

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Magno Roberto Pasquetti Berghetti

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS E
SEMENTES DE FEIJÃO CARIOCA E FEIJÃO PRETO
ARMAZENADOS EM ATMOSFERA CONTROLADA EM
TEMPERATURAS ELEVADAS**

Santa Maria, RS
2020

Magno Roberto Pasquetti Berghetti

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS E SEMENTES DE
FEIJÃO CARIOCA E FEIJÃO PRETO ARMAZENADOS EM ATMOSFERA
CONTROLADA EM TEMPERATURAS ELEVADAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Auri Brackmann

Santa Maria, RS
2020

Ficha elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com ados fornecidos pelo autor.

Berghetti, Magno Roberto Pasquetti
QUALIDADE FISIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS E
SEMENTES DE FEIJÃO CARIOCA E FEIJÃO PRETO ARMAZENADOS EM
ATMOSFERA CONTROLADA EM TEMPERATURAS ELEVADAS / Magno
Roberto Pasquetti Berghetti.- 2020.

88 f.; 30 cm

Orientador: Auri Brackmann

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2020

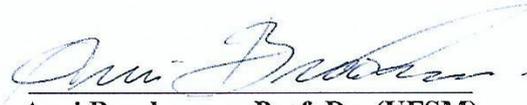
1. Armazenamento 2. Pós-colheita 3. Potencial
fisiológico 4. Phaseolus vulgaris L. I. Brackmann, Auri
II. Título.

Magno Roberto Pasquetti Berghetti

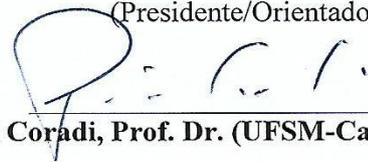
**QUALIDADE FISIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS E SEMENTES DE FEIJÃO
CARIOCA E FEIJÃO PRETO ARMAZENADOS EM ATMOSFERA CONTROLADA EM
TEMPERATURAS ELEVADAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, da Universidade Federal de Santa
Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Agronomia

Aprovado em 17 de fevereiro de 2020:



Auri Brackmann, Prof. Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Paulo Carteri Coradi, Prof. Dr. (UFSM-Campus Cachoeira do Sul)



Liege Camargo da Costa, Dr.^a. (Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária)

DEDICATÓRIA

Dedico essa Dissertação à minha família, em especial aos meus pais Aderli Berghetti e Marilei Maria Pasquetti Berghetti e ao meu irmão Álvaro Luís Pasquetti Berghetti, pelos ensinamentos e incentivos nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me guiar durante a Graduação e Pós-Graduação.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar este estudo.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao Professor Dr. Auri Brackmann pela orientação e ensinamentos durante a minha Graduação e Pós-Graduação.

Ao Professor Dr. Paulo Carteri Coradi, agradeço por sua colaboração e disposição para compor a banca examinadora.

A Dra. Liege Camargo da Costa, por aceitar o convite de fazer parte da banca examinadora e pelo auxílio para que esse trabalho fosse realizado.

À minha namorada Bruna Luana Züge, pelo incentivo e companheirismo durante essa trajetória.

Aos colegas de pós-graduação Wagner, Fabio, Suele, Erani, Thays Lucas e Flavio pelas contribuições na elaboração da dissertação.

A todos os colegas de iniciação científica do Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita pela ajuda na condução dos experimentos.

Ao Professor Dr. Roger Wagner e a M.^a Stephanie Reis Ribeiro, por auxiliar em análises laboratoriais e pela troca de conhecimentos.

Ao Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária e seus funcionários pela disponibilização das sementes.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

QUALIDADE FISIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS E SEMENTES DE FEIJÃO CARIOCA E FEIJÃO PRETO ARMAZENADOS EM ATMOSFERA CONTROLADA EM TEMPERATURAS ELEVADAS

AUTOR: Magno Roberto Pasquetti Berghetti

ORIENTADOR: Auri Brackmann

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) está entre as culturas em destaque no Brasil e no mundo devido à sua grande extensão de área cultivada e sua importância socioeconômica, como fonte de proteína, entre outros nutrientes na alimentação humana. Embora haja diversas formas de se armazenar o feijão, ainda grande parte da qualidade fisiológica e qualidade física são perdidas após a colheita devido a condições inadequadas utilizadas ao longo do armazenamento. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de baixas pressões parciais de oxigênio (O₂) e altas de gás carbônico (CO₂), combinadas com diferentes temperaturas sobre a manutenção do potencial fisiológico de sementes e características físico-químicas de grãos de feijão. No ano de 2018, sementes das cultivares FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá foram mantidas durante sete meses nas seguintes condições: [1] ambiente; [2] 1,0 kPa O₂ + 0,04 CO₂; [3] 2,0 kPa O₂ + 0,04 CO₂; [4] 2,0 kPa O₂ + 30,0 CO₂; [5] 2,0 kPa O₂ + 80,0 CO₂. Em 2019 foram utilizadas as cultivares FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo, cujas sementes foram mantidas durante sete meses nas seguintes condições [1] ambiente; [2] 1,0 kPa O₂ + 0,04 CO₂; [3] 1,0 kPa O₂ + 15,0 CO₂; [4] 1,0 kPa O₂ + 30,0 CO₂; [5] 2,0 kPa O₂ + 0,04 CO₂ nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C. As análises realizadas neste trabalho foram: teste padrão de germinação, emergência entre areia, emergência a campo, condutividade elétrica, comprimento da parte aérea, radicular e total das plântulas, massa fresca e seca de plântulas, teor de água, tempo de cozimento, luminosidade do tegumento, teor de água, peso de mil grãos, proteína bruta e infestação por *Achantocelides obtectus*. Tem-se a maior porcentagem de germinação com a utilização de pressões parciais de 1.0 kPa de O₂ em sementes armazenadas a 20 °C. A utilização de elevada pressão parcial de CO₂ para as cultivares FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo após sete meses de armazenamento, não proporcionou efeito quando utilizado baixa pressão de 1.0 kPa de O₂. O tempo de cozimento foi menor no armazenamento em condições de atmosfera controlada na temperatura de 20 °C, sendo que o maior tempo de cozimento ocorreu nas condições armazenadas na temperatura de 30°C. O armazenamento em atmosfera controlada, nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C, manteve maior luminosidade na cultivar FEPAGRO Garapiá e teores de proteína iguais ou superiores a condição ambiente após sete meses de armazenamento em todas as cultivares analisadas.

Palavras-chave: Armazenamento, Pós-colheita, Potencial fisiológico, *Phaseolus vulgaris* L.

ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL QUALITY OF GRAINS AND SEEDS OF CARIOCA BEANS AND BLACK BEANS STORED IN CONTROLLED ATMOSPHERE AT HIGH TEMPERATURES

AUTHOR: Magno Roberto Pasquetti Berghetti
ADVISOR: Auri Brackmann

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) it is among the prominent crops in Brazil and in the world due to the large extension of cultivated area and also its socioeconomic importance, as a source of protein, among other nutrients in human food. Although there are several ways to store beans, still much of the physiological quality and physical quality are lost after harvest due to inadequate conditions used throughout storage. The aim this work was to evaluate the effect of low oxygen partial pressures (O₂) and high carbon dioxide (CO₂), combined with different temperatures on the maintenance of physiological potential of seeds and physicochemical characteristics of bean grains. In 2018, FEPAGRO 26 and FEPAGRO Garapiá seeds were maintained for 7 months under the following conditions: [1] ambient; [2] 1.0 kPa O₂ + 0.04 CO₂; [3] 2.0 kPa O₂ + 0.04 CO₂; [4] 2.0 kPa O₂ + 30.0 kPa CO₂; [5] 2.0 kPa O₂ + 80.0 CO₂. In 2019, cultivars FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá and FEPAGRO Triunfo were used, whose seeds were maintained for 7 months under the following conditions [1] ambient; [2] 1.0 kPa O₂ + 0.04 CO₂; [3] 1.0 kPa O₂ + 15.0 CO₂; [4] 1.0 kPa O₂ + 30.0 CO₂; [5] 2.0 kPa O₂ + 0.04 kPa CO₂, at temperatures of 20, 25 and 30 °C. The analyses performed in this work were: standard germination test, sand emergence, field emergence, shoot and root length, dry and fresh mass, electrical conductivity, moisture content, cooking time, tegument luminosity, grain weight, protein content and infestation by *Acanthoscelides obtectus*. The highest germination percentage is used with the use of partial pressures of 1.0 kPa of O₂ in seeds stored at 20 °C. The use of high partial pressure of CO₂ for the cultivars FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 and FEPAGRO Triunfo after 7 months of storage, did not provide effect when low pressure of 1.0 kPa of O₂. The cooking time was lower in storage under controlled atmosphere conditions at a temperature of 20 °C, and the higher cooking time occurred under conditions stored at a temperature of 30 °C. The storage in a controlled atmosphere, at temperatures of 20, 25 and 30 °C, maintain high luminosity in all tested cultivars and protein contents equal to or greater than the ambient condition tested after 7 months of storage.

Keywords: Storage. Postharvest. Physiological Potential. *Phaseolus vulgaris* L.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1.....	31
Tabela 1- Condições de temperatura, pressões parciais de oxigênio e gás carbônico no armazenamento em atmosfera controlada de grãos de feijão cv. FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá, Santa Maria, 2018.	34
Tabela 2-Condições de temperatura, pressões parciais de oxigênio e gás carbônico no armazenamento em atmosfera controlada de grãos de feijão cv. FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo, Santa Maria, 2019.....	34
Tabela 3- Porcentagem de sementes danificadas por <i>Acanthocelides obtectus</i> , das cultivares FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo, após sete meses de armazenamento na temperatura de 25 °C, Santa Maria, 2019.....	41
ARTIGO 2.....	62
Tabela 1: Condições de temperatura, pressões parciais de oxigênio e gás carbônico no armazenamento em atmosfera controlada de grãos de feijão cv. FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá, Santa Maria, 2018.	65
Tabela 2-Condições de temperatura, pressões parciais de oxigênio e gás carbônico no armazenamento em atmosfera controlada de grãos de feijão cv. FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo, Santa Maria, 2019.....	65

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Proteína bruta:	68
----------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1.....	31
Figura 1- Minisilos herméticos utilizados no armazenamento de sementes e grãos de feijão, Santa Maria, 2020.	39
Figura 2- Germinação em papel 1ª contagem de sementes de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.	39
Figura 3- Germinação em papel 2ª contagem de sementes de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.	40
Figura 4- Emergência entre areia 1ª contagem de grãos de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.	44
Figura 5- Emergência entre areia 2ª contagem de grãos de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.	45
Figura 6- Emergência a campo 1ª contagem de grãos de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.	47
Figura 7- Emergência a campo 2ª contagem de grãos de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras	

maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão. 48

Figura 8-Condutividade elétrica de grãos de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão..... 50

Figura 9- Comprimento de raiz primária de sementes de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão. 51

Figura 10- Comprimento de parte aérea de plântulas de sementes de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão..... 52

Figura 11- Comprimento total de plântulas de sementes de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão. 53

Figura 12- Biomassa fresca de plântulas de sementes de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão..... 55

Figura 13- Biomassa seca de plântulas de sementes de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras

maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão. 56

Figura 14- Teor de água de sementes de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão..... 58

ARTIGO 2.....62

Figura 1-Representação do sistema tridimensional mensurado do colorímetro Minolta modelo CR- 310..... 67

Figura 2- Tempo de cozimento de grãos de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão..... 71

Figura 3- Luminosidade de grãos feijão cv. FEPAGRO Garapiá, armazenadas durante sete meses, nos anos de 2018 e 2019. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Barras de erros representam o desvio padrão..... 72

Figura 4- Peso de mil grãos de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenados durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Barras de erros representam o desvio padrão. 73

Figura 5- Teor de água de grãos de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenados durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Barras de erros representam o desvio padrão. 74

- Figura 6- Proteína bruta de feijão cv. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo armazenado durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Barras de erros representam o desvio padrão. 76
- Figura 7- Porcentagem média de grãos de feijão das cvs. FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo danificados por *Acanthoscelides obtectus* após sete meses de armazenamento. 76

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
μS	Micro Siemens
AC	Atmosfera Controlada
CE	Condutividade Elétrica
Cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
CPA	Comprimento parte aérea
CR	Comprimento de Raiz
CTP	Comprimento Total de Plântulas
EC	Emergência a Campo
EC-5 dias	Emergência a Campo aos cinco dias
EC-9 dias	Emergência a Campo aos nove dias
EEA-5 dias	Emergência Entre Areia aos cinco dias
EEA- 9 dias	Emergência Entre Areia aos nove dias
g	Gramas
h	Hora
Kg	Quilograma
kPa	Quilo Pascal
L	Litro
M	Molar
ml	Mililitro
BFP	Biomassa Fresca de Plântula
BSP	Biomassa Seca de Plântula

N ₂	Nitrogênio
O ₂	Oxigênio
PCG	Primeira Contagem de Germinação
SCG	Segunda Contagem de Germinação
°C	Temperatura em Graus Celsius
TPG	Teste Padrão de Germinação
UR	Umidade Relativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	20
1.1 HIPÓTESES	22
1.2 OBJETIVO GERAL.....	22
1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	22
2 REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1 ASPECTOS SOBRE A CULTURA DO FEIJÃO	24
2.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE	25
2.2.1 QUALIDADE DAS SEMENTES.....	25
2.2.2 QUALIDADE DOS GRÃOS	25
2.3 ARMAZENAMENTO	27
2.3.1 Armazenamento Hermético.....	27
2.3.2 Temperatura e Umidade Relativa.....	29
3 ARTIGO 1 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS	31
3.1 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS	31
3.2 INTRODUÇÃO.....	32
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.3.1 Material experimental e preparação das amostras.....	33
3.3.2 Variáveis analisadas	35
3.3.2.1 Teor de umidade	35
3.3.2.2 Condutividade elétrica	36
3.3.2.3 Teste padrão de germinação	36
3.3.2.4 Emergência entre areia	36
3.3.2.5 Emergência em canteiro	36

3.3.2.6 Comprimento de plântulas e Massa seca de plântulas	37
3.3.2.7 Sementes danificadas por insetos.....	35
3.3.3 Análise estatística.....	37
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
3.4.1 Teste padrão de germinação.....	37
3.4.2 Emergência entre areia	42
3.4.3 Emergência a campo	46
3.4.4 Condutividade Elétrica	49
3.4.5 Comprimento da parta radicular.....	50
3.4.6 Comprimento da parte aérea	51
3.4.7 Comprimento total de plântulas.....	53
3.4.8 Biomassa fresca e seca de plântulas	54
3.5 CONCLUSÕES.....	58
3.6 REFERÊNCIAS	59
4 ARTIGO 2 QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO ARMAZENADOS EM ATMOSFERA CONTROLADA EM DIFERENTES TEMPERATURAS	62
4.1 QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO ARMAZENADOS EM ATMOSFERA CONTROLADA EM DIFERENTES TEMPERATURAS.....	62
4.2 INTRODUÇÃO.....	63
4.3 METODOLOGIA.....	64
4.3.1 Material experimental e preparação das amostras.....	64
4.3.2 Variáveis analisadas	66
4.3.2.1 Teor de água.....	66
4.3.2.2 Cor do tegumento	66
4.3.2.3 Tempo de cozimento	67
4.3.2.4 Teor protéico	68
4.3.2.5 Grãos danificados por insetos.....	69

4.3.3 Análise Estatística	69
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4.5 CONCLUSÕES	78
5 REFERÊNCIAS	79
6DISCUSSÃO GERAL	83
7 CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO	84
8 REFERÊNCIAS	85

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Um dos principais entraves para o aumento da produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é a falta de logística e infraestrutura no sistema de armazenagem (AZEVEDO et al., 2008; SILVA et al., 2016), havendo dificuldades de escoamento da safra, bem como para a manutenção do produto em ambientes adequados, sem que fatores bióticos e abióticos ocasionem perdas após a colheita.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), o Brasil é um dos países com maior produção de feijão no mundo. Estima-se que a safra brasileira 2018/2019 produziu 230 milhões de toneladas de grãos sendo desses, 3,3 milhões de toneladas de feijão, tornando o país o terceiro maior produtor mundial, perdendo apenas para Mianmar e Índia. No entanto, a capacidade de armazenamento da produção brasileira de grãos está abaixo da sua produção, cerca de 170 milhões de toneladas, ficando abaixo da capacidade mínima de armazenamento que deve suportar 20% além do que é produzido durante uma safra de grãos (AZEVEDO et al., 2008; FAO, 2019). A dificuldade de escoar a produção e a falta de unidades armazenadoras leva o produtor a utilizar formas de armazenamento inadequadas, como manter os grãos a céu aberto ou em armazéns sem controle de umidade relativa do ar e temperatura. A manutenção de alta germinação de sementes é outro desafio em algumas regiões do Brasil, onde a temperatura ambiente é muito alta, como nas regiões do Cerrado e Norte.

