido através da abertura estomática tenha sido usado para carboxilação. Enquanto a cultivar BRS 267 apresentou o pico de C_i às 10h00min, mesmo horário que apresentou maior g_s .

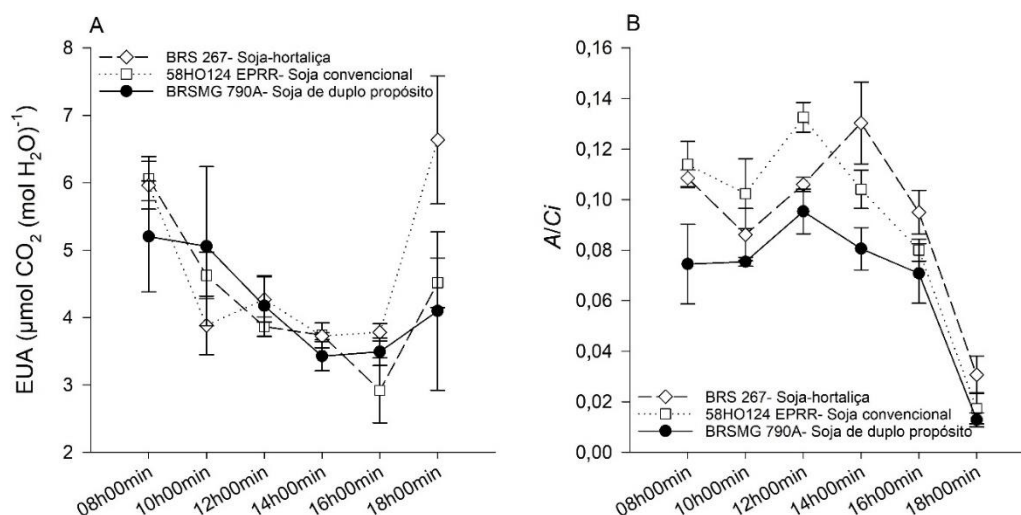
O pico dos resultados de transpiração (E), foram diferentes entre as cultivares estudadas, onde este aumento na taxa transpiratória está relacionado ao aumento da temperatura, diminuição da umidade relativa do ar e aumento na DFFFA, assim as cultivares estudadas tem relações fisiológicas distintas com as condições climáticas (Figura 2D). As cultivares 58HO124 EP RR e BRS 267 alcançaram o pico de E , aproximadamente $8,0 \text{ mol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, ao 12h00min e às 14h00min, respectivamente.

As cultivares BRS 267 e 58HO124 EP RR apresentaram menor g_s e maior E com o aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar no decorrer do dia, isso pode ser visto como uma sensibilidade às condições climáticas, enquanto a cultivar BRSMG 790A, mantém a g_s estável e E menor, quando comparada às demais. Essa relação entre ambiente, g_s e E também foi observada em pepino não enxertado, esses parecem ser mais sensíveis às condições ambientais porque diminuíram a condutância estomática como resultado de um aumento na temperatura e diminuição da umidade relativa (AMARO et al., 2014).

A eficiência no uso da água (EUA), foi similar entre as cultivares, considerando que para maioria dos horários os dados estão dentro do mesmo intervalo, exceto às 18h00min, onde a cultivar BRS 267 apresentou resultado superior cerca de $7,1 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mol H}_2\text{O})^{-1}$, quando comparada as cultivares BRSMG 790A e 58HO124 EP RR (Figura 3A). O comportamento da BRS 267 está relacionado com a baixa E e superior A às 18h00min. A menor disponibilidade de água ocasiona menor E consequência do fechamento estomático em resposta ao estresse abiótico (JADOSKI; KLAR; SALVADOR, 2005).

Figura 3- Eficiência no uso da água (EUA, $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mol H}_2\text{O})^{-1}$) (A) e eficiência da carboxilação (A/C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (B) de cultivares de soja.

FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



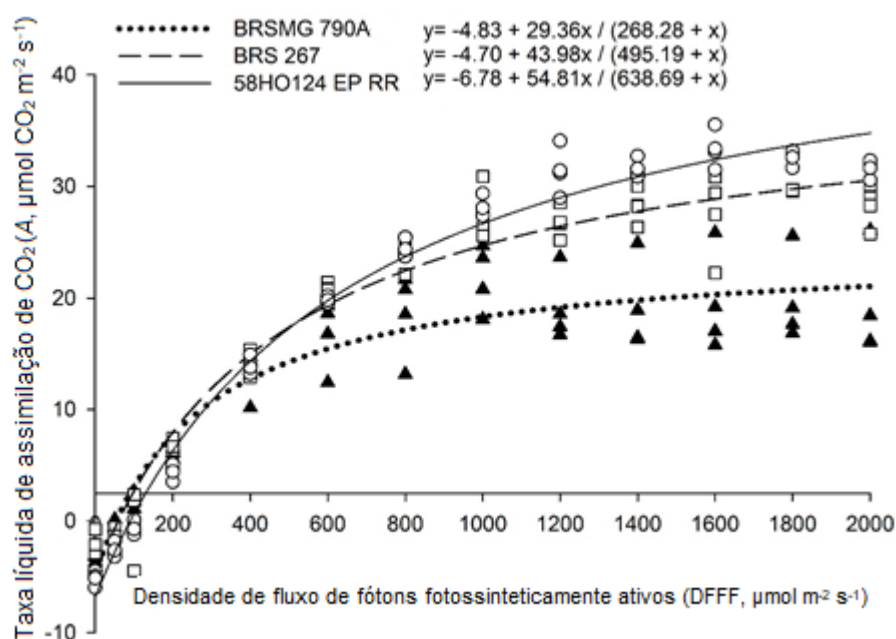
A disponibilidade hídrica e o manejo adotado podem ser fatores que causam variabilidade de produção entre anos de cultivo. A cultura da soja necessita de 450 a 800 mm de água durante seu ciclo, com maiores exigências durante o florescimento e granação, no entanto, a maioria das áreas produtivas são dependentes do regime pluviométrico (NEUMAIER et al., 2020). Sabendo disso, deve-se buscar cultivares mais eficientes quanto ao uso da água, podendo-se observar que as cultivares deste estudo apresentaram comportamento semelhante quanto à relação entre CO_2 assimilado e H_2O perdida para atmosfera.

A eficiência de carboxilação (A/C_i) mensura a velocidade e capacidade em que a planta assimila CO_2 que futuramente pode ser utilizado para ganho na produção. Sendo assim, as plantas da cultivar BRSMG 790A foram menos eficientes se comparada as cultivares BRS 267 e a 58HO124 EP RR (Figura 3B). Os resultados desta variável são consistentes com os observados para A, onde o pico ocorreu às 12h00min para 58HO124 EP RR e às 14h00min para BRS 267. A maior A/C_i pode resultar em aumentos do potencial de crescimento, acúmulo de matéria seca, rendimentos e qualidade do produto final. Contudo, a destinação dos fotoassimilados depende do potencial genético de cada cultivar e da relação deste com o ambiente.

As cultivares apresentaram horários distintos quanto ao pico de A, isso se deve principalmente à DFFFA, com base na curva de resposta a luz (Figura 4). Observa-se

que a cultivar BRSMG 790A satura a assimilação de CO₂ em baixa DFFFA, o que é esperado por se tratar de uma planta C₃ cuja a característica é saturar em níveis mais baixos de luz (GUARDA; CAMPOS, 2014).

Figura 4- Taxa líquida de assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em função da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de cultivares de soja. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



O ponto de compensação e saturação de luz e a respiração no escuro apresentaram diferença estatística entre as cultivares (Tabela 2). A cultivar BRSMG 790A tem tendência de saturação da fotossíntese com valor mais baixo de DFFFA quando comparada às demais, cerca de 1619 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A cultivar BRS 267 possui saturação mais elevada 2125 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, indicando que mesmo dentro da mesma categoria, a cultivar BRS 267 pode ser mais tolerante ao estresse fotoinibitório, tendendo a demorar para limitar sua assimilação de CO₂. Sob intensa radiação solar, não há aumento significativo da fotossíntese. Nesta situação a fotossíntese é saturada pela radiação, com a taxa de assimilação de CO₂ não mais limitada por reações fotoquímicas (HABERMANN et al., 2003).

Tabela 2- Ponto de compensação luminosa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), ponto de saturação luminosa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e respiração no escuro ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de cultivares de soja. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021

Cultivares	Ponto de saturação luminosa	Ponto de compensação luminosa	Respiração no escuro
	μmol m ⁻² s ⁻¹		
BRSMG 790A	1619 c	36,15 c	-4,53 b
BRS 267	2125 b	46,48 b	-4,64 b
58HO124 EP RR	2430 a	69,38 a	-6,57 a
F	75,36*	41,78*	85,27*
CV (%)	11,48	8,64	4,11

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Entretanto, a cultivar 58HO124 EP RR apresentou o ponto mais alto de saturação de luz de $2430 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e portanto, maior tolerância a elevada radiação solar. Dessa forma, a taxa de transporte de elétrons e a atividade da enzima RuBisCO tornam-se mais limitante na cultivar BRSMG 790A, quando comparada às cultivares BRS 267 e 58HO124 EP RR.

O ponto de compensação de luz acompanha o de saturação. Este parâmetro indica que o processo fotossintético assimila exatamente a mesma quantidade de CO_2 liberado pela respiração, ou seja, neste ponto A é igual a respiração (Tabela 2). A cultivar 58HO124 EP RR, apresentou o maior ponto de compensação de luz, indicando que essa cultivar têm respiração mais elevada que as demais cultivares. A respiração no escuro também foi superior na cultivar 58HO124 EP RR, já para as cultivares BRSMG 790A e BRS 267 não diferiram entre si.

Foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para todas as variáveis agronômicas, sendo elas: altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas, número de vagens por planta e produção de grãos imaturos por plantas (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias para altura de inserção da primeira vagem (AIPV), altura de plantas (AP), número de vagens por planta (NVP) e produção de grãos imaturos por plantas (PGI) de cultivares de soja. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021

Cultivares	AIPV	AP	NVP	PGI
	(cm)	(cm)	-	(g pl ⁻¹)
BRS 267	14,60 a	138,7 a	139 b	270,21 b
BRSMG 790A	17 a	123,05 b	144,12 b	547,67 a
58HO124 EP RR	6,60 b	79,30 c	233,87 a	339,11 b
F	43,75*	182,34*	5,66*	9,23*
CV (%)	10,33	6,34	36,81	34,86

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Estudo avaliando o cultivo de *edamame* demonstrou médias de altura de inserção da primeira vagem (AIPV) de 16 e 12 cm durante o primeiro ano de cultivo, e média de 13 cm durante o segundo ano de cultivo (OGLES; GUERTAL; WEAVER, 2016). A similaridade com as cultivares BRS 267 e BRSMG 790A (Tabela 3) deve-se a escolha correta das cultivares, conforme as condições edafoclimáticas de cada região de produção, no Alabama-EUA e de São Paulo-BR, sendo possível, a expressão do máximo potencial genético de cada material.

Estudo de genótipos de soja-hortaliça em diferentes anos de cultivo alcançou para AIPV média de 13 cm (CASTOLDI et al. 2009), diferindo deste estudo. Para o cultivo da soja tipo grão e da soja tipo alimento, é desejável menor AIPV desde que a colheita seja mecanizada. Além disso, o espaçamento entrelinhas adotado pelos autores foi de 0,60 m; enquanto o espaçamento deste estudo foi de 0,50 m. O espaçamento entrelinhas e entre fileiras reduzido reflete em maiores produtividades para a cultura da soja (TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002), isso porque, promovem aumento do índice de área foliar, estimula o crescimento da cultura e seu rendimento.

