



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

GIANNE CAROLINE GUIDONI STULZER

**CULTIVO SUSPENSO DE MORANGUEIRO INOCULADO
COM RIZOBACTÉRIAS EM SLAB DE POLIETILENO COM
DIFERENTES CORES**

Londrina
2024

GIANNE CAROLINE GUIDONI STULZER

**CULTIVO SUSPENSO DE MORANGUEIRO INOCULADO
COM RIZOBACTÉRIAS EM SLAB DE POLIETILENO COM
DIFERENTES CORES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura

Londrina
2024

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

STULZER, GIANNE CAROLINE GUIDONI .
CULTIVO SUSPENSO DO MORANGUEIRO INOCULADO COM
RIZOBACTÉRIAS EM SLAB DE POLIETILENO COM DIFERENTES CORES /
GIANNE CAROLINE GUIDONI STULZER. - Londrina, 2024.
98 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura.
Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024.
Inclui bibliografia.

1. Cultivo suspenso - Tese. 2. Eficiência fotoquímica - Tese. 3. Inoculação -
Tese. 4. Fragaria × ananassa Duch. - Tese. I. Ventura, Prof. Dr. Maurício Ursi . II.
Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de
Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

GIANNE CAROLINE GUIDONI STULZER

**CULTIVO SUSPENSO DE MORANGUEIRO INOCULADO
COM RIZOBACTÉRIAS EM SLAB DE POLIETILENO COM
DIFERENTES CORES**

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

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Amarildo Pasini
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. José dos Santos Neto
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
IAPAR - EMATER (IDR-Paraná)

Prof. Dr. Halley Caixeta de Oliveira
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 16 de fevereiro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por todas as bênçãos na minha vida, por me ensinar que o Seu tempo é perfeito, que não há atrasos, que tudo tem o tempo certo e nada foge do controle Dele.

A Nossa Senhora por sempre cuidar de mim e acalmar meu coração nos momentos de angústia.

Ao meu amado esposo, amigo, confidente, presente de Deus na minha vida, Douglas Barbosa Martins, sem você nada disso seria possível, seu amor e apoio me fizeram seguir nos momentos em que o desânimo bateu, mas por você e com você fazer o que é certo sempre vai valer a pena, mesmo que todos estejam fazendo o contrário. Seu amor e caráter são minhas fontes de inspiração.

A todas as pessoas que estiveram em oração por mim, pois sem fé nada somos, em especial a Tia Marli.

Aos meus amigos Paulo Roberto Mrtvi, Ana Paula Mrtvi, Karina Rodrigues, Mariangela Lima Livieiro, Sabrina Alves Martins, por cada momento de incentivo, cumplicidade e apoio.

Aos meus amigos da pós-graduação, que me motivaram, estiveram ao meu lado e fizeram toda a diferença, Jean Carlo Baudraz, Gabriel Shimizu, Walter Ribeiro Junior, Aline Paladini e o saudoso Osvaldo Matsuo (in memória).

Aos professores Mauricio Ursi Ventura, Claudemir Zucareli, Amarildo Pasini, José dos Santos Neto e Halley Caixeta de Oliveira por toda orientação, apoio e conhecimento transmitido.

À Universidade Estadual de Londrina, pela oportunidade concedida para realização do curso de pós-graduação em nível de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Muito Obrigada!

“As palavras de amizade e conforto
podem ser curtas e sucintas, mas o seu
eco é infundável.”

(Madre Teresa de Calcutá)

STULZER, Gianne Caroline Guidoni. **Cultivo suspenso de morangueiro inoculado com rizobactérias em slab de polietileno com diferentes cores**. 2024. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

RESUMO

O morangueiro é cultivado como planta anual para evitar a ocorrência de doenças de solo. O cultivo suspenso em slab de polietileno reduz o risco de contaminações como também melhora os aspectos fitotécnicos da cultura favorecendo o microclima próximo as plantas, pela radiação que incide ser absorvida ou refletida conforme a cor do polietileno utilizado. A introdução de plásticos de diferentes cores no cultivo, assim como bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) tem potencial para melhorar o desenvolvimento e produção do morangueiro. O objetivo do presente estudo foi revisar de forma crítica a literatura científica disponível, sobre o uso de plásticos coloridos na cultura do morango, e avaliar a produtividade de morango cultivado em slabs coloridos associados à BPCP. A partir do primeiro artigo, verificou-se que o uso de coberturas plásticas de diferentes cores possibilitou incremento no crescimento e produção do morangueiro, mas divergiram para cultivar, local e clima de cultivo. A temperatura do solo, massa microbiana e a eficiência do uso da água no cultivo foram influenciadas pelas diferentes cores de coberturas do solo. Teores de sólidos solúveis, flavonóides e antocianinas dos frutos obtiveram maiores concentrações quando cultivados em canteiros com cobertura plástica vermelha. As cores metálicas demonstram influência repelente sobre insetos fitófagos transmissores de doenças e viroses quando associadas ao uso de lâmpadas UV. A cobertura plástica preta em regiões de clima tropical promoveu aquecimento excessivo do solo, causando estresse nas plantas e redução de produtividade. Coberturas plásticas transparente são utilizadas como forma controle de doenças de solo, reduzindo o uso de produtos como o brometo de metila. No segundo artigo objetivou-se avaliar os parâmetros de produção e qualidade dos frutos de morango da cultivar San Andreas em cultivo suspenso com slabs de coloridos associadas às BPCP. O delineamento experimental foi em arranjo fatorial (7×4), com três repetições, sendo diferentes cores de slabs (branco, preto, transparente, vermelho, azul, amarelo e verde) associados a BPCP (controle, *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp. e *Bacillus* sp. + *Streptomyces* sp.). Avaliaram-se o número (NFC) e produção de frutos comerciais (PFC), número (NFNC) e produção de frutos não comerciais (PFNC) e o número (NFT) e produção (PT) total por planta. Também foram obtidos a produção e número relativo das variáveis PFC, PFNC, NFT e NFNC, além do peso médio do fruto comercial (PMFC), não comercial (PMFNC) e total (PMFT). Foi determinado o índice de produção (PAFC) e número de frutos comerciais acumulados (NAFC) por ajustes estatísticos de regressão. Foram avaliados parâmetros de qualidade dos frutos pela coloração através da luminosidade, chroma, ângulo hue interno (LI, CI, HI) e externo (LE, CE, HE) dos frutos e o teor de sólidos solúveis (TSS). Os dados indicaram que não houve resultados significativos para a interação entre cores e BPCP para as variáveis de produção e qualidade dos frutos, não havendo um tratamento superior aos demais. As cores dos slabs de polietileno e a interação com as BPCP não apresentaram efeitos significativos para as variáveis de produção e qualidade dos frutos de morangueiros sob cultivo suspenso. Pelos resultados podemos observar que a utilização do já padrão comercial do slab de polietileno de coloração branca é

indicada e que são necessários novos estudos e o aprofundamento destes em relação a estudos envolvendo a coloração de slabs e a utilização de bactérias de crescimento de plantas.

Palavras-chave: Cultivo suspenso. Eficiência fotoquímica. Inoculação. *Fragaria* × *ananassa* Duch.

STULZER, Gianne Caroline Guidoni. **Suspended cultivation of strawberry plants inoculated with rhizobacteria in polyethylene slabs with different colors**. 2024. 98p. Thesis (Doctorate degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

ABSTRACT

The strawberry plant is cultivated as an annual plant to prevent the occurrence of soil-borne diseases. Cultivation suspended in polyethylene slabs reduces the risk of contamination and also improves the phytotechnical aspects of the crop, favoring the microclimate close to the plants, as the radiation that occurs is absorbed or reflected depending on the color of the polyethylene used. The introduction of plastics of different colors into cultivation, as well as plant growth-promoting bacteria (BPCP) has the potential to improve strawberry development and production. The objective of the present study was to critically review the available scientific literature on the use of colored plastics in strawberry cultivation, and to evaluate the productivity of strawberries grown in colored slabs associated with BPCP. From the first article, it was found that the use of plastic coverings of different colors enabled an increase in strawberry growth and production, but they differed according to cultivar, location and cultivation climate. Soil temperature, microbial mass and water use efficiency in cultivation were influenced by different soil cover colors. Contents of soluble solids, flavonoids and anthocyanins in the fruits obtained higher concentrations when grown in beds with red plastic covering. Metallic colors demonstrate a repellent influence on phytophagous insects that transmit diseases and viruses when associated with the use of UV lamps. Black plastic mulch in regions with a tropical climate promoted excessive soil heating, causing stress to plants and reduced productivity. Transparent plastic coverings are used to control soil diseases, reducing the use of products such as methyl bromide. The second article aimed to evaluate the production and quality parameters of strawberry fruits from the San Andreas cultivar in suspended cultivation with colored slabs associated with BPCP. The experimental design was in a factorial arrangement (7×4), with three replications, with different colors of slabs (white, black, transparent, red, blue, yellow and green) associated with BPCP (control, *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp. and *Bacillus* sp. + *Streptomyces* sp.). The number (NFC) and production of commercial fruits (PFC), the number (NFNC) and production of non-commercial fruits (PFNC) and the total number (NFT) and production (PT) per plant were evaluated. The production and relative number of the variables PFC, PFNC, NFT and NFNC were also obtained, in addition to the average weight of the commercial (PMFC), non-commercial (PMFNC) and total (PMFT) fruit. The production index (PAFC) and number of accumulated commercial fruits (NAFC) were determined by statistical regression adjustments. Fruit quality parameters were evaluated by coloring through luminosity, chroma, internal (LI, CI, HI) and external (LE, CE, HE) hue angle of the fruits and soluble solids content (TSS). The data indicated that there were no significant results for the interaction between colors and BPCP for the fruit production and quality variables, with no treatment being superior to the others. The colors of the polyethylene slabs and the interaction with BPCP did not present significant effects on the production and quality variables of strawberry fruits under suspended cultivation. Based on the results, we

can see that it is recommended that the commercial standard of white polyethylene slab be continued to be used and that further studies and further studies are needed in relation to studies involving the coloring of slabs and the use of plant growth bacteria.

Key-words: Suspended growing system. Photochemical efficiency. Inoculation. *Fragaria* × *ananassa* Duch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área colhida (mil ha) (A); Produtividade (B); Produção (C) dos principais países produtores de morango.....	18
Figura 2 - Cultivo suspenso de morangos.	23
Figura 3 - Dados diários climáticos de precipitação e temperatura durante o período experimental do cultivo suspenso de morango.	69
Figura 4 - Distribuição dos slabs de polietileno coloridos (A) e mudas de morangueiro (B e C) no início do experimento.	71
Figura 5 - Espaço de cor CIE $L^* a^* b^*$	73
Figura 6 - Produção total (PT) (A), de frutos comerciais (PFC) (B) e não comerciais (PFNC) (C) por planta no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.	76
Figura 7 - Número de frutos totais (NFT) (B), comerciais (NFC) (A) e não comerciais (NFNC) (C) por planta no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.	78
Figura 8 - Produção relativa total de frutos comerciais (PRFC) (A) e não comerciais (PRFNC) (B) por planta do cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias. Londrina-PR, 2020.....	80
Figura 9 - Produção (PAFC) (A) e número (NAFC) de frutos comerciais de morango (B) ao longo do tempo (180 dias) com diferentes bactérias no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias. Londrina-PR, 2020.	83
Figura 10 - Peso médio do fruto comercial (PMFC) de morangueiro em cultivo suspenso em função da cor do slab. Londrina-PR, 2020.....	85
Figura 11 - Luminosidade externa (LE) do fruto de morango em cultivo suspenso em função de diferentes cores de slab. Londrina-PR, 2020.....	87
Figura 12 - Contribuição das variáveis para a formação do componente principal 1 (A) e para a formação do componente principal 2 (B).	89
Figura 13 - Análise de componentes principais de morangueiro cultivado com diferentes cores de “slabs” associados com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). Representação gráfica dos componentes 1 e 2 (A) e contribuição das variáveis componentes (B).	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Artigos relacionados ao uso de cobertura do solo de PE com diferentes cores, regiões, parâmetros avaliados e principais resultados.	43
Tabela 2 - Dados mensais de precipitação e temperatura durante o período experimental do cultivo suspenso de morangueiro.	70
Tabela 3 - Resumo do quadro da análise de variância (p-valor) para os parâmetros de produção e número de frutos de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.	75
Tabela 4 - Resumo do quadro da análise de variância (p-valor) para os parâmetros de produção relativa no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.	80
Tabela 5 - Análise de variância para modelos mistos para produção (PAFC) e números (NAFC) acumulados de frutos comerciais com medidas repetidas no tempo no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.	82
Tabela 6 - Resumo do quadro da análise de variância (p-valor) para os parâmetros de peso médio de frutos comercial (PMFC), não comercial (PMFNC) e total (PMFT). Londrina-PR, 2020.	84
Tabela 7 - Resumo do quadro da análise de variância (p-valor) para os parâmetros de qualidade de frutos de morangueiro em cultivo suspenso. Londrina-PR, 2020. ..	86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 ORIGEM E TAXONOMIA DO MORANGUEIRO	16
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	17
2.3 SISTEMAS DE CULTIVO	19
2.3.1 CULTIVO NO SOLO	21
2.3.2 CULTIVO SUSPENSO EM SLABS.....	22
2.4 PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS	25
2.5 ECOFISIOLOGIA DAS PLANTAS	26
2.6 RIZOBACTÉRIAS	28
2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
3 ARTIGO A: USO DE COBERTURAS DE DIFERENTES CORES NO CULTIVO DE MORANGOS: UMA REVISÃO	39
3.1 RESUMO.....	39
3.2 ABSTRACT	40
3.3 INTRODUÇÃO	41
3.4 METODOLOGIA.....	42
3.5 RESULTADOS	46
3.5.1 POR QUE USAR PLÁSTICO?	46
3.5.2 POR QUE CORES DIFERENTES?	47
3.5.3 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS COM A UTILIZAÇÃO DO PLÁSTICO ...	49
3.5.4 COBERTURA DE SOLO DE PE PRETO.....	51
3.5.5 COBERTURA DE SOLO DE PE TRANSPARENTE.....	52
3.5.6 COBERTURA DE SOLO DE PE BRANCO.....	52
3.5.7 COBERTURA DE SOLO DE PE METÁLICO/PRATEADO	53
3.5.8 COBERTURA DE SOLO DE PE VERMELHO	54
3.5.9 COBERTURA DE SOLO DE PE AMARELO	55
3.5.10 COBERTURA DE SOLO DE PE VERDE.....	56
3.5.11 COBERTURA DE SOLO DE PE AZUL.....	56
3.5.12 COBERTURA DE SOLO DE PE MARROM.....	57
3.6 CONCLUSÃO.....	57
3.7 REFERÊNCIAS.....	58

4. ARTIGO B: ASSOCIAÇÃO ENTRE CORES DE SLABS DE POLIETILENO E INOCULAÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS NO CULTIVO SUSPENSO DE MORANGUEIRO.....	64
4.1 RESUMO.....	64
4.2 ABSTRACT	65
4.3 INTRODUÇÃO	66
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	68
4.4.1 ÁREA, MATERIAL VEGETAL E DESENHO EXPERIMENTAL	68
4.4.2 OBTENÇÃO DAS BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS (BPCP)	71
4.4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	72
4.4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	74
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
4.5.1 PRODUÇÃO E NÚMERO DE FRUTOS	74
4.5.2 PRODUÇÃO E NÚMEROS RELATIVOS DE FRUTOS COMERCIAIS E NÃO COMERCIAIS	80
4.5.3 ÍNDICE DE PRODUÇÃO DE FRUTOS COMERCIAIS.....	82
4.5.4 PESO MÉDIO DOS FRUTOS COMERCIAIS E NÃO COMERCIAIS	84
4.5.5 COR E TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DOS FRUTOS.....	86
4.5.6 ANÁLISE MULTIVARIADA	88
4.6 CONCLUSÃO.....	91
4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96

1 INTRODUÇÃO

O morangueiro *Fragaria* × *ananassa* Duch. pertence a família botânica *Rosaceae*. A espécie cultivada atualmente descende do cruzamento natural de espécies silvestres. Os inúmeros híbridos e cultivares subsequentes a esse cruzamento são resultados de programas de melhoramento genético. A planta do morangueiro é perene, herbácea, estolonífera, possui hábito rasteiro e quando cultivada no solo, com fins comerciais, é tratada como planta anual, devido às questões fitossanitárias, que prejudicam a produtividade.

A principal finalidade dos frutos de morangueiro é o consumo *in natura*, pois são frutos muito aromáticos e saborosos, e para a indústria são destinados frutos que não atendem os parâmetros comerciais de tamanho e imperfeições na epiderme. O Brasil é o 8º produtor mundial e o maior produtor da América do Sul (KIRSCHBAUM *et al.*, 2016). A maior parte da produção de morangos no Brasil é realizada por pequenos produtores de agricultura familiar, importante dentro do cenário socioeconômico ao gerar empregos e aumento de renda dos trabalhadores rurais.

O cultivo de morango exige intenso uso de mão de obra, e tecnologias como a cobertura do solo com plástico, a fim de proteger os frutos do contato com o solo, preservação da água, controle de temperatura e germinação de plantas daninhas, melhoram a produtividade e qualidade e sanidade dos frutos.

No cultivo suspenso de morango, feito em sacos de cultivo denominados “slabs” e/ ou semi hidropônico, são relatados benefícios desta técnica em relação ao cultivo no solo como: menor tempo de cultivo e precocidade de produção; produção durante todo o ano; incidência mínima de doenças e pragas; controle da germinação e propagação de ervas daninhas, ocasionando menor necessidade de pulverizações, irrigação, manejo e mão de obra (EPAGRI, 2020; DROBEK *et al.*, 2021).

No sistema de cultivo os fatores ambientais exercem influência no crescimento e desenvolvimento do morangueiro, como o fotoperíodo, temperatura e a interação entre eles. O fotoperíodo atua na indução da diferenciação dos tecidos do meristema vegetativo e do floral. Dentro do fator climático, o balanço de radiação que entra no sistema agrícola pode ser adequado ao manejar a cor da cobertura do

filme plástico utilizado nos slabs, ao entender a física da transferência de energia entre a cultura e o ambiente.

Juntamente com a energia luminosa a disponibilidade de nutrientes durante o desenvolvimento da planta é fundamental para a o desenvolvimento e crescimento da planta e a produção de frutos. Para isso é possível utilizar microrganismos benéficos como as bactérias promotoras do crescimento de plantas -BPCP, que isolados ou combinados, exercem funções relacionadas a fixação de nitrogênio, produção de hormônios vegetais, produção de vitaminas, conversão de materiais a uma forma útil para a planta, ou ainda proteger de outros microrganismos prejudiciais, impactando dessa maneira a produção agrícola.

As BPCP das estirpes dos gêneros *Bacillus* e *Streptomyces*, possuem a capacidade de colonizar as raízes, modulando o metabolismo da planta e estimulando seu crescimento e produtividade por mecanismos diretos e/ou indiretos. A colonização e sobrevivência dessas bactérias são influenciadas pela temperatura do solo, o qual é alterada pelo clima e principalmente pela incidência de radiação no solo e no caso do cultivo de morangos, pela radiação que incide sobre o plástico da cobertura do solo.

O uso de cobertura plástica do solo ou saco de cultivo plástico no cultivo suspenso de morangos, de diferentes cores pode alterar o balanço de energia do sistema de cultivo, ao alterar o micro clima em torno das plantas mas principalmente nas raízes provocando respostas fisiológicas e bioquímicas distintas na planta.

É necessário então entender a dinâmica do saldo de radiação que entra no sistema de cultivo e como direcionar essa energia para auxiliar a colonização das BPCP na rizosfera do morangueiro, direcionando essas respostas fisiológicas da planta para favorecerem os parâmetros de produção e qualidade dos frutos sem causar estresses bióticos ou abióticos.

O objetivo desse trabalho foi elaborar artigo de revisão sobre o uso de coberturas de solo com filme plásticos de polietileno de diferentes cores e sua influência na produtividade de morango, como também avaliar a produção e qualidade dos frutos de morangueiro da cv. San Andreas cultivados em slabs de polietileno de diferentes cores, associados a BPCP.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM E TAXONOMIA DO MORANGUEIRO

O morangueiro *Fragaria* × *ananassa* Duch cultivado atualmente é derivado do cruzamento natural entre as espécies *F. chiloensis*, originária do Chile, e *F. virginiana*, com centro de origem na América do Norte (COSTA; ROSSI; LEAL, 2018). A partir desse híbrido, programas de melhoramento foram estabelecidos por pesquisadores ingleses e, mais tarde, franceses e americanos originando variedades cada vez mais produtivas (DUCHESNE, 1766).

São reconhecidas botanicamente 24 espécies dentro do gênero *Fragaria*, com vários níveis de ploidia. Essa característica citogenética de poliploidia do morangueiro é reconhecida como um mecanismo de evolução entre as plantas, quando relacionadas com seus progenitores diplóides (COSTA; ROSSI; LEAL, 2018).

O morangueiro pertence à família botânica *Rosaceae*, subfamília *Rosoideae*, em que as plantas do gênero *Fragaria* são herbáceas estoloníferas, perenes, caule conhecido como coroa com tecido condutor periférico em espiral nos dois sentidos unidos às folhas, rasteiras, porém, o caule e raízes apresentam lignificação após alguns meses de cultivo. Nas raízes ocorre contínuo processo de renovação, e além de transportarem água e nutrientes, é local de reserva de amido durante o período de dormência, sendo essencial para o crescimento e florescimento da planta (RONQUE, 1998; ANTUNES; REISSER JUNIOR; SCHEWENGBER, 2016).

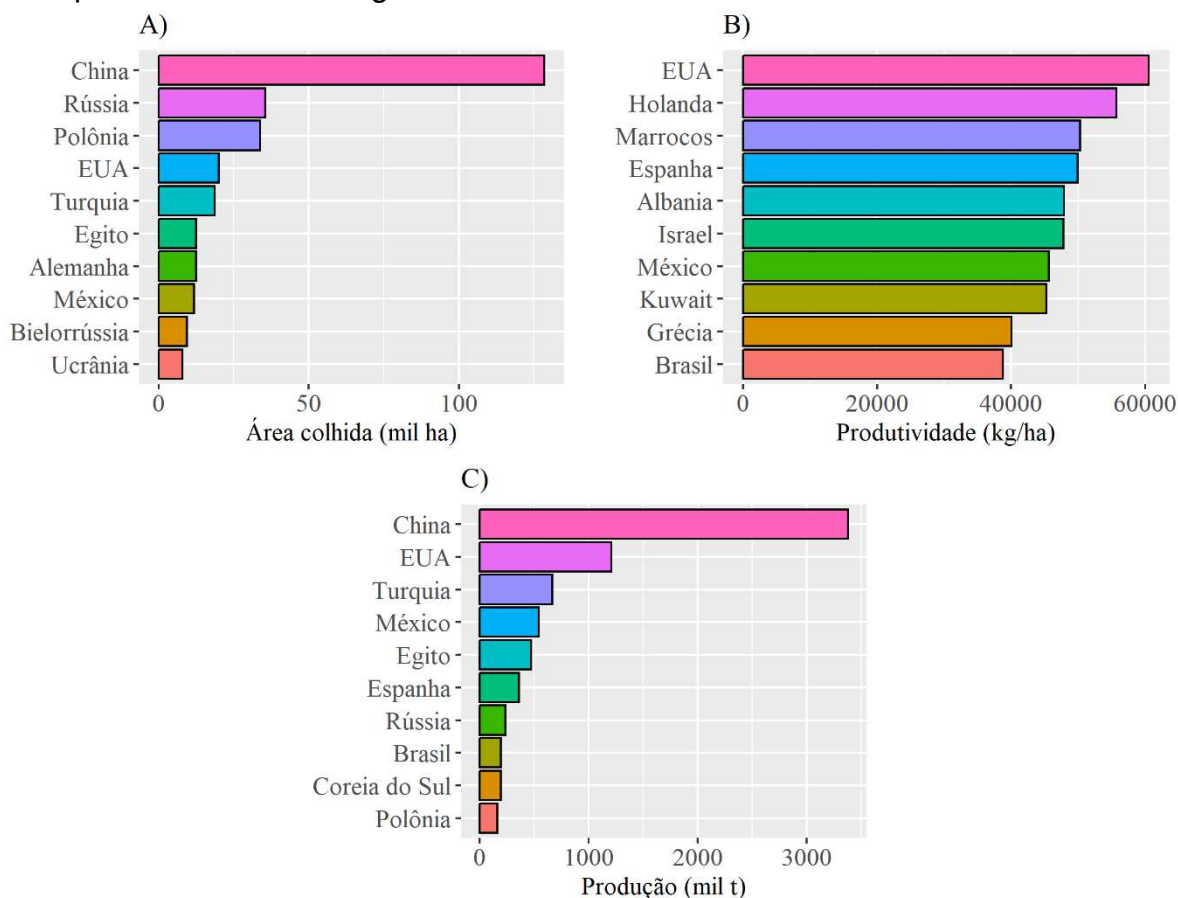
O morango é um pseudofruto, originado a partir do receptáculo floral, e após a polinização se torna carnoso e suculento, rico em vitamina C, A, betacaroteno, folatos e fibras solúveis. Os frutos verdadeiros são pequenos aquênios, usualmente confundidos por sementes (RONQUE, 1998). A planta do morangueiro tem características de cultura perene, porém é cultivada como cultura anual devido aos problemas fitossanitários de manejo e de produtividade (RONQUE, 1998; COSTA; ROSSI; LEAL, 2018).

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

No Brasil, o cultivo do morangueiro em hortas domésticas remonta do século passado, mas se torna uma cultura de importância econômica quando cultivares mais adaptadas e novas técnicas de cultivo foram introduzidas no país. Inicialmente restrito ao Rio Grande do Sul, o cultivo de morango expande-se e passa então a ser cultivado em São Paulo (RONQUE, 1998).

De acordo com a FAOSTAT (2023), em 2021, foram produzidos um total de 9.175.384 toneladas de morangos no mundo em 389.665 hectares, com uma média de 23,54 t ha⁻¹. Desse total, a China foi o maior produtor com 3.380.478 t produzidas, mas mesmo com esse volume de produção não é o país mais produtivo, com produtividade média por área de 25 t ha⁻¹. Os Estados Unidos obtiveram produção de 1.211.090,00 t, e sua produtividade média por área é de 60 t ha⁻¹. Nessa classificação o Brasil fica na 8ª posição com 197.773,7 t correspondendo assim a uma produtividade média de 38,75 t ha⁻¹, superando a média mundial (Figura 1). Além da produção, o valor gerado pela cultura é significativo: em torno de R\$ 9,1 milhões (Censo do IBGE de 2017, corrigido pela inflação de julho/23 (SEAB/DERAL, 2022).

Figura 1 - Área colhida (mil ha) (A); Produtividade (B); Produção (C) dos principais países produtores de morango no mundo.



Fonte: FAOSTAT (2023).