Existem vários métodos para o armazenamento de grãos, dentre eles, pode-se citar o armazenamento em silos, que são unidades armazenadoras onde a matéria-prima é alocada em compartimentos herméticos ou semi-herméticos. Para Puzzi et al. (2000) os tipos de silos podem ser denominados quanto às suas características estruturais e operacionais como: a) silos elevados de concreto: localizados próximos a indústrias, possuindo média ou grande capacidade de armazenamento, alto custo de implantação devido às tecnologias embutidas no depósito de grãos no silo; b) silos metálicos: possuem capacidade pequena a média de armazenamento estando localizados nas regiões produtoras de grãos; c) silos horizontais: apresentam maior rapidez de construção se comparado ao silo elevado, conhecidos também por silos graneleiros; d) silo pulmão: este tipo de silo não tem a finalidade de armazenamento a longo prazo, utilizado com objetivo de armazenar grãos úmidos temporariamente; e d) silos bolsa: conhecido também como “silo-bag”, esse tipo de armazenamento vem sendo bastante utilizado devido seu baixo custo e rapidez de instalação, além de facilitar a logística de máquinas e mão de obra.

O armazenamento hermético de grãos em silos bolsa diminui variações da umidade relativa do ar intergranular e também variações abruptas de temperatura. As sementes armazenadas nesse sistema, podem manter sua qualidade devido às condições bióticas do interior dos silos bolsa, onde há conversão biológica de oxigênio (O_2) em gás carbônico (CO_2) pela respiração, acarretando na diminuição do metabolismo e menor consumo de reservas da semente, possibilitando assim, maior tempo de armazenamento com elevada qualidade (MORENO et al., 2006).

A manutenção da qualidade dos grãos/sementes durante o armazenamento requer a adoção de práticas específicas. A tecnologia mais utilizada para o armazenamento de sementes de feijão é o armazenamento em baixas temperaturas com controle da umidade relativa (em torno de 60%) e temperatura abaixo de 20 °C. No entanto, o elevado custo para a manutenção e aquisição de câmaras, impossibilita que propriedades de menor porte utilizem esta técnica. Uma técnica que está sendo utilizada para o armazenamento nos últimos anos é a atmosfera controlada no interior dos silos, principalmente para o armazenamento de grãos (BRACKMANN et al., 2002). A combinação de altas concentrações de gás carbônico, baixas concentrações de oxigênio, umidade relativa adequada, pode possibilitar o armazenamento em temperaturas mais elevadas mantendo a qualidade física e química dos grãos armazenados (BANKS, 1980; NAVARRO, 2006).

Santos et al. (2005) ressaltam que a deterioração da qualidade da semente ocorre quando as mesmas são armazenadas em condições inadequadas de temperatura e umidade relativa. Segundo Avaci et al. (2010), sementes envelhecidas (a partir do teste de envelhecimento acelerado), mantidas a 76 % de umidade relativa e temperatura de 40 °C, durante 30 dias de armazenamento, em condição ambiente, não mantiveram a germinação de feijão das cultivares Uirapuru e Rio vermelho dentro dos padrões de germinação estabelecidos pela legislação que é de 80 % de sementes normais germinadas. No entanto, não há estudos com o armazenamento de sementes em altas temperaturas combinado com baixos níveis de O_2 e/ou altos de CO_2 quanto ao efeito da germinação após longos períodos.

Moraes et al. (2011) relatam que uma das principais perdas que ocorrem após a colheita de grãos de feijão é devida a infestação de insetos nos armazéns, podendo chegar até 10% da produção total no Brasil. O armazenamento em atmosfera modificada e controlada também pode dispensar o uso de tratamentos químicos em grãos armazenados para o controle de insetos. A elevação de gás carbônico, por exemplo, pode atuar no metabolismo do inseto levando-o a morte (BAOUA et al., 2012; GROOTE et al., 2013; FREITAS et al., 2015). Somado a isso,

Adler (1994) aponta que altas concentrações de CO₂ provocam a acidificação da hemolinfa, dificultando o processo de troca gasosa, levando o inseto à morte.

Durante o armazenamento, o tempo de cozimento do feijão pode ser alterado bem como a coloração do tegumento. Alguns trabalhos mostram que o armazenamento hermético pode ser uma alternativa para a manutenção da qualidade dos grãos quanto a cor clara do tegumento de feijão carioca e o menor tempo de cozimento após longos períodos de armazenamento (BRACKMANN et al., 2002; COELHO et al., 2009). Em feijões de tegumento claro, como o feijão carioca, a claridade é determinante na aceitação e na cotação no mercado. Ao contrário, em feijões do grupo preto se busca-se uma menor claridade, a qual está relacionada com a ausência de grãos arroxeados e maior tempo de cozimento (RIBEIRO ET AL., 2003; RIBEIRO et al., 2007b; RIBEIRO et al., 2008b).

1.1 HIPÓTESES

- a) A diminuição de O₂ e/ou aumento de CO₂ no ambiente de armazenamento permite manter alto vigor e germinação em sementes de feijão, após sete meses de armazenamento em temperaturas maiores de 20 °C.
- b) A alteração da composição dos gases da atmosfera no armazenamento em altas temperaturas, possibilita a manutenção da qualidade físico-química do feijão como cor do tegumento, tempo de cozimento dos grãos e evita a infestação com insetos.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de condições de atmosfera controlada sobre a manutenção da qualidade fisiológica de sementes e físico-química de grãos de feijão carioca e feijão preto armazenados em diferentes temperaturas.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a germinação e vigor das sementes armazenadas sob baixo nível de oxigênio e alto gás carbônico, mantidas nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C;
- b) Avaliar os parâmetros de qualidade de grãos como: cor do tegumento, tempo de cozimento, teor proteico dos grãos armazenados sob baixo nível de oxigênio e alto nível de gás carbônico, mantidos em diferentes temperaturas.

c) Determinar a melhor a concentração de 1,0 e 2,0 kPa de O₂ e 15,0, 30,0 3 80,0 kPa de CO₂ para o armazenamento de sementes e grãos de feijão em temperaturas de 20, 25 e 30 °C (sem utilização de sistema de refrigeração) no controle de insetos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS SOBRE A CULTURA DO FEIJÃO

O feijão é uma das leguminosas de maior importância no cenário mundial, garantindo alta qualidade nutricional, como vitamina A, zinco, ferro e a base proteica na alimentação humana (BROUGHTON et al., 2003; JONES et al., 2011; LOPES et al., 2015). A população brasileira consome em média 17 kg/ *per capita* de feijão por ano, colocando o Brasil como um dos maiores consumidores mundiais (FAO, 2019). Sua produção concentra-se principalmente na região centro sul do Brasil, com produção superior a 3,0 milhões de toneladas (CONAB, 2019). O feijão é consumido e produzido principalmente por famílias que possuem pequenas e médias propriedades. Os países subdesenvolvidos têm o consumo acentuado desta leguminosa, principalmente como a base proteica na alimentação (WANDER et al., 2007).

Segundo Silva et al. (2009), a colheita do feijão é realizada principalmente de forma mecanizada, onde a utilização de colhedoras automotrizes com o sistema axial garante menor perdas no momento da colheita por diminuírem a porcentagem de grãos danificados e quebrados nesta operação. Além disso, esses mesmos autores ressaltam que, não só máquinas modernas resolvem a perda de grãos, mas também uma série de fatores quanto ao momento de colheita, principalmente relacionado com a umidade do grão e a velocidade de operação das colhedoras. Após a colheita, o feijão deve passar pelo beneficiamento, que é um conjunto de operações, entre elas pré-limpeza e limpeza, com o objetivo de remover o material indesejável, estando assim, apto para tomar seu destino final, tanto para consumo quanto para semente.

A comercialização do feijão baseia-se fundamentalmente na sua qualidade e, embora esteja em estágio de quiescência, a semente tem todas as propriedades de um organismo vivo. A deterioração do feijão armazenado é causada por uma série de fatores físicos, químicos e fisiológicos que são decisivos para manutenção da qualidade de grãos e sementes tais como: umidade do grão/sememente, alta temperatura, concentrações elevadas de oxigênio, além de problemas com insetos e microrganismos.

2.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE

2.2.1 Qualidade das Sementes

A qualidade das sementes está relacionada com parâmetros físicos, genéticos, fisiológicos e sanitários. A qualidade genética da semente deve ser garantida no campo e, para que as características sejam repassadas para a próxima geração, não pode haver a contaminação varietal (PESKE; ROSENTHAL; ROTA, 2003). De grande importância na colheita, no beneficiamento e armazenamento, o teor de água nas sementes é fundamental nos processos metabólicos, retardando ou acelerando-os. A qualidade física da semente é um parâmetro influenciado e caracterizado pelo teor de umidade, danos mecânicos e infecções por patógenos, refletindo diretamente no número de plantas ha^{-1} , logo, na produtividade (KRZYANOWSKI et al., 2008).

Outro fator importante para a qualidade da semente, é a condição sanitária que é afetada pelo ataque de patógenos. A baixa sanidade da semente afeta negativamente a qualidade fisiológica desta, bem como a sanidade das plântulas devido à infecção de diversos fungos, além de reduzir o vigor e o poder germinativo. Baskin e Baskin (2004) relatam que a semente com alto vigor é aquela capaz de germinar na maior amplitude possível de fatores do ambiente. O vigor da semente é importante para diminuir os riscos de não ocorrer germinação satisfatória, quando as condições do meio são desfavoráveis.

Santos et al. (2005) avaliam qualidade fisiológica como a expressão máxima da semente germinar e formar plântulas normais, sendo o teste de germinação essencial para comparar lotes e a qualidade do mesmo. A germinação ocorre quando as sementes são viáveis, não dormentes, e as condições ambientais são favoráveis (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Bewley e Black (1994) definem germinação como uma sequência de atividades metabólicas divididas em fases resultando na formação de uma plântula.

A germinação é dividida em três fases: fase de embebição (fase 1) definido pela reativação da respiração e retomada do metabolismo primário; fase de indução do crescimento (fase 2), onde a semente diminui a absorção de água e prepara o aparato bioquímico para a síntese de novas moléculas e a fase de retomada de crescimento (fase 3), ocorrendo a assimilação de substâncias de reserva e a semente retorna a absorver água, culminando com a emissão da radícula e crescimento do embrião (BORGHETTI, 2004; POPINIGS, 1985). A temperatura, tamanho da semente e permeabilidade do tegumento influenciam na velocidade de absorção de água, reações químicas determinantes para a duração de cada fase do processo de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

2.2.2 Qualidade dos Grãos

A deterioração de alimentos nas fases de pós-colheita representa a maior parte do desperdício e prejuízo em diversos países. Para a cultura do feijão, dentre as características que podem afetar os parâmetros físicos como tempo de cozimento, cor do tegumento, teor de água intergranular está a temperatura durante o período de armazenamento e as oscilações da umidade relativa do ar (IADEROZA et al., 1989; SARTORI, 1982; ABASS et al., 2014).

O tempo de cozimento dos grãos está relacionado às condições de temperatura durante o armazenamento e também à umidade relativa do ar no interior do silo, que podem alterar a composição nutricional do grão pelo efeito chamado *hard-to-cook* (HTC - difícil de cozinhar) devido ao maior tempo de cozimento (YOUSIF et al., 2002; COELHO et al., 2009; FREITAS et al., 2011). Além disso, Coelho et al., (2009) descrevem que as variedades do gênero *Phaseolus*, como o feijão carioca, são mais suscetíveis a esse efeito e apresentam maior tempo de cozimento quando não armazenados em condições adequadas.

Outra característica apreciada pelos consumidores de feijão do grupo carioca é a coloração clara do tegumento. A manutenção desta coloração clara é influenciada por condições temperatura no armazenamento e o tempo de armazenamento (ZAMBIASI, 2015). A literatura nos traz que o armazenamento na temperatura de 15 °C proporciona maior manutenção da coloração clara do tegumento em comparação à temperatura de 27 °C após 40 dias de armazenamento em condição ambiente (ALMEIDA et al., 2017). Além disso, o escurecimento do tegumento, segundo SIQUEIRA et al. (2013), está relacionado ao conteúdo de fenóis e à atividade de enzimas oxidoredutases.

Alguns parâmetros como teor de proteínas, carboidratos e vitaminas também são alterados durante o armazenamento em grãos de feijão para o consumo. Altas temperaturas e elevado teor de umidade favorece a maior atividade de reações químicas e enzimáticas, fazendo com que ocorra desnaturação de proteínas, oxidação e degradação de lipídios (ORDOÑES, 2005).

2.3 ARMAZENAMENTO

2.3.1 Armazenamento Hermético

O armazenamento do feijão é uma etapa de grande importância na comercialização, avançando seu preço e mantendo a estabilidade durante um grande período do ano. O armazenamento nas unidades de produção garante a rentabilidade do cultivo do feijoeiro, no entanto, as condições de armazenamento são cruciais para que o produto não perca suas qualidades físico-químicas. O armazenamento tem como objetivo manter os parâmetros de qualidade da semente, adquirida no momento da maturidade fisiológica (KONG; CHANG, 2013).

