

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM DE
GRÃOS ESPECIAIS DO TIPO EXPORTAÇÃO À ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM COBERTURA**

João Paulo Morais da Silva

Engenheiro Agrônomo

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM DE
GRÃOS ESPECIAIS DO TIPO EXPORTAÇÃO À ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM COBERTURA**

João Paulo Morais da Silva

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Prates Coelho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2024

S586r

Silva, João Paulo Morais da

Resposta de cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação à adubação nitrogenada em cobertura / João Paulo Morais da Silva. -- Jaboticabal, 2024

66 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Leandro Borges Lemos

Coorientador: Anderson Prates Coelho

1. Phaseolus vulgaris L.. 2. Nitrogênio. 3. Mercado externo. 4. Características produtivas e qualitativas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM DE GRÃOS ESPECIAIS DO TIPO EXPORTAÇÃO À ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA

AUTOR: JOÃO PAULO MORAIS DA SILVA

ORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS

COORDENADOR: ANDERSON PRATES COELHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. ORIVALDO ARF (Participação Presencial)
Departamento de Fitotecnia Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / FEIS UNESP Ilha Solteira

Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ (Participação Presencial)
Departamento de Ciência do Solo / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 18 de julho de 2024

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOÃO PAULO MORAIS DA SILVA – nascido em 26 de setembro de 1997, em Santarém-PA, é Engenheiro Agrônomo formado em 04 de agosto de 2022 pela Universidade Federal Rural da Amazônia - Belém, Pará. Na graduação, atuou na iniciação científica como bolsista Fapespa por um ano e dois anos como bolsista CNPq, no projeto de pesquisa Seleção microrganismos promotores do crescimento e de agentes de controle biológico de lagartas desfolhadoras (*Brassolis sophorae* e *Opsiphanes envirae*) de palma de óleo e manejo da irrigação através de índices físicos do solo para a palma de óleo, desenvolvendo esse trabalho na empresa Agropalma S/A no município de Tailândia-PA. Foi integrante do grupo de estudos nutrição da palma de óleo (Nutripalma) durante três anos. Em agosto de 2022 ingressou no curso de mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com conclusão prevista para o mês de julho de 2024. Atualmente é membro do Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade em Sistemas Agrícolas (SAGRIS), atuando na equipe técnica de projetos de pesquisa com as culturas de feijão, milho, soja e café.

À minha mãe, que me deu amor, educação
e apoio nos bons e maus momentos e ao meu pai
por ter me ajudado boa parte da minha vida e
investido no meu conhecimento intelectual.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, que me deu amor, educação e apoio nos bons e maus momentos.

Ao meu pai, por ter me ajudado boa parte da minha vida e investido no meu conhecimento intelectual.

A Deus, pela existência e oportunidade de realização deste trabalho.

Às minhas irmãs e irmãos, por terem cuidado e me ajudado nessa caminhada árdua.

A meu orientador, Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, pela confiança na orientação e pelos ensinamentos a mim passados durante esse período.

Ao meu coorientador, prof. Dr. Anderson Coelho Prates por toda ajuda e conhecimento repassado.

Aos meus amigos de Jaboticabal, Anderson Rodrigues e Paulo Gonçalves por terem me ajudado nessa caminhada dentro da universidade, pelo os conselhos e risadas do dia-a-dia.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa SAGRIS Filipe Nobile, Victor Pizetta, Gabriel Queiroz, Helena Carvalho, João Gabriel Dias, Natalia Zimerman e Vinicius Filla por toda ajuda concedida durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da UNESP.

Ao pesquisador Alisson Fernando Chiorato, do Instituto Agrônomo de Campinas, pelo fornecimento das sementes das cultivares de feijoeiro.

Aos funcionários da FEPE e do Departamento de Produção Vegetal, por todo auxílio durante a implantação, condução e colheita do experimento.

Aos meus amigos de Belém, mesmo distantes me ajudaram de forma financeira e psicológica, Chan Ribeiro, David Silva e Paulo Sousa.

À minha namorada, Thifany Miranda por todo companheirismo, amor e ajuda concedida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 O feijoeiro-comum no Brasil	3
2.2 Cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação	6
2.2.1 Cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)	11
2.3 Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro-comum	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Atributos agronômicos das cultivares de feijoeiro-comum em função da adubação nitrogenada de cobertura.	25
4.2 Atributos qualitativos das cultivares de feijoeiro-comum em função da adubação nitrogenada de cobertura.	34
4.3 Análise de correlação simples	38
4.4 Análise multivariada	41
5. CONCLUSÃO	42
6. REFERÊNCIAS.....	42
APÊNDICES	49

RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM DE GRÃOS ESPECIAIS DO TIPO EXPORTAÇÃO À ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA

RESUMO - A introdução de cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação no mercado brasileiro é uma estratégia importante para aumentar a renda dos produtores. No entanto, para essas cultivares verifica-se carência de informações com relação ao uso e manejo da adubação nitrogenada, mesmo sabendo que o nitrogênio (N) é o nutriente mais requerido e exportado, sendo essencial para obtenção de elevadas produtividades de grãos. O objetivo com esse trabalho foi avaliar os atributos agrônômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação em resposta à aplicação de doses de nitrogênio em cobertura. O experimento foi desenvolvido em Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa no delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 6 x 4, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por 6 cultivares de feijoeiro-comum: IAC Nuance, IAC Tigre, IAC 2153, IAC 2154, IAC 2156 e IAC 2157. O segundo fator foi formado por 4 doses de nitrogênio aplicadas em cobertura: 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N. Foram avaliados atributos agrônômicos (massa seca da parte aérea, teor de nitrogênio foliar, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, massa de cem grãos e produtividade de grãos) e qualitativos (rendimento de peneira, teor de proteína bruta, tempo de cozimento, tempo de máxima hidratação dos grãos e relação de hidratação dos grãos). Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e depois foi realizada a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott, também adotou-se o estudo de regressão polinomial, análise de correlação simples de Pearson e a análise multivariada por componentes principais (CPs). Quanto a produtividade de grãos a cultivar IAC 2154 se destacou, obtendo produtividade máxima de 3.868 kg ha⁻¹ na dose de 104 kg ha⁻¹, sendo classificada como eficiente e responsiva ao uso de N. As cultivares IAC Nuance e IAC 2153, foram classificadas como eficientes e não responsivas. As cultivares IAC 2156 e IAC 2157 enquadraram-se como não eficientes e responsivas, enquanto que a IAC Tigre foi classificada como não eficiente e não responsiva. Os atributos qualitativos foram influenciados pelas cultivares, com exceção do teor de proteína bruta que aumentou linearmente com incremento das doses de N. Todas as cultivares, exceto a IAC Tigre, apresentaram alto rendimento de peneira ≥ 12 . A cultivar IAC 2154 obteve alto rendimento nas peneiras 13 e 14, o maior teor de proteína bruta e necessitou de menores tempos para a cocção e a hidratação dos grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., nitrogênio, mercado externo, características produtivas e qualitativas.

RESPONSE OF COMMON BEAN CULTIVARS OF SPECIAL EXPORT TYPE GRAINS TO TOPDRESSING NITROGEN FERTILIZATION.

ABSTRACT - The introduction of special grain common bean cultivars into the Brazilian market is an important strategy to increase farmers' income. However, for these cultivars, there is a lack of information regarding the use and management of nitrogen fertilization, where nitrogen (N) is the most required and exported nutrient, essential for achieving high grain yields. The objective of this study was to evaluate the agronomic and qualitative attributes of special grain common bean cultivars in response to nitrogen application rates as topdressing. The experiment was conducted on a clayey texture Eutroferic Red Latosol in a randomized block design in a 6 x 4 factorial scheme, with four replications. The first factor consisted of 6 common bean cultivars: IAC Nuance, IAC Tigre, IAC 2153, IAC 2154, IAC 2156, and IAC 2157. The second factor comprised 4 nitrogen rates applied as topdressing: 0, 60, 120, and 180 kg ha⁻¹ of N. Agronomic attributes (aboveground dry mass, leaf nitrogen content, number of pods per plant, number of grains per pod, number of grains per plant, one hundred grain weight, and grain yield) and qualitative attributes (sieve yield, crude protein content, cooking time, maximum grain hydration time, and grain hydration ratio) were evaluated. The data were subjected to analysis of variance using the F-test, followed by mean comparison using the Scott-Knott test. Additionally, polynomial regression analysis, Pearson's simple correlation analysis, and principal component analysis (PCA) were conducted. Regarding grain yield, cultivar IAC 2154 stood out, achieving a maximum production of 3,868 kg ha⁻¹ at a rate of 104 kg ha⁻¹, classified as efficient and responsive to N use. Cultivars IAC Nuance and IAC 2153 were classified as efficient but non-responsive. Cultivars IAC 2156 and IAC 2157 were classified as non-efficient but responsive, while IAC Tigre was classified as non-efficient and non-responsive. The qualitative attributes were influenced by the cultivars, except for crude protein content, which increased linearly with increasing N rates. All cultivars, except IAC Tigre, showed high sieve yields ≥ 12 . Cultivar IAC 2154 achieved high yields in sieves 13 and 14, had the highest crude protein content, and required shorter cooking and grain hydration times.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., nitrogen, foreign market, productive and qualitative characteristics.

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui três centros de origens, sendo na Mesoamérica, Andes e Colômbia (Carbonell et al., 2021). No território brasileiro predomina o cultivo do feijoeiro-comum de cultivares originárias da Mesoamérica como as do tipo comercial carioca e preto.

No Brasil existem diversas cultivares de feijoeiro-comum, sendo o tipo comercial carioca o mais produzido, caracterizado por grãos de tegumento claro e estrias marrons (Lemos et al., 2015; Pereira et al., 2022). É importante ressaltar que o Brasil é o único produtor e consumidor do feijão de grãos tipo carioca, sendo que esse grupo comercial possui aceitação internacional restrita, inviabilizando sua exportação (Chiorato et al., 2018; Carbonell et al., 2021). Diversificar a produção de feijão com diferentes tipos comerciais, incluindo cultivares andinas de grãos especiais para exportação no mercado brasileiro, é uma estratégia promissora para acessar novos mercados e aumentar a renda dos produtores no Brasil (Carbonell et al., 2021; Pereira et al., 2022).

No Brasil há 281 cultivares registradas de feijoeiro-comum, sendo apenas 17 cultivares de grãos especiais do tipo exportação (Mapa, 2024). Os feijões especiais são aqueles que se diferenciam dos tipos carioca e preto, podendo ser indicados para o mercado interno e a exportação para países da Europa, Ásia, África, América do Norte e Central (Pereira et al., 2022). As 17 cultivares de feijoeiro-comum especial do tipo exportação abrangem nove grupos comerciais, sendo: *Alubia*, *Calima*, *Cranberry*, *Dark Red Kidney*, *Great Northern*, *Light Red Kidney*, *Navy*, *Small Red*, *Sugar Beans* e *Pinto Beans* (Pereira et al., 2022; Mapa, 2024). Estes grupos comerciais caracterizam-se por possuírem grãos de tegumentos com diversas tonalidades de cores, com ou sem estrias ou pontuações, bem como diferentes tamanhos e massas de grãos (Pereira et al., 2022).

No entanto, há deficiência de informações técnicas e de pesquisas voltadas para o manejo da adubação nitrogenada em cultivares de feijoeiro-

comum de grãos especiais tipo exportação (Carbonell et al., 2021; Pias et al., 2022). O manejo inadequado da adubação nitrogenada é um dos fatores que mais prejudicam a produtividade do feijoeiro-comum, em razão de ser o nutriente mais extraído pela cultura, com exportação média de 35 kg de N por tonelada de grãos produzidos (Fageria et al., 2015; Quaggio et al., 2022).

O nitrogênio é responsável por participar da composição de proteínas e moléculas como a clorofila, atuando no processo de fotossíntese, crescimento das folhas, duração dessas folhas na planta, na quantidade e tamanho de estruturas vegetativas e reprodutivas, além da produção de biomassa (Malavolta, 2006). A nutrição nitrogenada adequada contribui para um maior acúmulo de biomassa, o que é essencial para uma produção elevada de grãos. O aumento da biomassa reflete em maior capacidade fotossintética e, conseqüentemente, em maior produção de grãos (Fageria et al., 2015)

A resposta à aplicação de nitrogênio depende de processos morfofisiológicos e bioquímicos que podem afetar a absorção, assimilação, mobilização e redistribuição do nutriente na planta (Cassim, 2024). Além disso, as cultivares de feijoeiro-comum são afetadas pela interação de genótipos e ambiente, gerando variações na produção, bem como no acúmulo de N na planta e nos grãos (Fageria et al., 2015; Leal et al., 2019). Portanto, a hipótese do trabalho é que as cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação possuem respostas distintas nos atributos agronômicos e qualitativos de grãos em relação às doses de nitrogênio em cobertura adotadas.

Diante do exposto, o objetivo com esse trabalho foi avaliar os atributos agronômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação em resposta à aplicação de doses de nitrogênio em cobertura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O feijoeiro-comum no Brasil

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*) apresenta características que tornam seu consumo vantajoso, sendo importante fonte de proteína e carboidrato, com altos teores de fibras, lipídeos, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas. No Brasil, o consumo de feijão e de arroz é considerado uma estratégia importantíssima para o combate à fome e a desnutrição. A proteína de feijão é complementar à do arroz: o feijão é pobre em aminoácidos sulfurados, e rico em lisina, enquanto que o arroz é pobre em lisina e relativamente rico em aminoácidos sulfurados. O consumo de feijão e de arroz combina alto teor de proteína com todos os aminoácidos essenciais ao corpo. A mistura desses dois alimentos, em proporções adequadas, de 3 partes de arroz para 1 parte de feijão, resulta num alimento com teor proteico, de alto valor biológico. O consumo diário de feijão e de arroz reduz o risco de distúrbios cardiovasculares, diabetes, câncer e também contribui para o melhor funcionamento do intestino (Barroso et al., 2022).

A produção de feijão no Brasil é basicamente composta pelas espécies *Phaseolus vulgaris*, conhecida como feijoeiro-comum, e *Vigna unguiculata*, denominada feijão-caupi. O cultivo de feijoeiro-comum é predominantemente encontrado em regiões dos estados do Centro-Sul, enquanto o feijão-caupi é cultivado nos estados do Nordeste e Norte do País (Conab, 2024). No contexto global, o Brasil se destaca como o terceiro maior produtor de feijão-caupi (Rocha, 2021) e o principal produtor e consumidor de feijoeiro-comum (Conab, 2024).

Nos últimos anos houve aumento significativo no cultivo, tanto de feijoeiro-comum quanto de feijão-caupi, em regiões de Cerrado, principalmente no estado do Mato Grosso (Conab, 2024). Esses feijões estão sendo considerados opções viáveis para os sistemas de produção em sucessão e rotação de culturas, tanto em áreas de sequeiro quanto com uso de irrigação. No Mato Grosso, a produção de feijão-caupi tem como objetivo a exportação do grão para os estados brasileiros do Nordeste e Norte, bem como para países da África e Ásia, que têm grande demanda por esse alimento (Rocha, 2021).

De acordo com Tôsto et al. (2012) o centro de origem do feijoeiro-comum é um tema de divergência entre os pesquisadores, sendo mais aceita a hipótese que sugere a existência de três centros primários de diversidade genética, sendo eles: o centro mesoamericano, que se estende desde o sudeste dos Estados Unidos da América até o Panamá, com suas zonas principais no México e na Guatemala, é apontado como o local de origem das variedades de feijoeiro-comum de grãos pequenos, incluindo os cultivados no Brasil; o sul dos Andes, que se estende desde o norte do Peru até o noroeste da Argentina, é considerado o centro de origem das variedades de feijoeiro-comum de sementes grandes, como o feijão Jalo; o norte dos Andes, que abrange desde a Colômbia e Venezuela até o norte do Peru, é apontado como o centro de origem das variedades de feijoeiro-comum com características intermediárias entre as duas regiões anteriores, ou seja, entre as variedades de grãos pequenos e grandes.