O cultivo de morango está em crescente expansão no Brasil e no mundo, dados da FAO, referentes aos anos 2011 a 2021, indicam crescimento de 20% em área cultivada e de 40% no volume de produção. De acordo com esse panorama, a maior parte do cultivo de morango é realizada em pequenas áreas, entre 0,5 a 1,0 hectares, predominantemente por agricultura familiar de pequena escala, pois dentre as hortícolas, o morangueiro é economicamente viável por permitir importante agregação de valor ao produto final. A utilização de pequenas áreas também é justificada pela intensa mão de obra exigida pela cultura, desde o plantio, manejo e colheita, visto que a mecanização da cultura ainda não é bem difundida no país (FAOSTAT, 2023; DELEO *et al.*, 2023).

A cultura é de grande importância social, visto que 80% da oferta disponível da fruta no Brasil é realizada por agricultura familiar. O custo de produção, na safra de 2022/2023, para uma área de 0,5 hectares com densidade de 50 mil plantas por hectare e produção de 65 mil quilos por hectare, foi de R\$

276.655,89, ou R\$ 8,51/kg. O custo de produção de morangos, em sistema de túnel baixo, no solo inclui: insumos, mudas, estrutura de implantação, operações terceirizadas para preparo do solo, operações mecânicas de pulverizações, irrigação, mão de obra (familiar), transporte em geral, despesas gerais, embalagens, arrendamento, financiamento do capital de giro (SEAB/DERAL, 2022; DELEO *et al.*, 2023).

No Brasil, as regiões entre os paralelos 15° e 32°S concentram importante volume de produção de morango. Os estados que se destacam em produção são Rio Grande do Sul; Santa Catarina; Paraná; São Paulo; Minas Gerais; (FAGHERAZZI *et al.*, 2017; ANTUNES *et al.*, 2023). Além destes, alguns locais de altitude elevada na região Nordeste, como a Chapada Diamantina, na Bahia, e da Serra da Ibiapaba, no Ceará (BRAINER *et al.*, 2015).

A produção de morangos no estado do Paraná, em 2020, foi realizada em 861 hectares, produzindo um total de 30,2 mil toneladas, o que corresponde a 10,4% do Valor Bruto da Produção (VBP), de frutíferas do estado, o que representa 2% do volume total da fruticultura. Em 2022 o VBP da cultura de morango no estado foi de R\$ 389.025.450,00 de acordo com dados da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – (SEAB/DERAL, 2022), do Governo do Estado do Paraná.

No estado do Paraná, a produção de morangos se concentra na Região Metropolitana de Curitiba, no Norte Pioneiro e nas cidades de Umuarama, Ponta Grossa, Maringá, Cascavel, Francisco Beltrão, Londrina e Campo Mourão (ZAWADNEAK *et al.*, 2018).

2.3 SISTEMAS DE CULTIVO

Os tratos culturais essenciais para a cultura do morango incluem adubação, preparo e cobertura do solo, plantio, manejo fitossanitário da cultura, entre outras práticas. Nesse contexto, a cobertura do solo é uma prática indicada em todo o mundo, e serve para proteger os frutos do contato com o solo e prevenir danos, pois o excesso de umidade junto ao solo constitui ambiente favorável ao desenvolvimento de fungos e bactérias que em contato com o fruto causam danos à produção (COSTA; ROSSI; LEAL, 2018).

O uso de cobertura do solo de polietileno- PE ou *mulching*, difere globalmente, bem como o clima, os solos, cultivares utilizadas e as práticas agrícolas, tornando difícil generalizar o seu impacto (MEYER *et al.*, 2021). No Brasil, cerca de 70% do total cultivado é sob sistema de “túnel baixo”, diretamente no solo com cobertura plástica de PE branco e estrutura montada por arcos de ferro, a qual é descoberta apenas durante as atividades de manejo (DELEO *et al.*, 2023).

O uso de cobertura de solo de PE contribui para o desenvolvimento da planta cultivada, podendo ter como benefícios associados: aumento da produtividade; antecipação da colheita; redução da evaporação do solo e consequentemente menor consumo de água; controle de plantas daninhas; aumento da absorção e eficiência do uso de nutrientes; controle de insetos-pragas e patógenos como fungos, bactérias e vírus; redução de doenças de solo ao melhorar a sua agregação e proporcionar aumento na atividade microbiana favorecendo o crescimento de raízes (WANG *et al.*, 2017).

Os benefícios do uso da cobertura do solo com PE podem ser justificados pela modificação dos componentes responsáveis pelo balanço de energia, temperatura do solo e radiação refletida disponível para as plantas. Tais modificações resultam em efeitos físico-químicos pela regulação dos fitocromos e efeitos radioativos ao aumentar ou diminuir a energia fotossinteticamente ativa, que é refletida para as folhas. Assim, o uso de coberturas plásticas coloridas altera o efeito térmico, a quantidade e a qualidade da luz refletida (REISSER JUNIOR; VIGNOLO, 2016). Dependendo das condições climáticas e necessidades da cultura, o uso de diferentes cores pode conferir benefícios adicionais à cultura.

O uso de PE com diferentes cores para cobrir o solo é utilizada em diversas culturas de interesse econômico. Estudos demonstram o incremento na produção, como em abacaxi (SENA *et al.*, 2017); em café nas cores branco e preto (DAMAGLIO *et al.*, 2015); macieira (PELIZZA *et al.*, 2019); morango com cobertura plástica preta e vermelha (LOCASCIO *et al.*, 2005) e nas cores preto, prata e branco (YURI *et al.*, 2012); pimenta dedo de moça (VIANA *et al.*, 2021), rabanete (RODRIGUES *et al.*, 2021), e meloeiro nas cores preto e cinza (PEREIRA *et al.*, 2021).

Então o sistema de cultivo utilizado deve combinar alta produtividade e qualidade da fruta, baixo custo e reduzido impacto ambiental. As variedades de morangueiro possuem média de produção entre 30 e 35 toneladas por hectare, podendo ultrapassar 60 toneladas, a depender da tecnologia empregada (ANTUNES *et al.*, 2023). Dentre os sistemas de cultivo e tecnologia empregada, podemos citar os dois principais:

2.3.1 CULTIVO NO SOLO

Principal sistema de cultivo de morango, devido ao baixo custo de implantação se comparado a estrutura para o cultivo suspenso. No sistema a campo aberto e sem proteção, são preparados canteiros, onde o solo pode ser cobertos ou não, usualmente com cobertura do solo de PE nas cores preto ou branco. O espaçamento varia entre 30x30 cm e 30x35 cm entre plantas, resultando em 65 a 80 mil plantas por hectare e com sistema de irrigação por aspersão (ANTUNES *et al.*, 2010).

Outra forma de cultivo no solo são os túneis, uma forma de proteção aérea do cultivo. Os túneis baixo possuem estrutura em forma de arco, com altura mínima de 60 cm, já os túneis alto podem ter altura de 3 a 3,5m do nível do solo, usualmente associados a cobertura do solo de PE e irrigação feita por fita de gotejamento onde é possível também realizar a fertirrigação (TEIXEIRA, 2011). O molhamento da planta por aspersão é indicado em casos específicos, pois o excesso de umidade pode ocasionar doenças.

O morangueiro necessita de solo com boa drenagem, ser rico em matéria orgânica, ter boa propriedade física e estrutura argilo arenosa para favorecer o desenvolvimento das raízes, além de adequada exposição solar. Antes de preparar os canteiros é necessário realizar a análise química do solo para determinar a correção de pH e nutrientes necessários a cultura (AZEVEDO FILHO; TIVELLI, 2017).

Após realizar o manejo levantamento do solo, os canteiros são cobertos com cobertura de solo de PE e realizado o transplante das mudas. Atualmente as mudas de cultivares de morango importadas ou nacionais, são comercializadas com as raízes nuas (sem a presença de substrato), mas já existe no mercado nacional mudas com torrão, com a presença de substrato protegendo a

integridade das raízes. Essa tecnologia de mudas com torrão, foi patenteada pela Universidade Federal de Santa Maria, com número de registro PI 1105802-1. Mas devido a custos de transporte e logística, as mudas com raízes nuas são as mais utilizadas na cultura (BISOGNIN *et al.*, 2019).

O espaçamento entre plantas é sugerido após definir quantas linhas de plantio será feita por canteiro, e varia entre 20cm entre plantas e 30 cm entre as fileiras. Para os canteiros, entre 1 a 1,2 m de largura, não devem possuir mais de 50 m lineares, ter entre 2 a 4 fileiras de plantas e 50 cm entre canteiros. Ao calcular o total de mudas a serem adquiridas, considere uma margem de 10% de perdas sobre o total (REISSER JUNIOR; VIGNOLO, 2016). Em cultivos com menor acesso a tecnologia a cobertura do canteiro pode ser realizada com palha, folhas secas, serragem, ou outro material isento de sementes invasoras (RONQUE, 1998).

O cultivo no solo gera desconforto físico para o trabalhador, ao se abaixar e levantar diversas vezes em cada canteiro, principalmente na operação de colheita dos frutos, que é feita manualmente diversas vezes durante o ciclo do morangueiro (ANTUNES *et al.*, 2023).

O cultivo no solo requer a realização de rotação de culturas na área, para evitar a contaminação de doenças de solo da cultura anterior. Plantas da família botânica das Solanáceas devem ser evitadas na rotação, pois são hospedeiras de patógenos que afetam o morangueiro. São indicadas gramíneas e plantas consideradas adubos verdes (AZEVEDO FILHO; TIVELLI, 2017).

2.3.2 CULTIVO SUSPENSO EM SLABS

O cultivo de morangueiro suspenso, fora do solo, apresenta vantagens em comparação com o sistema convencional no solo, como: ergonomia do trabalhador, controle do crescimento das plantas, aumento da qualidade da produção pelo controle da irrigação, melhor controle da nutrição, diminuição dos patógenos de solo - pois ao detectar alguma infecção é possível proceder com o manejo (remover ou tratar) sem danificar o sistema como um todo, dispensa a troca de área a cada cultivo ou rotação de cultura (GONÇALVES *et al.*, 2016).

O cultivo suspenso em sacos plásticos de polietileno (Figura 2), conhecido como travesseiro ou slab, torna o cultivo restrito ao substrato e a

fertirrigação fornecida à planta através de fitas de gotejamento, assim é possível controlar o que entra no sistema de maneira mais eficiente e de acordo com a necessidade e estágio de desenvolvimento da cultura. Esse cultivo também é chamado de cultivo semi-hidropônico, e vem sendo adotado nos últimos anos em praticamente todas as regiões do país (CALVETE *et al.*, 2016; ANTUNES; BONOW, 2020).

Figura 2 - Cultivo suspenso de morangos.



Fonte: Próprio autor (2023).

A estrutura utilizada nesse sistema de cultivo é a principal diferença em relação ao cultivo no solo. As bancadas ou prateleiras, com cerca de 70 cm de altura devem ser fortes o suficiente para aguentar o peso dos slabs e o sistema de irrigação, durante o tempo de cultivo de no mínimo 2 anos. Deve haver um espaço para a realização de tratamentos culturais e colheita dos frutos nos corredores entre as bancadas (EMBRAPA, 2006).

Em conjunto com as bancadas deve ser construída uma estufa, coberta por lona plástica para diminuir os riscos do cultivo ser afetado por fatores ambientais como ventos, geada, chuva de granizo e outras intempéries, além de proteger contra a entrada de animais e insetos que são atraídos pelo cheiro dos frutos. Essa estrutura deve ser construída em um local onde a incidência de ventos fortes seja mínima. O material utilizado para a construção das bancadas e estufa variam de acordo com o poder aquisitivo do produtor e nível tecnológico empregado. Os materiais mais utilizados são: madeira, cloreto de polivinil flexível- PVC e aço galvanizado (EMBRAPA, 2006).

No cultivo suspenso o substrato exerce papel primordial no desenvolvimento inicial das plantas, pois o espaço fornecido pelo saco de cultivo para o desenvolvimento das raízes é limitado. O substrato além de ser suporte para as plantas, deve regular a disponibilidade de nutrientes para as raízes e pode ser composto por solo mineral ou orgânico, de um só ou de diversos materiais misturados e ser capaz de proporcionar fornecimento constante de água, oxigênio e nutrientes para as plantas (KÄMPF, 2004).

Produtores de morango no sistema de tunel baixo estão migrando para o cultivo suspenso pois são relatados satisfatórios níveis de eficiência econômica. Essa viabilidade financeira, levando em consideração a produtividade e preços do mercado é reforçada ao utilizar as plantas durante dois anos ou mais, pois propicia condições para amortizar os investimentos, além de gerar condições favoráveis para otimizar o uso dos fatores de produção (LAZZAROTTO; FIORAVANÇO, 2011; CALVETE *et al.*, 2016).

A produtividade nesse sistema também é melhor: pode atingir 80t ha⁻¹, enquanto a média no cultivo no solo é de 60t ha⁻¹. Embora no sistema semi-hidropônico a produção por planta seja menor, o plantio mais adensado permite elevar a produtividade. Segundo informações da Emater-Ascar-RS, 89,7% dos produtores do estado do Rio Grande do Sul adotam o cultivo suspenso de morangos, protegido por estufas como sistema de produção preferencial, já em Minas Gerais apenas 15% e no Espírito Santo 30% em comparação ao cultivo no solo com túnel baixo (ANTUNES; BONOW, 2020).

Entre os filmes plásticos utilizados como cobertura de solo e confecção de slabs, o mais utilizado é o polietileno- PE de baixa densidade fabricada a partir de petróleo fóssil, devido ao seu fácil processamento, por ser flexível, e ser rígido o suficiente para ser manejado em diferentes ambientes de cultivo (MENOSSE *et al.*, 2021).

O uso de PE como cobertura de solo ou sacos de cultivo em diversas culturas hortícolas tem se tornado cada vez mais cara devido ao aumento dos preços das coberturas plásticas, ao custo para removê-las no final do ciclo da cultura, pois o PE não é biodegradável, e à dificuldade de descarte dos plásticos sujos (GIORDANO *et al.*, 2020).

Os impactos ambientais associados ao uso e descarte desse material utilizado na cultura do morango são particularmente preocupantes. As opções de descarte desse plástico incluem reciclagem, destruição por fogo a céu aberto na propriedade rural ou incorporação no solo no local, práticas proibidas, mas que ainda são empregadas (KASIRAJAN; NGOUAJIO, 2012; STEINMETZ *et al.*, 2016; QI *et al.*, 2020).

No entanto, as empresas que coletam e reciclam esse material não aceitam o plástico contaminado com solo e agroquímicos. Além disso, a cobertura plástica requer mão de obra cara para remoção e descarte. Partículas geradas por materiais não biodegradáveis podem persistir no solo e afetar a atividade microbiana, as propriedades físicas do solo e a disponibilidade de nutrientes (QI *et al.*, 2020).

2.4 PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS

Devido a crescente preocupação relacionada à sustentabilidade e à segurança alimentar como aliados ao bem-estar, os produtos que geram menos impactos ambientais ganham cada vez mais mercado, suscitando um alto valor percebido pelo consumidor (FUZINATTO, 2021).

Filmes ou películas biodegradáveis e renováveis derivados de polímeros e biomassa são desenvolvidos a fim de fornecer uma solução para a destinação final do PE utilizado como cobertura do solo. Produzidos a partir de biopolímeros naturais, em contraste com o PE, podem ser incorporados ao solo no final do ciclo da cultura ou dispostos junto a compostagem, sendo degradado por microorganismos. Após a fragmentação do material biodegradável, a microflora presente no solo ou compostagem, transforma os produtos residuais do processo de decomposição em dióxido de carbono, metano e água (GIORDANO *et al.*, 2020; MENOSSI *et al.*, 2021).

Estudos que avaliam materiais biodegradáveis ou renováveis à base de polissacarídeos, quanto à eficácia da barreira mecânica, bem como às propriedades de biodegradabilidade estão crescendo (MENOSSI *et al.*, 2021). No cultivo de morango, o filme biodegradável Mater-Bi® (Novamont), confeccionado a partir de amidos, celulose e óleos vegetais foi utilizado nas cvs Sabrina e Elide. Os resultados obtidos destacam que ambas cultivares, produziram cerca de 40 t ha⁻¹, e

não apontou diferenças entre as coberturas biodegradáveis e de PE (MORRA *et al.*, 2022).

Giordano *et al.* (2020) analisaram a produção da cv. Rociera cultivada com cobertura de solo de PE e diferentes espessuras do filme biodegradável da marca BioFlex® (FKuR Kunststoff GmbH, Alemanha), formados a partir de misturas de ácido (PLA)/copoliéster, obtidas a partir de um processo de fermentação de amido de milho. Os biofilmes produziram frutos com maiores teores de cálcio e magnésio, a produtividade foi comparável com 5729 g m² para o PE e 5238 g m² no BioFlex.

De acordo com Menossi *et al.* (2021) o desenvolvimento de diferentes filmes biodegradáveis gerou um aumento significativo no número de proteções de patentes, porém, apesar de pesquisas recentes sobre o assunto, ainda a falta de conhecimento sobre o assunto e seus altos custos são as principais limitações comerciais para sua adoção em sistemas de produção agrícola no campo.

Os biofilmes utilizados em cobertura do solo demonstram particularidades semelhantes aos filmes plásticos de PE.

2.5 ECOFISIOLOGIA DAS PLANTAS

O morangueiro possui exigências edafoclimáticas específicas, mas devido a sua origem e diversidade genética, possui ampla adaptabilidade. O comportamento fisiológico do morangueiro responde diretamente à variação da temperatura e fotoperíodo. As cultivares de morango podem ser divididas em 2 grupos principais: cultivares de dias curtos que necessitam menos de 12 horas de luz para desenvolver gemas florais e cultivares neutras, que são insensíveis ao fotoperíodo, podendo induzir a floração em qualquer período do ano. Há um terceiro grupo de cultivares conhecida como de dias longos, mas atualmente, não há produção comercial dessas cultivares (GONÇALVES *et al.*, 2016; HONJO *et al.*, 2016; ANTUNES; REISSER JUNIOR; SCHEWENGBER, 2016).

A temperatura é elemento importante na indução floral. Em climas amenos com temperaturas mais baixas e fotoperíodo menor, ocorre a diminuição na atividade fisiológica da planta até o ponto de dormência, situação que só é modificada quando é atingido um determinado número de horas de frio abaixo de 7,2 °C. Quando a temperatura e o fotoperíodo aumentam, a planta cessa a floração e

apenas se reproduz vegetativamente, gerando estolhos. Para a maioria das cultivares, o surgimento das flores ocorre quando as plantas são submetidas a temperatura de 8 °C durante a noite e 15 °C durante o dia. Em temperaturas superiores a 25 °C ocorre a inibição da floração e acima de 32 °C há abortamento floral. Temperaturas negativas entre -3 °C a -5°C ocorre o congelamento da planta e temperaturas entre 18 °C a 24 °C favorecem a frutificação (RONQUE, 1998; VERDIAL *et al.*, 2007; HONJO *et al.*, 2016).

A intensidade e a qualidade da luz também são importantes para a produção do morangueiro, onde os processos fotoquímicos reagem primeiramente em função da disponibilidade de radiação. A produção de flores e frutos pode ser melhorada com intensidade de luz entre 400 a 450 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa. A posição das folhas interfere diretamente na interceptação luminosa, a qual é fundamental para fotossíntese, visto que maiores níveis de radiação proporcionam maior assimilação de CO₂ e taxa fotossintética, e consequentemente influencia o crescimento e desenvolvimento da planta. Os processos bioquímicos são influenciados pela temperatura e pela disponibilidade de água e minerais (LARCHER, 2000; ANTUNES; REISSER JUNIOR; SCHEWENGBER, 2016).

Nas plantas respostas induzidas pela luz são chamadas de respostas de fotomorfogênese. Essas respostas dependem da qualidade da luz, da intensidade e duração da luminosidade. Os principais fotorreceptores são os fitocromos, criptocromos, fototropinas e zeaxantinas. Os fitocromos transformam e transferem a excitação eletrônica, causada pela luz, em sinal celular, detectam a radiação da faixa do vermelho e vermelho extremo e estão associados às mudanças na morfologia de plantas como o desestiolamento, a germinação de sementes e a floração em maior intensidade em plantas que são sensíveis ao fotoperíodo (TAIZ *et al.*, 2017; KERBAUY, 2019).

Luz é uma forma de radiação eletromagnética cuja frequência é visível ao olho humano. As plantas recebem radiação de várias formas e por todos os lados, como a radiação direta e radiação difusa, que sofreu espelhamento na atmosfera, ocorre predominante em dias nublados e também é refletida da superfície do solo. Além da intensidade da radiação, as plantas se adaptam à composição

espectral da luz e mudam a composição dos pigmentos dos cloroplastos em função do espectro da radiação recebida (LARCHER, 2000).

As plantas não regulam sua temperatura interna e dependem do ambiente climático para atingirem seu equilíbrio térmico. O estresse nas plantas está associado a fatores que limitam seu desenvolvimento, como acesso a pouca luz, excesso ou falta de nutrientes no solo ou substrato de cultivo, disponibilidade de água e temperaturas extremas (KERBAUY, 2019).

Ao ocorrer um agente estressante na plantas, mecanismos de defesa são ativados, desencadeando respostas de natureza física ou química. Esses mecanismos interferem na forma como a planta se relaciona com o ambiente e no solo, as raízes secretam exsudatos, que possibilita o crescimento de comunidades microbianas na rizosfera, sendo essa relação benéfica a planta (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

2.6 RIZOBACTÉRIAS

Bactérias promotoras de crescimento de plantas – BPCP são microrganismos colonizadores das raízes das plantas, e podem ter hábito epifítico ou endofítico, não patogênicas, e atuam diretamente promovendo o crescimento ou indiretamente como agentes de controle biológico de doenças de plantas. Tem sido apontados como essenciais ao ecossistema de plantas em relação ao suprimento de elementos de crescimento como nitrogênio, fósforo, ferro e produção de substâncias hormonais como as auxinas e giberelinas, a tolerância ao estresse hídrico, salinidade e toxicidade de metais (SILVEIRA, 2007; MELO; AZEVEDO, 2008).

As principais BPCP empregadas na agricultura são espécies do gênero *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Streptomyces*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Acetobacter* e *Herbaspirillum*, *Agrobacterium radiobacter*, *Enterobacter cloacae*, dentre outras (MELO, 1998; VIEIRA JUNIOR *et al.*, 2013).

O uso de BPCP na agricultura para promoção de crescimento ou para maior produtividade da cultura acarreta em menor custo de produção, pois, ao diminuir a utilização de insumos químicos, resulta em benefícios tanto de ordem econômica quanto de ordem ecológica, uma vez que tais produtos usados

indiscriminadamente podem desencadear problemas de contaminação ambiental (SILVEIRA, 2007).

As rizobactérias do gênero *Bacillus* apresentam elevado potencial para uso como inoculante em culturas agrícolas, pois são de fácil utilização pela sua capacidade de sobreviver longos períodos no solo através de endósporos como também quando armazenadas. Outro fator que leva a sua utilização é a capacidade de solubilizar o fosfato de compostos orgânicos (VIEIRA JUNIOR *et al.*, 2013).

A habilidade de colonizar raízes de *B. subtilis*, forma biofilmes, conferindo atividade biológica contra uma série de microrganismos fitopatógenos, atribuído em grande parte, à produção de lipopeptídicos ativos, que atuam na membrana celular e estruturas reprodutivas dos microrganismos nocivos, provocando deformação e lise celular (LIMA, 2015).

A inoculação de *B. velezensis* no cultivo de morango das cvs. Troitskaya e Rusich demonstrou o mesmo efeito que a aplicação de fertilizantes nitrogenados, maior teor de clorofila nas folhas, maior produtividade e um aumento em 120% no peso das raízes devido a alta produção de auxinas (CHEBOTAR *et al.*, 2023).

As auxinas desempenham um papel importante na regulação do crescimento vegetal, pois são responsáveis pela divisão, extensão e diferenciação de células e tecidos vegetais, principalmente na formação do xilema e das raízes. Todos esses processos, ou seja, iniciação, desenvolvimento, emergência e alongamento das raízes laterais, são regulados pela biossíntese, transporte e sinalização de auxinas (TAIZ *et al.*, 2017).

As rizobactérias do gênero *Streptomyces* são bactérias filamentosas responsáveis pela decomposição da matéria orgânica no solo e certas espécies são conhecidas pela produção de antibióticos de amplo espectro. A associação mutualística entre bactéria e planta, estimula mecanismos de defesa nas plantas, e essa antibiose natural produzida por esses microrganismos serve para matar ou inibir o crescimento de outros microrganismos nocivos (CHATER, 2016). Os efeitos dessas populações não se limitam à interação solo-planta, mas também abrangem as interações entre os próprios microrganismos.

A interação mutualística tripartida entre a cepa endofítica *Streptomyces*, plantas de morangueiro da cv. Meahyang e abelhas (*Apis mellifera*); demonstrou a capacidade da bactéria *Streptomyces*, encontrada na rizosfera e nas flores, de proteger tanto a planta quanto as abelhas polinizadoras de patógenos como o fungo fitopatogênico *Botrytis cinerea* e bactérias patogênicas. Os polinizadores transferem a bactéria entre flores e plantas, e *Streptomyces* foram capaz de se mover para o feixe vascular da planta a partir das flores e da rizosfera (KIM; KANG; KIM, 2020).

Para a cultura do morango, *Streptomyces* spp. e seus metabólitos apresentam alta eficiência em papéis antagonísticos contra doenças fúngicas fitopatogênicas. Seu uso é relatado com sucesso como agente biológico supressor de antracnose (*Colletotrichum* sp.) em pós colheita de frutos (LI *et al.*, 2021), na elevação na defesa celular e bioquímica contra a doença nos tecidos vegetais da planta (MARIAN *et al.*, 2020; BASAVARAJAPPA *et al.*, 2023), como compostos antifúngicos para o controle de *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Aspergillus* sp., e *Sclerotium* sp. (KIM; KANG; KIM, 2020; REJÓN-MARTÍNEZ *et al.*, 2022). Dicklow, Acosta e Zuckerman (1993) estudando o efeito de *Streptomyces costaricanus* sobre o nematóide *Pratylenchus penetrans* observaram que a bactéria reduziu a população de *P. penetrans* em raízes de morango.

A aplicação foliar de uma suspensão de esporos da estirpe *Streptomyces albus*, colaborou com a redução da severidade de Antracnose em plântulas de morango, e promoveu maior numero de folhas e altura da copa ao estabelecer interação mutualística com as células vegetais através da colonização inter e intracelular em raízes, folhas e pecíolos de morango. Nas raízes a colonização da estirpe produziu metabólitos secundários (hormônios vegetais, produção de sideróforos e enzimas hidrolíticas) e vários grupos de compostos que podem potencialmente beneficiar utilizações farmacêuticas e agrícolas (PUPAKDEEPAN *et al.*, 2023).

A capacidade das BPCP de colonizarem o sistema vascular da planta e principalmente o radicular é de fundamental importância para o seu efetivo estabelecimento na rizosfera e atuação como um agente ativo em processos que afetam o desenvolvimento da planta. As raízes das plantas são uma das principais vias para a entrada e colonização, que ocorre com a migração de células

bacterianas em direção às raízes, após o ataque, as bactérias se distribuem ao longo das raízes através do crescimento e estabelecimento da população. A colonização radicular é necessária para a interação com a planta, seja de forma benéfica ou prejudicial (KIM; KANG; KIM, 2020).