O feijão, após a colheita, pode perder qualidade rapidamente se armazenado de forma incorreta, quando submetidos ao armazenamento com alto teor de água, alta temperatura e por longo período, aumentando a contaminação fúngica, infestação por insetos e consequente incremento de processos metabólicos. A presença de fungos e insetos aumenta ainda mais as perdas qualitativas e quantitativas, pois, além destes se alimentarem do endosperma e do embrião, seu metabolismo eleva a temperatura e a umidade intergranular, criando um ambiente ideal para o desenvolvimento fúngico (FARONI; SILVA, 2008).

O feijão armazenado, além do ataque de fungos, está sujeito ao ataque de insetos que causam enormes prejuízos para a cultura. A eficácia da atmosfera controlada no controle de insetos e fungos é dependente de vários fatores abióticos e bióticos tais como: umidade relativa do ar, temperatura, tempo de armazenamento, concentração de gases, espécies de insetos, idade do inseto, tamanho e distribuição de infestação. Existem relatos na literatura sobre o sistema hermético, com baixas concentrações de oxigênio (O_2) e altas concentrações de gás carbônico (CO_2), no controle de insetos nos grãos de feijão e milho para algumas espécies de insetos como *Zabrotes subfasciatus*, *Sitophilus zeamais*, *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus* (MORAES et al., 2011; FREITAS et al., 2016; SILVA et al., 2018; RIUDAVETS et al., 2018).

Segundo Vieira e Yokoyama (2000), os teores de água dos grãos /sementes acima de 13% durante o armazenamento resulta em um aumento da atividade enzimática e respiratória das sementes, favorecendo o desenvolvimento de fungos, que são favorecidos pela elevada temperatura, culminando na deterioração da semente. A deterioração da semente está relacionada com a alteração ou perda da integridade das membranas celulares (DELOUCHE e BASKIN, 1973) acarretando a redução do vigor e germinação.

Uma técnica de armazenamento bastante utilizada nos últimos anos, é o armazenamento hermético de grãos e sementes (NAVARRO; DONAHAYE, 2005; BARTOSIK et al., 2008).

Segundo Elias (2002), este armazenamento baseia-se na redução do O₂ disponível na atmosfera, para níveis letais ou limitantes para os organismos vivos associados, podendo ser obtida espontaneamente através do processo respiratório dos grãos e organismos existentes, ou com a varredura do O₂, através da injeção de nitrogênio (N₂) no ambiente de armazenamento. O armazenamento hermético possibilita a redução do O₂ e o aumento da concentração de CO₂ pelo processo respiratório da massa de grãos e sementes, possibilitando manutenção da qualidade em grãos como exemplo grãos de feijão-caupi (NOOR et al., 2011; IBRO et al., 2014; WOLOSUK, 2017) e sementes de milho (QUEZADA et al., 2006; COSTA et al., 2010; WILLIAMS et al., 2014; LANE.).

Nos últimos anos no Brasil e outros países, o armazenamento em silos bolsa, por ter um custo relativamente baixo, em relação a outros silos, está se tornando frequente nas propriedades e estabelecimentos agrícolas, com o objetivo de estocagem do excedente do produto colhido para não ficar exposto a variações climáticas sendo uma solução rápida, prática e sem altos custos (RODRIGUEZ et al., 2002; GASTÓN et al., 2009; RIDLEY et al., 2011; BARTOSIK, 2012). Sua metodologia consiste no armazenamento de grãos em bolsas plásticas seladas hermeticamente, possibilitando a redução dos níveis de O₂ e aumento da concentração de CO₂ no interior dos mesmos, diminuindo o desenvolvimento de insetos e fungos e a atividade metabólica dos grãos (MORENO et al., 2006; QUEZADA et al., 2006).

O armazenamento em atmosfera controlada baseia-se no controle de pressões parciais de O₂, CO₂ e umidade relativa com o intuito de manter as características físicas e químicas dos produtos armazenados. Devido à possibilidade de controle e mensuração da concentração dos gases nos silos bolsa a técnica de atmosfera controlada pode ser aplicada nesse tipo de silo, possibilitando o armazenamento dos grãos sem a necessidade de tratamentos químicos, garantindo um lote livre de resíduos químicos (BANKS, 1984).

Goodesell et al. (1955) relatam que o armazenamento de sementes de milho com concentrações baixas de O₂ germinam mais quando comparadas com outras técnicas, como a atmosfera modificada, onde não se tem essa condição. Além disso, algumas cultivares de feijão carioca mantiveram maior germinação, menor escurecimento do tegumento, além de baixo tempo de cozimento, em baixa concentração de O₂ (1,5 kPa) com associação à baixa temperatura (0,5 °C), quando comparado com o armazenamento em temperatura e ar ambiente (NEUWALD et al., 1999).

2.3.2 Temperatura e Umidade Relativa

Um dos principais motivos para se estudar diferentes temperaturas durante o armazenamento de sementes e grãos, é devido a importância de se conhecer, dentre diversas temperaturas, se há a manutenção da qualidade prévia do material armazenado tanto em parâmetros fisiológicos como também físico-químicos ao longo do período de armazenamento.

A temperatura de armazenamento é considerada um dos fatores-chave que atuam na velocidade e intensidade de perdas da qualidade de sementes e grãos de feijão (SARTORI, 1996). Segundo Reed et al. (2007); Park et al. (2012); Paraginski et al. (2014) as culturas de milho e arroz após a colheita tem grande parte de suas perdas devido à utilização de temperatura elevada durante o armazenamento, agindo diretamente na qualidade dos grãos e sementes dessas culturas.

A temperatura dos grãos influencia diretamente a velocidade de reações químicas e metabólicas, onde as reservas contidas nos tecidos são transportadas, ressintetizadas com maior ou menor velocidade dependendo da temperatura de armazenamento (AGUIAR et al., 2012). O controle de temperatura, tem o objetivo aumentar a manutenção da qualidade inicial de sementes e grãos. O resfriamento artificial em ambientes não herméticos, bem como o uso ambientes herméticos sem refrigeração tem sido o alvo de estudos ganhando mais ênfase na pesquisa a ponto de suprir perdas em pós-colheita.

As temperaturas elevadas durante o armazenamento, quando associadas a elevada umidade relativa do ar aceleram o processo de deterioração das sementes, que eventualmente podem levar a perda da capacidade de germinação (SANTOS et al., 2005; AVACI et al., 2010). Peske, (2006) relata que a viabilidade e maior longevidade de uma semente em pós-colheita depende dentre outros fatores a avaliação e monitoramento da umidade durante o período armazenado, podendo ser um indicador para tomada de decisões práticas.

Os principais processos relacionados à deterioração das sementes são: esgotamento das reservas alimentícias; alteração da composição química; alterações das membranas celulares e alterações genéticas e de nucleotídeos (DELOUCHE, 1979; PESKE, 2006). Colaborando a isso, Walters; Roos, (1998); Bragantini, (2005) ressaltam que a forma de como a água se fixa na semente como está presa nas células das sementes podem ser os principais fatores relacionados a deterioração das sementes durante o armazenamento.

Além disso, esses processos podem ser mais intensos quando estão associados a elevadas temperaturas e teores de umidade, a fatores ambientais na produção, como clima, nutrição e presença de insetos (PESKE, 2006).

De acordo com o exposto, a tecnologia de armazenamento hermético com atmosfera controlada, é uma técnica promissora que deve ser estudada para o armazenamento de cultivares de feijão produzidas nas condições climáticas brasileiras, com o intuito de garantir a produtores e consumidores, sementes e grãos de feijão com boa qualidade tanto fisiológica como físico-química.

3 ARTIGO 1

3.1 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS

RESUMO

AUTOR: Magno Roberto Pasquetti Berghetti

ORIENTADOR: Auri Brackmann

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) ocupa lugar de destaque no cenário nacional, devida a grande extensão de área cultivada em diversos estados brasileiros. Apesar do Brasil estar entre os maiores produtores mundiais de feijão, a produtividade média da cultura está muito aquém da máxima capacidade de produção, principalmente devido a utilização de sementes de baixa qualidade fisiológica pelos produtores. Para suprir essa problemática, o estudo de diferentes técnicas de armazenamento vem ganhando importância, e entre as técnicas estudadas está a utilização da atmosfera controlada (AC) em sistemas herméticos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de pressões parciais de oxigênio (O₂) e gás carbônico (CO₂), combinadas com diferentes temperaturas sobre a manutenção das características fisiológicas de sementes de feijão. No ano de 2018, sementes das cultivares FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá foram armazenadas durante sete meses nas seguintes condições: [1] ambiente; [2] 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂; [3] 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂; [4] 2,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂; [5] 2,0 kPa O₂ + 80,0 kPa CO₂. Em 2019 foram utilizadas as cultivares FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo, cujas sementes foram armazenadas durante sete meses nas seguintes condições [1] ambiente; [2] 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂; [3] 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂; [4] 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂; [5] 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂, nas temperaturas de 20, 25 e 30°C. As análises realizadas foram: teste padrão de germinação, emergência entre areia, emergência a campo, condutividade elétrica, comprimento da parte aérea, radicular de total das plântulas, massa fresca e seca de plântulas e teor de água. Não houve efeitos benéficos de baixos níveis de O₂ associados à elevados níveis de CO₂ para as cultivares FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo após sete meses de armazenamento. Maior germinação e qualidade geral da semente foi obtida a 20°C. Na temperatura de 25 °C apenas a cv. FEPAGRO Garapiá, no ano de 2018, não apresentou o nível mínimo de germinação exigido pela legislação.

Palavras-chave: Baixo O₂. Germinação. Vigor. Potencial fisiológico.

3.2 INTRODUÇÃO

A produção total de feijão na safra 2018/2019 foi de 3,1 milhões de toneladas tornando o Brasil o terceiro maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos países, Índia e Mianmar (CONAB, 2019). Para alavancar sua produção e conseqüentemente obter maior rentabilidade na cadeia produtiva do feijão, o uso de sementes com alta qualidade fisiológica é fundamental para que isso ocorra.

O cultivo do feijoeiro é realizado por pequenos e grandes produtores em vários sistemas de produção e em diversas regiões do país. Entretanto, a utilização de sementes legais em ambos os sistemas produtivos na semeadura da cultura é baixa, ou seja, mais de 80% das sementes utilizadas são provenientes da última safra, as chamadas sementes “salvas”, e isso se torna um fator limitante para assegurar elevadas produtividades (MENTEN et al., 2006; AVACI et al., 2010).

As condições não controladas de umidade e temperatura das sementes armazenadas por longos períodos tornam-se fatores limitantes para assegurar a qualidade fisiológica (DEMITO; AFONSO, 2009; SMIDERLE et al., 2017). Segundo Macedo et al., (1999) e Zucareli et al. (2015) o teor de água da semente é de grande importância para estimular a atividade metabólica do embrião. As condições de armazenamento do feijão com umidade elevada (acima de 13%) ocasionam o desenvolvimento de fungos e, quando associado com temperaturas (VIEIRA e YOKOYAMA, 2000; MARCOS FILHO, 2005; TORRES, 2005).

O sistema hermético de armazenamento surge nos últimos anos como uma alternativa, tanto para garantir uma elevada qualidade das sementes, por possibilitar o controle de umidade, fungos, insetos (RUPOLLO et al., 2006; FARONI et al., 2009), além de garantir o armazenamento excedente da produção que é armazenada em silos a granel ou em outros tipos de silos presentes nas propriedades, e isso é possível principalmente pela utilização de silos *bag* ou também chamados silos bolsa. O armazenamento hermético, possibilita um controle de umidade intergranular e de temperatura no interior do silo, (DARBY e CADDICK, 2007).

A hermeticidade com a utilização dos silos bolsa, se dá devido a estanqueidade que o sistema possibilita, obtendo assim, através processo respiratório dos grãos e organismos existentes nesse ambiente a redução do oxigênio (O₂) e elevação do gás carbônico (CO₂) no interior do silo. O uso da atmosfera controlada nos silos, é uma técnica que vem sendo estudada com o objetivo de melhorar a manutenção da qualidade fisiológica de sementes, por meio do controle de gases (O₂ e CO₂). Esses gases auxiliam na diminuição do metabolismo das sementes, menor desenvolvimento de insetos e microrganismos e, conseqüentemente, maiores

períodos de armazenamento (BRACKMANN et al., 2002). Desta forma, informações a respeito do armazenamento de sementes de feijão sob condições de armazenamento em atmosfera controlada com temperaturas elevadas na manutenção da qualidade fisiológica são de suma importância. Diante do exposto, o objetivo é estudar a utilização da atmosfera controlada, em silos herméticos, com a redução da pressão parcial de O₂ e aumento da pressão parcial de CO₂, combinado com temperaturas elevadas sobre a manutenção do potencial fisiológico das sementes de feijão após sete meses de armazenamento.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Material experimental e preparação das amostras

O experimento foi conduzido no núcleo de pesquisa em pós-colheita (NPP), no departamento de Fitotecnia da UFSM. No ano de 2018 e 2019 os experimentos foram realizados com sementes do cultivar FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo, ambas adquiridas no Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA)/ Centro de Pesquisa de Sementes, localizado no município de Júlio de Castilhos-RS. Logo após a chegada das sementes ao NPP, foi realizada a determinação do teor de umidade, na qual lotes com teor de umidade maior que 11,5 %, passaram por secagem com ar forçado. A temperatura do ar introduzido na massa de sementes foi de 35 °C, até chegar no teor de umidade de 11,0 a 11,5 %. Após a secagem foi realizado a pesagem e homogeneização das amostras de 1,0 kg de sementes. No ano de 2018, na análise inicial, foram avaliadas as seguintes variáveis: Teste Padrão de Germinação em Papel da cultivar FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá, que foram de 90,4 e 94,5 respectivamente; Condutividade elétrica: cultivar FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá com valores de 50,4 e 42,9 respectivamente. No ano de 2019, foram realizadas na análise inicial as seguintes variáveis: Teste Padrão de Germinação em Papel da cultivar FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo, que apresentam valores de 96,5, 96,4 e 96,5, respectivamente; Condutividade elétrica: cultivar FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo apresentaram valores de 67,02, 54,18 e 59,38, respectivamente. As tabelas 1 e 2 apresentam as pressões parciais e as temperaturas utilizadas no ano de 2018 e 2019.

Tabela 1: Condições de temperatura, pressões parciais de oxigênio e gás carbônico no armazenamento em atmosfera controlada de sementes de feijão cv. FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá, Santa Maria, 2018.

Condição	Temperatura	kPa O ₂	kPa CO ₂
1	20 °C	20,0	0,04
2	20 °C	1,00	0,00
3	20 °C	2,00	0,00
4	20 °C	2,00	30,0
5	20 °C	2,00	80,0
6	25 °C	20,0	0,04
7	25 °C	1,00	0,00
8	25 °C	2,00	0,00
9	25 °C	2,00	30,0
10	25 °C	2,00	80,0
11	30 °C	20,0	0,04
12	30 °C	1,00	0,00
13	30 °C	2,00	0,00
14	30 °C	2,00	30,0
15	30 °C	2,00	80,0

Tabela 2-Condições de temperatura, pressões parciais de oxigênio e gás carbônico no armazenamento em atmosfera controlada de sementes de feijão cv. FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo, Santa Maria, 2019.

