

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

TIAGO RUI GOIS

**RADIAÇÃO UV-C ALTERA A COLORAÇÃO E O POTENCIAL ANTIOXIDANTE
DO TEGUMENTO DE FEIJÃO CARIOCA**

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TIAGO RUI GOIS

**RADIAÇÃO UV-C ALTERA A COLORAÇÃO E O POTENCIAL ANTIOXIDANTE
DO TEGUMENTO DE FEIJÃO CARIOCA**

**UV-C radiation changes the color and antioxidant potential of carioca beans
tegument**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Dr.^a Taciane Finatto

Coorientadora: Dr.^a Ellen Cristina Perin

PATO BRANCO

2022

TIAGO RUI GOIS

**RADIAÇÃO UV-C ALTERA A COLORAÇÃO E O POTENCIAL ANTIOXIDANTE
DO TEGUMENTO DE FEIJÃO CARIOCA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia
do *Campus* Pato Branco da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 25/novembro/2022

Taciane Finatto
Doutorado em Agronomia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco

Marisa de Cacia Oliveira
Doutorado em Ciências Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco

Ellen Porto Pinto
Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão

PATO BRANCO

2022

AGRADECIMENTOS

As palavras não seriam suficientes para agradecer nem capazes de demonstrar a minha gratidão as pessoas aqui citadas, mas, de forma singela, tentarei expressar meu sentimento.

Inicialmente, gostaria de agradecer a minha família, que nunca desistiu de mim, compreendeu minha ausência, me apoiou nos momentos difíceis, me incentivou, me ajudou e também, sempre me auxiliou, separando amostras, contando grãos de feijão e identificando pacotinhos, enfim, este trabalho também é de vocês.

Agradeço à Pós-Doutoranda Ellen Cristina Perin, minha namorada e também coorientadora, que com zelo (mas firmeza) me deu suporte, puxões de orelha, ideias, apoio e compreensão. Agradeço infinitamente pela sua bondade e paciência, repassando cada método, cada análise, cada linha. Sua inteligência, competência, sabedoria, versatilidade, capacidade, e principalmente vontade e dom de ensinar foram essenciais no meu crescimento profissional e pessoal; sem você esse trabalho teria de fato sido bem mais simples (e isso não é uma reclamação mas sim motivo de orgulho). Agradeço pela sua confiança em meu potencial e por me apoiar em cada decisão.

Agradeço à Professora Taciane Finatto, por sempre confiar nas minhas ideias e pela disponibilidade em ser minha orientadora, desde o início na minha jornada na pesquisa, passando pela monitoria, pela iniciação científica, pelo estágio e finalmente, por este trabalho. Muito obrigado!

Agradeço aos colegas, doutorando Jorge Luiz Zanatta, mestrando Adão Alves Rodrigues Junior e graduando Vinícios Miosso, por serem precursores deste trabalho, possibilitando a sua continuidade.

Agradeço à professora, Ellen Porto Pinto, do departamento de Engenharia de Alimentos da UTFPR – *Campus* Francisco Beltrão, pelo empréstimo da câmara de luz UV-C, sem a qual este trabalho não seria concluído. Agradeço também à professora Solange Terezinha Carpes, do departamento de Química da UTFPR – *Campus* Pato Branco, por disponibilizar o laboratório, material para análise da

atividade antioxidante e principalmente, por ter disponibilizado a Pós-Doutoranda Ellen Cristina Perin para auxílio nas análises.

Agradecemos ao LABSOLOS da UTFPR – *Campus* Pato Branco pela realização das análises químicas do solo e ao Laboratório Multiusuário da Central de Análises pelo uso do colorímetro.

Por fim, quero agradecer a todos que de certa forma acreditaram em mim, amigos e colegas de trabalho (dos quais muitas vezes me ausentei), professores e todos que um dia lerão este trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

O feijão é uma leguminosa consumida no Brasil e no mundo, sendo o feijão carioca parte da dieta dos brasileiros. Porém, durante o armazenamento, ocorrem alterações da coloração do tegumento, influenciando na aceitação comercial do grão. A câmara com luz UV-C permite simular o envelhecimento acelerado e observar as alterações na coloração do tegumento. O presente estudo teve como objetivo, caracterizar 25 genótipos de feijão carioca submetidos ao envelhecimento simulado por luz UV-C quanto a coloração do tegumento e potencial antioxidante. Foram utilizadas 22 linhagens e três parentais, cultivados na área experimental da UTFPR – Pato Branco. Os genótipos foram inicialmente avaliados quanto aos componentes de rendimento e após submetidos a luz UV-C durante 72 horas e então avaliadas as variáveis de cor (quanto a L^* - luminosidade), potencial antioxidante pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP e estimativa do teor total de compostos fenólicos (CFT) e flavonoides (FT). Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância, teste t (comparação entre antes e depois do UV-C) e ao teste de médias Scott e Knott. Para os componentes de rendimento, as linhagens que apresentaram os maiores valores foram as linhagens 252, 116, 145, 178 e 320 apresentando massa de mil grãos superiores aos seus parentais (na mesma condição de cultivo) ou valores semelhantes a algumas cultivares disponíveis em mercado (L252, L116, L145). A aplicação da luz UV-C resultou em diferença significativa na coloração do tegumento na maioria dos genótipos, ficando acima do valor sugerido para feijão carioca (L^* 55) apenas cinco linhagens (L116, L128, 145, L162, L202 e L178). Os teores de CFT e FT também apresentaram diferença significativa antes e depois da aplicação da luz UV-C, ocorrendo de modo geral a diminuição dos compostos fenólicos e o aumento dos flavonoides totais. Para o CFT, as linhagens 173 e 310 apresentaram os maiores valores após a aplicação do UV-C. Para o FT, a linhagem 320 apresentou o maior valor após a aplicação do UV-C, seguida da 173 (grupo b de médias) e 310 (grupo c de médias). Para a análise da atividade antioxidante, nos três métodos houve diferença significativa na avaliação antes e depois do UV-C, sendo o comportamento genótipo dependente. As linhagens 277 e 278 apresentaram os maiores valores de ABTS após o UV-C, seguidas pela linhagem 310 e cultivar IPR Tangará. Para o método DPPH, as linhagens 178, 277, 278 e 320 foram as que apresentaram os maiores valores após o UV-C e para FRAP, a linhagem 173 apresentou o maior valor. Com base nos resultados, é possível concluir que as linhagens 173, 178, 310 e 320 apresentaram melhor resultado na maioria das variáveis analisadas, sendo promissoras para o seu futuro lançamento como cultivar, pois apresentam tegumento com L^* variando entre 50,418 e 55,355 mesmo após a aplicação de UV-C, massa de mil grãos variando entre 164,89 e 234,08 g, maiores potenciais antioxidante pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP e maiores valores de CFT e FT após a aplicação do UV-C.

Palavras-chave: Antioxidantes; colorimetria; feijão-comum; fenóis; melhoramento genético.

ABSTRACT

Beans are a type of legume consumed in Brazil and around the world, and carioca beans are part of the Brazilian diet. However, during processing, changes in tegument colors occur, influencing the commercial reception of the grain. The chamber with UV-C light allows the simulation of accelerated aging and the observation of changes in the color of the integument. The present study aimed to characterize 25 genotypes of carioca bean recognized by simulated aging by UV-C light in terms of tegument color and antioxidant potential. Twenty-two lines and three parents were used and cultivated in the experimental area of UTFPR – Pato Branco. Genotypes were initially evaluated for yield components, and after being tolerated under UV-C light for 72 hours, they were then evaluated for color variables (in terms of L^* - luminosity), antioxidant potential by ABTS, DPPH, and FRAP methods, and estimation of the total content of phenolic compounds (CFT) and flavonoids (FT). The results obtained were examined using an analysis of variance, a t-test (comparison between before and after UV-C), and the Scott and Knott mean test. For the yield components, the lines that presented the highest values were lines 252, 116, 145, 178, and 320, presenting a thousand-grain mass superior to their parents (in the same cultivation condition) or values similar to some cultivars available in the market (L252, L116, L145). The application of UV-C light resulted in a significant difference in tegument colors in most genotypes, being above the suggested value for carioca bean (L^* 55) in only five lines (L116, L128, 145, L162, L202, and L178). The CFT and FT contents also showed a significant difference before and after the application of UV-C light, with a general decrease in phenolic compounds and an increase in total flavonoids. For CFT, strains 173 and 310 showed the highest values after UV-C application. For FT, strain 320 showed the highest value after UV-C application, followed by 173 (group b of means) and 310 (group c of means). For the analysis of antioxidant activity, in all three methods, there was a significant difference in the evaluation before and after UV-C, with the behavior being genotype-dependent. Lines 277 and 278 adopted the highest ABTS values after UV-C, followed by line 310 and the cultivar IPR Tangará. For the DPPH method, strains 178, 277, 278, and 320 were the ones that showed the highest values after UV-C, and for FRAP, strain 173 showed the highest value. Based on the results, it is possible to conclude that lines 173, 178, 310, and 320 presented the best result in the largest of the variable variables, being promising for their future release as a cultivar since they presented tegument with L^* varying between 50.418 and 55.355 even after UV-C application, a mass of a thousand grain varying between 164.89 and 234.08 g, higher potential antioxidants by ABTS, DPPH, and FRAP methods, and higher CFT and FT values after UV-C application.

Keywords: Antioxidants; breeding; colorimetry; common bean; phenols.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Hábitos de crescimento do feijoeiro.....	17
Quadro 2 – Descritores morfológicos das cultivares IAC Milênio, IPR Tangará e ANFc 9. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	21
Figura 3 – Estabilização do radical ABTS·+ por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.....	25
Figura 4 – Formas radicalar (1) e não radicalar (2) do DPPH.....	26
Figura 5 – Redução do complexo TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina) com Fe ³⁺ ..	26
Figura 6 – Escala de cores para o sistema CIELab.....	29
Quadro 7 – Delineamento experimental. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	31
Figura 8 – Câmara utilizada para aplicação de luz UV-C em genótipos de feijão carioca.....	33
Figura 9 – Quantificação dos compostos fenólicos totais (CFT em mg EAG g ⁻¹) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C.....	45
Figura 10 – Quantificação dos flavonoides totais (FT em µg g quercetina ⁻¹) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C.....	47
Figura 11 – Correlação de Pearson por <i>HeatMap</i> dos métodos de determinação de atividade antioxidante (ABTS, DPPH e FRAP) e compostos fenólicos totais (CFT) e flavonoides totais (FT) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C.....	50
Figura 12 – Potencial antioxidante pelo método ABTS de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C.....	51
Figura 13 – Potencial antioxidante pelo método DPPH de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C.....	53
Figura 14 – Potencial antioxidante pelo método FRAP de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação radiação UV-C.....	56
Figura 15 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da cultivar ANFc 9 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	73
Figura 15 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da cultivar ANFc 9 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	74
Figura 16 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da cultivar IAC Milênio antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	75
Figura 17 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da cultivar IPR Tangará antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	76
Figura 18 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 46 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	77
Figura 19 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 58 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	78

Figura 20 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 60 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	79
Figura 21 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 89 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	80
Figura 22 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 116 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	81
Figura 23– Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 128 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	82
Figura 24 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 133 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	83
Figura 25 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 145 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	84
Figura 26 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 162 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	85
Figura 27 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 173 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	86
Figura 28 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 178 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	87
Figura 29 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 202 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	88
Figura 30 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 209 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	89
Figura 31 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 249 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	90
Figura 32 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 252 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	91
Figura 33 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 277 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	92
Figura 34 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 278 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	93
Figura 35 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 284 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	94
Figura 36 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 288 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	95
Figura 37 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 295 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	96
Figura 38 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 310 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	97
Figura 39 – Variáveis de L^* , a^* , b^* , C^* e h da linhagem 320 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição de feijão carioca cru (em medidas caseiras). UTFPR – Pato Branco, 2022.....	22
Tabela 2 – Análise de solo da área experimental. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	30
Tabela 3 – Resumo da ANOVA para os componentes de rendimento de genótipos de feijão carioca. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	37
Tabela 4 – Médias para os componentes de rendimento de genótipos de feijão carioca. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	38
Tabela 5 – Massa de mil grãos de cultivares de feijão carioca, conforme relatório dos descritores. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	39
Tabela 6 – Resumo da ANOVA dos genótipos de feijão carioca para a variável Luminosidade (L*). UTFPR – Pato Branco, 2022.....	40
Tabela 7 – Valores médios de Luminosidade (L*) dos genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	41
Tabela 8 – Quantificação dos compostos fenólicos totais (CFT em mg EAG g ⁻¹) e flavonoides totais (FT em µg g quercetina ⁻¹) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	43
Tabela 9 – Potencial antioxidante pelo método ABTS de genótipos de feijão carioca antes e após aplicação de radiação UV-C. UTFPR Pato Branco, 2022.....	49
Tabela 10 – Potencial antioxidante pelo método DPPH de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR Pato Branco, 2022.....	52
Tabela 11 – Potencial antioxidante pelo método FRAP de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	55
Tabela 12 – Análise de variância dos componentes de rendimento de genótipos de feijão carioca. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	100
Tabela 13 – Análise de variância dos genótipos de feijão carioca para as variáveis a* (tonalidade), b* (tonalidade), C* (cromaticidade) e h (saturação). UTFPR – Pato Branco, 2022.....	101
Tabela 14 – Análise de variância dos métodos de determinação de atividade antioxidante (ABTS, DPPH e FRAP) e compostos fenólicos totais (CFT) e flavonoides totais (FT) de genótipos de feijão carioca. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	102
Tabela 15 – Valores de a* e b* (tonalidade) dos genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	104
Tabela 16 – Valores de C* (cromaticidade) e h (saturação) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022.....	105
Tabela 17 – Análise de Correlação de Pearson (p≤0,05) para as variáveis de atividade antioxidante (ABTS, DPPH e FRAP) e compostos fenólicos totais (CFT) e flavonoides totais (FT). UTFPR – Pato Branco, 2022.....	107

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Geral.....	15
2.2	Específicos.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	Feijoeiro-comum.....	16
3.1.1	Dados agronômicos.....	16
3.1.2	Importância social e econômica.....	18
3.2	Melhoramento do feijoeiro.....	19
3.3	Composição química do feijão.....	21
3.3.1	Compostos fenólicos.....	23
3.3.2	Potencial antioxidante.....	24
3.3.2.1	Método ABTS.....	25
3.3.2.2	Método DPPH.....	25
3.3.2.3	Método FRAP.....	26
3.4	Alterações na coloração do tegumento do feijão no armazenamento.....	27
3.5	Colorimetria.....	28
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1	Linhagens.....	30
4.2	Componentes de rendimento.....	32
4.3	Radiação UV-C pós-colheita.....	32
4.4	Colorímetro.....	33
4.5	Potencial antioxidante.....	34
4.5.1	Extração.....	34
4.5.2	Compostos fenólicos totais e flavonoides totais.....	34
4.5.3	Atividade antioxidante.....	34
4.6	Análise estatística.....	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
5.1	Componentes de rendimento.....	37
5.2	Colorimetria.....	39
5.3	Compostos fenólicos totais (CFT) e flavonoides totais (FT).....	42
5.4	Atividade antioxidante pelo método ABTS.....	48

5.5	Atividade antioxidante pelo método DPPH.....	51
5.6	Atividade antioxidante pelo método FRAP.....	54
6	CONCLUSÕES.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A – Cultivares e linhagens antes e após 72 horas de radiação UV-C.....	72
	APÊNDICE B – Tabelas da ANOVA.....	99
	APÊNDICE C – Testes de médias para as variáveis a*, b*, C* e h em genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C.....	103
	APÊNDICE D – Análise de correlação de Pearson.....	106

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura de grande importância para o Brasil e para o mundo.

O Brasil é o terceiro maior produtor de feijão do mundo, totalizando, no ano de 2020, 3.035.290 toneladas, de um total de 27.545.942 toneladas, ficando atrás apenas da Índia e do Mianmar (FAOSTAT, 2022). A região do Brasil com maior área plantada é o Nordeste, totalizando, na safra de 2020/21, 1.456,8 mil hectares do total de 2.923,4 mil hectares plantados em todo o Brasil na Safra de 2020/21 (CONAB, 2022).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na safra 2020/21, o Brasil teve uma produção de feijão de 2.893,8 mil toneladas e a expectativa é que as safras de 2021/22 totalizem 2.977,0 mil toneladas. Dentre esses, o feijão carioca, apresenta para a segunda safra, a expectativa de produção de 557,3 mil toneladas (CONAB, 2022).

O Sul do Brasil, que compreende os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, obteve, na safra de 2020/21, uma área plantada de 517,3 mil hectares e produção de 706,9 mil toneladas, resultando na produtividade de 1.366,45 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022).

No entanto, um dos grandes problemas relacionados ao feijão carioca, está no seu armazenamento inadequado, pois na maioria dos genótipos ocorre o escurecimento do tegumento, devido a reações de oxidação das proantocianidinas (BENTO *et al.*, 2021). Esse escurecimento diminui a procura comercial, entretanto, Bento *et al.* (2020) destacaram, em seus estudos, que a cor do tegumento não foi um parâmetro seguro para predizer a qualidade do grão de feijão carioca.

Além disso, programas de melhoramento buscam entregar cultivares com tegumentos mais claros e com maior tempo de armazenamento sem alteração na coloração, pois há um entendimento empírico em que exista relação entre tempo de cozimento e cor do tegumento, onde grãos mais escuros tendem a necessitar de um maior tempo de cozimento (ALVARES *et al.*, 2020).

Para simular o envelhecimento e a consequente alteração na cor do tegumento, estudos vêm utilizando radiação através da aplicação de luz do tipo UV-C, que afeta o sistema de defesa das plantas, implicando ou não no aumento de

compostos antioxidantes (MISHRA; CHOI; BAEK, 2020; INDIARTO; NURANNISA, 2021; NUNES, 2021).

Especificamente em relação aos compostos antioxidantes do feijoeiro, em um artigo recente, pesquisadores constataram que diversos estudos relacionam o consumo de feijão com a redução do colesterol LDL e com a perda de peso (NCHANJI; AGEYO, 2021). Rique, Soares e Meirelles (2002) afirmam que populações com dietas ricas em substâncias antioxidantes apresentam baixa incidência de aterosclerose coronária, pois o antioxidante presente no alimento, evita que ocorra a oxidação do colesterol LDL e impede a sua conversão em partículas reativas potencialmente letais para as artérias.

De modo geral, os antioxidantes são capazes de reduzir a oxidação causada pelos radicais livres, que podem afetar o funcionamento das células e seus componentes, como o DNA, proteínas e lipídeos (BOTELHO, 2014). Além disso, o feijão é rico em proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais, e ácidos graxos insaturados, como o linoleico e o oleico, tornando-se uma fonte de alimentação segura e saudável (CELMELI *et al.*, 2018).

Nesse sentido, estudos de melhoramento que busquem gerar sementes que tragam consigo maior potencial antioxidante e reduzidas alterações em função do envelhecimento são de significativo interesse.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar linhagens de feijão carioca F₆ e parentais quanto aos componentes de rendimento, coloração do tegumento e potencial antioxidante antes e após a exposição a luz UV-C.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Caracterizar vinte e duas linhagens F₆ e três parentais (ANFc 9, IAC Milênio e IPR Tangará) de feijão carioca submetidos ao envelhecimento simulado por luz UV-C quanto a coloração do tegumento e potencial antioxidante.

2.2 Específicos

- Quantificar os componentes de rendimento (número de grãos por planta, número de legumes por planta, número de grãos por legume, massa de grãos por planta e massa de mil grãos) de linhagens e seus parentais.
- Simular envelhecimento acelerado através da luz UV-C em linhagens de feijão carioca.
- Avaliar a coloração do tegumento através de análise colorimétrica antes e após submissão a luz/radiação UV-C.
- Estimar a atividade antioxidante nas linhagens F₆ e parentais de feijão carioca pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP.
- Estimar o teor total de compostos fenólicos e flavonoides.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Feijoeiro-comum

3.1.1 Dados agronômicos

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie pertencente à família Fabaceae, ou leguminosa, classe Dicotiledoneae, sendo uma das plantas da referida família de maior importância na nutrição humana (ARNS, 2018; GUIDOTI *et al.*, 2018).

Morfologicamente, o feijoeiro-comum apresenta raiz com nódulos, cor de flores variada do branco-rosado ao violeta, é autógama, apresenta fruto linear ou oblongo com emergência dos cotilédones de forma hipógea (GIURCA, 2009).

Diversos estudos e registros arqueológicos, botânicos, históricos e linguísticos sugerem que, de modo geral, a origem do feijoeiro-comum tenha ocorrido nas Américas, variando entre alguns centros de origem, como América Central e Sul dos Andes. Quanto a presença no Brasil, afirma-se que ela foi trazida por grupos indígenas, antes da chegada dos portugueses (BERTOLDO; SILVA; FAVRETO, 2012; REIFSCHNEIDER *et al.*, 2015; TSUTSUMI; BULEGON; PIANO, 2015; FERREIRA; BARRIGOSI, 2021).

De acordo com a Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é considerado como feijão os grãos provenientes das espécies *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp, classificado na mesma portaria em Grupos, classes e tipos. Os grãos do feijoeiro-comum são classificados no Grupo I, pois são provenientes da espécie *Phaseolus vulgaris* L., classificados, também, de acordo com a cor do tegumento, sendo o tipo carioca classificado na classe cores. (MAPA, 2008).

Para a classificação por tipos, de acordo com a mesma Instrução Normativa, leva-se em conta alguns percentuais de tolerância de defeitos graves, como, a presença de matérias estranhas e impurezas (insetos mortos, por exemplo), total de mofados, ardidos e germinados, total de carunchados e atacados por lagartas das vagens e total de defeitos leves. A partir desses parâmetros, o feijão é classificado em Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3, fora de tipo e desclassificado.

De acordo com Oliveira *et al.* (2018), o feijoeiro apresenta quatro tipos de hábitos de crescimento: Tipo I (hábito determinado), Tipo II, III e IV de hábitos indeterminados, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Hábitos de crescimento do feijoeiro



Fonte: Oliveira *et al.* (2018).

As épocas de plantio da cultura do feijoeiro são definidas por região, de acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), que leva em conta riscos e necessidades de cada cultura, como a temperatura do ar, ciclo e estádios fenológicos, reserva útil de água dos solos e Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA).

Para o Paraná, já estão publicadas as portarias que definem o zoneamento da safra 2021/22, sendo a Portaria SPA/MAPA nº 12, de 4 de abril de 2022 e a Portaria SPA/MAPA nº 327, de 19 de setembro de 2022, que aprovam para a 1ª e 2ª safra do ano-safra 2022-23. Para o município de Pato Branco, as épocas indicadas para semeadura iniciam, para a 1ª safra, no período de 1º de setembro até 31 de

dezembro. Para a 2^a safra a indicação de semeadura é de 21 de dezembro até 28 de fevereiro, podendo, as datas de semeadura variarem conforme a cultivar (MAPA, 2022a, b).

3.1.2 Importância social e econômica

O feijoeiro-comum apresenta grande importância social e econômica, sendo um dos alimentos mais consumidos no mundo e é uma cultura que compõe a renda de pequenos e grandes produtores.

Dados do último relatório da *Food and Agriculture Organization* (FAO) apontam que o feijão é considerado alimento básico, pois é consumido regularmente em quantidades significativas, sendo responsável por fornecer a maior proporção de energia total da dieta, junto ao arroz, milho, batata, mandioca e soja. Dados do mesmo relatório apontam que durante a guerra da Ucrânia, no mês de março de 2022, o Egito proibiu a exportação de alguns alimentos, dentre eles o feijão, tendo em vista a preocupação com a reserva deste e outros alimentos (FAO *et al.*, 2022).

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontam que nos anos entre 2017-2018, o feijão apresentou consumo médio per capita diário de 142,2 g dia⁻¹, sendo mais consumido pelos homens. Além disso, o feijão foi altamente consumido por todas as faixas de renda. Apesar disso, o consumo de feijão teve uma queda, quando comparado ao período entre a pesquisa anterior, entre 2008-2009, explicado pelo aumento da renda de muitos brasileiros e pela preferência a alimentos industrializados (IBGE, 2020).