Fatores como temperatura, radiação, idade do solo, condição nutricional do solo e estresse às raízes podem alterar a quantidade e composição de exsudados das raízes. As bactérias utilizam esses exsudados para se multiplicarem e sobreviverem, e qualquer distúrbio fisiológico pode alterar a quantidade produzida. A temperatura do solo entre 12 a 18°C e em pH de 6,0 a 6,5 favorecem positivamente a colonização, apesar de ser abaixo do ideal, refletem uma menor competição com a microbiota indígena (BHAT *et al.*, 2023).

A alteração da temperatura do solo pelo uso de cobertura de solo de PE embasa o estudo de Boukaew *et al.* (2022), em que diferentes condições de luminosidade e temperatura de incubação influenciam a produção de metabólitos secundários de *Streptomyces* spp., com níveis intracelulares altos de superóxido dismutase, importante defesa antioxidante na maioria das células expostas ao oxigênio.

O sistema radicular do morangueiro é constituído por raízes laterais longas e fibrosas, onde o tecido secundário é desenvolvido, a maior parte das raízes se concentra nos primeiros cinco centímetros de solo. Levando em consideração a rizosfera e os efeitos individuais das bactérias sobre os fungos patogênicos do morango, é possível reduzir os efeitos adversos das doenças onde os agentes causadores são fungos e bactérias nocivas, melhorando assim as propriedades físicas dos morangos selecionando o consórcio bacteriano apropriado. Porém as interações entre microrganismos são muitas vezes complexas e não totalmente compreendidas, o que sugere a necessidade de mais pesquisas nessa direção (DROBEK *et al.*, 2021).

2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. Morangueiro. **Brasília: Embrapa**, 2016.

ANTUNES, L. E. C.; RISTOW, N. C.; KROLOW, A. C. R.; CARPENEDO, S.; REISSER JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 28 n. 2. p. 222-226, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000200015>

ANTUNES, L.E.C.; BONOW, S. **Produção crescente**. Embrapa Clima Temperado, p. 22-27, 2020. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br> Acesso em: 27 dez. 2023.

ANTUNES, L.E.C.; REISSER JÚNIOR, C.; BONOW, S.; SCHWENGBER, J.E. Morangos: desafios da produção brasileira. **Campo e Negócio**: Anuário HF, p. 92-95, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/> Acesso em: 27 dez. 2023.

AZEVEDO FILHO, J.A.; TIVELLI, S.W. **Como produzir morango orgânico**. Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 2017. 60p.

BASAVARAJAPPA, D.S.; KUMAR, R.S.; NAGARAJA, S.K.; PERUMAL, K.; NAYAKA, S. Exogenous application of antagonistic *Streptomyces* sp. SND-2 triggers defense response in *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek (mung bean) against anthracnose infection. **Environmental Research**, v.231, p.1-14, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2023.116212>

BISOGNIN, D.A.; PIVETTA, C.R.; JÄNISCH, D.I.; FISCHER, H.; PICIO, M. **Método de propagação de plantas**. Universidade Federal de Santa Maria (Br/Rs). BR n. PI 1105802-1 B1. Depósito: 04 nov. 2011. Concessão: 19 fev. 2019.

BHAT, M.A.; MISHRA, A.K.; JAN, S.; BHAT, M.A.; KAMAL, M.A.; RAHMAN, S.; JAN, A.T. Plant growth promoting rhizobacteria in plant health: a perspective study of the underground interaction. **Plants**, v.12, n.3, p.1-21, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12030629>

BOUKAEW, S.; YOSSAN, S.; CHEIRSILP, B.; PRASERTSAN, P. Impact of environmental factors on *Streptomyces* spp. metabolites against *Botrytis cinerea*. **Journal of Basic Microbiology**, v. 62, p. 611- 622, 2022. <https://doi.org/10.1002/jobm.202100423>

BRAINER, M.S.C.P.; VIDAL, M. F.; LEÃO, H.C.R.S.; XIMENES, L.F. Caracterização da produção de morangos na Serra da Ibiapaba, estado do Ceará. **Informe Rural ETENE**, v. 8, n. 5, 2015. 18p.

CALVETE, E.O.; COSTA, R.C.; MENDONÇA, H.F.C.; CECATTO, A. P. Sistemas de Produção fora de solo. In: ANTUNES, L. E.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro**. Brasília: Embrapa Clima Temperado, 2016. Cap. 11. p. 219-258. CARDOSO, E.J.B.N.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. 2a ed. Piracicaba: ESALQ, 2ª Edição, 2016,. 221p.

CHATER, K. F. Recent advances in understanding *Streptomyces*. **F1000research**, v. 5, p. 1 -17, 2016. <http://dx.doi.org/10.12688/f1000research.9534.1>

CHEBOTAR, V.K.; ZAPLATKIN, A.N.; CHIZHEVSKAYA, E.P.; GANCHEVA, M.S.; VOSHOL, G.P.; MALFANOVA, N.V.; BAGANOVA, M.E.; KHOMYAKOV, Y.V.; PISHCHIK, V. N. Phytohormone Production by the Endophyte *Bacillus safensis* TS3 Increases Plant Yield and Alleviates Salt Stress. **Plants**, v.13, n.1,p.1-23, 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/plants13010075>.

COSTA, A. F.; ROSSI, D. A.; LEAL, N. R. Origem, Evolução e o Melhoramento do Morangueiro. In: ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MÓGOR, A. F. **Como produzir morangos**. Curitiba: UFPR, 2018. p.13-43.

DICKLOW, M.B.; ACOSTA, N.; ZUCKERMAN, B.M. A novel *Streptomyces* species for controlling plant-parasitic nematodes. **Journal of Chemical Ecology**, v.19, p.159-173, 1993.

DAMAGLIO, E.; SANTANA, D.R.; CIACCO, F.F. **Plantio do cafeeiro com uso de Eco mulching MPB**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 41., 2015, Poços de Caldas. Anais... FUNDAÇÃO PROCAFÊ, Varginha, 2015. p. 254.

DELEO, J.P.; GERALDINI, F.; DIOGO, J.V.; BOTEON, M. Morango. **Hortifruti Brasil**: Produção da fruta é um modelo de negócio lucrativo para o agricultor familiar, Piracicaba/SP, v. 237, n. 22, p. 06-13, 2023.

DROBEK, M.; CYBULSKA, J.; GALAZKA, A.; FELEDYN-SZEWCZYK, B.; MARZEC-GRZADZIEL, A.; SAS-PASZT, L.; GRYTA, A.; TRZCIŃSKI, P.; ZDUNEK, A.; FRAC, M.. The Use of Interactions Between Microorganisms in Strawberry Cultivation (*Fragaria × ananassa* Duch.). **Frontiers In Plant Science**, v. 12, p. 1-16, 2021. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2021.780099>

DUCHESNE, A.N. **Histoire naturelle des fraisiers**: contenant les vues d'économieréunies à la botanique; & suivie de remarques particulières sur plusieurs points qui ont rapport à l'histoire naturelle générale. Didot Le Jeune, 1766. 442 p.

EMBRAPA. **Produção de Morangos no Sistema Semi-Hidropônico**. ISSN 1678-8761. 2006. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 01 dez.2023

EPAGRI. **Morango semi-hidropônico: como funciona o cultivo suspenso**. epagri.sc.gov.br. 2020. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/suspenso>/<https://www.epagri.sc.gov>. Acesso em: 27 set 2023.

FAGHERAZZI, A.F.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A.A.; MOLINA, A.R.; GONÇALVES, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; BARUZZI, G.; RUFATO, L. Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 1156, p. 937-940, 2017. <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2017.1156.138>

FAOSTAT - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Countries by commodity. Disponível em: <https://www.fao.org/food-agriculture-statistics/en/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

FUZINATTO, N.M.; DANIELLI, J.A.; PRESCHLAK, D.; FISCHER, A. Análise de viabilidade financeira da produção orgânica de morangos para comercialização local. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 177-189, 2021. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n1e006916>.

GIORDANO, M.; AMOROSO, C.; EL-NAKHEL, C.; ROUPHAEL, Y.; PASCALE, S.; CIRILLO, C. An Appraisal of Biodegradable Mulch Films with Respect to Strawberry Crop Performance and Fruit Quality. **Horticulturae**, v. 6, n. 3, p. 48, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae6030048>.

GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C. **Produção de Morangos fora do solo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 32 p.

HONJO, M.; NUNOME, T.; KATAOKA, S.; YANO, T.; HAMANO, M.; YAMAZAKI, H.; YAMAMOTO, T.; MORISHITA, M.; YUI, S. Simple sequence repeat markers linked to the everbearing flowering gene in long-day and day-neutral cultivars of the octoploid cultivated strawberry *Fragaria* × *ananassa*. **Euphytica**, v. 209, n. 2, p. 291-303. 2016. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-015-1626-6>

IBGE. Censo Agropecuário: **Tabela 6619- Número de estabelecimento agropecuários e quantidade produzida, por produtos da horticultura- resultados preliminares 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado> Acesso em: 11 de julho de 2019.

KÄMPF, A. **Evolução e perspectivas do crescimento do uso de substratos no Brasil**. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Ed.). Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato. Viçosa: UFV, 2004. p.3-10.

KASIRAJAN, S.; NGOUAJIO, M. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. p.501-529, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-011-0068-3>

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. 420 p.

KIM, J.; KANG, J. E.; KIM, B. S. Postharvest disease control efficacy of the polyene macrolide lucensomycin produced by *Streptomyces plumbeus* strain CA5 against gray mold on grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 162, p. 111115, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111115>

KIRSCHBAUM, D.S.; VICENTE, C.E.; CANO-TORRES, M.A.; GAMBARDELLA, M. VEIZAGA-PINTO, F.K.; ANTUNES, L.E.C. Strawberry in South America: from the Caribbean to Patagonia. In **VIII International Strawberry Symposium 1156, 2016**. (pp. 947-956).

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos Sp: Rima, 2000. 531p.

LAZZAROTTO, J. J.; FIORAVANÇO, J. C. **Estudo de caso de eficiência econômica e viabilidade financeira da produção de morango em sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 2011. 16p.

LI, X.; JING, T.; ZHOU, D.; ZHANG, M.; QI, D.; ZANG, X.; ZHAO, Y.; LI, K.; TANG, W.; CHEN, Y. Biocontrol efficacy and possible mechanism of *Streptomyces* sp. H4 against postharvest anthracnose caused by *Colletotrichum fragariae* on strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 175, p. 1-14, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111401>

LIMA, A.C.P. **Crescimento radicular em plântulas de tomate em resposta a inoculação da estirpe ENA 4593 de *Serratia* sp.** Doutorado (Fisiologia de Produção). 2015. 90f. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

LOCASCIO, S.J.; GILREATH, J.P; OLSON, S; HUTCHINSON, C.M.; CHASE, C.A. Red and black mulch color affects production of Florida strawberry. **HortScience**, n. 40, p. 69-71, 2005. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI.40.1.69>

MARIAN, M.; OHNO, T.; SUZUKI, H.; KITAMURA, H.; KURODA, K.; SHIMIZU, M. A novel strain of endophytic *Streptomyces* for the biocontrol of strawberry anthracnose caused by *Glomerella cingulata*. **Microbiological Research**, v. 234, p. 1-12, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2020.126428>

MELO, I.S. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: MELO, I. S. de; AZEVEDO J. L. de (Ed.). **Ecologia microbiana**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. Cap. 3. p. 87-116.

MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. **Microbiologia Ambiental**. 2. ed. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 647 p.

MENOSSE, M.; CISNEROS, M.; ALVAREZ, V.A.; CASALONGUÈ, C. Current and emerging biodegradable mulch films based on polysaccharide bio-composites. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.41, n.53, p.1-27, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-021-00685-0>

MEYER, M.; DIEHL, D.; SCHAUMANN, G.E.; MUÑOZ, K. Multiannual soil mulching in agriculture: analysis of biogeochemical soil processes under plastic and straw mulches in a 3-year field study in strawberry cultivation. **Journal of Soils and Sediments**, v. 21, n.12, p.3733-3752, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-021-03037-3>

MORRA, L.; BILOTTO, M.; MIGNOLI, E.; SICIGNANO, M.; MAGRI, A.; CICE, D.; COZZOLINO, R.; MALORNI, L.; SIANO, F.; PICARIELLO, G.; GUERRINI, S.; PETRICCIONE, M. New Mater-Bi, Biodegradable Mulching Film for Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.): effects on film duration, crop yields, qualitative, and nutraceutical traits of fruits. **Plants**, v. 11, n. 13, p. 1726, 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/plants11131726>.

PELIZZA, T.R.; MAFRA, Á.L.; AMARANTE, C.V.T.; NOHATTO, M.A.; VARGAS, L. Coberturas do solo e crescimento da macieira na implantação de um pomar em sistema orgânico de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p. 739-748, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000300017>.

PEREIRA, W.B.; POSSÍDIO, C.E.F.; SOUSA, J.S.C.; SIMÕES, W.L.; SANTOS, C. M.G. Produção e Qualidade de Melões Sob Diferentes Arranjos do Sistema de Irrigação e Coberturas do Solo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 2, p.285- 294, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786362 0121>.

PUPAKDEEPAN, W.; TERMSUNG, N.; RUANGWONG, O.U.; KUNASAKDAKUL, K. Plant growth promoting and colonization of endophytic *Streptomyces albus* CINV1 against strawberry anthracnose. **Horticulturae**, v.9, n.7, p.766, 2023.

QI, Y.; OSSOWICKI, A.; YANGA, X.; HUERTA LWANGA, E.; DINI-ANDREOTE, F.; GEISSEN, V.; GARBEVA, P. Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties. **Journal of Hazardous Materials**, v.387, p.121711, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121711>

REISSER JUNIOR, C.; VIGNOLO, G. K. Plasticultura.In: ANTUNES, L.E.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. **Morangueiro**. Brasília: Embrapa Clima Temperado, 2016. Cap. 12. p. 259-280.

REJÓN-MARTÍNEZ, G.A.; RÍOS-MUÑIZ, D.E.; CONTRERAS-LEAL, E.A.; EVANGELISTA-MARTÍNEZ, Z. Antagonist activity of *Streptomyces* sp. Y20 against fungi causing diseases in plants and fruits. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 25, n. 2, p 1-9, 2022. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.4179>

RODRIGUES, D.S.; ASSIS, F.A.; ASSIS, G.A.; CARVALHO, F.J.; MARAFELI, É.A. M. Qualidade, desempenho fitotécnico e incidência de artrópodes em rabanete submetido ao silício e mulching. **Acta Iguazu**, v.10, n.1, p. 132-145, 2021. <http://dx.doi.org/10.48075/actaiguaz.v10i1.26801>.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: Emater, 1998. 206 p.
SEAB/DERAL - Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná – Departamento de Economia Rural . **Valor Bruto da Produção Agropecuária 2022**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br>>. Acesso em: 22 Jan. 2024.

SENA, L.O.; PEREIRA, F.N.; PÁDUA, T.R.P.; VIANA, E.S.; LEDO, C.A.S.; VIEIRA, R.S.; OLIVEIRA, F.O.P.; SANTOS, V.T. Características físico-químicas do abacaxizeiro 'BRS Imperial' e 'Pérola' em função do uso de mulching plástico e tipos de cobertura de frutos, em sistema orgânico de produção. **11ª Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura**. 2017.

SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. 312 p.

STEINMETZ, Z.; WOLLMAN, C.; SCHAEFER, M.; BUCHMANN, C.; DAVID, J.; TROGER, J.; MUNOZ, K.; FROR, O.; SCHAUHANN, G.E. Plastic mulching in agriculture: Trading short term agronomic benefits for long term soil degradation? **Science of The Total Environment**, v.550, p.690-705, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TEIXEIRA, C.P. **Produção de mudas e frutos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo**. 74f. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2011.

VERDIAL, M. F.; JOÃO TESSARIOLI, N.; KMINAMI, K.; SCARPARE FILHO, J. A.; CHRISTOFFOLETI, P.J. SCARPARE, F.V.; BARELA, J.F.; SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; KLUGE, R.A. Vernalização em cinco cultivares de morangueiro. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.976-981, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000400009>

VIANA, J.S.; PALARETTI, L.F.; TESSARO, G.M.; GUERREIRO, J.R. Irrigação e coberturas de solo na produção da pimenteira ardida no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 4, p. 4162-4170, fev. 2021. INOVAGRI. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v14n401188>.

VIEIRA JÚNIOR, J.R.; FERNANDES, C. de F.; ANTUNES JÚNIOR, H.; SILVA. M. S. da; SILVA, D.S.G. da; SILVA, U.O. **Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas**. Porto Velho, Ro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Rondônia Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013. 20 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

WANG, L.; LI, X. G.; LV, J.; FU, T.; MA, Q.; SONG, W.; WANG, Y.P.; LI, F.M. Continuous plastic-film mulching increases soil aggregation but decreases soil pH in semiarid areas of china. **Soil and Tillage Research**, v. 167, p. 46-53, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.11.004>

YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; COSTA, D.N.; MOTA, J.H. Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de mulching. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.3, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000300011>.

ZAWADNEAK, M.A.C.; BOTTON, M.; SCHUBER, J.M.; SANTOS, B.; VIDAL, H. R.; BERNARDI, D. **Pragas do morangueiro**, in: ZAWADNEAK, M.A.C.; SCHUBER, J. M.; MÓGOR, Á.F. (Eds.), Como produzir morangos 2^a. ed. Ed. UFPR, Curitiba, 296p, 2018.

3 ARTIGO A: USO DE COBERTURAS DE DIFERENTES CORES NO CULTIVO DE MORANGOS: UMA REVISÃO

3.1 RESUMO

O Brasil destacou-se em 2022 como 8º maior produtor mundial de morangos em volume, porém não existem dados sobre o sistema de produção empregado. Coberturas plásticas de polietileno, com diversas cores têm sido desenvolvidas e utilizadas na cobertura do solo para o cultivo de diversas culturas, como o morango. Seu uso tem como objetivo principal modificar o balanço de radiação, diminuir a perda de água, regular a temperatura do solo, melhorar a eficiência do uso da água, o crescimento das plantas, a produtividade, a qualidade física e química dos frutos, além de repelir e suprimir a infestação de plantas invasoras, insetos e fitopatógenos. Nesta revisão, foi abordado o conhecimento acerca da utilização de coberturas plásticas coloridas e a interação de outros fatores no desenvolvimento e produção do morangueiro. Os resultados combinados indicaram que há efeito positivo para coberturas plásticas coloridas na temperatura do solo, no teor de umidade e capacidade de retenção de água, na melhoria da produção, no controle de plantas invasoras, no teor de compostos de interesse como antocianinas e açúcares, e como efeito repelente de insetos. Contudo, existe a preocupação com os impactos negativos pela contaminação do meio ambiente com micro plásticos e resíduos, embora estudos mostrem que a tecnologia de cobertura do solo está sendo direcionada para plásticos bio e fotodegradáveis que visam minimizar esses resíduos.

Palavras-chave: Cobertura de solo. *Mulching*. Plasticultura. Semi hidropônico. Slab.

ARTIGO A: USE OF COVERINGS OF DIFFERENT COLORS IN STRAWBERRY GROWING: A REVIEW

3.2 ABSTRACT

Brazil stood out in 2022 as the 8th largest producer of strawberries in the world by volume, but there is no data on the production system used. Polyethylene plastic covers in different colors have been developed and used to cover the soil for the cultivation of various crops, such as strawberries. Its use has the main objective of modifying the radiation balance, reducing water loss, regulating soil temperature, improving water use efficiency, plant growth, productivity, physical and chemical quality of fruits, in addition to repel and suppress infestation of invasive plants, insects and plant pathogens. In this review, knowledge about the use of colored plastic coverings and the interaction of other factors in the development and production of strawberry plants was addressed. The combined results indicated that there is a positive effect for colored plastic coverings on soil temperature, moisture content and water retention capacity, on improving production, on controlling invasive plants, on the content of compounds of interest such as anthocyanins and sugars, and as an insect repellent effect. However, there is concern about the negative impacts of contaminating the environment with microplastics and waste, although studies show that land cover technology is being directed towards bio- and photodegradable plastics that aim to minimize this waste.

Keywords: Ground cover. Mulching. Plasticulture. Semi hydroponic. Slab.

3.3 INTRODUÇÃO

O morango é muito apreciado para o consumo *in natura*, porém é sensível ao ataque de patógenos que em contato com o fruto degradam a sua epiderme, tornando o fruto fora de padrão para consumo humano. Diante disso, o cultivo de morangueiro requer o uso de cobertura do solo, a fim de evitar sujidades e podridões no fruto, além de melhorar o desempenho da cultura ao alterar o micro clima em torno da planta. A principal forma de cobertura do solo empregada na cultura é o uso de filme plástico de polietileno (PE) (DELEO *et al.*, 2023; ANTUNES *et al.*, 2023).

O início da produção de PE como filme plástico ocorreu em 1938 e sua subsequente introdução no cultivo de hortaliças, como cobertura plástica transparente e preta, no início da década de 1950. Seu uso teve grande aceitação comercial, pois possibilitaram aumentos significativos na precocidade, rendimento total, melhoria da qualidade das hortaliças ao criar uma barreira física no intuito de proteção do ambiente, controle da germinação e disseminação de plantas invasoras, perda de calor e vapor do solo (GOTO, 1997; LAMONT, 2017).

A cobertura do solo de PE afeta diretamente o micro clima ao redor da planta, modificando o balanço de radiação (absorção versus refletividade) da superfície, promovendo respostas fisiológicas e bioquímicas distintas nas plantas, principalmente as que respondem ao fotoperíodo (LAMONT, 2017; ULAH *et al.*, 2021).

A otimização do uso de nutrientes pelas plantas depende em grande parte da qualidade da radiação solar recebida, e apresentam maior ou menor produção em função disso. Se a eficiência fotossintética pudesse ser melhorada alterando os comprimentos de onda da luz aos quais as plantas estão expostas, através do uso de coberturas plásticas, de modo a promover a produção de frutos, seria possível aumentar a produção utilizando o mesmo nível de insumos (CASIERRA-POSADA; PENA-OLMOS; ULRICH, 2012).

Existe o consenso de que a cobertura do solo proporciona melhor desempenho de produção, seja ela orgânica, sintética, permeável ou não, quando comparada ao solo descoberto. As coberturas orgânicas (palha, casca de arroz, folhas secas) diminuem a temperatura do solo, enquanto a eficiência das sintéticas

como as plásticas tem efeito variável. Coberturas plásticas de PE com diferentes cores podem afetar o peso e a qualidade dos frutos de morango através da alteração do ambiente térmico e da quantidade e qualidade da radiação solar que chega até a planta do morangueiro (SHIUKHY; RAEINI-SARJAZ; CHALAVI, 2014).

No interior celular das plantas, o fitocromo é responsável por detectar o nível, intensidade, duração e cor da luz que chega ao ambiente, e ajusta sua fisiologia, através da regulação da posição das folhas e outros processos relacionados à captação de luz. É conhecido que as plantas respondem morfológicamente a várias cores em ambientes controlados e a distribuição espectral da luz refletida pelas plantas no seu entorno, e em resposta a isso, pode alterar a sua composição química como o teor de antocianinas e carotenóides (JOHNSON; FENNIMORE, 2005; SHIUKHY; RAEINI-SARJAZ; CHALAVI, 2014).

3.4 METODOLOGIA

Este trabalho teve como base uma pesquisa de revisão bibliográfica de literatura embasada em estudos realizados em diversas partes do mundo, com o objetivo de fornecer uma visão abrangente e discutir sobre como o uso de diferentes cores de plástico na cobertura do solo influencia o cultivo de morangos.

Foram utilizados como critérios de inclusão artigos de pesquisa completos e revisões nas línguas, portuguesa, inglesa e francesa indexados sem período de tempo específico. Também optou-se pela utilização de monografias, dissertações, teses, sites, anais de eventos e livros, no entanto, estas outras fontes de pesquisa sem uma delimitação de período. Com essa estratégia, houve uma abordagem maior de referências e consequentemente a complementação melhor de um tema em ascensão no mercado.

A coleta foi realizada em bases de dados bibliográficas através do Scholar Google e Scientific Eletronic Library Online (SCIELO) com o auxílio dos termos “cobertura do solo”, “*Mulching*”, “Plasticultura”, “Semi-hidropônico”, “Morango”, “Slab”, “Cultivo suspenso”, “*Fragaria* × *ananassa* Duch”, “Strawberry” “colors”.

Após a seleção dos trabalhos (Tabela 1) conforme os critérios definidos foram realizados os seguintes passos: leitura exploratória, a qual corresponde a uma rápida leitura do material bibliográfico com a finalidade de

verificar a importância daquela fonte para a pesquisa; leitura analítica, com o intuito de compreender e ordenar as informações obtidas e por fim, uma leitura interpretativa, com o objetivo de tomar uma posição própria a respeito das ideias e a partir de então, redigir o trabalho.

Após estas etapas, constituiu-se um *corpus* do estudo agrupando os temas mais abordados nas seguintes categorias: por que usar plástico; por que cores diferentes; alterações fisiológicas com a utilização do plástico; cobertura de solo de polietileno preto, transparente, branco, metálico/prateado, vermelho, amarelo, verde, azul e marrom.

Tabela 1 - Artigos relacionados ao uso de cobertura do solo de PE com diferentes cores, regiões, parâmetros avaliados e principais resultados.