No Brasil, as épocas de semeadura do feijoeiro-comum permitem a obtenção de três safras ao longo do ano: a primeira é chamada de safra das “águas” e ocorre de agosto a dezembro, principalmente na Região Sul; a segunda é conhecida como safra da “seca” e é cultivada de janeiro a abril, abrangendo a maioria dos estados produtores; a terceira safra, denominada de “outono-inverno”, que acontece entre maio e julho, com foco nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste, utilizando irrigação (Silva et al., 2015). Conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2024), essas três safras resultam em 0,95, 1,27 e 0,8 milhões de toneladas de grãos em áreas de cerca de 0,85, 1,32 e 0,51 milhões de hectares, respectivamente. Dessa forma, as produtividades médias para a primeira, segunda e terceira safras são aproximadamente 1,11, 0,96 e 1,55 toneladas por hectare, levando em consideração o feijoeiro-comum e o caupi.

Na safra 2022/2023, a produção nacional de feijão (comum + caupi) ultrapassou 3 milhões de toneladas, o que representa aumento de 0,8% em relação à safra anterior. Os principais estados produtores foram Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia, responsáveis por 67% da produção

nacional. Durante essa safra, a área cultivada aumentou 3,4%, o que resultou em 2,7 milhões de hectares cultivados (Conab, 2024).

A produção do feijoeiro-comum foi de 2,48 milhões de toneladas em área cultivada de 1,48 milhões de hectares, obtendo produtividade aproximada de 1.600 kg ha⁻¹. O feijoeiro-comum teve participação de 82% na produção total de feijão (Conab, 2024).

Dentre as principais limitações para aumentar a produtividade destacam-se: é produzido por agricultores com diferentes níveis tecnológicos e de recursos financeiros (baixo, médio e alto); cultivado em ambientes que incluem desde regiões aptas, marginais e inaptas em termos edafoclimáticos, o que demonstra a necessidade de divulgar com mais intensidade o Zoneamento Agrícola de Risco Climático - ZARC (Barroso et al., 2022).

É importante relatar que lavouras bem conduzidas em sistemas de produção sustentáveis e com o emprego de boas práticas agronômicas conseguem atingir cerca de 2.400 kg ha⁻¹ no sistema de produção de sequeiro e mais de 3.600 kg ha⁻¹ no sistema irrigado (Lemos et al., 2015). No entanto, em 2002 o Grupo GTEC – Feijão, em conjunto com a Associação Brasileira de Consultores de Feijão e a Embrapa/Arroz e Feijão, estabeleceram o desafio de alcançar na cultura do feijoeiro-comum a produtividade de grãos de 6,0 toneladas por hectare. Após 20 anos de pesquisa, na safra de outono-inverno de 2022, em áreas produtoras nas regiões do Distrito Federal e de Goiás, foram obtidos 6.144 kg ha⁻¹, com uso da cultivar BRS Estilo do grupo comercial carioca (Embrapa, 2022).

Barroso et al. (2022) relataram que as principais características do setor de produção do feijoeiro-comum podem ser resumidas dessa maneira: a produção brasileira visa atender ao mercado interno; grande parte da produção é de feijão do grupo comercial ou tipo carioca; o Brasil não é autossuficiente na produção de feijão de tegumento preto; o feijão de tegumento branco é praticamente todo importado; as importações brasileiras giram em torno de 2% do consumo interno; existe um nicho de mercado visando a exportação de feijão de cultivares com grãos graúdos ou não, de formato alongado ou

arredondado, de tegumento com única cor ou coloridos, rajados ou listrados e pintados.

De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (Fao, 2022) na balança comercial, o Brasil ocupa a 15ª posição entre os países importadores com 76 mil toneladas e a 12ª posição entre os países exportadores com 89 mil toneladas. Porém deve-se destacar que as importações são de feijão-comum e as exportações são predominantemente de feijão-caupi (Wander et al., 2021).

2.2 Cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação

Outro aspecto importante na cultura do feijoeiro-comum diz respeito ao trabalho realizado pelas instituições de pesquisa, com destaque para a Embrapa/Arroz e Feijão, Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Universidade Federal de Lavras e Viçosa, Epamig, Agropecuária Terra Alta e Agro Norte, Universidade Estadual Paulista. Essas instituições têm desenvolvido melhoramento genético, resultando no lançamento de novas cultivares com potencial produtivo em torno de 4.000 kg ha⁻¹ ou até mais, adaptadas às diversas condições de clima e solo. Essas cultivares são resistentes a doenças e insetos-pragas e permitem a colheita mecanizada indireta e/ou direta, sendo destinadas aos diferentes sistemas de produção e possuem atributos qualitativos dos grãos alinhados com as demandas do mercado consumidor (Lemos et al., 2015; Barroso et al., 2022).

Além do potencial produtivo das cultivares, outras características agronômicas contribuíram para a cultura do feijoeiro-comum se tornar mais atrativa para os produtores como a redução do ciclo, com o lançamento de maior número de cultivares de ciclo precoce (ao redor de 75 dias) e também de ciclo super precoce (ao redor de 65 dias), lembrando que as cultivares de ciclo normal (ao redor de 90 dias), ainda predominam na escolha dos produtores. Assim, o ciclo curto, associado a flexibilidade de cultivo em diferentes épocas de semeadura em razão de ser uma planta fotoneutra, o que permite a realização de três safras durante o ano, o potencial produtivo e a possibilidade

de obter retorno financeiro, fizeram com que essa cultura se tornasse uma excelente opção para integrar a relação de espécies para compor um esquema de sucessão ou de rotação de culturas (Lemos et al., 2015).

No Brasil, existem diversas cultivares de feijoeiro-comum de diferentes grupos comerciais, como o carioca, o preto e o especial (Pereira et al., 2012). Atualmente, existem 281 cultivares registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2024), sendo 25, 94, 26, 9 e 4 cultivares pertencentes ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa/Arroz e Feijão) e seus parceiros, ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), à Agro Norte Pesquisa e Sementes Ltda e à Agropecuária Terra Alta Ltda, respectivamente.

A classificação das cultivares de feijoeiro-comum em grupos comerciais leva em consideração o vigor da planta, o hábito de crescimento, a coloração das flores e vagens imaturas, o tempo de maturação e, principalmente, características como tamanho, cor e brilho do grão, cor do hilo e do halo, além de atributos relacionados à qualidade culinária, como o tempo de cozimento, a capacidade de hidratação dos grãos e a coloração do caldo (Lemos et al., 2015).

No Brasil o tipo comercial carioca é o mais produzido, caracterizado por grãos de tegumento claro e estrias marrons (Lemos, 2015; Pereira et al., 2022). O feijão do tipo carioca se destaca como o mais consumido, representando cerca de 70% das preferências, seguido pelo feijão preto, que tem aproximadamente 20% da preferência, os 10% restantes são distribuídos entre outros tipos de feijão, como rajado, roxo, rosinha e jalo (Pereira et al., 2012).

É importante ressaltar que o Brasil é o único produtor e consumidor do feijão de grãos tipo carioca, sendo que esse grupo comercial possui aceitação internacional restrita, inviabilizando sua exportação (Chiorato et al., 2018; Carbonell et al., 2021).

Diversificar a produção de feijoeiro-comum com diferentes tipos comerciais, incluindo cultivares andinas de grãos especiais para exportação no

mercado brasileiro, é uma estratégia promissora para acessar novos mercados e aumentar a renda dos produtores no Brasil (Carbonell et al., 2021; Pereira et al., 2022). Das 281 cultivares de feijoeiro-comum registradas apenas 17 cultivares são de grãos especiais do tipo exportação (Mapa, 2024). Os feijões especiais são aqueles que se diferenciam dos tipos carioca e preto, podendo ser indicados para o mercado interno e exportação para países da Europa, Ásia, África, América do Norte e Central. Estes grupos de feijões são definidos por possuírem grãos de tegumentos com diversas tonalidades de cores, com ou sem estrias ou pontuações, bem como diferentes tamanhos e massas de grãos (Pereira et al., 2022).

Internacionalmente, cada país tem suas próprias preferências em relação à cor, tamanho e formato dos grãos (Tabela 1). Por isso, é necessário a identificação dos tipos comerciais de interesse de cada país importador, sendo necessário que os produtores brasileiros se adequem aos padrões internacionais, que podem ser diferentes dentro de cada país. Para que isso aconteça são necessários profissionais especializados para intermediar o processo de exportação, alcançando novos mercados e formatos de contratos, para que ocorra a adequação de forma correta dos produtos exportados. A partir disso, os produtores conseguirão se adequar as normas e exigências impostas pelos importadores, consequentemente, diversificando a produção e agregando valor aos seus produtos (Carbonell et al., 2021).

Na Tabela 2 é possível observar alguns atributos agronômicos e qualitativos das 17 cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação registradas no território brasileiro que abrangem nove grupos comerciais, sendo eles: *Alubia*, *Calima*, *Cranberry*, *Dark Red Kideny*, *Great Northern*, *Light Red Kidney*, *Navy*, *Small Red*, *Sugar Beans* e *Pinto Beans*. Os trabalhos citados na Tabela 2 são basicamente artigos ou comunicados técnicos que descrevem os atributos agronômicos e qualitativos das cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação, bem como os resultados de produtividade de grãos dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCUs) das instituições de pesquisa detentoras das cultivares.

Tabela 1. Tipos de feijões especiais, características do tegumento e países importadores.

Tipo comercial	Características do grão	País importador
<i>Alubia</i>	Branco lustroso, alongado, cilindro, extremidade aguda grande (maior que 55 g/100grãos)	Itália, Turquia, França, Espanha
<i>White Kidney</i>	Branco, forma de rim, grande	Espanha, Itália, Países Árabes, Maghreb, Turquia
<i>Great Northern</i>	Branco com formato ovoide, tamanho médio (maior que 40e menor que 55 g/100 grãos), cerca de duas vezes maior que o Navy beans	Países em torno do mar Mediterrâneo
<i>Navy beans</i>	Branco esférico, cutícula lisa e fina, muito pequena (menor que 27 g / 100 grãos)	Inglaterra, Espanha, Países Árabes, Maghreb
<i>Cranberry</i>	Rajado de forma ovoide alargado, grande (maior que 55 g/100 grãos)	Itália, Irã, Espanha, Turquia
<i>Sugar bean</i>	Rajado, ovoide alargado, com foma mais achatada e grande	Quênia, África do Sul
<i>Pinto beans</i>	Pintado, ovoide aplanado, mediano, jaspeado	Chile, Países do leste Europeu, Grécia
<i>Mantequilla</i>	Branco, alongado e achatado, com formato de rim, grande	Portugal, Espanha
<i>Light Red Kidney</i>	Rosada em forma de rim, grande	França, África do Sul, Portugal, Espanha, Itália
<i>Dark Red Kidney</i>	Roxo escuro, forma de rim, alongado e grande	Alemanha, França, Turquia, Itália, Índia, Paquistão, Bélgica, Países baixos, Luxemburgo
<i>Nima ou Calima (Red Pinto)</i>	Roxo com pinta creme, forma cilíndrica e bordas angulares	Caribe

Fonte: Thung et al. (2008 e 2011)

Tabela 2. Tipo comercial, hábito de crescimento (HC), ciclo, massa de cem grãos (MCG), produtividade de grãos (PG), tempo de cozimento (TC) e teor de proteína bruta (TPB) das 17 cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação registradas no Brasil.

Cultivares	Tipo comercial	HC	CICLO (dias)	MCG (g)	PG (kg ha ⁻¹)	TC (minutos)	TPB (%)	REFERÊNCIA
BRS FS311	<i>Cranberry</i>	TIPO I	75-84	40	3.500	39	20,2	Aguiar et al. (2022); Embrapa (2023)
BRS FS305	<i>Calima</i>	TIPO II	75-84	67	3.500	25	22,7	Pereira et al. (2019); Embrapa (2023)
BRS Ártico	<i>Alubia</i>	TIPO I	75-84	62	2.500	26	23,5	Pereira et al. (2016); Embrapa (2023)
BRS MG Realce	<i>Cranberry</i>	TIPO I	67	35	3.400	25	21,1	Cavalcante (2020); Melo et al., (2014)
BRS Embaixador	<i>Dark Red Kidney</i>	TIPO I	75-85	63	3.000	28	19	Del Peloso et al., (2008); Embrapa (2023)
BRS 308	<i>Light Red Kidney</i>	TIPO I	75-84	55	3.000	32	21,8	Pereira et al. (2022); Embrapa (2023)
BRS Executivo	<i>Sugar beans</i>	TIPO II	85-95	76	1.644	26	25	Aidar et al. (2008)
IAC Nuance	<i>Cranberry</i>	TIPO I	75	51	2.158	33	20,5	Carbonell et al. (2020)
IAC Tigre	<i>Pinto Beans</i>	TIPO II	85	35	4.080	31	20,5	Carbonell et al. (2020); IAC (2024)
IAC 2152	<i>Small Red</i>	TIPO II	85	35	4.200	-	-	IAC (2024)
IAC 2153	<i>Cranberry</i>	TIPO I	78	32	3.600	32	20	Carbonell et al. (2021); IAC (2024)
IAC 2156	<i>Dark Red Kidney</i>	TIPO I	80	50	4.500	32	19,5	Carbonell et al. (2021); IAC (2024)
IAC 2154	<i>Navy</i>	TIPO II	85	16	4.800	21	21,8	Autor; IAC (2024)
IAC 2157	<i>Alubia</i>	TIPO I	75	60	3.900	38	18,8	Autor; IAC (2024)
IPR Garça	<i>Great Northern</i>	TIPO I	67	40	2.249	28	25	IDR (2023)
IPR Cardeal	<i>Dark Red Kidney</i>	TIPO I	78	46	3.575	20	21	IDR (2023)

Fonte: Autor (2024).

Na presente revisão de literatura verificou-se que são escassos artigos que tratam sobre o desempenho agrônomo e qualitativo das cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação em outros ambientes de produção. Especificamente nas condições edafoclimáticas de Jaboticabal, região Norte do Estado de São Paulo, na safra de outono-inverno foram desenvolvidos dois trabalhos de pesquisa com cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação.

O primeiro trabalho foi realizado por Alves et al. (2020), no qual avaliaram dez cultivares de feijoeiro-comum provenientes da Embrapa/Arroz e Feijão, sendo cinco de grãos do tipo carioca e cinco de grãos especiais para exportação. Neste trabalho foi evidenciado que dentro do grupo das cultivares de grãos especiais (BRSMG Realce, BRS Embaixador, BRS FS305, BRS Executivo e BRS Ártico) a produtividade variou de 1.500 kg ha⁻¹ a 2.500 kg ha⁻¹, com a BRS Executivo se destacando com o maior valor. Também foi verificado que as cultivares de grãos especiais do tipo exportação obtiveram altas massas de cem grãos, acima de 35 gramas. Em relação aos atributos qualitativos foi evidenciado que todas as cultivares de feijões especiais obtiveram rendimento de peneira RP_{≥12} acima de 80%. As cultivares apresentaram teor de proteína que variou de 17,7 a 21,1% e tempo de cozimento entre 17 e 21 minutos.

O segundo trabalho de pesquisa foi desenvolvido por Cavalcante (2020) que avaliou cinco (05) cultivares: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça. Pode-se verificar que as cultivares BRS Embaixador e BRS FS 305 destacaram-se quanto a produtividade de grãos, com valores de 3.017 e 2.771 kg ha⁻¹, respectivamente. Com relação aos atributos qualitativos para tamanhos dos grãos, as maiores quantidades de grãos ficaram retidas nas peneiras de crivos 15 e 16 com rendimento de 30,2 e 25,5%, respectivamente. As cultivares BRS Ártico e BRS Executivo destacaram-se com 22,4% de proteína bruta nos grãos. A cultivar com menor tempo de cocção foi a BRS Embaixador com 21 minutos. A máxima hidratação variou de 12h33min (IPR Garça) a 17h00 (BRS Embaixador).

2.2.1 Cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação do instituto agronômico de campinas (IAC)

O melhoramento genético das cultivares de feijoeiro-comum realizado pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) tem como objetivos principais aumentar a produtividade, a resistência a doenças e a qualidade do grão. Esse trabalho envolve diversas etapas e técnicas, desde a seleção de cultivares até o cruzamento e a avaliação de novas linhagens (IAC, 2024).

O Instituto Agronômico de Campinas possui sete cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação. Essas cultivares são para atender a mercados internacionais com padrões de qualidade específicos e exigentes (IAC, 2024).