O Estado do Paraná, para o feijão tipo preto, fica na primeira colocação em termos de produção, sendo responsável, no ano de 2021, por 631.295 toneladas e área plantada de 409.799 hectares, com produtividade média de 1.540 kg ha⁻¹. O maior produtor de feijão no estado é o município de Prudentópolis – PR (IBGE, 2022b).

Para o feijão tipo cores, no levantamento de 2017, a área colhida foi de 778.342 hectares e produção de 1.292.645 toneladas, sendo o maior estado produtor de feijão tipo carioca Minas Gerais, totalizando 397.267 toneladas. O Estado do Paraná ficou com a quarta posição, sendo responsável pela produção de 163.064 toneladas (IBGE, 2022a).

Dados do Departamento de Economia Rural (DERAL) apontam que a regional de Pato Branco – PR, o feijão 1^a safra 2020/21 apresentou área plantada de 6.580 ha e produção de 10.819 toneladas e para a 2^a safra 2020/21 apresentou área plantada de 72.680 ha e produção de 87.787,5 toneladas (SEAB, 2022b).

De acordo com a Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (SEAB) na data de 25/10/2022 a saca (60 kg) de feijão carioca Tipo I estava cotada no valor mais comum de venda de R\$ 260,00 e a saca (60 kg) de feijão preto Tipo I no valor mais comum de R\$ 190,00 (SEAB, 2022a).

Além da importância na alimentação, assim como outras plantas da família Fabaceae (soja, lentilha), o feijoeiro-comum é uma fonte de nitrogênio (N) para o solo, através da atividade chamada Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) que ocorre em consórcio com as bactérias do gênero *Rhizobium* e seu uso é uma excelente alternativa para diminuir o uso de fertilizantes inorgânicos no solo (VASCONCELOS *et al.*, 2020).

3.2 Melhoramento do feijoeiro

O melhoramento das plantas é uma estratégia que visa o aumento da produtividade e é utilizada desde o início da agricultura, sendo uma forma sustentável e equilibrada, podendo ser considerada uma arte. No passado, as sementes das plantas mais desejáveis eram separadas para a sua propagação (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021).

Existem várias formas de conduzir um programa de melhoramento de plantas e a sua escolha depende do objetivo final, e principalmente, da forma de reprodução das plantas. Para a cultura do feijoeiro, por ser uma planta autógama, com baixa frequência de fecundação cruzada, os métodos mais comuns de melhoramento são mutações, introdução de plantas (inserção de material vegetal em área desejada), método populacional (*bulk*), método genealógico, *Single Seed Descent* (SSD), retrocruzamentos, seleção recorrente e, ainda, a hibridação artificial. Entretanto, a hibridação artificial é utilizada apenas para produzir as primeiras linhagens F₁, que serão autofecundadas e escolhidas ao longo do tempo até seu lançamento como cultivar (TSUTSUMI; BULEGON; PIANO, 2015; BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021).

Dentre algumas contribuições do melhoramento, destacam-se o aumento da produtividade e qualidade dos alimentos, resistência de doenças e pragas e resistência a condições ambientais e climáticas (AMABILE; VILELA; PEIXOTO, 2018).

Além das estratégias convencionais de melhoramento, com o avanço da tecnologia, surgiu a área da biotecnologia, que une biologia e tecnologia, através de técnicas utilizando seres vivos para o desenvolvimento de processos e produtos com função econômica e social, sendo uma ciência multidisciplinar. Dentre os avanços alcançados pela biotecnologia, pode-se citar o desenvolvimento de plantas melhoradas utilizando técnicas convencionais de melhoramento genético e também a transformação genética, como, por exemplo, o desenvolvimento de plantas transgênicas (FALEIRO; ANDRADE; REIS-JUNIOR, 2011).

Para o feijão, existem diversos estudos com focos específicos, como, por exemplo, resistência a antracnose (ARRUDA, 2005), aumento dos teores de ferro e zinco (MARTINS, 2015), resistência a múltiplas viroses como *Bean common mosaic virus* (BCMV), *Bean Golden mosaic virus* (BGMV) e *Cowpea mild mottle virus* (CPMMV) (ARAGÃO *et al.*, 2013; SILVA, 2021).

No ano de 2015, houve o registro da primeira cultivar de feijão comum geneticamente modificada do Brasil, a cultivar BRS FC401 RMD, de propriedade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Esta cultivar apresenta resistência ao vírus do mosaico dourado (*Bean golden mosaic virus* – BGMV) e sua utilização pode diminuir o uso de inseticidas para controle do seu vetor, a mosca-branca, bem como aumentar a vida útil dos inseticidas presentes no mercado (SOUZA *et al.*, 2016).

De acordo com a *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications* (ISAAA), a cultivar BRS FC 401 é a única cultivar de *Phaseolus vulgaris* L. geneticamente modificada (GM) registrada no mundo até a presente data (ISAAA, 2022).

Atualmente, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus Pato Branco* (UTFPR – PB), através do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAG), conta com um programa de melhoramento, cujo objetivo é lançar cultivares de feijoeiro-comum tipo carioca para cultivo em sistema orgânico, aliando produtividade com qualidade de grão. Inicialmente, o programa contava com 400

linhagens, oriundas de cruzamentos das cultivares comerciais IAC Milênio x ANFc 9 (linhagens 1 – 273) e IAC Milênio x IPR Tangará (linhagens 275 – 400).

As cultivares IAC Milênio, IPR Tangará e ANFc 9 (focos desse estudo) estão registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) sob os números 31078, 23116 e 29360, respectivamente (MAPA, 2022c). As cultivares apresentam os seguintes descritores morfológicos (Quadro 2).

Quadro 2 – Descritores morfológicos das cultivares IAC Milênio, IPR Tangará e ANFc 9. UTFPR – Pato Branco, 2022

Descritor	Cultivar		
	IAC Milênio	IPR Tangará	ANFc 9
Porte	Semi-ereto	Ereto	Ereto
Cor da flor	Uniforme	Branca	Branca
Semente – Cor do halo	Mesma cor da semente	Bege claro	-
Hábito de crescimento	Indeterminado	Indeterminado (Tipo II)	-
Cor da vagem na maturação fisiológica	Creme	Amarela	Amarela
Brilho da semente	Intermediário	Opaco	-
Semente – Cor do tegumento	Creme com listras marrom claras	Bege claro com estrias marrom claras	Bege claro
Velocidade de escurecimento	Lento	Normal	Lento
Peso de 1000 sementes	290 gramas	246 gramas	275 gramas
Ciclo – Da emergência ao florescimento	35 dias	42 dias	40 – 44 dias
Ciclo – Da emergência à maturação fisiológica	90 dias	87 dias	88 – 94 dias

Fonte: Adaptado de AGRO NORTE Pesquisa e Sementes LTDA. (2022), Ariati (2018), IAPAR, (2017), MAPA (2022c).

3.3 Composição química do feijão

As propriedades nutricionais das leguminosas são de importância, pois é considerado uma fonte de proteínas, podendo ser fonte desse nutriente em dietas vegetarianas ou veganas que dispensam o consumo de proteínas de origem animal.

De maneira geral, os grãos de feijão apresentam uma vasta composição química, que segue apresentada na Tabela 1, de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) para o feijão carioca cru.

Tabela 1 – Composição de feijão carioca cru (em medidas caseiras). UTFPR – Pato Branco, 2022

Componente	Valor por 100 g	Colher sopa cheia (22 g)	Colher sopa rasa (14 g)
Energia (kcal)	306,00	67,00	180,00
Umidade (g)	12,00	2,63	1,67
Carboidrato total (g)	60,40	13,30	8,46
Carboidrato disponível (g)	40,00	8,80	5,61
Proteína (g)	22,10	4,86	3,09
Lipídeos (g)	1,87	0,41	0,26
Fibra alimentar (g)	20,40	4,48	2,85
Cinzas (g)	3,67	0,81	0,51
Cálcio (mg)	106,00	23,30	14,90
Ferro (mg)	6,99	1,54	0,98
Sódio (mg)	0,95	0,21	0,13
Magnésio (mg)	147,00	32,40	20,60
Fósforo (mg)	367,00	80,90	51,50
Potássio (mg)	1.361,00	299,00	190,00
Zinco (mg)	2,83	0,62	0,40
Cobre (mg)	0,76	0,17	0,11
Selênio (mcg)	0,10	0,02	0,01
Alfa-tocoferol (Vitamina E) (mg)	0,32	0,07	0,04
Tiamina (mg)	0,17	0,04	0,02
Niacina (mg)	4,12	0,91	0,58
Vitamina B6 (mg)	0,67	0,15	0,09
Vitamina C (mg)	6,26	1,38	0,88
Equivalente de folato (mcg)	521,00	114,00	73,00

Fonte: Adaptado de TBCA (2022).

O feijão portanto, é considerado uma fonte de carboidratos, contém fibras alimentares, vitaminas do complexo B, ferro, cálcio, zinco e geralmente é consumido na refeição juntamente a algum outro cereal, como, o arroz, que é fonte de carboidratos, fibras, vitaminas do complexo B e minerais (BRASIL, 2008, 2019). Dentre esses já mencionados, a mistura clássica das refeições dos brasileiros, de arroz e feijão tem papel complementar na ingestão de aminoácidos essenciais,

como, por exemplo, a lisina, encontrada no feijão e na ingestão de metionina, encontrada no arroz (RIBEIRO *et al.*, 2007; FERREIRA; BARRIGOSSO, 2021).

3.3.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos fazem parte do metabolismo secundário, doravante chamado especializado, responsável por exemplo, pela defesa das plantas e pela atração de agentes polinizadores. São caracterizados por possuírem um ou mais grupos hidroxila funcional em um ou mais anéis aromáticos, totalizando aproximadamente 10.000 compostos já identificados, dos quais, dentre esses estão classificados os flavonoides (TAIZ; ZEIGER, 2009; PERIN, 2014).

Os compostos fenólicos protegem as plantas de herbívoros, competem com plantas adjacentes e protegem da radiação ultravioleta (UV), atuando como filtros, removendo oxidantes nocivos e radicais livres induzidos pela luz UV contida na luz solar (TAIZ *et al.*, 2017).

Huber (2012) identificou e quantificou compostos fenólicos de diferentes cultivares de feijoeiro-comum, sendo uma delas do tipo carioca, determinou a presença de seis formas de flavonoides, em três diferentes extratos (cru, cozido+macerado e cozido), sendo eles o caempferol, o caempferol-3-glicosídeo, caempferol-3-rutinosídeo, catequina, quercetina e quercetina-3-glicosídeo, e concluiu, de modo geral que o tratamento térmico aumentou a concentração dos compostos fenólicos e que os diferentes flavonoides podem ter relação com a coloração do tegumento.

Mesquita, Corrêa e Lima (2007) correlacionaram os teores de compostos fenólicos em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com a digestibilidade proteica e, apesar de não haver correlação entre os dois parâmetros, as cultivares com maiores valores de compostos fenólicos foram as que apresentaram maior digestibilidade proteica.

Em um artigo de revisão, Saleem, Ahmed e Hasan (2016) citaram vários compostos fenólicos presentes no feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na literatura, como, por exemplo, antocianinas, ácido gálico, daidzeina, delphinidina, petunidina e alguns flavonoides como proantocianidina, quercetina, coumestrol e caempferol. Em outro estudo, Padmavathi *et al.* (2021) afirmam que os flavonoides são encontrados no

tegumento e que a cor da semente contém polifenóis, potencializando o feijão para vários usos medicinais e farmacológicos.

Outros estudos analisaram e mostraram efeito analgésico, anti-inflamatório, antioxidante, antidiabético, protetor hepático e anticâncer no feijão (OOMAH; CORBÉ; BALASUBRAMANIAN, 2010; CÂMARA; URREA; SCHLEGEL, 2013; HAYAT *et al.*, 2014; JENISH *et al.*, 2016; SINGH *et al.*, 2017).

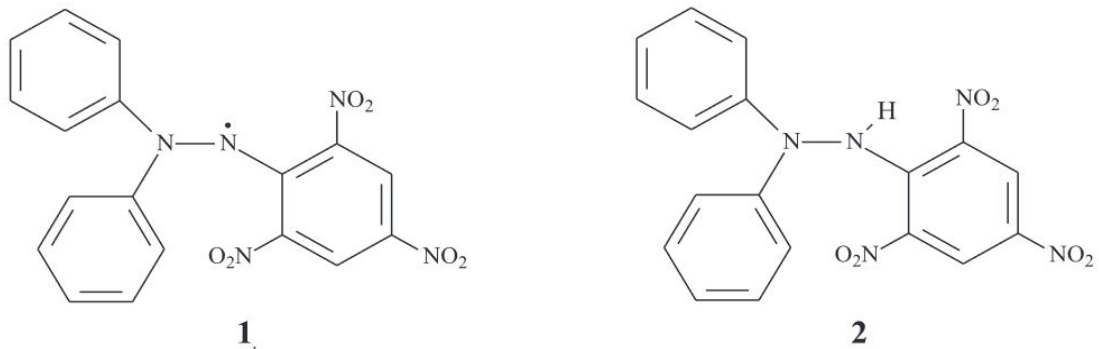
3.3.2 Potencial antioxidante

Quando as plantas passam por situações adversas à sua condição de homeostase, para que ocorra a sobrevivência da espécie, ocorrem respostas fisiológicas, que podem acarretar o aumento das espécies reativas de oxigênio (EROs), espécies reativas de nitrogênio (ERNs) ou até mesmo espécies reativas de enxofre (ERSs). Quando a produção dessas espécies ultrapassa a capacidade antioxidante das plantas, ocorre a ativação dos mecanismos de defesa, como por exemplo, a produção de compostos fenólicos, que possuem atividade antioxidante (PERIN, 2014).

As EROs são as espécies mais comuns e são formas de oxigênio altamente reativas, possuindo ao menos um elétron não pareado nos orbitais e são capazes de reagir rapidamente com o DNA, RNA e lipídeos. Os antioxidantes, portanto, são capazes de aceitar os elétrons das EROs e neutralizá-los. Dentre os estresses que podem gerar as EROs estão o congelamento, a seca, o frio, o calor e a luz ultravioleta (TAIZ *et al.*, 2017).

Atualmente, existem várias metodologias para análise de potencial antioxidante, como, por exemplo, o método do radical ABTS [(2,2-azino-bis (ethylbenzo-thiazoline6-sulfonic acid) diammonium salt], o método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), o método do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil), o método ORAC (Capacidade de Absorção de Radicais de Oxigênio), o método de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico e para quantificar os compostos fenólicos é comumente utilizado o método do Folin Ciocalteau e para flavonoides, a metodologia de formação do complexo metal (alumínio)-flavonoides nos extratos etanólicos (PARK *et al.*, 1998; NEVES; ALENCAR; CARPES, 2009; SUCUPIRA *et al.*, 2012; ÁSSIMOS, 2014; OLIVEIRA, 2015).

Figura 4 – Formas radicalar (1) e não radicalar (2) do DPPH

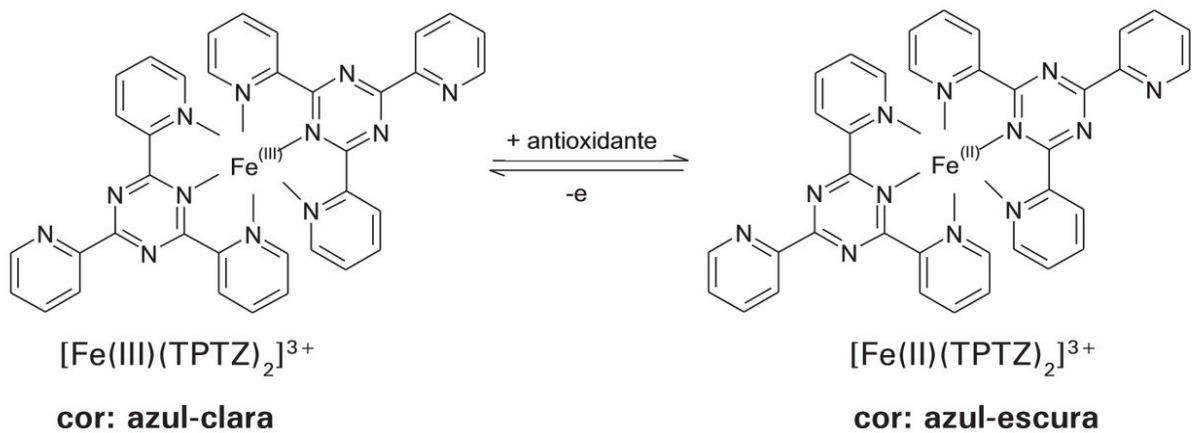


Fonte: Alves *et al.* (2010).

3.3.2.3 Método FRAP

O método FRAP, intitulado Poder Antioxidante de Redução do Ferro (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), descrito inicialmente por Benzie e Strain (1996) como *Ferric Reducing Ability of Plasma*, consiste na redução do complexo Fe(III)-TPZ (férico-tripiridiltriazina) até o complexo Fe(II)-TPZ (ferroso), através da presença de antioxidantes, sendo alterada a coloração para azul escura (Figura 5) e com absorção a 593 nm (PULIDO; BRAVO; SAURA-CALIXTO, 2000; RUFINO *et al.*, 2006; SUCUPIRA *et al.*, 2012).

Figura 5 – Redução do complexo TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina) com Fe³⁺



Fonte: Rufino *et al.* (2006).

3.4 Alterações na coloração do tegumento do feijão no armazenamento

O consumidor ao observar o feijão carioca com coloração mais escura, logo associa com um feijão velho e, conseqüentemente, ao maior tempo de cozimento (*hard to cook* – HTC) (ALVES, 2012). Ariati (2018) analisou diferentes tempos de armazenamento de cultivares de feijão carioca e a capacidade de absorção de água e concluiu que com o aumento do tempo de armazenamento, a maioria das cultivares apresentou escurecimento e que, de modo geral, a capacidade de absorção de água diminuiu, podendo ter relação com o feijão HTC.

Rios, Abreu e Corrêa (2002), em estudo com feijão, testaram diferentes tempos de armazenamento comparados aos níveis de fenólicos totais e nas três cultivares analisadas, conforme o tempo de armazenamento ocorreu também o aumento dos compostos fenólicos totais e o escurecimento do tegumento. Além disso, o estudo concluiu que o aumento dos compostos fenólicos pode ter relação com a cor por consequência do aumento da atividade da enzima polifenoloxidase associada à atividade da enzima peroxidase.

Teixeira *et al.* (2011) ao simularem o envelhecimento através de câmara simuladora de radiação solar e analisar a coloração com o tempo de cozimento de cultivares de feijão, concluíram que de fato houve uma relação entre alteração na coloração através do uso da câmara, mas não houve uma relação no aumento no tempo de cozimento, sugerindo que mais estudos são necessários para relacionar o tempo de cozimento com a coloração do tegumento.

A radiação emitida pelo sol é dividida em três faixas, a UV-A (315-400nm), UV-B (280-315nm) e UV-C (200-280nm). A luz UV-C é normalmente utilizada para a conservação de alimentos, promovendo a desinfecção da superfície dos frutos, e foi amplamente utilizada na pandemia de COVID-19 (SANCHES *et al.* 2017b; SILVA; *et al.*, 2017; PESSÔA *et al.*, 2021; SANTIAGO, 2021). Além disso, diversos estudos utilizam a luz UV-C com objetivo de aumentar os níveis de compostos fenólicos em diversas culturas (PINTO, 2013; SANCHES, 2018; STANGHERLIN, 2018; FERREIRA *et al.*, 2022).

No feijoeiro, Junk-Knievel, Vanderberg e Bett (2007) testaram diferentes métodos para simular o envelhecimento acelerado e escurecimento no tegumento do feijoeiro, dentre os métodos testados, conclui-se que a luz UV-C foi a que mais

apresentou potencial para os estudos, pois foi o mais rápido e com menor efeito na germinação da semente.

Desde então, alguns trabalhos vêm sendo feitos para testar o efeito da luz UV-C sobre o tegumento do feijão e em outras culturas (CRIZEL, 2012; FERREIRA *et al.*, 2017; SANCHES *et al.*, 2017a; SALVADOR *et al.*, 2022).

Nota-se então, a partir de estudos, que a capacidade de escurecimento do tegumento para o feijoeiro é uma variável que pode ser levada em conta em um programa de melhoramento e que os protocolos de luz UV-C são os com melhores resultados em um curto espaço de tempo para simular o escurecimento do tegumento. É importante destacar também, que se faz necessário estudos que relacionem diretamente genótipos de feijão a colorimetria, em condições propriamente ditas de envelhecimento ou então de forma simulada para melhor elucidar tal informação.

3.5 Colorimetria

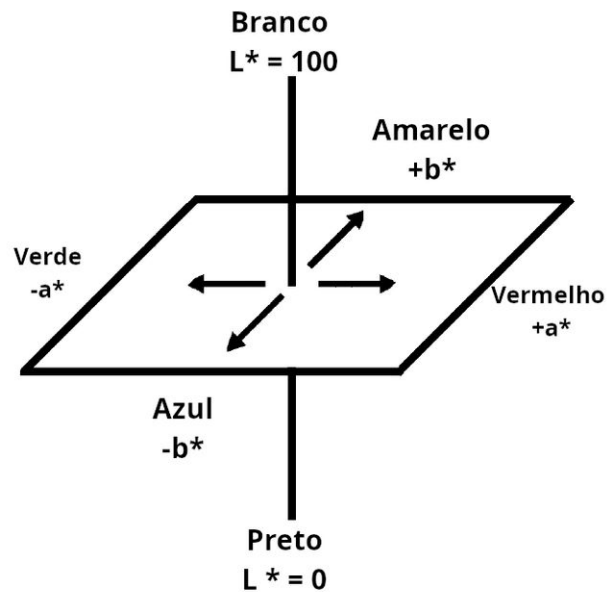
Conforme descrito anteriormente, a coloração do tegumento é um parâmetro importante, tanto para o consumidor quanto para o produtor, pois ele pode definir a aceitabilidade do grão bem como a sua vida de prateleira. Portanto, deve-se buscar técnicas que não sejam subjetivas, mas sim parametrizadas.

Atualmente, o sistema de cores mais utilizado é o CIELab, publicado pela *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE) no ano de 1976 e contém basicamente três elementos: Luminosidade (L^*), tonalidade (a^* e b^*) e saturação (C^*) conforme pode ser observado na Figura 6, apresentando valores para L^* entre 0 – 100 (0 mais próximo do preto e 100 mais próximo do branco) e valores entre 0 – 60 para a^* e b^* . Existe ainda o ângulo h , sendo derivado dos valores a^* e b^* . O sistema CIELab baseia-se na teoria de cores opostas, na qual duas cores não podem ser vermelha e verde (a^*) e azul e amarelo (b^*) ao mesmo tempo. O CIELab também é baseado na teoria que o cérebro capta através da retina, estímulos de cor, traduzindo-os distintamente em luz e escuridão (BARROS; MUNIZ; MATOS, 2014; FERREIRA, 2021).

Para o feijão carioca, Ribeiro, Storck e Poersch (2008) apontam que para o valor L^* , o indicado é acima de 55, pois melhor aceitação o grão terá no mercado,

sendo objeto de diversos estudos a análise do valor de L^* para feijão carioca do ponto de vista tecnológico e agrônomo (QUEIROZ, 2004; SIQUEIRA, 2013; LOPES, 2015; PINTO, 2016).

Figura 6 – Escala de cores para o sistema CIELab.



Fonte: Traduzido de HunterLab (1996).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando linhagens de feijão carioca e seus parentais, descritos a seguir. O desenvolvimento desse trabalho foi realizado na Área experimental da UTFPR – *Campus* Pato Branco, no LABSOLOS da UTFPR – *Campus* Pato Branco, no Laboratório Multiusuário da Central de Análises e nos laboratórios de Química da UTFPR – *Campus* Pato Branco.