Condição	Temperatura	kPa O ₂	kPa CO ₂
1	20 °C	20,0	0,04
2	20 °C	1,00	0,00
3	20 °C	1,00	15,0
4	20 °C	1,00	30,0
5	20 °C	2,00	0,00
6	25 °C	20,0	0,04
7	25 °C	1,00	0,00
8	25 °C	1,00	15,0
9	25 °C	1,00	30,0
10	25 °C	2,00	0,00
11	30 °C	20,0	0,04
12	30 °C	1,00	0,00
13	30 °C	1,00	15,0
14	30 °C	1,00	30,0
15	30 °C	2,00	0,00

As sementes foram armazenadas durante sete meses em minisilos herméticos de metal com volume de 24 L. Para a obtenção das condições de atmosfera, representadas nas tabelas 1 e 2, foi realizado a diluição da pressão parcial de oxigênio (O_2), através da injeção, na atmosfera do interior do silo, de nitrogênio (N_2) proveniente de um gerador de N_2 que funciona pelo princípio “*Pressure Swing Adsorption*” (PSA). As pressões parciais de CO_2 foram obtidas através da injeção do gás de um cilindro de alta pressão de CO_2 . Duas vezes por semana foram realizadas as determinações e correções das pressões parciais dos gases no interior dos silos, com auxílio do analisador de gases marca Isolcell[®], modelo Oxycarb, 6. Três câmaras frigoríficas foram ajustadas, cada uma com a temperatura de 20, 25 e 30 °C e os minisilos foram alocados no interior destas câmaras. As temperaturas foram monitoradas automaticamente por termostatos eletrônicos e, diariamente, ainda com termômetros de mercúrio.



Figura 1- Minisilos herméticos utilizados no armazenamento de sementes e grãos de feijão, Santa Maria, 2020.

3.3.2 Variáveis analisadas

3.3.2.1 Teor de água

A determinação do teor de água foi realizada por gravimetria utilizando-se uma estufa a 105 °C, durante 24 h, utilizando aproximadamente 50 g de sementes, pesadas antes e depois da secagem na estufa adaptado de (BRASIL, 2009).

3.3.2.2 *Condutividade elétrica*

Determinada com quatro repetições de 50 sementes, pesadas e colocadas em copos plásticos de 200 mL, nos quais foram adicionados 75 mL de água destilada, após os copos foram colocados em uma câmara climatizada com temperatura de 25°C, durante 24 horas. Após este período, foi determinada a condutividade elétrica da solução que contém as sementes. A leitura foi realizada com um condutivímetro digital da marca ASKO[®] modelo EC Basic AK51. Os dados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente.

3.3.2.3 *Teste padrão de germinação*

Parte da amostra armazenada foi dividida em quatro subamostras de 50 sementes, semeadas sobre duas folhas de papel filtro e cobertas por uma 3^a folha, umedecidos com água destilada 2,5 vezes o peso do papel. Após acondicionadas em câmara de crescimento com temperatura de 25 °C, com fotoperíodo de 13 horas. Foram realizadas duas contagens, aos cinco e aos nove dias. Os dados foram expressos em porcentagem de plântulas normais de acordo com (BRASIL, 2009).

3.3.2.4 *Emergência entre areia*

Foram utilizadas quatro repetições, cada uma com 50 sementes, semeadas em areia previamente peneirada com peneira de 0,08mm, lavada e esterilizada em estufa por 36 horas a 105 °C. A semeadura foi realizada a dois centímetros de profundidade, em bandejas de plásticos de 5 cm x 20 cm x 30 cm. Foi realizado a contagem aos cinco e aos oito dias. Os dados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.3.2.5 *Emergência em canteiro*

Foram semeadas 200 sementes, divididas em 4 fileiras de 50 sementes, com espaçamento entre fileiras de 1,5 m e espaçamento de 5,0 cm, após foi realizada a contagem diária do número de sementes germinadas, finalizado a contagem quando o número de plântulas emergidas estabilizou. Os dados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, segundo (BRASIL, 2009).

3.3.2.6 Comprimento de plântulas e Massa seca de plântulas

Foram utilizadas as 25 plântulas normais retiradas do teste padrão de germinação, e com um paquímetro foi realizada a mensuração do comprimento da raiz e parte aérea. Os dados foram expressos em cm. Após foi retirado o cotilédone e separado a parte aérea e raiz, posteriormente foram levados a uma estufa de circulação de ar forçado, na temperatura de 60 °C até peso constante. Após as amostras foram retiradas e pesadas em balança de precisão de 0,001 g. Os dados foram expressos em g de matéria seca.

3.3.2.7 Sementes danificadas por insetos

Para a avaliação da porcentagem de sementes danificadas pelo caruncho do feijão (*Acanthocelides obtectus*), as amostras da condição ambiente foram divididas em duas subamostras, onde uma recebeu a aplicação de hidreto de fósforo (PH₃) (fosfina), na dosagem de 1 cápsula/ m³ aplicada mensalmente, e a outra subamostra não recebeu a aplicação de fosfina. A subamostra que recebeu a aplicação de fosfina foi utilizada para contagem das sementes danificadas pelo inseto. As amostras de todas condições de armazenamento foram avaliadas e contabilizados o número de sementes que apresentavam perfurações causadas pelo inseto. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes danificadas.

3.3.3 Análise estatística

Para a condução dos experimentos foi adotado o experimento bifatorial no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições compostas por 1 kg de sementes. Os dados foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidades das variâncias residuais e submetidos à análise da variância em nível de 5% de probabilidade de erro. Para a comparação de médias foi utilizado o teste de Scott-Knott com o software estatístico SISVAR[®].

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Teste padrão de germinação

No teste padrão de germinação (TPG), na primeira contagem de germinação (PCG), observou-se que no ano de 2018, houve diferença para a cultivar FEPAGRO Garapiá, entre as temperaturas de armazenamento. Aumentando-se a temperatura de armazenamento, a

porcentagem de germinação diminuiu, apresentando maior porcentagem na temperatura de 20 °C sob as pressões parciais de 2,0 kPa O₂ + 0,04 CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 30,0 CO₂ e a menor germinação na temperatura de 30 °C. No ano de 2019, houve diferenças entre as condições de temperaturas testadas, sendo a de 30 °C a que apresentou menores médias de germinação na primeira contagem. As condições de atmosfera controlada tanto na temperatura de 20°C e 25°C demonstraram maiores porcentagens de germinação quando comparado à condição ambiente de armazenamento (Figura 2).

Para a cultivar FEPAGRO 26 (F-26), no primeiro ano de experimento, a temperatura de armazenamento influenciou na porcentagem de germinação, sendo as pressões parciais de atmosfera controlada (AC) sob temperatura de 20 °C, foram as que apresentaram maior percentual de germinação enquanto as pressões parciais sob temperatura de 30°C as menores porcentagens. A pressão parcial de 2,0 kPa O₂ + 30,0 CO₂ para a temperatura de 20°C apresentou a maior germinação quando comparada a essa mesma condição à 25°C, o restante das pressões parciais testadas não diferiu entre essas duas temperaturas. No ano de 2019, não houve diferenças entre as temperaturas de armazenamento em todas as pressões parciais testadas. No entanto, na temperatura de 20 e 25 °C a condição ambiente apresentou as menores médias quando comparada com as condições de AC testadas nessas temperaturas (Figura 2).

Paraginski et al. (2015) observaram que sementes de milho armazenadas na temperatura de 35 °C proporcionou menor porcentagem de germinação em relação a temperaturas de 15 e 25 °C após seis meses de armazenamento demonstrando que acima de 15 °C há um aumento nos processos metabólicos reduzindo o percentual de germinação. Entretanto, Anandalakshmi et al. (2015) relatam que em pinhão manso, é possível manter elevado percentual de germinação utilizando pressões parciais de 20 kPa de CO₂ quando utilizado o armazenamento a vácuo, sob temperaturas de 30 °C.

A cultivar FEPAGRO Triunfo analisada no ano de 2019, demonstrou menor porcentagem na PCG em todas as pressões parciais de AC na temperatura de 30°C. As pressões parciais de AC testadas na temperatura de 20 e 25 °C não diferiram exceto a condição 2,0 kPa O₂ + 30,0 CO₂ que apresentou menor percentual de germinação na temperatura de 25°C quando comparada à temperatura de 20°C. Para essa cultivar, a condição ambiente apresentou a menor germinação na temperatura de 25°C, diferindo das demais temperaturas testadas (Figura 2).

Teste de Germinação 1ª Contagem

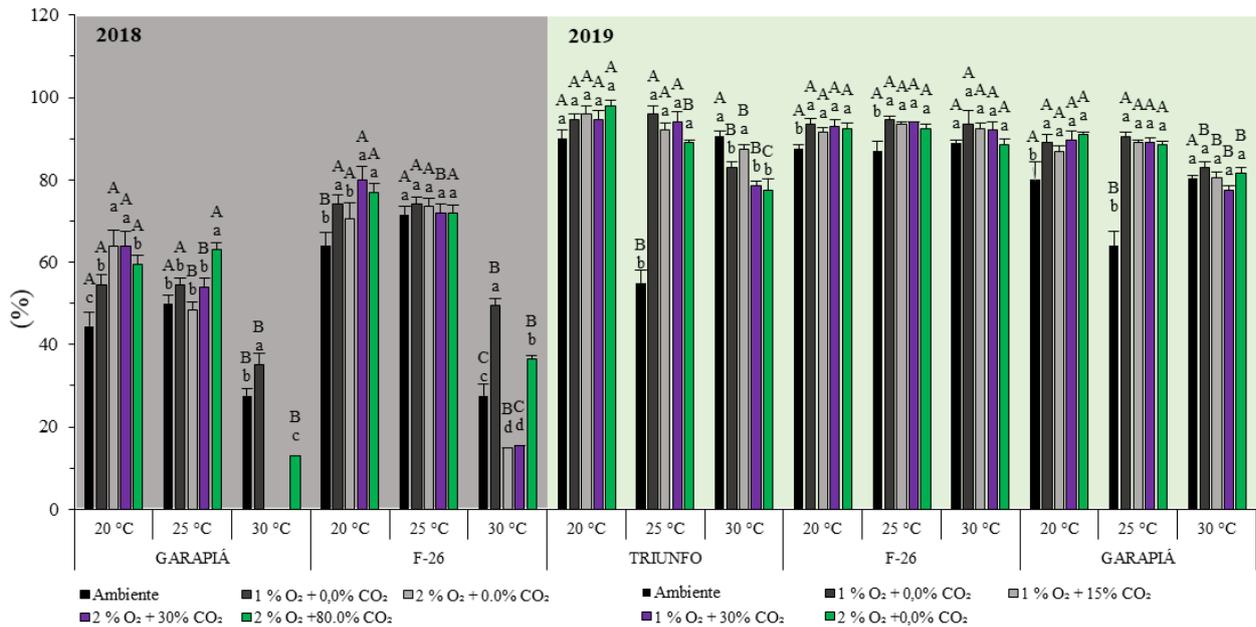


Figura 2- Germinação em papel 1ª contagem de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

A contagem final de germinação (CFG), realizada aos 9 dias, demonstrou similaridade com a PCG. Em 2018, a cultivar FEPAGRO Garapiá apresentou diminuição da porcentagem de germinação a medida em que se aumentou a temperatura de armazenamento, sendo que os níveis de AC na temperatura de 30 °C apresentaram menor germinação. Nesta temperatura, a condição de 1,0 kPa O₂ + 0,04 CO₂ representou maior porcentagem de germinação (Figura 3). As sementes armazenadas na temperatura de 20 °C e nas condições de AC apresentaram maior germinação quando comparadas à condição ambiente. Na temperatura de 25°C não houve diferença entre as condições estudadas. No entanto, o armazenamento em 2,0 kPa O₂ + 0,04 CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 30,0 CO₂ proporcionou maior germinação na temperatura de 25 °C, quando comparado com a temperatura de 20 °C (Figura 3). As concentrações de CO₂ testadas nos diferentes anos, não demonstraram efeito sobre a germinação em relação às baixas pressões parciais de O₂ empregadas. Entretanto Aguiar et al (2015) demonstraram que a pressão parcial de 50 kPa de CO₂ manteve maior germinação após 45 dias de armazenamento em comparação a concentrações de 0,0 e 25,0 kPa de CO₂ em sementes de arroz.

No segundo ano de experimento, a cultivar FEPAGRO Garapiá apresentou diferença entre as temperaturas testadas. As condições de AC nas temperaturas de 20 e 25 °C não demonstraram diferenças de germinação. As condições de AC na temperatura de 25 °C

apresentaram maior germinação quando comparadas à condição ambiente de armazenamento. Na temperatura de 20 °C não houve diferença entre as pressões parciais testadas. A menor germinação foi observada na temperatura de 30 °C (Figura 3).

A germinação da cultivar F-26, no ano de 2018, da mesma forma que a cultivar FEPAGRO Garapiá, teve influência da temperatura de armazenamento, sendo as sementes armazenadas na temperatura de 30°C apresentaram menor germinação quando comparado com as temperaturas de 20 e 25° C. Na temperatura de 20°C a condição ambiente e a condição 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ apresentaram menor germinação após setes meses de armazenamento. No ano de 2019, a cultivar F-26 não demonstrou diferença entre as temperaturas de armazenamento. A condição ambiente apresentou menor germinação comparada a todas as condições com AC nas temperaturas de 20 e 25 °C (Figura 3).