REFERÊNCIA	PAIS / REGIÃO	COR DA COBERTURA DO SOLO ESTUDADA	OUTROS PARÂMETROS AVALIADOS	CULTIVAR	PRINCIPAIS RESULTADOS
ZOBAYER <i>et al.</i> (2012)	Usmaninagar Thana Bangladesh.	Preto	Plasticultura e irrigação	Fragaria × ananassa	Plasticultura reduz os custos de produção, melhora a qualidade e o rendimento dos frutos e reduz a necessidade de pesticidas químicos
KASPERBAUER; LOUGHRIN; WANG (2001)	Florence, Carolina do Sul, EUA,	Preto, vermelho	Solo descoberto	Chandler	Sob plástico vermelho os frutos produzidos foram cerca de 20% maiores, maior concentrações de açúcar, ácidos orgânicos e compostos aromáticos favoráveis
ULAH <i>et al.</i> (2021)	Cappadocia-Neveşehir, Turquia	Uso de cobertura plástica do solo		Fragaria × ananassa	Aumento da eficiência do uso da água, redução de ervas daninhas, na infestação de pragas, no aumento da atividade microbiana do solo, na melhoria da saúde do solo, na regulação da temperatura do solo e no crescimento e produção de culturas hortícolas
SARIDAŞ <i>et al.</i> (2021)	Turquia	Metálico (prata sobre preto), preto e transparente	Regimes de irrigação IR50 e IR100	Fortuna	Na cobertura metálica com IR100 obteve maior produção, 71,9 t ha ⁻¹ , e maior acúmulo de polifenóis.
MUÑOZ <i>et al.</i> (2017)	Offenbach an der Queich, Alemanha	Preto, palha de trigo	Qualidade físico química e microbiológica do solo durante 4 anos de cultivo	Fragaria × ananassa	<i>Mulching</i> plástico preto apresentou efeitos positivos nas propriedades físico-químicas do solo, maior teor de carbono, melhor estabilidade agregada e os valores de biomassa microbiana do solo foram comparáveis em ambos os sistemas.
SANTIN <i>et al.</i> (2020)	Dois Vizinhos, PR, Brasil	Prata, preto e branco	Cultivares de morango de dias curtos e neutros em função da cobertura do solo	Camino Rea Camarosa Monterey Albion San Andreas Portola Aromas	A cobertura branca proporcionou plantas com menor desenvolvimento vegetativo, maior produtividade e tamanho de frutos. A cv. Camino Real apresentou frutos maiores e mais atrativos em relação à aparência da cor da epiderme. A cv. Aromas obteve maior produtividade.
YURI <i>et al.</i> (2012)	Três Corações MG, Brasil	Prata, preto e branco	Época de implantação da cobertura, antes e depois do transplante de mudas	Oso Grande	<i>Mulching</i> plástico preto e prata possibilitam aumento no rendimento e maior desenvolvimento de frutos, desde que instalados em pré transplantio das mudas de morangueiro.
PINTO <i>et al.</i> (2022)	Barbacena, MG, Brasil	Branco, preto, papel reciclado e solo descoberto	Sistema de irrigação	San Andreas	O papel reciclado, aliado a uma área úmida de 40%, favoreceu a massa dos frutos e não diferiu das coberturas plásticas. Mas os resultados são positivos quando se pensa em uma solução com cobertura morta biodegradável.
SHIUKHY; RAEINI-SARJAZ; CHALAVI (2014)	Cáspio Região marítima, Irã.	Branco, preto, vermelho	Solo descoberto	Camarosa	Cobertura plástica vermelha afetou positivamente o peso e qualidade dos frutos (flavonóides e antocianinas).
SINGH <i>et al.</i> (2021)	Uttar Pradesh, Índia.	Verde, preto, branco, amarelo, transparente e grama seca		Chandler	O desempenho do morango em termos de características vegetativas e frutíferas melhorou significativamente sob cobertura morta amarela
KAPUR <i>et al.</i> (2023)	Cukurova - Turquia	Preto, prata e transparente sem cobertura do solo	Regime de Irrigação	Fortuna	Cobertura prata e Ir100 melhora potencialmente os pigmentos fotossintéticos, os parâmetros fisiológicos e as concentrações de macronutrientes.
AYAS (2023)	Bursa -Turquia	Preto, transparente e sem cobertura do solo	Regimes de irrigação e fertirrigação	Camarosa	A qualidade dos frutos foi superior com o uso da cobertura preta e irrigação I75 e fertirrigação F25

ANTTONEN <i>et al.</i> (2006)	Stjørdal - Noruega	Branca e marrom	Fertilização, data de plantio, forçamento precoce, ambiente e ordem da fruta	Bounty	Quantidades ligeiramente maiores de fenólicos totais e ácido elágico (6 e 7%) foram encontradas em frutos cultivados em cobertura morta branca em vez de marrom, enquanto o teor total de antocianinas foi ligeiramente maior (10%) em frutos cultivados em cobertura morta marrom.
SEMWAL <i>et al.</i> (2022)	Uttarakhand, Índia	Preto, sem cobertura e palha		Chandler	Cobertura de PE preto foi significativamente superior em número máximo de folhas por planta (26,95), número de flores por planta (24,08), área foliar (955,99 cm ²) número de estolhos por planta (16,00), número de frutos por planta (15,5), peso do fruto (15,10 g), rendimento total por parcela (2,82 kg/parcela), produtividade total por hectare (20,34 q/ha).
JOHNSON; FENNIMORE (2005)	Califórnia- EUA	Preto, transparente, branco, amarelo, vermelho, verde, marrom, azul e branco/preto	Efeito da cobertura de PE no aquecimento, na transmissão da luz do solo e controle de plantas invasoras	Camarosa Diamante	Classificação da maior para a menor transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA): 1) transparente, 2) azul, 3) vermelho, 4) marrom, verde, amarelo, 5) branco/preto, 6) preto. As cvs são sensíveis à cor da cobertura morta, enquanto qualquer cor de PE que limita a RFA controla a germinação das plantas invasoras.
TIGERE <i>et al.</i> (2023)	Zimbábue	Preto, transparente e sem cobertura	Solarização solo	Apenas solo	Coberturas de PE preto reduziu a quantidade de sementes de plantas invasoras no solo.
DESCHAMPS; WHITAKER; AGEHARA (2019)	Flórida- EUA	Preto e preto com uma faixa central branca	Época do ano	Florida Radiance Florida Beauty Florida Brilliance	Cobertura de PE com faixa central branca melhorou a produção precoce de morangos de inverno em climas quentes.
KOMAGATA <i>et al.</i> (2022)	Natori- Japão	Rede refletiva de PE (Mushi Furatto Net), rede de PE flashspun (Slimwhite 75) e PE branco	Lâmpadas UV Controle de ácaros	Nikoniko berry	As redes Slimwhite e Mushi- Furatto Net instaladas horizontalmente associadas a lâmpadas UV, aumentaram o controle populacional de <i>T. urticae</i> em morangos.
CASIERRA-POSADA; FONSECA; VAUGHAN (2011)	Boyaca - Colômbia	Vermelho, verde, azul, amarelo, prata e preto		Ventana	A área foliar, o peso fresco e o comprimento dos frutos foram maiores com a cobertura vermelha. A cobertura prateada proporcionou o menor pH e peso seco dos frutos. A cobertura preta apresentou maior relação sólidos solúveis totais/acidez titulável.
MIAO <i>et al.</i> (2016)	Haining- China	Vermelho, amarelo, verde, azul e branco	Conteúdo de antocianinas, atividades enzimáticas e a expressão de genes de flavonóides	Yueli	Nos filmes vermelho e amarelo o conteúdo total de antocianinas, a atividade enzimática e a expressão de genes estruturais e genes de fatores de transcrição nos flavonóides foram significativamente maiores.
SHARMA; SHARMA; SPEHIA (2013)	Solan- Índia	Preto, vermelho, amarelo e sem cobertura		Fragaria × ananassa	Cobertura de PE vermelha e amarela prolongaram a duração e quantidade da floração e frutificação, maior teor antocianina nos frutos.
BUNTY; SHARMA (2010)	Himachal Pradesh, Índia	Amarelo, preta, prateada, prateada sobre roxo	Época do ano	Chandler	Em cobertura de PE amarelo foram obtidos rendimentos máximos e precoces, e Cobertura de PE preto foram frutos de melhor qualidade.
D'ANNA; IAPICHINO; D'ANNA (2014)	Sicília- Itália	Transparente e verde	Fumigação de solo	Candongia Nora	A cobertura de PE verde induziu regimes térmicos e rendimentos de frutos comparáveis aos obtidos com filme de PE transparente.
CASIERRA-POSADA; PENA-OLMOS; ULRICH (2012)	Tunja- Colômbia	Amarelo, verde, azul, transparente, vermelho e sem cobertura		Chandler	A cobertura verde induziu aumento na proporção de área foliar, proporção raiz-parte aérea, proporção de peso foliar e área foliar específica.

SINGH <i>et al.</i> (2018)	Punjab, Índia.	Preto, azul, verde e branco	Densidade de plantio	Winter Dawn	A cobertura verde na densidade 30x45 foi significativa para os parâmetros: 'Número de folhas por planta', 'planta espalhada' e 'área foliar', 'porcentagem de frutificação', 'rendimento por planta', 'comprimento do fruto', 'perímetro do fruto' e 'peso do fruto'.
-------------------------------	----------------	--------------------------------	----------------------	-------------	---

Fonte: Próprio autor

3.5 RESULTADOS

3.5.1 POR QUE USAR PLÁSTICO?

O termo agroplástico se refere a materiais que dão suporte à produção hortícola e incluem filmes plástico para cobertura do solo, filmes para cobertura de estruturas de túneis, tela anti-granizo e de sombreamento, vasos, entre outros materiais (SIWEK *et al.*, 2019). O uso de cobertura plástica colorida, foto e ou biodegradável para a produção de hortaliças cresce a cada ano no mundo (LAMONT, 2017; GIORDANO *et al.*, 2020).

Muitos sistemas produtivos dependem da utilização de plástico para prolongar os períodos de cultivo e ajustar a época da colheita durante o ano para satisfazer as exigências do mercado com a produção local, melhorando a divisão do trabalho durante todo o ano e aumentando os rendimentos (LIETEN, 2005; ANTUNES *et al.*, 2023).

O uso de plástico na agricultura é uma prática comum devido aos diversos benefícios que oferece aos agricultores e à produção agrícola em geral. Alguns dos motivos pelos quais o plástico é utilizado na agricultura incluem:

- Redução de perdas e desperdícios: O plástico é frequentemente usado na forma de filmes agrícolas, como o filme plástico de PE, que é colocado sobre o solo. Isso ajuda a reduzir as perdas de água por evaporação, controla as plantas invasoras e mantém a umidade do solo, reduzindo a necessidade de irrigação frequente como também mantém o fruto limpo, ao não ter contato direto com o solo (MEYER *et al.*, 2021).
- Proteção contra pragas e doenças: O plástico pode ser usado para criar abrigos ou estufas, o que ajuda a proteger as plantas contra pragas e doenças. Isso pode melhorar a qualidade dos produtos agrícolas e aumentar os rendimentos (AROGUNDADE *et al.*, 2019).
- Aumento da produtividade: O uso de plástico em estufas permite controlar melhor as condições ambientais, como temperatura e umidade, criando um ambiente ideal para o crescimento das plantas. Isso pode levar a colheitas mais precoces e aumentar a produtividade (LALK *et al.*, 2020; SARIDAŞ *et al.*, 2021).

- Economia de água: O uso da cobertura de solo com PE ajuda a reduzir a evaporação da água do solo, permitindo que os agricultores utilizem menos água para irrigação. Isso é especialmente importante em regiões onde a água é um recurso escasso (AYAS, 2023; SARIDAŞ *et al.*, 2021).
- Aquecimento do solo: O plástico preto ou transparente pode ser usado para aquecer o solo mais rapidamente na primavera, permitindo que as culturas sejam plantadas mais precocemente, prolongando assim a temporada de crescimento (JOHNSON; FENNIMORE, 2005).
- Controle de plantas invasoras: O plástico da cobertura do solo impede o crescimento e disseminação de plantas invasoras, o que reduz a competição por nutrientes e água, beneficiando as culturas cultivadas (JOHNSON; FENNIMORE, 2005).
- Melhoria da qualidade dos produtos: O uso de plástico em embalagens e armazenamento de produtos agrícolas ajuda a manter a frescura e a qualidade dos alimentos, prolongando sua vida útil (SARIDAŞ *et al.*, 2021).

Embora o uso de plástico na agricultura tenha benefícios significativos, também é importante considerar os impactos ambientais associados ao descarte inadequado de resíduos plásticos. Muitos esforços estão sendo feitos para desenvolver práticas agrícolas mais sustentáveis, como a reciclagem de plásticos agrícolas e o desenvolvimento de filmes biodegradáveis ou renováveis a fim de minimizar esses impactos negativos (MENOSSEI *et al.*, 2020; MORRA *et al.*, 2022; GALAFTON *et al.*, 2023).

3.5.2 POR QUE CORES DIFERENTES?

Ao cobrir o solo com plástico de diferentes cores, com base em suas propriedades ópticas, é esperado que cada cor de cobertura absorva seletivamente o comprimento da radiação fotossinteticamente ativa, enquanto transmitem a radiação infravermelha solar promovendo respostas distintas nas plantas (SHARMA; SHARMA; SPEHIA, 2013).

O Dr. Emery Emmert, pesquisador da Universidade de Kentucky conhecido como pai da plasticultura, realizou pesquisas pioneiras sobre a importância da cor na cobertura plástica do solo a partir da década de 1950, e definiu que diferentes cores na cobertura do solo promovem alterações distintas nas temperaturas do solo e do ar, na retenção de umidade e na produção vegetal (EMMERT, 1957).

O rendimento e a qualidade dos produtos vegetais são influenciados pelas condições de luz existentes durante o crescimento e desenvolvimento da planta, onde as respostas da planta ao fluxo de fótons fotossintéticos podem ser influenciadas, no campo, em razão da absorção competitiva e da reflexão das plantas próximas em crescimento. Também respondem à quantidade e distribuição espectral da luz refletida da superfície do solo sem cobertura, com cobertura orgânica ou sintética (KASPERBAUER; LOUGHRIN; WANG, 2001).

Além da cobertura do solo, alguns pesquisadores estudaram a suplementação de luz colorida artificial ao cultivo e descobriram que o fornecimento de luz azul em cultivares de dias curtos melhorou o crescimento dos frutos em duas vezes quando comparado com luz vermelha (MAGAR *et al.*, 2018).

A incidência direta de raios solares eleva a temperatura do solo, e pode gerar estresse térmico na planta causando alterações anormais nos processos fisiológicos, como a aceleração do metabolismo, maior intensidade da respiração das plantas, desnaturação proteica, depressão da fotossíntese com perda de carboidratos de reserva (LARCHER, 2000). O morangueiro, ao tentar resistir ao calor, provoca o abortamento floral e falha na assimilação de nutrientes, comprometendo o desenvolvimento dos frutos gerando danos irreversíveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas (KESICI *et al.*, 2013).

Os fotorreceptores das plantas são responsáveis pela capacidade de responder a estímulos luminosos, e diferentes tipos de fotorreceptores permitem que as plantas monitorem o ambiente através da detecção de certos comprimentos de onda. Os complexos receptores para as faixas de luz azul (450-500 nm) são as clorofilas, criptocromos e fototropinas, luz verde (500-570 nm) e luz amarela (570-590 nm) pelos carotenos (MEISEL; URBINA; PINTO, 2011; KERBAUY, 2019).

3.5.3 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS COM A UTILIZAÇÃO DO PLÁSTICO

Os frutos de morango não continuam o processo de maturação após a colheita, sendo considerados não climatéricos, são altamente perecíveis por sua colheita ser realizada apenas quando os frutos encontram-se com mais de 75% da epiderme vermelha, torna-se então mais palatável, sabores e odores específicos se desenvolvem em conjunto com o aumento da doçura e da acidez. Após a maturidade fisiológica ocorre a senescência, que provoca a morte dos tecidos, e nos morangos resulta em uma vida útil pós colheita mais curta e altamente influenciada por fatores pré-colheita (MLABA *et al.*, 2022).

Métodos de cultivo como a cobertura do solo com PE de diferentes cores pode influenciar o acúmulo de compostos bioativos, ligados ao processo de maturação, ao modificar o balanço de radiação energética e o seu efeito no microclima das plantas; e também afeta o equilíbrio espectral e a quantidade de luz do dossel (MIAO *et al.*, 2016).

Depois das clorofilas as antocianinas são um os principais componentes bioativos dos morangos, e esses pigmentos, encontrado em muitas plantas, combinadas com carotenóides ou clorofilas, são responsáveis pela coloração vermelha, roxa e azul de alguns frutos, folhas e sementes (KERBAUY, 2019).

As antocianinas também podem inibir o processo de peroxidação lipídica das células, uma vez que possuem capacidade antioxidante, ao seqüestrar radicais livres formados nas células. Possuem a propriedade de impedir ou diminuir o desencadeamento das reações oxidativas, que são deteriorativas, ao afetar a integridade estrutural e funcional da membrana celular, alterando sua fluidez e permeabilidade (SOARES, 2002).

O consumo humano de alimentos ricos em flavonóides como as antocianinas é recomendado pelo seu valor nutritivo e por seus efeitos terapêuticos como agentes antiinflamatórios, anticarcinogênicos, antioxidantes, contra os raios ultravioletas, a poluição ambiental e substâncias químicas presentes nos alimentos (ZHANG *et al.*, 2005).

Embora a base genética de uma planta seja o principal determinante do teor de antocianinas, os hormônios vegetais e fatores ambientais externos como condições de luz, temperatura, estado nutricional e estresses bióticos, podem afetar a composição quantitativa e qualitativa da biossíntese de antocianinas nos frutos em maturação (TAIZ *et al.*, 2017).

No morangueiro, o acúmulo de antocianinas está positivamente relacionado à intensidade luminosa, que pode ser alterada pelo uso de diferentes cores de cobertura plástica do solo que absorvem seletivamente a radiação fotossinteticamente ativa e regulam a proporção de comprimentos de onda vermelho: vermelho distante na luz refletida para a copa da planta. Os fitocromos capturam a luz e desencadeiam respostas químicas na planta, nos teores de açúcar e ácidos orgânicos, antocianinas e demais compostos (SHARMA; SHARMA; SPEHIA, 2013).

Loughrin e Kasperbauer (2002) observaram maior peso, tamanho, rendimento, aroma, e conteúdo de fitoquímicos (antocianinas, flavonóides e fenólicos) dos frutos e a área foliar de plantas cultivadas com cobertura de solo de PE vermelha em comparação com o PE preto. Essa resposta da planta na alteração do seu desenvolvimento se deve aos efeitos da luz vermelha e vermelha refletida atuarem na expressão gênica, no metabolismo enzimático e na alocação de fotoassimilados mediados pelos fitocromos, direcionando mais fitoquímicos para o desenvolvimento dos frutos.

Miao *et al.* (2016) sugerem que o tratamento com filmes de cores diferentes pode regular a expressão de genes estruturais envolvidos na via de biossíntese de flavonóides em morangos, e frutos dos tratamentos com os filmes vermelho e amarelo apresentaram maiores teores de antocianinas do que o tratamento com filme branco, enquanto os filmes verdes e azuis tiveram os menores rendimentos no teor de antocianinas.

A aplicação de cobertura de solo de PE difere globalmente, bem como o clima, os solos, as culturas e cultivares utilizadas e práticas agrícolas, tornando difícil generalizar os impactos de cada cor (MEYER *et al.*, 2021).

3.5.4 COBERTURA DE SOLO DE PE PRETO

O plástico preto é opaco à luz, pois bloqueia a luz solar de penetrar no solo. Isso pode limitar a quantidade de luz disponível para as plantas que estão sob a cobertura. A fotossíntese, que é o processo pelo qual as plantas convertem a luz solar em energia química, é fortemente dependente da disponibilidade de luz (TAIZ *et al.*, 2017).

Em locais com clima tropical, o plástico preto é frequentemente usado para a produção de morango de inverno, para prevenir a germinação e disseminação de plantas invasoras, ao elevar a temperatura da superfície e do solo, em relação ao solo descoberto (SEMWAL *et al.*, 2022; AYAS, 2023). No entanto, pode aumentar o estresse térmico durante o estabelecimento do cultivo, se as datas de implantação forem antecipadas visando melhorar a precocidade (DESCHAMPS; AGEHARA, 2019).

Para a cv. Chandler na região de Uttarakhand, Índia (clima subtropical), a cobertura de solo de PE preto promoveu melhores atributos de crescimento e rendimento (SEMWAL *et al.*, 2022). Quando associado a diferentes níveis de fertirrigação e irrigação numa região da Turquia, tiveram efeitos significativos no rendimento e nas características de qualidade dos morangos, comparados ao material transparente e sem cobertura (AYAS, 2023).

Como mencionado por Ulah *et al.* (2021), a cobertura de plástico preto pode afetar a temperatura do solo ao absorver a radiação solar, convertendo-a em calor. Isso pode aumentar a temperatura do solo abaixo da cobertura, e tem impacto significativo nas taxas de crescimento e desenvolvimento das plantas ao acelerar processos metabólicos, mas também pode levar a estresses térmicos se as temperaturas se tornarem excessivamente elevadas.

O PE na cor preta tem sido associado a outras cores, sendo chamado de plástico filme coextrusado, onde a superfície externa do plástico normalmente tem cores claras como branco ou prata e a parte interna, que fica em contato com o solo é preta (SARIDAS *et al.*, 2021), essa combinação de cores acentua pontos positivos de ambas ao absorver ou refletir a radiação incidente.

3.5.5 COBERTURA DE SOLO DE PE TRANSPARENTE

A cobertura de solo de PE transparente pode resultar no aumento da temperatura do solo, melhorando assim o crescimento das plantas em condições de temperatura baixa, pois permite que a radiação solar atinja o solo. O uso nessas regiões, é associada a fumigação ou pulverização de herbicidas no solo, antecipadamente a cobertura, pois a cobertura transparente não é eficiente no controle da germinação de plantas invasoras (FREEMAN; GNAYEM, 2005; JOHNSON; FENNIMORE, 2005). O uso de plástico transparente tem sido empregado na modalidade chamada de “solarização” em que o plástico é instalado sobre o solo umedecido antes do plantio. Através deste processo, é possível diminuir significativamente a incidência de doenças, nematóides e plantas infestantes (TIGERE *et al.*, 2023). A solarização pode proporcionar melhorias nas propriedades termo-físicas e é considerado como uma estratégia não química que deve ser utilizada antes do plantio (AL-SHAMMARY *et al.*, 2020).

3.5.6 COBERTURA DE SOLO DE PE BRANCO

Essa cor de cobertura reflete a maior parte da radiação solar incidente, reduzindo a absorção de calor pelo solo. Isso pode manter a temperatura do solo mais baixa e pode ser benéfico para plantas que preferem temperaturas mais amenas, especialmente em climas quentes (SHIUKHY; RAEINI-SARJAZ; CHALAVI, 2014).

O início do cultivo de morango acontece no inverno, em regiões como a Florida - EUA, e a cobertura de solo mais utilizada é a preta. Porém, nestas condições, um estudo utilizando cobertura de solo de PE com uma faixa branca central e laterais pretas resultou em aumento no crescimento, precocidade e rendimento. A cobertura de PE preta alterou a temperatura do solo de maneira negativa, mas quando associada a cobertura de PE branca sobre a zona radicular, proporcionou melhores condições de temperatura neste local (DESCHAMPS; WHITAKER; AGEHARA, 2019).

3.5.7 COBERTURA DE SOLO DE PE METÁLICO/PRATEADO

As coberturas metálicas são reflexivas e podem repelir certos insetos, como pulgões e moscas branca, distraindo sua visão e atraindo-os para outras cores (GREER; DOLE, 2003), como também atrair insetos benéficos como *Apis mellifera* (MOORE *et al.*, 1965).

O ácaro *Tetranychus urticae*, é a principal praga do sistema de cultivo do morango em todo o mundo (FAGUNDES *et al.*, 2024), e seu controle através de radiação UV é potencializado com folhas de plástico filme refletoras sobre o substrato. O efeito supressor da radiação sobre os ácaros é potencializado pela reflexão da luz UV-B fornecido pelas lâmpadas suspensas na parte inferior das folhas (KOMAGATA *et al.*, 2022).

Na produção em estufas no norte da Europa, é comum o uso de coberturas reflexivas brancas durante o inverno, quando a intensidade de luz é muito baixa. Mas na região de Boyaca (Colômbia) a cobertura prata proporcionou o menor pH e peso seco dos frutos, e a menor relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (CASIERRA-POSADA; FONSECA; VAUGHAN, 2011).

A cobertura de solo de cor metálica e ou prateada têm a capacidade de refletir parte significativa da radiação solar, incluindo a radiação ultravioleta (UV) e a radiação infravermelha. Isso pode ajudar a reduzir o estresse térmico nas raízes das plantas, mantendo a temperatura do solo mais baixa. O estresse térmico nas raízes pode ser prejudicial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e a reflexão da radiação nociva pode contribuir para um ambiente mais favorável (DESCHAMPS; AGEHARA, 2019).

A presença de coberturas com cores reflexivas, também pode afetar a qualidade dos frutos produzidos. O aumento dos níveis de polifenóis nos frutos pode ser uma resposta às condições de luz modificadas sob a cobertura. Os polifenóis são compostos antioxidantes que podem desempenhar papel na proteção das plantas contra o estresse oxidativo e influenciar o sabor e o valor nutricional dos frutos (SARIDAŞ *et al.*, 2021).

Para Kapur *et al.* (2023) a cobertura de solo prateada alterou a quantidade de pigmentos fotossintéticos, os parâmetros fisiológicos e as concentrações de macronutrientes, com aumento superior da concentração foliar de K. A cobertura prateada, caracterizada pelo seu maior valor de albedo, refletiu efetivamente uma porção significativa da radiação solar, contribuindo para temperaturas relativamente mais baixas do solo e do ar nas imediações das plantas. Em contraste, a cobertura de PE preto, com menor albedo e maior absorção de radiação solar, induziu a temperaturas mais elevadas no microambiente.

Coberturas coloridas podem aumentar a produtividade e controlar pragas, mas a cor pode ser menos importante que o brilho da cobertura ou o contraste com o solo descoberto (GREER; DOLE, 2003).

3.5.8 COBERTURA DE SOLO DE PE VERMELHO

O tratamento com filmes plásticos dessa cor suplementou o teor de antocianinas no desenvolvimento de frutos de morango (MIAO *et al.*, 2016). Os efeitos positivos são supostamente devidos ao aumento da absorção da luz vermelha e vermelha extrema pelos fitocromos ligados as enzimas associadas à doçura e ao sabor (CASIERRA-POSADA; FONSECA; VAUGHAN, 2011).

As coberturas plásticas vermelhas e amarelas demonstram capacidade de aumentar a proporção de comprimentos de onda vermelho: vermelho distante na luz refletida para a copa da planta, isso gera aumento da atividade fotossintética das plantas. Também prolongaram significativamente a duração e quantidade da floração e da frutificação promovendo maior acúmulo de conteúdo de antocianina nos frutos, como observado em experimento na região de Solan, Índia (SHARMA; SHARMA; SPEHIA, 2013).

A variação de temperaturas máximas e mínimas em cobertura vermelha e branca reduziu a população de mosca-branca, tripes e imaturos de ácaros além de aumentar a produtividade (AMMAR; ABOLMAATY, 2016). Também proporcionou frutos maiores com peso médio superior às coberturas branca e preta na cv. Camarosa (SHIUKHY; RAEINI-SARJAZ; CHALAVI, 2014).

3.5.9 COBERTURA DE SOLO DE PE AMARELO

Filmes amarelos tiveram efeitos altamente significativos no conteúdo total de antocianina, comparados com o filme branco e afetaram atividade enzimática relacionada a expressão de genes estruturais e genes de fatores de transcrição nos flavonóides (MIAO *et al.*, 2016).

Sabe-se que a cor amarela influencia o comportamento dos insetos, sendo muito utilizada em armadilhas atrativas (SCHUBER *et al.*, 2009). Pulgões e moscas brancas são vetores de cerca de 39% das doenças virais de plantas. O uso de plástico amarelo ou branco proporcionou produção de frutos maiores de pimenta-doce *Capsicum annuum* L. e diminuição da incidência de viroses (AROGUNDADE *et al.*, 2019). Assim, os autores sugeriram o uso de cobertura amarela ou branca para manejo de viroses na cultura.

Sob condições climáticas subtropicais quentes e secas, em Uttar Pradesh, Índia, Singh *et al.* (2021) concluíram que para a cv. Chandler o crescimento vegetativo, a produção de frutos e o tamanho dos frutos foram superiores quando cultivados sob cobertura de PE amarelo. No entanto, a qualidade dos frutos em relação ao teor de açúcares, vitamina A e antocianinas foi superior na cobertura de PE preto. Esse resultado deve-se ao efeito da absorção de luz verde e amarela pela planta sob cobertura de PE amarelo ter um papel no aumento da fotossíntese.