A cultivar IAC Nuance apresenta grãos com 510 gramas por mil sementes e ciclo médio de 75 dias. Possui arquitetura semiereta e hábito de crescimento do tipo I determinado. As sementes são arredondadas e rajadas, com cor creme e listras avermelhadas, semelhantes ao tipo *Cranberry*. Essa cultivar apresenta resistência moderada à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), murcha de Fusarium (*Fusarium oxysporum*), crestamento bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) e murcha bacteriana (*Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*). Com base nos ensaios realizados de VCUs (Valor de Cultivo e Uso), o potencial produtivo desta cultivar foi de 2.479 kg ha⁻¹. Em relação ao tempo médio de cozimento e à quantidade de proteína bruta, foram registrados valores de 33,66 minutos e 20,50%, respectivamente, em 18 ambientes diferentes no Estado de São Paulo. Nas orientações técnicas é recomendada a densidade populacional de 200.000 plantas por hectare (Carbonell et al., 2020).

A cultivar IAC Tigre apresenta grãos com 350 gramas por mil sementes e ciclo médio de 85 dias. Possui arquitetura semiereta com hábito de crescimento do tipo II indeterminado. As sementes são de cor creme com pequenas manchas marrons claras em toda a superfície. Esta cultivar apresenta resistência moderada à antracnose (*Colletotrichum*

lindemuthianum), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), murcha de Fusarium (*Fusarium oxysporum*), cretamento bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. phaseoli) e murcha bacteriana (*Curtobacterium flaccumfaciens* pv. flaccumfaciens). Com base nos ensaios realizados de VCU's o potencial produtivo desta cultivar foi de 2.657 kg ha⁻¹. Em relação ao tempo médio de cozimento e à quantidade de proteína bruta, foram registrados valores de 32,25 minutos e 21%, respectivamente, em 18 ambientes no Estado de São Paulo. Nas orientações técnicas é recomendada densidade populacional de 200.000 plantas por hectare como sendo ideal para esta cultivar (Carbonell et al., 2020).

A cultivar IAC 2152 apresenta grãos com 350 gramas por mil sementes e ciclo médio de 85 dias. Possui arquitetura semiereta com hábito de crescimento do tipo II indeterminado. As sementes são vermelhas e pequenas. Possui resistência a *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solanum* e ao cretamento bacteriano. Essa cultivar possui potencial produtivo de 4.200 kg ha⁻¹ e as orientações técnicas indicam densidade populacional que pode variar de 180.000 a 220.000 plantas por hectare (IAC, 2024).

A cultivar IAC 2153 apresenta grãos com 500 gramas por mil sementes e ciclo médio de 78 dias. Possui arquitetura semiereta com hábito de crescimento do tipo I determinado. As sementes são arredondadas ovóides e rajadas, com cor creme e listras avermelhadas, semelhantes ao tipo *Cranberry*. Nos ensaios de inoculações artificiais a cultivar foi resistente a três raças de fungos de *Colletotrichum lindemuthianum*, a *Fusarium oxysporum* f.sp. phaseoli e moderadamente resistente a *Xanthomonas axonopodis*. Com base nos ensaios realizados de VCU's, o potencial produtivo desta cultivar foi de 3.130 kg ha⁻¹. Em relação ao tempo médio de cozimento e à quantidade de proteína bruta, foram registrados valores de 32 minutos e 20%, respectivamente, em 10 ambientes no Estado de São Paulo. Nas orientações técnicas é recomendada densidade populacional de 240.000 plantas por hectare como sendo ideal para esta cultivar (Carbonell et al., 2021).

A cultivar IAC 2154 apresenta grãos com 160 gramas por mil sementes e ciclo médio de 85 dias. Possui arquitetura semiereta com hábito de crescimento do tipo II indeterminado. As sementes são arredondadas e pequenas de cor branca a creme do tipo *Navy*. Possui resistência moderada a *Fusarium oxysporum* e *Fusarium solani*. Essa cultivar possui potencial produtivo de 4.800 kg ha⁻¹ e as orientações técnicas indicam densidade populacional que pode variar de 180.000 a 220.000 plantas por hectare (IAC, 2024).

A cultivar IAC 2156 apresenta grãos com 500 gramas por mil sementes e ciclo médio de 80 dias. Possui arquitetura semiereta com hábito de crescimento do tipo I determinado. As sementes são do tipo tubulares de cor vermelha do tipo *Dark Red Kidney*. Nos ensaios de inoculações artificiais a cultivar foi resistente a três raças de fungos de *Colletotrichum lindemuthianum*, a *Fusarium oxysporum* e moderadamente resistente a *Xanthomonas axonopodis*. Com base nos ensaios realizados de VCUs, o potencial produtivo desta cultivar foi de 3.842 kg ha⁻¹. Em relação ao tempo médio de cozimento e à quantidade de proteína bruta, foram registrados valores de 32 minutos e 19,5%, respectivamente, em 10 ambientes no Estado de São Paulo. As orientações técnicas recomendam densidade populacional de 240.000 plantas por hectare como sendo ideal para esta cultivar (Carbonell et al., 2021).

A cultivar IAC 2157 apresenta grãos com 606 gramas por mil sementes e ciclo médio de 75 dias. Possui arquitetura ereta com hábito de crescimento do tipo I determinado. As sementes são tubulares de cor branca do tipo *Alúbia*. Essa cultivar é resistente a antracnose e moderadamente resistente a *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* e crestamento bacteriano. Essa cultivar possui potencial produtivo de 3.900 kg ha⁻¹.

2.3 Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro-comum

O nitrogênio é o nutriente que mais limita as culturas em muitas regiões agrícolas ao redor do mundo e a utilização eficiente desse elemento

é crucial para a sustentabilidade econômica dos sistemas de produção (Cassim et al., 2024). No caso do feijoeiro-comum, a deficiência desse nutriente resulta em consideráveis perdas de produtividade, já que diversos estudos demonstraram respostas positivas da cultura à adubação nitrogenada. Além disso, o nitrogênio é o nutriente mais absorvido e exportado pela planta, seguido pelo potássio, cálcio, magnésio, enxofre e fósforo (Fageria et al., 2015; Quaggio et al., 2022).

Nas plantas, aproximadamente 90% do nitrogênio é encontrado na forma orgânica, desempenhando função essencialmente estrutural. Ele está presente em compostos orgânicos como clorofila, aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, vitaminas, glico e lipoproteínas. Além disso, o nitrogênio participa de importantes processos como absorção iônica, respiração, multiplicação e diferenciação celular, bem como na fotossíntese (Prado, 2008).

A deficiência de nitrogênio em plantas pode resultar em diversos sintomas visíveis, como o amarelecimento ou clorose das folhas mais velhas, encurtamento dos períodos de maturidade e senescência precoce das folhas, queda prematura de folhas, redução na formação de flores, queda na produção e desenvolvimento de áreas necrosadas em folhas mais velhas. Plantas com deficiência de nitrogênio tendem a apresentar taxa fotossintética mais baixa, acumulam menos matéria seca e têm menor produtividade. No caso específico do feijoeiro-comum, o nitrogênio desempenha papel crucial na produção de matéria seca da parte aérea, e essa variável está positivamente correlacionada com a produtividade dos grãos. Além disso, o nitrogênio contribui para o desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro-comum, melhorando a absorção de água e nutrientes e, por consequência, a produtividade da cultura (Fageria et al., 2015).

As formas de nitrogênio que podem ser disponibilizadas para as plantas estão presentes na atmosfera, na matéria orgânica, na solução do solo e, ainda nos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica (Cassim et al., 2024). Nos solos brasileiros, o teor de nitrogênio disponível

geralmente é inadequado para sustentar os elevados níveis de produção alcançados pelas lavouras comerciais, o que pode comprometer a produção e até levar à morte prematura das plantas (Ferreira et al., 2004). Apesar de o feijoeiro-comum ser uma leguminosa que estabelece simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* para fixação biológica de nitrogênio (FBN), essa capacidade não é suficiente para suprir totalmente a demanda desse nutriente pela cultura (Fageria et al., 2014).

O nitrogênio passa por transformações bioquímicas no solo, que podem afetar consideravelmente a sua disponibilidade. Devido à sua dinâmica complexa no sistema solo-planta-atmosfera e a suscetibilidade as perdas por processos como lixiviação e volatilização, o manejo eficiente do nitrogênio é considerado desafiador (Cassim et al., 2024).

O nitrogênio presente no solo está sujeito a diferentes processos, incluindo a mineralização, que é a conversão do nitrogênio orgânico em nitrogênio mineral por meio da atividade de microrganismos heterotróficos, tornando-o disponível para as plantas; imobilização, em que o nitrogênio mineral é incorporado na biomassa dos microrganismos, tornando-o indisponível para as culturas; nitrificação, que envolve a conversão de íons amônio (NH_4^+) em íons nitrato (NO_3^-); volatilização, em que o nitrogênio é perdido na forma de amônia gasosa (NH_3); lixiviação, que é a perda de nitrato juntamente com a água de drenagem; desnitrificação, em que o nitrogênio é perdido para a atmosfera por meio da redução do nitrato a N_2O e N_2 (Fageria et al., 2015).

Devido à dinâmica complexa do nitrogênio no solo, as recomendações de adubação para esse nutriente não são baseadas na análise do solo (Wutke et al., 2022). Em vez disso, são utilizados métodos alternativos, tais como: recomendação com base na classe de resposta esperada, reposição do nitrogênio calculada com base na quantidade extraída durante o ciclo da cultura e recomendação específica para cada região produtora. No caso do feijoeiro-comum, a adubação nitrogenada é aplicada tanto na semeadura quanto em cobertura, sendo que esta última

pode ser feita de uma vez só ou dividida em duas ou mais aplicações ao longo do ciclo da cultura (Wutke et al., 2022).

O manejo convencional da adubação nitrogenada geralmente envolve dividir as doses recomendadas entre a semeadura e a aplicação em cobertura, no estágio de crescimento V4 da planta (Wutke et al., 2022). Esse estágio é marcado pelo terceiro trifólio completamente aberto, momento em que a absorção de nitrogênio aumenta rapidamente (Nascente et al., 2016).

As cultivares de feijoeiro-comum podem apresentar diferenças significativas em sua resposta à adubação nitrogenada. Essas diferenças estão relacionadas à eficiência de aquisição e uso do nitrogênio por parte de cada cultivar. É fundamental ter conhecimento sobre esses aspectos para o manejo eficiente do nitrogênio, pois isso pode impactar diretamente na produtividade da cultura (Fageria et al., 2015). É importante ressaltar que essas informações nem sempre são fornecidas no momento do lançamento das cultivares.

Portanto, é necessário realizar pesquisas específicas para avaliar e comparar os resultados de resposta à adubação nitrogenada entre as cultivares de feijoeiro-comum. Essas pesquisas contribuem para a geração de dados relevantes que podem ser utilizados pelos produtores no planejamento e execução das práticas agrícolas, buscando sempre otimizar a produtividade e a eficiência dos cultivos.

A eficiência de utilização e a capacidade de resposta ao nitrogênio são características altamente valorizadas em cultivares de feijoeiro-comum (Fageria et al., 2015). Isso se deve ao fato de que o nitrogênio é o nutriente mais utilizado e transportado para os grãos por essa cultura. Além disso, o nitrogênio é o elemento que mais impacta a produtividade do feijoeiro-comum, tornando essas características ainda mais cruciais para o sucesso da colheita. Conforme afirmado por Quaggio et al. (2022), para cada tonelada de grãos produzida, o feijoeiro-comum exporta em média 35 kg de nitrogênio por hectare. Em termos gerais, cerca de 88% do total acumulado

de nitrogênio na parte aérea da cultura é exportado para os grãos (Wutke et al., 2022).

Conforme descrito por Fageria e Kluthkouski (1980), cultivares eficientes são aquelas que conseguem manter produção satisfatória mesmo em condições de baixa disponibilidade do nutriente. Por outro lado, Isfan (1993) define um genótipo eficiente como aquele capaz de absorver quantidade significativa de nutrientes do solo ou dos fertilizantes aplicados, resultando em alta produtividade de grãos por unidade de nutriente absorvido e baixa acumulação de nutrientes na palha. De acordo com Gourley et al. (1994), um genótipo eficiente, em comparação com um não eficiente, é aquele que requer menos nutrientes para seus processos metabólicos normais. O conceito de responsividade está relacionado à capacidade do genótipo de aumentar sua produtividade em resposta à aplicação de doses do elemento, conforme mencionado por Fageria e Kluthkouski (1980).

Pias et al. (2022) realizaram estudo que consistiu na análise de 99 artigos científicos relacionados ao uso e manejo da adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro-comum no território brasileiro. Neste estudo os autores verificaram que as doses variaram de 0 a 280 kg ha⁻¹ de N. Além das doses de N aplicadas, também foram verificados outros fatores que influenciam na produtividade do feijoeiro-comum como épocas de aplicação, número de aplicações, época de semeadura, fonte de nitrogênio utilizada, se foi ou não incorporado, teor de matéria orgânica, tipo de solo, uso de irrigação, inoculação e o tempo de adoção do sistema de plantio direto. Desses fatores, os que mais influenciaram a resposta à adubação nitrogenada pela cultura foram a dose de N aplicada, sendo a dose ótima entre 50 a 100 kg ha⁻¹ N, a matéria orgânica (MO) no solo e a cultura antecessora. Em solos com teores de MO abaixo de 20 g kg⁻¹ obtiveram respostas maiores na produtividade em comparação com os solos com teores maiores que a 20 g kg⁻¹ de MO, ou seja, a planta responde mais a quantidade de N aplicada quando há menos M.O naquele solo. Além disso, foi evidenciado que o parcelamento da dose incrementou em 15% a produtividade de grãos. Os autores não obtiveram

diferença entre as fontes de N, no entanto, indicaram a ureia como a melhor fonte por ter um custo menor. Além disso, confirmaram a importância da adubação nitrogenada, obtendo um retorno de R\$ 4,00 a cada R\$ 1,00 real investido.

No estudo realizado por Pias et al. (2022) e na presente revisão de literatura não foram encontrados trabalhos de pesquisa sobre respostas de cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação à adubação nitrogenada. Contudo, Oliveira et al. (2023) realizaram estudo no qual avaliaram doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura em três cultivares de feijoeiro-comum, sendo apenas uma cultivar de grãos especiais do tipo exportação (IAC Nuance). Esse trabalho foi realizado em Jaboticabal (SP) na safra de outono-inverno. Foi verificado que a cultivar IAC Nuance apresentou a máxima produtividade de grãos, 1.741 kg ha⁻¹, na dose de 155 kg ha⁻¹ de N. O teor de proteína bruta aumentou linearmente com o incremento das doses de N em cobertura. O tempo de cozimento dos grãos da cultivar IAC Nuance enquadrou-se como resistência média à cocção, sendo na média de 31 minutos e necessitou de 14h27min para atingir a máxima hidratação dos grãos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em campo durante o outono-inverno de 2023 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista - UNESP, localizada no município de Jaboticabal, no Norte do Estado de São Paulo, Brasil.

O local do experimento apresenta altitude média de 572 metros (21° 14' 59" S; 48° 17' 16" W). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa durante o verão e estação seca no inverno.

Nove meses antes da implantação do experimento a área foi ocupada com milho que foi dessecado e incorporado no solo. Seis meses antes da implantação do experimento a área foi ocupada com experimento de

feijoeiro-comum em sistema de plantio convencional com incorporação de palhada de milho.

Para a implantação do experimento foi utilizado o milho (*Pennisetum americanum*) como cultura antecessora do feijoeiro-comum, cultivar ADR – 300, semeada em 25 de novembro de 2022, utilizando-se 14 kg ha⁻¹ de sementes com espaçamento de 0,45 m entre linhas. O milho foi dessecado em 25 de janeiro de 2023, utilizando o herbicida glifosato potássico (1,9 kg ha⁻¹ de i.a.). No dia 06 de fevereiro de 2023 o milho foi manejado com desintegrador de plantas utilizando equipamento denominado de Triton. Em 20 de março de 2023 teve início o preparo do solo com uso de grade intermediária. Antes da semeadura do feijoeiro-comum, em 16 de abril de 2023, realizou-se a passagem de grade objetivando o destorroamento e nivelamento do solo.