4.1 Linhagens

A geração F₆ utilizada neste trabalho pertence ao programa de melhoramento da UTFPR – PB com linhagens de feijão carioca. No estudo foram utilizadas as linhagens geração F₆ do plantio transicional e seus parentais (ANFc 9, IAC Milênio e IPR Tangará). O plantio transicional ocorreu na área experimental da UTFPR – PB, coordenadas 26°10' S 52°41' W, com data de semeadura em 28 de setembro de 2021 e data de colheita em 24 de janeiro de 2022 em uma área de 800 m², com aplicação de 320 kg de adubo Ferticel (4.000 kg ha⁻¹) e 1,4% de Nitrogênio. A análise de solo da área experimental pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise de solo da área experimental. UTFPR – Pato Branco, 2022

Análise de matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), pH e índice SMP				
MO gdm ⁻³	P mgdm ⁻³	K cmol _c dm ⁻³	pH CaCl ₂	Índice SMP
48,25	6,73	0,47	5,40	5,80
Acidez potencial (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB) e saturação por bases (V%)				
H + Al cmol _c dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	SB cmol _c dm ⁻³	V (%)
5,76	4,40	2,40	7,27	55,79
Capacidade de troca de cátions (CTC) e porcentagem dos valores de K, Mg, Ca e H + Al em relação ao CTC				
Valor do CTC	K	Mg	Ca	H + Al
13,03	3,61 %	18,42 %	33,77 %	44,21 %

Fonte: Autoria própria (2022).

Durante o cultivo, foram utilizados os seguintes produtos e manejo: três aplicações de Óleo de Neem 1%, duas aplicações de Boveril na concentração de 10 g L⁻¹ e foram feitas duas capinas manuais para controle de plantas daninhas.

A semeadura das linhagens e cultivares seguiu a Portaria nº 61, de 20 de abril de 2021, que estabelece o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de feijão 1ª safra no Estado do Paraná, ano-safra 2021/2022. Para as cultivares ANFc 9, IAC Milênio e IPR Tangará, todas pertencentes ao grupo II para o município de Pato Branco – PR, a data de plantio compreendida entre 1º de setembro de 2021 até 31 de dezembro de 2021, variando a data conforme o tipo de solo do local (MAPA, 2021).

Para a escolha das linhagens utilizadas no estudo, aquelas consideradas as 50 mais promissoras ao longo do programa (de acordo com os critérios do melhorista), foram submetidas a teste de médias Scott e Knott a nível de 1% de probabilidade, utilizando o número de grãos por planta como parâmetro de escolha. Através do teste de médias Scott e Knott, vinte e três genótipos obtiveram maior valor e diferiram significativamente, além disso, foram inclusos os dois parentais que não ficaram no maior grupo do teste de médias.

O desenho experimental com as respectivas variáveis dependentes e independentes do estudo seguem apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Delineamento experimental. UTFPR – Pato Branco, 2022

Variáveis independentes		Variáveis dependentes
Vinte e duas linhagens	Radiação UV-C pós-colheita	Variáveis de cor – L*, a*, b*, C* e h
Três cultivares	Componentes de rendimento	Compostos fenólicos totais
		Flavonoides totais
		Atividade antioxidante – ABTS
		Atividade antioxidante – DPPH
		Atividade antioxidante – FRAP

Fonte: Autoria própria (2022).

4.2 Componentes de rendimento

Para cada genótipo, foram escolhidas de forma aleatória cinco plantas para análise dos componentes de rendimento.

Os componentes de rendimento analisados diretamente foram número de grãos por planta (NGP), número de legumes por planta (NLP) e massa de grãos por planta (MGP). Os componentes analisados de forma indireta foram número de grãos por legume e massa de mil grãos.

O número de grãos por legume (NGL) foi obtido a partir da divisão entre número de grãos por planta/número de legumes por planta (NGP/NLP). A massa de mil grãos foi obtida através de regra de três, levando em conta o número de grãos por planta (NGP) e a massa de grãos por planta (MGP).

4.3 Radiação UV-C pós-colheita

Visando realizar a simulação do envelhecimento dos grãos, padrão tal de suma importância na escolha pelos consumidores, as 22 linhagens selecionadas e as 3 cultivares foram mantidas durante 72 horas em câmara de luz UV-C, em parceria com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão. A câmara de UV-C apresentava as seguintes dimensões: 80 cm de altura, 57 cm de profundidade e 96 cm de comprimento, composta de 2 lâmpadas germicidas de 30W (90 cm de comprimento) (Figura 8), com intensidade luminosa de 14,15 W m⁻². A intensidade luminosa foi calculada através da equação 1.

$$I = \frac{P}{2 * \pi * r * L} \quad (1)$$

Onde:

I = Intensidade luminosa (W m⁻²)

P = Potência (W)

r = Distância entre a lâmpada e as placas (m)

L = Comprimento da lâmpada (m)

As amostras foram depositadas em placas de Petry no dia 10 de agosto de 2022, com altura entre a fonte de luz e placa de Petry de 75 cm, com alteração da posição a cada 24 horas, para que a incidência de luz fosse uniforme. A metodologia foi adaptada de Junk-Kievel, Vanderberg e Bett (2007).

Figura 8 – Câmara utilizada para aplicação de luz UV-C em genótipos de feijão carioca



Fonte: Autoria própria (2022).

Os métodos para determinação das variáveis dependentes seguem descritos nos tópicos a seguir.

4.4 Colorímetro

Antes e após a aplicação do UV-C, as amostras de feijão foram avaliadas quanto a coloração do tegumento utilizando colorímetro. As amostras foram lidas no colorímetro da marca Konica Minolta modelo CR 400, em cubeta de quartzo de 500 mm, com 10 repetições para cada linhagem/ cultivar.

As variáveis lidas foram L^* , a^* , b^* , C^* e h .

4.5 Potencial antioxidante

4.5.1 Extração

Para quantificação do teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante primeiramente foi realizado a obtenção de um extrato. Para tal, foi utilizado o método adaptado de Los *et al.* (2019) realizado da seguinte forma: 0,5 g de amostra foram adicionadas em tubos falcon de 15 mL, utilizando acetona 70% como agente extrator (7,5 mL). A mistura foi homogeneizada em vórtex e deixado em banho ultrassônico a 25 °C durante 60 minutos. Após as amostras foram então centrifugadas a 10000 rpm durante 10 minutos. O sobrenadante foi recolhido e armazenado em freezer até realização das análises (LOS *et al.*, 2019).

4.5.2 Compostos fenólicos totais e flavonoides totais

A determinação dos compostos fenólicos totais (CFT) foi realizada de acordo com o método espectrofotométrico de Folin-Ciocateau, descrito por Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventós (1999). Uma alíquota de 0,5 mL dos respectivos extratos previamente preparados foi transferida para tubos de ensaio e adicionados 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocateau (1:10). Após 5 minutos de repouso da mistura, foram adicionados 2,0 mL de uma solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3) 4%.

As soluções foram incubadas em local escuro, à temperatura ambiente e após 2 horas, foram obtidas as das absorbâncias a 740 nm. O padrão utilizado foi o ácido gálico e os resultados foram expressos em mg EAG g^{-1} (equivalentes de ácido gálico).

Os flavonoides totais (FT) foram obtidos pelo método descrito por Park *et al.* (1998) e por Singh e Rathore (2018). A absorbância do extrato foi medida em 415 nm em espectrofotômetro (UV–Vis Bel Photonics, 2000 Piracicaba, Brasil) e expressa em μg de quercetina g^{-1} .

4.5.3 Atividade antioxidante

Os extratos foram avaliados quanto a sua atividade antioxidante pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP.

Atividade antioxidante pelo método ABTS: o preparo e aplicação do radical ABTS 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) nos extratos foi realizado conforme Re *et al.* (1999). A curva padrão foi formada com a solução Trolox 2000 μM e, para o branco, utilizou-se etanol. A absorbância foi medida com comprimento de onda de 734 nm com resultados expressos em mM TE g^{-1} amostra (TE: equivalente a Trolox).

A medida da atividade sequestrante do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). A mistura de reação foi constituída da adição de 0,5 mL de extrato, 2,8 mL de etanol absoluto e 0,5 mL da solução do radical DPPH 0,3 mM em etanol. O antioxidante sintético Trolox foi utilizado para construção da curva padrão. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 517 nm. Os resultados foram expressos em mM TEAC g^{-1} .

Por fim, para determinação do potencial antioxidante pelo método FRAP (Poder Antioxidante de Redução do Ferro) foi utilizado a metodologia adaptada de Pulido, Bravo e Saura-Calixto (2000), que se baseia na capacidade do antioxidante reduzir o Fe^{3+} em Fe^{2+} , na presença de 2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina (TPTZ) e em condições ácidas, formando um complexo de coloração azul intensa com o Fe^{2+} . Essa análise foi realizada em ambiente escuro, sendo transferido uma alíquota de 90 μL de extrato e 2,7 mL de reagente FRAP. Após homogeneização, as amostras foram mantidas em banho-maria à 37°C por 30 minutos. Após esse período, foram realizadas as leituras das absorbâncias em espectrofotômetro a 595 nm.

Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em mM Fe^{2+} g^{-1} , em função da obtenção da equação da reta gerada pela curva padrão utilizando uma solução padrão de sulfato ferroso 2 mM.

4.6 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional SAS System for Windows versão 9.4 e programa GENES (CRUZ, 2013). Os dados foram submetidos à análise de variância. Em caso de significância

estatística, foram comparados os efeitos entre as linhagens pelo teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$), e para avaliação do efeito da aplicação da radiação UV-C, teste t ($p \leq 0,05$).

Os dados do potencial antioxidante foram submetidos a análise de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$), gerada graficamente como *heatmap* utilizando o programa MetaboAnalyst 5.0 software. As demais figuras foram elaboradas no Origin 2018.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Componentes de rendimento

Para os componentes de rendimento analisados, a análise de variância (ANOVA) demonstrou que apenas o número de grãos por legume (NGL) e massa de mil grãos (MMG) apresentaram diferença significativa, conforme observado na Tabela 3, sendo posteriormente submetidos ao teste de médias Scott e Knott (1%).

A tabela completa da ANOVA pode ser observada no Apêndice B.

Tabela 3 – Resumo da ANOVA para os componentes de rendimento de genótipos de feijão carioca. UTFPR – Pato Branco, 2022

Fonte de variação	Componente de rendimento				
	NGP	NLP	NGL	MGP	MMG
QM	1120,728 ^{ns}	41,816667 ^{ns}	1,974753 ^{**}	69,527067 ^{ns}	2910,9844 ^{**}
CV (%)	41,52	36,07	16,05	43,44	14,52
Média geral	4,97	17,44	4,29	16,19	216,30

NGP: Número de grãos por planta; NLP: Número de legumes por planta; NGL: Número de grãos por legume; MGP: massa de grãos por planta; MMG: Massa de mil grãos; CV: Coeficiente de variação; QM: Quadrado médio do tratamento; NS: Não significativo; **: Significativo a 1%.

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Tabela 4, é possível observar as médias dos componentes de rendimento e o teste de médias para número de grãos por legume e massa de mil grãos.

Para o componente de rendimento número de grãos por legume (NGL), a média geral foi de 4,29, variando de 3,2 até 5,52.

Barili *et al.* (2010), correlacionaram diversos componentes de rendimento e constataram que o número de grãos por legume apresentou correlação fenotípica significativa com o rendimento de grãos, entretanto, a correlação direta apresentou efeito praticamente nulo, concluindo a seleção indireta não é viável através do número de grãos por legume, visando os componentes de rendimento. Para o presente estudo, nem todas as linhagens que apresentaram o maior número de grãos por legume apresentaram também a maior massa de mil grãos.

Para o componente de rendimento massa de mil grãos (MMG), quinze genótipos permaneceram no grupo de maior valor estatisticamente, sendo, em ordem decrescente, as linhagens 252, 116, 145, 178, 320, IAC Milênio, 133, 278, 58, 60, 249, ANFc 9, 89 e 310.

Tabela 4 – Médias para os componentes de rendimento de genótipos de feijão carioca. UTFPR – Pato Branco, 2022

Linhagem/ Cultivar	Número de grãos por planta (NGP) ^{ns}	Número de legumes por planta (NLP) ^{ns}	Número de grãos por legume (NGL)*	Massa de grãos por planta (MGP) (g) ^{ns}	Massa de mil grãos (MMG) (g)*
L46	82,8±39,9	19,4±7,1	4,16±0,7 b	17,49±11,1	199,13±38,8 b
L58	72,8±24,8	17,0±5,1	4,26±0,8 b	16,95±7,2	225,10±42,6 a
L60	92,2±28,6	16,6±3,8	5,85±0,5 a	20,58±6,2	223,63±5,5 a
L89	73,0±33,6	16,6±7,4	4,36±0,9 b	16,44±8,2	220,34±26,7 a
L116	69,4±33,3	19,8±7,0	3,48±1,1 c	16,76±6,0	262,15±84,4 a
L128	63,0±22,7	20,0±1,9	3,20±1,2 c	10,80±1,8	179,76±34,6 b
L133	64,8±30,0	15,2±6,8	4,28±0,4 b	14,40±5,7	228,62±37,8 a
L145	74,6±25,7	22,4±7,0	3,28±0,3 c	18,69±7,1	248,77±21,4 a
L162	70,2±24,9	13,8±5,4	5,16±0,5 a	15,02±7,0	207,38±27,6 b
L173	65,2±5,0	18,8±2,3	3,48±0,4 c	10,83±2,3	164,89±25,6 b
L178	73,4±39,0	17,2±8,0	4,22±0,4 b	17,24±9,2	234,08±15,2 a
L202	75,2±36,6	18,4±6,7	3,98±0,6 b	14,87±8,1	195,83±29,0 b
L209	72,4±38,0	17,0±7,4	4,04±0,7 b	14,86±8,3	198,23±28,9 b
L249	80,2±29,1	16,4±5,5	4,90±0,8 a	17,92±6,7	222,37±12,2 a
L252	72,2±45,7	18,8±11,7	3,86±0,7 b	19,20±12,0	268,33±35,6 a
L277	110,4±15,0	20,0±1,9	5,52±0,5 a	22,48±3,0	204,04±11,5 b
L278	112,0±59,3	23,4±10,1	4,68±0,4 a	25,43±13,1	228,59±12,4 a
L284	72,0±27,4	18,4±5,3	3,86±0,5 b	13,17±4,2	185,82±10,0 b
L288	88,0±37,8	18,8±6,5	4,60±0,8 a	17,47±7,5	198,03±18,8 b
L295	64,2±28,8	14,0±5,8	4,48±0,4 a	12,33±4,6	197,13±25,1 b
L310	76,2±24,1	17,4±3,6	4,36±0,7 b	16,24±5,6	215,04±31,0 a
L320	84,2±15,8	16,8±3,0	5,00±0,3 a	19,09±1,9	231,84±39,4 a
ANFc 9	70,0±22,1	15,6±4,9	4,50±0,1 a	15,22±4,1	221,57±24,9 a
IAC Milênio	54,0±28,4	15,0±8,3	3,64±1,4 b	12,20±5,9	228,68±23,8 a
IPR Tangará	41,8±10,3	9,2±2,2	4,56±0,6 a	9,12±2,4	218,15±24,4 a

Médias ± desvio padrão seguido por letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa pelo teste de Scott e Knott ($p \leq 0,01$).

Fonte: Autoria própria (2022).

Das linhagens mencionadas anteriormente, cinco delas se destacaram de forma positiva (L252, L116, L145, L178 e L320), pois apresentaram valores superiores que seus parentais, na mesma condição de cultivo.

As cultivares de feijão carioca apresentam variação na massa de mil grãos, conforme pode ser observado na Tabela 5, de acordo com o Registro Nacional de Cultivares (RNC).

Os valores da massa de mil grãos das cultivares exemplificadas na tabela 5 variam entre 240 e 294 gramas e três linhagens apresentaram valores semelhantes, sendo elas a linhagem 252 (268,33 g), linhagem 116 (262,15 g) e linhagem 145 (248,77).

Tabela 5 – Massa de mil grãos de cultivares de feijão carioca, conforme relatório dos descritores. UTFPR – Pato Branco, 2022

Cultivar	Massa de 1000 grãos (g)	Nº de inscrição no RNC
ANFc 5	242,6	32142
BRS Estilo	264,8	25746
BRS FC401 RMD	259,0	34432
BRS Pérola	294,0	00060
BRS Pontal	260,8	18840
IPR Campos Gerais	240,0	28253
IPR Sabiá	255,6	37809
TAA DAMA	283,0	31005

Fonte: Adaptado de MAPA (2022c).

5.2 Colorimetria

Além das respostas dos componentes de rendimento, outras variáveis podem vir a contribuir na escolha de linhagens nos programas de melhoramento, de acordo com o objetivo do melhorista. Nesse sentido, considerando o foco desse estudo estar associado a coloração/ envelhecimento, se faz necessário a avaliação dessas características. Contudo, para melhor visualização dos valores obtidos do colorímetro e sua real representação no tegumento, as amostras foram registradas através de fotografias e encontram-se no apêndice A.

Nesse estudo, a luminosidade foi considerada entre as variáveis de cor, a de maior importância. Esse destaque ocorre em função da coloração do tegumento ser representada pela variável L^* , por isso, as demais variáveis (a^* , b^* , C^* e h) foram apenas aqui caracterizadas com o objetivo de apresentação dos dados, registradas no apêndice B.

Os resultados obtidos para a variável L*, submetidos a análise estatística, seguem na Tabela 6, com apresentação dos resumo da ANOVA. Os resultados das leituras no colorímetro com os testes de médias e teste t, para a variável L*, encontram-se na Tabela 7. Os resultados obtidos para as variáveis a*, b*, C* e h, encontram-se no apêndice C.

Tabela 6 – Resumo da ANOVA dos genótipos de feijão carioca para a variável Luminosidade (L*). UTFPR – Pato Branco, 2022

FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	1195,459994	222,36	<,0001
Genótipo	24	82,083972	15,27	<,0001
Gen * UV-C	24	17,068905	3,17	<,0001
Média		55,26		
CV (%)		4,19		

FV: Fonte de variação; GL: Fraus de liberdade; QM: Quadrado médio; P: Probabilidade; CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Aatoria própria (2022).

Antes da aplicação do UV-C, apenas quatro linhagens e uma cultivar não apresentaram valor de L* superior a 55, sendo o menor valor de L* 52,47 (linhagem 58) e o maior valor de L* 62,017 (linhagem 133). Os resultados após 72 horas de UV-C demonstram que para a maioria houve alteração significativa no valor L* (17 genótipos).

O valor de L* superior a 55, conforme citado anteriormente, representa uma coloração de tegumento com melhor aceitação comercial. No entanto, após a aplicação do UV-C, apenas sete linhagens mantiveram valor de L* superior a 55, sendo o maior valor 57,504 (linhagem 128) e o menor valor 50,418 (linhagem 320). Um fator importante a ser observado, é que a linhagem 128 e linhagem 162 além de se manterem acima de 55 também não apresentaram variação significativa quanto a aplicação de UV-C. Esse resultado fornece o entendimento de que essas duas linhagens se mantiveram em condições similares mesmo após a simulação de uma condição de envelhecimento, obtendo, portanto, maior estabilidade e vida útil quanto a esta variável. Já quanto às demais que apresentaram valores acima de 55, mesmo após UV-C, mas com alteração significativa (reduzindo os valores de L*), a de maior alteração foi a L133, com valor reduzido em aproximadamente 10%, seguida da L202 (6,12%), L116 (5,97%), L178 (5,19%) e L145 (4,85%). Portanto, as três

linhagens que apresentaram melhor resposta para L*, seja pela não variância ou menor variância foram L128, L162 e L145.

Tabela 7 – Valores médios de Luminosidade (L*) dos genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022

Linhagem/ cultivar	Aplicação do UV-C	
	Antes	Depois
L46	58,57±2,9* b	54,51±1,8 b
L58	52,47±2,6 ^{ns} d	51,40±2,5 d
L60	57,25±2,7* b	53,42±1,1 c
L89	56,20±2,8 ^{ns} c	54,65±0,5 b
L116	61,14±2,4* a	57,49±3,0 a
L128	55,40±4,5 ^{ns} c	57,50±1,8 a
L133	62,02±1,6* a	55,49±2,0 b
L145	58,93±2,1* b	56,07±0,8 a
L162	57,99±2,7 ^{ns} b	56,42±1,8 a
L173	55,69±1,4* c	53,04±1,6 c
L178	58,38±2,4* b	55,36±1,8 b
L202	58,96±3,9 ^{ns} b	56,17±2,2 a
L209	53,62±1,6 ^{ns} d	52,44±2,3 c
L249	53,78±1,1* d	50,81±2,4 d
L252	57,86±1,9 b	52,21±1,7 d
L277	53,28±1,9 ^{ns} d	52,68±2,4 c
L278	55,31±0,7* c	51,70±1,6 c
L284	56,20±1,9* c	53,61±1,8 c
L288	55,89±2,9* c	51,70±2,4 d
L295	56,99±2,2* b	52,70±2,0 c
L310	58,06±2,2* b	53,97±1,8 c
L320	56,45±2,4* c	50,42±3,7 d
ANFc 9	58,57±2,6 b	54,91±2,8 b
IAC Milênio	54,22±3,2 ^{ns} d	52,10±2,8 d
IPR Tangará	55,75±2,4* c	51,45±1,8 d

Médias ± desvio padrão seguido por letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa pelo teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) entre genótipos. * e ns na mesma linha apresentam diferença significativa e não significativa pelo teste t a 5% de significância respectivamente, entre as aplicações de UV-C para cada genótipo individualmente.

Fonte: Autoria própria (2022).

Essa alteração na coloração do tegumento, pode ser explicada pelos valores de compostos fenólicos presentes no tegumento, principalmente pelas proantocianidinas, que variam a coloração conforme a interação genótipo x ambiente (fenótipo) pela sua oxidação (SANTOS, 2020; BENTO *et al.*, 2021). Além disso, o escurecimento ou não do tegumento também pode estar relacionado com dois

genes principais. O gene *slow darkening* (sd) apresenta característica recessiva para o fenótipo escurecimento lento e o gene *regular darkening* (Sd) apresenta característica dominante para o escurecimento normal, enquanto que o gene J/jj, determina se o grão vai escurecer (J_) ou se não ocorrerá o escurecimento (jj) (SANTOS, 2020).

Pinto *et al.* (2020), testaram em algumas cultivares, diversos tempos de armazenamento e sua relação com a cor e tempo de cozimento, dentre elas duas das cultivares também utilizadas neste estudo (IAC Milênio e IPR Tangará) e obtiveram correlação positiva entre o aumento do tempo de cozimento com tempo de armazenamento. Se for levado esse fator em consideração, em específico os valores de L*, pode-se inferir que as linhagens 58, 249, 252, 288, 320 e as cultivares IAC Milênio e IPR Tangará (mesmas citadas no referido estudo), são as de menor potencial para seguimento no melhoramento, quando o objetivo estiver sendo relacionado a coloração/ envelhecimento e cozimento, por apresentarem menores valores após a aplicação de UV-C. A cultivar IAC Milênio teve aumento significativo do tempo de cozimento em 8 meses de armazenamento em relação a 0 meses (28 minutos para 31 minutos). Ainda, a respectiva cultivar apresentou variação significativa entre o tempo de armazenamento 0 para 8 meses, diminuindo o valor de L inicial de 50,80 para 46,58. Para a IPR Tangará, no mesmo estudo, o tempo de cozimento variou de 22 minutos (0 meses) para 33 minutos (8 meses de armazenamento) e o valor de L de 50,02 (0 meses) para 46,58 (PINTO *et al.*, 2020). Apesar das escalas utilizadas serem diferentes, nota-se que para essas cultivares, classificadas como escurecimento lento e normal, houve alteração significativa.

Conforme mencionado anteriormente, vários fatores podem apresentar influência na escolha de genótipos em estudos de melhoramento. Ao passo que nesse estudo, foi realizado a simulação de envelhecimento por radiação UV-C, a manutenção da coloração ou ao menos menor ou maior variação, também pode ser associada aos compostos de defesa presentes nos vegetais. Logo, no tópico a seguir são apresentadas as relações de variáveis de defesa das plantas (em específico a classe dos compostos fenólicos) e sua resposta antioxidante frente ao UV-C.