Em experimento na Índia, o uso de cobertura de solo de PE amarelo incrementou o número de frutos, afetou a produção inicial e tardia quando comparado as coberturas de solo preto e prata em cultivo no inverno (BUNTY; SHARMA, 2010). Segundo os autores, houve incremento de pelo menos 2° C na temperatura do solo pelo uso do PE amarelo, quando comparado ao solo descoberto.

3.5.10 COBERTURA DE SOLO DE PE VERDE

Possui eficiência comprovada na solarização de solos em substituição ao brometo de metila, assim como o plástico transparente. Porém a cobertura de plástico verde foi projetada para ser mantida no solo após a solarização, durante o cultivo, pois auxilia no controle de plantas invasoras, reduz mão de obra ao não ser necessária a sua substituição pela cobertura de plástico preto tradicional, gerando assim menor quantidade de resíduos ao final do cultivo (D'ANNA; IAPICHINO; D'ANNA, 2014).

Com a cv. Chandler, a cobertura verde induziu aumento na razão de área foliar, razão raiz-parte aérea, razão peso foliar e área foliar específica, mas a produtividade foi reduzida (CASIERRA-POSADA; PENA-OLMOS; ULRICH, 2012).

Para a cv. Winter Dawn, foi observado rendimento superior na cobertura verde e a interação com a densidade de plantio (30x45) para parâmetros relacionados à área foliar máxima, número de folhas por planta. Para a frutificação resultou em aumento da 'porcentagem de frutos', 'rendimento por planta', 'frutos peso', 'comprimento do fruto', 'circunferência do fruto' e 'índice de formato do fruto' (SINGH *et al.*, 2018). As coberturas, nas cores verde e azul, causaram diminuição do teor total de antocianinas (MIAO *et al.*, 2016).

3.5.11 COBERTURA DE SOLO DE PE AZUL

A cobertura dessa cor induziu respostas significativas no formato de frutos da cv. Winter Dawn (SINGH *et al.*, 2018). A floração e a frutificação foram atrasadas sob coberturas verde e azul em pelo menos um mês, e os rendimentos foram comparativamente pequenos devido à fraca polinização e à frutificação (JORDAN; HUNTER, 2015).

O uso de coberturas verdes, azuis e amarelas não melhorou as propriedades físico-químicas das plantas e frutos da cv. Ventana, possivelmente porque os fotorreceptores que capturam essa faixa de comprimentos de onda são menos eficazes que os fitocromos na indução de respostas fotomorfogênicas (CASIERRA-POSADA; FONSECA; VAUGHAN, 2011).

3.5.12 COBERTURA DE SOLO DE PE MARROM

É utilizado para prevenir a germinação e crescimento de plantas invasoras; no entanto, apenas pequenas diferenças nas temperaturas do solo foram registradas entre cobertura morta preta, verde e marrom (JOHNSON; FENNIMORE, 2005). Essa cor permite que parte do espectro de luz atravesse o filme, aquecendo o solo enquanto filtra a luz na região da radiação fotossinteticamente ativa (FREEMAN; GNAYEM, 2005).

Frutos da cv. Bounty, cultivados em Stjordal, Noruega apresentaram quantidades maiores de fenólicos totais e de ácido elágico (6 e 7%), em cobertura de solo de PE branco em vez de cobertura marrom, porém o conteúdo total de antocianinas foi ligeiramente maior (10%) em frutos cultivados em cobertura de PE marrom (ANTTONEN *et al.*, 2006). Para essa região a elevada temperatura no interior do plástico pode explicar o maior teor de compostos fenólicos, pois a temperatura no solo e na copa das folhas aumenta com a reflexão causada pela cobertura de PE.

3.6 CONCLUSÃO

O uso de plásticos coloridos para cobertura de canteiros é uma tecnologia válida e muito utilizada para melhorar parâmetros de produção quantitativos e qualitativos no cultivo de morangos. Porém cada cor demonstra efeitos variáveis em função de diferentes propriedades térmicas e de radiação, da cultivar, clima local como também no decorrer do tempo de cultivo. Assim, exigindo inspeção cuidadosa da interação com fatores como: local, época de cultivo, temperatura da zona radicular, eficiência no uso da água, cultivar disponível, custo de implantação e destinação correta do material plástico após o uso a fim de evitar contaminação ambiental.

As coberturas de polietileno branco e preto demonstraram melhores resultados de produção em regiões de clima subtropical, e cobertura vermelha incrementou os teores de compostos dos frutos. Então a indicação da associação de cobertura de PE branco coextrusada com preto e faixas laterais vermelhas seria uma opção válida no cultivo de morango.

3.7 REFERÊNCIAS

AL-SHAMMARY, A.A.G.; KOUZANI, A.; GYASI-AGYEI, Y.; GATES, W.I.; RODRIGO-COMINO, J.. Effects of solarisation on soil thermal-physical properties under different soil treatments: a review. **Geoderma**, v. 363, p. 114-137, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114137>.

AMMAR, M.; ABOLMAATY, S. Effect of Different Colors Mulch on Population Density of Some Pests Infesting Cucumber Plants and on Cucumber Yield. **Egyptian Academic Journal Of Biological Sciences. A, Entomology**, v. 9, n. 4, p. 153-162, 2016. <http://dx.doi.org/10.21608/eajbsa.2016.12764>.

ANTTONEN, M.J.; HOPPULA, K.I.; NESTBY, R.; VERHEUL, M.J.; KARJALAINEN, R.O. Influence of Fertilization, Mulch Color, Early Forcing, Fruit Order, Planting Date, Shading, Growing Environment, and Genotype on the Contents of Selected Phenolics in Strawberry (*Fragaria×ananassa*Duch.) Fruits. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, v. 54, n. 7, p. 2614-2620, 2006. <http://dx.doi.org/10.1021/jf052947w>

ANTUNES, L.E.C.; REISSER JÚNIOR, C.; BONOW, S.; SCHWENGBER, J.E. Morangos: desafios da produção brasileira. **Campo e Negocio**: Anuário HF, p. 92-95, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/> Acesso em: 27 dez. 2023.

AROGUNDADE, O.; SALAWU, A.; OSIJO, A.; KAREEM, K.T. Influence of mulching on virus disease incidence, growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum*). **Poljoprivreda**, v. 25, n. 2, p. 38-44, 2019. <http://dx.doi.org/10.18047/poljo.25.2.6>.

AYAS, S. Different irrigation and fertilization levels and mulching materials on the yield and quality of strawberry. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 47, p. 1-17, 2023. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202347014122>.

BUNTY, S; SHARMA, C.L. Evaluation of Mulch Colour for Enhancing Winter-Strawberry Production under Polyhouse in Mid-Hills of Himachal Pradesh. **Journal Of Horticultural Sciences**, v. 5, n. 1, p. 34-37, 2010. Society for Promotion of Horticulture. <http://dx.doi.org/10.24154/jhs.v5i1.489>.

CASIERRA-POSADA, F.; FONSECA, E.; VAUGHAN, G. Fruit quality in strawberry (*Fragaria* sp.) grown on colored plastic mulch. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 29, n. 3, p. 407-413, 2011.

CASIERRA-POSADA, F.; PENA-OLMOS, J. E; ULRICH, C. Basic growth analysis in strawberry plants (*Fragaria* sp.) exposed to different radiation environments. **Agronomía Colombiana**, v. 30, n. 1, p. 25-33, 2012.

D'ANNA, F.; IAPICHINO, G.; D'ANNA, E. Effects of soil solarization with different plastic films on yield performance of strawberry protected plantations in sicily. **Acta Horticulturae**, n. 1015, p. 53-58, 2014. <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2014.1015.5>.

DELEO, J.P.; GERALDINI, F.; DIOGO, J.V.; BOTEON, M. Morango. **Hortifruti Brasil**: Produção da fruta é um modelo de negócio lucrativo para o agricultor familiar, Piracicaba/SP, v. 237, n. 22, p. 06-13, 2023.

DESCHAMPS, S.S.; AGEHARA, S. Metalized-striped Plastic Mulch Reduces Root-zone Temperatures during Establishment and Increases Early-season Yields of Annual Winter Strawberry. **Hortscience**, v. 54, n. 1, p. 110-116, 2019. <http://dx.doi.org/10.21273/hortsci13583-18>.

DESCHAMPS, S.S.; WHITAKER, V.M.; AGEHARA, S. White-striped plastic mulch reduces root-zone temperatures during establishment and increases early season yields of annual winter strawberry. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 602-608, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.018>.

EMMERT, E.M. Black polyethylene for mulching vegetables. **Proceedings of the American Society of Horticultural Sciences**, v 69, p 464-469, 1957.

FAGUNDES, J. P. R.; GOBBI, P. C.; DUARTE, A. F.; BONOW, S.; CUNHA, U. S. Antibiosis of strawberry genotypes to the spotted spider mite. **Ciência Rural**, v. 54, n. 1, p. 1-6, 2024. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20210677>.

FREEMAN, S.; GNAYEM, N. Use of Plasticulture for Strawberry Plant Production. **Small Fruits Review**, v.4, n.1, p.21-32, 2005. http://dx.doi.org/10.1300/j301v04n01_04.

GALAFTON, C.; MAGA, D.; SONNEMANN, G.; THONEMANN, N. Life cycle assessment of different strawberry production methods in Germany with a particular focus on plastic emissions. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 28, n. 6, p. 611-625, 2023. <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-023-02167-9>.

GIORDANO, M.; AMOROSO, C.; EL-NAKHEL, C.; ROUPHAEL, Y.; PASCALE, S.; CIRILLO, C. An Appraisal of Biodegradable Mulch Films with Respect to Strawberry Crop Performance and Fruit Quality. **Horticulturae**, v. 6, n. 3, p. 48, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae6030048>.

GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**, v. 15, p. 163-165, 1997.

GREER, L.; DOLE, J. M. Aluminum Foil, Aluminium-painted, Plastic, and Degradable Mulches Increase Yields and Decrease Insectvectored Viral Diseases of Vegetables. **Horttechnology**, v. 13, n. 2, p. 276-284, 2003. <http://dx.doi.org/10.21273/horttech.13.2.0276>.

JOHNSON, M.S.; FENNIMORE, S.A. Weed and Crop Response to Colored Plastic Mulches in Strawberry Production. **Hortscience**, v. 40, n. 5, p. 1371-1375, 2005. <http://dx.doi.org/10.21273/hortsci.40.5.1371>

JORDAN, V.W.L.; HUNTER, T. The effects of glass cloche and coloured polyethylene tunnels on microclimate, growth, yield and disease severity of strawberry plants. **Journal Of Horticultural Science**, v. 47, n. 3, p. 419-426, 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/00221589.1972.11514485>.

KAPUR, B.; CELIKTOPUZ, E.; SARIDAS, M.A.; KARGI, S. Paydas; FIPPS, G.. THE ROLE OF MULCH COLOR AND IRRIGATION LEVEL IN REDUCING WATER STRESS IN STRAWBERRY. **Applied Ecology And Environmental Research**, v. 21, n. 5, p. 4781-4794, 2023. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/2105_47814794.

KASPERBAUER, M. J.; LOUGHRIN, J. H.; WANG, S. Y. Light Reflected from Red Mulch to Ripening Strawberries Affects Aroma, Sugar and Organic Acid Concentrations. **Photochemistry And Photobiology**, v. 74, n. 1, p. 103-107, 2001. [http://dx.doi.org/10.1562/0031-8655\(2001\)0740103lrmt2.0.co2](http://dx.doi.org/10.1562/0031-8655(2001)0740103lrmt2.0.co2)

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. 420 p.

KESICI, M.; GULEN, H.; ERGIN, S.; TURHAN, E.; IPEK, A.; KOKSAL, N. Heat-stress Tolerance of Some Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Cultivars. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 41, n. 1, p. 244, 2013. <http://dx.doi.org/10.15835/nbha4119009>.

KOMAGATA, Y.; SEKINE, T.; OE, T.; TAKAYAMA, S. Comparison of the suppressive effect on the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch among different installation methods of light-reflection materials in a strawberry greenhouse using ultraviolet-B lamps and phytoseiid mites. **Journal of the Acarological Society of Japan**, v. 31, n. 1, p 1-11, 2022. <https://doi.org/10.2300/acari.31.1>

LALK, G.; BI, G.; ZHANG, Q.; HARKESS, R.; LI, T. High-Tunnel Production of Strawberries Using Black and Red Plastic Mulches. **Horticulturae**, v. 6, n. 4, p. 73, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae6040073>.

LAMONT, W. J. Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops. **A Guide To The Manufacture, Performance, And Potential Of Plastics In Agriculture**, p. 45-60, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-102170-5.00003-8>.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos Sp: Rima, 2000. 531p.

LIETEN, P. Strawberry Production in Central Europe. **International Journal of Fruit Science**, v. 5, n. 1, p. 91-105, 2005. http://dx.doi.org/10.1300/j492v05n01_09.

LOUGHRIN, J.H.; KASPERBAUER, M.J. Aroma of fresh strawberries is enhanced by ripening over red versus black mulch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.50, n.1, p.161-165, 2002. <http://dx.doi.org/10.1021/jf010950j>.

MAGAR, Y.G.; OHYAMA, K.; NOGUCHI, A.; AMAKI, W.; FURUFUJI, S. Effects of light quality during supplemental lighting on the flowering in an everbearing strawberry. **Acta Horticulturae**, n. 1206, p. 279-284, 2018. <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2018.1206.39>

MEISEL, L.; URBINA, D.; PINTO, M. Fotorreceptores y respuestas de plantas a señales lumínicas. **Fisiología vegetal. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile**, v. 18, p. 1-10, 2011.

MENOSSEI, M.; CISNEROS, M.; ALVAREZ, V.A.; CASALONGUÈ, C. Current and emerging biodegradable mulch films based on polysaccharide bio-composites. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.41, n.53, p.1-27, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-021-00685-0>

MEYER, M.; DIEHL, D.; SCHAUMANN, G. E.; MUÑOZ, K. Multiannual soil mulching in agriculture: analysis of biogeochemical soil processes under plastic and straw mulches in a 3-year field study in strawberry cultivation. **Journal of Soils and Sediments**, v. 21, n. 12, p. 3733-3752, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-021-03037-3>

MIAO, L.; ZHANG, Y.; YANG, X.; XIAO, J.; ZHANG, H.; ZHANG, Z.; WANG, Y.; JIANG, G. Colored light-quality selective plastic films affect anthocyanin content, enzyme activities, and the expression of flavonoid genes in strawberry (*Fragaria × ananassa*) fruit. **Food Chemistry**, v. 207, p. 93-100, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.077>

MLABA, M.D.; FOTOULO-M, H.; TESFAY, S.Z.; ODINDO, A.; MAGWAZA, L.S.; MDITSHWA, A.; MOKGEHLE, S.N. **Effect of polyethylene mulch colour and maturity stage on strawberry phytochemicals and postharvest quality**. In V International Symposium on Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits, 2022, p. 251-260.

MOORE, W.D.; SMITH, F.F.; JOHNSON, G.V.; WOLFENBARGER, D. O. Reduction of aphid populations and delayed incidence of virus infection on yellow straight neck squash by the use of aluminum foil. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v 78, p. 187-190, 1965.

MORRA, L.; BILOTTO, M.; MIGNOLI, E.; SICIGNANO, M.; MAGRI, A.; CICE, D.; COZZOLINO, R.; MALORNI, L.; SIANO, F.; PICARIELLO, G.; GUERRINI, S.; PETRICCIONE, M. New Mater-Bi, Biodegradable Mulching Film for Strawberry (*Fragaria × Ananassa* Duch.): effects on film duration, crop yields, qualitative, and nutraceutical traits of fruits. **Plants**, v. 11, n. 13, p. 1726, 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/plants11131726>.

MUÑOZ, K.; BUCHMANN, C.; MEYER, M.; SCHMIDT-HEYDT, M.; STEINMETZ, Z.; DIEHL, D.; THIELE-BRUHN, S.; SCHAUMANN, G.E. Physicochemical and microbial soil quality indicators as affected by the agricultural management system in strawberry cultivation using straw or black polyethylene mulching. **Applied Soil Ecology**, v. 113, p. 36-44, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.01.014>.

PINTO, J.P.; CUNHA, F.F.; ADÃO, A.S.; PAULA, L.B.; RIBEIRO, M.C.; COSTA NETO, J.R.R. Strawberry Production with Different Mulches and Wetted Areas. **Horticulturae**, v. 8, n. 10, p. 930, 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae8100930>.

SANTIN, A.; VILLA, F.; PAULUS, D.; SANTIN, J.; PIVA, A.L.; MEZZALIRA, E.J.; RITTER, G. Plastic soil covers in vegetative development, production and quality of strawberries. **Revista Ceres**, v. 67, n. 4, p. 272-280, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x202067040004>.

SARIDAŞ, M.; KAPUR, B.; ÇELIKTOPUZ, E.; ŞAHINER, Y.; KARGI, S. P. Land productivity, irrigation water use efficiency and fruit quality under various plastic mulch colors and irrigation regimes of strawberry in the eastern Mediterranean region of Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 245, p. 1-9, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106568>

SCHUBER, J.M.; MONTEIRO, L.B.; POLTRONIERI, A.S.; CARVALHO, R.C.Z.; ZAWADNEAK, M.A.C. Population fluctuation and faunal indices of aphids (Hemiptera, Aphididae) in peach orchards in Araucária, PR. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 3, p. 943-949, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-69842009000400024>.

SEMWAL, A.; SINGH, S.; NAUTIYAL, P.; PANDEY, S. Effect of Mulching on Growth, Yield and Economics of Strawberry (*Fragaria × ananassa*) under Subtropical Conditions of Uttarakhand. **International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology**, v. 15, p. 819-825, 2022. <http://dx.doi.org/10.30954/0974-1712.04.2022.5>.

SHARMA, N.C.; SHARMA, S.D.; SPEHIA, R.S. Effect of Plastic Mulch Colour on Growth, Fruiting and Fruit Quality of Strawberry under Polyhouse Cultivation. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**, v. 4, n. 2, p. 314-316, 2013.

SHIUKHY, S.; RAEINI-SARJAZ, M.; CHALAVI, V. Colored plastic mulch microclimates affect strawberry fruit yield and quality. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 8, p. 1061-1066, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-014-0919-0>.

SINGH, A.; SENTHILKUMAR, S.; SHARMA, M.; SINGH, S.K. Impact of mulching and planting density on phenology, yield and fruiting characters of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) Cv. Winter dawn. **Plant Archives**, v. 18, n. 2, p. 1899-1904, 2018.

SINGH, N.; DWIVEDI, D.H.; KISHOR, S.; MAJI, S. Improvement in growth and yield of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) by mulch colour. **Environmental Sustainability**, v. 4, n. 4, p. 705-710, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s42398-021-00167-9>.

SIWEK, P.; DOMAGALA-SWIATKIEWICZ, I.; BUCKI, P.; PUCHALSKI, M. Biodegradable agroplastics in 21st century horticulture. **Polimery**, v. 64, n. 07/08, p. 480-486, 2019. <http://dx.doi.org/10.14314/polimery.2019.7.2>

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de nutrição**, v.15, n.1, p.71-81, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732002000100008>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A.. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TIGERE, T.A.; MAVUNGANIDZE, A.B.; MUDITA, I.I.; OKOYE, F.I.; UNIGWE, L.O.; Efficacy assessment of soil solarization for the control of weeds: the effects of clear and black plastic mulches. **International Journal of Technical Education, Research & Development**, v. 1, n. 1, p. 29-43, 2023.

ULAH, I.; LIZALO, A.; EMRE DOGAN, D.; URAY, Y.; RASHID, H. H. Relevance of mulching in strawberry cultivation. In: **International Cappadocia Scientific Research Congress**, p. 318-330, 2021.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; COSTA, D. N.; MOTA, J. H. Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de mulching. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.3, p.424-427, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000300011>.

ZHANG, Y.; VAREED, S.K.; NAIR, M.G. Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables. **Life Sciences**, v. 76, n. 13, p. 1465-1472, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2004.08.025>

ZOBAYER, N.; SIKDAR, U.F.; AZIM, F.; PRODHAN, S.H.; ASHRAFUZZAMAN, M. An Efficient Irrigation System for Plasticulture of Strawberry in Bangladesh. **Journal of Natural Sciences Research**, v.2, n.10, p.6-16, 2012.

4. ARTIGO B: ASSOCIAÇÃO ENTRE CORES DE SLABS DE POLIETILENO E INOCULAÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS NO CULTIVO SUSPENSO DE MORANGUEIRO

4.1 RESUMO

As frutas de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) são apreciadas em virtude da sua coloração, aroma e sabor. As propriedades químicas e físicas de um produto agrícola são influenciadas por diversos fatores, entre eles, os sistemas de produção. O cultivo suspenso de morangueiros em slabs reduz o risco de contaminações, oferecem vantagens como maior produtividade, frutos de melhor qualidade e facilidade nos tratos culturais. Além disso, a utilização de diferentes cores de slabs pode promover melhorias no sistema de cultivo ao induzir diferentes respostas fisiológicas na planta e, ao associar com bactérias promotoras de crescimento de plantas, proporcionar melhorias na produção e qualidade de frutos. Assim, objetivou-se avaliar parâmetros de produção e qualidade dos frutos de morango da cultivar San Andreas em cultivo suspenso com slabs de polietileno coloridos associadas a inoculação com rizobactérias. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em arranjo fatorial (7×4), com três repetições, sendo diferentes cores de slabs (branco, preto, transparente, vermelho, azul, amarelo e verde) associados a inoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas (controle, *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp. e *Bacillus* sp. + *Streptomyces* sp.). Foram avaliadas as variáveis de produção, número (NFC) e produção de frutos comerciais (PFC), número (NFNC) e produção de frutos não comerciais (PFNC) e o número (NFT) e produção (PT) total por planta. Também foram obtidos a produção e número relativo das variáveis PFC, PFNC, NFT e NFNC, além do peso médio do fruto (g) comercial (PMFC), não comercial (PMFNC) e total (PMFT). Juntamente, foi determinado o índice de produção (PAFC) e número de frutos comerciais acumulados (NAFC) por ajustes estatísticos de regressão. Além disso, foram avaliados parâmetros de qualidade dos frutos pela coloração através da luminosidade, *chroma*, ângulo *hue* interno (LI, CI, HI) e externo (LE, CE, HE) dos frutos e o teor de sólidos solúveis (TSS). Os dados indicaram que não houve resultados significativos para a interação entre cores e BPCP para as variáveis de produção e qualidade dos frutos, não havendo um tratamento superior aos demais. As cores dos slabs de polietileno e a interação com as BPCP não apresentaram efeitos significativos para as variáveis de produção e qualidade dos frutos de morangueiros sob cultivo suspenso. Pelos resultados podemos indicar a manutenção da utilização do já padrão comercial do slab de polietileno de coloração branca e que são necessários novos estudos e o aprofundamento destes em relação a estudos envolvendo a coloração de slabs e a utilização de bactérias de crescimento de plantas.

Palavras-chave: Bactérias promotoras do crescimento de plantas. Cultivo suspenso. *Fragaria x ananassa* Duch. Uso de slabs.

ARTIGO B: ASSOCIATION BETWEEN SLABS COLORS AND RHIZOBACTERIA INOCULATION IN STRAWBERRY CULTIVATION

4.2 ABSTRACT

Strawberry fruits (*Fragaria x ananassa* Duch.) are appreciated for their color, aroma and flavor. The chemical and physical properties of an agricultural product are influenced by several factors, including production systems. The suspended cultivation of strawberry plants in slabs reduces the risk of contamination and offers advantages such as greater productivity, better quality fruits and easier cultural treatments. Furthermore, the use of different colors of slabs can promote improvements in the cultivation system by inducing different physiological responses in the plant and, when associated with plant growth-promoting bacteria, providing improvements in fruit production and quality. Thus, the objective was to evaluate production and quality parameters of strawberry fruits from the San Andreas cultivar in suspended cultivation with colored polyethylene slabs associated with inoculation with rhizobacteria. The experimental design was randomized blocks in a factorial arrangement (7×4), with three replications, with different colors of slabs (white, black, transparent, red, blue, yellow and green) associated with inoculation with bacteria that promote plant growth. (control, *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp. and *Bacillus* sp. + *Streptomyces* sp.). The variables of production number (NFC) and production of commercial fruits (PFC), number (NFNC) and production of non-commercial fruits (PFNC) and the total number (NFT) and production (PT) per plant were evaluated. The production and relative number of the variables PFC, PFNC, NFT and NFNC were also obtained, in addition to the average fruit weight (g) commercial (PMFC), non-commercial (PMFNC) and total (PMFT). Together, the production index (PAFC) and number of accumulated commercial fruits (NAFC) were determined by statistical regression adjustments. In addition, fruit quality parameters were evaluated, such as color through luminosity, chroma, internal (LI, CI, HI) and external (LE, CE, HE) hue angle of the fruits and soluble solids content (TSS). The data indicated that there were no significant results for the interaction between colors and growth-promoting bacteria for the fruit production and quality variables, with no treatment being superior to the others. The colors of the polyethylene slabs and the interaction with BPCP did not present significant effects on the production and quality variables of strawberry fruits under suspended cultivation. Based on the results, we can see that it is recommended that the commercial standard of white polyethylene slab be continued to be used and that further studies and further studies are needed in relation to studies involving the coloring of slabs and the use of plant growth bacteria.

Keywords: Bacteria that promote plant growth. Suspended cultivation. *Fragaria x ananassa* Duch. Use of slabs.

4.3 INTRODUÇÃO

O morangueiro *Fragaria* × *ananassa* Duch pertence a família *Rosaceae*, sendo um híbrido interespecífico oriundo do cruzamento entre *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana* e seus inúmeros híbridos e cultivares subsequentes a esse cruzamento são resultados de programas de melhoramento genético (OLIVEIRA; BONOW, 2012).

A planta do morangueiro é perene, herbácea, estolonífera, de hábito rasteiro e quando cultivada no solo, para fins comerciais, tem manejos de planta anual devido as questões fitossanitárias, que prejudicam sua produtividade (RONQUE, 2010).

O cultivo do morangueiro é de extrema importância no mercado agrícola mundial, sendo apreciado por suas características sensoriais, além de apresentar um conteúdo nutricional bastante favorável e alto valor econômico. Devido a essas características, a olerícola é uma das mais estudadas do ponto de vista genômico e agrônomo (PAPAROZZI *et al.*, 2018).

De acordo com a FAOSTAT (2022), em 2021 foram produzidas mais de 9 milhões de toneladas de morango no mundo, com destaque para China e Estados Unidos. O Brasil ocupa o 8º lugar em produção com pouco mais de 197 mil toneladas, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo (FAGHERAZZI *et al.*, 2017).

O cultivo de morangueiro em sacos plásticos de polietileno conhecido como travesseiro ou slab tem se mostrado uma técnica popular e eficiente, proporcionando vantagens significativas em relação aos métodos tradicionais de cultivo, sobretudo em relação ao controle de doenças do solo (FAGUERAZZI *et al.*, 2017).

O cultivo suspenso restringe a planta unicamente ao substrato e a fertirrigação fornecida à planta, sendo possível controlar o que entra no sistema de maneira mais eficiente. Esse cultivo também é chamado de cultivo semi-hidropônico, e vem sendo adotado nos últimos anos em praticamente todas as regiões do país (CALVETE *et al.*, 2016).