Teste de Germinação 2ª Contagem

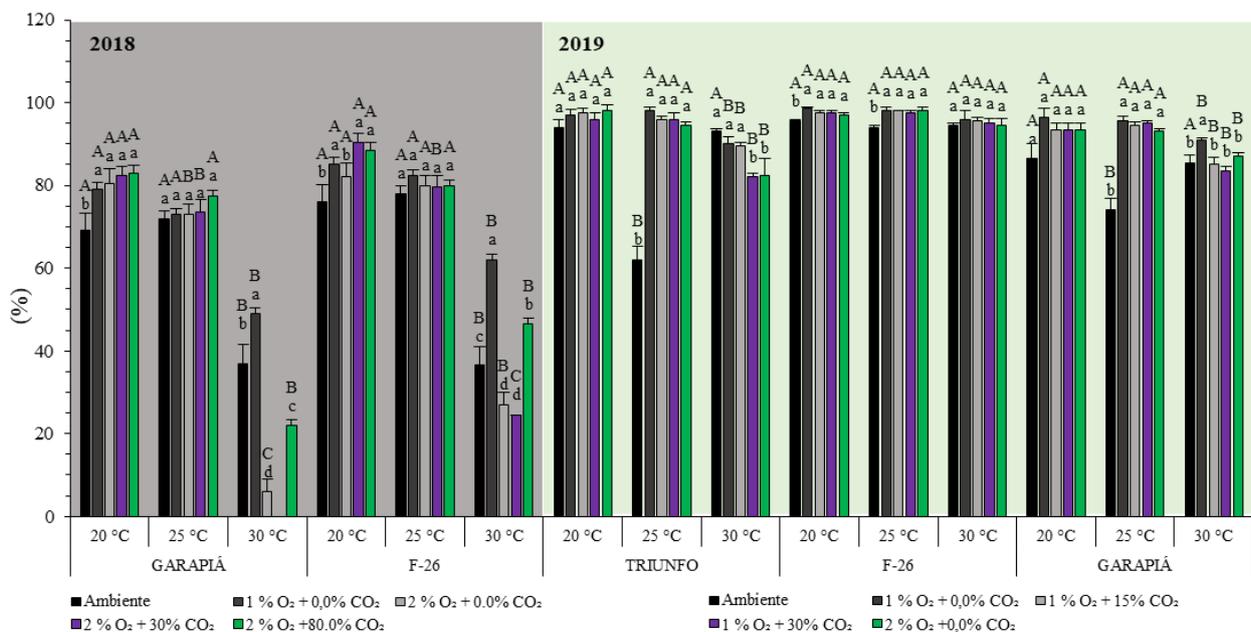


Figura 3- Germinação em papel 2ª contagem de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

Para a cultivar Triunfo, houve menor porcentagem de germinação na CFG para todas as pressões parciais com utilização da AC na temperatura de 30°C, em relação às temperaturas de 20 e 25 °C (Figura 3). A condição ambiente apresentou a menor porcentagem de germinação na temperatura de 25°C, diferindo das outras duas temperaturas testadas. Esse resultado, como na cultivar FEPAGRO Garapiá, deu-se possivelmente devido ao ataque de insetos nessa condição, reduzindo o tamanho de amostra e consequentemente a representatividade das

sementes utilizadas para efetuação dessa análise (Figura 3). Freitas et al. (2011); Anandalakshmi et al. (2015) relatam que a perda da capacidade de germinação está associada a diversos fatores, entre eles, o teor de umidade, tempo de armazenamento e temperatura, indo de encontro às condições testadas no presente trabalho, onde, sementes armazenadas a 30 °C obtiveram a menor porcentagem de germinação após sete meses de armazenamento.

A condição ambiente na temperatura de 25°C mesmo com aplicação de fosfina (Tabela 3), não manteve a amostra intacta ao ataque de *Acanthoscelides obtectus* (caruncho do feijão) principalmente nas cultivares FEPAGRO Triunfo e FEPAGRO Garapiá, o que levou a uma redução no tamanho da amostra disponível para as análises. Essa redução amostral pode ser a possível explicação para alguns resultados obtidos para o teste padrão de germinação, emergência entre areia e emergência a campo (Figura 2, 3, 4, 5, 6 e 7), onde a condição ambiente a 25 °C para essas duas cultivares apresentaram menores porcentagens de germinação e/ou emergência quando comparado com as condições ambientes a 30 °C.

Tabela 3- Porcentagem de sementes danificadas por *Acanthoscelides obtectus*, das cultivares FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo, após sete meses de armazenamento na temperatura de 25 °C, Santa Maria, 2019.

Cultivar	Condição de Armazenamento	Sementes danificadas por <i>Acanthoscelides Obtectus</i>
		(%)
Garapiá	Ambiente + Fosfina	86.0 a
	1 kPa O ₂ + 0,0 kPa CO ₂	0.0 b
	1 kPa O ₂ + 15,0 kPa CO ₂	0.0 b
	1 kPa O ₂ + 30,0 kPa CO ₂	0.0 b
	2 kPa O ₂ + 0,0 kPa CO ₂	0.0 b
Fepagro 26	Ambiente + Fosfina	10.0 a
	1 kPa O ₂ + 0,0 kPa CO ₂	0.0 b
	1 kPa O ₂ + 15,0 kPa CO ₂	0.0 b
	1 kPa O ₂ + 30,0 kPa CO ₂	0.0 b
	2 kPa O ₂ + 0,0 kPa CO ₂	0.0 b
Triunfo	Ambiente + Fosfina	84.0 a
	1 kPa O ₂ + 0,0 kPa CO ₂	0.0 b
	1 kPa O ₂ + 15,0 kPa CO ₂	0.0 b
	1 kPa O ₂ + 30,0 kPa CO ₂	0.0 b
	2 kPa O ₂ + 0,0 kPa CO ₂	0.0 b

Letras minúsculas iguais nas condições avaliadas em cada cultivar, não diferem pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

A explicação a infestação de insetos sob temperatura de 25 °C e a não ocorrência nas temperaturas de 20 e 30 °C pode estar relacionada à resistência do *Acanthoscelides obtectus* à fosfina, o qual não se obteve controle dos insetos em temperatura de 25 °C. Lorini et al. (2015)

cita várias ocorrências de resistência de insetos da ordem Coleoptera a inseticidas piretróides, os quais conseguem metabolizar o inseticida a partir de enzimas específicas. Ademais, alguns trabalhos relatam a ocorrência de resistência ao brometo de metila no caruncho-do-feijão e do gorgulho do milho (GUEDES et al., 1993; GUEDES et al., 1996; BALDIN, 2010).

A proliferação do inseto foi observada de forma mais severa nas cultivares FEPAGRO Triunfo e FEPAGRO Garapiá em relação à cultivar F-26, tendo em vista que as cultivares estavam armazenadas no mesmo silo, esse resultado pode ser explicado pelo fato de que o inseto ter preferência por algumas cultivares devido à antixenose, ou seja, a não preferência para a alimentação e ovoposição em determinados genótipos. A resistência dos insetos em determinadas cultivares, segundo Souza (1988), se dá por vários motivos, podendo ser por influência da textura da casca, odor despreendido pelas sementes, tamanho da semente capaz de interferir na escolha do inseto para abrigo e reprodução. Hudaib et al. (2019), analisando extratos químicos extraídos do endosperma de feijão preto resistente à infestação por *Callosobruchus maculatus*, observaram a presença de flavonoides, esteroides e terpenóides, compostos os quais estariam associados à resistência do feijão ao ataque do inseto.

3.4.2 Emergência entre areia

Para a cultivar FEPAGRO Garapiá, a emergência entre areia aos cinco dias (EEA-5 dias), no ano de 2018, nas temperaturas de 20 °C e 25 °C não houve diferenças entre as condições de atmosfera testadas em cada temperatura. Entretanto, todas as condições de atmosfera testadas na temperatura de 20 °C apresentaram maiores percentuais de emergência quando comparado as temperaturas de 25 e 30 °C exceto a condição de 2,0 kPa O₂ + 80,0 kPa CO₂ que não apresentou diferença entre as temperaturas de 20 e 25 °C. Para essa cultivar, na temperatura de 30 °C houve menor emergência entre areia em relação às temperaturas de 20 e 25 °C (Figura 4).

Em 2019, as sementes da cultivar FEPAGRO Garapiá armazenadas na temperatura de 30 °C apresentaram a menor EEA-5dias, exceto, a condição de 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ que para as três temperaturas testadas não demonstrou diferença. A condição 1,0 kPa O₂ + 30,0 CO₂ apresentou menor emergência entre as condições na mesma temperatura de 30 °C. As condições de atmosfera controlada, tanto na temperatura de 20°C como em 25°C não demonstraram diferenças entre as condições testadas (Figura 4).

Para a cultivar F-26, no primeiro ano de experimento, as temperaturas de 20 e 25°C não apresentaram diferença entre as condições testadas. Na temperatura de 30 °C foi observada a

menor porcentagem de emergência comparado a de 20 e 25 °C. No ano de 2019 a temperatura de armazenamento demonstrou diferenças, quando a elevação da temperatura a porcentagem de emergência diminuiu. Apenas a condição de 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ apresentou maior emergência entre as condições de atmosfera na temperatura de 30 °C, não diferindo das temperaturas de 20 e 25 °C. Entre as temperaturas de 20 e 25 °C, a condição de 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ apresentou menor emergência na temperatura de 25 °C (Figura 4). A temperatura elevada durante o armazenamento induz a maior velocidade de reações químicas, afetando essas, o reparo de estruturas celulares (FILHO et al., 2016 BERNAL-LUGO; LE-OPOLD, 1998). Os resultados encontrados no presente trabalho, para teste padrão de germinação e emergência entre areia vão de encontro ao encontrado por Ludwig (2019), onde em temperaturas de 20 e 25°C em sementes de soja apresentaram as maiores percentuais de germinação quando comparados com a temperatura de 30 °C com a utilização da atmosfera controlada.

A EEA- 5 dias para a cultivar FEPAGRO Triunfo no ano de 2019, demonstrou maior emergência na temperatura de 20 °C não diferindo entre as pressões parciais na mesma temperatura. Na temperatura de 25 °C, a condição ambiente apresentou menor emergência em comparação às condições de AC. A condição de 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ na temperatura de 30 °C apresentou menor emergência em comparação as outras condições de atmosfera nessa temperatura. Entre as temperaturas a condição ambiente sob temperatura de 25 °C apresentou menor emergência em relação as outras temperaturas. Entre as temperaturas testadas, a condição 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ apresentou maior emergência na temperatura de 20 °C em relação às sementes armazenadas a 25 °C, as quais apresentaram maior emergência em relação às sementes armazenadas em 30 °C. Todas as condições de AC na temperatura de 30 °C apresentaram menor percentual de emergência quando comparadas às temperaturas de 20 e 25 °C (Figura 4).

Emergência Entre Areia 1ª Contagem

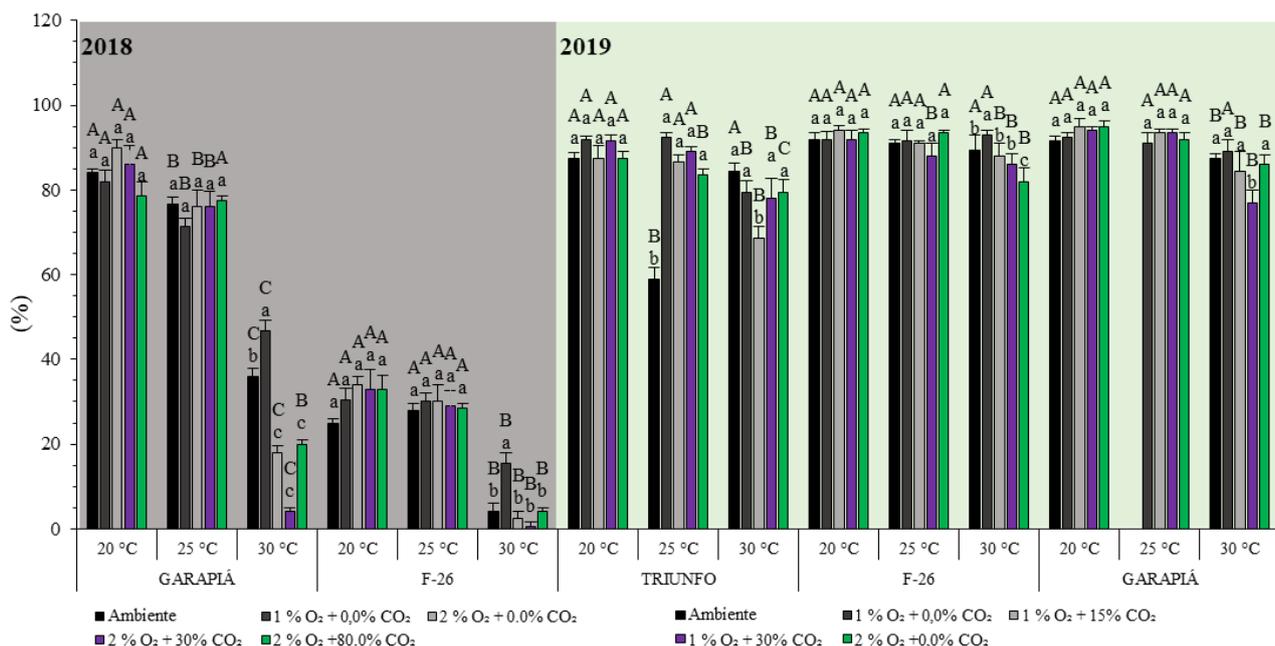


Figura 4- Emergência entre areia 1ª contagem de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

Para a cultivar FEPAGRO Garapiá, na contagem final da emergência entre areia (EEA-9 dias) realizada no ano de 2018 as sementes armazenadas sob a temperatura de 30°C apresentaram menores porcentagens de emergência em relação as temperaturas de 20 e 25 °C (Figura 5).

Todas as pressões parciais testadas a 30 °C diferiram das condições armazenadas a 20 °C. A condição ambiente, 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ testadas na temperatura de 25° C também apresentaram menor emergência quando comparado às mesmas condições a 20 °C. Não houve diferença na emergência entre as condições armazenadas em temperaturas de 20 °C e na temperatura de 25 °C. Apesar das condições de AC testadas manterem boa porcentagem de emergência em temperaturas de 20 °C, a redução do oxigênio ou aumento do gás carbônico não obtiveram êxito em manter a porcentagem de germinação e emergência acima de 80% nas temperaturas de 25 e 30°C, no ano de 2018 (Figura 5). Entretanto alguns trabalhos informam que na temperatura de 25 °C é possível manter o vigor e a germinação a níveis aceitáveis em soja em condições herméticas com baixos níveis de O₂ e elevados níveis de CO₂ (BABARINSA et al., 2017; LUDWIG, 2019; RODRIGUEZ et al., 2010).

No ano de 2019, não houve diferença entre as pressões parciais nas temperaturas de 20 e 25 °C. As sementes armazenadas sob as condições 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ apresentaram menor emergência na temperatura de 30°C diferindo das mesmas condições armazenadas nessa temperatura (Figura 5).