5.3 Compostos fenólicos totais (CFT) e flavonoides totais (FT)

As análises de variâncias para os CFT e FT podem ser observadas no apêndice B e mostram que houve diferença significativa antes e depois da aplicação do UV-C. Os valores dos (CFT) e (FT) podem ser observados na Tabela 8, e Figuras 9 e 10, para os genótipos antes e depois da aplicação do UV-C.

Para a maioria dos genótipos, houve uma diminuição significativa nos valores de CFT e aumento significativo nos valores de FT, entretanto, apesar dos flavonoides totais terem aumentado após a aplicação do UV-C, ela não foi significativa para resultar em aumento nos valores dos CFT.

Tabela 8 – Quantificação dos compostos fenólicos totais (CFT em mg EAG g⁻¹) e flavonoides totais (FT em µg g quercetina⁻¹) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022

Linhagem/ Cultivar	CFT		FT	
	Antes (UV-C)	Depois (UV-C)	Antes (UV-C)	Depois (UV-C)
L46	4,93±0,43* m	3,59±0,10 o	566,25±4,54* i	640,14±7,6 j
L58	10,44±0,22* h	7,60±0,06 h	628,62±6,54 ^{ns} h	601,83±27,3 j
L60	7,77±0,16* k	6,06±0,02 k	842,04±11,65* f	607,96±31,5 j
L89	9,29±0,15* i	7,96±0,20 g	885,45±6,93* f	600,51±69,1 j
L116	5,16±0,27* l	4,09±0,08 n	1092,47±2,60 ^{ns} e	978,71±79,5 g
L128	4,77±0,25* m	4,28±0,09 n	439,67±22,74* k	777,93±4,4 i
L133	3,22±0,10* n	3,51±0,09 o	239,59±2,26* n	756,62±24,3 i
L145	9,45±0,17* i	7,59±0,10 h	565,62±41,81* i	1.345,82±15,8 e
L162	9,51±0,32* i	6,54±0,26 j	605,82±13,60* i	860,55±23,1 h
L173	15,80±0,13* b	12,09±0,09 a	501,37±11,27* j	2.081,27±23,0 b
L178	10,12±0,15* h	8,14±0,10 g	766,44±36,26* g	1.000,74±59,9 g
L202	8,72±0,18* j	5,78±0,07 l	439,73±12,39* k	676,08±45,3 j
L209	12,89±0,13* f	10,43±0,18 e	1229,01±16,14 ^{ns} d	1.224,56±11,6 f
L249	11,50±0,09* g	9,25±0,15 f	296,71±10,71* m	827,12±31,5 h
L252	8,81±0,30* j	6,98±0,28 i	510,24±12,90 ^{ns} j	536,41±43,0 k
L277	13,25±0,15* g	11,36±0,09 b	339,10±25,49* l	1.169,57±13,1 f
L278	12,67±0,19* f	11,41±0,08 b	1709,53±18,11* a	529,48±46,3 k
L284	13,63±0,08* d	10,84±0,04 d	860,96±11,33* f	1.554,43±49,3 d
L288	22,61±0,10* a	11,33±0,18 b	1327,00±14,09* c	157,86±30,5 m
L295	11,34±0,25 ^{ns} g	11,10±0,05 c	578,66±38,28* i	325,95±62,7 l
L310	14,02±0,19* d	12,11±0,04 a	1558,71±18,21* b	1.794,60±15,8 c
L320	12,66±0,14* f	11,05±0,05 c	1120,63±74,89* e	2.187,14±35,8 a
ANFc 9	5,42±0,31* l	4,66±0,08 m	293,05±20,53* m	878,17±30,5 h
IAC Milênio	14,69±0,14* c	11,30±0,23 b	1089,87±23,77* e	2.234,44±39,7 a
IPR Tangará	13,83±0,13* d	10,70±0,14 d	1555,57±20,28* b	890,79±125,4 h

Médias ± desvio padrão seguido por letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) entre genótipos. * e ns na mesma linha indicam respectivamente diferença significativa e não significativo pelo teste t a 5% de significância respectivamente, entre as aplicações de UV-C para cada genótipo individualmente.

Fonte: Autoria própria (2022).

Ferreira *et al.* (2017) apresentaram resultados similares, aumentando os valores dos flavonoides totais sem aumentar os valores dos compostos fenólicos em feijão submetido a luz UV-C. Ávila *et al.* (2020) apresentaram resultados semelhantes em diferentes tempos de armazenamento, tanto para compostos fenólicos quanto para a digestibilidade proteica, ocorreu a diminuição com o passar dos tempos, ainda, sugeriram que o tempo de cozimento está relacionado com a coloração do tegumento e com os níveis de compostos fenólicos.

Ao considerar que os flavonoides são uma classe pertencente aos compostos fenólicos, de fato, possibilita o entendimento do porque a alteração em aumento dos FT pode resultar em não alteração no valor final dos CFT, já que os FT são apenas uma das classes, sendo existentes outras, como, por exemplo, ácidos fenólicos (ácidos benzoicos, ácidos cinâmicos e cumarinas) taninos (hidrolisáveis e condensados) e tocoferóis, que não quantificados neste estudo mas que podem ter representado tal redução (CUNHA *et al.*, 2016; YANG *et al.*, 2018).

Apesar disso, considerando os valores de FT em sua proporcionalidade, é interessante destacar que os grãos mesmo já não ligados a planta mãe, resultaram em uma resposta bioquímica, em destinar rotas metabólicas para síntese desses compostos, com intuito de defesa, podendo a resposta ser ou não enzimática (Siqueira *et al.*, 2016).

O menor valor dos compostos fenólicos antes do UV-C foi para a linhagem 133, apresentando valor de 3,22 mg EAG g⁻¹ e o maior foi para a linhagem 288 com valor de 22,61 mg EAG g⁻¹. A linhagem 133 é oriunda de cruzamentos entre IAC Milênio x ANFc 9, sendo que a cultivar ANFc 9 apresentou valores de CFT de 5,42 mg EAG g⁻¹ e a IAC Milênio de 14,69 mg EAG g⁻¹. Sendo a L133, uma linhagem resultante em menor produção desses compostos. Apesar disso, foi a única linhagem a não apresentar variação significativa em relação a aplicação de UV-C. Mesmo não apresentando um dos maiores valores desses compostos, o resultado pode representar resistência/ tolerância a essa radiação.

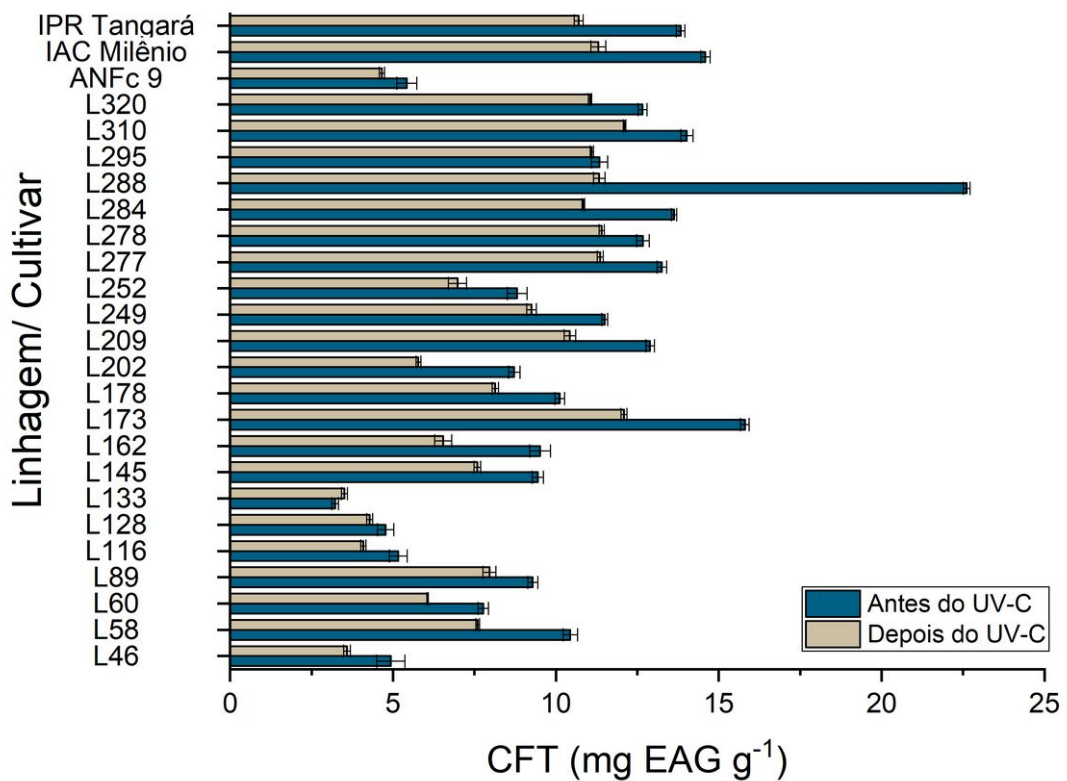
Já a linhagem 288 é oriunda de cruzamento entre IAC Milênio x IPR Tangará, cujos valores de CFT foram 14,59 mg EAG g⁻¹ (IAC Milênio) e 13,83 mg EAG g⁻¹ (IPR Tangará), comportamento contrário ao 133, em que resultou em maiores valores do que suas parentais. Entratanto, ao ser submetida a luz UV-C, a

linhagem 288 apresentou valores inferiores entre antes e depois de UV-C para CFT (50% menor após UV-C) e FT (em torno de 88% menor após UV-C).

Ao observar a Tabela 10, é possível observar que, de modo geral, os cruzamentos entre IAC Milênio x IPR Tangará (linhagens 275 – 400) apresentaram valores superiores às linhagens oriundas de cruzamentos entre IAC Milênio x ANFc 9 (linhagens 1 – 273). Esses resultados, possivelmente devem-se ao fator genético, pois as linhagens apresentam constituição genética semelhante aos seus parentais. Além disso, os compostos fenólicos, podem ter suas concentrações alteradas em função das condições ambientais e de armazenamento (YANG *et al.*, 2018).

Após o UV-C, a linhagem 310 foi a que mais apresentou compostos fenólicos, no valor de 12,11 mg EAG g⁻¹, enquanto a linhagem 133 apresentou os menores, com 3,51 mg EAG g⁻¹, ambas com diferença significativa entre antes e depois do UV-C.

Figura 9 – Quantificação dos compostos fenólicos totais (CFT em mg EAG g⁻¹) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C



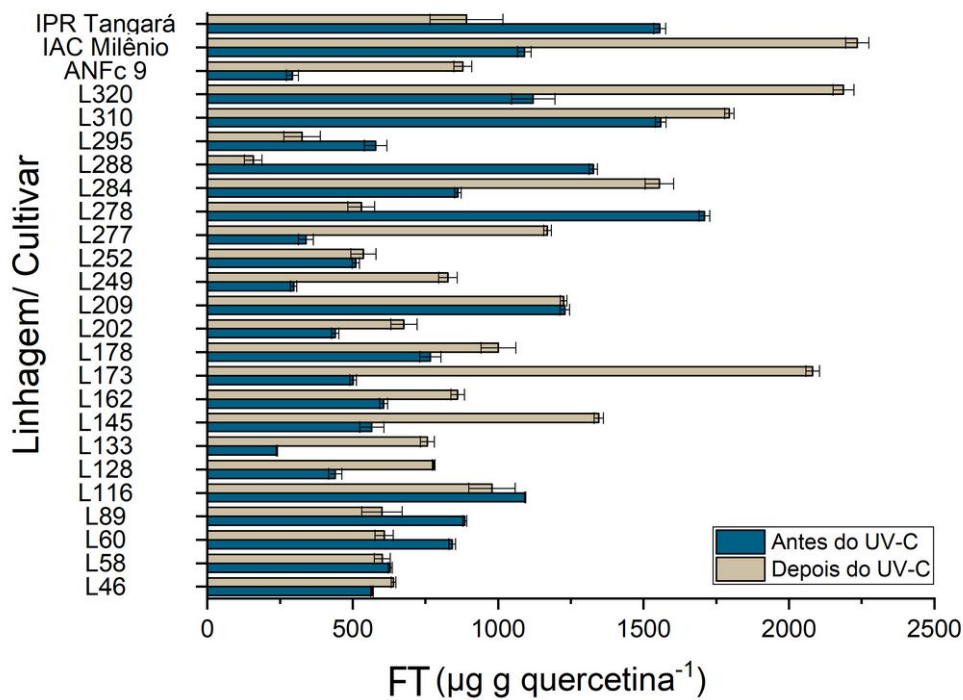
Fonte: Autoria própria (2022).

O padrão para os maiores valores de CFT depois do UV-C é o mesmo apresentado para antes do UV-C, no qual as linhagens oriundas do cruzamento IAC Milênio x Anfc 9 (linhagens 1 – 273) apresentaram valores menores de CFT e as linhagens dos cruzamentos entre IAC Milênio x IPR Tangará (linhagens 275 – 400) apresentaram os valores mais altos.

As cultivares IAC Milênio e IPR Tangará apresentaram valores mais altos que a cultivar ANFc 9 em ambos os tratamentos. Telles (2015) analisou diferentes tipos de feijão quanto ao teor de compostos fenólicos totais e destacou que o feijão vermelho e feijão carioca foram os que apresentaram os valores mais altos, assimilando a pigmentação dos grãos com um maior teor de compostos fenólicos.

Para os flavonoides totais (FT), de modo geral, houve acréscimo significativo dos valores quando submetidos a luz UV-C, como pode ser observado na Tabela 8 e Figura 10.

Figura 10 – Quantificação dos flavonoides totais (FT em $\mu\text{g g quercetina}^{-1}$) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C



Fonte: Autoria própria (2022).

Antes da aplicação do UV-C, a linhagem 278 foi a que apresentou maiores valores de flavonoides totais, com 1709,53 $\mu\text{g g}^{-1}$. De forma semelhante aos compostos fenólicos totais, a linhagem 133 apresentou os menores valores, sendo 239,59 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Após a aplicação do UV-C, a cultivar IAC Milênio foi a que apresentou maior valor de flavonoides, sendo 2234,43 $\mu\text{g g}^{-1}$, seguido da linhagem 320 com 2187,14 $\mu\text{g g}^{-1}$ sem diferença significativa. A linhagem 288 foi a que apresentou os menores valores de flavonoides, 157 $\mu\text{g g}^{-1}$, tendo seu valor diminuído em relação a não aplicação de UV-C.

De forma similar aos compostos fenólicos, a maioria das cultivares oriundas dos cruzamentos IAC Milênio x IPR Tangará (linhagens 275 – 400) obteve os maiores valores de flavonoides e as linhagens oriundas dos cruzamentos IAC Milênio x ANFc 9 foram as que tiveram menores valores. As cultivares IAC Milênio e IPR Tangará apresentaram valores mais altos que a cultivar ANFc 9 em ambos os tratamentos.

Silva, Rocha e Canniatti Brazaca (2009) compararam três tipos de feijão e o feijão carioca foi o que apresentou os valores mais altos de fenólicos totais, tanto para o feijão cru quanto para o cozido.

Siqueira *et al.* (2016) analisaram quatro cultivares de feijão carioca quanto aos flavonoides em diferentes tempos de armazenamento, não obtendo muita variação ao longo de 4 meses, com diminuição no valor L^* , entretanto, não foi observada correlação entre L^* e a atividade da enzima PPO (polifenoloxidase), associada com a mudança de cor dos flavonóis.

As enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) são responsáveis pela degradação oxidativa dos compostos fenólicos, produzindo polímeros de coloração marrom, denominadas melaninas, oriundas da complexação entre quinonas (SILVA; ROSA; VILAS BOAS, 2009).

Da mesma forma que para luminosidade, é importante aqui verificar quais genótipos não apresentaram influência significativa quando submetidos ao UV-C. Os CFT não apresentaram alteração significativa para a linhagem 295, enquanto que para FT, foram as linhagens 58, 116, 209 e 252, indicando que apesar de não serem as linhagens de maiores concentrações desses compostos, foram as que apresentaram maior tolerância a esta condição.

Observa-se que a linhagem 173 de modo geral, foi a linhagem em comum que ainda permaneceu com maiores valores após o UV-C, tanto para CFT como para FT.

5.4 Atividade antioxidante pelo método ABTS

Tanto os compostos aqui analisados, como aqueles citados anteriormente podem apresentar potencial antioxidante em meios oxidativos. Com o intuito de verificar quais genótipos apresentam melhor resposta (maiores valores) nestas variáveis, que além de fornecerem informações associadas à defesa das plantas, também vem sendo relacionadas a benefícios à saúde (GIADA; FILHO, 2006; YANG *et al.*, 2018). Foram estudados aqui três métodos para tal, sendo eles ABTS, DPPH e FRAP. A avaliação através de mais de um método é importante pois os compostos em geral podem apresentar distintos mecanismos de ação (YANG *et al.*, 2018).

Inicialmente, ao avaliarmos os resultados obtidos para ABTS, a análise estatística demonstrou que entre a aplicação do UV-C antes e depois e entre os genótipos houve diferença significativa, conforme apêndice B, e os resultados podem ser observados na Tabela 9. Para o método ABTS, após o UV-C as linhagens oriundas dos cruzamentos IAC Milênio x ANFc 9 foram as que apresentaram menores valores.

Antes da aplicação do UV-C, a linhagem que obteve o maior valor foi a linhagem 173, com 59,82 mM TE g⁻¹ e a linhagem com menor valor foi a linhagem 133, com 15,37 mM TE g⁻¹. Após a aplicação do UV-C, as linhagens 288, 173 e 277 foram as que apresentaram maiores valores, com 56,23, 55,31 e 55,28 mM TE g⁻¹, respectivamente, e as linhagens 128 e 133 foram as que apresentaram os menores valores, totalizando 16,73 e 14,35 mM TE g⁻¹, respectivamente.

Após o UV-C, todas as cultivares apresentaram valores inferiores, diferindo significativamente, com valores de 53,14 mM TE g⁻¹ (IPR Tangará), 21,02 mM TE g⁻¹ (ANFc 9) e 50,41 mM TE g⁻¹ (IAC Milênio).

Silva *et al.* (2017) encontraram valores inferiores em dois genótipos de feijão carioca, sendo um deles fortificado. Para o mesmo estudo, o feijão cru apresentou valores superiores significativos entre os genótipos cru e cozido.

Tabela 9 – Potencial antioxidante pelo método ABTS de genótipos de feijão carioca antes e após aplicação de radiação UV-C. UTFPR Pato Branco, 2022

Linhagem/ Cultivar	ABTS (mM TE g ⁻¹)	
	Antes do UV-C	Depois do UV-C
L46	19,08±0,06* o	22,71±1,36 i
L58	48,33±0,34* e	38,07±2,82 f
L60	30,64±0,62 ^{ns} j	30,08±2,58 h
L89	35,31±0,06* i	39,03±1,69 f
L116	21,61±0,17 ^{ns} m	19,31±2,67 j
L128	20,37±0,28 * n	16,73±0,30 k
L133	15,37±0,73 ^{ns} p	14,35±0,28 k
L145	40,39±0,06* g	35,06±0,45 g
L162	38,17±0,11* h	30,67±0,76 h
L173	59,82±0,17 ^{ns} a	55,31±2,95 a
L178	48,13±0,06* e	41,85±0,79 e
L202	34,97±0,45* i	31,72±0,22
L209	53,18±0,66* d	48,64±2,30 d
L249	57,36±0,56* b	47,56±0,01 d
L252	40,22±0,11* g	37,41±0,67 f
L277	54,17±0,28 ^{ns} c	55,28±1,78 a
L278	25,00±0,11* l	49,37±0,19 d
L284	54,99±0,17* c	51,63±0,22 c
L288	27,04±0,56* k	56,23±0,11 a
L295	46,88±1,24* f	53,44±2,05 c
L310	46,51±0,67* f	55,35±0,23 b
L320	49,04±1,40 ^{ns} e	49,32±0,97 d
ANFc 9	57,07±0,17* b	21,02±1,70 i
IAC Milênio	58,05±0,22* b	50,41±0,40 c
IPR Tangará	54,73±0,39* c	53,14±0,45 b

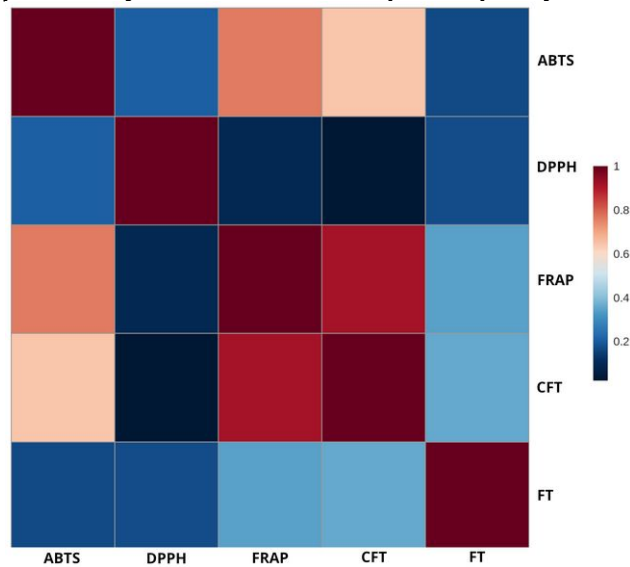
Médias ± desvio padrão seguido por letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) entre genótipos. * e ns na mesma linha indicam respectivamente diferença significativa e não significativo pelo teste t a 5% de significância respectivamente, entre as aplicações de UV-C para cada genótipo individualmente.

Fonte: Autoria própria (2022).

Huber (2012) analisou três diferentes genótipos de feijão quanto a atividade antioxidante por meio do método ABTS, sendo a cultivar de feijão carioca BRS9435-Cometa aquela que apresentou maior atividade antioxidante quando cru. No mesmo trabalho, foi encontrada correlação significativa para compostos fenólicos totais e ABTS, com maior correlação para a cultivar de feijão carioca BRS9435-Cometa (0,96).

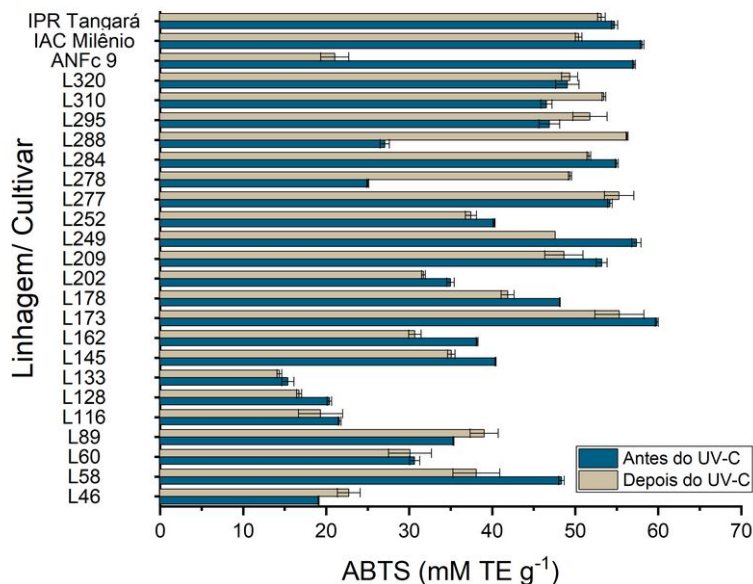
Para o presente estudo, a atividade ABTS apresentou correlação positiva de 0,65 para os compostos fenólicos totais e correlação positiva de 0,77 para o método FRAP, conforme pode ser observado no apêndice D e Figura 11.

Figura 11 – Correlação de Pearson por *HeatMap* dos métodos de determinação de atividade antioxidante (ABTS, DPPH e FRAP) e compostos fenólicos totais (CFT) e flavonoides totais (FT) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 12 – Potencial antioxidante pelo método ABTS de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C



Fonte: Autoria própria (2022).