A cultivar BRS 267 despontou quanto à altura de plantas (AP), sendo as cultivares BRSMG 790A e 58HO124 EP RR, inferiores em 11,28% e 42,82%, respectivamente, a cultivar BRS 267 (Tabela 3). Estudo sobre densidades de plantas ideal para o cultivo de *edamame* alcançaram melhor expressão de AP em 88,3 cm (DHALIWAL; WILLIAMS, 2020). Plantas com menores alturas são desejáveis para

colheita mecanizada, já que essa característica interfere positivamente ou negativamente na eficiência desta etapa (DHALIWAL; WILLIAMS, 2020).

Portanto, menores AIPV e AP, são interessantes para se selecionar cultivares para produção comercial com colheita mecanizada. Contudo, no Brasil, a colheita mecanizada de soja-hortaliça não é comum, pois os maquinários não são adaptados a colher grãos com alto teor de umidade (CHARLO et al., 2011), e portanto, a colheita dá-se exclusivamente de forma manual, cortando-se a planta ainda verde (MONTEIRO et al., 2015).

Para a colheita manual, cultivares com maiores AIPV e AP, conferem melhor ergonomia para os produtores e trabalhadores rurais, facilitando a colheita e, conseqüentemente, aumentando a área colhida por dia. Neste contexto, destacaram-se as cultivares BRS 267 e BRSMG 790A (Tabela 3).

É evidente que plantas excessivamente altas também não são desejáveis, já que destinam seus fotoassimilados para o desenvolvimento da parte vegetativa em detrimento ao enchimento de grãos. Somado a isso, tendem ao acamamento, causando o autossombreamento, redução da fotossíntese líquida, redução da produtividade e proximidade das vagens no solo, sendo este ambiente favorável ao desenvolvimento de patógenos (JUNIOR, 2012), podendo contribuir para redução do valor comercial, pois a aparência da soja-hortaliça, é atributo considerado para comercialização.

Com relação ao número de vagens por planta (NVP) a cultivar 58HO124 EP RR despontou em relação as demais cultivares (Tabela 3). O NVP está relacionado a densidade populacional (HEIFFIG et al., 2005) e ao porte da cultura, sendo assim, genótipos de crescimento reduzido, possuem menor número de vagens por planta (SANTOS et al., 2013).

Em contrapartida, a cultivar que despontou para tal característica foi justo a de menor porte. Isso pode ter relação direta com a finalidade para a qual essa cultivar foi prospectada, como soja tipo grão, apresentando características que facilitam a colheita. Nota-se que para cultivares de soja convencional, altura de plantas maior que 80 cm, e altura de inserção de vagens menor que 10 cm, implicam em perdas durante a colheita mecanizada (ALMEIDA; PELUZIO; AFFÉRI, 2011).

Para a cultivar BRS 267, Santos et al. (2013), encontraram número de vagens por planta de 17,90 (no ano de 2010), e de 24,80 (no ano de 2011). Esta diferença está relacionada a melhor adaptação das plantas ao clima temperado quente úmido (São Paulo) sob manejo orgânico de produção, quando comparada ao clima tropical quente e úmido (Bahia). Guo et al. (2020) estudando 19 genótipos de soja-hortaliça, em Jay e Citra na Flórida-EUA, obtiveram para número de vagens 135,9 em Jay e 109,7 em Citra, médias próximas as encontradas neste estudo.

Ao estudar cinco genótipos de soja-hortaliça, Castoldi et al. (2011), obtiveram número de vagens de 75,10 (JLM030). Esta diferença pode estar relacionada ao sistema de condução da cultura, material utilizado e ao arranjo espacial. Dessa forma, observa-se que a característica NVP, foi mais responsiva ao sistema orgânico quando comparada ao sistema convencional e que as cultivares conseguiram expressar seu potencial neste sistema.

A cultivar BRSMG 790A despontou com maior produção de grãos imaturos (PGI) (547,67 g.planta⁻¹), talvez pela sua dupla aptidão (Tabela 3). No entanto, mesmo apresentando menor valor de A e A/C_i quando comparada as outras cultivares estudadas, foi capaz de converter o CO₂ assimilado em massa de grãos (Figura 2A e 3B).

A cultivar 58HO124 EP RR foi a que apresentou maior A e A/C_i em alguns momentos do dia, pela própria aptidão e potencial genético do material, essa cultivar direciona os fotoassimilados para emissão floral, o que aumenta o número de vagens e pouco direciona para o crescimento da planta. Contudo, mesmo com um maior número de vagens não ocorre um maior enchimento de grãos.

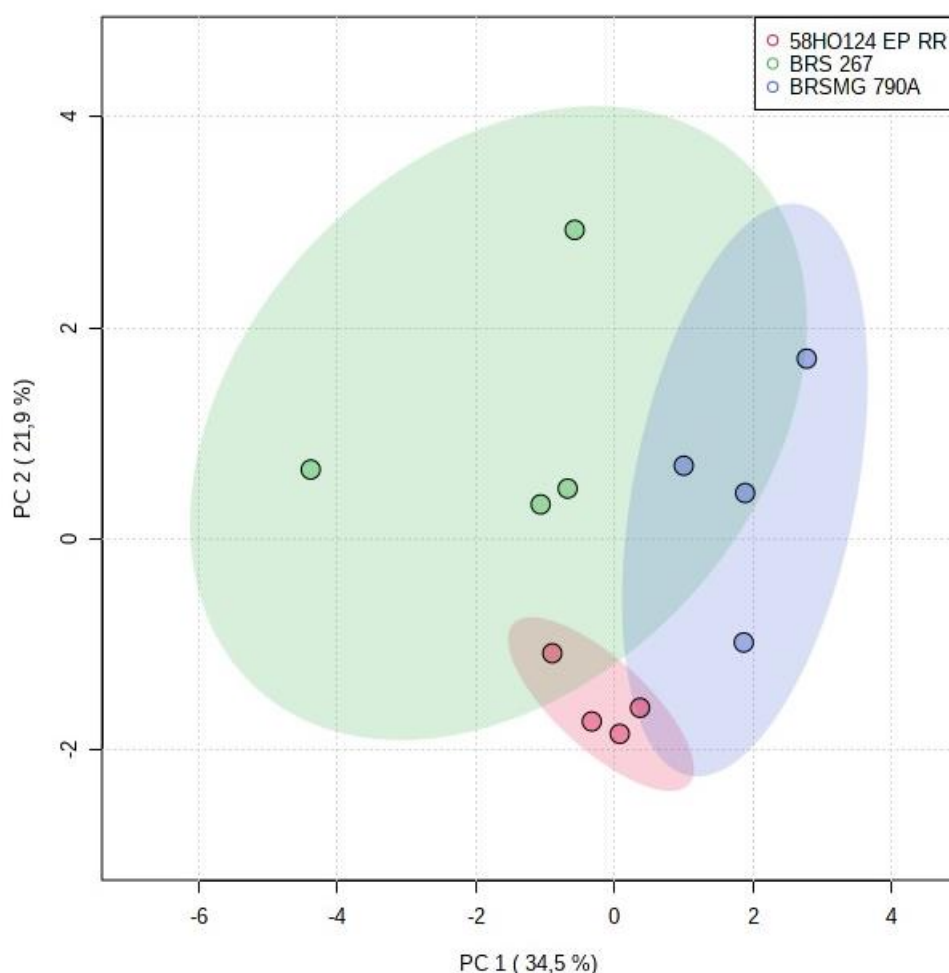
Em contrapartida, a cultivar BRS 267 que em conjunto com a cultivar convencional 58HO124 EP RR apresentou maiores valores de A e A/C_i , direcionou o CO₂ fixado para o crescimento, em razão disso, apresentou maior altura que as demais. Mesmo com o maior vigor vegetativo, essa cultivar não o converteu em enchimento de grãos.

Por ser um cultivo ainda pouco desenvolvido e carente de informações, autores de revisões relatam que um dos principais desafios para a pesquisa de soja-hortaliça

seria o desenvolvimento de um sistema de produção orgânica de baixo custo e alto rendimento (ZHANG et al., 2017).

Os resultados gráficos das análises multivariadas referentes às características agrônômicas e as trocas gasosas (14h) são apresentados nas figuras 5, 6, 7 e 8. A figura 5 apresenta a análise de componentes principais (PCA), por meio de duas componentes, conseguiu explicar 56,4% da variação dos dados. Observa-se maior semelhança entre as propriedades da cultivar BRSMG 790A com a cultivar BRS 267.

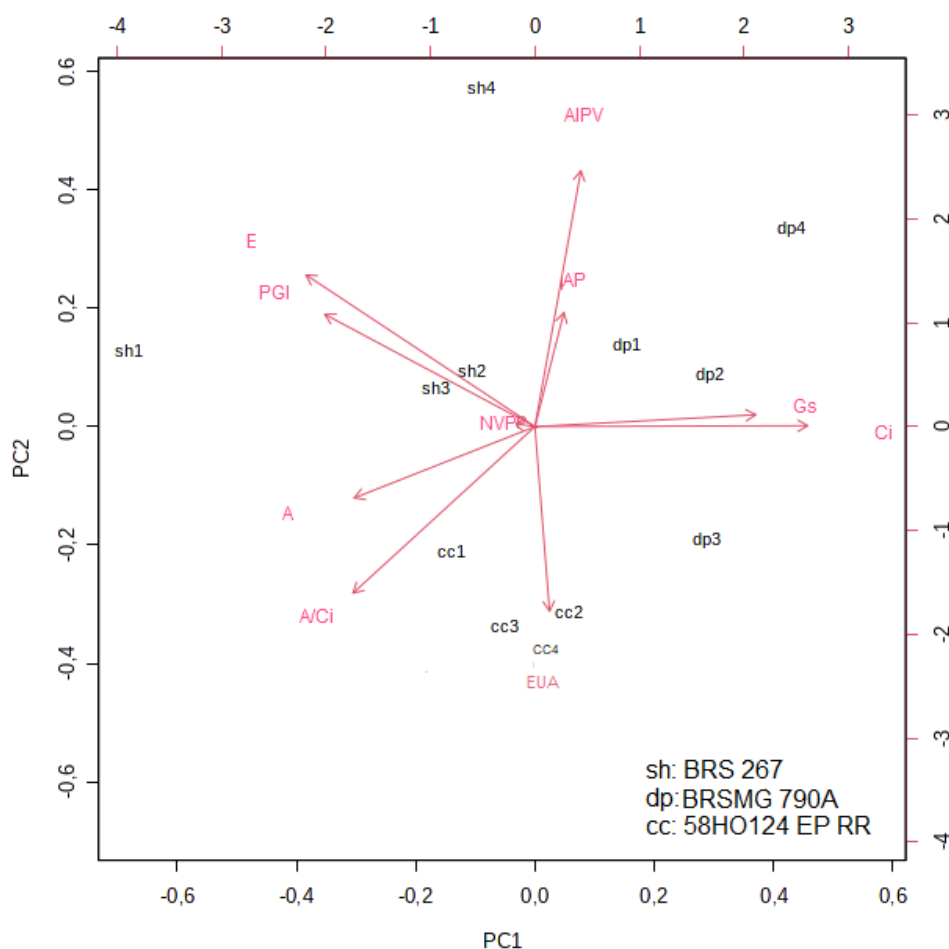
Figura 5- Gráfico de score das duas primeiras componentes principais das características agrônômicas e trocas gasosas de cultivares de soja. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



A figura 6 apresenta correlação forte positiva entre a BRSMG 790A com a *gs* e *Ci*, correlação forte positiva entre a cultivar 58HO124 EP RR com a *A/Ci* e *EUA*, e correlação forte positiva entre a cultivar BRS 267 com *AIPV* e *E*. Ainda é possível identificar similaridade entre *NVP* com todas as cultivares de soja, demonstrando,