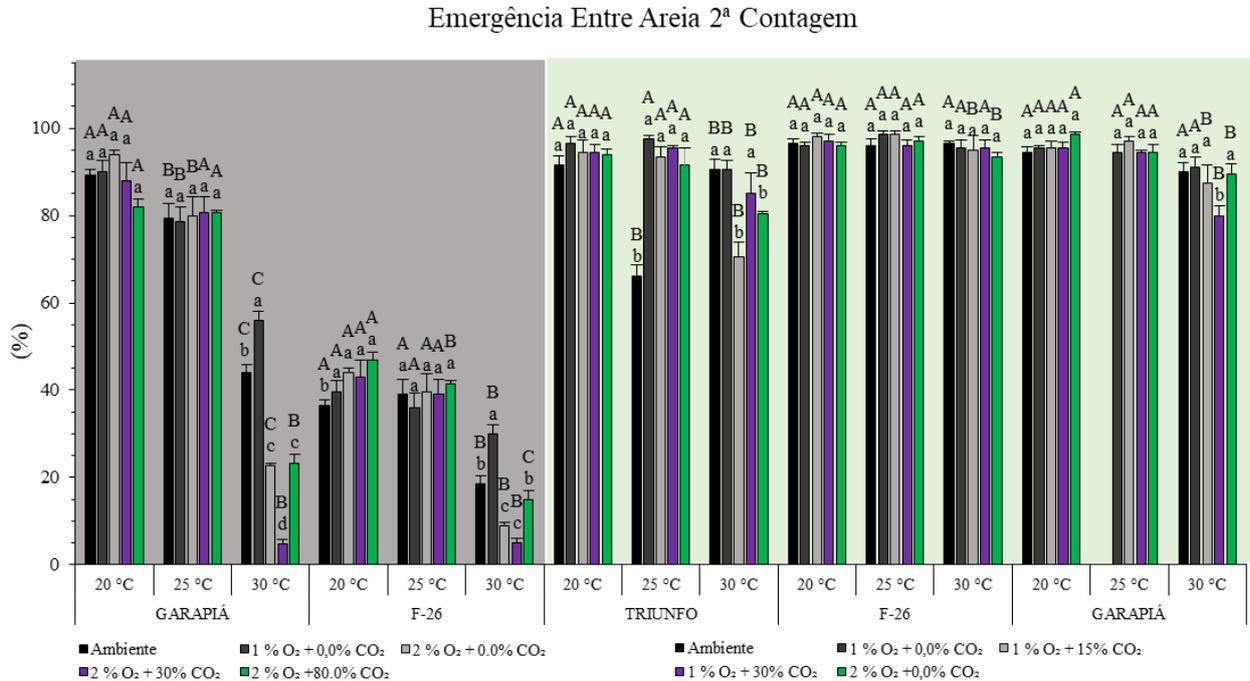


Figura 5- Emergência entre areia 2ª contagem de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

Para a EEA-9 dias, a cultivar F-26, no ano de 2018, apresentou maior emergência nas sementes armazenadas em AC na temperatura 20 °C, apresentando maior percentual de emergência comparado com as condições na temperatura de 30 °C. As condições de atmosfera controlada testada para essa cultivar sob temperatura de 30°C apresentaram a menor emergência dentre as temperaturas testadas. Na temperatura de 25°C não houve diferença significativa entre as condições de atmosfera testadas. No ano de 2019, houve diferenças entre as condições de atmosfera testadas a 30 °C, sendo que as condições 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ apresentaram os menores percentuais de emergência em comparação às outras condições armazenadas nas temperaturas de 20 e 25 °C.

A emergência entre areia para a cultivar FEPAGRO Triunfo no ano de 2019, na EEA-9 dias, seguiu a mesma tendência da EEA-5 dias, demonstrando maiores médias na temperatura de 20 °C não diferindo as pressões parciais testadas nessa temperatura. As sementes armazenadas sob 25 °C na condição ambiente, apresentaram menor emergência em comparação

às condições de atmosfera controlada. As sementes armazenadas nas condições de 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ na temperatura de 30 °C, apresentaram maior emergência entre areia em comparação às outras condições de armazenamento (Figura 5).

3.4.3 Emergência a campo

Baalbaki (2009) relata que a emergência a campo é o principal meio de comprovação da qualidade da semente, onde ela irá expressar seu máximo potencial em condições adversas de temperatura, umidade, ataque de fungos e insetos. No ano de 2019, foi realizado para as cultivares FEPAGRO Triunfo, F-26 e FEPAGRO Garapiá a análise de emergência a campo (EC). Para a cultivar Triunfo, na emergência a campo aos cinco dias (EC-5 dias), somente na temperatura de 25 °C houve diferença entre as pressões parciais testadas, sendo que a condição ambiente diferiu das demais condições de atmosfera. Entre as temperaturas analisadas houve diferença entre as condições de AC, sendo que as sementes armazenadas sob temperatura de 30 °C apresentaram menor EC em relação às temperaturas de 20 e 25 °C (Figura 6).

As sementes da cultivar F-26 armazenadas na condição ambiente, apresentaram menor emergência a campo comparada às condições de AC nas temperaturas de 20° e 25 °C. Na temperatura de 30 °C, a condição ambiente e 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ apresentou menor percentual de emergência a campo em comparação as outras condições. Entretanto nessa temperatura as condições de AC apresentaram menor emergência quando comparadas às condições de AC das temperaturas de 20 e 25 °C (Figura 6).

A EC-5dias da cultivar FEPAGRO Garapiá na temperatura de 20 °C, a condição ambiente diferiu das demais condições de AC nessa temperatura. As condições de AC armazenadas na temperatura de 25 °C não diferiram entre elas. Na temperatura de 30 °C as pressões parciais ambiente e 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ apresentaram as maiores médias em comparação às outras condições nessa temperatura (Figura 6).

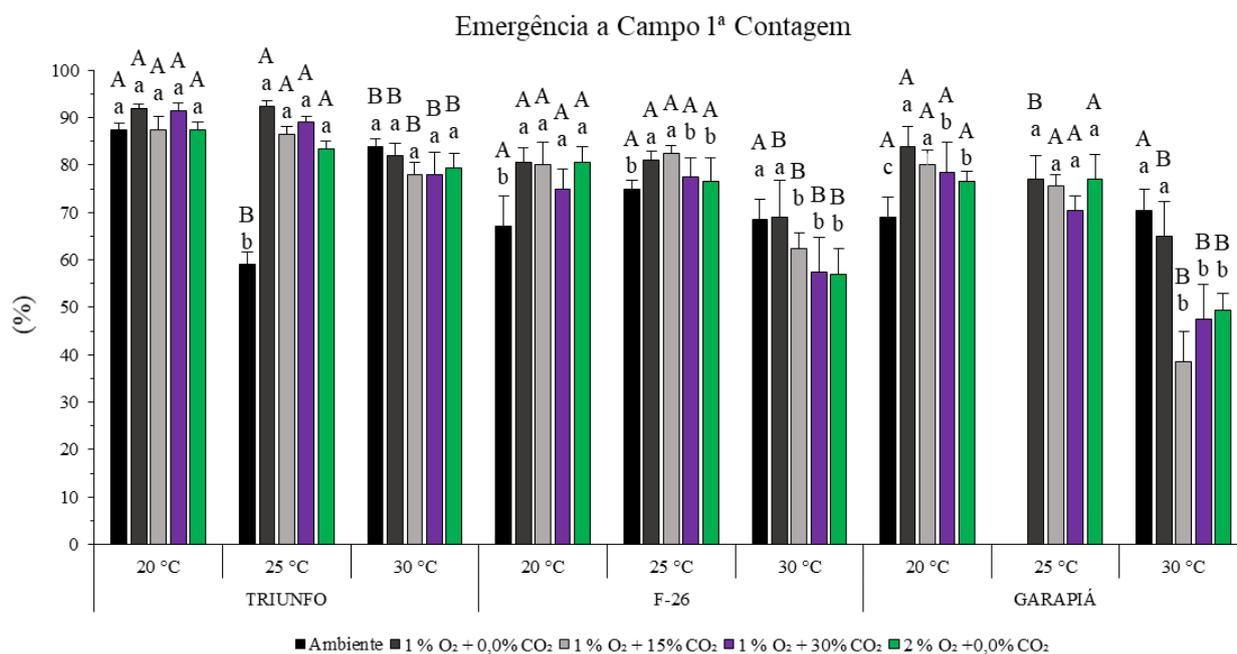


Figura 6- Emergência a campo 1ª contagem de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais na condição de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

Na contagem final da emergência à campo, aos nove dias (EC-9 dias) as sementes armazenadas da cultivar FEPAGRO Triunfo sob temperatura de 20 °C não diferiram entre as condições testadas. As condições de AC na temperatura de 25 °C não diferiram das condições em AC a 20°C. A condição ambiente na temperatura de 25 °C apresentou a menor emergência quando comparada às condições de AC. As sementes armazenadas na condição ambiente, 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ apresentaram a maior emergência a campo entre as demais condições de AC armazenadas sob temperatura de 30 °C. Comparando as condições de armazenamento entre as temperaturas, as condições de 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ e 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ na temperatura de 30 °C, apresentaram menor emergência quando comparadas as outras temperaturas nessas condições (Figura 7).

Para a cultivar F-26 as condições de AC não diferiram nas temperaturas de 25 e 30 °C. Entretanto, na temperatura de 20 °C as condições ambiente e 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ apresentaram menor germinação quando comparado com as condições de 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂, 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ nessa mesma temperatura. Entre as três temperaturas testadas, as condições 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ armazenadas em temperatura de 30°C apresentaram a menor emergência a campo.

Para a cultivar FEPAGRO Garapiá as condições ambiente e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ armazenadas em temperatura de 20°C apresentaram a menor EC-9dias. As condições de AC sob temperatura de 25 °C não apresentaram diferenças significativas. Na temperatura de 30 °C as condições ambiente e 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ apresentaram as maiores médias em comparação as outras condições nessa temperatura. Entre as temperaturas as condições de 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ e 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂, 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ na temperatura de 30°C e a condição 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ na temperatura de 25 °C apresentaram as menores emergência, comparado a estas condições nas outras temperaturas (Figura 7).

Todas as condições de AC nas temperaturas de 20 e 25 °C obtiveram mais de 80 % de germinação (mínimo exigido pela legislação). Esses resultados vão ao encontro de trabalhos encontrados na literatura onde condições herméticas mantiveram boa qualidade das sementes de *Sesamum indicum* L. (ELLIS; HONG, 2007 e soja (MARCOS FILHO et al., 2015). Além disso, Ludwig (2019) observou que baixas pressões parciais de O₂ no armazenamento de soja não foram eficientes para manter níveis aceitáveis de emergência a campo de três cultivares na temperatura de 30 °C.

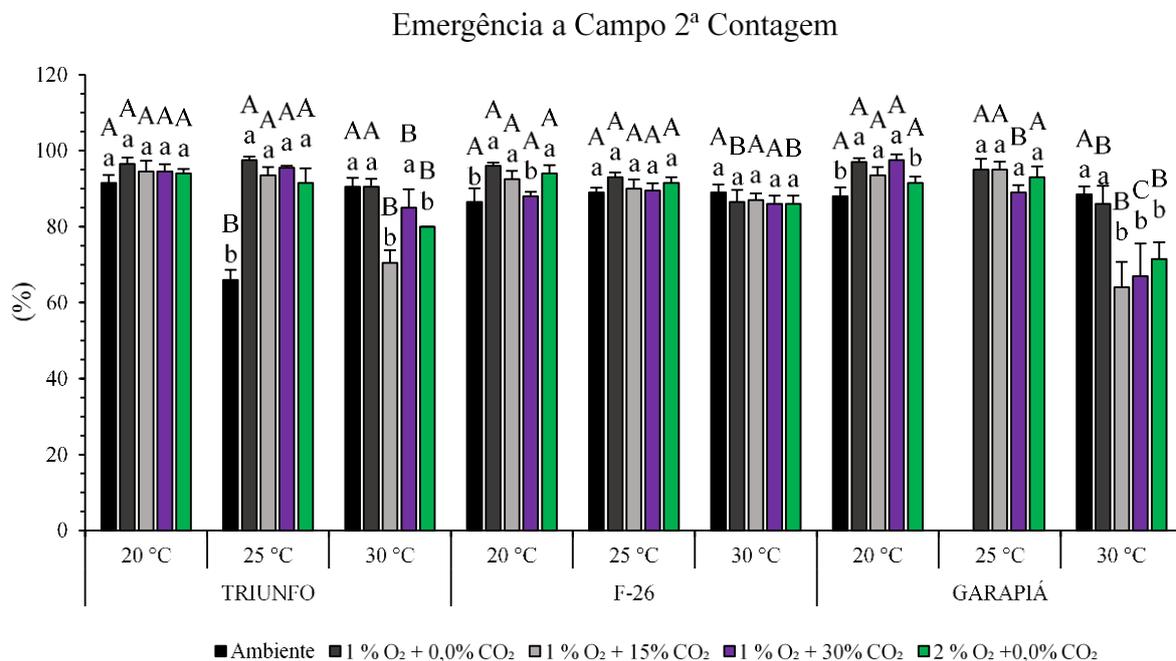


Figura 7- Germinação no campo 2ª contagem de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controladas e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

3.4.4 Condutividade Elétrica

O vigor de uma semente pode ser facilmente avaliado através do método da condutividade elétrica (CE). As três cultivares analisadas no ano de 2019, FEPAGRO Garapiá, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Triunfo apresentaram maiores valores quando as sementes foram armazenadas na temperatura de 30 °C (Figura 8). Com a redução da temperatura de armazenamento foram obtidos os menores valores de CE, apresentando menor CE no armazenamento a 20 °C, CE intermediária na temperatura de 25 °C e maior CE quando armazenada sob 30 °C (Figura 8). Mesmo com a utilização da AC, em sistema hermético sob temperatura de 30°C, os valores de CE não se mantiveram semelhantes às temperaturas de 20 e 25°C. Para a cultivar FEPAGRO Triunfo a condição 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ foi a que apresentou menor CE em comparação às outras condições na temperatura de 20°C (Figura 8).

O período de armazenamento, altas temperaturas e elevados teores de umidade são considerados os principais atributos para a deterioração de sementes agindo diretamente no extravasamento de eletrólitos da célula. Em acordo com o presente resultado, Freitas et al. (2011); Zucarelli et al. (2015) observaram que o de armazenamento de feijão e soja em elevadas temperaturas resultam em maior condutividade elétrica após seis meses de armazenamento. Corroborando, Paraginski et al. (2015) observou que quanto maior a temperatura de armazenamento em sementes de milho (35 °C) maior os valores de condutividade. Além disso, Ludwig (2019) observou no armazenamento de soja que ao elevar a temperatura de armazenamento de 20 para 30°C ocorreu aumento da CE.

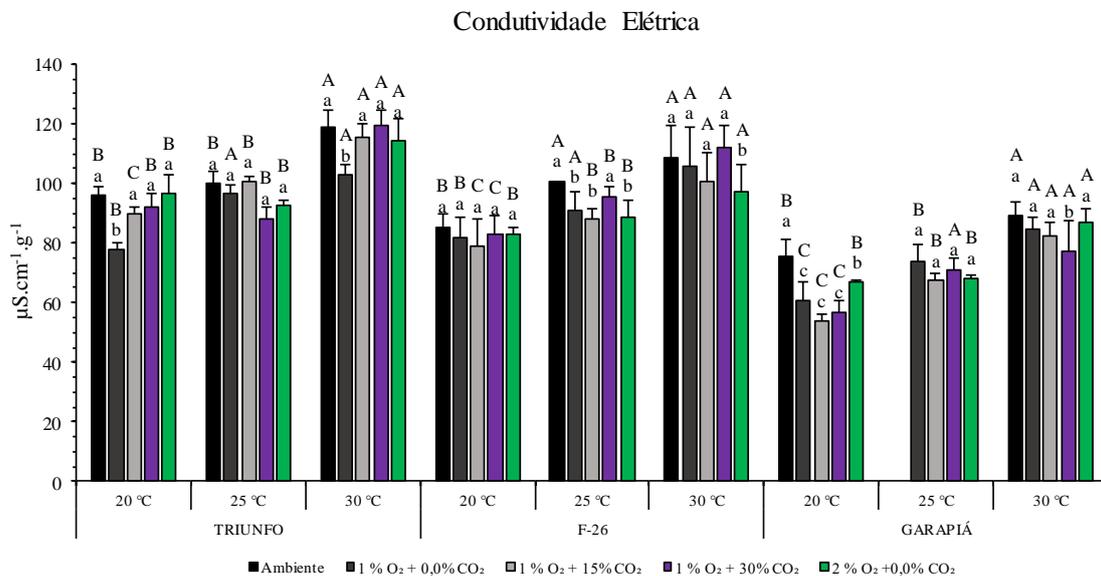


Figura 8-Conductividade elétrica de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

3.4.5 Comprimento da parte radicular

O comprimento de raiz primária (CRP), como a CE, pode também ser um parâmetro de vigor da semente. A raiz primária é uma das estruturas visíveis no processo germinativo, a qual irá gerar um complexo sistema radicular o qual proporcionará um melhor estabelecimento inicial das plântulas na lavoura, conseqüentemente, um melhor desenvolvimento devido a facilidade de as raízes absorverem nutrientes. No ano de 2018 houve maior discrepância entre o comprimento das raízes principalmente quando as sementes foram armazenadas sob temperatura de 30 °C. Nesta temperatura o comprimento de raiz foi menor em todos os tratamentos quando comparado com as temperaturas de 20 e 25 °C. Observou-se também que para as duas cultivares na temperatura de 30°C, as condições de AC como 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa, 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ não apresentaram germinação devido ao fato das sementes estarem duras ou mortas, não sendo possível analisar o comprimento da parte aérea de plântulas, comprimento da parte radicular de plântulas e comprimento total de plântulas (Figura 9, 10 e 11).