A correlação entre FRAP e ABTS ocorreu pois ambas apresentaram correlação positiva e acima de 0,60 com os compostos fenólicos, gerando, portanto, comportamento similar, possivelmente esses compostos apresentaram mesmo

mecanismo de ação em ambos os métodos. A Figura 12 apresenta o potencial antioxidante pelo método ABTS dos genótipos presentes no estudo.

5.5 Atividade antioxidante pelo método DPPH

O método de determinação da AA, DPPH, resultou em diferença significativa pelo teste T (antes e depois do UV-C) e também entre os genótipos, como pode ser observado na Tabela 10 e no apêndice B. Para a análise de DPPH, não houve um padrão entre as linhagens e seus parentais, apresentando resultados de forma aleatória quanto ao DPPH.

Tabela 10 – Potencial antioxidante pelo método DPPH de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR Pato Branco, 2022

Linhagem/ Cultivar	DPPH (mM TE g ⁻¹)	
	Antes do UV-C	Depois do UV-C
L46	10,32±0,06* h	16,61±0,12 e
L58	10,49±0,04* h	31,16±0,17 b
L60	12,24±0,01* f	15,35±0,02 g
L89	16,02±0,09* e	15,76±0,10 f
L116	22,51±1,40* b	8,99±0,63 i
L128	11,08±0,19* g	18,90±0,71 d
L133	11,96±0,08* f	14,81±0,88 f
L145	11,14±0,55* g	15,75±0,15 f
L162	12,65±0,68* f	15,53±0,13 f
L173	20,10±0,07* c	15,85±0,03 f
L178	7,34±0,05* i	31,76±0,07 a
L202	10,27±0,05* h	29,43±0,22 f
L209	10,77±0,08* g	15,86±0,06 f
L249	21,23±2,07* c	15,80±0,09 f
L252	23,87±0,28* a	15,79±0,02 f
L277	11,44±0,64* g	32,04±0,11 f
L278	10,05±0,68* h	31,63±0,14 a
L284	10,11±1,72* h	31,69±0,10 a
L288	9,92±0,63* h	15,81±0,11 f
L295	21,04±0,75* c	15,90±0,07 f
L310	20,64±0,15* c	15,83±0,06 f
L320	9,39±0,98* h	31,68±0,15 a
ANFc 9	9,54±1,17* h	13,23±0,17 h
IAC Milênio	17,79±1,15* d	15,06±0,04 g
IPR Tangará	20,39±0,53* c	15,13±0,10 g

Médias ± desvio padrão seguido por letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) entre genótipos. * e ns na mesma linha indicam respectivamente diferença significativa e não significativo pelo teste t a 5% de significância respectivamente, entre as aplicações de UV-C para cada genótipo individualmente.

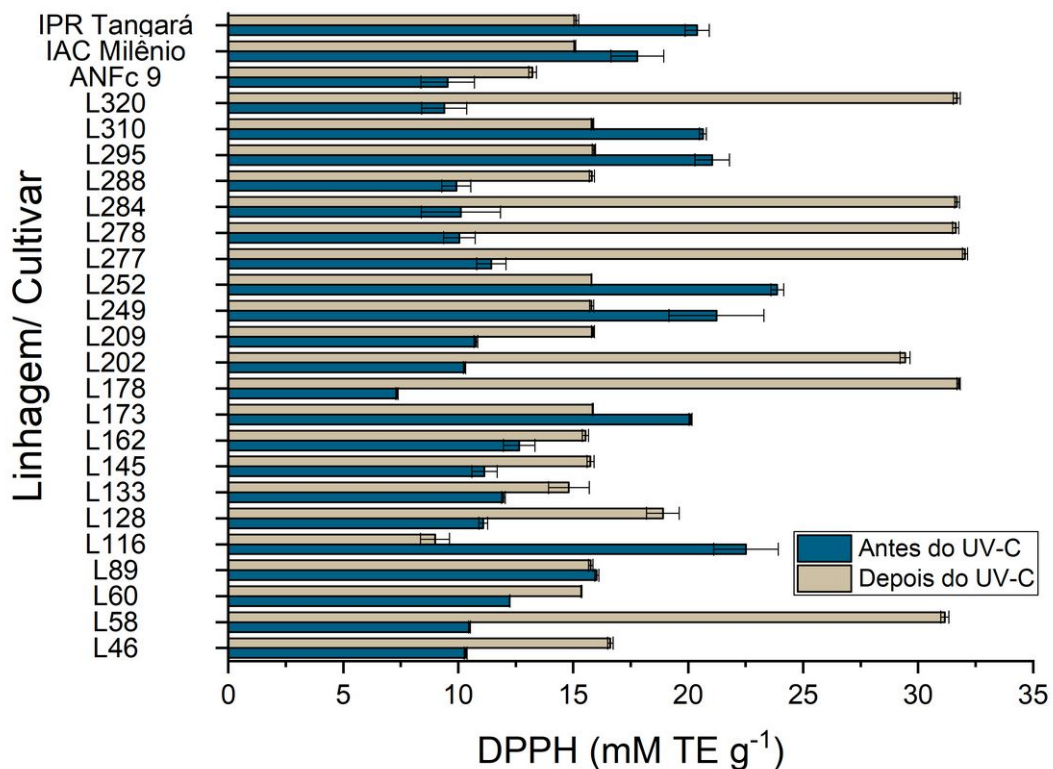
Fonte: Autoria própria (2022).

Para o método DPPH, no tratamento antes do UV-C os valores variaram entre 7,34 e 23,87 mM TE g⁻¹, sendo o menor valor obtido pela linhagem 178 e o maior valor obtido pela linhagem 252. Após o UV-C, para todas as linhagens e cultivares, houve diferença significativa, ocorrendo o aumento da atividade antioxidante na maioria dos genótipos.

Após o UV-C, quatro linhagens não apresentaram diferença significativa, permanecendo no grupo de maior valor, sendo elas a linhagem 277 (32,04 mM TE g⁻¹), linhagem 178 (31,76 mM TE g⁻¹), linhagem 284 (31,69 mM TE g⁻¹) e linhagem 320 (31,68 mM TE g⁻¹), todas com os valores para DPPH acima dos parentais.

A linhagem de menor atividade antioxidante, através do DPPH após o UV-C, foi a linhagem 116, com 8,99 mM TE g⁻¹.

Figura 13 – Potencial antioxidante pelo método DPPH de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C



Fonte: Autoria própria (2022).

Silva *et al.* (2017) ao analisarem duas cultivares de feijão carioca pelo método DPPH em amostras cruas e cozidas, encontraram valores entre 26,83 e

33,62 ($\mu\text{M TEAC g}^{-1}$). Silva, Rocha e Canniatti Brazaca (2009) encontraram valores semelhantes de DPPH para a cultivar carioca BRS Pontal de feijão carioca, com valor de 22,57 ET (cru) e 12,18 ET (cozido) e Bento (2021), testando diferentes cultivares de feijão carioca, encontrou valores semelhantes, variando entre 6,45 e 13,25 $\mu\text{mol Trolox g}^{-1}$. Ranilla, Genovese e Lajoso (2007) analisando a capacidade antioxidante no tegumento e no cotilédone, concluíram que o tegumento apresenta maior atividade antioxidante.

O método DPPH não obteve correlação significativa com nenhum outro método, conforme apresentado no Apêndice C e os valores para cada genótipo podem ser observados na Figura 13.

A atividade antioxidante pelo método DPPH pode estar relacionada com outros compostos não quantificados e analisados neste trabalho, como por exemplo, carotenoides, antocianinas e vitaminas, que também apresentam potencial antioxidante (YANG *et al.*, 2018).

5.6 Atividade antioxidante pelo método FRAP

Por fim, a análise estatística mostrou que entre os tratamentos e os diferentes genótipos houve diferença significativa, como pode ser observado no apêndice B, na Tabela 11 e na Figura 14.

Antes do UV-C as linhagens que apresentaram as maiores atividades antioxidantes foram a linhagem 310 com 150,16 $\text{mM Fe}^{2+} \text{g}^{-1}$ e a linhagem 277 com valor de 144,6733 $\text{mM Fe}^{2+} \text{g}^{-1}$. A linhagem que apresentou o menor valor pelo método FRAP foi a linhagem 133, com valor total de 30,53 $\text{mM Fe}^{2+} \text{g}^{-1}$.

Após a aplicação do UV-C, a linhagem com maior atividade foi a linhagem 173, com 123,54 $\text{mM Fe}^{2+} \text{g}^{-1}$ e as linhagens que apresentaram menores atividades foram as linhagens 46 (33,61 $\text{mM Fe}^{2+} \text{g}^{-1}$), 116 (33,37 $\text{mM Fe}^{2+} \text{g}^{-1}$) e 133 (30,67 $\text{mM Fe}^{2+} \text{g}^{-1}$).

Seguindo o mesmo padrão dos compostos fenólicos totais e dos flavonoides totais, dentre os parentais, a cultivar ANFc 9 apresentou a menor atividade antioxidante. De modo geral, as linhagens oriundas do cruzamento entre IAC Milênio X ANFc 9 foram as que apresentaram as menores atividades antioxidantes e as

linhagens dos cruzamentos IAC Milênio foram as que apresentaram as maiores atividades antioxidantes.

Alves *et al.* (2019) analisaram, pelo método FRAP, uma linhagem de feijão carioca crioulo e feijão manteiga crioulo de duas maneiras, sem casca e com casca, e as diferenças foram significativas, para ambos os feijões. O valor da amostra sem casca foi superior ao valor com casca, sendo de 2,13 $\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ g}^{-1}$ para o sem casca e de 0,25 $\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ g}^{-1}$ para o com casca. No mesmo estudo, os valores de compostos fenólicos e flavonoides nas amostras sem casca também foram significativamente superior.

Tabela 11 – Potencial antioxidante pelo método FRAP de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022

Linhagem/ Cultivar	FRAP ($\text{mM Fe}^{2+} \text{ g}^{-1}$)	
	Antes do UV-C	Depois do UV-C
L46	37,95±2,87 ^{ns} h	33,61±1,08 h
L58	77,89±0,26* e	75,43±0,68 e
L60	67,81±0,90* f	57,27±0,06 f
L89	82,48±1,85 ^{ns} d	83,51±2,63 d
L116	42,71±1,39* h	33,37±0,68 h
L128	40,76±0,82* h	37,72±1,58 g
L133	30,53±0,27 ^{ns} i	30,67±0,30 h
L145	88,55±7,78 ^{ns} d	77,93±1,86 e
L162	92,42±2,78* d	59,76±0,51 f
L173	119,52±0,30* c	123,54±1,29 a
L178	90,79±0,99* d	80,48±5,19 e
L202	87,46±2,08* d	59,81±0,51 f
L209	119,71±0,74* c	103,33±5,22 c
L249	115,85±0,76* c	86,16±5,32 d
L252	74,57±2,31* e	62,49±1,82 f
L277	144,67±1,18* a	110,86±4,58 b
L278	121,52±3,67* c	110,27±4,39 b
L284	137,08±7,88* b	102,76±2,85 c
L288	135,36±0,46* b	108,98±7,80 b
L295	119,86±9,05 ^{ns} c	111,52±0,81 b
L310	150,16±1,08* a	98,44±4,95 c
L320	119,00±8,63* c	101,26±0,49 c
ANFc 9	54,07±6,03* g	42,45±1,46 g
IAC Milênio	133,59±9,50* b	112,55±3,16 b
IPR Tangará	116,85±6,54 ^{ns} c	110,56±2,29 b

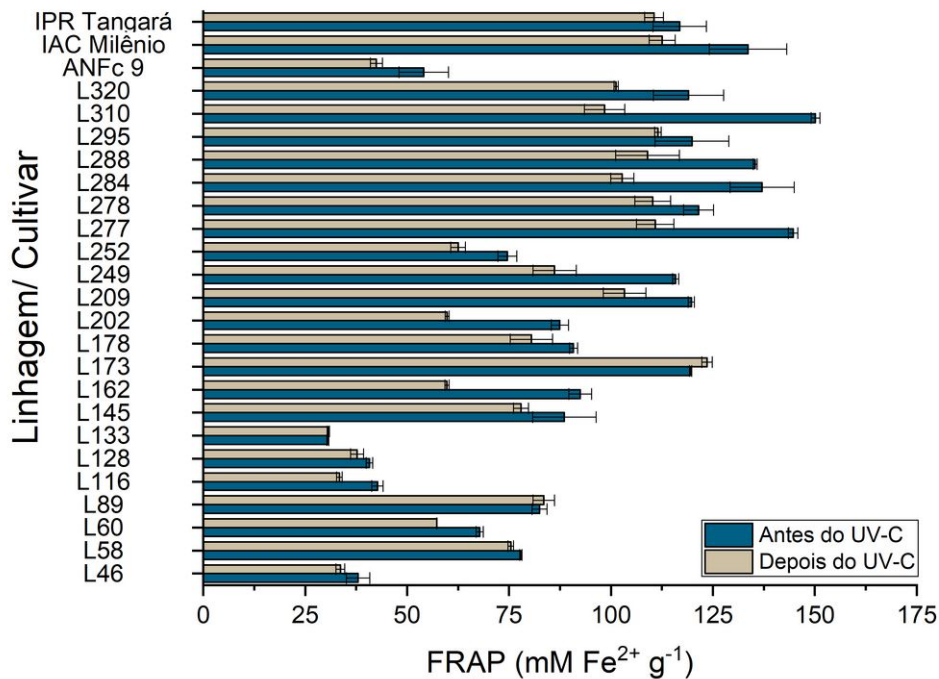
Médias \pm desvio padrão seguido por letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) entre genótipos. * e ns na mesma linha indicam respectivamente diferença significativa e não significativo pelo teste t a 5% de significância respectivamente, entre as aplicações de UV-C para cada genótipo individualmente.

Fonte: Autoria própria (2022).

Xiong *et al.* (2020) correlacionaram a cor de tegumentos de três cultivares de feijão com tegumento amarelo com potencial antioxidante por diferentes métodos, dentre eles o FRAP e obtiveram correlação negativa de -0,954 entre o valor de L* (médias variando entre 47,44 e 58,48) e os valores do FRAP (médias variando entre 8,11 e 3,27 mmol Fe²⁺ 100 g⁻¹), concluindo que a seleção de genótipos com cor amarelo intenso e brilhante resulta em menores níveis de compostos fenólicos.

No presente estudo, a atividade de FRAP teve correlação positiva com a atividade dos compostos fenólicos totais, com correlação de 0,92, possivelmente, o potencial antioxidante para este método foi influenciado pelos valores dos compostos fenólicos presentes nas amostras.

Figura 14 – Potencial antioxidante pelo método FRAP de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação radiação UV-C



Fonte: Autoria própria (2022).

6 CONCLUSÕES

O método da luz UV-C se mostrou eficaz no escurecimento do tegumento e na atividade antioxidante dos genótipos, apresentando valores significativos após sua aplicação.

Ao considerar especificamente luminosidade e massa de mil grãos, as linhagens 89, 116, 145 e 178 se destacam, ao passo que se considerado o potencial antioxidante e compostos relacionados, as que apresentaram maior desempenho foram a L173, L310 e L320.

Considerando apenas o valor de L^* (luminosidade), de relevância comercial, as linhagens que se destacaram após a aplicação de radiação UV-C foram as linhagens 116, 128, 145, 162 e 202, pois mantiveram os valores acima do indicado ($L^* \geq 55$).

Nesse sentido, no conjunto de análises, é possível concluir que as linhagens 116, 173, 178, 310 e 320 foram as que mais se destacaram positivamente em duas ou mais variáveis, sendo portanto promissoras nos programas de melhoramento.

REFERÊNCIAS

- AGRO NORTE PESQUISA E SEMENTES LTDA. Semente de feijão carioca - ANFc 9. 2022. **AGRO NORTE Pesquisa e Sementes Ltda.** Disponível em: https://www.agronorte.com.br/Produtos/FeijaoCarioca/12-ANfc_9. Acesso em: 24 out. 2022.
- ALVARES, R. C.; PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; MIKLAS, P. N.; MELO, P. G. S. Induction of seed coat darkening in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and the association with cooking time after storage. **Australian Journal of Crop Science**, n. 14, p. 21–27, 2020. DOI 10.21475/ajcs.20.14.01.p1500. Disponível em: https://www.cropj.com/melo_14_1_2020_21_27.pdf. Acesso em: 3 out. 2022.
- ALVES, A. F. **Dois ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão carioca**. 2012. 61 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/1186>. Acesso em: 27 out. 2022.
- ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202–2210, 2010. DOI 10.1590/S0100-40422010001000033. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010001000033&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 30 out. 2022.
- ALVES, J. S.; RODRIGUES, A. S.; MORO, K. I. B.; BOEIRA, C. P.; LONDERO, P. M. G.; ROSA, C. S. Chemical characterization, bioactive compounds, and functional technological properties of flour from two cultivars of landrace common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **International Food Research Journal**, v. 26, p. 565–572, 2019. Disponível em: [http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20\(02\)%202019/\(22\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20(02)%202019/(22).pdf). Acesso em: 9 nov. 2022.
- AMABILE, R. F.; VILELA, M. S.; PEIXOTO, J. R. **Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado**. Brasília, DF: Proimpress; Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1106825>. Acesso em: 19 out. 2022.
- ARAGÃO, F. J. L.; NOGUEIRA, E. O. P. L.; TINOCO, M. L. P.; FARIA, J. C. Molecular characterization of the first commercial transgenic common bean immune to the Bean golden mosaic virus. **Journal of Biotechnology**, v. 166, n. 1–2, p. 42–50, 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2013.04.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168165613001971>. Acesso em: 25 out. 2022.
- ARIATI, A. C. **Avaliação do escurecimento do tegumento de genótipos de feijão carioca durante o armazenamento**. 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/3431>. Acesso em: 29 out. 2022.

ARNS, F. D. **Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijão carioca em função do tempo de armazenamento e do ano de cultivo**. 2018. 65 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15094/DIS_PPGAGRONOMIA_2018_A_RNS_FERNANDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 8 out. 2022.

ARRUDA, K. M. A. **Melhoramento de feijão do tipo carioca com ênfase na piramidação de genes de resistência à antracnose**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. Disponível em:

<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/10853/1/texto%20completo.pdf>.

Acesso em: 15 out. 2022.

ÁSSIMOS, A. A. **Avaliação da concentração e dos tipos de flavonoides na própolis utilizando métodos quimiométricos de classificação e calibração**. 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/SFSA-9LKH22>. Acesso em: 27 out. 2022.

ÁVILA, B. P.; NORA, F. R.; PINTO SEIXAS NETO, A. C.; ROMBALDI, C. V.; DA SILVA PINTO, L.; GULARTE, M. A.; ELIAS, M. C. Proteomic and physicochemical characteristics: the search for a quality profile of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **LWT**, v. 133, p. 110057, 2020. DOI 10.1016/j.lwt.2020.110057.

Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002364382031046X>.

Acesso em: 14 nov. 2022.

BARILI, L. D.; VALE, N. M. do; ROCHA, F. da; ROZETTO, D. S.; COAN, M. M. D.; COIMBRA, J. L. M.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A. de. Componentes do rendimento em acessos de feijão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 2, p. 125–133, 2010. Disponível em:

<https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5292>. Acesso

em: 10 nov. 2022.

BARROS, S. V. dos S.; MUNIZ, G. I. B. de; MATOS, J. L. M. de. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da amazônia. **CERNE**, v. 20, n. 3, p. 337–342, 2014. DOI 10.1590/01047760201420031421. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602014000300001&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 1 nov. 2022.

BENTO, J. A. C. **Perfil químico e tecnológico de grãos e farinhas de genótipos de *Phaseolus vulgaris* em função do armazenamento e/ou cozimento a vapor sob pressão, e aplicação das farinhas pré-gelatinizadas**. 2021. 90 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/71/o/Boneco_de_Tese_Juliana_Bento_Bibliotec_a.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

BENTO, J. A. C.; CARVALHO FERREIRA, K.; ZACZUK BASSINELLO, P.; OOMAH, B. D. Factors affecting the cooking quality of stored carioca beans (*Phaseolus vulgaris*). **Italian Journal of Food Science**, v. 33, n. 4, p. 43–56, 2021. DOI 10.15586/ijfs.v33i4.2025. Disponível em:

<https://www.itjfs.com/index.php/ijfs/article/view/2025>. Acesso em: 2 out. 2022.

- BENTO, J. A. C.; LANNA, A. C.; BASSINELLO, P. Z.; OOMAH, B. D.; PIMENTA, M. E. B.; CARVALHO, R. N.; MOREIRA, A. S. Aging indicators for stored carioca beans. **Food Research International**, v. 134, p. 109249, 2020. DOI 10.1016/j.foodres.2020.109249. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096399692030274X>. Acesso em: 1 out. 2022.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–76, 1996. DOI 10.1006/abio.1996.0292. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003269796902924>. Acesso em: 30 out. 2022.
- BERTOLDO, J. G.; SILVA, R. P.; FAVRETO, R. Consequências da domesticação em feijão-comum para o melhoramento de plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 18, n. 1, p. 17–23, 2012. Disponível em: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/135/109>. Acesso em: 15 out. 2022.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8. ed. São Paulo - SP: Oficina de Textos, 2021.
- BOTELHO, F. T. **Consumo de feijão e efeitos do processamento na cocção sobre compostos fenólicos, capacidade antioxidante e atributos sensoriais**. 2014. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, Pelotas, 2014. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/3054>. Acesso em: 15 out. 2022.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. DOI 10.1016/S0023-6438(95)80008-5. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643895800085>. Acesso em: 5 nov. 2022.
- BRASIL. **Guia alimentar para a alimentação saudável: promovendo a alimentação saudável**. 1. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde - Secretaria de Atenção à Saúde Departamento de Atenção Básica, 2008 (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2008.pdf. Acesso em: 30 out. 2022.
- BRASIL. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Departamento de Promoção da Saúde., 2019. Disponível em: http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/miolo_guia_ajustado2019_2.pdf. Acesso em: 30 out. 2022.
- CÂMARA, C.; URREA, C.; SCHLEGEL, V. Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a functional food: implications on human health. **Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 90–111, 2013. DOI 10.3390/agriculture3010090. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2077-0472/3/1/90>. Acesso em: 6 nov. 2022.
- CELMELI, T.; SARI, H.; CANCI, H.; SARI, D.; ADAK, A.; EKER, T.; TOKER, C. The nutritional content of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in comparison

to odern varieties. **Agronomy**, v. 8, n. 9, p. 166, 2018. DOI

10.3390/agronomy8090166. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2073-4395/8/9/166>. Acesso em: 15 out. 2022.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF: [s. n.], 2022. v. 9, (safra 2021/22, n. 11 décimo primeiro levantamento). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 19 out. 2022.

CRIZEL, G. R. **Efeito da radiação UV-C durante o cultivo de morangos: aspectos bioquímico-fisiológicos e tecnológicos**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/5928>. Acesso em: 29 out. 2022.

CRUZ, C. D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271–276, 2013. DOI 10.4025/actasciagron.v35i3.21251. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/21251>. Acesso em: 25 out. 2022.

CUNHA, A. L.; MOURA, K. S.; BARBOSA, J. C.; DOS SANTOS, A. F. Os metabólitos secundários e sua importância para o organismo. **Diversitas Journal**, v. 1, n. 2, p. 175, 2016. DOI 10.17648/diversitas-journal-v1i2.332. Disponível em: <https://doi.galoa.com.br/doi/10.17648/diversitas-journal-v1i2.332>. Acesso em: 14 nov. 2022.

FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. de; JUNIOR, F. B. dos R. (Orgs.). **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. 1. ed. Planaltina, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 2011. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/907>. Acesso em: 30 out. 2022.

FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. **The state of food security and nutrition in the world 2022: repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable**. Roma, Itália: FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2022(The State of Food Security and Nutrition in the World (SOFI), 2022). DOI 10.4060/cc0639en. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0639en>. Acesso em: 25 out. 2022.