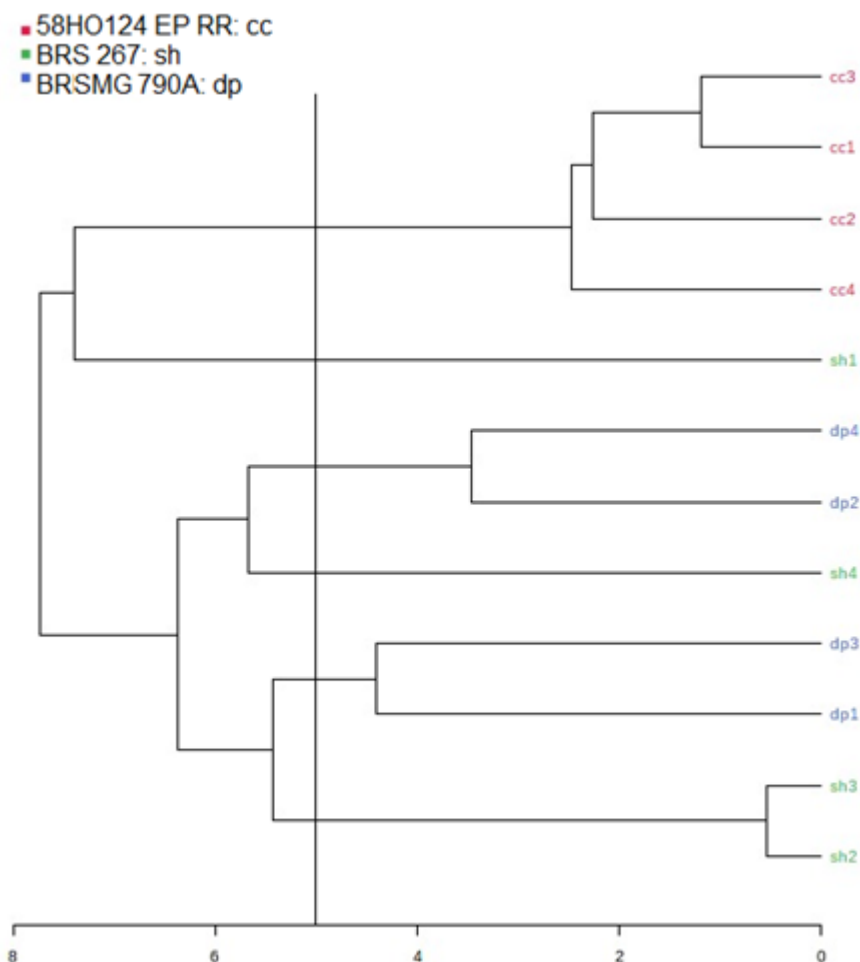
portanto, que as características agronômicas relacionam-se com as trocas gasosas e vice-versa.

Figura 6- Gráfico biplot das duas primeiras componentes principais das características agronômicas e trocas gasosas de cultivares de soja. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



A figura 7 apresenta o agrupamento dos elementos de acordo com a semelhança, sendo possível observar a formação, com base na distância euclidiana, de seis grupos. Nos primeiros grupos formados, observa-se o agrupamento das cultivares de soja-hortaliça e duplo-propósito, confirmando que a cultivar BRSMG 790A assemelha-se mais ao propósito hortaliça, em detrimento ao propósito convencional. A formação do sexto grupo demonstra que a cultivar 58HO124 EP RR é a mais dissimilar dentre as cultivares estudadas.

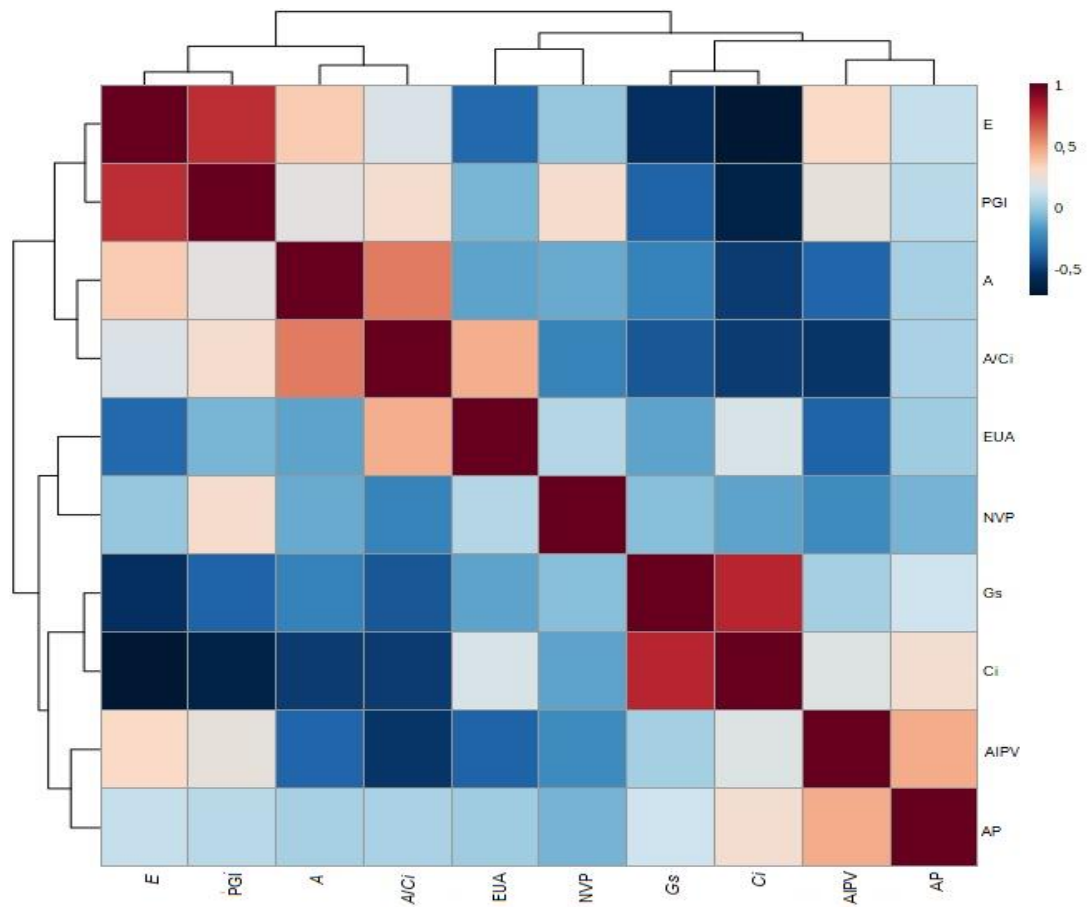
Figura 7- Dendrograma das características agronômicas e trocas gasosas de cultivares de soja. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



A figura 8 apresenta relação diretamente proporcional e forte entre a PGI e E , relação diretamente proporcional e forte entre C_i e g_s . Relação inversamente proporcional e forte pode ser observada para C_i em relação a E . Relações inversamente proporcionais e moderadas podem ser observadas para E em relação a G_s e para PGI em relação a C_i .

Por exemplo, A/C_i tem relação diretamente proporcional e fraca a PGI. Cotrim et al. (2020) também observaram essa relação positiva entre A/C_i e produtividade de soja.

Figura 8- Correlação de Pearson das características agrônômicas e trocas gasosas de cultivares de soja. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



1.4 CONCLUSÃO

A cultivar BRSMG 790A destacou-se quanto a produção de *edamame*, pois converteu o CO₂ assimilado em massa de grãos aliada a maior AIPV.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. D. de; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.108-115, 2011.

AMARO, A. C. E. *et al.* The use of grafting to improve the net photosynthesis of cucumber. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, Heidelberg, v. 26, n.3-4, p.241-249, 2014.

ARANTES, N. E. *et al.* **Cultivares de soja: Minas Gerais e Região Central do Brasil: safra 2010/2011**. Folders. EMBRAPA Soja, Londrina, Paraná, 2010.

BATTISTINI, C. *et al.* Development and characterization of an innovative synbiotic fermented beverage based on vegetable soybean. **Brazilian Journal of Microbiology**, Rio de Janeiro, v.49, p. 303-309, 2018.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 46**, de 06 de outubro de 2011. Dispõe sobre os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. Brasília, DF: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, 2011. Disponível em: [instrucao-normativa-no-46-de-06-de-outubro-de-2011.pdf](#). Acesso em: 20 set. 2021.

BRASIL. **Lei nº 10.831**, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.831.htm. Acesso em: 20 mai. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução Normativa n.17**, de 18 de junho de 2014. Alterar os arts. 1º, 2º, 3º, 8º, 13, 14, 15, 20, 21, 29, 34, 35, 38, 39, 42, 59, 60, 63, 80, 81, 82, 85, 89, 100, 101, 103, 106, 108, todos da Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. Brasília, DF: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, 2014. Disponível em: [instrucao-normativa-no-17-de-18-de-junho-de-2014.pdf](#). Acesso em: 20 set. 2021.

CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: Câmara, G.M.S. 2000. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p.81-120.

CARRÃO-PANIZZI, M. C. *Edamame* ou soja-hortaliça: fácil de consumir e muito saudável. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 230, p. 59-64, 2006.

CASTOLDI, R. **Desempenho de genótipos de soja-hortaliças quanto às principais características agrônômicas, funcionais e antinutricionais**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal)) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2008.

CASTOLDI, R. *et al.* Agronomic characteristics, isoflavone content and Kunitz trypsin inhibitor of vegetable soybean genotypes. **Horticultura Brasileira**, Recife, v.29, n.2, p.222-227, 2011.

CASTOLDI, R. *et al.* Desempenho de quatro genótipos de soja-hortaliça em dois anos agrícolas. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 27, n.2, p.256-259, 2009.

CHARLO, H.C.O. *et al.* Desempenho agrônômico de dez linhagens de soja-hortaliça. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 29, n.3, p.349-35, 2011.

CZAIKOSKI, K. *et al.* Effects of storage time and temperature on the characteristics of vegetable-type soybean grain minimally processed. **Brazilian Archives of Biology Technology**, Curitiba, v.55 n.4, p. 491-496, 2012.

COTRIM, M.F. *et al.* Desempenho fisiológico de genótipos de soja cultivados em regime de irrigação e sequeiro. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v.207, n.1, p.34-43, 2020.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel. **Irriga**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 1–11, 2009.

DHALIWAL, D. S.; WILLIAMS, M. M. II. Economically optimal plant density for machine-harvested *edamame*. **HortScience**, Alexandria, v.55, n.3, p. 368-373, 2020.

ESPOLADOR, F. G.; SOUZA, R. S.; BORNHOFEN, E.; BARBOSA, P. A. M.; NAZATO, F. M.; YASSUE, R. M.; VELLO, N. A. **Soja hortalica**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2017. 54 p.: il. (Série Produtor Rural, no. 65).

FAGAN, E. B. *et al.* Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 771-777, 2010.

GUARDA, V. A.; CAMPOS, L. J. M. **Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 54p. (Documentos 7).

GUO, J. *et al.* Evaluation of edamame genotypes suitable for growing in Florida. **Agronomy Journal**, Madison, v.112, p.693-707, 2020.

HABERMANN, G. *et al.* CO₂ assimilation, photosynthetic light response curves, and water relations of 'Pera' sweet orange plants infected with *Xylella fastidiosa*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v.15, n. 2, p.79–87, 2003.

HEIFFIG, L. S. *et al.* Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max*. L. Merrill) em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.80, n.2, p.199-212, 2005.

HOU, J. *et al.* Association analysis of vegetable soybean quality traits with SSR markers. **Plant Breeding**, Berlim, v.130, p.444-449, 2011.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 1, n.1, p. 11-19, 2005.

JUNIOR, A. A. B. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.25, n.1, p.40-42, 2012.

KUMAR, V. *et al.* Evaluation of vegetable-type soybean for sucrose, taste-related amino acids, and isoflavones contents. **International Journal of Food Properties**, New York, v.14, p. 1142–1151, 2011.