A utilização dos slabs oferecem um ambiente de cultivo controlado, otimizado o desenvolvimento das plantas, além de proporcionar economia de espaço. De acordo com a Epagri (2020), o cultivo suspenso oferece manejo facilitado, gerando a redução de mão de obra entre 30% a 40% em comparação às mesmas tarefas executadas em campo.

Os slabs proporcionam melhor controle de fatores ambientais, como por exemplo a temperatura e umidade, permitindo ajustes específicos de acordo com as necessidades das plantas e do local de cultivo. Isso resulta em condições ideais de crescimento, que favorecem o desenvolvimento das raízes, a absorção de nutrientes e a produção de frutos saudáveis (BALLIU *et al.*, 2021).

A utilização de slabs de variadas cores no cultivo suspenso visa potencializar os efeitos da radiação solar, absorção e reflexão da luz pelas plantas e assim influenciar o espectro de luz disponível para as plantas, influenciando no desenvolvimento e metabolismo dos morangueiros. As cores podem afetar, por exemplo, a taxa fotossintética, a síntese de pigmentos e a formação de biomassa das plantas, afetando tanto o desenvolvimento aéreo quanto o sistema radicular da planta (LAMONT, 2017).

Por outro lado, outra tecnologia que está sendo amplamente estudada em diversas culturas é a inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). As BPCP são microrganismos benéficos presentes no solo e que interagem com as raízes das plantas, promovendo crescimento, pois auxiliam na absorção de nutrientes, na fixação de nitrogênio, no estímulo do sistema imunológico da planta e no controle de patógenos, contribuindo para um melhor desempenho do cultivo (CAPRONI *et al.*, 2021).

A aplicação de rizobactérias como biofertilizantes faz parte de práticas agrícolas sustentáveis e está sendo cada vez mais estudada por ser considerada uma tecnologia ecologicamente correta (ALOO *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2022). Em estudo de Pupakdeepan *et al.* (2023) relatam que uma estirpe de *Streptomyces* tem potencial para controlar patógenos fúngicos ao produzir hormônios vegetais, sideróforos e enzimas hidrolíticas, além de demonstrar propriedades promotoras do crescimento das plantas, incluindo fixação de nitrogênio e solubilização de fosfato que resultaram em promoção significativa do número de folhas e altura da copa das plantas.

Dessa forma, a associação de slabs de diferentes cores e rizobactérias no cultivo de morango suspenso pode representar uma estratégia promissora para otimizar o crescimento, a produção e a qualidade dos morangueiros. Diante do exposto, objetivou-se avaliar parâmetros de produção e qualidade de frutos de morango da cultivar San Andreas em cultivo suspenso com slabs coloridos associadas a inoculação com rizobactérias.

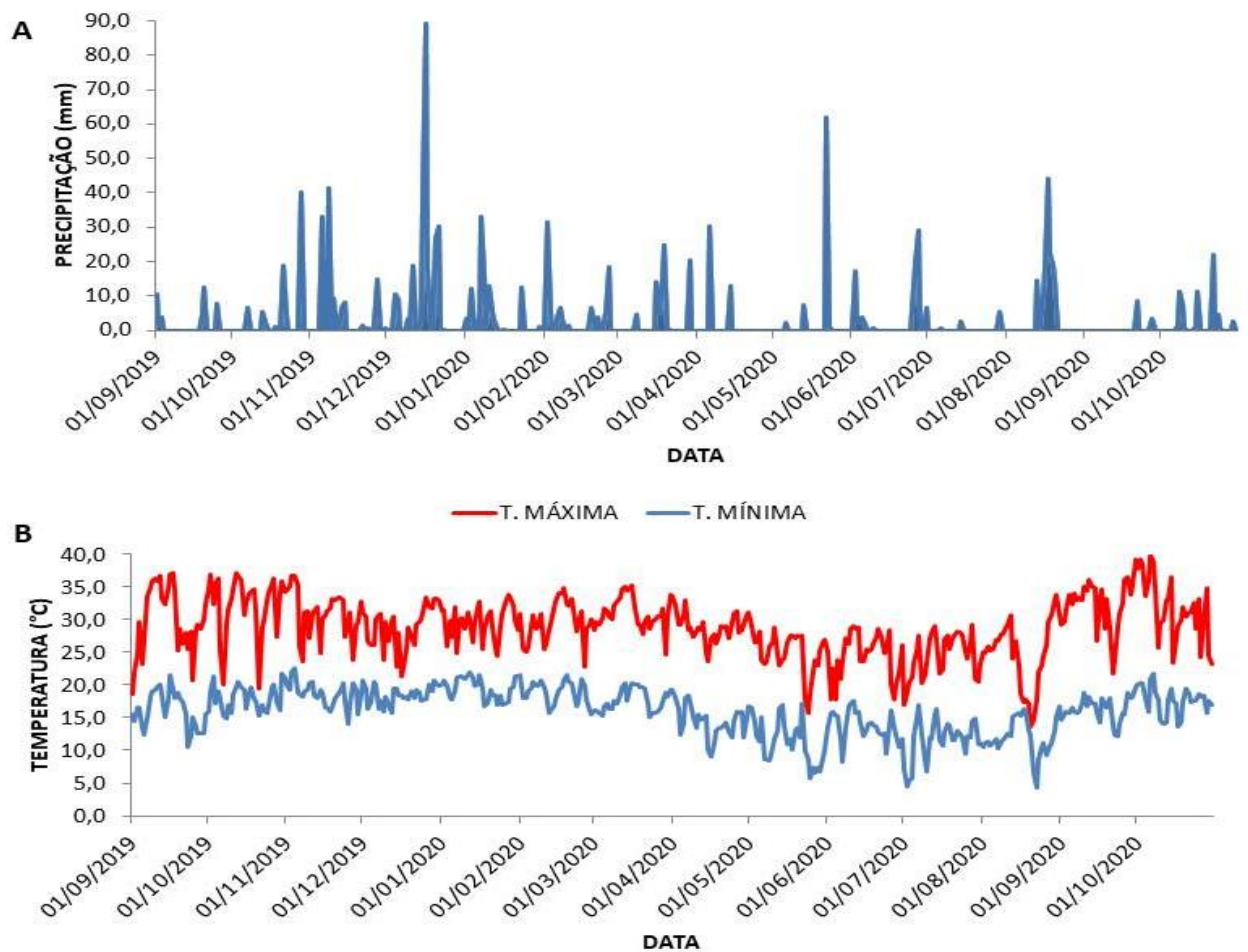
4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 ÁREA, MATERIAL VEGETAL E DESENHO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido entre junho/ 2019 e outubro/2020, no setor de Fitotecnia do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, em Londrina, PR, em altitude média de 550 m, latitude 23°30'45" e longitude 51°16'96" onde o clima é classificado como subtropical úmido (Classificação climática de Köppen-Geiger: Cfa).

Os dados diários durante o período de colheita do morango foi computado com base nos dados fornecidos pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - Londrina/PR (IDR/IAPAR e são apresentados conforme a figura abaixo (Figura 3).

Figura 3 - Dados diários climáticos de precipitação e temperatura durante o período experimental do cultivo suspenso de morango.



Fonte: Próprio autor.

A partir dos dados apresentados acima foi possível obter informações mensais relevantes em relação as condições climáticas durante o experimento conforme tabela abaixo (Tabela 2).

Tabela 2 - Dados mensais de precipitação e temperatura durante o período experimental do cultivo suspenso de morangueiro.

	Precipitação (mm)	Dias de chuva	Temperatura média mínima (°C)	Temperatura média máxima (°C)	Mínima absoluta	Máxima absoluta	Temperatura média (°C)
set/19	41,1	7	16,2	29,9	10,6	37,1	23,1
out/19	78,7	7	18,1	32,5	14,9	37,1	25,3
nov/19	117,9	12	18,6	31	14,1	36,8	24,8
dez/19	248,4	16	18,4	28,7	15,6	33,4	23,6
jan/20	102,9	15	19,5	29,6	16,7	33,8	24,6
fev/20	89,9	12	18,9	29,7	15,5	34,8	24,3
mar/20	83,5	7	17,7	31,0	15,2	35,2	24,4
abr/20	43,1	3	14,5	28,9	9,2	33,6	21,7
mai/20	72,6	5	11,4	25,1	5,7	31,1	18,3
jun/20	97,3	13	13,8	24,6	8,2	29,1	19,2
jul/20	8,9	4	11,7	24,8	4,6	29,3	18,3
ago/20	143,9	8	12,1	24,8	4,2	33,8	18,5
set/20	12,2	4	16,3	32,3	12,3	39,3	24,3
out/20	62,9	11	17,7	31,7	13,7	40	24,7
	1203,3	124	16,1	28,9	4,2	40,0	22,5

Fonte: Próprio autor.

Mudas de morangueiro cultivar San Andreas (fotoperíodo neutro), provenientes do Viveiro Fragaria Brasil localizado em Pouso Alegre - MG, passaram por um processo de limpeza (toilet), que consistiu na retirada de folhas e poda das raízes, como também a padronização do tamanho da coroa das mudas (8 mm).

O slab de polietileno plástico branco utilizado no experimento é o tradicionalmente utilizado na produção comercial de morango. Os outros slabs coloridos, por sua vez, não estão disponíveis no mercado para tais fins, e dessa forma, foi necessário adaptar materiais destinados à construção civil através de lonas plásticas coloridas com 120 micras de espessura (BRF Lonas®).

Foram utilizadas sete cores para compor os slabs: o branco comercial e os confeccionados, preto, transparente, vermelho, azul, amarelo e verde. Cada slab foi confeccionado utilizando o modelo comercial como parâmetro, com as dimensões de 1,50m comprimento por 0,40 m de largura. Cada slab foi preenchido na proporção de 2:1 com a mistura de substrato comercial para hortaliças (Topstrato HT hortaliças®) e solo - classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 2018). A irrigação e fertirrigação foram realizadas por gotejamento conforme as condições climáticas e necessidades da cultura.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em arranjo fatorial (7×4), com três repetições (Figura 4). O primeiro fator é representado por diferentes cores de slabs: o branco, preto, transparente, vermelho, azul, amarelo e verde; e o segundo fator, pela aplicação de soluções contendo as seguintes BPCP e combinações: *Bacillus* sp.; *Streptomyces* sp.; a associação das bactérias em quantidades iguais; e o controle, com a aplicação de água e ausência de inoculante. Os slabs foram distribuídos em três blocos, totalizando 84 parcelas, onde cada parcela foi composta por seis plantas, totalizando 504 plantas.

Figura 4 - Distribuição dos slabs de polietileno coloridos (A) e mudas de morangueiro (B e C) no início do experimento.



Fonte: Próprio autor.

4.4.2 OBTENÇÃO DAS BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS (BPCP)

As BPCP utilizadas foram: *Bacillus* sp. estirpe ZK e *Streptomyces* sp. estirpe 109, linhagens que estão depositadas na “Coleção de Bactérias Promotoras do Crescimento Vegetal da Universidade Estadual de Londrina/CBPCV-UEL”, Londrina, Paraná, Brasil. As bactérias *Bacillus* sp. estirpe ZK e

Streptomyces sp. estirpe 109 foram cultivadas em meio líquido Dextrose Yeast Glucose Sucrose modificado – Dygs: (g L⁻¹: glicose, 2,0; ácido málico, 2,0; extrato de levedura, 2,0; ácido glutâmico, 1,5; peptona, 1,5; K₂HPO₄, 0,5; MgSO₄, 0,5; pH 6,8) (RODRIGUES NETO, 1986).

Para as duas estirpes utilizadas foram preparados pré-inóculos (5,0 mL) em meio líquido Dygs em tubos de ensaio. Os inoculantes (50,0 mL) de cada estirpe foram preparados em frascos Erlenmeyer (250 mL), a partir da inoculação de um volume de pré-inóculo suficiente para atingirem concentração inicial de 10⁴ células/mL⁻¹, determinada após contagem da densidade de células em cada pré-inóculo em câmara de Neubauer. Todas as estirpes foram cultivadas no mesmo meio de cultivo para o preparo dos inoculantes, denominado MCA4 (patente depositada no INPI sob número BR1020140171746) (OLIVEIRA *et al.*, 2016). As culturas bacterianas de pré-inóculo e inoculante foram cultivadas sob agitação orbital (180 rpm) por 72 h a 28 ± 2 °C.

Na inoculação, utilizou-se 30 mL da suspensão celular na concentração de células a 10⁶ células mL⁻¹ por planta. O tratamento testemunha recebeu apenas água destilada. As aplicações ocorreram de forma manual com o auxílio de um Becker (100 mL).

4.4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

Para as avaliações de produção, os frutos foram colhidos e separados por cor de slab e inoculante aplicado, no estágio de maturação em que o fruto apresente 75% da sua superfície com coloração vermelha escuro.

A produção foi avaliada por meio dos frutos colhidos de cada repetição dos tratamentos, que foram contados e devidamente pesados a cada colheita e o valor expresso em gramas(g)/planta, utilizando-se balança digital analítica (precisão ±0,0001g). Os frutos com massa inferior a 10,0 g foram considerados não comerciais. Após o encerramento do ciclo da cultura, foram determinados os valores de produção como a produção de frutos comerciais (PFC), não comerciais (PFNC) e total por planta (PT) (g planta⁻¹), além do número de frutos comerciais (NFC), não comerciais (NFNC) e totais (NFT) (n° de frutos planta⁻¹).

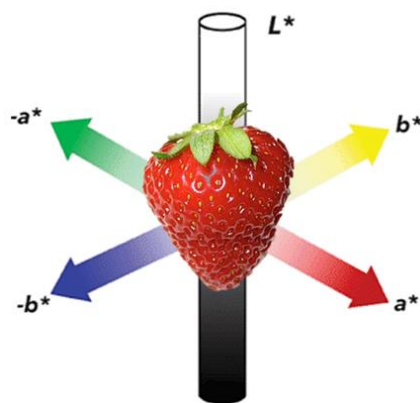
O número de frutos por planta (NFT) foi determinado pelo quociente entre número de frutos colhidos e número de plantas por tratamento. A produção total por planta (PT) (g planta^{-1}) foi determinada pelo quociente entre a massa total dos frutos e o número de plantas.

O peso médio de frutos foi obtido por meio da razão entre a produção em gramas (g) e o número de frutos colhidos por planta onde foi avaliado o peso médio do fruto comercial (PMFC), não comercial (PMFNC) e total (PMFT). Também foi determinado o índice de produção (PFC) e número de frutos comerciais (NFC) por ajustes estatísticos de regressão. Também foi determinado a produção e número de frutos relativos das variáveis PFC, PFNC, NFC e NFNC por meio da divisão da produção ou número de frutos comerciais ou não comerciais/ produção ou número total de frutos comerciais ou não comerciais)*100 e o resultado expresso em porcentagem (%).

Para as análises físico-químicas foram utilizados frutos maduros onde a determinação da cor e teor de sólidos solúveis foram realizados em triplicata em frutos frescos uniformidade de cor e tamanho.

Para a avaliação da coloração dos frutos (Figura 5), foi utilizado um colorímetro modelo Croma Meter CR-400/410 (Konica Minolta), que expressa os componentes: L^* , do branco (+L) ao preto (-L) no eixo z; a^* , do vermelho (+a) ao verde (-a) no eixo x; b^* , do amarelo (+b) ao azul (-b) no eixo y (PAPADAKIS *et al.*, 2000).

Figura 5 - Espaço de cor CIE $L^* a^* b^*$.



Fonte: Adaptado de <https://www.alice.cnptia.embrapa.br>.

As leituras foram realizadas em triplicata na região equatorial dos externa e interna dos frutos obtendo os seguintes valores: luminosidade, ângulo *hue* e *chroma* externo (LE, CE, HE) e luminosidade, ângulo *hue* e *chroma* externo (LI, CI, HI).

O *chroma* (saturação de cor) e o ângulo *hue* (tonalidade da cor): foram calculados a partir dos componentes L^* , a^* e b^* através das equações abaixo (MCGUIRE, 1992)

$$Chroma = (a^{*2} \times b^{*2})^{0,5}$$

$$\hat{\text{Ângulo hue}} = \tan b^*/a^* \times 180/\pi$$

Par a avaliação do teor de sólidos solúveis (TSS) a avaliação também foi realizada em triplicata e os valores obtidos com o auxílio de um refratômetro digital (modelo PAL- 1% - ATAGO) e expresso em °Brix.

4.4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância e, se significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram testadas por Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Todas as análise foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2023) utilizando o pacote AgroR (SHIMIZU *et al.*, 2023).

Com as médias das variáveis foram realizadas as análises de componentes principais e de correlação de Pearson, ambas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2023), utilizando os pacotes Factoextra (KASSAMBARA; MUNDT, 2017) e Corrplot (WEI; SIMKO, 2017).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 PRODUÇÃO E NÚMERO DE FRUTOS

Na literatura podemos encontrar em diversos trabalhos os benefícios da utilização de slabs na produção e qualidade dos frutos, geralmente explicados pela elevação da temperatura local e do teor de água do solo, gerado pela formação

de um microclima. Desse modo, estes filmes plásticos modificam os processos bioquímicos do vegetal e do solo, aumentando a biomassa das raízes, melhorando a absorção de nutrientes pelas plantas e proporcionam assim o maior desenvolvimento da planta. Além disso, a presença das coberturas plásticas auxilia no controle de algumas pragas e plantas daninhas, entre tantos outros benefícios (MUNOZ *et al.*, 2022).

Conforme a tabela de variância apresentada abaixo (Tabela 3) houve resposta significativa para a produção (PT), número total de morangos (NFT) e número de frutos não comerciais (NFNC) em função da utilização de bactérias promotoras do crescimento de plantas. Também foi possível observar efeito de interação entre a inoculação de bactérias x coloração do slab para as variáveis produção (PFNC) e número de frutos não comerciais (NFNC).

Tabela 3 - Resumo do quadro da análise de variância (p-valor) para os parâmetros de produção e número de frutos de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.

Fonte de variação	PT (g)	PFC (g)	PFNC (g)	NFT	NFC (g)	NFNC (g)
Bactéria ¹	0,015 ^{sig}	0,286 ^{sig}	0,005 ^{n/s}	0,014 ^{sig}	0,031 ^{sig}	0,017 ^{sig}
Slab ²	0,567 ^{n/s}	0,029 ^{n/s}	0,962 ^{n/s}	0,938 ^{n/s}	0,665 ^{n/s}	0,961 ^{n/s}
Bloco	0,061 ^{n/s}	0,091 ^{n/s}	0,221 ^{n/s}	0,023 ^{n/s}	0,124 ^{n/s}	0,053 ^{n/s}
Bactéria × Slab	0,283 ^{n/s}	0,401 ^{n/s}	<0,001 ^{sig}	0,111 ^{n/s}	0,500 ^{n/s}	0,008 ^{sig}
CV (%)	33,92	38,33	24,33	29,56	20,61	26,78

¹Controle; *Bacillus* sp.; *Streptomyces* sp.; Associação (*Bacillus* + *Streptomyces*).

²Coloração slab: branco, preto, transparente, vermelho, azul, amarelo e verde.

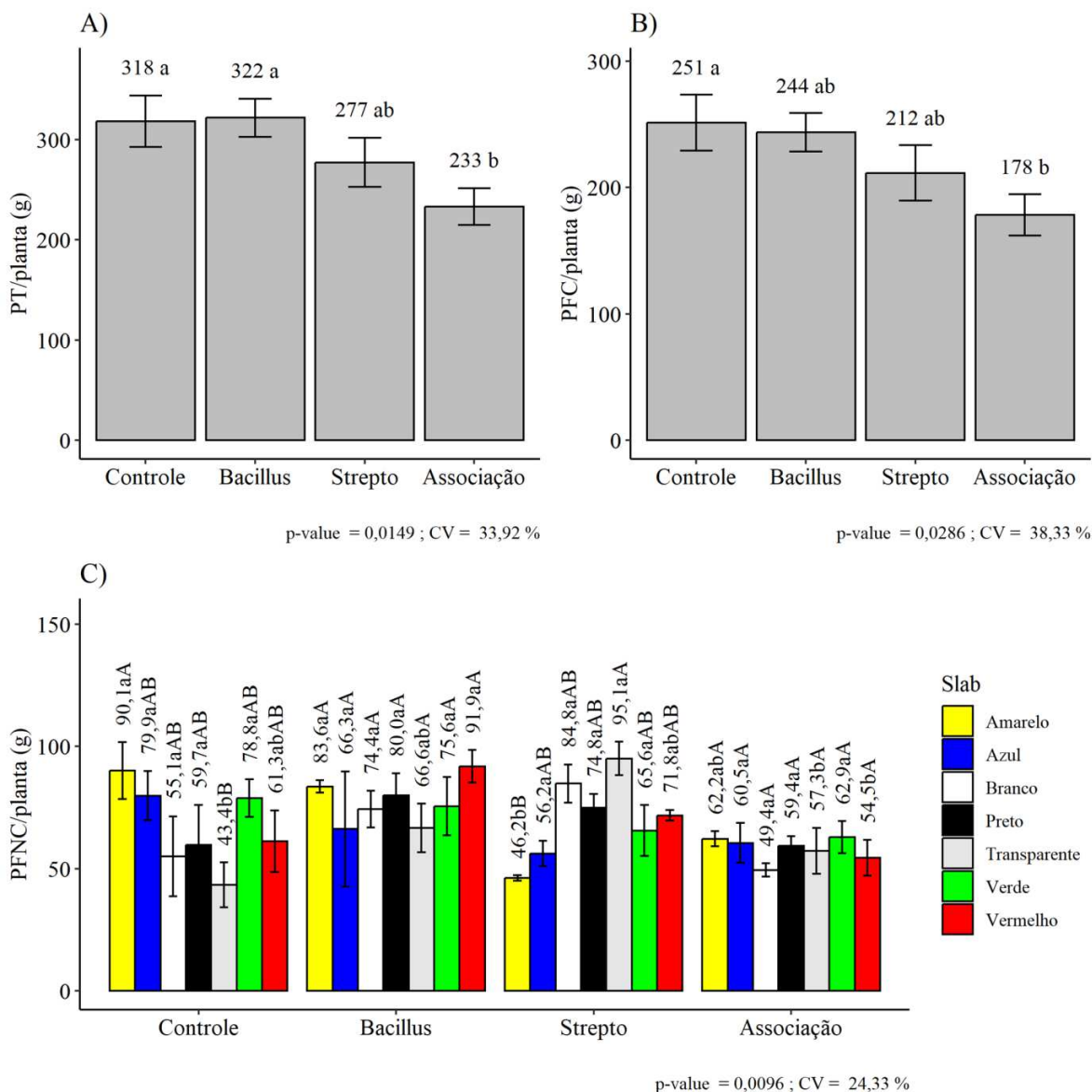
*PFT (produção de frutos totais); PFC (produção de frutos comerciais); PFNC (produção de frutos não comerciais); NFT (número de frutos totais); NFC (número de frutos comerciais); NFNC (número de frutos não comerciais); sig (significativa); n/s(não significativa); CV (coeficiente de variação).

Fonte: Próprio autor.

Para os parâmetros de produção podemos observar tanto para a PT e PFC que não houve um tratamento com os melhores resultados, no entanto, observa-se, por exemplo, que para a PT a associação de *Bacillus* sp. e *Streptomyces* sp. proporcionou os menores resultados (233 g), não diferindo apenas da inoculação por *Streptomyces* (277 g). Isso indica para esta variável que o tratamento controle seria o ideal para este tipo de cultivo de morangueiro.

Resposta semelhante foi observado para a PFC onde não houve diferença estatística entre a associação das bactérias e a utilização delas isoladamente, no entanto, a associação de bactérias trouxe menor produção (178 g) de frutos comerciais (PFC) em relação ao tratamento controle (251 g) (Figura 6).

Figura 6 - Produção total (PT) (A), de frutos comerciais (PFC) (B) e não comerciais (PFNC) (C) por planta no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.



*Associação (*Bacillus* sp.+ *Streptomyces* sp.)

**Médias seguidas de mesma letra minúscula entre bactérias dentro de um mesmo slab e maiúscula entre slabs dentro de uma mesma bactéria não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Próprio autor.

Conforme a figura acima (Figura 6), para o peso de frutos não comerciais (PFNC) houve efeito de interação, na qual se nota variadas respostas. Por exemplo, na inoculação de *Bacillus* sp. e a associação de *Bacillus* sp. + *Streptomyces* sp., não há diferenças entre as cores de slabs.

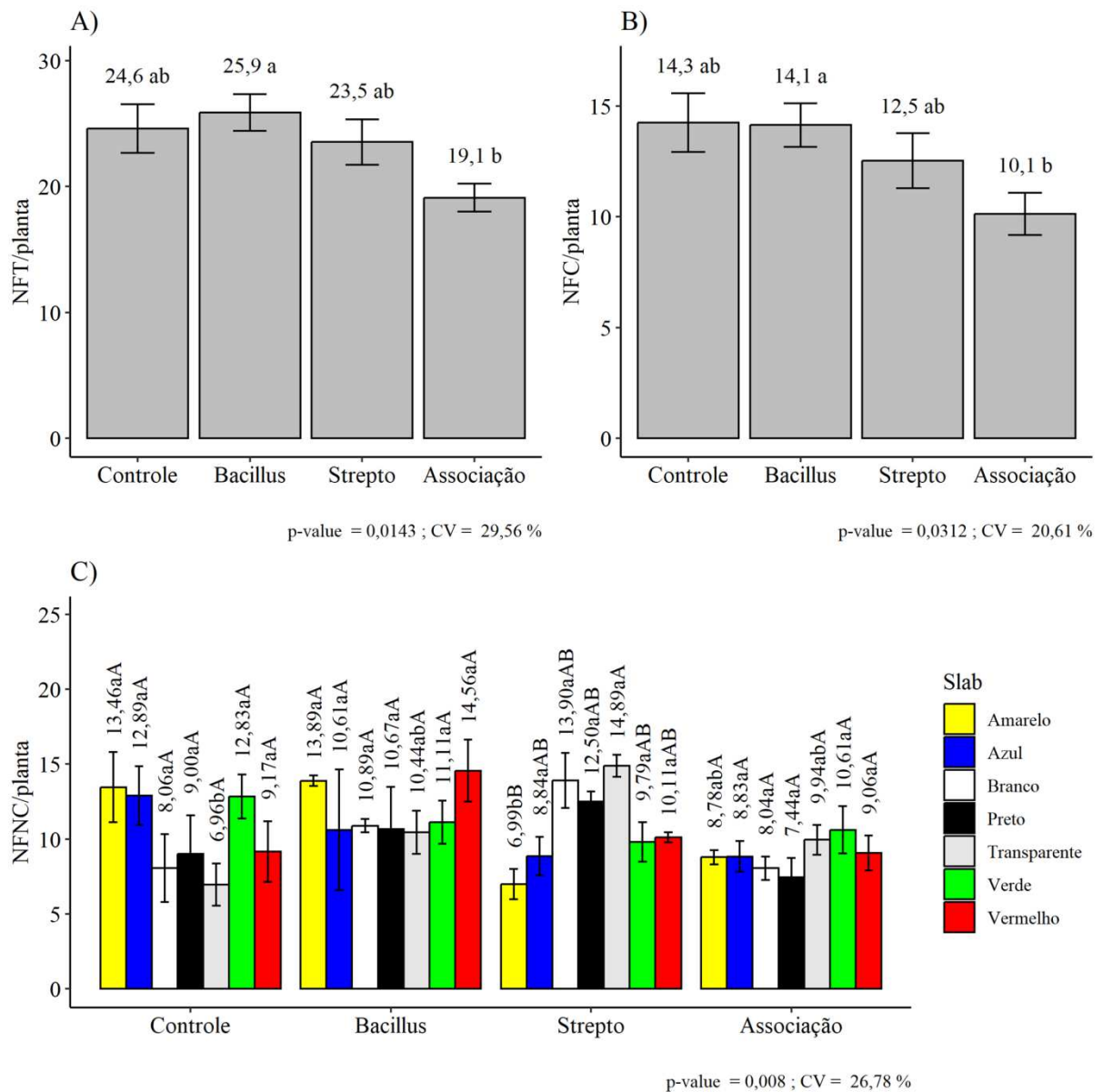
No entanto, para o tratamento controle, por exemplo, o slab de coloração transparente apresentou a menor média (43,4 g), diferindo estatisticamente somente do slab amarelo (90,1 g). Para o tratamento com inoculação de *Streptomyces* sp. houve resposta inversa, com maior média de PFNC para o slab transparente (95,1 g) não diferindo apenas do slab amarelo (46,2 g).