No ano de 2019 a cultivar FEPAGRO Garapiá não apresentou diferenças entre as temperaturas de armazenamento, entretanto, para as condições testadas em cada temperatura, sendo as pressões parciais de 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ as que apresentaram maior CRP em relação as demais condições testadas nas temperaturas de 25 e 30 °C (Figura 9). Todas as condições de AC, na temperatura de 20 °C, foram superiores a condição ambiente, sendo que as condições de AC não diferiram entre elas. Na literatura há relatos de que elevadas pressões parciais de CO₂ (50,0 kPa) em sementes de arroz, apresentaram maior comprimento da parte radicular em comparação à pressão parcial de 0,0 kPa após 45 dias de armazenamento (AGUIAR et al., 2015).

Comprimento da Raiz Primária

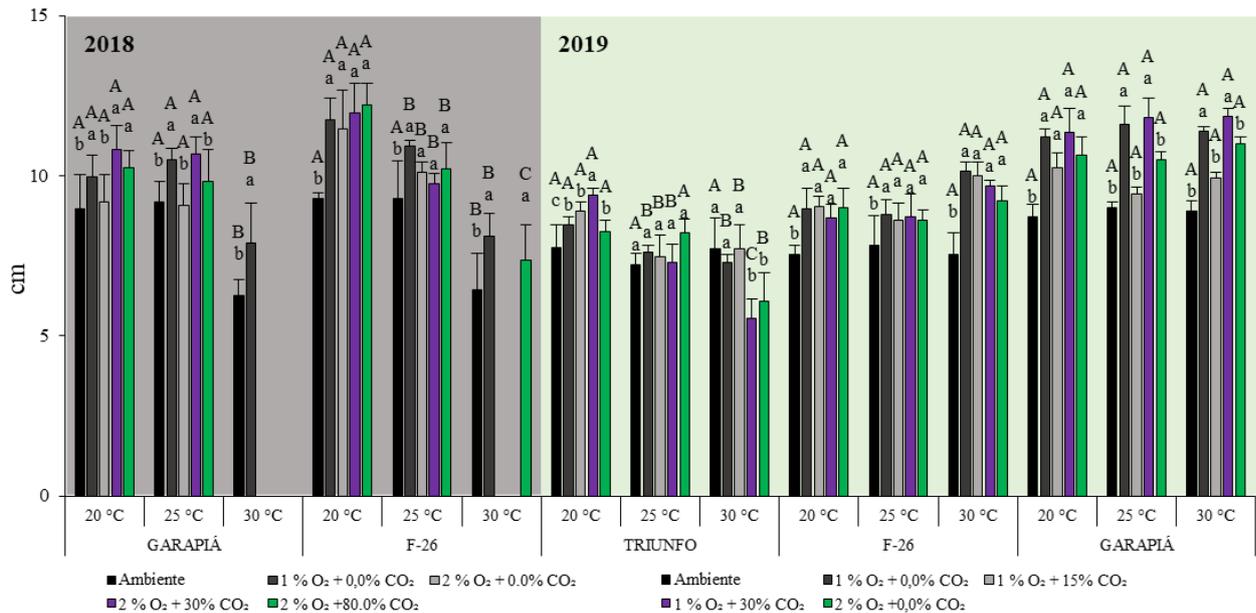


Figura 9- Comprimento de raiz primária de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro-26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

A cultivar F-26 no ano de 2019 não demonstrou diferença no CRP entre as condições de AC testadas nas diferentes temperaturas (Figura 9). Entretanto, todas as condições de atmosfera controlada tiveram maior CRP quando comparadas à condição ambiente nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C. As sementes da cultivar FEPAGRO Triunfo armazenadas sob temperatura de 25 e 30 °C apresentaram menor CRP comparado às armazenadas em temperatura de 20 °C, apenas a condição 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ em 25 °C não diferiu dessa mesma condição quando armazenada em 20°C. A condição ambiente não apresentou diferenças entre as temperaturas testadas (Figura 9).

3.4.6 Comprimento da parte aérea

O comprimento da parte aérea das plântulas é considerado um teste que demonstra o vigor da semente. O comprimento da parte aérea (CPA) no ano de 2018 todas as condições de atmosfera testadas nas temperaturas de 20 e 25 °C apresentaram maior CPA quando comparado às condições armazenadas em temperatura de 30 °C (Figura 10). Para a cultivar FEPAGRO Garapiá foi observado nas temperaturas de 20 e 25 °C que as condições de AC não demonstraram diferença quando comparadas à condição ambiente. Entretanto, para a cultivar

F-26, houve diferença entre as condições de AC comparado com a condição ambiente, sendo que na temperatura de 20 °C todas as condições de AC apresentaram maior CPA. No ano de 2019, a cultivar FEPAGRO Garapiá não demonstrou diferença entre as condições avaliadas, nas diferentes temperaturas. A cultivar F-26 não apresentou diferenças entre as condições de atmosfera testadas na temperatura de 20 e 25 °C. Na temperatura de 30°C condições de 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂, 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ e 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ apresentaram maior CPA em comparação a condição ambiente e a condição 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂. Entre as temperaturas todas as condições de AC na temperatura de 20 °C, mantiveram maior CPA do que nas temperaturas de 25 e 30 °C (Figura 10).

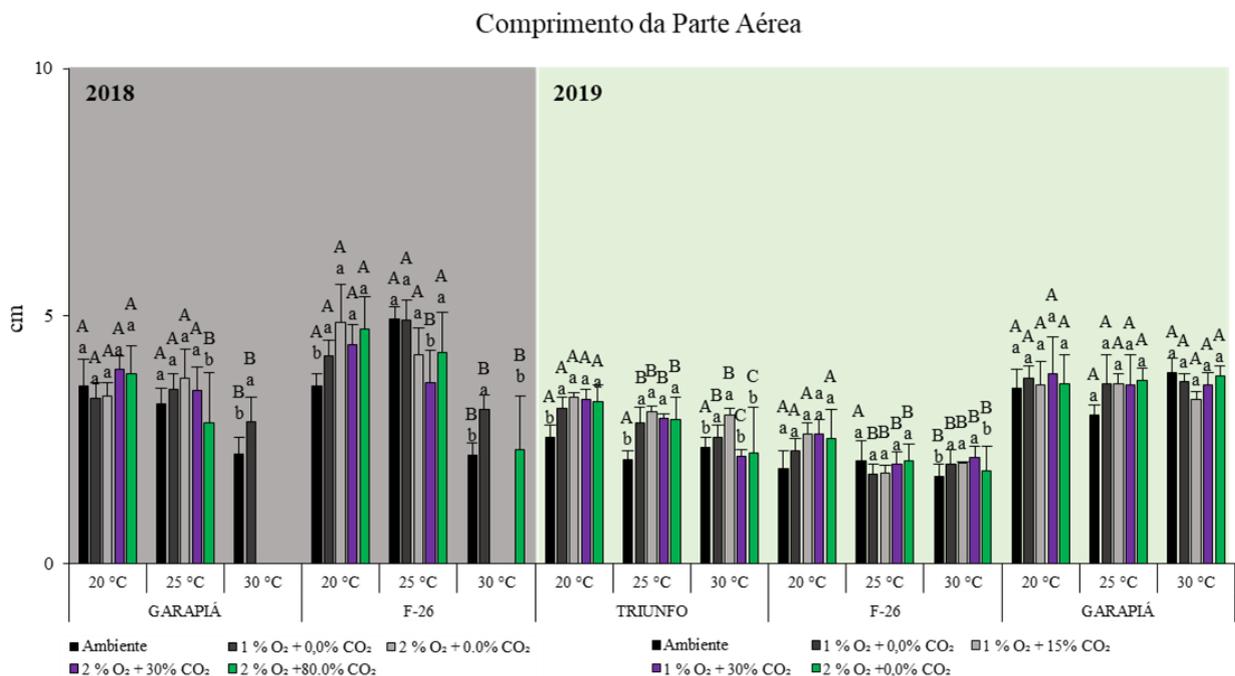


Figura 10- Comprimento de parte aérea de plântulas de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de scott-knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

As sementes da cultivar FEPAGRO Triunfo, mantidas em AC nas temperaturas de 20 e 25 °C, apresentaram maior CPA em relação a condição ambiente. Na temperatura de 30 °C apenas as condições de 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂, 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ e 1,0 kPa O₂ mantiveram maiores médias em relação as demais condições. Entre as temperaturas, as sementes armazenadas a 20 °C em AC apresentaram maior CPA em comparação às temperaturas de 25 e 30 °C (Figura 10). Resultados semelhantes foram encontrados por Ludwig (2019), onde condições de AC com baixos níveis de O₂ mantiveram maior comprimento da

parte aérea em sementes de soja armazenadas por sete meses em temperaturas de 20, 25 e 30 °C em relação à condição ambiente.

3.4.7 Comprimento total de plântulas

O comprimento total de plântulas (CTP), vai de encontro com as diferenças encontradas no CRP. No ano de 2018, tanto as condições de atmosfera controlada como as condições ambientes apresentaram menor CTP no armazenamento em 30°C quando comparadas com o armazenamento nas temperaturas de 20 e 25 °C (Figura 10). Da mesma forma que o CRP, algumas condições de AC (1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa, 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂) na temperatura de 30 °C não houve germinação devido as sementes estarem duras ou mortas, não sendo possível analisar o comprimento da parte aérea de plântulas, comprimento da parte radicular de plântulas e comprimento total de plântulas nas duas cultivares analisadas.

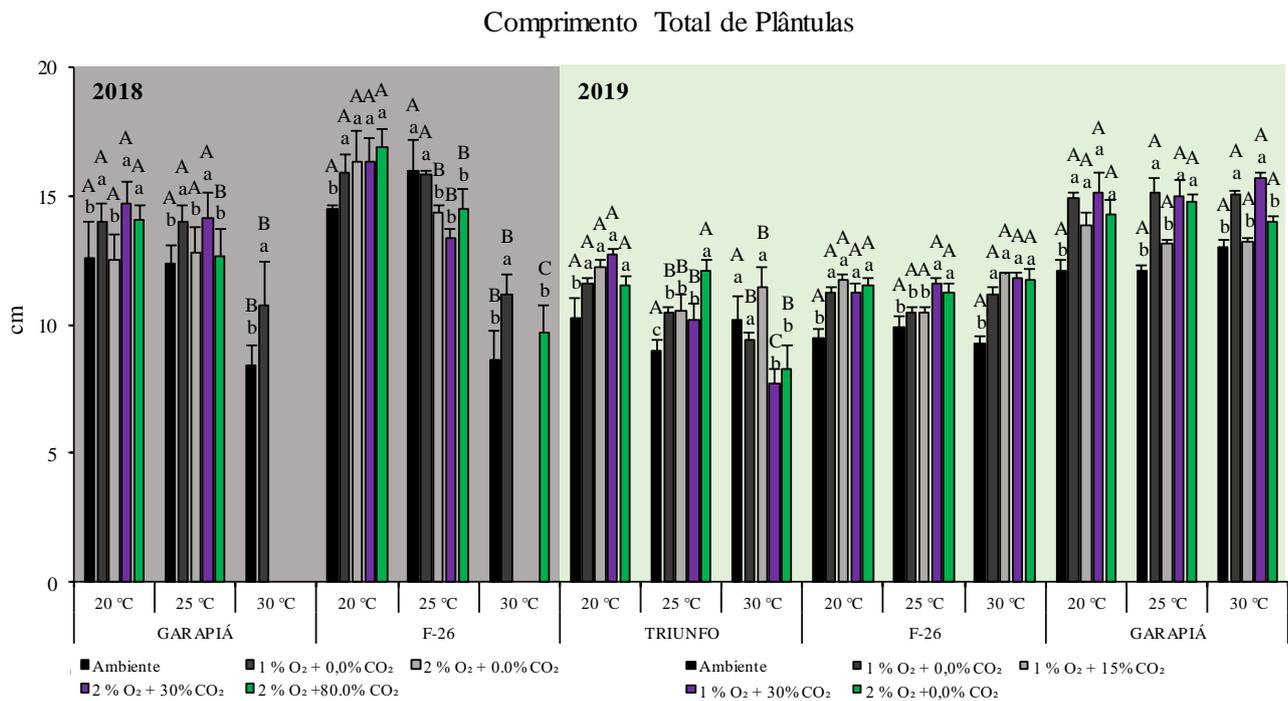


Figura 1- Comprimento total de plântulas de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

A cultivar FEPAGRO Garapiá, no ano de 2019 não apresentou diferenças entre as temperaturas de armazenamento, no entanto, algumas condições apresentaram maiores valores de CTP como as condições de 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ diferindo das demais condições testadas nas temperaturas de 25 e 30 °C. Para a temperatura de 20 °C,

todas as condições de AC foram superiores à condição ambiente, sendo que as condições de AC não diferiram entre elas nessa temperatura.

No ano de 2019 a cultivar F-26 não demonstrou diferenças entre as condições de AC testadas nas diferentes temperaturas. No entanto, todas as condições de AC apresentaram maior CTP quando comparadas à condição ambiente nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C. Na cultivar FEPAGRO Triunfo, as sementes armazenadas sob temperatura de 25 e 30°C apresentaram menor CTP comparado às sementes armazenadas em temperatura de 20 °C, apenas a condição 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ em 25 °C não diferiu dessa mesma condição quando armazenada em 20°C (Figura 11).