FAOSTAT. Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de feijão. 2022. **FAOSTAT: DATA**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 19 out. 2022.

FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. (Orgs.). **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225978/1/lv-2021.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022.

FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V.; CAPPELARI, M. R.; PETER, M.; OLIVEIRA, M. Pré-tratamento com radiação UV-C: influências sobre as propriedades tecnológicas e metabólitos em feijão armazenado. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 2, p. 1, 2017. DOI 10.3895/rebrapa.v8n2.3911. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/3911>. Acesso em: 28 out. 2022.

FERREIRA, K. C.; BENTO, J. A. C.; CALIARI, M.; BASSINELLO, P. Z.; BERRIOS, J. D. J. Dry bean proteins: extraction methods, functionality, and application in products for human consumption. **Cereal Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 67–77, 2022. DOI 10.1002/cche.10514. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cche.10514>. Acesso em: 23 out. 2022.

FERREIRA, N. F. M. **Implementação do sistema CIELab na avaliação colorimétrica de vinhos brancos e vinhos rosados**. 2021. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nova de Lisboa, 2021. Disponível em:

<https://run.unl.pt/handle/10362/125042>. Acesso em: 1 nov. 2022.

GIADA, M. de L. R.; FILHO, J. M. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 12, n. 4, 2006. DOI [10.5212/Publ.Biologicas.v.12i4.0001](https://doi.org/10.5212/Publ.Biologicas.v.12i4.0001). Disponível em:

<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/biologica/article/view/439/440>. Acesso em: 14 nov. 2022.

GIURCA, D. M. Morphological and phenological differences between the two species of the phaseolus genus (*Phaseolus vulgaris* L.) and (*Phaseolus coccineus*).

Cercetari Agronomice in Moldova, v. 42, n. 2, p. 39–45, 2009. Disponível em:

<https://jurnalalse.com/wp-content/uploads/CA2-09-04.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022.

GUIDOTI, D. T.; GONELA, A.; VIDIGAL, M. C. G.; CONRADO, T. V.; ROMANI, I. Interrelationship between morphological, agronomic and molecular characteristics in the analysis of common bean genetic diversity. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 33032, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.33032>. Acesso em: 19 out. 2022.

HAYAT, I.; AHMAD, A.; MASUD, T.; AHMED, A.; BASHIR, S. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, n. 5, p. 580–592, 2014. DOI

10.1080/10408398.2011.596639. Disponível em:

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.596639>. Acesso em: 6 nov. 2022.

HUBER, K. **Evidências da interação entre proteínas e taninos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus efeitos na digestibilidade protéica**. 2012. 107 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. DOI

10.11606/D.11.2012.tde-20032012-084546. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-20032012-084546/>. Acesso em: 26 out. 2022.

HUNTERLAB. **Hunter Lab Color Scale**. [S. l.]: Hunter Associates Laboratory, Inc., 1996. Disponível em:

https://support.hunterlab.com/hc/en-us/article_attachments/201440625/an08_96a2.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

IAPAR. **Cultivar de feijão IPR Tangará**. [S. l.]: Instituto Agrônomo do Paraná, 2017. Disponível em:

<https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/negocios/folders/feijao/IPR-Tangara.pdf>. Acesso em: 24 out. 2022.

IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020 (Pesquisa de orçamentos familiares, 2017-2018 / Ministério da Economia, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101742>. Acesso em: 30 out. 2022.

IBGE. IBGE - Censo Agro 2017 - Feijão - Grão - Cor | Brasil. 2022a. **IBGE - Censo Agro 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 out. 2022.

IBGE. Produção de Feijão no Paraná | IBGE. 2022b. **IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/feijao/pr>. Acesso em: 30 out. 2022.

INDIARTO, R.; NURANNISA, R. L. Aging technique of rice and its characteristics. **International Journal of Scientific & Technology Research**, v. 10, n. 1, p. 27–30, 2021. Disponível em: <http://www.ijstr.org/final-print/jan2021/Aging-Technique-Of-Rice-And-Its-Characteristics.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022.

ISAAA. BRS FC401 RMD. 2022. **Event Name: EMBRAPA 5.1**. Disponível em: <https://www.isaaa.org/gmaprovaldatabase/event/default.asp?EventID=23>. Acesso em: 25 out. 2022.

JENISH, R.; URVI, P.; PATEL, S. J.; LAMBOLE, V.; SHAH, D. P. Pharmacological activities of *Phaseolus vulgaris*: a review. **Pharma Science Monitor**, v. 7, n. 2, p. 107–115, 2016. Disponível em: http://www.pharmasm.com/current_issue2.php?archive=51. Acesso em: 6 nov. 2022.

JUNK-KNIEVEL, D. C.; VANDENBERG, A.; BETT, K. E. An accelerated postharvest seed-coat darkening protocol for pinto beans grown across different environments. **Crop Science**, v. 47, n. 2, p. 694–700, 2007. DOI 10.2135/cropsci2006.05.0325. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.2135/cropsci2006.05.0325>. Acesso em: 27 out. 2022.

KRISHNAIAH, D.; SARBATLY, R.; NITHYANANDAM, R. A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, n. 3, p. 217–233, 2011. DOI 10.1016/j.fbp.2010.04.008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960308510000520>. Acesso em: 30 out. 2022.

LOPES, R. L. T. **Características produtivas, tecnológicas e físico-químicas de grãos e mapeamento associativo em genótipos de feijoeiro submetidos à supressão hídrica**. 2015. 72 f. Tese (Doutorado) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2015. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitutoposgraduacao/repositorio/storage/1021.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2022.

LOS, F. G. B.; ZIELINSKI, A. A. F.; WOJEICCHOWSKI, J. P.; NOGUEIRA, A.; DEMIATE, I. M. Extraction optimization of phenolic extracts from carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using response surface methodology. **Food Analytical Methods**, v. 12, n. 1, p. 148–159, 2019. DOI 10.1007/s12161-018-1347-2.

Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12161-018-1347-2>. Acesso em: 5 nov. 2022.

MAPA. Instrução normativa nº 12 de 28 de março de 2008. **Regulamento técnico do feijão**, seq. 1, n. D.O.U. 31/03/2008, 2008. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674>. Acesso em: 15 out. 2022.

MAPA. Portaria nº 61, de 20 de abril de 2021. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de feijão 1ª safra no Estado do Paraná, ano-safra 2021/2022**, seq. 1, n. D.O.U. 22/04/2021, p. 69, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-2021-2022/parana-pr/port-no-61-feijao-1a-safra-pr.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

MAPA. Portaria SPA/MAPA nº 12, de 4 de abril de 2022. **Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do feijão 1ª safra no Estado do Paraná, ano-safra 2022/2023**, seq. 1, n. D.O.U. 06/04/2022, p. 40, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/parana/word/PORTN12FEIJO1SAFRAPR.ret.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

MAPA. Portaria SPA/MAPA nº 327, de 19 de setembro de 2022. **Aprova o zoneamento agrícola de risco climático - ZARC para a cultura do feijão 2ª safra no Estado do Paraná, ano-safra 2022/2023**, seq. 1, n. D.O.U. 21/09/2022, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/parana/word/PORTN327FEIJO2SAFRAPR.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

MAPA. Registro nacional de cultivares - RNC. 2022c. **CultivarWeb**. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 24 out. 2022.

MARTINS, S. M. **Estratégias de melhoramento do feijoeiro-comum para altos teores de ferro e zinco**. 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6127>. Acesso em: 15 out. 2022.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; LIMA, R. A. Z. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 8, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26448/1/26.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

MISHRA, A. K.; CHOI, S.-J.; BAEK, K.-H. Application of ultraviolet c irradiation for the increased production of secondary metabolites in plants. **The Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 30, n. 5, 2020. DOI 10.36899/JAPS.2020.5.0123. Disponível em: <http://thejaps.org.pk/Volume/2020/30-05/03.php>. Acesso em: 3 out. 2022.

NCHANJI, E. B.; AGEYO, O. C. Do common ceans (*Phaseolus vulgaris* L.) promote good health in humans? A systematic review and meta-analysis of clinical and randomized controlled trials. **Nutrients**, v. 13, n. 11, p. 3701, 2021. DOI 10.3390/nu13113701. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/11/3701>. Acesso em: 1 out. 2022.

NEVES, L. C.; ALENCAR, S. M. de; CARPES, S. T. Determination of antioxidant activity, total phenolic compounds and total flavonoids of samples of apicultural pollen from *Apis mellifera*. **Brazilian Journal of Food Technology**, VII BMCFB - VII Brazilian Meeting on Chemistry of Food and Beverages, p. 107–110, 2009. Disponível em: http://bjft.ital.sp.gov.br/especiais/especial_2009_2/v12ne_t0231.pdf. Acesso em: 27 out. 2022.

NUNES, M. P. C. **Pós-colheita de cogumelos shimeji brancos in natura submetidos à radiação UV-C e cloreto de cálcio**. 2021. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2021. Disponível em: <https://www.bdttd.ueg.br/handle/tede/872>. Acesso em: 15 out. 2022.

OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 36–44, 2015. DOI 10.1590/1983-084X/12_165. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722015000100036&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 27 out. 2022.

OLIVEIRA, L. F. C. de; OLIVEIRA, M. G. de C.; WENDLAND, A.; HEINEMANN, A. B.; GUIMARÃES, C. M. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194924/1/CNPAF-2018-iv-2edrevamp-fenologiafeijoeiro-mar-2019.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

OOMAH, B. D.; CORBÉ, A.; BALASUBRAMANIAN, P. Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) hulls. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 14, p. 8225–8230, 2010. DOI 10.1021/jf1011193. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf1011193>. Acesso em: 6 nov. 2022.

PADMAVATHI, B.; BABU, A. N.; NAVEEN, R.; KIRANMAI, K.; PRAMEEL, V. N. S. A phytopharmacological review on *Phaseolus vulgaris*. **International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy**, v. 12, n. 3, p. 118–123, 2021. DOI 10.7897/2277-4343.120386. Disponível em: https://www.ijrap.net/admin/php/uploads/2601_pdf.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

PARK, Y. K.; IKEGAKI, M.; ABREU, J. A. da S.; ALCICI, N. M. F. Estudo da preparação dos extratos de própolis e suas aplicações. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 3, p. 313–318, 1998. DOI 10.1590/S0101-20611998000300011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611998000300011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 27 out. 2022.

PERIN, E. C. **Nutrição e aporte hídrico: alterações bioquímico-fisiológicas e moleculares em morangos cv. Camarosa**. 2014. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/3088>. Acesso em: 27 out. 2022.

PESSÔA, M. A. S.; SILVA, F. M. e; LIMA JR., M. P.; GALHARDO, G.; OLYNTHO, P. H. M.; NEVES, A. A. R. A física de um desinfector com radiação UV-C. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210217, 2021. DOI 10.1590/1806-9126-rbef-2021-0217. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172021000100463&tlng=pt. Acesso em: 27 out. 2022.

PINTO, C. C.; AMARAL, C. B.; OLIVEIRA, C. O. e; FLÔRES, J. D. A.; LEMOS, L. B. Efeito do armazenamento em cultivares de feijoeiro para comercialização. **Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 29, n. 1, p. 92–105, 2020. DOI 10.32929/10.32929/2446-8355.2020v29n1p92-105. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2020v29n1p92-105>. Acesso em: 6 nov. 2022.

PINTO, E. P. **Sistema de produção e radiação UV-C na síntese de compostos bioativos em uvas (*Vitis labrusca*, cv. Concord) e seus sucos**. 2013. 122 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/5939>. Acesso em: 27 out. 2022.

PINTO, J. V. **Propriedades físicas, químicas, nutricionais e tecnológicas de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) de diferentes grupos de cor**. 2016. 167 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6848>. Acesso em: 3 nov. 2022.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 3396–3402, 2000. DOI 10.1021/jf9913458. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf9913458>. Acesso em: 5 nov. 2022.

QUEIROZ, T. F. N. **Relação entre conteúdo de taninos e cor do tegumento em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do tipo carioca**. 2004. 69 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004. Disponível em: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/10538>. Acesso em: 3 nov. 2022.

RANILLA, L. G.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and Peruvian bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 1, p. 90–98, 2007. DOI 10.1021/jf062785j. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf062785j>. Acesso em: 10 nov. 2022.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231–1237, 1999. DOI 10.1016/S0891-5849(98)00315-3. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891584998003153>. Acesso em: 30 out. 2022.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; NASS, L. L.; HENZ, G. P.; HEINRICH, A. G.; RIBEIRO, C. S. C.; FILHO, K. E.; BOITEUX, L. S.; RITSCHER, P.; FERRAZ, R. M.; QUECINI, V. (Orgs.). **Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros**. Brasília, DF: Francisco Reifschneider, Luciano Nass, Gilmar Henz, 2015. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153085/1/Uma-pitada-de-biodiversidade-na-mesa-dos-brasileiros.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E.; POERSCH, N. L.; MALLMANN, C. A. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1393–1399, out. 2007. DOI 10.1590/S0100-204X2007001000004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007001000004&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 15 out. 2022.

RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; POERSCH, N. L. Classificação de lotes comerciais de feijão por meio da claridade do tegumento dos grãos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 2042–2045, out. 2008. DOI 10.1590/S0103-84782008000700039. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000700039&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 3 nov. 2022.

RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J. Total antioxidant status in plasma and body fluids. **Methods in Enzymology**, Academic Press. v. 234, p. 279–293, 1994. DOI [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(94\)34095-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(94)34095-1). Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0076687994340951>. Acesso em: 30 out. 2022.

RIOS, A. de O.; ABREU, C. M. P. de; CORRÊA, A. D. Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e agrotecnologia**, v. 26, n. 3, p. 550–558, 2002.

RIQUE, A. B. R.; SOARES, E. de A.; MEIRELLES, C. de M. Nutrição e exercício na prevenção e controle das doenças cardiovasculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 6, p. 244–254, 2002. DOI 10.1590/S1517-86922002000600006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922002000600006&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 19 out. 2022.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2006 (Comunicado técnico, 125). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/664098/1/cot125.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2022.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS+**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2007 (Comunicado técnico, 128). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10225/1/Cot_128.pdf. Acesso em: 30 out. 2022.

SALEEM, Z. M.; AHMED, S.; HASAN, M. M. *Phaseolus vulgaris* LINN.: Botany, medicinal uses, phytochemistry and pharmacology. **World journal of**

pharmaceutical research, v. 5, n. 11, p. 1611–1616, 2016. Disponível em: https://www.wjpr.net/archive_show/2016/VOLUME%205,%20NOVEMBER%20ISSUE%2011. Acesso em: 26 out. 2022.

SALVADOR, M. V.; KOCK, F. V. C.; SANTOS, I. L.; PAULINO, J. F. C.; DE ALMEIDA, C. P.; DOS SANTOS GARCIA, R. H.; BENCHIMOL-REIS, L. L.; COLNAGO, L. A.; FERREIRA, A. G. Monitoring stimulated darkening from UV-C light on different bean genotypes by NMR spectroscopy. **Molecules**, v. 27, n. 7, p. 2060, 2022. DOI 10.3390/molecules27072060. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/7/2060>. Acesso em: 27 out. 2022.

SANCHES, A. G. **Influência da luz pulsada sobre a histologia, metabolismo de vitamina C e compostos fenólicos no armazenamento de acerolas**. 2018. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/37839>. Acesso em: 27 out. 2022.

SANCHES, A. G.; COSTA, J. M.; SILVA, M. B. da; MOREIRA, E. G. S.; SANTANA, P. J. A.; CORDEIRO, C. A. M. Aspectos qualitativos e amadurecimento do araçá amarelo tratado com radiação UV-C. **Nativa**, v. 5, n. 5, p. 303–310, 2017. DOI 10.5935/2318-7670.v05n05a01. Disponível em: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/2318-7670.v05n05a01>. Acesso em: 29 out. 2022.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B. da; MOREIRA, E. G. S.; COSME, S. S.; CORDEIRO, C. A. M. Radiação UV-C na longevidade pós-colheita de tangerinas sob refrigeração. **Agrarian**, v. 10, n. 36, p. 129, 2017. DOI 10.30612/agrarian.v10i36.5372. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/5372>. Acesso em: 27 out. 2022.

SANTIAGO, E. S. G. **Radiação da luz UV-C para o controle de manchas foliares na cultura do morangueiro**. 2021. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2021. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/5249>. Acesso em: 28 out. 2022.

SANTOS, I. L. **Associação genômica ampla para cor e escurecimento do tegumento do grão de feijão carioca**. 2020. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2020. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/pb246618.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2022.

SEAB. Cotação diária - Sistema de informação agrícola (SIMA). 2022a. **Secretaria da Agricultura e do Abastecimento**. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Cotacao-Diaria-SIMA>. Acesso em: 25 out. 2022.

SEAB. Levantamento da produção agropecuária. 2022b. **Secretaria da Agricultura e do Abastecimento**. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual>. Acesso em: 25 out. 2022.

SILVA, A. G. da; ROCHA, L. C.; CANNIATTI BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição = Brazilian Journal of Food and**

Nutrition, v. 20, n. 4, p. 591–598, 2009. Disponível em:

<https://repositorio.usp.br/item/002145154>. Acesso em: 11 nov. 2022.

SILVA, M. O.; BRIGIDE, P.; TOLEDO, N. M. V. de; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.

Phenolic compounds and antioxidant activity of two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) submitted to cooking. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2017. DOI 10.1590/1981-6723.7216. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232018000100401&lng=en&tlng=en. Acesso em: 9 nov. 2022.

SILVA, M. V. da; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. D. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, 2009. DOI [10.5380/cep.v27i1.14955](https://doi.org/10.5380/cep.v27i1.14955). Disponível em:

<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/article/view/14955>. Acesso em: 3 dez. 2022.

SILVA, R. de S. **Melhoramento molecular do feijão-comum para resistência múltipla a viroses**. 2021. 100 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/11608>. Acesso em: 15 out. 2022.

SINGH, B.; SINGH, J. P.; KAUR, A.; SINGH, N. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: a review. **Food Research International**, v. 101, p. 1–16, 2017. DOI 10.1016/j.foodres.2017.09.026. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996917305938>. Acesso em: 9 nov. 2022.

SINGH, R.; RATHORE, D. Oxidative stress defence responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chilli (*Capsicum annum* L.) cultivars grown under textile effluent fertilization. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 123, p. 342–358, 2018. DOI 10.1016/j.plaphy.2017.12.027. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S098194281730428X>. Acesso em: 5 nov. 2022.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152–178, 1999. DOI 10.1016/S0076-6879(99)99017-1. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0076687999990171>. Acesso em: 5 nov. 2022.

SIQUEIRA, B. D. S. **Desenvolvimento dos fenômenos de escurecimento e endurecimento em feijão carioca: aspectos bioquímicos e tecnológicos**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, 2013. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/71/o/SIQUEIRA_-_Desenvolvimento_dos_fen%C3%B4menos_de_escurecimenBEATRIZto_e_endurecimento_em_feij%C3%A3o_carioca_2013.pdf. Acesso em: 11 nov. 2022.

SIQUEIRA, B. dos S.; BASSINELLO, P. Z.; SANTOS, S. C.; MALGARESI, G.; FERRI, P. H.; RODRIGUEZ, A. G.; FERNANDES, K. F. Do enzymatic or non-

enzymatic pathways drive the postharvest darkening phenomenon in carioca bean tement? **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 593–600, 2016. DOI 10.1016/j.lwt.2016.01.079. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643816300792>. Acesso em: 7 nov. 2022.

SOUZA, T. L. P. O. de; FARIA, J. C. de; ARAGÃO, F. J. L.; PELOSO, M. J. D. **BRS FC401 RMD: Cultivar de feijão carioca geneticamente modificada com resistência ao mosaico-dourado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016 (Comunicado Técnico 235). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149329/1/CNPAF-2016-ct235.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

STANGHERLIN, G. **Aplicação de radiação UV em banana minimamente processada**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/6733>. Acesso em: 27 out. 2022.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B. da; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. da. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **UNOPAR Científica. Ciências biológicas e da saúde**, v. 14, n. 4, 2012. Disponível em: <https://journalhealthscience.pgskroton.com.br/article/view/885>. Acesso em: 27 out. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre - RS: Artmed, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. trad. Alexandra Antunes Mastroberti Antunes; Armando Molina Divan Junior. 6. ed. Porto Alegre - RS: Artmed, 2017.

TBCA. Composição de feijão carioca cru. 2022. **Composição de Alimentos (Em Medidas Caseiras)**. Disponível em: http://www.tbca.net.br/base-dados/int_composicao_alimentos.php?cod_produto=C0002T. Acesso em: 24 out. 2022.

TEIXEIRA, J. V.; SIQUEIRA, B. D. S.; NARA, L.; NÓBREGA, N.; BASSINELLO, P. Z. Efeito de câmara simuladora de radiação solar sobre cor e tempo de cocção de grãos de feijão carioca. **Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão**, p. 3, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51954/1/cta12.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

TELLES, A. C. **Feijões: características químicas e ocorrência de aflatoxinas**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2015. Disponível em: <https://repositorio.furg.br/handle/1/6233>. Acesso em: 6 nov. 2022.

TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. T. Melhoramento genético do feijoeiro: avanços, perspectivas e novos estudos, no âmbito nacional. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 217–223, 2015. DOI 10.14583/2318-7670.v03n03a12. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/2208/pdf>. Acesso em: 19 out. 2022.

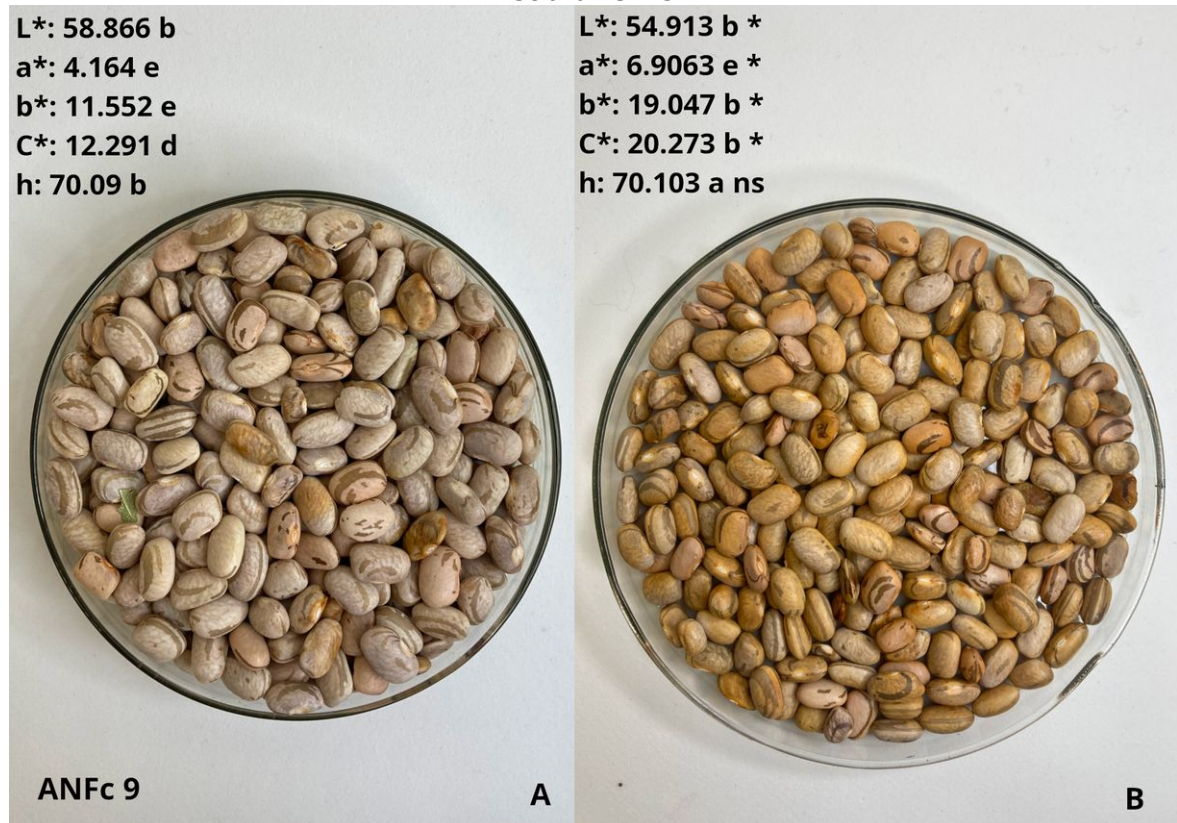
VASCONCELOS, M. W.; GRUSAK, M. A.; PINTO, E.; GOMES, A.; FERREIRA, H.; BALÁZS, B.; CENTOFANTI, T.; NTATSI, G.; SAVVAS, D.; KARKANIS, A.; WILLIAMS, M.; VANDENBERG, A.; TOMA, L.; SHRESTHA, S.; AKAICHI, F.; BARRIOS, C. O.; GRUBER, S.; JAMES, E. K.; MALUK, M.; ... IANNETTA, P. The biology of legumes and their agronomic, economic, and social impact. *In*: HASANUZZAMAN, M.; ARAÚJO, S.; GILL, S. S. (orgs.). **The Plant Family Fabaceae: Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses**. Singapore: Springer, 2020. p. 3–25. DOI 10.1007/978-981-15-4752-2_1. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-15-4752-2_1. Acesso em: 25 out. 2022.