O tipo de solo do local é caracterizado como Latossolo Vermelho eutroférico, de textura argilosa. Antes da semeadura do feijoeiro-comum realizou-se a coleta de solo, na profundidade 0-20 cm, para fins de análise química do solo, sendo obtidos os seguintes resultados: pH(CaCl₂) = 5,7, MO = 22 g dm⁻³, P (resina) = 38 mg dm⁻³, K = 5,6 mmol_c dm⁻³, Ca = 39 mmol_c dm⁻³, Mg = 15 mmol_c dm⁻³, H+Al = 19 mmol_c dm⁻³, SB = 59 mmol_c dm⁻³, CTC = 79 mmol_c dm⁻³, V = 75%, B = 0,27 mg dm⁻³, Cu = 0,6 mg dm⁻³, Fe = 10 mg dm⁻³, Mn = 35,5 mg dm⁻³ e Zn = 4,1 mg dm⁻³. O resultado da análise granulométrica apresentou: argila = 540 g kg⁻¹; silte = 230 g kg⁻¹ e areia = 230 g kg⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 6 x 4, com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por seis cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação: IAC Nuance, IAC Tigre, IAC 2153, IAC 2154, IAC 2156 e IAC 2157. O segundo fator foi constituído por quatro doses de nitrogênio aplicadas em cobertura: 0 kg ha⁻¹ (sem aplicação), 60 kg ha⁻¹ (aplicada no estágio fenológico V4.3 – terceiro trifólio), 120 kg ha⁻¹ (dois terços da dose aplicada no estágio V4 + um terço da dose aplicada em R5 – botão floral), 180 kg ha⁻¹

¹ (dois terços da dose aplicada no estágio fenológico V4 + um terço aplicado em R5), seguindo a recomendação de Wutke et al. (2022). A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada em filete contínuo, a 10 cm da linha de cultivo da cultura, utilizando-se como fonte ureia revestida com polímeros Kimcoat® (43% de N), seguida de incorporação via água de irrigação com lâmina de 12 mm. O experimento constou de 96 unidades experimentais ou parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,45 m, totalizando 11,25 m². Como área útil foram consideradas as três linhas centrais, excluindo 0,5 m de cada extremidade, totalizando 5,4 m².

As sementes das cultivares de feijoeiro-comum foram provenientes do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). As sementes foram tratadas com o fungicida StandakTop na proporção de 2 mL por kg de semente. Para a inoculação com rizóbio, foi utilizado o produto StarFix Feijão estirpe *Rhizobium tropici* SEMIA 4088 na proporção de 4 mL por kg de semente.

A semeadura das cultivares de feijoeiro-comum foi realizada manualmente em 26/04/2023, no espaçamento de 0,45 m entre linhas, utilizando 11 sementes por metro, que resultou em população final média de 200.000 plantas por hectare. A adubação de semeadura foi realizada utilizando-se 500 kg ha⁻¹ do adubo formulado 04-14-08 (20 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O), mais 0,015% de B, 10,3% de Ca, 0,005% de Cu, 0,020% de Mn, 10,9% de S e 0,090% de Zn, seguindo as recomendações de Wutke et al. (2022).

Para o controle de plantas invasoras foram utilizados os herbicidas pós-emergentes: bentazona + imazamoxi (600 g ha⁻¹ de i.a. + 28 g ha⁻¹ de i.a) mais fomesafem (250 g ha⁻¹ de i.a) aos 20 dias após a semeadura (DAS) e cletodim (120 g ha⁻¹ de i.a) aos 23 DAS. No controle de insetos-pragas foram realizadas as seguintes pulverizações: clorfenapir (240 g ha⁻¹ de i.a) aos 13 DAS e 37 DAS, cloridrato de cartape (250 g ha⁻¹ de i.a) aos 37 DAS e ciantraniliprole (75 g ha⁻¹ de i.a) aos 37 DAS. Para o controle de doenças foram realizadas as seguintes pulverizações: fluxapiroxade + piraclostrobina

(50 g ha⁻¹ de i.a + 100 g ha⁻¹ de i.a) aos 28 e 70 DAS, hidróxido de cobre (800 g ha⁻¹ de i.a) aos 37 e 70 DAS e o boscalida (400 g ha⁻¹ de i.a) aos 70 DAS.

A área experimental foi irrigada utilizando aspersão convencional. Para a mensuração da lâmina de irrigação foi utilizada a metodologia descrita por Hanks et al. (1976). As precipitações e as temperaturas máximas e mínimas foram mensuradas durante o experimento e estão descritas na Figura 1.

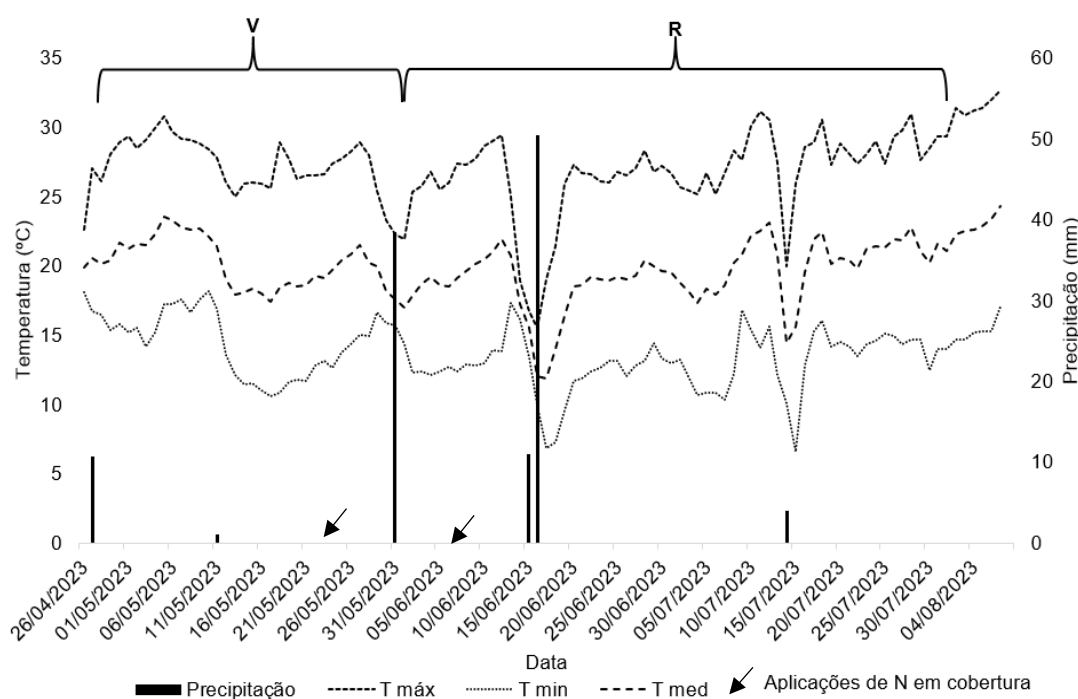


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C), referente ao período de semeadura e maturidade fisiológica das cultivares de feijoeiro-comum; V = Vegetativo; R = Reprodutivo. Fonte: Estação Agroclimatológica, Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, SP.

Durante a execução do experimento, foram avaliados os atributos agrônômicos e qualitativos, os quais estão descritos a seguir:

Massa seca da parte aérea (g planta⁻¹) - quando as plantas atingiram o estágio R6 – florescimento pleno, ou seja, 50% das plantas apresentando flores abertas (IAC Nuance, IAC 2153, IAC 2156 e IAC 2157 – 39 DAE; IAC Tigre e IAC 2154 – 42 DAE) foram coletadas dez plantas consecutivas, na área

útil de cada parcela, que foram lavadas com água destilada e secas em estufa a 65 °C por 72 horas e depois pesadas, para determinação da massa seca da parte aérea;

Teor de nitrogênio foliar (g kg^{-1}) - no estágio fenológico R6, foram coletados, em 30 plantas, o terceiro e o quarto trifólio com pecíolo, seguindo as recomendações de Quaggio et al. (2022). As folhas foram lavadas em água deionizada e colocadas em estufa de circulação de ar forçada sob temperatura de 65 °C até massa constante. Depois de secas, foram moídas e levadas para digestão e determinação do teor de N, conforme método descrito por Bataglia et al. (1983);

Número de vagens por planta (n°) - os componentes de produção foram determinados após a coleta de dez plantas consecutivas na linha central de cada parcela. Determinou-se o número de vagens por planta a partir da relação entre número total de vagens e o número total de plantas;

Número de grãos por vagem (n°) - relação entre número total de grãos e o número total de vagens;

Número de grãos por planta (n°) - multiplicando o número de grãos por vagem pelo número de vagens por planta;

Massa de 100 grãos (g) - determinada por meio da pesagem de quatro amostras de 100 grãos por parcela, corrigindo-se os dados para 13% de umidade (base úmida);

Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) - para a avaliação da produtividade de grãos, as plantas da área útil de cada parcela foram colhidas manualmente, secas ao sol e trilhadas mecanicamente. Os grãos foram pesados e os dados corrigidos para 13% de umidade;

Rendimento de peneira (%) - Para os atributos qualitativos foram avaliadas três repetições de cada tratamento, aos 30 dias após a colheita, sendo que os grãos ficaram armazenados em sacos de papel, em condições ambientais no Laboratório de Agricultura. Os grãos foram classificados em tamanho e formato pela passagem em peneiras de crivos oblongos 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm), 13/64" x 3/4 (5,16 x 19,05 mm), 14/64" x 3/4 (5,56 x 19,05 mm), 15/64" x 3/4 (5,96 x 19,05 mm) e 16/64" x 3/4 (6,36 x 19,05 mm), em

agitação por um 1 minuto (Santis et al., 2019). O percentual de grãos foi calculado por meio da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso total da amostra de cada parcela;

Teor de proteína bruta (%) - determinado por meio de digestão sulfúrica, após a moagem das amostras de grãos. Utilizou-se a seguinte fórmula para cálculo: $PB = 6,25 \cdot N \text{ total}$, em que N total é o teor de N nos grãos;

Tempo de cozimento (minutos) - Nas demais avaliações de qualidade, utilizaram-se os grãos retidos na peneira 13. Os grãos foram submetidos ao cozedor de Mattson, que consta basicamente de 25 estiletes verticais com peso de cada unidade de 90 gramas e ponta de 1 mm de diâmetro. A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão se encontra cozido, a ponta penetra o grão, deslocando o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando $50\% + 1$, ou seja, 13 estiletes foram deslocados. Para essa determinação, os grãos foram hidratados previamente em água destilada durante 12 horas. Durante a condução do teste a temperatura da água foi mantida a 96°C . A escala de Proctor e Watts (1987) foi adotada para verificar o nível de resistência ao cozimento e encontra-se na tabela 3.

Tabela 3. Valores de referência para o tempo para cozimento do feijão.

Tempo para cozimento (minutos)	Nível de resistência ao cozimento
< 16	Muito suscetível
16 - 20	Suscetibilidade média
21 – 28	Resistência normal
29 – 32	Resistência média
33 – 36	Resistente
> 37	Muito resistente

Tempo de máxima hidratação (horas:minutos) - a determinação da capacidade de hidratação dos grãos foi feita por meio de uma proveta com capacidade de 500 mL e precisão de 5 mL, e béqueres com capacidade de 250 mL. Em cada béquer foi colocada uma amostra de 50 gramas de grãos previamente escolhidos, adicionando-se 200 mL de água destilada. De duas

em duas horas, até que se completassem 22 horas, foram feitas avaliações do volume de água não absorvido pelos grãos, vertendo-a do béquer para a proveta. Ao final do tempo previsto para a hidratação, a água em excesso foi drenada e os grãos pesados. Realizou o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (mL) para a determinação do tempo necessário para a máxima hidratação dos grãos de feijão. Durante a condução do teste, a temperatura da água foi de 25 °C;

Relação de hidratação - no final do teste de capacidade de hidratação determinou-se a razão entre a massa final e a massa inicial dos grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F ($p < 0,05$) e para a comparação de médias o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Para a verificação do efeito de doses de nitrogênio (N) em cobertura e da interação cultivares de feijoeiro-comum x doses de N, adotou-se o estudo de regressão polinomial. Realizou-se também, a análise de correlação simples de Pearson entre os atributos agronômicos e qualitativos. Devido à estrutura de dependência do conjunto original dos dados, utilizou-se a análise estatística multivariada por componentes principais (CPs) para a espacialização das variáveis e tratamentos. Os dados foram padronizados, apresentando média nula e variância unitária. A seleção do número de CPs foi realizada com base no critério de Kaiser, utilizando-se aqueles com autovalores superiores a 1 (Kaiser, 1958). Os programas estatísticos utilizados foram AgroEstat e Statistica v.7 para a estatística univariada, multivariada e correlação simples.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos agronômicos das cultivares de feijoeiro-comum em função da adubação nitrogenada de cobertura.

Os estádios fenológicos V4, R5 e R9 das cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação encontram-se na Tabela 4. Nas condições desse experimento, o ciclo das cultivares IAC Nuance e IAC 2153 foi

de 77 dias após a emergência (DAE), IAC Tigre e IAC 2157 foi de 84 DAE, IAC 2156 de 88 DAE e IAC 2154 foi de 91 DAE (Tabela 4). O feijoeiro-comum é sensível a fatores extremos do ambiente, sendo o clima um dos elementos que mais influenciam no seu desempenho produtivo. O crescimento vegetativo da planta é reduzido em condições de frio excessivo (temperaturas menores que 12°C), podendo o seu desenvolvimento ser paralisado abaixo de 10°C (Wutke et al. 2000). Além disso, a formação de ramos laterais, o índice de área foliar e a taxa fotossintética são diminuídos com o frio (Andrade et al., 2015). Nas condições experimentais foram constatados somente quatro dias (Apêndices - Tabela 1A) com a temperatura abaixo de 10°C, sendo que nenhum desses dias foi em períodos críticos como na fase vegetativa em V4 - início a partir do terceiro trifólio, bem como na fase reprodutiva em R5 - botão floral e R6 - florescimento pleno (Figura 1). Também foi empregado o sistema de irrigação por aspersão do tipo convencional, obtendo lâmina total (aplicada + precipitação pluvial) de 286 mm para as cultivares IAC Nuance e IAC 2153, e de 310 mm para IAC Tigre, IAC 2154, IAC 2156 e IAC 2157.

Tabela 4. Estádios fenológicos em dias após a emergência (DAE) de cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação. V4 – Terceira folha trifoliada expandida; R5 – Aparecimento dos botões florais; R9 – Maturação fisiológica. Jaboticabal, São Paulo – 2023

Cultivares	V4	R5	R9
IAC Nuance	22	33	77
IAC Tigre	22	39	84
IAC 2153	22	33	77
IAC 2154	22	39	91
IAC 2156	22	33	88
IAC 2157	22	33	84

Com relação aos atributos agronômicos pode-se verificar que todas as variáveis analisadas foram influenciadas significativamente pelos fatores cultivares, doses de N e interação cultivares x doses de N, com exceção para a massa seca da parte aérea (MSPA) que não foi afetada pela interação cultivares x doses de N (Tabela 5).

Para a MSPA as cultivares IAC Nuance e IAC 2153 apresentaram os maiores valores, sendo de 9,33 e 8,76 g planta⁻¹, diferindo estatisticamente das demais (Tabela 5). Destaca-se que por meio do estudo de regressão polinomial aplicado para o fator doses de N não foi observado resultados significativos. No entanto, realizando o mesmo estudo para a interação cultivares x doses de N, pode-se verificar que as doses de N promoveram incremento linear na MSPA das cultivares IAC 2154 e IAC 2157, e efeito quadrático para a IAC 2156 (Figura 2).