MONTEIRO, A. N. L. *et al.* Densidade de plantas e doses de NPK nos componentes de produção de soja-hortaliça na Savana de Roraima. **Revista Agro@mbiente Online**, Monte Cristo, v.9, n.4, p.352-360, 2015.

NEUMAIER, N. *et al.* **Ecofisiologia da soja**. In: SEIXAS, C. D. S. *et al.* Tecnologias de produção de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2020. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17). p. 33-54.

OGLES, C. Z.; GUERTAL, E. A.; WEAVER, D. B. *Edamame* cultivar evaluation in central Alabama. **Agronomy Journal**, Madison, v.108, n.6, p.2371-2378, 2016.

PENG, X. *et al.* Photosynthetic Response of Soybean to Microclimate in 26-Year-Old Tree-Based Intercropping Systems in Southern Ontario, Canada. **PLoS ONE**, San Francisco, v.1, n.6, p.1-10, 2015.

PENTEADO, S. R. **Manual Prático de Agricultura Orgânica: Fundamentos e Técnicas**. 2. ed. Campinas: Via Orgânica, 2010.

PINTO, M. S. V. *et al.* **Soja-hortaliça edamame**. Folder. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, 2020.

RAIJ, B. V. *et al.* Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico IAC**, Campinas, p.285, 1997. 2 ed. Embrapa pecuária sudeste.

RAZA, M.A. *et al.* Growth and development of soybean under changing light environments in relay intercropping system. **PeerJ**, London, v.7, p. 1-24, 2019.

RSTUDIO. **RStudio: Integrated development environment for R**. Boston, MA. 2007.

SANTANA, A. C. *et al.* Evaluation of the shelf-life of vegetable-type soybean pods. **Brazilian Archives of Biology Technology**, Curitiba, v.55 n.4, p. 591-595, 2012.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

SANTOS, J. M. da S. dos *et al.* Desempenho agrônômico de genótipos de soja hortaliça cultivados no recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.3, p.402-407, 2013.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS Software**. Version 9.1. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999.

SEMENTES TORMENTA. **HO APAUÊ RR**. Disponível em: <https://sementestormenta.com.br/soja/ho-apaue-rr/>. Acesso em: 22 de ago. 2021.

SHANMUGASUNDARAM, S.; YAN, M. Vegetable soybean. *In*: SINGH, G. (Ed.). **The soybean**: botany, production and uses. Ludhiana: CABI, 2010. p. 427-460.

SMIDERLE, O. J.; OLIVEIRA, J. M. F.; SCHWENGBER, D. R. Desempenho de soja-hortaliça cultivada em área de cerrado em função de tipos de adubação. **Revista Agro@mbiente On-line**, Monte Cristo, v.3, n.2, p.86-91, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, p. 1- 952, 2013.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M. de; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p.1071-1077, 2002.

WILLIAMS, M. M. Phenomorphological characterization of vegetable soybean germplasm lines for commercial production. **Crop Science**, Hoboken, v. 55, P. 1274-1279, 2015.

XIA, J. *et al.* MetaboAnalyst: a web server for metabolomic data analysis and interpretation. **Nucleic acids research**, v. 37, n. suppl_2, p. W652-W660, 2009.

ZHANG, Q. *et al.* Influence of sowing date on phenological stages, seed growth and marketable yield of four vegetable soybean cultivars in Northeastern. **African Journal of Agricultural Research**, Sapele, v. 5, n.18, p. 2556-2562, 2010.

ZHANG, Q. *et al.* Vegetable soybean: Seed composition and production research. **Italian Journal of Agronomy**, Pavia, v.12, n.3, p.276-282, 2017.

CAPÍTULO 2

CULTIVARES DE SOJA CONVENCIONAL APRESENTAM SIMILARIDADES NUTRICIONAL E ANTINUTRICIONAL COM SOJA-HORTALIÇA?

RESUMO

Sabe-se que os alimentos podem ser utilizados como aliados à saúde, pois carregam consigo inúmeras propriedades benéficas. A soja-hortaliça apresenta conteúdos nutricionais e antinutricionais podendo diferir a sua proporção da soja convencional, tornando-se uma aliada ao consumo. Sendo assim, este estudo teve por objetivo avaliar os compostos bioativos e fatores antinutricionais, bem como as similaridades e diferenças entre cultivares de soja, para prospecção de potenciais cultivares para utilização como hortaliça. Foram realizadas coletas das cultivares BRS 267, BRSMG 790A e 58HO124 EP RR na Faculdade de Ciências Agrônômicas no Departamento de Produção Vegetal - Setor Horticultura (FCA/UNESP) em Botucatu-SP, como também, foram realizadas coletas das cultivares P96Y90 e TMG 7067 IPRO na Fazenda Santa Fé Agropecuária em Pardinho-SP. A partir das amostras coletadas foi realizada análise descritiva dos resultados e os componentes estudados correlacionados numa multivariada. Os fatores nutricionais avaliados foram compostos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante e os fatores antinutricionais avaliados foram oxalatos, nitratos, taninos e alcaloides, como também, foram quantificados o teor de proteína das amostras. Para tanto, quanto as propriedades nutricionais a cultivar 58HO124 EP RR despontou para compostos fenólicos totais e atividade antioxidante e a cultivar BRSMG 790A despontou para o conteúdo de flavonoides. Todas as amostras apresentaram teores de proteína. Para os fatores antinutricionais, os menores valores foram apresentados pela P96Y90 para oxalato, pela 58HO124 EP RR para nitrato, pela BRS 267 para tanino, e em todas as amostras, não foram detectadas presença de alcaloides. A partir da multivariada pode-se inferir, que os compostos estudados relacionam-se de maneira distinta conforme a cultivar. As diferenças obtidas entre as cultivares de soja hortaliça e convencional, estão relacionadas ao conteúdo de taninos e flavonoides. As sojas convencionais têm potencial para consumo *in natura*, no entanto, deve-se atentar, pois o elevado conteúdo proteico, pode ter sua biodisponibilidade comprometida devido à presença de antinutrientes.

Palavras-chave: *Edamame*; metabólitos secundários; teor de proteína; antioxidante.

ABSTRACT

It is known that foods can be used as allies to health, especially because they carry with them numerous beneficial properties. Soybeans present nutritional and antinutritional contents that may differ in proportion from conventional soybeans, making them an ally to consumption. Thus, this study aimed to evaluate the bioactive compounds and antinutritional factors, as well as the similarities and differences between cultivars of soybeans, to prospect potential cultivars for use as vegetables. Cultivars BRS 267, BRSMG 790A and 58HO124 EP RR were collected from the Faculty of Agronomic Sciences, Department of Plant Production - Horticulture Sector (FCA/UNESP) in Botucatu-SP, as well as cultivars P96Y90 and TMG 7067 IPRO were collected from Santa Fé Agropecuária Farm in Pardinho-SP. From these collected samples, a descriptive analysis of the results was performed and the studied components were correlated in a multivariate. The nutritional factors evaluated were total phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity and the antinutritional factors evaluated were oxalates, nitrates, tannins and alkaloids, as well as the protein content of the samples were quantified. Therefore, regarding the nutritional properties, the cultivar 58HO124 EP RR stood out for total phenolic compounds and antioxidant activity and the cultivar BRSMG 790A stood out for flavonoid content. All samples presented protein contents. For the antinutritional factors, the lowest values were presented by P96Y90 for oxalate, by 58HO124 EP RR for nitrate, by BRS 267 for tannin, and in all samples, the presence of alkaloids was not detected. From the multivariate analysis, it can be inferred that the compounds studied are related differently according to the cultivar. The differences obtained between the cultivars of vegetable and conventional soybeans are related to the content of tannins and flavonoids. Conventional soybeans have potential for fresh consumption, however, it should be noted that the high protein content may have its bioavailability compromised due to the presence of antinutrients.

Keywords: *Edamame*; phytochemistry; phenolic compounds; antioxidant.

2.1 INTRODUÇÃO

A soja foi incorporada à alimentação humana nas mais diversas composições, como em hambúrgueres, leite, farinhas, molhos, queijos, proteína texturizada, salgadinho de soja (*soynuts*) e muitos outros. Estes produtos, apresentam-se como alternativa para pessoas que através da ingestão de diversas fontes vegetais, podem repor determinados nutrientes, como a proteína (ALMEIDA et al., 2014). Desta forma, precavendo estes consumidores das deficiências nutricionais recorrentes ou não da pobreza alimentar gerada pela hipersensibilidade, paladar, hábito ou poder aquisitivo.

Além de produtos processados, a soja, pode ser consumida de forma natural ainda verde, no entanto, alguns constituintes intrínsecos dos grãos, incluindo seus compostos aromáticos (FLORES et al., 2019), acabam sendo afetados, prejudicando esta forma de consumo. Em decorrência da crescente demanda por alimentos nutritivos de origem vegetal, tem se expandido o consumo de cultivares de soja destinadas a alimentação humana, conhecida como soja-hortaliça, soja verde ou *edamame*.

Estas cultivares exibem características especiais, pois são desprovidas ou apresentam baixo conteúdo de antinutrientes, e são ricas em antioxidantes. São considerados fatores antinutricionais compostos que impedem ou dificultam a absorção dos nutrientes contidos nos alimentos de origem vegetal pelo organismo humano (SANTOS, 2006). Em leguminosas, como a soja, estes fatores estão naturalmente presentes através de enzimas proteolíticas, como a tripsina, capazes de minimizar o aproveitamento de aminoácidos pelo trato gastrointestinal (BENEVIDES et al., 2011).

Por sua vez, os antioxidantes, possuem certas propriedades biológicas, atuando na redução de doenças relacionadas ao coração, prevenindo o câncer, diabetes, Alzheimer, catarata e o envelhecimento precoce, isto porque, as células do organismo humano estão expostas aos agentes oxidantes, combatidos ou equilibrados por mecanismos fitoquímicos presentes abundantemente em diversos produtos da horticultura (SEPTEMBRE-MALATERRE; REMIZE; POUCHERET, 2018).

Portanto, a soja tem sido estudada quanto a sua importância nutracêutica e sua atuação na promoção de benefícios a saúde humana, já que em sua constituição fazem parte uma série de grupos de hidroxilas fenólicas. Compreendendo-se a

importância e relevância a partir dos aspectos apontados da cultura da soja na alimentação humana, a avaliação de compostos bioativos e fatores antinutricionais, bem como as similaridades e diferenças entre cultivares de soja, faz-se necessário, para prospecção de potenciais cultivares para utilização como hortaliça.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Locais do estudo

Parte das coletas foram realizadas na Fazenda Experimental Lageado, no Departamento de Produção Vegetal- Setor Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP), campus de Botucatu, no período de novembro de 2020 a março de 2021. O município de Botucatu localiza-se entre os paralelos 22° 51' S de latitude e os meridianos 48° 26' W de longitude, com altitude de 786 m. Segundo a classificação de *Köppen-Geiger* o clima enquadra-se como temperado quente (mesotérmico) úmido (Cfa), com temperatura e precipitação médias anuais de 19,5°C e 1.314 mm, respectivamente (CUNHA; MARTINS, 2009), e solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro (SANTOS et al., 2018).

Também foram coletadas amostras de soja convencionais na Fazenda Santa Fé, sediada em Pardinho, interior do estado de São Paulo. O município de Pardinho, pertence a microrregião de Botucatu e localiza-se entre os paralelos 23° 5' S de latitude e os meridianos 48° 22' W de longitude, com altitude de 895 m. Segundo a classificação de *Köppen-Geiger* o clima enquadra-se como tropical de altitude (Cwa), com temperatura e precipitação médias anuais de 19,3°C e 1.444 mm, respectivamente, e solo classificado como Latossolo Misto (ENGECORPS, 2018).

2.2.2 Caracterização das cultivares

BRS 267: cultivar própria para o cultivo como hortaliça, exibe sementes grandes, podendo ser utilizada para a produção de leite, tofu e salada. A cultivar apresenta hábito de crescimento determinado, grau de maturidade médio e peso de cem grãos de 25g (ESPOLADOR et al., 2017).