Quando comparado todos os tratamentos por cor de slab e utilização de bactérias, os tratamentos com a menor produção de frutos não comerciais (PFNC) foram o slab transparente do tratamento controle, o slab amarelo do tratamento com *Streptomyces* sp. e os tratamentos com slab transparente e vermelho do tratamento da associação de *Bacillus* sp. + *Streptomyces* sp.

Para os parâmetros quantitativos (Figura 7), o número de frutos totais por planta (NFT) foi menor no tratamento da associação das bactérias, diferindo estatisticamente apenas do tratamento com a inoculação isolada de *Bacillus* sp. Resultados semelhantes foram encontrados para o número de frutos comerciais (NFC). No entanto, assim como para a variável PFNC, houve interação entre a inoculação de bactérias x coloração de slab para o número de frutos não comerciais (NFNC).

Para os tratamentos controle, inoculação por *Bacillus* sp. e a associação de *Bacillus* sp. + *Streptomyces* sp. não houve diferença entre a coloração de slabs. Para o tratamento com *Streptomyces* sp. o slab transparente apresentou maior NFNC (14,89), no entanto diferiu estatisticamente somente do slab amarelo (6,99). Quando comparado todos os tratamentos por cor de slab e utilização de bactérias, os tratamentos com menor NFNC foram com a inoculação por *Streptomyces* sp, com slab de cor amarela e o controle com o slab transparente.

Figura 7 - Número de frutos totais (NFT) (B), comerciais (NFC) (A) e não comerciais (NFNC) (C) por planta no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.



*Associação (*Bacillus* sp.+ *Streptomyces* sp.)

**Médias seguidas de mesma letra minúscula entre bactérias dentro de um mesmo slab e maiúscula entre slabs dentro de uma mesma bactéria não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Próprio autor.

A literatura disponibiliza diversos estudos do efeito benéfico das bactérias promotoras de crescimento de plantas, influenciando em diversos processos bioquímicos na planta, trazendo efeitos benéficos de crescimento e qualidade de produção (CHEBOTAR *et al.*, 2022).

O tamanho e o peso são um dos fatores de qualidade mais importantes do morango, juntamente com a cor e o sabor (SIMKOVA, 2023). Estudo prévio demonstrou efeito positivo da aplicação de produto contendo várias bactérias (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii*, *Rhizobium trifolii*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus mucilaginosus*) na produção de morango (KILIC 2023). Entretanto, neste estudo anterior, os autores utilizaram as bactérias associadas exclusivamente a fertilizante orgânicos e biofertilizantes. Nestas condições, este tratamento com todas as bactérias atingiu o maior rendimento total com 250,17 g planta⁻¹, aproximadamente 40% de acréscimo em relação ao tratamento sem a mistura de bactérias.

Em estudo realizado por Srivastav *et al.* (2018), os tratamentos incluindo isolados da bactéria *Azotobacter* mais bactéria solubilizadora de fósforo foram os que apresentaram as maiores produções. Entretanto, também neste estudo citado por Srivastav, as bactérias foram utilizadas em associação com fertilizantes orgânicos.

Os mesmos autores sugeriram que os tratamentos com fertilizantes que utilizam BPCP poderiam ter amplificado as atividades de microrganismos benéficos, o que por sua vez promoveu a produção de substâncias promotoras de crescimento, aumentando a disponibilidade de nutrientes por um período mais longo durante a prática de cultivo, o que resultou num rendimento mais elevado. Os efeitos positivos observados nestes estudos prévios foram, portanto, diferentes dos obtidos neste estudo com a mistura de bactérias *Bacillus* sp. e *Streptomyces* sp. (OLANREWAJU; BABALOLA, 2018).

Caproni *et al.* (2021) concluíram que a utilização de biofertilizantes contendo *Bacillus* pode potencializar a produção de morangos, e suas maiores produtividades foram observadas na presença de *Bacillus methylotrophicus* associado ao fungo *Trichoderma asperellum* em comparação ao tratamento controle ao avaliar produção total, média estimada e o número de frutos nas cvs. 'Festival' e 'Oso Grande'.

No entanto, apesar de todos os benefícios citados, neste trabalho a utilização das bactérias não teve um efeito de incremento nas variáveis de produção e qualidade conforme o esperado.

4.5.2 PRODUÇÃO E NÚMEROS RELATIVOS DE FRUTOS COMERCIAIS E NÃO COMERCIAIS

Através dos dados apresentados pela análise de variância (Tabela 4) observa-se que não houve efeito das diferentes colorações de slabs, blocos e também a ausência de interação entre a cor do slab x inoculação de bactérias para as variáveis de produção e número de frutos. No entanto, foi observado efeito significativo das bactérias na produção relativa total dos frutos comerciais (PRFC) e não comerciais (PRFNC) que podem ser evidenciados conforme figura 8.

Tabela 4 - Resumo do quadro da análise de variância (p-valor) para os parâmetros de produção relativa no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.

Fonte de variação	PRFC (%)	PRFNC (%)	NRFC (%)	NRFNC (%)
Bactéria ¹	0,046 ^{sig}	0,046 ^{sig}	0,120 ^{n/s}	0,120 ^{n/s}
Slab ²	0,243 ^{n/s}	0,243 ^{n/s}	0,232 ^{n/s}	0,232 ^{n/s}
Bloco	0,819 ^{n/s}	0,819 ^{n/s}	0,826 ^{n/s}	0,826 ^{n/s}
Bactéria × Slab	0,780 ^{n/s}	0,780 ^{n/s}	0,627 ^{n/s}	0,627 ^{n/s}
CV (%)	10,55	30,41	17,35	20,19

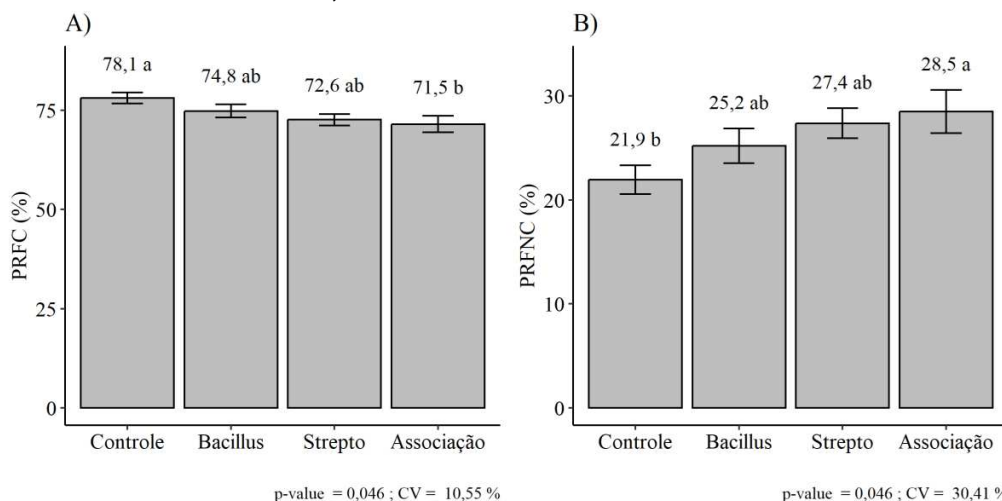
¹Controle; *Bacillus* sp.; *Streptomyces* sp.; Associação (*Bacillus* + *Streptomyces*).

²Coloração slab: branco, preto, transparente, vermelho, azul, amarelo e verde.

*PRFC (produção relativa de frutos comerciais); PRFNC (produção relativa de frutos não comerciais); NRFC (número relativo de frutos comerciais); NRFNC (número relativo de frutos não comerciais); sig (significativa); n/s(não significativa); CV (coeficiente de variação).

Fonte: Próprio autor.

Figura 8 - Produção relativa total de frutos comerciais (PRFC) (A) e não comerciais (PRFNC) (B) por planta do cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias. Londrina-PR, 2020.



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

Fonte: Próprio autor.

Os dados indicam que não houve diferença para a PRFC entre o tratamento controle (isento de inoculação por bactérias) e os tratamentos com *Bacillus* sp. e *Streptomyces* sp., com variação entre 72,6 e 78,1%, no entanto, o tratamento controle foi superior ao tratamento com associação das bactérias (71,5%). Para a PRFNC todos os tratamentos com presença de inoculação por bactérias obtiveram os maiores valores (entre 25,2 e 28,5%), enquanto o controle apresentou 21,9%, sendo este um valor inferior ao tratamento com associação de inoculação de bactérias, por exemplo.

O uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas tem sido estudado na cultura do morangueiro com já citado acima. A colonização de raízes de morangueiro por *Azospirillum brasilense* já tem sido amplamente relatada (ANDRADE *et al.*, 2019). Em trabalho com inoculação de BPCPs em morangueiro Pereira *et al.* (2012) demonstraram que o morangueiro é naturalmente associado à uma grande variedade de microrganismos com diversas capacidades fisiológicas e bioquímicas comprovadas *in vitro*.

No entanto, os resultados mostraram um efeito antagônico tanto da utilização de bactérias isoladas quanto da associação de bactérias, que não elevaram de forma significativa a PRFC e ainda proporcionaram maior PRFNC, ou seja, frutos fora do padrão comercial. Resultados estes que corroboram com os dados já apresentados na produção e número total de frutos/planta.

Trabalhos têm demonstrado que a inoculação algumas BPCP pode controlar a eficiência de uso do nitrato presente no solo por plantas. Pii *et al.* (2019) ao inocular *Azospirillum brasilense* em milho, observaram que o microrganismo é capaz de diminuir o uso de nitrogênio na forma de NO_3 por plantas, além de modificar a dinâmica de genes importantes para o uso do nutriente.

Para Moreira e Siqueira (2006) é possível que a inoculação de alguns isolados influencie negativamente o uso do nitrato pelas plantas. Segundo estes mesmos autores, a competição por nutrientes entre microrganismos rizosféricos e plantas já tem sido amplamente relatada, principalmente em situações de baixos níveis de determinados nutrientes, microrganismos podem passar a competir com as plantas pelos mesmos.

4.5.3 ÍNDICE DE PRODUÇÃO DE FRUTOS COMERCIAIS

A análise de variância (Tabela 5) para modelos mistos mostrou efeito significativo apenas para a interação entre bactéria x tempo (180 dias) para os parâmetros de produção (PAFC) e número (NAFC) de frutos comerciais acumulados.

Tabela 5 - Análise de variância para modelos mistos para produção (PAFC) e números (NAFC) acumulados de frutos comerciais com medidas repetidas no tempo no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias e cores de slabs. Londrina-PR, 2020.

Fonte de variação	PAFC (g)		NAFC (g)	
	χ^2	p-valor	χ^2	p-valor
Bactéria ¹	7,58	0,056 ^{n/s}	7,15	0,071 ^{n/s}
Slab ²	2,83	0,831 ^{n/s}	2,28	0,892 ^{n/s}
Tempo	15405,78	<0,0001 ^{sig}	17355,78	<0,0001 ^{sig}
Bloco	3,20	0,202 ^{n/s}	2,83	0,243 ^{n/s}
Bactéria × Slab	17,34	0,508 ^{n/s}	17,58	0,492 ^{n/s}
Bactéria × Tempo	354,93	<0,0001 ^{n/s}	342,57	<0,0001 ^{sig}
Slab × Tempo	227,47	1,000 ^{n/s}	199,58	1,009 ^{n/s}
Bactéria × Slab × Tempo	791,34	0,998 ^{n/s}	835,34	0,878 ^{n/s}

¹ Controle; *Bacillus* sp.; *Streptomyces* sp.; Associação (*Bacillus* + *Streptomyces*).

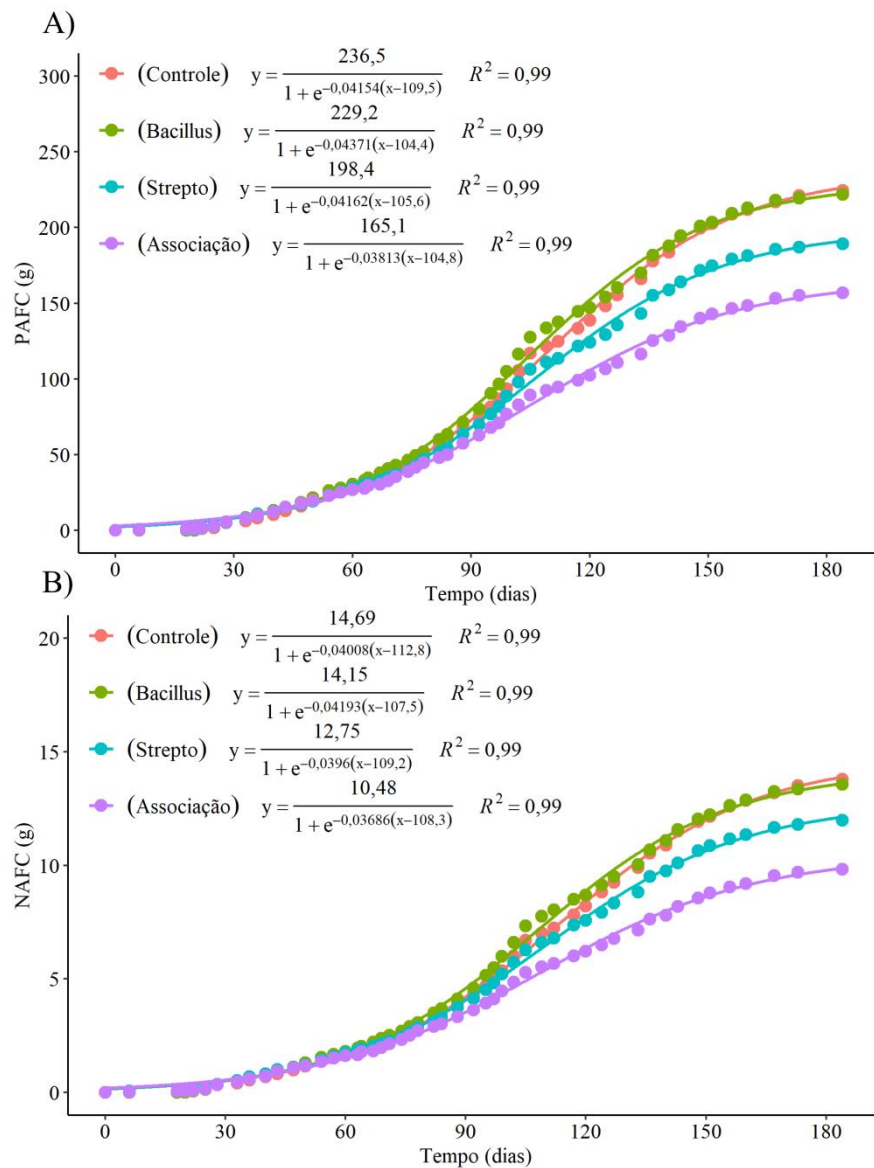
² Coloração slab: branco, preto, transparente, vermelho, azul, amarelo e verde.

*sig (significativa); n/s(não significativa); CV (coeficiente de variação).

Fonte: Próprio autor.

Até cerca de 70 dias, todas as bactérias se comportaram de maneira similar, contudo, no decorrer do tempo o tratamento com *Bacillus* sp. atingiu as maiores médias acumuladas, enquanto a associação das bactérias teve o menor desempenho de PAFC e o mesmo comportamento foi observado para NAFC (Figura 9).

Figura 9 - Produção (PAFC) (A) e número (NAFC) de frutos comerciais de morango (B) ao longo do tempo (180 dias) com diferentes bactérias no cultivo suspenso de morangueiro com diferentes bactérias. Londrina-PR, 2020.



Fonte: Próprio autor.

Já citado nos resultados acima, as BPCP apesar de não proporcionarem incremento significativo em relação ao controle tem diversos benéficos ao serem aplicadas, principalmente devido a liberação de metabólitos que estimulam diretamente o crescimento. Os mecanismos pelos quais as BPCP promove o crescimento das plantas não são totalmente compreendidos, mas acredita-se que incluam a capacidade de produzir hormônios vegetais, como auxinas, citocininas, giberelinas, promovem a solubilização de fosfato inorgânico e mineralização de fosfato orgânico e/ou outros nutrientes, agem como antagonistas

contra microrganismos fitopatogênicos, síntese enzimas e/ou compostos fungicidas e competição com microrganismos prejudiciais (DE ANDRADE *et al.*, 2019).

Além disso, deve-se salientar que cada espécie bacteriana em tem capacidade diferenciada em produzir estes compostos vegetais. Uma vez que se propõe que esses fitohormônios produzidos pelas BPCP estejam envolvidos na promoção do crescimento e causando aumento no tamanho das plantas e melhora na produção de frutos e a qualidade dos mesmos (DEEPA *et al.*, 2010), a baixa concentração destas substâncias podem ter afetado o resultado deste trabalho.

4.5.4 PESO MÉDIO DOS FRUTOS COMERCIAIS E NÃO COMERCIAIS

Quanto ao peso médio de frutos comerciais (PMFC), não comerciais (PMFNC) e totais (PMFT) a análise de variância mostrou efeito significativo somente para a coloração de slabs e unicamente para a variável PMFC, não havendo diferença para o PMFNC e PMFT (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo do quadro da análise de variância (p-valor) para os parâmetros de peso médio de frutos comercial (PMFC), não comercial (PMFNC) e total (PMFT). Londrina-PR, 2020.

Fonte de variação	PMFC (g)	PMFNC (g)	PMFT (g)
Bactéria ¹	0,305 ^{n/s}	0,899 ^{n/s}	0,673 ^{n/s}
Slab ²	0,032 ^{sig}	0,067 ^{n/s}	0,359 ^{n/s}
Bloco	0,387 ^{n/s}	0,120 ^{n/s}	0,612 ^{n/s}
Bactéria × Slab	0,697 ^{n/s}	0,127 ^{n/s}	0,775 ^{n/s}
CV (%)	10,63	12,83	18,40
Média	17,25	6,59	12,46

¹Controle; *Bacillus* sp.; *Streptomyces* sp.; Associação (*Bacillus* + *Streptomyces*).

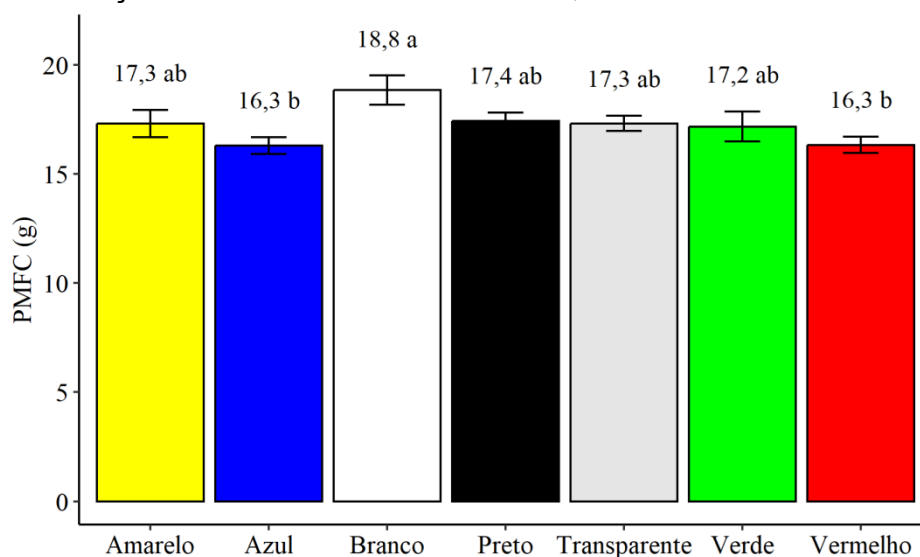
²Coloração slab: branco, preto, transparente, vermelho, azul, amarelo e verde.

* sig (significativa); n/s(não significativa); CV (coeficiente de variação).

Fonte: Próprio autor.

Os valores obtidos de PMFC (Figura 10) mostram que os slabs de coloração branca proporcionaram frutos de maior peso médio (18,8 g), no entanto, não diferiu das demais cores, sendo superior apenas ao peso médio dos frutos cultivados em slabs de coloração vermelho e azul, ambos com frutos médios de 16,3 g.

Figura 10- Peso médio do fruto comercial (PMFC) de morangueiro em cultivo suspenso em função da cor do slab. Londrina-PR, 2020.



p-value = 0,0326 ; CV = 10,63 %

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

Os resultados indicaram não haver uma coloração de slab que trouxe maiores benefícios, o que mostra que a variação dos resultados em relação a coloração dos slabs é extremamente dependente das condições climáticas e épocas de cultivo do morangueiro visto que a presença de cobertura afeta a atividade fotossintética das plantas, bloqueando a penetração dos raios solares no solo e aumentando a temperatura do solo, entre tantos outros fatores já citados.

Locascio *et al.* (2005) estudaram a resposta de cobertura do solo de coloração vermelha e preto na avaliação do tamanho dos frutos comerciais de morangos e, apesar de não encontrarem diferenças no parâmetro avaliado eles puderam verificar que a temperatura do solo em slab de coloração preta foi significativamente mais alta do que sob slab vermelha em Hastings, Flórida, enquanto em Gainesville, Flórida, observou-se a tendência oposta.

Miao *et al.* (2017) em estudo com cobertura de polietileno coloridos, incluindo vermelho, amarelo, verde, azul e branco, observaram que as diferentes colorações afetaram a qualidade dos frutos e bioativos compostos, no entanto, não teve efeito sobre o peso médio do fruto do morango.

Da mesma forma, Lalk *et al.* (2020) avaliaram a influência da cobertura de polietileno de diferentes cores de oito cultivares de morango e relatam que a coloração dos slabs não afetou o crescimento vegetativo da planta nem as variáveis de qualidade dos frutos de morango, incluindo tamanho dos frutos, teor de sólidos solúveis, teor de fenólicos totais ou teor de antocianinas totais.

4.5.5 COR E TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS DOS FRUTOS

Para os parâmetros qualidade dos frutos (coloração e teor de sólidos solúveis) a tabela de variância indicou diferença significativa somente para a variável luminosidade externa (LE) para o fator coloração de slab (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo do quadro da análise de variância (p-valor) para os parâmetros de qualidade de frutos de morangueiro em cultivo suspenso. Londrina-PR, 2020.

Fonte de variação	LE	CE	HE	LI	CI	HI	TSS
Bactéria ¹	0,913 ^{n/s}	0,407 ^{n/s}	0,860 ^{n/s}	0,805 ^{n/s}	0,324 ^{n/s}	0,593 ^{n/s}	0,310 ^{n/s}
Slab ²	0,003 ^{sig}	0,205 ^{n/s}	0,186 ^{n/s}	0,293 ^{n/s}	0,348 ^{n/s}	0,741 ^{n/s}	0,437 ^{n/s}
Bloco	0,562 ^{n/s}	0,229 ^{n/s}	0,137 ^{n/s}	0,314 ^{n/s}	0,272 ^{n/s}	0,762 ^{n/s}	0,617 ^{n/s}
Bactéria × Slab	0,911 ^{n/s}	0,066 ^{n/s}	0,910 ^{n/s}	0,423 ^{n/s}	0,492 ^{n/s}	0,236 ^{n/s}	0,546 ^{n/s}
CV (%)	5,16	9,28	17,36	9,70	19,48	17,11	17,67
Média	-	29,44	20,45	47,31	26,04	32,67	6,97

¹Controle; *Bacillus* sp.; *Streptomyces* sp.; Associação (*Bacillus* + *Streptomyces*).

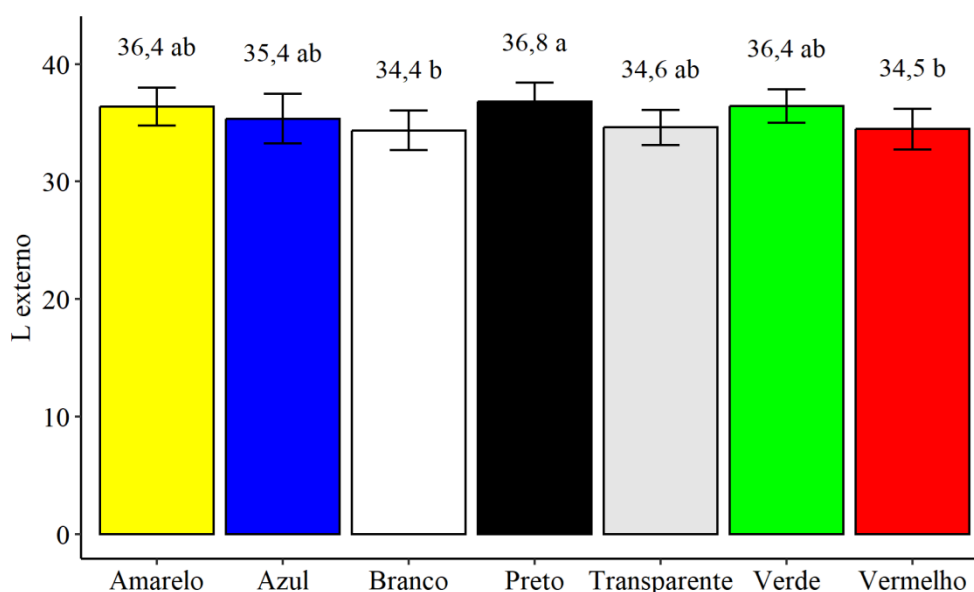
²Coloração slab: branco, preto, transparente, vermelho, azul, amarelo e verde.

*LE(luminosidade interno);CE(ângulo *hue* externo);HE(*chroma* externo); LI(luminosidade interno); CI (ângulo *hue* interno); HI (*chroma* interno);TSS (teor de sólidos solúveis); sig (significativa); n/s(não significativa); CV (coeficiente de variação).

Fonte: Próprio autor.

Como indicado acima, somente a variável LE apresentou diferença de acordo com as diferentes cores de slabs conforme observado na figura 11.

Figura 11 - Luminosidade externa (LE) do fruto de morango em cultivo suspenso em função de diferentes cores de slab. Londrina-PR, 2020.



p-value = 0,0033 ; CV = 5,16 %

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

Fonte: Próprio autor.