Na literatura há relatos de aumento linear na MSPA do feijoeiro-comum com a adição de N. Soratto et al. (2017), estudando adubação nitrogenada no feijoeiro-comum, concluíram que o uso de fertilizante nitrogenado em cobertura incrementou a produção de MSPA nas cultivares IPR 139 e BRS Pérola, ambas de hábito de crescimento indeterminado, de ciclo normal e de grãos do tipo carioca. O mesmo desempenho foi observado por Bettiol et al. (2020) utilizando as cultivares IAC Imperador e IPR Curió, ambas de hábito de crescimento determinado, de ciclo precoce e de grãos carioca. Isso ocorre em razão do N estar relacionado diretamente com o aumento da fotossíntese líquida, proporcionando incrementos na quantidade e tamanho dos órgãos vegetativos e reprodutivos e, em consequência, na massa seca das plantas (Marschner, 2012; Taiz e Zeiger, (2017), refletindo positivamente na absorção e acúmulo de nutrientes, promovendo aumento na produtividade de grãos (Fageria et al., 2015).

Verificou-se que as cultivares IAC Nuance, IAC Tigre e IAC 2153 não foram responsivas no acúmulo de MSPA às doses de N aplicadas em cobertura (Figura 2). Oliveira et al. (2023) verificaram que a cultivar IAC Nuance apresentou aumento na MSPA com a adição de N em cobertura, ou seja, desempenho diferente ao verificado neste trabalho, o que demonstra a necessidade de realização de mais pesquisas.

Tabela 5. Atributos agronômicos de cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação adubado com nitrogênio em cobertura. Jaboticabal, São Paulo – 2023¹

Cultivar	Massa seca da parte aérea g planta ⁻¹	Teor de N foliar g kg ⁻¹	Vagens por planta nº	Grãos por vagem nº	Grãos por planta nº	Massa de cem grãos g	Produtividade de grãos kg ha ⁻¹
IAC Nuance	9,33a	34,78c	9,05d	3,80b	34,34b	39,01d	2.422c
IAC Tigre	7,16b	37,33b	10,3c	2,77c	28,43c	31,51e	1.866d
IAC 2153	8,76a	35,49c	7,38e	3,72b	27,61c	45,36c	2.889b
IAC 2154	8,05b	37,37b	14,7a	4,51a	65,76a	19,51f	3.416a
IAC 2156	7,53b	45,23a	8,24e	3,58b	31,74b	47,43b	3.234a
IAC 2157	8,25b	47,42a	11,5b	2,71c	31,38b	49,17a	2.683b
Média geral	8,18	39,60	10,23	3,53	36,54	38,67	2.752
Teste F							
Cultivares (C)	4,27**	40,91**	75,91**	37,51**	119,74**	696,42**	46,18**
Doses de N (DN)	5,33**	49,12**	21,03**	3,11**	23,40**	17,73**	9,75**
C vs DN	1,50 ^{ns}	2,10*	8,86**	2,94**	3,74**	9,41**	8,42**
CV (%)	18,71	7,31	12,04	12,62	14,52	4,46	12,06

¹Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns Não significativo pelo teste F. ** Significativo pelo teste F (p < 0,01). * Significativo pelo teste F (p < 0,05).

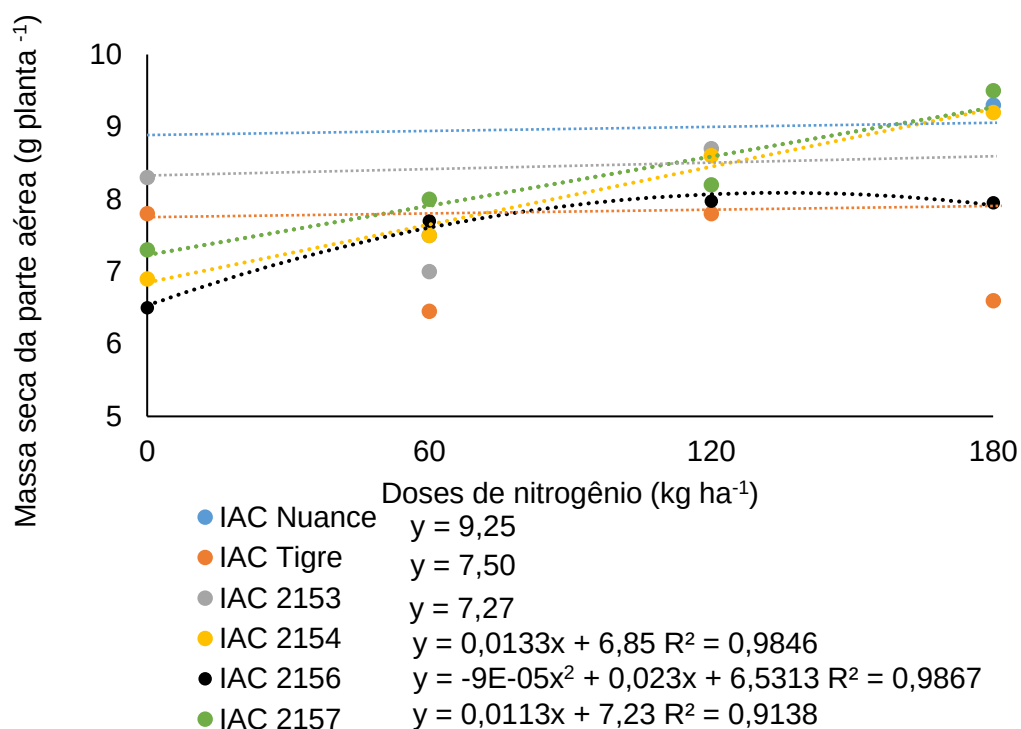


Figura 2. Desdobramento da interação cultivar x doses de nitrogênio para a massa seca da parte aérea.

A adição de N em cobertura resultou em aumento linear do teor de nitrogênio foliar (TNF) para as cultivares IAC Nuance, IAC Tigre, IAC 2153 e IAC 2154, e incremento quadrático para IAC 2156 e IAC 2157, obtendo os maiores valores na dose de 139 e 157 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 3). Todas as cultivares de feijoeiro-comum apresentaram valores do TNF dentro da faixa considerada adequada ou de suficiência para o feijoeiro-comum, que é de 30 a 50 g kg⁻¹ (Quaggio et al., 2022) mesmo na ausência de N em cobertura, com exceção a IAC Nuance que obteve 27,6 g kg⁻¹. Esse TNF adequado até nas doses mais baixas pode ter ocorrido em razão da presença de nitrogênio residual do milho cultivado anteriormente, devido a capacidade da planta em realizar a fixação biológica de nitrogênio e a fertilidade do solo da área experimental, corroborando com as informações de Pias et al. (2022) e Oliveira et al. (2023).

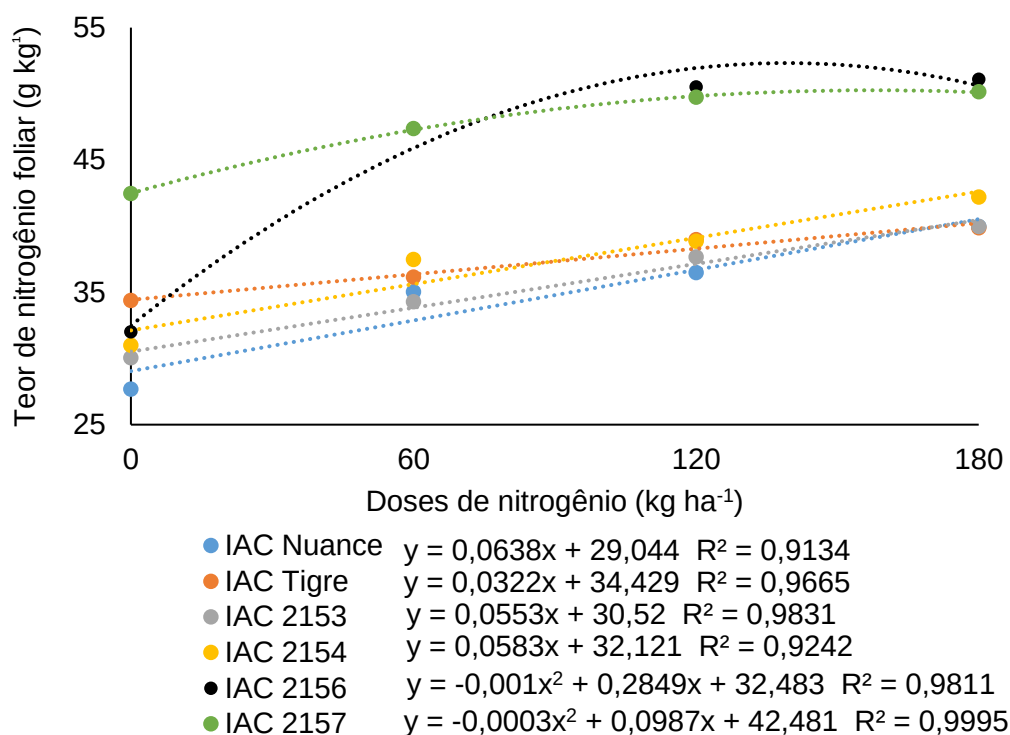


Figura 3. Desdobramento da interação cultivar x doses de nitrogênio para o teor de nitrogênio foliar.

Com relação aos componentes de produção número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e número de grãos por planta (NGP), verificou-se que a IAC 2154 se sobressaiu das demais cultivares com os maiores valores (Tabela 4), apresentando efeito sigmoidal para NVP, com 17,8 vagens por planta a partir da dose de 120 kg ha⁻¹ e não sendo responsiva às doses de N para a NGV (Figuras 4 e 5). No entanto, a IAC 2154 foi responsiva às doses de N, apresentando desempenho sigmoidal, com 73,4 grãos por planta a partir da dose de 120 kg ha⁻¹ de N e os maiores valores para o NGP em todas as doses de N aplicadas em cobertura em comparação as demais cultivares (Figura 6). Nenhuma cultivar foi responsiva às doses de N para a massa de cem grãos (MCG), porém a cultivar IAC 2154 obteve o menor valor, sendo de 19,5 g (Tabela 4), o que é uma característica da própria cultivar, que apresenta grãos do tipo Navy, caracterizados por serem grãos pequenos com a MCG de 16 g (IAC, 2024). Portanto, mesmo a cultivar IAC 2154 não sendo responsiva às doses de N para NVP, NGV e MCG, ela foi a que obteve a maior produtividade de grãos em razão do maior NGP. Essa cultivar apresentou

desempenho quadrático obtendo a produtividade de grãos máxima de 3.868 kg ha⁻¹ na dose de 104 kg ha⁻¹ de N (Figura 7).

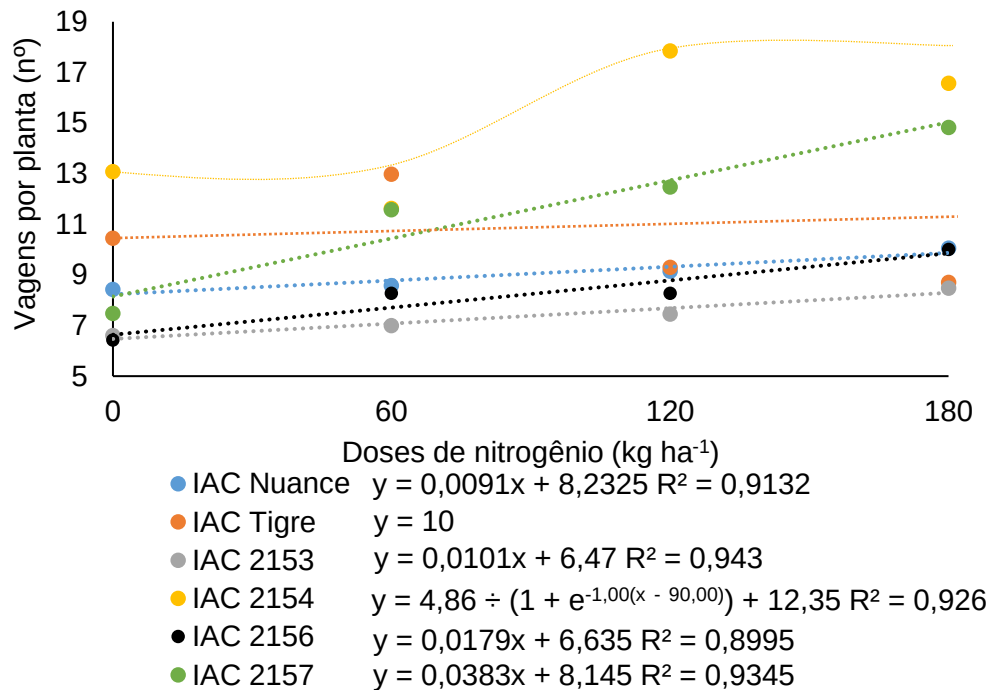


Figura 4. Desdobramento da interação cultivar x doses de nitrogênio para o número de vagens por planta

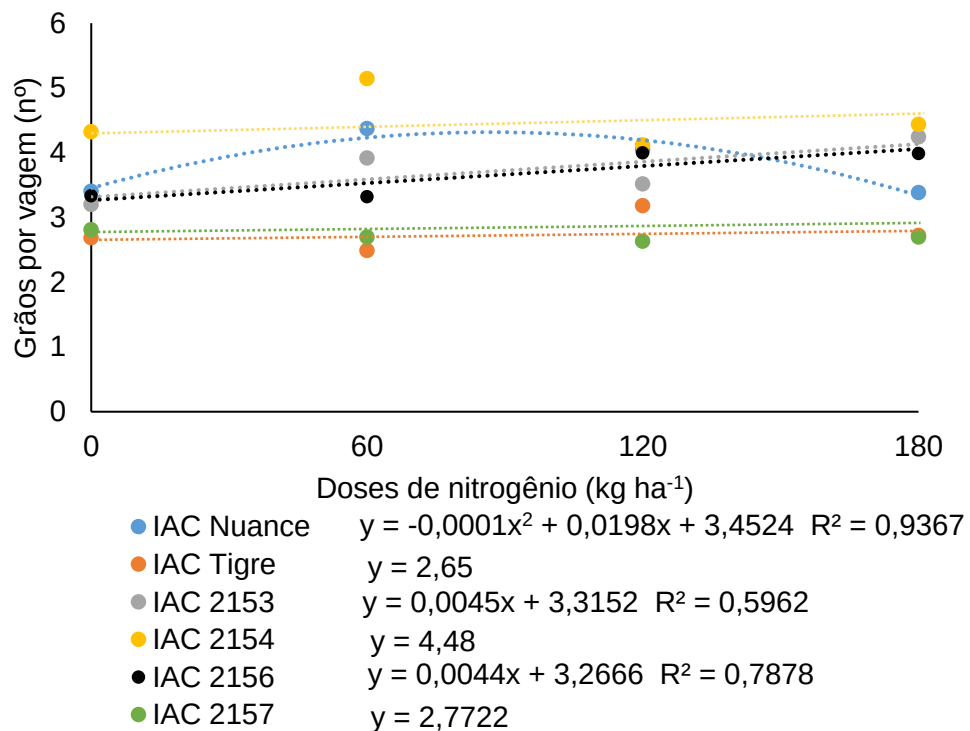


Figura 5. Desdobramento da interação cultivar x doses de nitrogênio para o número de grãos por vagem.

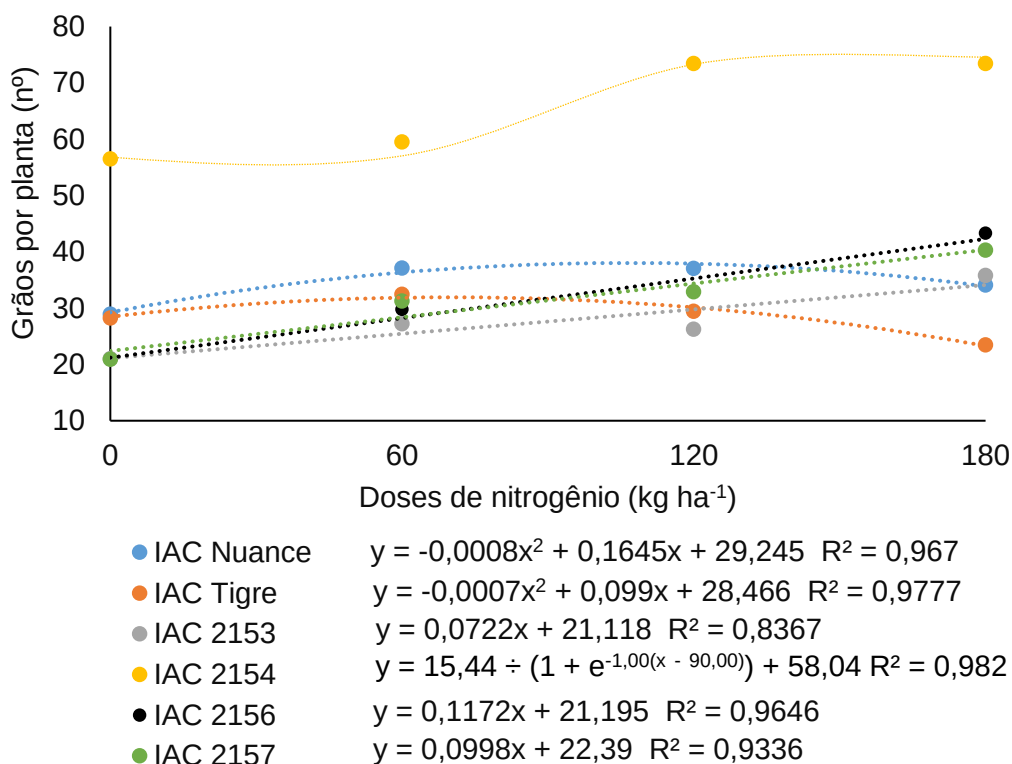


Figura 6. Desdobramento da interação cultivar x doses de nitrogênio para o número de grãos por planta.