BRSMG 790A: cultivar de duplo-propósito, exibe sementes grandes, favoráveis para a indústria e para o consumo humano. A cultivar apresenta hábito de crescimento

determinado, grau de maturidade longo e peso de cem grãos de 19,6g (ARANTES et al., 2010).

58HO124 EP RR: cultivar tipo grão, exibe grãos menores e finalidade de produção comercial. A cultivar apresenta hábito de crescimento indeterminado, grau de maturidade médio e peso de cem grãos de 17g (SEMENTES TORMENTA, 2021).

TMG 7067 IPRO: cultivar tipo grão, exibe grãos menores e finalidade de produção comercial. A cultivar apresenta hábito de crescimento semi determinado, grau de maturidade médio e peso de cem grãos de 18,5g (TMG, 2022).

Pioneer P96Y90: cultivar tipo grão, exibe grãos menores e finalidade de produção comercial. A cultivar apresenta hábito de crescimento indeterminado, grau de maturidade médio e peso de cem grãos de 16,4g (PIONEER, 2022).

2.2.3 Preparo da área e transplântio/semeadura

✓ BRS 267, BRSMG 790A e 58HO124 EP RR:

O preparo do solo foi realizado com auxílio de arado e de encanteirador. Tendo em vista os resultados obtidos na análise de solo: pH =4,4 em CaCl_2 ; M.O.= 21 g dm^{-3} Presina=5 g dm^{-3} ; Al^{3+} =3 mmol dm^{-3} ; H+Al= 36 mmol dm^{-3} ; K=1,4 mmol dm^{-3} ; Ca=10 mmol dm^{-3} ; Mg=3 mmol dm^{-3} ; SB=14 mmol dm^{-3} ; CTC=51 mmol dm^{-3} ; V%=29%; S=10 mmol dm^{-3} ; B=0,21 mg dm^{-3} ; Cu=2,3 mg dm^{-3} ; Fe=74 mg dm^{-3} ; Mn=6,3 mg dm^{-3} ; Zn=0,8 mg dm^{-3} . Foi realizada a correção e a adubação para a cultura da soja, seguindo a recomendação para o Estado de São Paulo, segundo Raij et al. (1997), utilizando fontes orgânicas.

Para tanto, foram aplicados 2,52 t ha^{-1} de calcário (PRNT 90) 36 dias antes do transplântio em 19/10/2020, concomitantemente ao preparo da área com o trator, e em adubação de plantio, foram aplicados 1.184,48 kg ha^{-1} de P_2O_5 , e 13,25 kg ha^{-1} de K_2O , como fonte o fosfato natural e o sulfato de potássio, respectivamente, distribuídas manualmente na área.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno com 128 células, dez dias antes do transplântio, utilizando-se de substrato comercial Carolina Soil®, colocando-se uma semente por célula. As sementes foram inoculadas no momento da semeadura no substrato, aplicando-se 2 mL de inoculante líquido (Masterfix L

Premier), com *Bradyrhizobium elkanii* e *Bradyrhizobium japonicum*, para cada 0,5kg de sementes.

✓ **TMG 7067 IPRO e P96Y90:**

O sistema de plantio direto foi adotado na Fazenda Santa Fé Agropecuária e um plano de sucessão é seguido com pasto/soja/aveia; soja/milho/aveia; e assim sucessivamente. Para saber as necessidades de correção e adubação, os proprietários, adotam a agricultura de precisão, e portanto, recebem o mapa da área com as necessidades de cada talhão. Para tanto, foram aplicados na gleba SH 03 (cv. P96Y90), na ordem descrita, 1,28 t ha⁻¹ de calcário em 10/08/2020, 1.004,7 kg ha⁻¹ de gesso agrícola em 24/08/2020, foram realizadas duas pulverizações em 08/09/2020 e 19/10/2020, aplicados 149,14 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em 20/10/2020, uma aplicação de herbicida pós emergência em 21/11/2020 e três aplicações de fungicidas 09/12/2020, 11/01/2021 e 28/01/2021 até o momento da colheita. Para gleba SH 04 (cv. TMG 7067 IPRO) foram aplicados, na ordem descrita, 1,68 t ha⁻¹ de calcário em 11/08/2020, 991,55 kg ha⁻¹ de gesso agrícola em 24/08/2020, foram realizadas duas pulverizações em 08/09/2020 e 19/10/2020, aplicados 186,29 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em 26/10/2020, uma aplicação de herbicida pós emergência em 24/11/2020 e três aplicações de fungicidas em 09/12/2020, 11/01/2021 e 27/01/2021 até o momento da colheita.

Na Fazenda não é utilizado sistema de irrigação, sendo a soja, cultivada em sequeiro. A semeadura foi realizada com auxílio de trator e as sementes foram grafitadas com Grafsolo e inoculadas com Biomax Premium Soja líquido, contendo *Bradyrhizobium elkanii* e *Bradyrhizobium japonicum*. A semeadura da cultivar P96Y90 foi em 19/10/2020 e da cultivar TMG 7067 IPRO foi em 20/10/2020.

2.2.4 Coletas

As vagens coletadas na Fazenda Experimental Lageado, no Departamento de Produção Vegetal- Setor Horticultura da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP), campus de Botucatu, em estádio R6, foram retiradas aleatoriamente de três plantas dentro da área útil de cada cultivar. Para a BRS 267 (cv. soja-hortaliça) e para a convencional 58HO124 EP RR (cv.

convencional) o momento da colheita foi em 93 dias após o transplântio (DAT) em 25/02/2021, no entanto, para a BRSMG 790A (cv. duplo-propósito) este momento foi em 104 DAT em 08/03/2021.

A Fazenda Santa Fé é uma lavoura comercial, e portanto, foram amostradas cultivares de duas glebas (SH 03 e SH 04). As vagens cheias em estádio R6, foram coletadas aleatoriamente e manualmente de três plantas centrais. Para as plantas colhidas em Pardinho-SP, o momento da colheita da TMG 7067 IPRO (cv. convencional) foi em 114 dias após a semeadura (DAS) em 13/02/2021 e para P96Y90 (cv. convencional) em 113 DAS em 13/02/2021.

2.2.5 Análises laboratoriais

As vagens cheias e verdes colhidas foram encaminhadas ao Laboratório de Plantas Medicinais, sediado no Departamento de Produção Vegetal - Setor Horticultura, para as seguintes avaliações fitoquímicas, em triplicata:

- **2.2.5.1 Preparo do extrato**

As amostras foram secas em estufa de circulação fechada de ar a 60°C por 48 horas, em seguida, foram moídas em moinho de facas Tipo Willye TE- 650. Após isso, pesou-se aproximadamente 0,2 g da amostra. Adicionou-se 10 mL de metanol a 80%, em seguida, o extrato foi deixado em banho ultrassônico com aquecimento (Eco-Sonics) a 40°C por 15 minutos, e centrifugado por 30 minutos a 4000 rpm (Centrífuga Clínica - 80-2B).

- **2.2.5.2 Compostos fenólicos totais**

O teor total de compostos fenólicos do extrato metanólico da soja foi determinado através do método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA, 1999). Para a realização da análise, uma alíquota de 0,1 mL do sobrenadante do extrato foi transferida para um tubo de ensaio e adicionado 0,4 mL de metanol 80%, 2,5 mL do reagente Folin Ciocalteu, diluído em água 1:10 e 2 mL de carbonato de sódio a 4%. Logo após, os tubos foram deixados em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz. A absorbância foi medida em espectrofotômetro UV-mini 1240 (Shimadzu-Co) a 760 nm. Uma amostra em branco foi conduzida nas mesmas condições e os resultados dos compostos fenólicos totais

foram expressos em equivalente de ácido gálico, com base em uma curva de calibração do mesmo.

- **2.2.5.3 Conteúdo de flavonoides**

Para quantificação de flavonoides foi utilizado o método descrito por Peixoto Sobrinho et al. (2008) com adaptações. Foi retirada uma alíquota de 1 mL do sobrenadante do extrato e transferida para o tubo de ensaio, adicionou-se 3 mL de metanol a 80%. Em seguida, foi retirado 2 mL desta solução e adicionou-se em tubo de ensaio, contendo 2 mL de solução aquosa de cloreto de alumínio a 5%, adicionou-se 6 mL de água deionizada, completando o volume total para 10 mL. As amostras permaneceram em repouso por 30 minutos, e em seguida, realizada a leitura de absorbância utilizando o espectrofotômetro UV-mini 1240 (Shimadzu-Co), no comprimento de onda de 405 nm. A determinação da concentração dos flavonoides foi estimada com base em uma curva de calibração, construída utilizando-se padrão comercial de quercetina nas concentrações de 0,05 a 0,6 mg/mL. Os resultados foram expressos em mg de flavonóis por 100g do resíduo seco.

- **2.2.5.4 Atividade Antioxidante pelo Método do DPPH**

Para avaliação da atividade antioxidante foi utilizado o método sequestrador de radicais livres DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazila – Alfa Aesar 95% de pureza) descrito por Yepez et al. (2002) com modificações. Transferiu-se para tubo de ensaio, em triplicata, uma alíquota de 0,3 mL do extrato, e posteriormente, adicionados 2,7 mL da solução de DPPH 0,09 mM. Após 45 minutos ao abrigo da luz, realizou-se a leitura a 517 nm em espectrofotômetro UV-mini 1240 (Shimadzu-Co). Os resultados foram expressos em porcentagem de sequestro de radical livre (%ASRL), mensurada a partir do decréscimo da absorbância das amostras analisadas em relação à solução de DPPH. A atividade sequestrante (%ASRL) ou porcentagem de descoloração (% descoloração) pode ser expressa em porcentagem por comparação a um controle ou branco, segundo a equação:

$$A (\%) = 100 - \{[(Abs_{amostra} - Abs_{branco}) \times 100] / Abs_{controle}\}$$

Como controle positivo foi utilizada a solução de DPPH (2,7 mL) e o branco realizado com 0,3 mL de solução etanólica do extrato e 2,7 mL de etanol, sem a adição da solução de DPPH.

- **2.2.5.5 Determinação do teor de Proteína**

O teor de proteína das amostras foi inferido analiticamente, pelo método micro Kjeldahl, conforme a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989), aplicando-se o fator de correção 6,25. Foi colocado 0,1g da amostra moída em tubo digestor, e adicionado 7 mL da mistura digestora, formada pelo H_2SO_4 , catalisadores ($5\text{H}_2\text{O}$ e NaSeO_3) e sais, capazes de transformar o nitrogênio em sulfato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Posteriormente, foi levado para o bloco digestor e submetido a gradativa elevação da temperatura (até 350°C). O obtido, foi transferindo ao microdestilador, no qual, acrescentou-se 10 mL de ácido bórico com indicador. O copo de entrada foi graduado nos volumes de 10 a 15 mL permitindo a entrada de NaOH. Após isso, foi elevada a temperatura do destilador, até o momento em que a solução de ácido bórico com indicador dobrasse de volume. A amônia destilada com H_2SO_4 foi titulada até o ponto de viragem (verde para azul-cinza) e a partir do volume de ácido gasto, foi possível quantificar o N_2 , que multiplicado pelo fator de correção, forneceu o teor de proteína (em %) das amostras.

- **2.2.5.6 Extração e quantificação de oxalato total**

Foram pesados 0,25 g do pó de amostras de soja em erlenmeyers de 100 mL e acrescentados 25 mL de ácido clorídrico 2 N (oxalato total). Os erlenmeyers foram colocados em banho-maria, a 80°C , com agitação, por 30 min. Os extratos foram, posteriormente, filtrados e diluídos com 25 mL de água destilada (AL-WAHS; WU; LIEBMAN, 2012). De cada extrato foram tomadas alíquotas de 12,5 mL para titulações com solução de permanganato de potássio $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ padronizado com oxalato de sódio. As titulações (em triplicata) foram realizadas sob aquecimento, a 50°C , e a viragem foi de incolor para róseo persistente, por mais de 30 s. As concentrações de oxalato foram expressas em g/100 g de matéria seca.