XIONG, M.; ZHAO, M.; LU, Z.-X.; BALASUBRAMANIAN, P. Genotypic variation for phenolic compounds in developing and whole seeds, and storage conditions influence visual seed quality of yellow dry bean genotypes. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 100, n. 3, p. 284–295, 2020. DOI 10.1139/cjps-2019-0153. Disponível em: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/cjps-2019-0153>. Acesso em: 9 nov. 2022.

YANG, Q.-Q.; GAN, R.-Y.; GE, Y.-Y.; ZHANG, D.; CORKE, H. Polyphenols in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): chemistry, analysis, and factors affecting composition. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 6, p. 1518–1539, 2018. DOI 10.1111/1541-4337.12391. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12391>. Acesso em: 14 nov. 2022.

APÊNDICE A – Cultivares e linhagens antes e após 72 horas de radiação UV-C

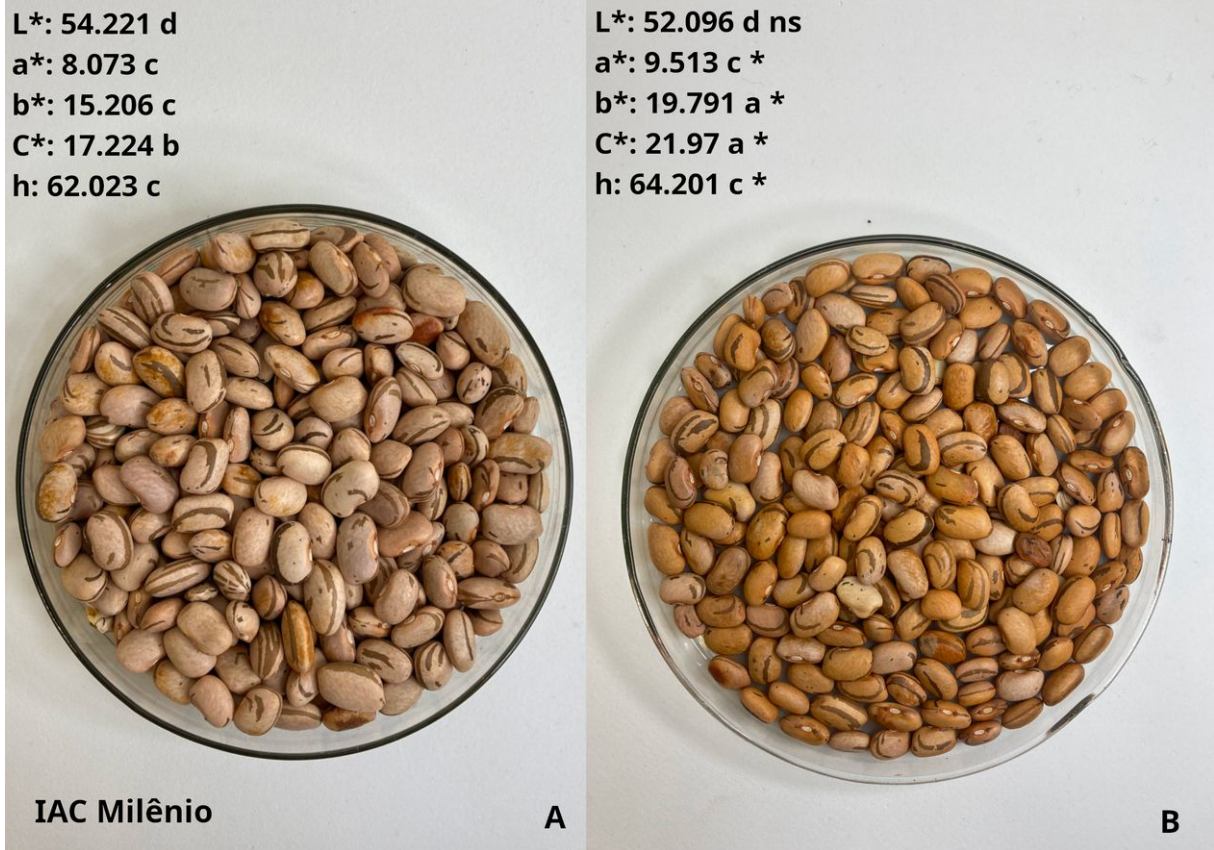
Figura 15 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da cultivar ANFc 9 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 16 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da cultivar IAC Milênio antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 17 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da cultivar IPR Tangará antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

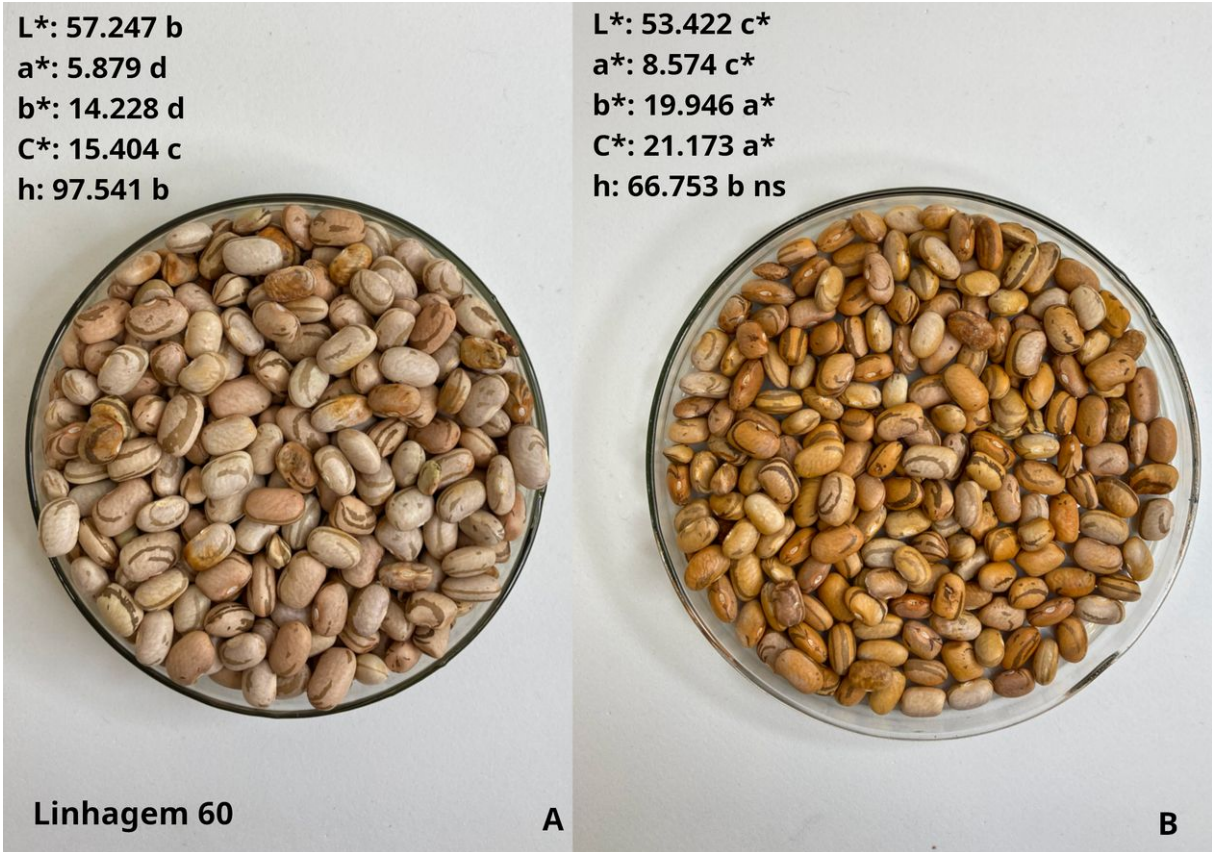
Figura 19 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 58 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 20 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 60 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

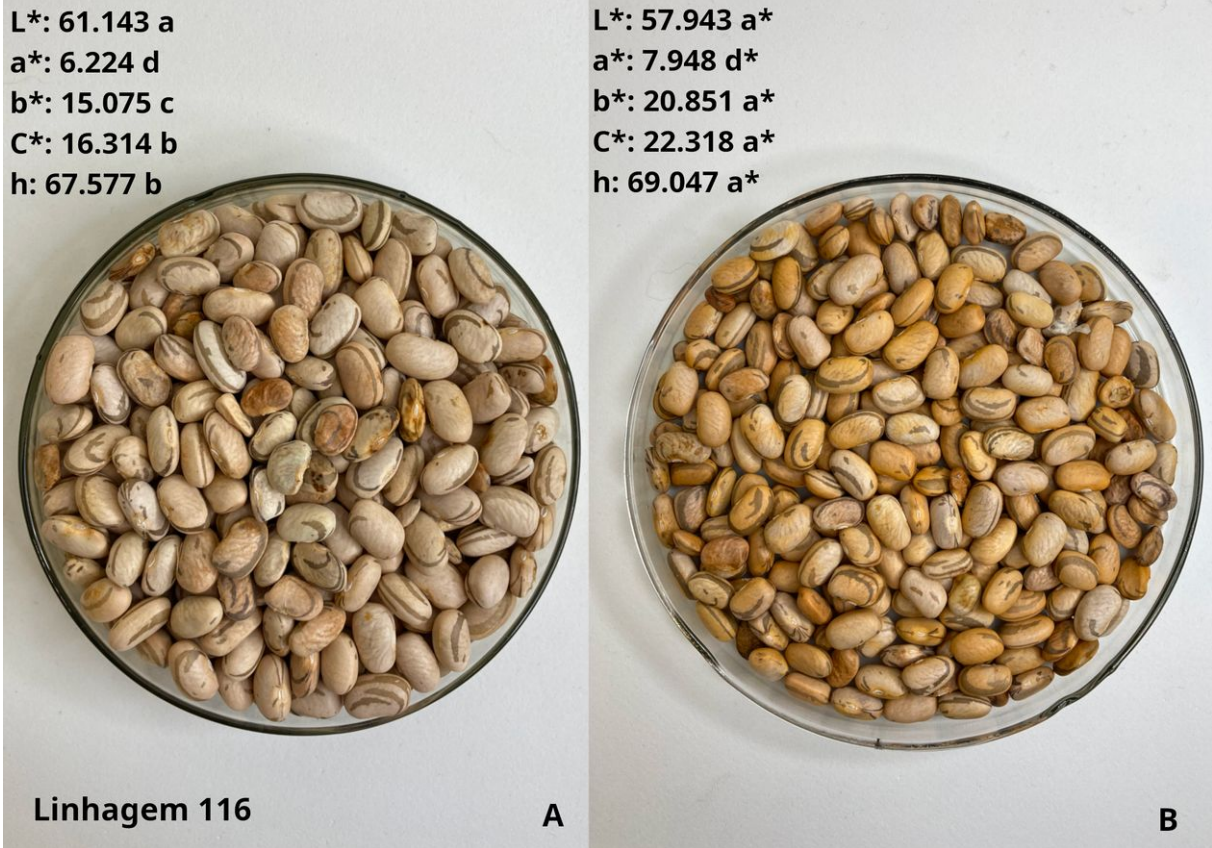
Figura 21 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 89 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

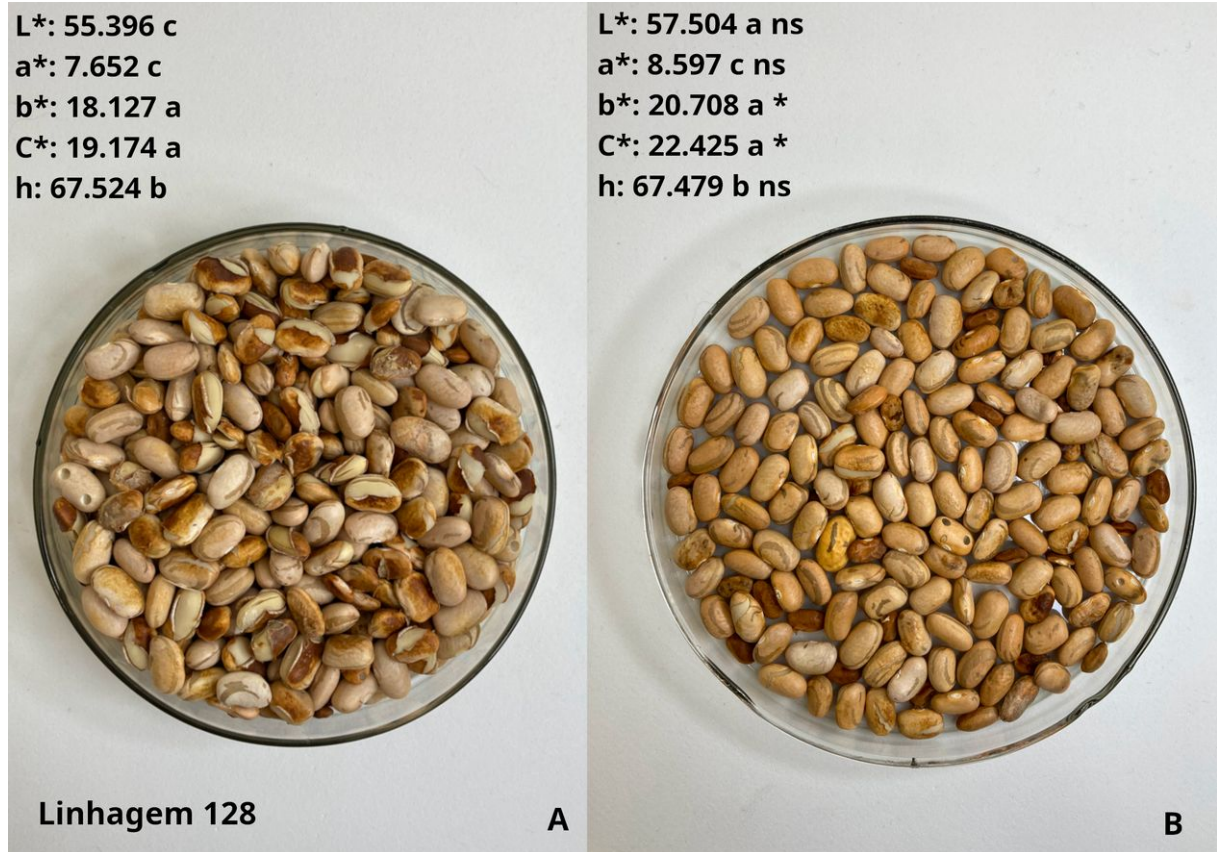
Figura 22 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 116 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

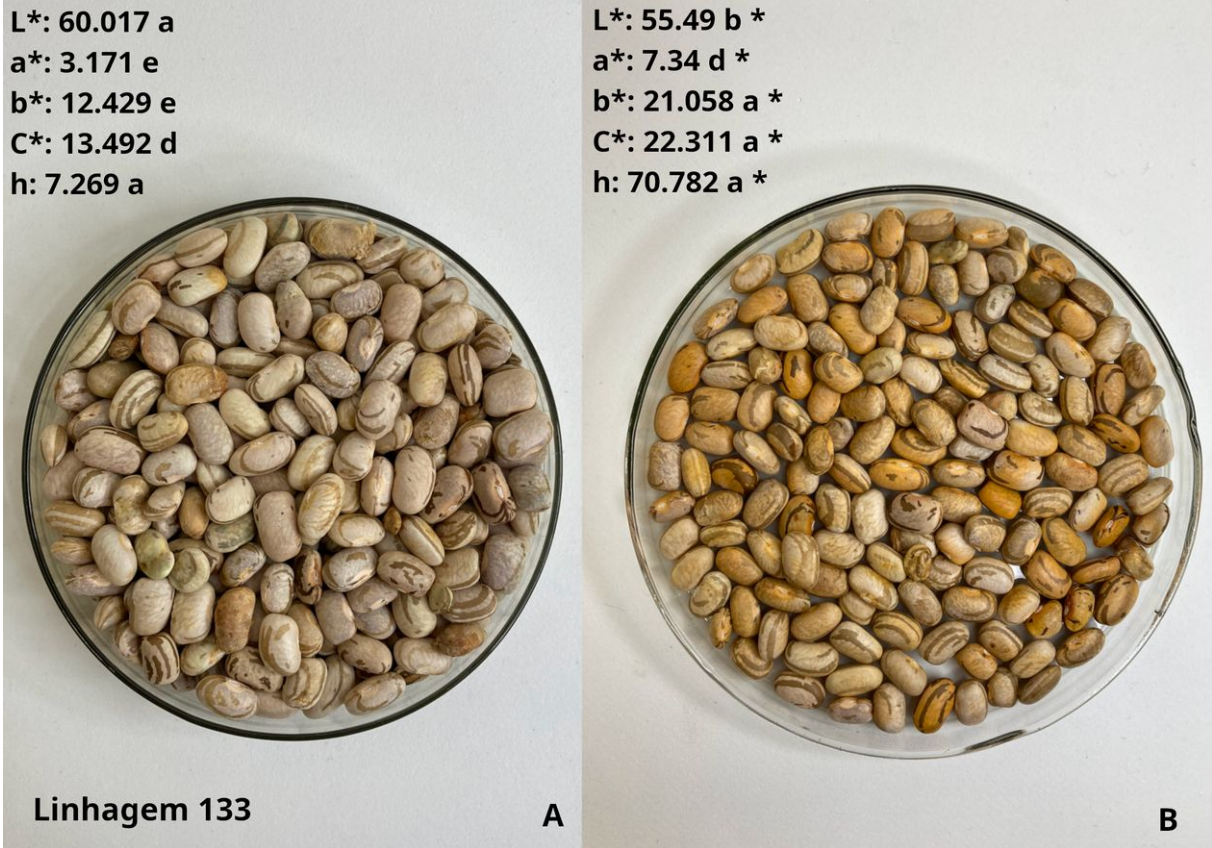
Figura 23– Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 128 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 24 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 133 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

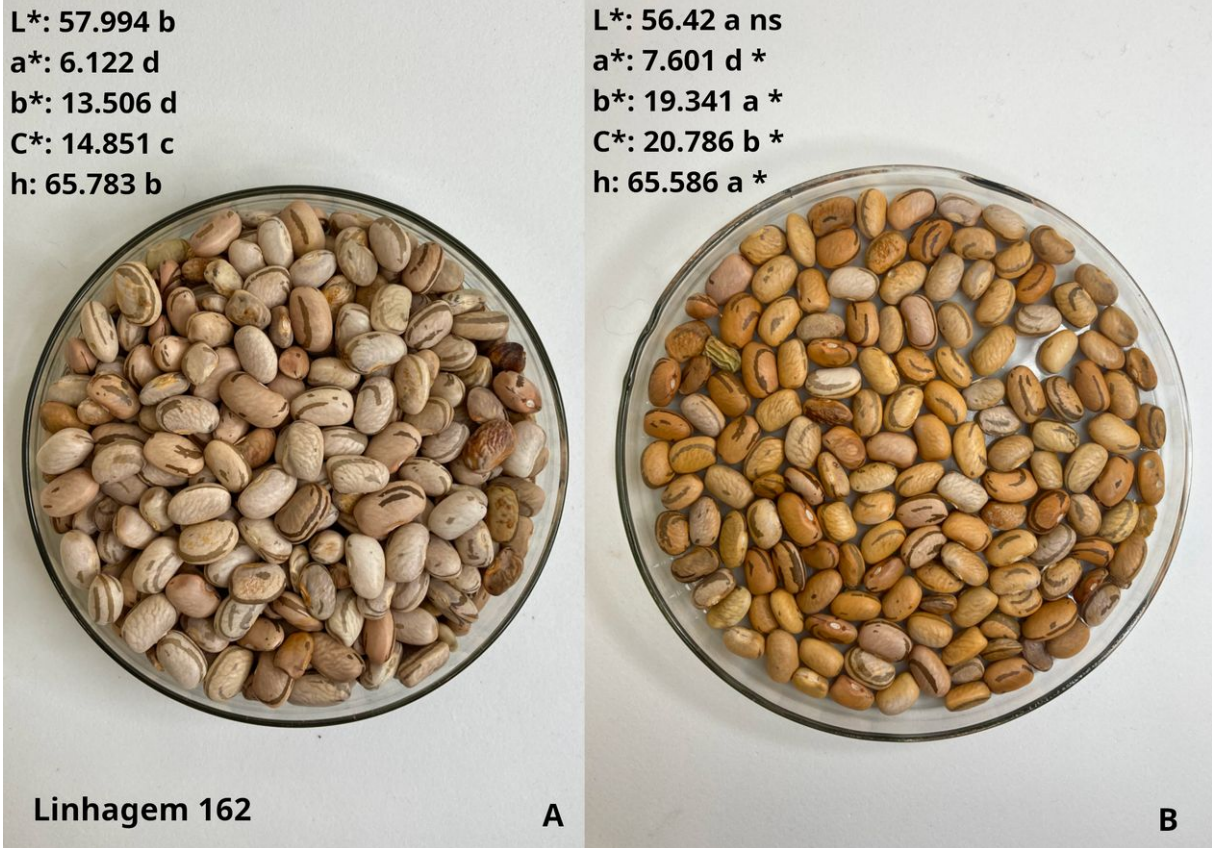
Figura 25 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 145 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

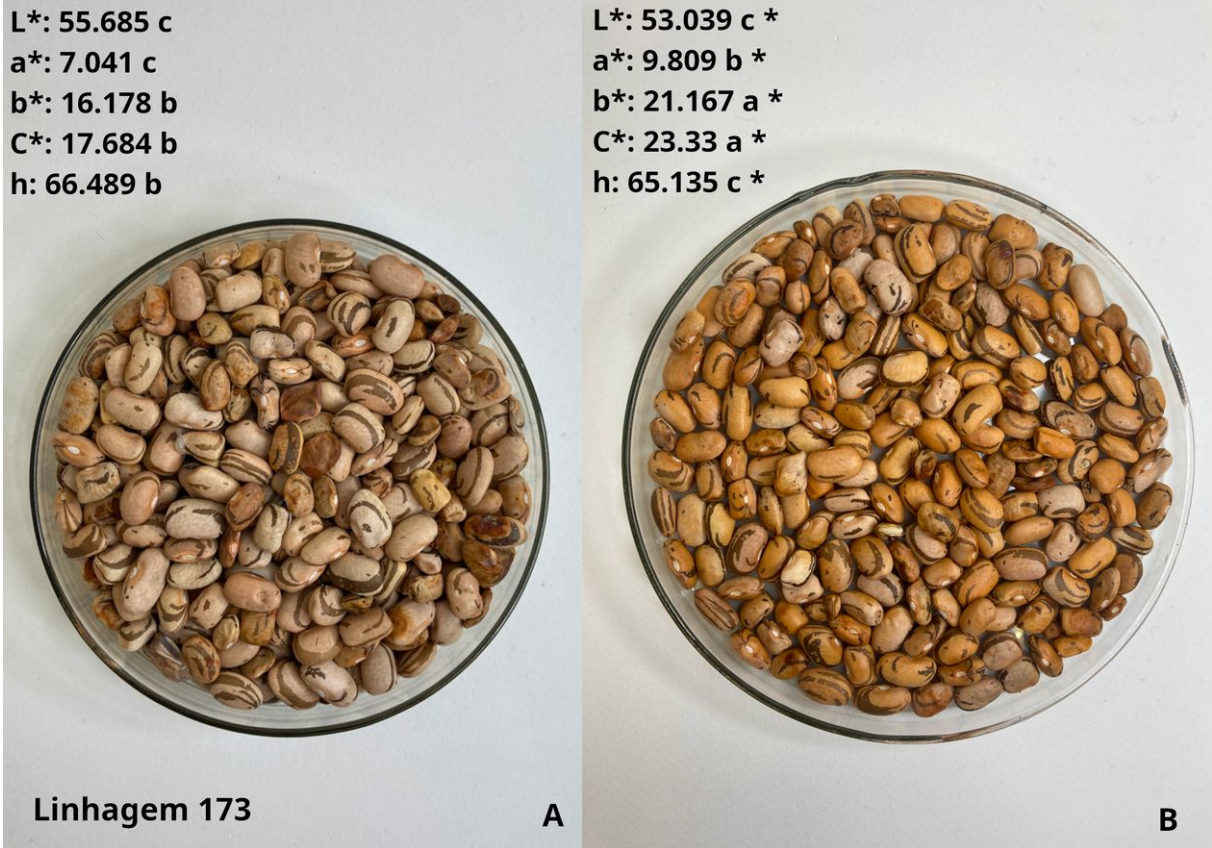
Figura 26 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 162 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