As cultivares IAC 2156 e 2157 apresentaram produtividade crescentes de grãos em relação às doses de N, não sendo possível encontrar um ponto de máxima resposta (Figura 7). Esse resultado corrobora com outros trabalhos de pesquisa em que o feijoeiro-comum não atingiu a máxima produtividade de grãos com a aplicação de doses de N em cobertura maiores que 180 kg ha⁻¹, utilizando cultivares de feijoeiro-comum de grãos do tipo carioca (Farinelli e Lemos, 2010; Soratto et al., 2017; Souza et al., 2019).

Na ausência da aplicação do fertilizante nitrogenado em cobertura as cultivares IAC Nuance, IAC Tigre, IAC 2153, IAC 2154, IAC 2156 e IAC 2157 apresentaram produtividades de grãos de 2.978 kg ha⁻¹, 1.981 kg ha⁻¹, 2.582 kg ha⁻¹, 2.803 kg ha⁻¹, 2.453 kg ha⁻¹ e 1.996 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 7). Portanto, com base nos princípios de eficiência e responsividade no uso de nutrientes relatados por Fageria et al. (2015), pode-se inferir que a cultivar IAC 2154 demonstrou ser eficiente e responsiva na utilização do N aplicado em cobertura. Esses resultados corroboram com Leal et al. (2019), que verificaram

em 16 cultivares de feijoeiro-comum do grupo comercial carioca diferenças no desempenho produtivo, sendo BRSMG Uai, BRS FC402, IPR Campos Gerais, IPR Maracanã e TAA Bola Cheia, classificadas como eficientes e responsivas a aplicação de N em cobertura. As cultivares IAC Nuance e IAC 2153 foram classificadas como eficientes e não responsivas. Entretanto, as cultivares IAC 2156 e IAC 2157 demonstraram ser não eficientes e responsivas, enquanto que a IAC Tigre enquadrou-se como não eficiente e não responsiva.

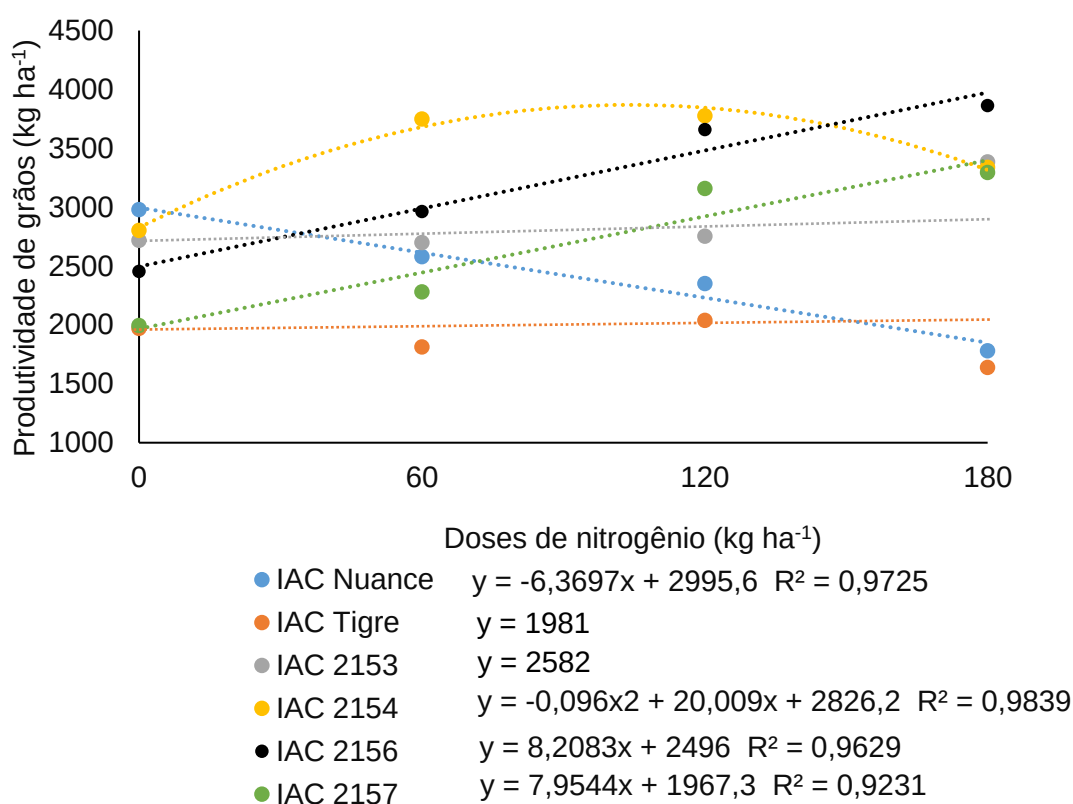


Figura 7. Desdobramento da interação cultivar x doses de nitrogênio para a produtividade de grãos.

A produtividade de grãos variou de 3.416 kg ha⁻¹ a 1.866 kg ha⁻¹, obtidas pelas cultivares IAC 2154 e IAC Tigre, respectivamente (Tabela 4). Portanto, houve diferença de 1.550 kg ha⁻¹, o que corresponde a aproximadamente 26 sacos por hectare. Mesmo para a cultivar IAC 2154 que apresentou a maior produtividade de grãos nesse trabalho, de 3.416 kg ha⁻¹, esse valor ficou abaixo do potencial produtivo que é de 4.800 kg ha⁻¹, conforme descrito em IAC (2024),

o que demonstra a necessidade de maior número de trabalhos com as cultivares de feijoeiro-comum especiais de grãos do tipo exportação em diferentes ambientes de produção e tratos culturais para que as mesmas demonstrem o seu potencial produtivo. A produtividade média de grãos no experimento foi de 2.752 kg ha⁻¹, ficando próxima ao valor obtido na safra de outono-inverno de 2023 para o Estado de São Paulo, que foi de 2.650 kg ha⁻¹ (Conab, 2024)

4.2 Atributos qualitativos das cultivares de feijoeiro-comum em função da adubação nitrogenada de cobertura.

Quanto aos atributos qualitativos dos grãos, observou-se que todos os rendimentos de peneiras foram influenciados apenas pelo fator cultivar com exceção do RP 13 (Tabela 6). As cultivares IAC 2153 e IAC 2156 destacaram-se quanto a retenção de grãos nas peneiras 16 (RP 16) e 15 (RP15), com valores de 55,32% e 40,28%, respectivamente. A cultivar IAC 2154 sobressaiu com os maiores valores de grãos retidos nas peneiras 14 (RP 14) e 13 (RP 13), com 30,29% e 47,56%, respectivamente, mesmo sendo a que apresentou a menor MCG (Tabela 4). Em relação ao rendimento de peneira ≥ 12 (RP ≥ 12) a maioria das cultivares obtiveram valores semelhantes, acima de 95%, com exceção da IAC Tigre que apresentou valor próximo a 84%. As cultivares IAC Nuance, IAC 2153, IAC 2154, IAC 2156 e IAC 2157 se destacaram com rendimento de peneira RP ≥ 12 acima de 90%. Esses grãos são referência para empacotadoras de feijão, que pagam mais pela saca, gerando maior lucro ao produtor.

Outro aspecto de suma importância é o conhecimento do destino dos grãos para o mercado consumidor. Assim, os grãos das cultivares IAC Nuance e IAC 2153 são do tipo *Cranberry*, podendo atender aos mercados interno e externo. Os principais países importadores dos grãos tipo *Cranberry* são Itália, Irã, Espanha, Reino Unido, Turquia, Estados Unidos e Canadá (Carbonell et al., 2021). A cultivar IAC 2157 possui grãos do tipo comercial *Alubia*, podendo atender aos mercados internos e externos, possibilitando a exportação para países da Europa, Ásia e da América do Norte (Pereira et al., 2016). A cultivar

IAC 2156 possui grãos comerciais do tipo *Dark Red Kidney*, podendo ser exportada para países da Europa, América Central e Ásia (Thung et al., 2011). A cultivar IAC 2154 por ter grãos comerciais do tipo *Navy*, que são pequenos e de formato arredondado, pode ser exportada para países como Inglaterra, Espanha e países árabes (Thung et al., 2011). A denominação *Navy* se deve ao fato de ser muito utilizado pela marinha americana, na forma de feijão enlatado, para a alimentação de soldados, e os ingleses também consomem esse feijão na forma de molho, durante o café da manhã. A cultivar IAC Tigre possui grãos do tipo *Pinto Beans* que podem ser exportados para países como Chile, países do leste europeu e Grécia (Thung et al., 2011).

Tabela 6. Porcentual de grãos retidos nas peneiras de crivos oblongos ≥ 12 (RP $\geq$ P12), 13 (RP13), 14 (RP14), 15 (RP15) e 16 (RP16) em função das cultivares de feijoeiro-comum e das doses de nitrogênio (N) aplicadas em cobertura. Jaboticabal, São Paulo – 2023¹.

	RP16	RP15	RP14	RP13	RP $\geq$ 12
Cultivar	%				
IAC Nuance	43,77b	29,20b	15,46c	5,05d	95,17a
IAC Tigre	1,47d	9,10c	23,43b	28,23b	83,96b
IAC 2153	55,32a	26,12b	11,30c	3,51d	97,46a
IAC 2154	0,07d	2,66d	30,29a	47,56a	95,96a
IAC 2156	20,84c	40,28a	25,40b	8,79c	98,25a
IAC 2157	37,81b	28,35b	17,10c	10,30c	97,58a
Média geral	26,55	22,62	20,50	17,24	94,73
Teste F					
Cultivares (C)	64,42**	52,88**	15,68**	442,23**	37,84**
Doses de N (DN)	0,29 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,23 ^{ns}	5,00**	0,14 ^{ns}
C vs DN	0,76 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,61 ^{ns}	2,62**	0,49 ^{ns}
CV (%)	42,91	34,06	34,83	19,07	3,70

¹Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns Não significativo pelo teste F. ** Significativo pelo teste F (p < 0,01).

O teor de proteína bruta que foi transformado em porcentagem foi influenciado pelas cultivares (Tabela 7). A cultivar IAC 2154 apresentou o maior valor, acima dos 21%. As cultivares IAC Nuance e IAC Tigre obtiveram valores em torno de 20%, não diferindo entre si estatisticamente. As cultivares IAC 2153, IAC 2156 e IAC 2157 obtiveram os menores valores para esse atributo

qualitativo dos grãos, abaixo dos 20%. Os resultados estão próximos aos encontrados nos trabalhos de Carbonell et al. (2020 e 2021). As doses de nitrogênio também influenciaram o teor de proteína bruta, apresentando aumento linear (Figura 8), semelhante ao encontrado por Amaral et al. (2016), Nunes et al. (2020) e Oliveira et al. (2023). Esse efeito acontece, pois, o N é componente essencial dos aminoácidos, que por sua vez são os blocos de construção das proteínas (Nelson e Cox, 2014).

O tempo de cozimento foi influenciado apenas pelo fator cultivar (Tabela 7). As cultivares IAC Tigre e IAC 2154 apresentaram os menores valores de cozimento, abaixo de 24 minutos, apresentando resistência normal a cocção de acordo com a classificação de Proctor e Watts (1987). As cultivares IAC Nuance, IAC 2153 e IAC 2156 apresentaram tempo de cozimento entre 29 e 31 minutos, apresentando resistência média a cocção (Proctor e Watts, 1987). A cultivar IAC 2157 apresentou o maior tempo de cozimento, acima dos 38 minutos, demonstrando ser muito resistente a cocção (Proctor e Watts, 1987). Os valores de cozimento são semelhantes aos encontrados por Ribeiro et al. (2014) ao avaliarem 29 linhagens de feijoeiro-comum de grãos especiais, com intervalo de cozimento que variou de 14 a 36 minutos. Os valores de cozimento também estão próximos ao encontrado por Carbonell et al. (2020) e Carbonell et al. (2021).

Em relação a capacidade de hidratação dos grãos, foram realizadas regressões polinomiais (Apêndices - Tabela 2A) e houve diferenças entre as cultivares para obtenção do tempo de máxima hidratação - TMH (Tabela 7). O TMH variou de 13h49min a 28h16min para as cultivares IAC 2154 e IAC Tigre, respectivamente, ou seja, apresentou diferença acima de 14 horas. Destaca-se que o TMH da cultivar IAC Tigre ficou acima do tempo destinado a realização do teste de capacidade de hidratação que foi de 22 horas, demonstrando grande rigidez dos grãos e baixa absorção de água. As cultivares IAC Nuance, IAC 2154, IAC 2156 obtiveram os menores valores, com a máxima hidratação abaixo das 17 horas. As cultivares IAC 2153 e IAC 2157 obtiveram valores intermediários, entre 17 e 19 horas, e a IAC Tigre, os maiores tempos para máxima hidratação, acima de 28 horas. Os valores indicaram que as cultivares

de feijoeiro-comum especial do tipo exportação necessitam de muito tempo para atingirem a máxima hidratação, acima das 12 horas realizadas rotineiramente pela dona de casa ou consumidor (Santis et al., 2019). A capacidade dos grãos de feijão de reter água varia conforme o genótipo, as condições de armazenamento e o ambiente de cultivo, sendo necessários mais estudos sobre o impacto da adubação nitrogenada nessa característica específica (Farinelli e Lemos, 2010).

A relação de hidratação dos grãos foi influenciada apenas pelo efeito de cultivares (Tabela 7). No entanto, deve-se destacar que a cultivar IAC Tigre apresentou a menor relação de hidratação e o maior TMH. Para as demais cultivares, os valores obtidos nas relações de hidratação são insignificantes em termos práticos. Todos os valores ficaram próximos de dois (2,0), o que evidencia boa capacidade dos grãos de feijão para absorver água. Esses achados estão alinhados com os estudos de Leal et al. (2021) e Oliveira et al. (2023), os quais também observaram que os grãos de feijão têm a capacidade de absorver quantidade de água equivalente às suas massas iniciais.

Tabela 7. Teor de proteína bruta (TPB), Tempo de cozimento (TC), Tempo para máxima hidratação (TMH) e relação de hidratação (RH) em função das cultivares e das doses de nitrogênio (N) aplicadas em cobertura. Jaboticabal, São Paulo – 2023¹.

Cultivar	TPB %	TC mm:ss	TMH hh:min	RH -
IAC Nuance	20,24b	30:27b	16:21c	2,03b
IAC Tigre	20,58b	23:07c	28:16a	1,78e
IAC 2153	19,65c	29:31b	18:45b	2,08a
IAC 2154	21,86a	21:39c	13:49c	1,94d
IAC 2156	17,91d	30:46b	15:51c	1,98c
IAC 2157	18,88c	38:46a	17:45b	1,99c
Média geral	19,85	29:03	18:28	1,96
Teste F				
Cultivares (C)	20,89**	57,92**	32,33**	82,07**
Doses de N (DN)	15,51*	2,44 ^{ns}	1,55 ^{ns}	1,18 ^{ns}
C vs DN	1,59 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,73 ^{ns}
CV (%)	5,25	9,65	16,79	2,15

¹Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns Não significativo pelo teste F. ** Significativo pelo teste F (p < 0,01). * Significativo pelo teste F (p < 0,05).