- **2.2.5.7 Extração e quantificação de nitrato**

Para extração e quantificação de nitrato solúveis foi utilizado o método descrito por Cataldo (1975) com adaptações. Utilizou-se 0,1 g de matéria seca e 10 mL de água deionizada, após este procedimento as amostras ficaram em repouso à 45°C por 60 minutos e centrifugado por 10 minutos a 4000 rpm (Centrífuga Clínica - 80-2B). Alíquotas de 0,1 mL de extrato receberam 0,4 mL de solução de ácido salicílico ($\text{HC}_7\text{H}_5\text{O}_3$) 50 g L^{-1} em H_2SO_4 concentrado, e 9,5 mL de NaOH 2 mol L^{-1} em triplicata. Em seguida, foi realizada leitura da absorbância a 410 nm em espectrofotômetro UV-mini 1240 (Shimadzu-Co). Os resultados foram convertidos em teores de N-NO_3 - na matéria seca das plantas, com o auxílio de uma curva de calibração preparada a partir de soluções diluídas de NaNO_3 , que receberam o mesmo tratamento dado às amostras.

- **2.2.5.8 Extração e quantificação de taninos solúveis**

Para extração e quantificação de taninos solúveis foi utilizado o método descrito por Taira (1996) com adaptações. Para produção do extrato pesou-se aproximadamente 0,1g da amostra seca e moída e adicionou-se 12,5 mL de metanol a 80%. Em seguida, o extrato foi deixado em banho ultrassônico de 40°C por 20 minutos, e centrifugado por 30 minutos a 4000 rpm. Verteu-se o sobrenadante para balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com água deionizada. No tubo de ensaio, em triplicata, adicionou-se 6 mL de água deionizada, 0,3 mL do extrato, 0,5 mL do reagente Folin Ciocalteu (1:1) e 1 mL de carbonato de sódio supersaturado (25%). As amostras foram homogeneizadas e após 60 minutos ao abrigo da luz, realizou-se a leitura a 725 nm em espectrofotômetro. Uma amostra em branco foi conduzida nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico, com base em uma curva de calibração de ácido gálico.

- **2.2.5.9 Teste para alcaloides**

Para detecção de alcaloides nas amostras, seguiu-se a metodologia proposta por Menezes Filho e Castro (2019) com modificações. Foi utilizado álcool etílico 95% até cobrir o material vegetal, em seguida, o extrato foi deixado em banho ultrassônico

a 40°C por 30 minutos e centrifugado por 15 minutos a 4000 rpm (Centrífuga Clínica - 80-2B). Posteriormente, 2 mL do extrato foi transferido para tubo de ensaio, acrescidos de 3 mL de HCl 10%. Foi aquecido por 10 minutos em banho maria a 100 °C e deixou-se esfriar em temperatura ambiente. Para a análise foi utilizada a metodologia proposta por Barbosa et al. (2004) com adaptações, para isso, no tubo 1 foi adicionado 10 gotas de reagente de Mayer, no tubo 2 foi adicionado 10 gotas de Dragendorff e o tubo 3 foi o controle (não sendo adicionado nenhum reagente). Uma leve turbidez ou precipitado se formou no fundo dos tubos, apresentando coloração (de roxa a alaranjada, ao branco, creme e marrom) quando há presença de alcaloides.

2.2.6 Análise estatística

Foi realizada análise descritiva dos resultados com o auxílio de ferramentas do programa Microsoft Excel® (2013) e os componentes estudados correlacionados numa multivariada com o auxílio do software MetaboAnalyst (XIA et al., 2009).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para compostos fenólicos totais, percebe-se que a cultivar 58HO124 EP RR destacou-se seguido da cultivar TMG 7067 IPRO (Tabela 1). A proporção de compostos fenólicos contidos nos vegetais varia conforme a região, manejo de cultivo, incidência de radiação solar e cultivar (FALLER; FIALHO, 2009).

Tabela 1 – Médias e desvio padrão de compostos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante de grãos de soja colhidos em estágio R₆ cultivados em Pardinho-SP e Botucatu-SP. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021

Cultivares	Compostos fenólicos totais (mg de ác. gálico.100g MS)	Flavonoides (mg de ác. Quercetina.100g MS)	Atividade antioxidante (%)
BRSMG 790A	80,31±1,56	79,75±0,22	31,82±0,29
P96Y90	54,79±2,38	72,31±0,05	17,07±2,03
BRS 267	101,15±0,90	72,50±0,25	26,03±0,38
TMG 7067 IPRO	131,88±4,13	73,98±0,52	34,94±0,40
58HO124 EP RR	168,33±2,38	73,31±0,05	35,59±0,51

Com relação aos flavonoides, observa-se pequenas diferenças de valores obtidos entre as cultivares, com destaque para a cultivar BRSMG 790A (Tabela 1). O

manejo da cultura, sem a aplicação de produtos fitossanitários, implica na produção de mais compostos com funções biológicas nos vegetais (metabólitos secundários) para se proteger de fatores bióticos e abióticos (PEREIRA; CARDOSO, 2012). Os flavonoides são encontrados em abundância em diversos vegetais, e sua importância está relacionada a regulação metabólica de nutrientes (AOI; IWASA; MARUNAKA, 2021).

A atividade antioxidante esteve presente em todas as cultivares amostradas, independente da forma que foram conduzidas, com destaque para a cultivar 58HO124 EP RR seguido da cultivar TMG 7067 IPRO (Tabela 1). A importância da atividade antioxidante está em bloquear a oxidação das células abrindo a concentração de radicais livres (VIANA et al., 2015). Embora nosso organismo possua enzimas que atuem sobre estes, é possível através do consumo de alimentos com propriedades antioxidantes, como a soja, combater o estresse oxidativo (SILVA et al., 2010).

A soja apresenta rico conteúdo proteico e capacidade de suprir em qualidade nutricional a proteína de origem animal (BORDINGNON; MANDARINO, 1994). Todas as cultivares estudadas expressaram valores próximos quanto ao conteúdo proteico (Tabela 2). A soja, para ser considerada proteica, necessita apresentar conteúdo acima de 20%, para que assim, alcance o equivalente a proteína de origem animal (CABRAL; MOSDESTA, 1981). A importância de se consumir alimentos ricos em proteína, está na redução do risco de doenças ligadas ao coração, auxilia no controle do colesterol e de distúrbios hormonais (CARRÃO-PANIZZI et al., 2001).

Tabela 2 – Médias e desvio padrão do teor de proteína dos grãos de soja colhidos em estádio R6 cultivados em Pardinho-SP e Botucatu-SP. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021

Cultivares	Proteína (%)
BRSMG 790A	21,61±0,37
P96Y90	28,92±0,06
BRS 267	22,36±0,31
TMG 7067 IPRO	23,06±0,43
58HO124 EP RR	21,53±0,62

Não há registros que o conteúdo proteico da soja-hortaliça seja muito superior as sojas convencionais. Conforme relatado por Ntatsi et al. (2018) baseando-se em dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América, Serviço de Pesquisa Agrícola (USDA-ARS), o teor proteico em sementes de *edamame* é de 13g

para 100g de massa fresca, sendo a mensuração deste nutriente necessário para determinação da qualidade nutricional da soja.

Um dos métodos empregados para minimizar ou acabar com o conteúdo de antinutrientes é o branqueamento. Este processo impede a ação dos inibidores de tripsina que por sua vez, interferem diretamente na biodisponibilidade proteica da soja no organismo humano (OBATOLU; OSHO, 2006), entretanto, para consumo como salada este processo não é aplicado, interessando-se apenas cultivares que tenham reduzido conteúdo antinutricional e apropriado teor proteico.

Para oxalato observa-se que o menor valor foi obtido para a cultivar P96Y90, enquanto o maior foi encontrado para a cultivar BRSMG 790A (Tabela 3). O oxalato de cálcio não é metabolizado pelo organismo humano e quando ingerido por pessoas com pré-disposição, pode acarretar na formação de cristais no trato urinário (RIZZO; BARONI, 2018; HOLMES; KNIGHT; ASSIMOS, 2015). Somado a isso, a ingestão de oxalato é capaz de diminuir a disponibilidade de cálcio no organismo causando deficiência deste nutriente, contribuindo para o surgimento de doenças como osteoporose (TSUTSUMI, 2000).

Tabela 3 – Médias e desvio padrão dos fatores antinutricionais: oxalato, nitrato, taninos e alcaloides de grãos de soja colhidos em estágio R6 cultivados em Pardinho-SP e Botucatu-SP. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021

Cultivares	Oxalato (mg de Oxalato.100 g MS)	Nitrato (mg de Nitrato. 100g MS)	Taninos (mg de ác. gálico.100 g MS)	Alcaloides
BRSMG 790A	1,92±0,30	0,13±0,00	15,93±0,58	Ausente
P96Y90	1,19±0,18	0,10±0,01	18,63±2,15	Ausente
BRS 267	1,32±0,07	0,15±0,02	10,53±1,01	Ausente
TMG 7067 IPRO	1,35±0,07	0,17±0,02	59,12±1,01	Ausente
58HO124 EP RR	1,39±0,24	0,08±0,01	14,28±0,59	Ausente

Embora a cultivar BRSMG 790A apresente mais deste antinutriente, isso não prejudica seu consumo *in natura*, visto que, a quantidade obtida na amostra é inferior a sua dose letal (1.500 mg de oxalato) (SANTOS, 2015).

O nitrato não é produto do metabolismo secundário dos vegetais, este composto chega até a alimentação a partir da utilização de adubos nitrogenados, e para causar algum dano, dependem da quantidade ingerida e da suscetibilidade do organismo, o consumo diário não prejudicial de nitrato é 3,7 mg/kg/dia (BENEVIDES

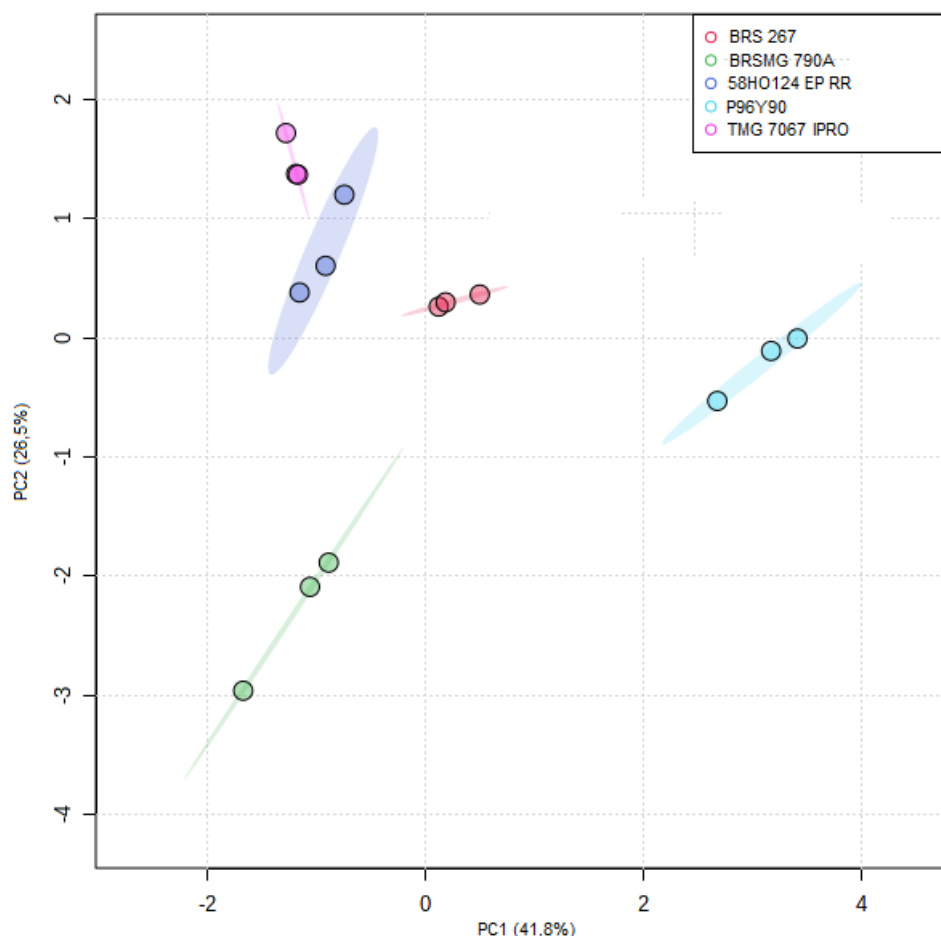
et al., 2011). O conteúdo de nitrato obtido em todas as amostras vegetais encontra-se dentro dos padrões, com destaque para cultivar 58HO124 EP RR (Tabela 3).