Podemos observar conforme os dados acima que, que os frutos provenientes do slab preto apresentaram os maiores valores (36,8), no entanto, sendo superior estatisticamente aos valores encontrados somente no slab vermelho (34,5) e branco (34,4).

Segundo ULLAH *et al.* (2021) coberturas plásticas podem alterar a qualidade e quantidade de energia luminosa sendo reirradiada para a copa da planta, afetando no desenvolvimento e nos atributos de qualidade do fruto. A cor da cobertura de polietileno determina o comportamento de radiação energética e o seu efeito no micro clima das plantas, como também afeta o equilíbrio espectral e a quantidade de luz do dossel, influenciando assim o acúmulo de compostos bioativos nos frutos (MLABA *et al.*, 2022).

Estruturas incluindo cobertura morta, túneis de plástico e redes coloridas alteram a intensidade e a qualidade da luz sobre a copa da planta, afetando o rendimento, a qualidade e o momento de produção dos frutos (SHIUKHY; RAEINI-SARJAZ; CHALAVI, 2015). O propósito da variação de cores impactarem a absorção e reflexão das proporções FR: R(vermelho distante para vermelho) resulta

na regulação do fitocromo. Plantas que recebem alta FR: R responde ao aumento da altura da planta e da biomassa acima do solo (ULLAH *et al.*, 2021).

A antocianina é o pigmento responsável pela cor vermelha do morango, atributo muito apreciado pelo consumidor. A antocianina é promovida por um comprimento de onda de luz de 640 a 670 nm, ou seja, o intervalo de luz vermelho. Esse composto bioativo tem como função proteger a epiderme do fruto da ação da luz, atua como mecanismo de defesa, antioxidante, entre outras funções (ULLAH *et al.*, 2021; SIMKOVA, 2023).

Com base nos resultados de Mlaba *et al.* (2022) para as cultivares de morango 'Albion' e 'Monterey', os frutos colhidos de plantas cultivadas com slabs de polietileno vermelho conservaram a maior parte de sua qualidade durante o armazenamento, indicando que a cor melhora parâmetros de pós colheita.

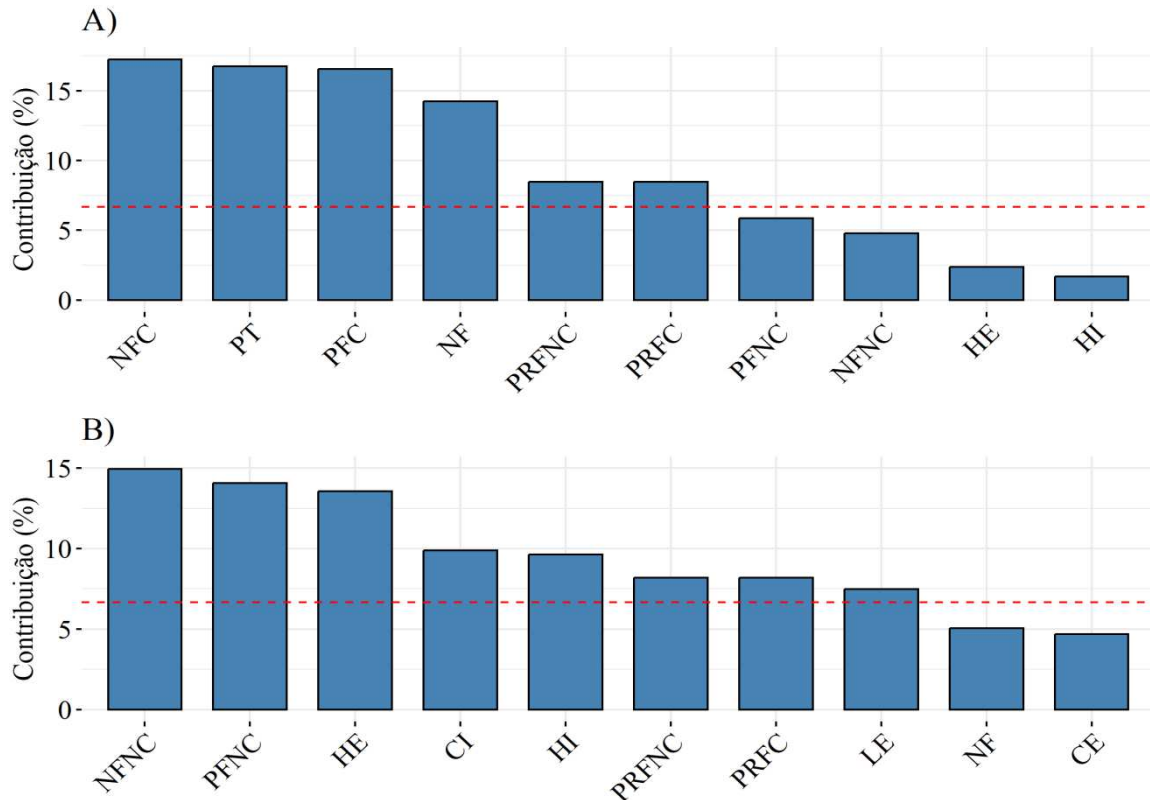
No entanto, vale resultar que na literatura existem diferentes relatos quanto a influencia das cores das coberturas na qualidade dos frutos de morango. De acordo com Casierra-Posada, Fonseca e Vaughan (2011) a cor da cobertura não afetou as variáveis de qualidade dos frutos, incluindo o teor de sólidos solúveis. Por outro lado, Singh *et al.* (2007) relataram maior crescimento e rendimento sob cobertura de plástico preto.

Segundo alguns autores, o maior impacto em relação as variáveis de qualidade dos frutos está associado a eficiência no uso da água, maior disponibilidade de nutrientes, maior atividade radicular, alta taxa de fotossíntese e outras atividades enzimáticas que são influenciadas pelas coberturas plásticas (ULLAH *et al.*, 2021). Já para Lalk *et al.* (2020) os diferentes resultados podem estar associados ao manejo, forma de condução do experimento e amostragem realizada dos frutos.

4.5.6 ANÁLISE MULTIVARIADA

Na análise de componentes principais as variáveis que mais contribuíram para a formação do componente 1 (eixo X) foram: NFC, PT, PFC e NF. Para a formação do componente 2 (eixo Y) as variáveis que mais contribuíram foram: NFNC, PFNC, HE, CI e HI (Figura 12).

Figura 12 - Contribuição das variáveis para a formação do componente principal 1 (A) e para a formação do componente principal 2 (B).



*Componente principal 1 (A): NFC (número de frutos comerciais); PF (produção total); PFC (produção de frutos comerciais); NF (número de frutos totais); PRFNC (produção relativa de frutos não comerciais); PRFC (produção relativa de frutos comerciais); PFNC (produção de frutos não comerciais); NFNC (número de frutos não comerciais); HE(*chroma* externo); HI (*chroma* interno).

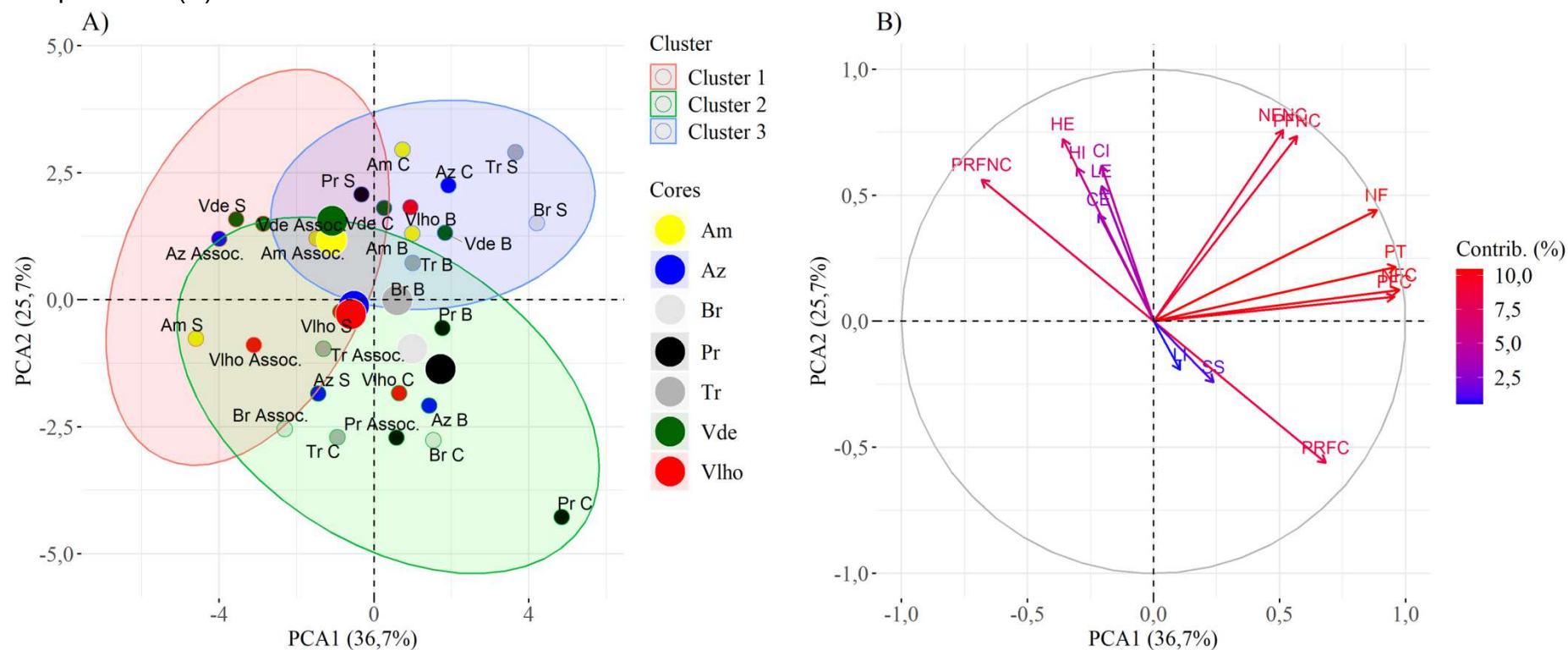
*Componente principal 2 (B): NFNC (número de frutos não comerciais); PFNC (produção de frutos não comerciais); HE(*chroma* externo); CI (ângulo *hue* interno); HI (*chroma* interno); PRNC (produção relativa não comercial); PRFC (produção relativa de frutos comerciais); LE(luminosidade interno); NF (número de frutos totais); CE(ângulo *hue* externo).

Fonte: Próprio autor.

Conforme a figura abaixo, podemos observar, por exemplo, que os tratamentos incluídos no cluster azul respondem melhor para as variáveis de produção, os tratamentos presentes no cluster vermelho para as variáveis de qualidade de frutos e os do cluster verde para % de frutos comerciais (Figura 13).

Desse modo, podemos observar que não houve um tratamento em questão que pudesse se destacar em todas as variáveis analisadas, sejam as de produção quanto às de qualidade dos frutos.

Figura 13 - Análise de componentes principais de morangueiro cultivado com diferentes cores de “slabs” associados com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). Representação gráfica dos componentes 1 e 2 (A) e contribuição das variáveis componentes (B).



A: controle (C); *Bacillus* sp. (B); *Streptomyces* sp. (S); *Bacillus + Streptomyces* (BS); branco (Br); preto (Pr); transparente (Tr); vermelho (Vlho); azul (Az); amarelo (Am); verde (Vde); PCA 1 e 2 (análise de componentes principais);

B: NFC (número de frutos comerciais); PT (produção total); PFC (produção de frutos comerciais); NF (número de frutos totais); PRFNC (produção relativa de frutos não comerciais); PRFC (produção relativa de frutos comerciais); PFNC (produção de frutos não comerciais); NFNC (número de frutos não comerciais); HE(chroma externo); HI (chroma interno); NFNC (número de frutos não comerciais); PFNC (produção de frutos não comerciais); HE(chroma externo); CI (ângulo hue interno); HI (chroma interno); PRNC (produção relativa não comercial); PRFC (produção relativa de frutos comerciais); LE(luminosidade interno); NFT (número de frutos totais); CE(ângulo hue externo); PCA 1 e 2 (análise de componentes principais); Contrib (contribuição).

Fonte: Próprio autor.

Os resultados deste estudo evidenciam a necessidade de experimentação contínua e frequente na avaliação das variáveis analisadas no cultivo de morangueiro. No caso da coloração dos slabs, seria importante a repetição dos estudos em várias safras agrícolas, pois a oscilação do clima, alternando diferentes temperaturas e diferentes níveis de insolação, pode tornar benéfico o uso em alguns períodos e desfavorecer em outros, dentro da mesma safra agrícola.

Portanto, a avaliação sistemática, de média ou longa duração poderia indicar a vantagem do uso de determinadas cores para as várias regiões e cultivares. Em relação às bactérias, fica evidente a necessidade do conhecimento individual dos efeitos e também a avaliação das misturas, pois, o uso inadequado destes organismos pode ser inócuo e até acarretar efeitos antagônicos à cultura.

4.6 CONCLUSÃO

As cores dos slabs de polietileno e a interação com as BPCP não apresentaram efeitos significativos para as variáveis de produção e qualidade dos frutos de morangueiros sob cultivo suspenso.

Pelos resultados podemos observar ser indicada a manutenção da utilização do já padrão comercial do slab de polietileno de coloração branca e que são necessários novos estudos e o aprofundamento destes em relação a estudos envolvendo a coloração de slabs e a utilização de bactérias de crescimento de plantas.

4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOO, B.N.; MAKUMBA, B.A.; MBEGA, E.R. The potential of Bacilli rhizobacteria for sustainable crop production and environmental sustainability. **Microbiological Research**, v. 219, p. 26-39, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2018.10.011>.
- ANDRADE, F.M.; PEREIRA, T.A.; SOUZA, T.P.; GUIMARÃES, P.H.S.; MARTINS, A.D.; SCHWAN, R.F.; PASQUAL, M.; DÓRIA, J. Beneficial effects of inoculation of growth-promoting bacteria in strawberry. **Microbiological Research**, v. 223-225, p. 120-128, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.04.005>
- BALLIU, A.; ZHENG, Y.; SALLAKU, G.; FERNÁNDEZ, J.A.; GRUDA, N.S.; TUZEL, Y. Environmental and Cultivation Factors Affect the Morphology, Architecture and Performance of Root Systems in Soilless Grown Plants. **Horticulturae**, v. 7, n. 8, p. 243, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae7080243>
- CAPRONI, C.M.; REZENDE, R.A.L.S.; RODRIGUES, F.A.; PASQUAL, M. Effect of applying *Bacillus*-based products on the production of strawberry cultivars. **Colloquium Agrariae**, v. 17, n. 2, p. 77-82, 2021. <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2021.v17.n2.a432>
- CASIERRA-POSADA, F.; FONSECA, E.; VAUGHAN, G. Fruit quality in strawberry (*Fragaria* sp.) grown on colored plastic mulch. **Agronomía Colombiana**, v. 29, n. 3, 407-413, 2011.
- CALVETE, E.O.; COSTA, R.C.; MENDONÇA, H.F.C.; CECATTO, A.P. **Sistemas de Produção fora de solo**. In: ANTUNES, L.E.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. Morangueiro. Brasília: Embrapa Clima Temperado, 2016. Cap. 11. p. 219-258.
- CHEBOTAR, V.K.; CHIZHEVSKAYA, E.P.; VOROBYOV, N.I.; BOBKOVA, V.V.; POMYAKSHEVA, L.V.; KHOMYAKOV, Y.V.; KONOVALOV, S.N. The quality and productivity of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) improved by the inoculation of PGPR *Bacillus velezensis* BS89 in field experiments. **Agronomy**, v.12, n.11, p.1-15, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112600>
- DE ANDRADE, F.M.; DE ASSIS PEREIRA, T.; SOUZA, T.P.; GUIMARÃES, P.H.S.; MARTINS, A.D.; SCHWAN, R.F.; PASQUAL, M.; DÓRIA, J. Beneficial effects of inoculation of growth-promoting bacteria in strawberry. **Microbiological Research**, v.223, p.120-128, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.04.005>.
- DEEPA, C.K.; DASTAGER, S.G.; PANDEY, A. Isolation and characterization of plant growth promoting bacteria from non-rhizospheric soil and their effect on cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seedling growth. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.26, p.1233-1240, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-0293-Y>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos** (5a ed.). Brasília: EMBRAPA CNPS. 2018, 355p.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - **Morango semi-hidropônico: como funciona o cultivo suspenso**. 2020. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index..> Acesso em: 27 de setembro de 2023.

FAGHERAZZI, A.F.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A.A.; MOLINA, A.R.; GONÇALVES, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; BARUZZI, G.; RUFATO, L. Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 1156, p. 937-940, 2017. <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2017.1156.138>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAOSTAT: food and agricultural commodities production**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI> . Acesso em: 26 de fevereiro de 2024.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **Facto extra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses**. 2017. Disponível em: <https://cran.rproject.org/package=factoextra> Acesso em: 26 de fevereiro de 2024.

KILIC, N. Synergistic Effect of Organic and Biofertilizers on Strawberry Cultivation. **Sustainability**, v. 15, n. 10, p. 8206, 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/su15108206>

LALK, G.; BI, G.; ZHANG, Q.; HARKESS, R.; LI, T. High-Tunnel Production of Strawberries Using Black and Red Plastic Mulches. **Horticulturae**, v. 6, n. 4, p. 73, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae6040073>.

LAMONT, W.J. Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops. **A Guide To The Manufacture, Performance, And Potential Of Plastics In Agriculture**, p. 45-60, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-102170-5.00003-8>.

LOCASCIO, S. J.; GILREATH, J. P; OLSON, S; HUTCHINSON, C. M.; CHASE, C. A. Red and black mulch color affects production of Florida strawberry. **HortScience**, n. 40, v.1, p. 69-71, 2005.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, Prague, v.27, p.1254-1255, 1992.

MIAO, L.; ZHANG, Y.; YANG, X.; XIAO, J.; ZHANG, H.; JIANG, M.; ZHANG, Z.; WANG, Y.; JIANG, G. Fruit quality, antioxidant capacity, related genes, and enzyme activities in strawberry (*Fragaria × ananassa*) grown under colored plastic film. **HortScience**, v.52, p.1241-1250, 2017. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12062-17>

MLABA, M.D.; FOTOULO-M, H.; TESFAY, S.Z.; ODINDO, A.; MAGWAZA, L.S.; MDITSHWA, A.; KURUP, S.; MOKGEHLE, S. N. Effect of polyethylene mulch colour and maturity stage on strawberry phytochemicals and postharvest quality. **Acta Horticulturae**, n. 1349, p. 251-260, 2022. <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2022.1349.35>

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**, 2ed. Lavras: Editora UFLA, 2006, 729p.

MUNOZ, K.; THIELE-BRUHN, S.; KENNGOTT, K. G.; MEYER, M.; DIEHL, D.; STENMETZ, Z.; SCHAUMANN, G. E. Effects of plastic versus straw mulching systems on soil microbial community structure and enzymes in strawberry cultivation. **Soil Systems**, v.6, n.1, p.1-17, 2022. <https://doi.org/10.3390/soilsystems6010021>

OLANREWAJU, O.S.; BABALOLA, O.O. Streptomyces: implications and interactions in plant growth promotion. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 103, n. 3, p.1179-1188, 2018. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-018-09577-y>

OLIVEIRA, A. B. C.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 21-26, 2012.

OLIVEIRA, A.L.M.; MILANI, K.M.L.; SANTOS, O.J.A.P.; SILVA, M.B. **Processo para produção de meio de cultura indutor da biossíntese de biomoléculas por bactérias do gênero azospirillum e método para preparação do meio**. Depositante: Universidade Estadual de Londrina (Br/Pr). Procurador: ARLETE FRANCISCA DA SILVA REIS. BR n. BR 10 2014 017174 6 A2. Depósito: 17 jul. 2014. Concessão: 12 abr. 2016. Instituto Nacional da Propriedade Industrial, n. 2768, p. 1-1, 2016.

PAPADAKIS, S.E.; ABDUL-MALEK, S.; KAMDEM, R.E.; YAM, K.L. A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. **Food Technology**, v.54, p.48-51, 2000.

PAPAROZZI, E.T.; MEYER, G.E.; SCHLEGEL, V.; BLANKENSHIP, E.E.; ADAMS, S.A.; CONLEY, M.E.; LOSEKE, B.; READ, P.E. Strawberry cultivars vary in productivity, sugars and phytonutrient content when grown in a greenhouse during the winter. **Scientia Horticulturae**, v.227, n.1, p.1-9, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.048>

PEREIRA, G.V.M.; MAGALHÃES, K.T.; LORENZENTII, E.R.; SOUZA, T.P.; SCHWAN, R.F. A multiphasic approach for the identification of endophytic bacterial in strawberry fruit and their potential for plant growth promotion. **Microbial Ecology**, v.63, p.405-417, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00248-011-9919-3>.

PII, Y.; ALDRIGHETTI, A.; VALENTINUZZI, F.; MIMMO, T.; CESCO, S. *Azospirillum brasilense* inoculation counteracts the induction of nitrate uptake in maize plants. **Journal of Experimental Botany**, v.70, n.4, p.1313-1324, 2019. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery433>

PUPAKDEEPAN, W.; TERMSUNG, N.; RUANGWONG, O.; KUNASAKDAKUL, K. Plant Growth Promoting and Colonization of Endophytic *Streptomyces albus* CINv1 against Strawberry Anthracnose. **Horticulturae**, v. 9, n. 7, p. 766, 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae9070766>

R CORE TEAM. **R. A language and environment for statistical computing.** Foundation for Statistical Computing, Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 03 Set. 2023.

RODRIGUES NETO, J. Meio simples para o isolamento e cultivo de *Xanthomonas campestris* pv. *citri* tipo B. **Summa Phytopathologica**, v. 12, p. 16, 1986.

RONQUE, E. R. V. **A Cultura do Morangueiro.** Curitiba: EMATER-PR, 2010. 52p.

SHIMIZU, G.D.; MARUBAYASHI, R.Y.P.; GONÇAVES, L.S.A. **AgroR: Experimental Statistics and Graphics for Agricultural Sciences.** R package version 1.2.4. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/AgroR/index.html>. Acesso em: 03 Set. 2023.

SILVA, M.A.; NASCENTE, A.S.; REZENDE, C.C.; FRASCA, L.L.M.; FILIPPI, M.C.C.; LANNA, A.C.; FERREIRA, E.P.B.; CRUZ, D.R.C.; LACERDA, M.C.; FERREIRA, E.A.S. Multifunctional rhizobacteria: use in agriculture. **Research, Society and Development**, v.11, n.4, e3111426971, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.26971>

SIMKOVA, K.; VEBERIC, R.; HUDINA, M.; GROHAR, M. C.; IVANCIC, T.; SMRKE, T.; PELACCI, M.; JAKOPIC, J. Berry size and weight as factors influencing the chemical composition of strawberry fruit. **Journal Of Food Composition and Analysis**, v. 123, p. 105509, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105509>.

SINGH, R.; SHARMA, R. R; GOYAL, R. K. Interactive effects of planting time and mulching on 'Chandler' strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v.111, n.4, p.344-351, 2007.

SHIUKHY, S.; RAEINI-SARJAZ, M.; CHALAVI, V. Colored plastic mulch microclimate s affect strawberry fruit yield and quality. **International Journal of Biometeorology**, v.59, n.8, p.1061-1066, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.11.002>

SRIVASTAV, A.; SINGH, B.K.; PANDEY, R.; SINGH, K.; SINGH, V. Effect of organic manures and bio-fertilizers on vegetative growth and yield of strawberry cv. Chandler. **Journal of Pharmacognosy Phytochemistry**, v. 7, p. 2841-2844, 2018.

ULLAH, I.; LIZALO, A.; EMRE DOGAN, D.; URAY, Y.; RASHID, H.H. (2021). Relevance of mulching In strawberry cultivation. In **International Cappadocia Scientific Research Congress** (pp. 318-330). 2021.

WEI, T.; SIMKO, V. **R package “corrplot”: Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.84)**, 2017. Disponível em: <https://github.com/taiyun/corrplot> Acesso em: 26 de fevereiro de 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil foi classificado pela FAO no ano de 2021 como o 8º maior produtor mundial em volume de produção de morangos, porém a produtividade média por área supera a produtividade mundial em mais de 15,21 t ha⁻¹.

A planta do morangueiro é sensível ao ataque de patógenos, variação da temperatura e umidade do solo. Para controlar essas situações e melhorar a produtividade, a técnica de cobertura do solo com filme plástico, bioplásticos, estufas, cultivo suspenso, visa obter frutos limpos e protegidos, induzindo a uma produção em volume satisfatório, com qualidade e sanidade.

Como resultado da utilização da cobertura do solo com filme plástico de polietileno, ocorre uma diminuição na variação diária de temperatura na camada do solo de 5 a 15 cm de profundidade e na evaporação; isso contribui para a criação de um microclima que pode favorecer o crescimento da planta através do desenvolvimento de raízes, da associação benéfica de rizobactérias; otimização de processo bioquímicos e melhoria da estrutura do solo.

Fatores ambientais como radiação, temperatura e fotoperíodo influenciam o desenvolvimento da planta. O balanço de radiação que entra no sistema de cultivo pode ser manejado com o auxílio de coberturas plásticas de diferentes cores, como também favorecer a disponibilidade de nutrientes ao manter a temperatura e umidade ideal. Junto a isso, a utilização de rizobactérias pode promover benefícios para a cultura como a fixação de nitrogênio, produção de hormônios vegetais, melhorar a sanidade da planta ao combater outros microorganismos nocivos.

As coberturas plásticas de polietileno são as mais utilizadas pelo baixo preço em relação às coberturas biodegradáveis e ou renováveis, mas diversos estudos demonstram a dificuldade em dar uma destinação correta para o PE após o uso e as partículas que contaminam o solo durante o uso. Devido ao apelo ambiental e divulgação de informações que estimulam práticas de preservação, o uso de materiais renováveis tem boa aceitação por parte dos produtores e consumidores.

Neste contexto, esse trabalho vem acrescentar informações sobre materiais plásticos utilizados na cobertura do solo no cultivo de morango pelo mundo

através dos resultados obtidos, associados a outros parâmetros das pesquisas analisadas. As informações obtidas através dos artigos selecionados embasam os resultados fornecidos pelo experimento a campo.

A cobertura plástica branca é usada normalmente em regiões de clima tropical, com temperaturas mais elevadas, pois essa cor reflete a maior parte da radiação, evitando o aquecimento elevado do solo. Cores escuras como preto e marrom foram relatadas com maior sucesso de produção em climas amenos e locais onde o solo atinge baixas temperaturas, pelo fato desse espectro de cores absorverem a maior parte da radiação que atinge o ambiente, transferindo e mantendo o calor por mais tempo no solo. Outro fator estudado, independente da cor do plástico utilizado, foi o uso e conservação da água do sistema de cultivo, ao conferir ao sistema proteção contra a evaporação da água.

Os resultados obtidos demonstram que novos estudos se fazem necessários, principalmente com materiais biodegradáveis, em diferentes regiões, cultivares e microorganismos promotores de crescimento de plantas para um perfeito entendimento da dinâmica de produção do morangueiro, associado à cobertura do solo com diferentes cores e associação de rizobactérias com especificidade as diversas cultivares de morangos existentes.