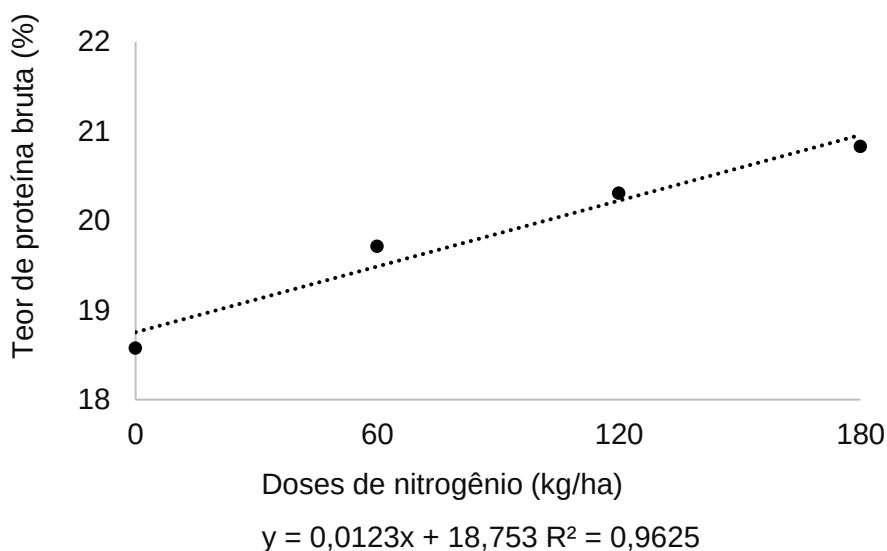


Figura 8. Teor de proteína bruta em função das doses de nitrogênio aplicado em cobertura.

4.3 Análise de correlação simples

Pelo estudo de correlação simples (Tabela 8), foi observado que a massa seca da parte aérea possui correlação direta de baixa magnitude com a produtividade, rendimento de peneira maior ou igual a 12 e com a relação de hidratação. Essa correlação de baixa magnitude mostra que a massa seca da parte aérea afeta a produtividade, no entanto, não é o nico atributo que participa da sua composição, Oliveira et al. (2023) encontraram resultados semelhantes. O número de vagens por planta possui alta correlação direta com o número de grãos por planta e a produtividade, e uma correlação direta de baixa magnitude com o rendimento de peneira maior ou igual a 12, o teor de proteína bruta e com a relação de hidratação, e possui correlação indireta com a massa de cem grãos, tempo de cozimento e com o tempo para máxima hidratação. O número de grãos por vagem possui correlação com o número de grãos por planta, produtividade, teor de nitrogênio foliar e o teor de proteína bruta, e correlação indireta com a massa de cem grãos. O número de grãos por planta apresentou correlação direta de alta magnitude com a produtividade e com o teor de proteína bruta, e possui correlação indireta com a massa de cem grãos, tempo de cozimento e com o tempo para máxima hidratação. A produtividade possui

correlação direta com o rendimento de peneira maior ou igual a 12, teor de nitrogênio foliar e com a relação de hidratação.

Os resultados de correlação evidenciaram a importância dos componentes de produção NVP, NGV e NGP na obtenção da produtividade de grãos, ou seja, quanto maior os valores dos componentes de produção, mais elevada será a produtividade (Fageria et al., 2015). Além disso, quanto maior o teor de N foliar maior a produtividade, mostrando a importância da adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro-comum (Fageria et al., 2015 e Pias et al., 2022).

A massa de cem grãos possui correlação indireta com os três componentes da produção o número de grãos por vagem, número de grãos por planta e o número de vagens por planta, ou seja, quanto mais pesados os grãos menor é a quantidade de grãos e vagens, resultado semelhante aos encontrados por Leal et al. (2019) e Oliveira et al. (2023) devido ao equilíbrio de fonte e dreno, também possui correlação indireta com o teor de proteína bruta, ou seja, quanto mais pesado o grão menos proteína ele possui, esse efeito ocorre devido a diluição do nitrogênio que compõe a proteína. Também foi verificado que a massa de cem grãos possui correlação direta com o teor de nitrogênio foliar, além de ter sido observado que quanto mais pesado e maior o grão mais tempo será necessário para cozinhar.

O rendimento de peneira ≥ 12 apresentou correlação direta com o tempo de cozimento e relação de hidratação, e apresentou correlação indireta com o teor de proteína bruta, com isso é possível afirmar que quanto maior o tamanho do grão mais tempo ele vai levar para cozinhar, mantendo a lógica da massa de cem grãos, quanto mais pesado os grãos mais tempo leva para cozinhar. O tempo de cozimento teve correlação direta com o teor de nitrogênio foliar e relação de hidratação, e apresentou correlação indireta com o teor de proteína bruta. Essa correlação indireta do TC com TPB se deu com baixa magnitude, mostrando que o tempo de cozimento é afetado por outros fatores, além do teor de proteína bruta, como também foi visto no trabalho de Leal et al. (2021).

Tabela 8. Coeficientes de correlação dos atributos agrônômicos e qualitativos em cultivares de feijoeiro-comum especial de grãos do tipo exportação adubados com nitrogênio em cobertura. Jaboticabal, São Paulo – 2023¹.

	MSPA	NVP	NGV	NGP	MCG	PROD	RP≥12	TC	TMH	TNF	TPB
NVP	0,157ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NGV	0,143ns	0,058ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NGP	0,172ns	0,622**	0,796**	-	-	-	-	-	-	-	-
MCG	0,121ns	-0,341**	-0,510**	-0,629**	-	-	-	-	-	-	-
PROD	0,206*	0,513**	0,296**	0,524**	0,025ns	-	-	-	-	-	-
RP≥12	0,210*	0,288**	0,019ns	0,180ns	0,337**	0,500**	-	-	-	-	-
TC	0,151ns	-0,327**	-0,200ns	-0,373**	0,746**	0,021ns	0,469**	-	-	-	-
TMH	-0,157ns	-0,483**	-0,097ns	-0,370**	-0,025ns	-0,503**	-0,644**	-0,234*	-	-	-
TNF	0,069ns	-0,124ns	0,228*	0,097ns	0,325**	0,281**	0,194ns	0,423**	0,115ns	-	-
TPB	0,112ns	0,282**	0,449**	0,520**	-0,675**	0,085ns	-0,222*	-0,392**	0,054ns	-0,093ns	-
RH	0,297**	0,285**	-0,182ns	0,009ns	0,411**	0,336**	0,764**	0,488**	0,555**	0,050ns	0,126ns

¹ns Não significativo pelo teste F ** Significativo ($p < 0,01$). * Significativo ($p < 0,05$). MSPA: Massa seca da parte aérea; TNF: Teor foliar de N; NGP: Número de Grãos por planta; NVP: Número de vagens por planta; NGV: Número de grãos por vagem; MCG: Massa de cem grãos; PROD: Produtividade de grãos; RH: Relação de hidratação; PB: Teor de proteína bruta; TC: Tempo de cozimento; RP≥12: Rendimento de peneira maior ou igual a 12.

4.4 Análise multivariada

Na análise do gráfico biplot (Figura 9) foi possível concluir que os dois componentes principais (CPs) foram responsáveis por mais de 63,65% da variabilidade total dos dados. Foi possível constatar a correlação positiva entre a produtividade, massa seca da parte aérea, rendimento de peneira ≥ 12 , número de grãos por vagem e número de vagens por planta. Existe correlação negativa dessas variáveis com a massa de cem grãos e tempo de cozimento mostrando que o número de grãos está afetando a massa de cem grãos, ou seja, quanto mais grãos, menor é a massa dos grãos. Também é possível visualizar a correlação direta da massa de cem grãos com o tempo de cozimento, ou seja, o grão mais pesado leva mais tempo para cozinhar. Também foi visto a correlação indireta da massa de cem grãos com o teor de proteína bruta, ocasionado pelo efeito de diluição do nitrogênio nos grãos. Verificou-se que o tempo para máxima hidratação não apresentou correlação com nenhuma outra variável. A cultivar IAC 2154 apresentou a melhor correlação direta com os componentes de produção, produtividade e teor de proteína bruta.

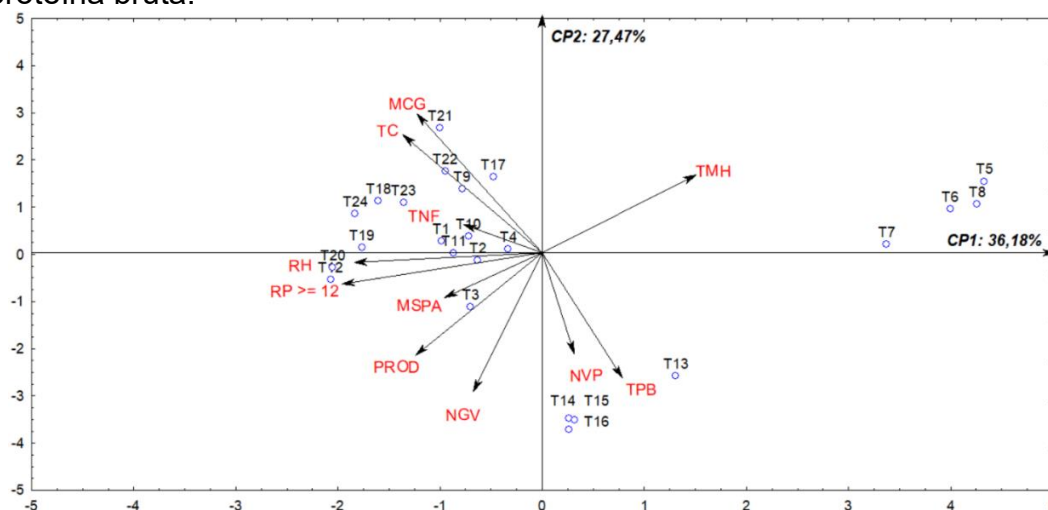


Figura 9. Gráfico biplot de componentes principais para as cultivares de feijoeiro-comum de grãos especiais do tipo exportação sob doses de nitrogênio em função das características agrônomicas (MSPA: Massa seca da parte aérea; TNF: Teor foliar de N), componentes de produção (NGV: Número de grãos por vagem; NVP: Número de vagens por planta; NGP: Número de grãos por planta; PROD: Produtividade de grãos) e variáveis qualitativas (TPB: Teor de proteína bruta; TMH: Tempo de máxima hidratação; RH: Relação de hidratação; MCG: Massa de cem grãos; TC: Tempo de cozimento; RP $\geq$ 12: Rendimento de peneira maior ou igual a 12. Letras e números indicam as cultivares e suas respectivas doses crescentes de N. (T1-T4: IAC Nuance na dose 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹; T5-T8: IAC Tigre na dose 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹; T9-T12: IAC 2153 na dose 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹; T13-T16: IAC 2154 na dose 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹; T17-T20: IAC 2156 na dose 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹; T21-T24: IAC 2157 na dose 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹).

5. CONCLUSÃO

A cultivar IAC 2154 foi classificada como eficiente e responsiva. As cultivares IAC Nuance e IAC 2153, foram classificadas como eficientes e não responsivas. As cultivares IAC 2156 e IAC 2157 enquadraram-se como não eficientes e responsivas. Enquanto que a IAC Tigre foi classificada como não eficiente e não responsiva.

A cultivar IAC 2154 se destacou em relação ao número de vagens por planta, número de grãos por vagem e número de grãos por planta, apresentando produtividade de grãos máxima de 3.868 kg ha⁻¹ na dose de 104 kg ha⁻¹ de N, obtendo elevado rendimento nas peneiras 13 e 14, o maior teor de proteína bruta, bem como os menores tempos de cozimento e para máxima hidratação dos grãos.

Na ausência de nitrogênio em cobertura a cultivar IAC Nuance obteve o maior valor de produtividade de grãos, sendo uma cultivar interessante para futuros trabalhos que tem como objetivo verificar a eficiência da fixação biológica no feijoeiro-comum.

6. REFERÊNCIAS

Aguilera JM, Lillford PJ (2008) **Food Materials Science: Principles and Practice** 1 ed, p. 11-341.

Aguiar MS, et al. (2022) BRS FS311: **cultivar de feijoeiro-comum de grãos rajados, com alta produtividade e qualidade comercial**. Embrapa Arroz e Feijão, 8p.

Aidar H et al. (2008) **BRS Executivo - Feijão comum com tipo de grão cranberry para o mercado internacional**. Embrapa Arroz e Feijão, 2p.

Amaral CB, Pinto CC, Flôres JA, Mingotte FLC, Lemos LB, Fornasieri Filho D (2016) Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 51:1602-1609.

Bataglia OC, Furlani AMC, Teixeira JPF, Furlani PR, Gallo JR (1983) **Método de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, Boletim Técnico, 78.

Barroso AAM, Soraluz JLT, Lemos LB, Parreira MC, Oliveira PMJ, Alves PLCA (2022) **Biologia e manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum**. Funep, 202p.

Bettiol JVT, Filla VA, Leal FT, Coelho AP, Meirelles FC, Lemos LB, Bossolani JW (2020) Sustainable production of common beans: inoculation, co-inoculation and mineral fertilization in early-cycle cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, 43:1-13.

Carbonell SAM, Gonçalves GMC, Paulino JFC, Rovaris SRS, Almeida CP, Gonçalves JGR, Freitas RS, Chiorato AF (2021) IAC 2153 and IAC 2156: cranberry and dark red kidney common bean cultivars for new markets. **Crop Breed. Appl. Biotechnol.** 21(4).

Carbonell SAM, Chiorato AF, Bezerra LMC (2021) A planta e o grão de feijão e as formas de apresentação aos consumidores. In: Ferreira CM, Barrigossi JAF **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 101-116.

Carbonell SAM, et al. (2020) IAC Nuance and IAC Tigre: common bean cultivars for special markets. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 20(3): e26732035.

Cassim BMAR, Lisboa IP, Besen MR, Otto R, Cantarella H, Inoue TT, Batista MA (2024) Nitrogen: from discovery, plant assimilation, sustainable usage to current enhanced efficiency fertilizers technologies – A review. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** 48:e0230037

Cavalcante AG (2020) **Fenologia, atributos produtivos, qualitativos e influência do armazenamento em cultivares de feijoeiro especial e de exportação**. Orientador: Leandro Borges Lemos. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Câmpus Jaboticabal. Jaboticabal.

Chiorato AF et al. (2008) IAC-Boreal and IAC-Harmonia: common bean cultivars with striped grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 8:170-173.

Chiorato AF, Reis LLB, Bezerra LMC, Carbonell SAM (2018) Global vision on common bean breeding cultivars. In: Campos-vega, R, Bassinello PZ, OOMAH BD (ed.). **Phaseolus vulgaris: cultivars, production and uses**. New York: Nova Science Publishers. p. 27-68.

Conab. Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira – grãos: Sétimo levantamento, abril, 2024 – safra 2022/2023 e 2023/2024**. Disponível em: <www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>

Del Peloso MJ et al. (2008) **BRS Embaixador: feijão comum para o mercado internacional com grão vermelho escuro grande - tipo DRK**. Embrapa Arroz e Feijão, 2p.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2022) **News - Agricultor consegue produtividade de seis toneladas por hectare em lavoura de feijão**. Embrapa Arroz e Feijão, 15p.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2023) **Catálogo de cultivares de feijão comum**. Embrapa Arroz e Feijão, 15p.

Epstein E, Bloom A (2006) Nutrição e crescimento In: Epstein E, Bloom A **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. p. 251-275.

Fageria NK, Kluthcouski J (1980) **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: Embrapa-CNPAF, 22p.

Fageria NK, Ferreira EPB, Melo LC, Knupp AM (2014). Genotypic Differences in dry bean yield and yield components as influenced by nitrogen fertilization and rhizobia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 45:1583-1604.

Fageria NK, Stone LF, Santos AB, Carvalho MCS. Nitrogênio. In: Fageria NK, Stone LF, Santos AB, Carvalho MCS (2015) **Nutrição mineral do feijoeiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa, p. 95-151.