Com relação aos taninos destaca-se a cultivar BRS 267, sendo reflexo do propósito pelo qual esta hortaliça foi prospectada (Tabela 3). Tal preocupação não se reflete na cultivar convencional TMG 7067 IPRO, cuja a proporção expressiva de tanino confere menor palatabilidade, resultado da reação deste composto com a proteína através de pontes de hidrogênio ou interações hidrofóbicas (SILVA; SILVA, 1999).

Nas amostras de soja não foram detectados alcaloides (Tabela 3). Os alcaloides são encontrados em um grupo restrito de vegetais, e possuem função de defesa, devido a sua capacidade inibitória. Quando ingeridos, podem atuar diretamente no sistema nervoso central, além do ácido nucleico, DNA, RNA, permeabilidade da membrana e proteínas, interessando a indústria farmacológica (RAJPUT; SHARMA; BHARTI, 2021). Existem alcaloides tóxicos que causam dependência ao organismo quando ingeridos, afetando diversos órgãos como pulmão, rins e coração (WINK, 2016).

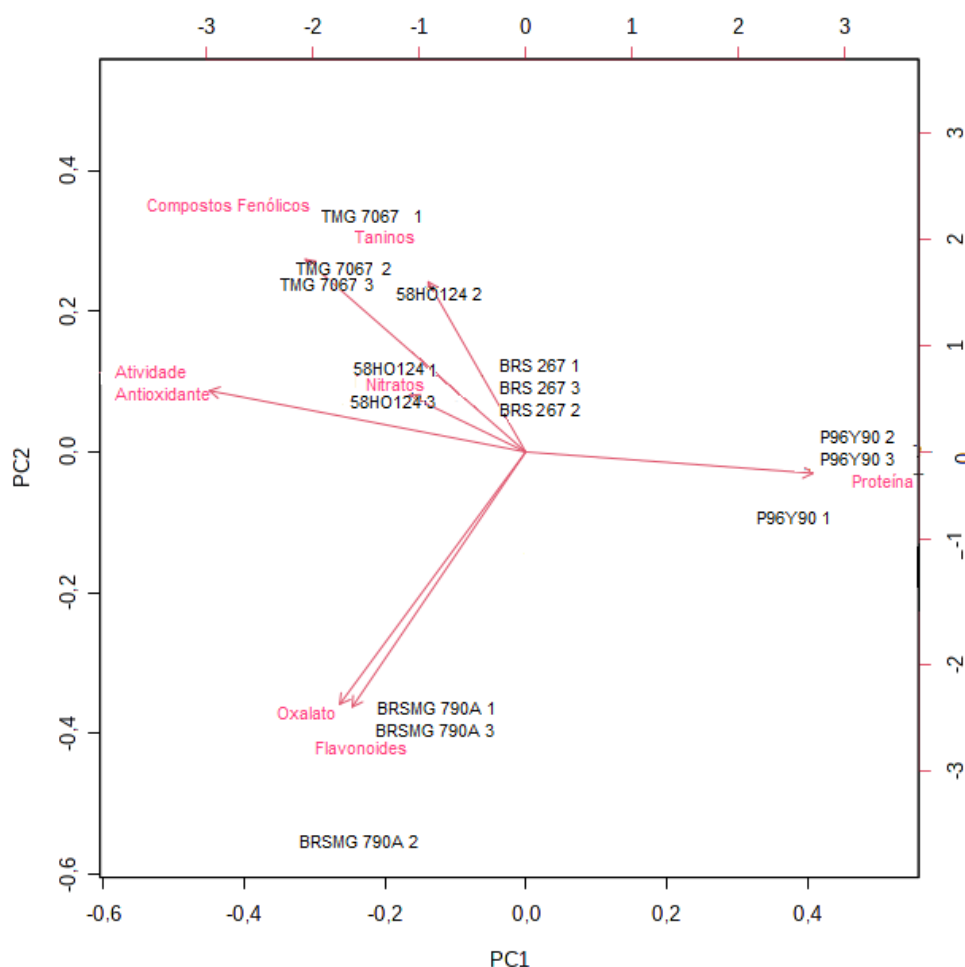
Os dados gráficos da análise multivariada relacionam as propriedades fitoquímicas com cultivares de soja. A Figura 1 apresenta a análise de componentes principais (PCA), por meio de duas componentes explica-se 70,3% da variação dos dados, demonstrando a seguridade dessa multivariada. Percebe-se a formação de três grupos. O primeiro grupo formado pelas cultivares 58HO124 EP RR, TMG 7067 IPRO e BRS 267, o segundo grupo formado pela cultivar BRSMG 790A e o terceiro grupo formado pela cultivar P96Y90, sendo este grupo, o mais dissimilar.

Figura 1- Gráfico de score das duas primeiras componentes principais de cultivares de soja relacionadas as propriedades fitoquímicas. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



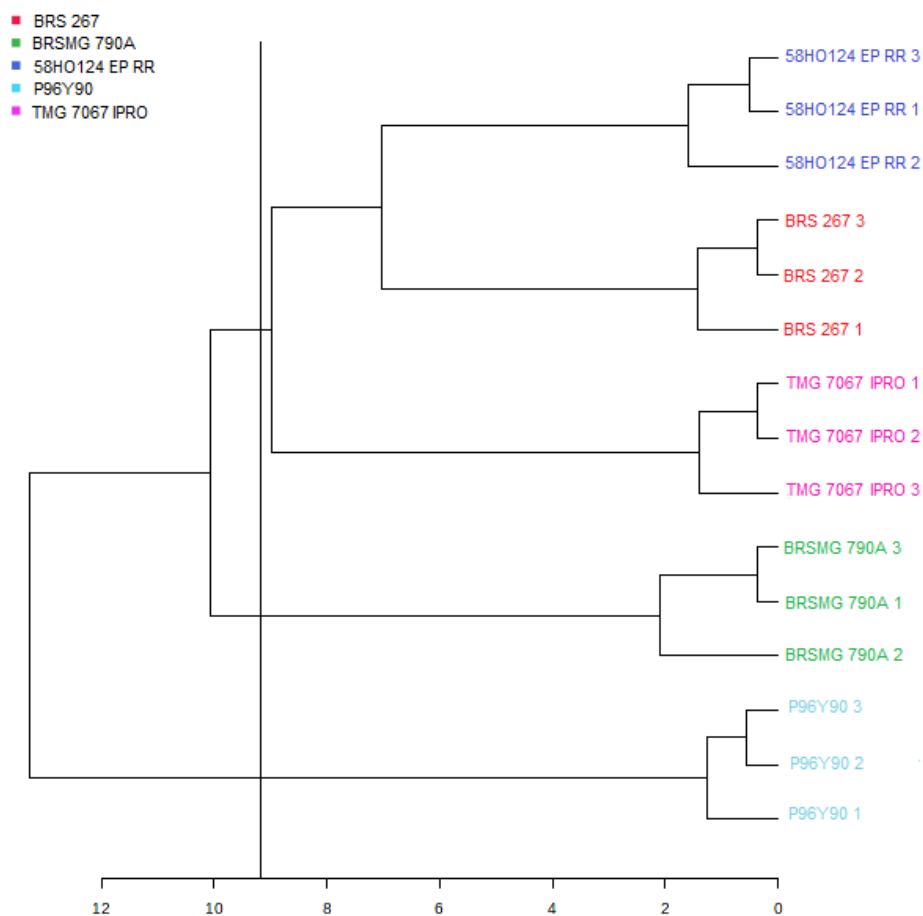
A figura 2 apresenta correlação forte positiva entre a cultivar TMG 7067 IPRO para compostos fenólicos. A mesma correlação é apresentada pela cultivar 58HO124 EP RR para taninos, nitratos e atividade antioxidante, e pela cultivar BRSMG 790A para oxalatos e flavonoides. Estas correlações são inversamente proporcionais à cultivar P96Y90, que por sua vez, apresenta correlação forte positiva com teor de proteína. Observa-se que com aumento do teor de proteína nas amostras, há uma diminuição da atividade antioxidante, portanto, variáveis inversamente proporcionais.

Figura 2- Gráfico biplot das duas primeiras componentes principais de cultivares de soja relacionadas as propriedades fitoquímicas. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



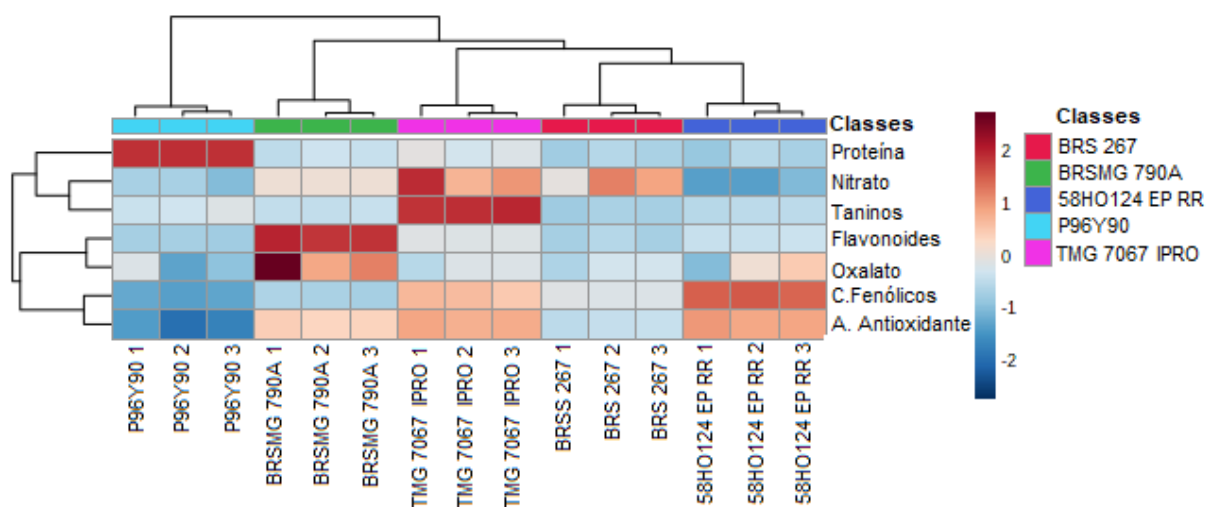
A figura 3 apresenta o agrupamento dos elementos de acordo com a semelhança, sendo possível observar a formação de três grupos com base na distância euclidiana. O primeiro grupo formado demonstra a dissimilaridade da cultivar P96Y90 em relação as demais cultivares estudadas. O segundo grupo formado pela cultivar BRSMG 790A, reflete em seu propósito hortaliça, por isso, não se agrupa as cultivares convencionais. No entanto, mesmo tendo como único propósito a finalidade de hortaliça, a cultivar BRS 267 se agrupa as cultivares TMG 7067 IPRO e 58HO124 EP RR isso pode ser devido à proximidade quanto ao conteúdo de oxalato contido nas amostras destas cultivares.