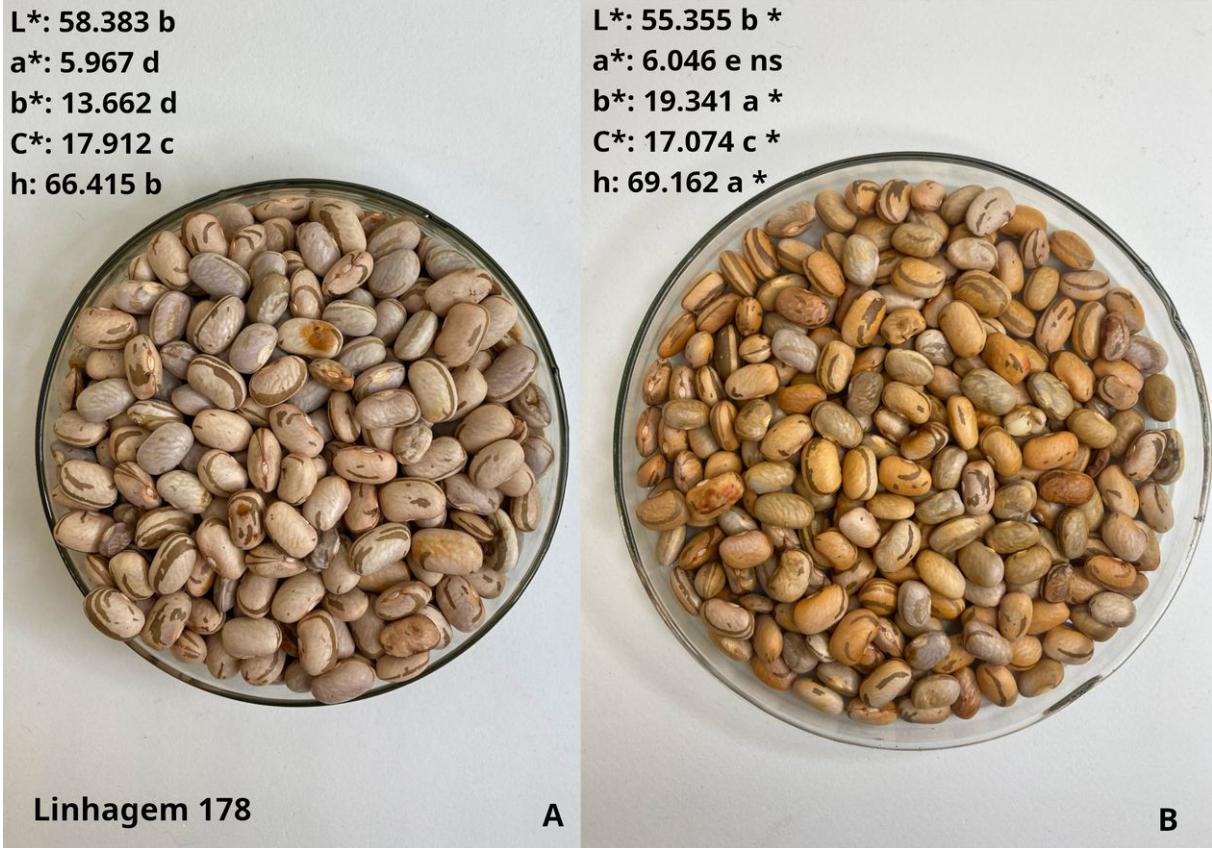
Figura 27 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 173 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 28 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 178 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 29 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 202 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 30 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 209 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

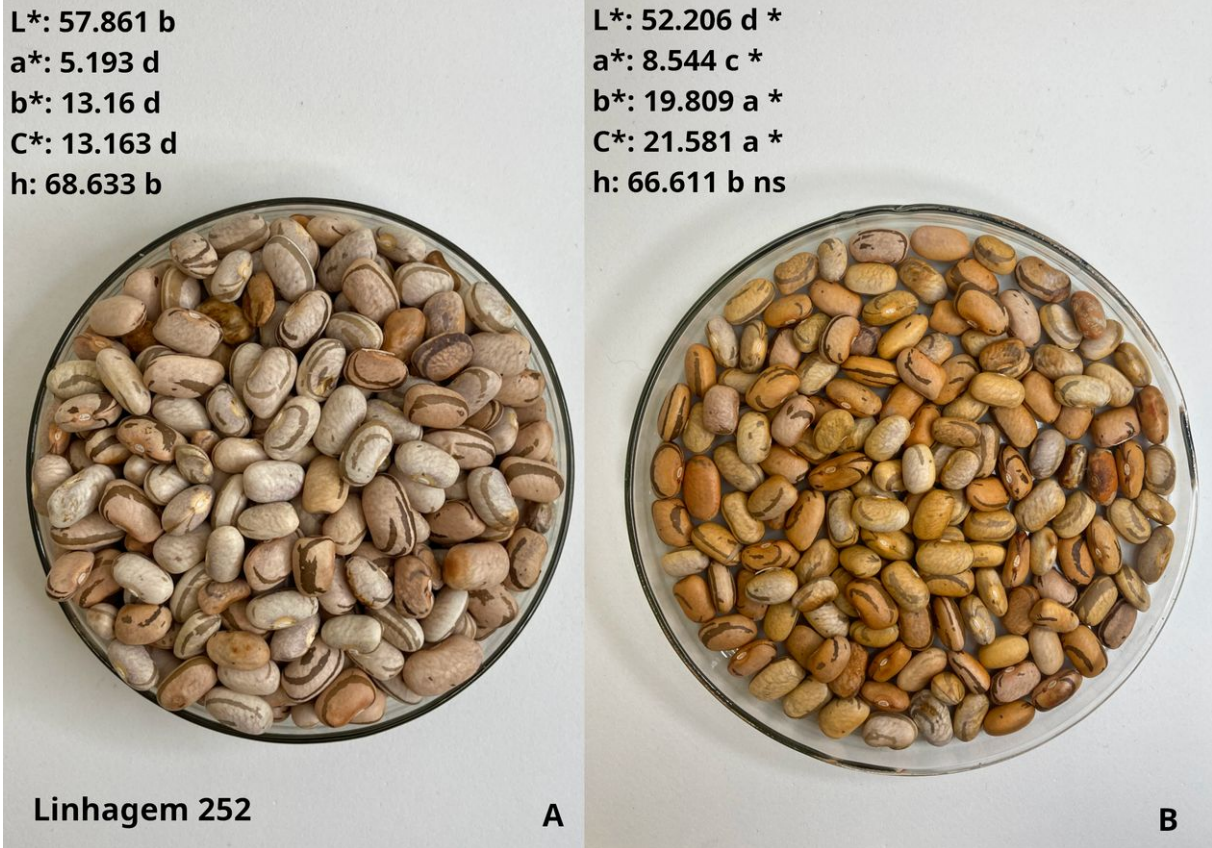
Figura 31 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 249 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 32 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 252 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 33 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 277 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 34 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 278 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 36 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 288 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 37 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 295 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

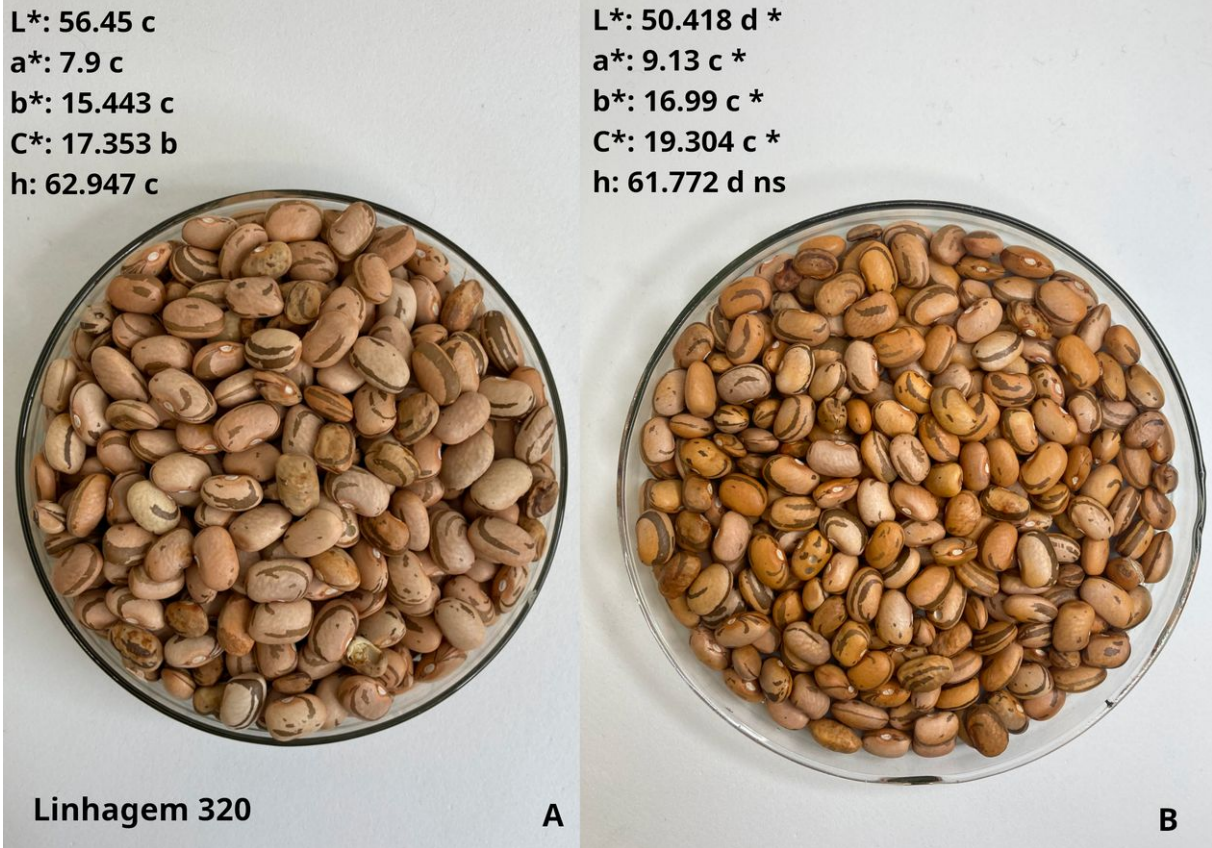
Figura 38 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 310 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 39 – Variáveis de L*, a*, b*, C* e h da linhagem 320 antes (A) e depois (B) de 72 horas sob luz UV-C



Médias seguidas por letras diferentes no tratamento sem UV-C indicam variação significativa entre linhagens para o teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) (A) e entre as linhagens submetidas ao UV-C para o mesmo teste (B). * e ns apresentam respectivamente diferença significativa e não significativa entre os tratamentos de UV-C, pelo teste t a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

APÊNDICE B – Tabelas da ANOVA

Tabela 12 – Análise de variância dos componentes de rendimento de genótipos de feijão carioca. UTFPR – Pato Branco, 2022

Número de grãos por planta (NGP)				
FV	GL	QM	F	P (%)
Tratamentos	24	1120,728	1,1569	30,027326 ^{ns}
Resíduo	100	968,744		
Total	124			
Média geral		74,97		
CV (%)		41,52		
Número de grãos por legume (NGL)				
FV	GL	QM	F	P (%)
Tratamentos	24	41,816667	1,0567	40,609084 ^{ns}
Resíduo	100	39,572		
Total	124			
Média geral		17,44		
CV (%)		36,07		
Número de grãos por legume (NGL)				
FV	GL	QM	F	P (%)
Tratamentos	24	1,974753	4,1714	,0 ^{**}
Resíduo	100	,4734		
Total	124			
Média geral		4,29		
CV (%)		16,05		
Massa de grãos por planta (MGP)				
FV	GL	QM	F	P (%)
Tratamentos	24	92,013253	1,4498	10,414531 ^{ns}
Resíduo	100	63,467691		
Total	124			
Média geral		16,51		
CV (%)		48,26		
Massa de mil grãos (MMG)				
FV	GL	QM	F	P (%)
Tratamentos	24	4772,266812	2,2267	,008437 ^{**}
Resíduo	100	2143,23668		
Total	124			
Média geral		216,30		
CV (%)		14,52		

FV: Fonte de variação, GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio; P: Probabilidade; NS: Não significativo; **: Significativo a 1%; CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 13 – Análise de variância dos genótipos de feijão carioca para as variáveis a* (tonalidade), b* (tonalidade), C* (cromaticidade) e h (saturação). UTFPR – Pato Branco, 2022

Análise de variância a*				
FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	482,9931299	595,20	<,0001
Genótipo	24	31,9694946	39,40	<,0001
Gen * UV-C	24	4,5153549	5,56	<,0001
Média		7,90		
CV (%)		11,40		
Análise de variância b*				
FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	2687,164714	1130,07	<,0001
Genótipo	24	21,468548	9,03	<,0001
Gen * UV-C	24	16,455806	6,92	<,0001
Média		17,12		
CV (%)		9,01		
Análise de variância C*				
FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	3184,328952	1060,04	<,0001
Genótipo	24	34,362273	11,44	<,0001
Gen * UV-C	24	19,773706	6,58	<,0001
Média		18,88		
CV (%)		9,18		
Análise de variância h				
FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	16,715233	1,96	0,1624
Genótipo	24	224,450408	26,29	<,0001
Gen * UV-C	24	24,424409	2,98	<,0001
Média		65,24		
CV (%)		4,48		

FV: Fonte de variação, GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio; P: Probabilidade; CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 14 – Análise de variância dos métodos de determinação de atividade antioxidante (ABTS, DPPH e FRAP) e compostos fenólicos totais (CFT) e flavonoides totais (FT) de genótipos de feijão carioca. UTFPR – Pato Branco, 2022

Análise de variância ABTS				
FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	79,00333	64,75	<,0001
Genótipo	24	924,87472	758,07	<,0001
Gen * UV-C	24	204,37919	167,52	<,0001
Média		40,73		
CV (%)		2,71		
Análise de variância DPPH				
FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	1228,141494	3440,54	<,0001
Genótipo	24	58,978495	165,22	<,0001
Gen * UV-C	24	189,203445	530,04	<,0001
Média		16,95		
CV (%)		3,52		
Análise de variância FRAP				
FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	8958,2976	593,73	<,0001
Genótipo	24	6221,7175	412,36	<,0001
Gen * UV-C	24	277,6674	18,40	<,0001
Média		88,31		
CV (%)		4,40		
Análise de variância CFT				
FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	192,485376	6333,01	<,0001
Genótipo	24	73,954746	2433,20	<,0001
Gen * UV-C	24	6,772808	222,83	<,0001
Média		9,52		
CV (%)		1,83		
Análise de variância FT				
FV	GL	QM	F	Probabilidade > F
UV-C	1	1620416,29	1195,60	<,0001
Genótipo	24	874433,58	645,19	<,0001
Gen * UV-C	24	643794,59	475,02	<,0001
Média		4,07		
CV (%)		905,61		

FV: Fonte de variação, GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio; P: Probabilidade; CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria (2022).

APÊNDICE C – Testes de médias para as variáveis a^* , b^* , C^* e h em genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C

Tabela 15 – Valores de a* e b* (tonalidade) dos genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022

Linhagem/ cultivar	Aplicação do UV-C			
	a*		b*	
	Antes	Depois	Antes	Depois
46	5,55±0,8* d	7,85±0,5 d	14,43±0,6* d	17,70±1,2 b
58	9,59±1,0* a	11,27±1,2 a	16,42±1,1* b	20,15±1,4 a
60	5,88±0,7* d	8,57±0,6 c	14,23±1,1* d	19,95±0,5 a
89	7,23±0,9* c	8,85±0,3 c	15,05±0,5* c	18,76±0,7 b
116	6,22±0,4* d	7,95±0,8 d	15,08±0,5* c	20,85±2,7 a
128	7,65±2,1 ^{ns} c	8,60±0,7 c	18,13±1,9* a	20,71±1,0 a
133	3,17±0,4* e	7,34±0,4 d	12,43±1,5* e	21,06±0,7 a
145	6,33±0,6* d	8,81±0,7 c	13,75±0,6* d	20,28±1,7 a
162	6,12±1,2* d	7,60±1,2 d	13,51±1,1* d	19,34±2,3 a
173	7,04±0,5* c	9,81±0,9 b	16,18±0,8* b	21,17±1,9 a
178	5,97±0,5 ^{ns} d	6,05±0,9 e	13,66±0,7* d	15,96±2,9 c
202	6,60±1,2* d	7,71±0,7 d	15,84±0,7* c	20,07±1,0 a
209	8,93±1,4 ^{ns} a	9,29±0,9 c	15,62±1,8* c	18,42±1,6 b
249	8,32±0,7* b	9,73±1,1 b	15,03±0,7* c	19,12±1,0 b
252	5,19±1,2* d	8,54±0,8 c	13,16±1,8* d	19,81±1,9 a
277	7,63±1,1* c	9,28±0,8 c	15,41±1,6* c	19,82±2,6 a
278	8,69±0,9* b	10,33±0,7 b	15,44±1,2* c	19,05±1,8 b
284	8,36±0,9* b	9,92±1,2 b	16,57±1,1* b	18,42±1,6 b
288	7,53±0,4* c	10,35±0,8 b	14,92±0,6* c	20,15±2,3 a
295	7,11±0,7* c	8,95±1,1 b	14,03±0,5* d	19,35±2,9 a
310	6,95±0,6* c	10,25±1,2 b	14,53±0,5* d	21,92±2,0 a
320	7,90±0,7* c	9,13±1,4 c	15,21±0,8* c	16,99±2,1 c
ANFc 9	4,16±0,5* e	6,91±1,1 e	11,55±1,3* e	19,05±2,1 b
IAC Milênio	8,07±0,5* c	9,51±0,9 c	15,21±0,7* c	19,80±2,7 a
IPR Tangará	6,76±0,7* c	8,89±0,5 c	13,75±1,0* d	17,99±1,3 b

Médias ± desvio padrão seguido por letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) entre genótipos. * e ns na mesma linha indicam respectivamente diferença significativa e não significativo pelo teste t a 5% de significância respectivamente, entre as aplicações de UV-C para cada genótipo individualmente.

Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 16 – Valores de C* (cromaticidade) e h (saturação) de genótipos de feijão carioca antes e após a aplicação de radiação UV-C. UTFPR – Pato Branco, 2022

Linhagem/ cultivar	Aplicação do UV-C			
	C*		h	
	Antes	Depois	Antes	Depois
46	15,47±0,7* c	19,37±1,1 b	68,99±2,6* b	66,02±2,0 b
58	19,02±1,4* a	23,13±1,2 a	54,76±15,3 ^{ns} d	60,73±3,6 d
60	15,40±1,1* c	21,71±0,7 a	67,54±2,2 ^{ns} b	66,75±1,1 b
89	16,71±0,8* b	20,74±0,8 b	64,42±2,3 ^{ns} c	64,74±0,6 c
116	16,31±0,5* b	22,32±2,8 a	67,58±1,3* b	69,05±1,4 a
128	19,71±2,5* a	22,43±1,2 a	67,52±3,9 ^{ns} b	67,48±1,0 b
133	13,49±0,9* d	22,31±0,7 a	76,27±1,9* a	70,87±0,8 a
145	15,39±0,7* c	22,12±1,7 a	65,77±1,9 ^{ns} b	66,48±1,1 b
162	14,85±1,3* c	20,79±2,5 b	65,78±3,4* b	68,59±1,5 a
173	17,68±0,9* b	23,33±2,1 a	66,49±1,0 ^{ns} b	65,14±0,5 c
178	14,91±0,8* c	17,07±3,0 c	66,42±1,5* b	69,16±0,9 a
202	17,21±1,0* b	21,51±0,9 a	67,50±3,4 ^{ns} b	68,97±1,9 a
209	18,00±2,3* b	20,63±1,7 b	60,35±1,5* c	63,24±1,8 c
249	17,18±1,0* b	21,46±1,3 a	61,06±1,0* c	63,09±2,0 c
252	13,16±3,9* d	21,58±1,9 a	68,63±3,2 ^{ns} b	66,61±1,6 b
277	16,93±2,1* b	21,89±2,6 a	63,28±0,9* c	64,75±1,9 c
278	17,86±1,4* b	21,69±1,7 a	60,91±2,0 ^{ns} c	61,42±2,4 d
284	18,77±1,2* a	20,93±1,9 b	63,28±1,6 ^{ns} c	61,74±2,1 d
288	16,71±0,7* b	22,66±2,3 a	63,25±0,7* c	62,70±2,0 d
295	15,87±0,6* c	21,63±3,2 a	63,41±1,8 ^{ns} c	63,51±1,4 c
310	16,11±0,5* c	24,21±2,2 a	64,43±2,0 ^{ns} c	64,96±1,7 c
320	17,35±0,9* b	19,30±2,4 c	62,95±1,4 ^{ns} c	61,77±2,4 d
ANFc 9	12,29±1,3* d	20,27±2,3 b	70,09±2,3 ^{ns} b	70,10±2,2 a
IAC Milênio	17,22±0,8* b	21,97±2,7 a	62,02±1,8* c	64,20±1,9 c
IPR Tangará	15,33±1,1* c	20,07±1,3 b	63,80±2,4 ^{ns} c	63,68±1,2 c

Médias ± desvio padrão seguido por letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste Scott e Knott ($p \leq 0,01$) entre genótipos. * e ns na mesma linha indicam respectivamente diferença significativa e não significativo pelo teste t a 5% de significância respectivamente, entre as aplicações de UV-C para cada genótipo individualmente.

Fonte: Autoria própria (2022).

APÊNDICE D – Análise de correlação de Pearson

Tabela 17 – Análise de Correlação de Pearson ($p \leq 0,05$) para as variáveis de atividade antioxidante (ABTS, DPPH e FRAP) e compostos fenólicos totais (CFT) e flavonoides totais (FT). UTFPR – Pato Branco, 2022

	ABTS	DPPH	FRAP	CFT	FT
ABTS	1,000	0,21 (0,01)	0,77 (<0,0001)	0,65 (<0,0001)	0,17 (0,04)
DPPH		1,000	0,09 (0,28)	0,02 (0,79)	0,17 (0,04)
FRAP			1,000	0,92 (<0,0001)	0,34 (<0,0001)
CFT				1,000	0,36 (<0,0001)
FT					1,000

Valores destacados em negrito são significativos e com correlação maior que 0,60.

Fonte: Autoria própria (2022).