Farinelli R, Lemos LB (2010). Produtividade, eficiência agronômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia** 69:165-172.

Flôres JA, Amaral CA, Pinto CC, Mingotte FLC, Lemos LB (2017). Agronomic and qualitative traits of common bean as a function of the straw and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 47:195-201.

Freire Filho FR (2011) **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, 84p.

Gourley CJP, Allan DL, Russelle MP (1994). Plant nutrient efficiency: a comparison of definitions and suggested improvement. **Plant and Soil**, 158:29-37.

Gulati H, Singh N (2016) Effect of Particle Size Distribution on the cooking properties of lentils. **Journal of Food Science and Technology**. 152:112321

Hanks RJ, Keller J, Rasmussen VP, Wilson GD (1976) Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, 40:426-429.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. **Cultivares**. Disponível em: <https://bluein.IAC.sp.gov.br/portfolio-IAC/cultivares/graos-2/>.

IDR – Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (2023) **Cultivares de feijão**. IDR-Paraná, 19p.

Isfan D (1993). Genotypic variability for physiological efficiency index of nitrogen in oats. **Plant and Soil**, 1:53-59.

Kaiser HF (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika** 23:187-200.

Leal FT, Filla VA, Bettiol JVT, Sandrini FOT, Mingotte FLC, Lemos L (2019) Use efficiency and responsivity to nitrogen of common bean cultivars. **Ciência e agrotecnologia**. v. 43, p. 1-13.

Leal FT, Bettiol JVT, Filla VA, Coelho AP, Mingotte FLC, Lemos LB (2021) Grain quality of common bean cultivars under low and high nitrogen dose, **Revista de la facultad de ciencias agrarias**, 53:118-127.

Lemos BL, Mingotte FLC, Farinelli R (2015) Cultivares. In: ARF, O.; Lemos LB, Soratto RS, Ferrari S **Aspectos gerais da cultura do feijão**. 1 ed. Botucatu: FEPAF, p. 181-207.

Malavolta, E. Funções dos macros e micronutrientes. In: MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. 1 ed. São Paulo: Agronomica Ceres, p. 126-402, 2006.

Marschner H (2012) **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Elsevier, 643p.

Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2024). **Registro Nacional de Cultivares**. Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php

Melo LC et al. (2014) **BRSMG Realce: cultivar de feijão comum de grãos rajados adaptada a colheita mecânica direta**. Embrapa Arroz e Feijão, 4p.

Nascente AS, Carvalho MCS, Rosa PH (2016). Growth, nutrient accumulation in leaves and grain yield of super early genotypes of common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 46:292-300.

Nascente AS, Stone, LF, Melo LC (2017) Common bean grain yield as affected by sulfur fertilization and cultivars. **Revista Ceres** 64:548-552.

Nelson DL, Cox MM (2014) Aminoácidos, Peptídeos e Proteínas In: **Princípios de bioquímica de Lehninger** 6 ed, Artmed, p. 75-114.

Nunes HD, Leal FT, Mingotte FLC, Damião VD, Couto Junior PA, Lemos, LB (2020). Agronomic performance, quality and nitrogen use efficiency by common bean cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, 44:995-1009.

Oliveira MGC, Oliveira LFC, Wendland A, Guimarães CM, Quintela ED, Barbosa FR, Carvalho MCS, Lobo Junior M, Silveira PM (2018) **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa, 59 p.

Oliveira NHC, Coelho AP, Meirelles FC, Cazusa A, Lemos LB (2023) Response of early-cycle common bean cultivars with carioca, black and speckled grains to top-dressing nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v. 39, p. e39005.

Pereira HS, Almeida VM, Melo LC, Wendland A, Faria LC, Del Peloso MJ, Magaldi MCS (2012) Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude. **Bragantia**, 71(2):165–172.

Pereira HS et al. (2016) **BRS Ártico: Cultivar de Feijão comum de Grãos Brancos com Padrão para Exportação**. Embrapa Arroz e Feijão, 4p.

Pereira HS et al. (2019) **BRS FS305: cultivar de feijão para exportação com grãos calima**. Embrapa Arroz e Feijão, 7p.

Pereira HS et al. (2022) **BRS FS308: cultivar de feijoeiro-comum com grãos light red kidney para exportação**. Embrapa Arroz e Feijão, Comunicado técnico, 7p.

Pias OHC, Welter CA, Tiecher T, Cherubin MR, Flores JPM, Alves LA, Bayer C (2022) Common bean yield responses to nitrogen fertilization in Brazilian no-till soils: A meta-analysis. **Rev Bras Cienc Solo**; 46:e0220022.

Prado RM (2008) **Nutrição de plantas**. São Paulo: Unesp. 407p.

Proctor JR, Watts BM (1987). Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, 20:9-14.

Portugal JR, Peres AR, Rodrigues RAF (2015) Aspectos climáticos no feijoeiro. In: **Aspectos gerais da cultura do feijão**. 1 ed. Botucatu: FEPAF, p. 65-74.

Quaggio JA, Cantarella H, Zambrosi FCB (2022). Leguminosas e oleaginosas. In: Cantarella H, Quaggio JA, Mattos D, Boaretto RM, Raj BV **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, p. 239-242.

Ribeiro ND, Domingues LS, Gruhn EM, Zemolin AEM, Rodrigues JA (2014) Desempenho agrônomo e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especiais. **Revista Ciência Agronômica** 45:92-100.

Ribeiro E (2018) **Embrapa apresenta novidades nas pesquisas com feijão e pulses**. Disponível em: www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/37353822/embrapa-apresenta-novidades-nas-pesquisas-com-feijao-e-pulses

Rocha MM (2021) **Feijão Caupi – Mercado e comercialização**. Embrapa Meio-Norte. Disponível em: www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi/pre-producao/socioeconomia/mercado-e-comercializacao

Santis FP, Neto AS, Cavalcante AG, Filla VA, Mingotte FLC, Lemos LB (2019) Componentes de produção, produtividade e atributos tecnológicos de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. **Colloquium Agrariae**, 15:21-30.

Santos JB, Gavilanes ML, Vieira RG, Pinheiro LR (2015) Botânica. In.: Carneiro JE, Júnior TJP, Borém A (Eds.) **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: EDITORA UFV, p. 37-66.

Silva MG (2015) Implantação da cultura. In: ARF, O.; Lemos LB, Soratto RS, Ferrari S **Aspectos gerais da cultura do feijão**. 1 ed. Botucatu: FEPAF, p. 163-180.

Soratto RP, Catuchi TA, Souza EFC, Garcia JLN (2017). Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. **Revista Caatinga** 30:670-678.

Souza SS, Couto Junior PA, Flôres JA, Mingotte FLC, Lemos LB (2019) Maize cropping systems and response of common bean in succession subjected to nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 49:e55718.

Taiz L, Zeiger E (2017) **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed. p. 129-131.

Thung M, Soares DM, Aidar H, Kluthcousky J (2011) Feijões tipo exportação, estamos prontos para exportar? In: **Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão**, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 10:1-4.

Tôsto SG, Wander AE, Pereira LC, Mangabeira JA de C, Coelho GC (2012) **Diagnóstico socioeconômico da cultura do feijão no Brasil**. Campinas: Embrapa, 94p.

Wander AE, Silva OF, Ferreira CM (2021) O arroz e o feijão no Brasil e no mundo. In: Ferreira CM, Barrigossi JAF **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 81-100.

Wutke et al. (2000) Estimativa de temperatura base e graus-dias para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, p. 55-61.

Wutke et al. (2022) Feijão (*Phaseolus vulgaris*) In: Cantarella H, Quaggio JA, Mattos D, Boaretto RM, Rajj BV Boletim 100: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, p. 246-249.

APÊNDICES



Figura 1A. Características dos grãos das cultivares. A – IAC Nuance; B – IAC Tigre; C – IAC 2153; D – IAC 2154; E – IAC 2156; F – IAC 2157. Fonte: Catálogo de Cultivares do Instituto Agronômico de Campinas (IAC).



Figura 2A. Algumas atividades realizadas no experimento. A – Mensuração da lâmina de irrigação; B – Irrigação; C – Adubação de N em cobertura; D – Avaliação dos estádios fenológicos; E – Avaliação do ponto de colheita; F – Colheita semimecanizada



Figura 3A. Avaliações dos atributos agrônômicos e qualitativos. A – Componentes de produção; B – Umidade dos grãos e produção das parcelas; C – Rendimento de peneiras; D – Teste de capacidade de hidratação; E – Preparo das amostras para diagnose foliar; F – Teste de cozimento.

Tabela 1A. Valores diários de temperatura máxima, mínima e média do ar e precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento. Jaboticabal, São Paulo – 2023. Fonte: Estação Agroclimática, Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, SP.

Dia	T máx (°C)	T min (°C)	T med (°C)	Precipitação (mm)
26/04/2023	22,6	18,1	19,9	10,7
27/04/2023	27	16,7	20,6	0
28/04/2023	26,1	16,5	20,1	0
29/04/2023	28,1	15,4	20,4	0
30/04/2023	28,9	15,8	21,7	0
01/05/2023	29,3	15,2	21,2	0
02/05/2023	28,5	15,5	21,6	0
03/05/2023	29,1	14,2	21,5	0
04/05/2023	29,9	15,2	22,3	0
05/05/2023	30,8	17,2	23,5	0
06/05/2023	29,7	17,2	23,3	0
07/05/2023	29,2	17,6	22,8	0
08/05/2023	29,1	16,6	22,6	0
09/05/2023	28,8	17,6	22,7	0
10/05/2023	28,4	18,2	22,1	1,1
11/05/2023	27,8	16,9	21,4	0
12/05/2023	26	13,6	19	0
13/05/2023	25	12,1	17,9	0
14/05/2023	25,9	11,4	18,1	0
15/05/2023	26	11,5	18,3	0
16/05/2023	25,9	11	18	0
17/05/2023	25,6	10,6	17,4	0
18/05/2023	28,9	10,8	18,4	0
19/05/2023	27,7	11,6	18,8	0
20/05/2023	26,3	11,8	18,5	0
21/05/2023	26,5	11,7	18,6	0
22/05/2023	26,5	12,8	19,3	0
23/05/2023	26,6	13,1	19,1	0
24/05/2023	27,4	12,6	19,7	0
25/05/2023	27,7	13,7	20,4	0
26/05/2023	28,2	14,3	20,8	0
27/05/2023	28,9	15	21,5	0
28/05/2023	28	14,9	20,2	0
29/05/2023	25,4	16,6	20	0
30/05/2023	23,3	15,9	18,2	38,4
31/05/2023	22,3	15,7	17,6	0
01/06/2023	21,9	14,3	17	0
02/06/2023	25,3	12,3	17,8	0
03/06/2023	25,8	12,4	18,7	0
04/06/2023	26,8	12,1	19,2	0

05/06/2023	25,5	12,4	18,6	0
06/06/2023	26	12,7	18,5	0
07/06/2023	27,4	12,4	19,1	0
08/06/2023	27,3	12,9	19,6	0
09/06/2023	27,7	12,8	20,1	0
10/06/2023	28,7	13	20,5	0
11/06/2023	29	13,9	21	0
12/06/2023	29,4	13,8	21,9	0
13/06/2023	25	17,3	20,7	0
14/06/2023	18,9	16,1	17,2	11
15/06/2023	16,7	13,4	15,5	50,5
16/06/2023	15,5	10	12	0
17/06/2023	19	6,8	11,9	0
18/06/2023	21,4	7,3	14	0
19/06/2023	25,9	9,6	16,4	0
20/06/2023	27,3	11,7	18,5	0
21/06/2023	26,7	11,9	18,6	0
22/06/2023	26,6	12,4	19,2	0
23/06/2023	26,1	12,6	19	0
24/06/2023	26	13,1	18,9	0
25/06/2023	26,8	13,1	19,2	0
26/06/2023	26,5	12	19	0
27/06/2023	27	12,8	19,3	0
28/06/2023	28,3	13,1	20,4	0
29/06/2023	26,8	14,4	20	0
30/06/2023	27,2	13,3	19,6	0
01/07/2023	26,7	13	19,5	0
02/07/2023	25,7	13,2	18,8	0
03/07/2023	25,4	11,9	18,1	0
04/07/2023	25,2	10,7	17,3	0
05/07/2023	26,7	10,8	18,3	0
06/07/2023	25,2	10,8	17,9	0
07/07/2023	26,7	10,3	18,6	0
08/07/2023	28,3	12,2	20,2	0
09/07/2023	27,6	16,8	20,8	0
10/07/2023	30,1	15,4	22,2	0
11/07/2023	31,1	14,1	22,5	0
12/07/2023	30,5	15,6	23,1	0
13/07/2023	27,5	12,1	20,8	4
14/07/2023	20	10,1	14,4	0
15/07/2023	25,9	6,6	15,6	0
16/07/2023	28,6	12,8	19,5	0
17/07/2023	28,9	15,3	21,9	0
18/07/2023	30,5	16	22,4	0
19/07/2023	27,3	14,2	20,1	0
20/07/2023	28,8	14,5	20,6	0

21/07/2023	28,1	14,2	20,4	0
22/07/2023	27,4	13,5	19,8	0
23/07/2023	28,1	14,3	21,2	0
24/07/2023	29	14,6	21,4	0
25/07/2023	27,4	15,1	21,3	0
26/07/2023	29,3	14,9	21,9	0
27/07/2023	29,8	14,3	21,8	0
28/07/2023	31	14,7	22,8	0
29/07/2023	27,6	14,7	21,1	0
30/07/2023	28,5	12,5	20,2	0
31/07/2023	29,3	14	21,6	0
01/08/2023	29,3	14	21,1	0
02/08/2023	31,4	14,7	22,3	0
03/08/2023	30,9	14,7	22,5	0
04/08/2023	31,2	15,2	22,6	0
05/08/2023	31,4	15,3	22,9	0
06/08/2023	32	15,3	23,4	0
07/08/2023	32,7	17,1	24,3	0

Tabela 2A. Equações de regressão, R^2 e o tempo para máxima hidratação das cultivares de feijão de grãos especiais do tipo exportação em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, São Paulo – 2023¹.

Cultivar	Dose de N	Equação	R^2
IAC Nuance	0	$y = -0,00005x^2 + 0,09774x + 0,46164$	0,99734
	60	$y = -0,00005x^2 + 0,09935x + 0,79936$	0,99495
	120	$y = -0,00004x^2 + 0,09214x - 0,32915$	0,99785
	180	$y = -0,00005x^2 + 0,09274x + 0,75234$	0,99714
IAC Tigre	0	$y = -0,00002x^2 + 0,06649x - 1,64171$	0,9881
	60	$y = -0,00002x^2 + 0,06892x - 0,17000$	0,99656
	120	$y = -0,00002x^2 + 0,06511x - 0,33150$	0,99214
	180	$y = -0,00001x^2 + 0,05906x + 0,62811$	0,99572
IAC 2153	0	$y = -0,00004x^2 + 0,08971x - 1,11461$	0,99383
	60	$y = -0,00005x^2 + 0,09477x - 0,86519$	0,99669
	120	$y = -0,00004x^2 + 0,09310x - 1,37302$	0,99504
	180	$y = -0,00003x^2 + 0,08147x - 1,79563$	0,99281
IAC 2154	0	$y = -0,00006x^2 + 0,09147x + 11,95505$	0,78811
	60	$y = -0,00006x^2 + 0,09708x + 10,92371$	0,81935
	120	$y = -0,00006x^2 + 0,08940x + 11,50252$	0,79904
	180	$y = -0,00006x^2 + 0,09309x + 11,82876$	0,78977
IAC 2156	0	$y = -0,00005x^2 + 0,08992x + 1,44130$	0,98145
	60	$y = -0,00005x^2 + 0,09596x + 0,69738$	0,98377
	120	$y = -0,00005x^2 + 0,09967x - 0,53241$	0,98801
	180	$y = -0,00005x^2 + 0,09725x + 0,57951$	0,98273
IAC 2157	0	$y = -0,00005x^2 + 0,09844x - 1,23349$	0,99242
	60	$y = -0,00004x^2 + 0,08978x - 2,06267$	0,98552
	120	$y = -0,00005x^2 + 0,09451x - 1,26573$	0,99571
	180	$y = -0,00004x^2 + 0,09151x - 1,21796$	0,99328