Figura 3- Dendograma de cultivares de soja agrupadas baseando-se em semelhanças fitoquímicas. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



A figura 4 apresenta correlação forte positiva entre a cultivar BRSMG 790A com flavonoides e oxalatos, entre a cultivar P96Y90 com proteína e da cultivar TMG 7067 IPRO com os taninos e nitratos. Correlação moderadamente fraca pode ser observada entre a cultivar P96Y90 quanto a atividade antioxidante.

Figura 4- Mapa de calor da correlação entre as propriedades fitoquímicas e as cultivares de soja. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2021



2.4 CONCLUSÃO

As diferenças obtidas entre as cultivares de soja hortaliça e convencional, estão relacionadas ao conteúdo de taninos e flavonoides.

As baixas concentrações de antinutrientes identificado nas amostras não são prejudiciais à saúde humana.

O manejo orgânico da cultivar 58HO124 EP RR pode ter refletido em menor teor de nitrato e maior atividade antioxidante e compostos fenólicos.

As sojas convencionais têm potencial para consumo *in natura*, no entanto deve-se atentar, pois o elevado conteúdo proteico, pode ter sua biodisponibilidade comprometida devido à presença de fatores antinutricionais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. F. de *et al.* Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pro-nobis. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 431-439, 2014.

AL-WAHSH, I. A.; WU, Y.; LIEBMAN, M. A comparison of two extraction methods for food oxalate assessment. **Journal Food Research**, Beaver Creek, v.1, n. 2, p. 233-239, 2012.

AOI, W.; MARUNAKA, Y. Metabolic functions of flavonoids: From human epidemiology to molecular mechanism. **Neuropeptides**, Oxford, v.88, p. 1-8, 2021.

ARANTES, N. E. *et al.* **Cultivares de soja: Minas Gerais e Região Central do Brasil: safra 2010/2011**. Folders. EMBRAPA Soja, Londrina, Paraná, 2010.

BARBOSA, W. R. L. *et al.* Manual para análise fitoquímica e cromatográfica de extratos vegetais. **Revista Científica**, Osasco, v. 4, n. 5, p. 1-19, 2004.

BENEVIDES, C. M. de J. *et al.* Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.18, n.2, p. 67-79, 2011.

BORDINGNON, J.R.; MANDARINO, J.M.G. **Soja: composição química, valor nutricional e sabor**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 32p. (Documentos, 70).

CABRAL, L. C.; MODESTA, R. C. D. **Soja na alimentação humana**. Rio de Janeiro: Embrapa Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar, 1981. 54p.

CARRÃO-PANIZZI, M. C. *et al.* **Anais do I Simpósio Brasileiro sobre os Benefícios da Soja para a Saúde Humana**. Londrina: Embrapa soja, 2001. 52p. (Documentos, 169).

CATALDO, D.A. *et al.* Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Nova Iorque, v.6, p.71-80, 1975.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel. **Irriga**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 1–11, 2009.

ENGEORPS. **Plano municipal específico dos serviços de saneamento básico Drenagem Urbana, Pardinho-SP**. Disponível em: https://smastr20.blob.core.windows.net/conesan/Pardinho_DU_2018.pdf. Acesso em 01 de out. 2021.

ESPOLADOR, F. G. *et al.* **Soja hortalica**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2017. 54 p.: il. (Série Produtor Rural, no. 65).

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v.43, n.2, p. 211-218, 2009.

FLORES, D. *et al.* Capturing and explaining sensory differences among organically grown vegetable-soybean varieties grown in Northern California. **Journal of Food Science**, Hoboken, p. 1-10, 2019.

HOLMES, R.P.; KNIGHT, J.; ASSIMOS, D.G. Lowering urinary oxalate excretion to decrease calcium oxalate stone disease. **Urolithiasis**, Heidelberg, v.44, n.1, p.27-32, 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.

MENEZES FILHO, A. C.P. de; CASTRO, C. F. de S. Identificação das classes de metabólitos secundários em extratos etanólicos foliares de *Campomanesia adamantium*, *Dimorphandra mollis*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Kielmeyera lathrophytum* e *Solanum lycocarpum*. **Estação Científica**, Osasco, v. 9, n. 1, p. 89-101, Jan./Mar. 2019.

NTATSI, G. *et al.* The quality of leguminous vegetables as influenced by preharvest factors. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.232, p. 191-205, 2018.

OBATOLU, V.; OSHO, S. M. Chemical and physical characteristics of five Nigerian varieties of fresh green immature soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **British Food Journal**, Bingley, v. 108, p. 440-450.

PEIXOTO SOBRINHO, T.J.S. *et al.* Validação de metodologia espectrofotométrica para quantificação dos flavonoides de *Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.44, n.4, p.683-689, 2008.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Tocatinópolis, v. 3, n.4, p. 146-152, 2012.

PIONEER. **Catálogo DuPont Pioneer P96Y90**. Disponível em: <https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/la/br/pt/files/Soja-96Y90-13.pdf>. Acesso em 13 de jan. 2022.

RAIJ, B. V. *et al.* Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico IAC**, Campinas, p.285, 1997. 2 ed. Embrapa pecuária sudeste.

RAJPUT, A.; SHARMA, R.; BHARTI, R. Pharmacological activities and toxicities of alkaloids on human health. **Materials Today: Proceedings**, Amsterdã, p. 2-9, 2021.

RIZZO, G.; BARONI, L. Soy, Soy Foods and Their Role in Vegetarian Diets. **Nutrients**, Basel, v. 10, n.43, p. 1-5, 2018.

SANTOS, C. M. dos. **Caracterização e Utilização de Subprodutos do Mamão (*Carica papaya* L.)**. 2015. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, 2015.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

SANTOS, M. A. T. dos. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.1, p. 294-301, 2006.

SEMENTES TORMENTA. **HO APAUÊ RR**. Disponível em: <https://sementestormenta.com.br/soja/ho-apaue-rr/>. Acesso em: 22 de ago. 2021.

SEPTEMBRE-MALATERRE, A.; REMIZE, F.; POUCHERET, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. **Food Research International**, Oxford, v. 104, p. 86-99, 2018.

SILVA, M. L. C. *et al.* Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. da. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 12, n.1, p. 5-19, 1999.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, San Diego, v. 299, p. 152–178, 1999.

TAIRA, S. **Astringency in persimmon**. In: LINKSKENS, H. F.; JACKSON, J. F. (Org.). Modern methods of plant analysis. Berlin: Springer, 1996. v. 18, p. 97- 110.

TMG. **Características TMG 7067 IPRO**. Disponível em:
<https://www.tmg.agr.br/ptbr/cultivar/tmg-7067-ipro>. Acesso em: 13 de jan. 2022.

TSUTSUMI, C. Y. **Caracterização agrônômica de soja tipo alimento com tipo grão**. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2000.

VIANA M.M.S. *et al.* Composição fitoquímica e potencial antioxidante em hortaliças não convencionais. **Horticultura Brasileira**, Recife, v.33, n.4, p. 504-509, 2015.

WINK, M. Alkaloids: Toxicology and Health Effects. **Encyclopaedia of Food and Health**, p. 106-114, 2016.

XIA, J. *et al.* MetaboAnalyst: a web server for metabolomic data analysis and interpretation. **Nucleic acids research**, v. 37, n. suppl_2, p. W652-W660, 2009.

YEPEZ, B. *et al.* Producing antioxidant fractions from herbaceous matrices by supercritical fluid extraction. **Fluid Phase Equilibria**, Amsterdã, v. 194, p. 879-884, 2002.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de material disponível no mercado nacional para o cultivo da soja-hortaliça coligado a sua importância pouco conhecida direcionou o estudo. A verificação de cultivares com potencial para serem utilizadas como hortaliça, deve considerar suas características fisiológicas, agronômicas e fitoquímicas. Percebe-se que as cultivares apresentam relações fisiológicas distintas com as condições ambientais, sendo dependentes destas. Cultivares que consigam converter os assimilados em massa de grãos, forneçam ergonomia aos produtores e apresentem boas propriedades organolépticas são requeridas na categoria. Percebe-se que a cultivar de dupla aptidão expressou melhor desempenho até quando comparada a cultivar de propósito único. Cultivares convencionais podem ser utilizadas com a finalidade de hortaliça, a partir dos parâmetros analisados, no entanto, estudo mais aprofundado deve ser realizado considerando-se características visuais e sensoriais.

REFERÊNCIAS

- CARRÃO-PANIZZI, M. C. *Edamame* ou soja-hortaliça: fácil de consumir e muito saudável. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 230, p. 59-64, 2006.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Valor nutritivo da soja e potencial de utilização na dieta brasileira**. Londrina: EMBRAPA, 1988. 13 p.
- CASAS-LEAL, N. E. **Adaptabilidade e estabilidade de progênies de soja tipo hortaliça nos estádios R6 e R8 em gerações avançadas de endogamia**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2015.
- KIM, J.-A. *et al.* Comparison of isoflavones composition in seed, embryo, cotyledon and seed coat of cooked-with-rice and vegetable soybean (*Glycine max* L.) varieties. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.102, p.738-744, 2007.
- LARA, L. M. *et al.* The effects of infrared treatment on physicochemical characteristics of vegetable soybean. **Heliyon**, London, v.5, p.1-12, 2019.
- LIMA, J. M. E. *et al.* Potencial fisiológico de sementes de soja-hortaliça cultivar BRS 258, produzidas com diferentes adubações e armazenadas. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.6, n.1, p.96-106, 2017.
- LUMPKIN, T.A. *et al.* **Potential new specialty crops from Asia: Azuki bean, edamame soybean, and astragalus**. 1993. Disponível em: <https://hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-045.html>. Acesso em: 12 mai. 2021.
- NILL, K. Soy Beans: The Crop. **Encyclopedia of Food and Health**, p. 56-57, 2016.
- PACOVA, B. E. V. **Análise Genética das progênies segregantes de soja apropriada para o consumo humano**. 1992. Tese (Doutorado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1992.
- PENTEADO, S. R. **Manual Prático de Agricultura Orgânica: Fundamentos e Técnicas**. 2. ed. Campinas: Via Orgânica, 2010.

PORTO, R.; NORDI, W. M. Caracterização de consumidores de alimentos orgânicos: uma pesquisa quantitativa realizada em rede social. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 11, p.1–9, 2019.

RANI, A. *et al.* Changes in storage protein composition on genetic removal of Kunitz trypsin inhibitor maintain protein content in soybean (*Glycine max*). **Journal of Agriculture and Food Research**, Amsterdam, v.2, p.1-6, 2020.

SHANMUGASUNDARAM, S.; YAN, M. Vegetable soybean. *In*: SINGH, G. (ed.). **The soybean: botany, production and uses**. Ludhiana: Cab International, 2010. cap.19, p.1-194.

SMIDERLE, O. **Soja verde para alimentação humana - alternativa para agricultura familiar**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/SojaVerde/index.htm>. Acesso em: 01 jul. 2021.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal. *In*: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. cap.13, p.369-400.

TEIXEIRA, R. de C. *et al.* Germinação das sementes de linhagens de soja com ausência de lipoxigenase L1. **Revista Ceres**, Viçosa, v.42, n.239, p.38-44, 1995.

WANG, T. *et al.* Isoflavones from green vegetable soya beans and their antimicrobial and antioxidant activities. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.98, p. 2043–2047, 2018.

WILLIAMS, M. M. Phenomorphological characterization of vegetable soybean germplasm lines for commercial production. **Crop Science**, Hoboken, v.55, p.1274-1279, 2015.

YOKOMIZO, G. K.; DUARTE, J. B.; VELLO, N. A. Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topocruzamentos de soja tipo alimento

com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2235-2241, 2000.