3.4.8 Biomassa fresca e seca de plântulas

A biomassa fresca de plântulas (BFP) e a biomassa seca de plântulas (BSP), segundo Amaro et al. (2015), são variáveis que objetivam separar lotes de sementes quanto o seu maior ou menor grau de vigor. Este teste pode ser feito em plântulas provenientes do teste de germinação representando uma opção viável para a avaliação fisiológica com baixo custo e sem a necessidade de equipamentos especiais. Além disso, Banks (2006) relata que uma das maneiras de se observar a deterioração das sementes é utilizar a o teste de massa fresca e seca de plântulas. No ano de 2018 a cultivar FEPAGRO Garapiá não apresentou diferença para a BFP e BSP no armazenamento a 20 °C (Figura 12 e 13, respectivamente). Na temperatura de 25 °C, as condições de 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ apresentaram maior BFP, enquanto a condição de 2,0 kPa O₂ + 80,0 kPa CO₂ apresentou menor BSP não diferindo das outras condições nessa temperatura. Entre as temperaturas de armazenamento, sementes armazenadas a 30°C apresentaram menor BFP e a BSP em comparação às temperaturas de 20 e 25 °C, sendo que nessa condição somente as sementes armazenadas em condição ambiente e a 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ apresentaram plântulas normais a ponto de ser possível a realização do teste, as demais condições de AC nessa temperatura, não apresentaram plântulas normais (Figura 12 e 13).

Biomassa Fresca de Plântulas

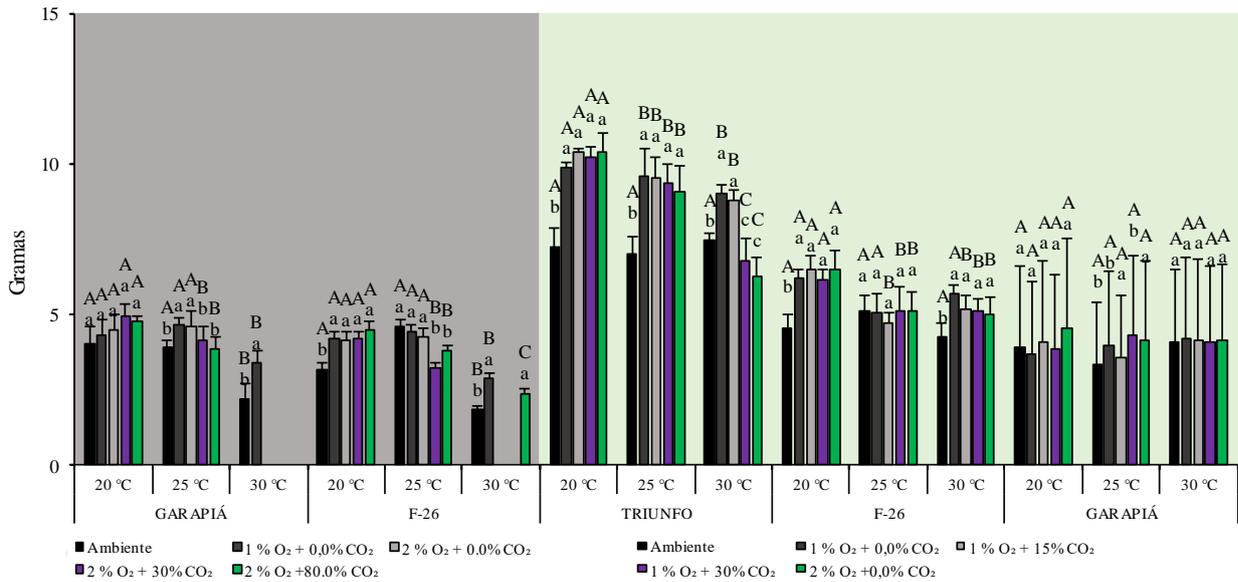


Figura 2- Biomassa fresca de plântulas de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

Da mesma forma que a cultivar FEPAGRO Garapiá, a cultivar F-26 apresentou diferença entre as temperaturas e pressões parciais durante o armazenamento, sendo que a BFP e BSP apresentaram maiores médias em todas as condições de AC em relação à condição ambiente na temperatura de 20 °C. Na temperatura de 25 °C as condições que apresentaram maior BFP foram as condições ambiente 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂. Todas as condições testadas na temperatura de 30°C apresentaram menor BFP e a BSP entre as temperaturas testadas, sendo que a 30 °C, as sementes armazenadas em condição ambiente, 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 80,0 kPa CO₂ apresentaram plântulas normais a ponto de ser possível a realização do teste, as demais condições de AC nessa temperatura, não apresentaram plântulas normais (Figura 12 e 13).

No ano de 2019, para a cultivar FEPAGRO Garapiá, não houve diferença para a BFP e BSP entre as temperaturas de armazenamento (Figura 12 e 13). A condição ambiente armazenada a 25 °C apresentou menor BSP em relação às condições de AC (Figura 13). A cultivar F-26 não apresentou diferença entre as temperaturas de armazenamento para a variável BSP, sendo que as condições de AC em todas as temperaturas apresentaram maiores médias em relação à condição ambiente (Figura 13). A BFP, apresentou nessa mesma cultivar diferença entre as temperaturas de armazenamento, sendo que as condições 1,0 kPa O₂ + 0,15 kPa CO₂, 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ apresentaram menor BSP nas

temperaturas de 25 e 30 °C quando comparadas às mesmas condições a 20 °C. Entre as pressões parciais testadas em cada temperatura a condição ambiente apresentou as menores médias na temperatura de 20 e 30°C. Não houve diferença entre as condições de atmosfera no armazenamento a 25°C (Figura 12 e 13). Os níveis de CO₂ testados não demonstraram efeito positivo para maior massa seca, indo de acordo com Aguiar et al. (2015) que ao analisar sementes de arroz, não observaram diferença entre as doses de 0, 25 e 50 kPa de CO₂ após 45 dias de armazenamento a 25 °C para a variável massa seca.

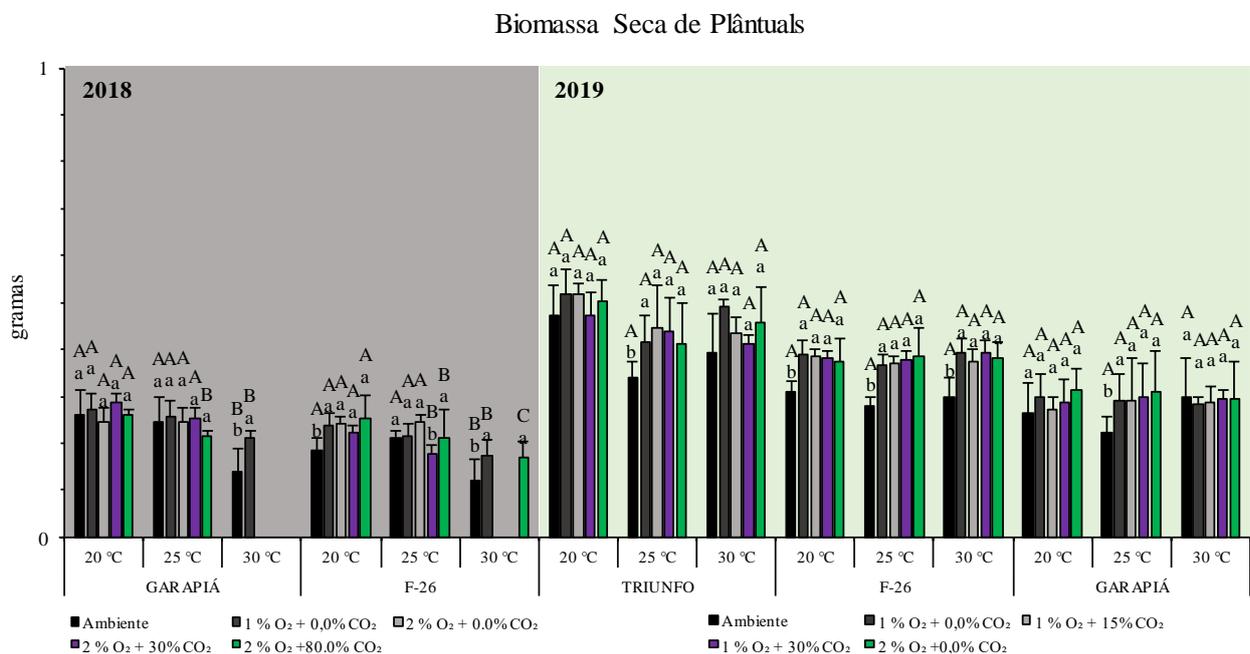


Figura 3- Biomassa seca de plântulas de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

A cultivar FEPAGRO Triunfo, no ano de 2019, apresentou diferenças para a BFP entre as temperaturas testadas, sendo que a temperatura de 20 °C a que apresentou a maior BFP em todas as condições de AC testadas. As condições de AC a 25 °C, 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ na temperatura de 25 °C, apresentaram maior BFP que as condições 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ a 30°C. Entre as condições de atmosfera em cada temperatura, a condição ambiente apresentou menor BFP nas temperaturas de 20 e 25 °C. Na temperatura de 30 °C além da condição ambiente as condições 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ apresentaram menor BFP comparado com as condições 1,0

kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ e 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ (Figura 12). A BSP não apresentou diferença entre as temperaturas de armazenamento, apenas a condição ambiente na temperatura de 25° C apresentou menor BSP em relação as condições de AC, não havendo diferenças nas demais condições de atmosfera em cada temperatura testada (Figura 13).

Silos herméticos, como exemplo o silo bolsa pode ser considerado uma estratégia de armazenamento, pois mantém constante a umidade relativa intergranular dos grãos, sem que ocorra flutuações durante o tempo de armazenamento permitindo manter sua qualidade (BARTOSIK et al., 2008). Outros autores também relataram a manutenção do teor de água do grão, quando utilizado o armazenamento hermético na cultura da soja. Também Alencar et al. (2009) e Schons et al. (2017) relatam que não houve variação do teor de água após 180 dias de armazenamento hermético.

A deterioração das sementes armazenadas em longos períodos, não pode ser evitada, mas sim minimizada. Entre os fatores da deterioração está o teor de água contido nas sementes durante o armazenamento, o qual pode intensificar o processo de perda da qualidade fisiológica das sementes (SANTOS et al., 2005; REED et al., 2007; AVACI et al., 2010). O teor de água nas sementes demonstrou pequenas variações nas cultivares analisadas, valores estes que variaram entre 11,0 % a 12,0 %. As variações do teor de água deram-se na temperatura de 20 °C, para as cultivares FEPAGRO Triunfo e FEPAGRO Garapiá, sendo que a condição ambiente apresentou maior teor de água em relação às condições de atmosfera controlada, para as duas cultivares (Figura 14). Nas temperaturas de 25 e 30 °C não teve diferença entre as condições e entre as temperaturas testadas para cada condição. A cultivar F-26 não apresentou diferenças no teor de água nas condições testadas (Figura 14). Essa variação do teor de água na condição ambiente é devido ao equilíbrio higroscópico da semente, quando armazenada em condições ambiente, ou seja, seu equilíbrio dá-se em função da umidade relativa do ambiente e a temperatura ao longo do armazenamento, podendo assim ter variações maiores quando comparados com o armazenamento em ambientes herméticos.

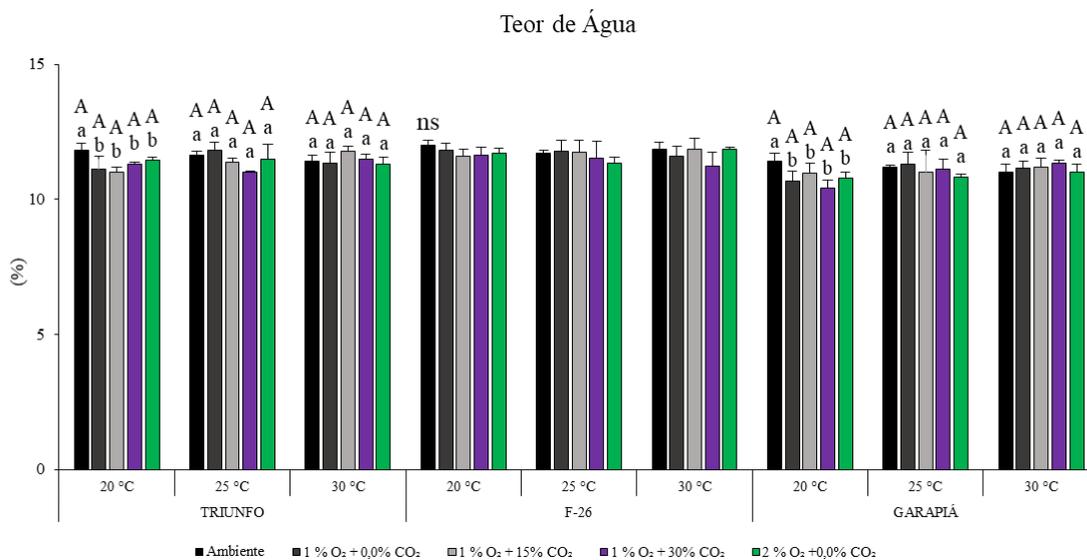


Figura 4- Teor de água de sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

3.5 CONCLUSÕES

O armazenamento de sementes na temperatura de 20 °C, com a utilização da atmosfera controlada, com baixos níveis de oxigênio, possibilita uma maior qualidade fisiológica das sementes após sete meses de armazenamento.

As temperaturas elevadas de 25 e 30 °C não são recomendadas para o armazenamento de sementes por sete meses, mesmo utilizando atmosfera controlada.

Não há efeitos positivos na aplicação de 15, 30 e 80 kPa de CO₂ associado com baixos níveis de oxigênio no armazenamento hermético para as cultivares, FEPAGRO Garapiá, Fepagro-26 e FEPAGRO Triunfo após sete meses de armazenamento.

As sementes armazenadas em 20 °C em condição ambiente e em AC, apresentaram o percentual mínimo de germinação exigido pela legislação, no teste padrão de germinação, emergência entre areia e emergência a campo.

3.6 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. W. de S. et al. Effect of carbono dioxide on quality of tice seeds. **Bioscience Journal**, Garupi, v. 31, n.5, p. 1413-1422, 2015.
- AMARO, H. T. R. et al. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 383-389, 2015.
- ANANDALAKSHMI, R. et al. Influence of seed storage atmosphere on oil content and germination of physic nut (*Jatropha curcas* L.). **International Journal of Advanced Life Sciences**, Coimbatore, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2015.
- AVACI, A. B. et al. Qualidade fisiológica de sementes de feijão envelhecidas em condições de alta temperatura e umidade relativa. **Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 16, n. 1, p. 33-38, 2010.
- BABARINSA, F. A. et al. Controlled atmosphere storage of brown cowpea under nitrogen. **Croatian Journal of Food Science and Technology**, Garkawa, v. 9, n. 2, p. 102-107, 2017.
- BAALBAKI, R. et al. Manual de teste de vigor de sementes, **Association of Official Seed Analysts**, New York. EUA. (contribuição no handbook on seed testing, 32), 2009.
- BARTOSIK, R. et al. Early detection of spoiled grain stored in hermetic plastic bags (silo-bags) using CO₂ monitoring. In: Proceedings of the 8th international conference controlled atmospheres and fumigation of stored products. **Science and Technology**, Buenos Aires, p.550-554, 2008.
- BALDIN, E.L.L.; PEREIRA, J.M. Resistência de genótipos de feijoeiro a *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera: Bruchidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.6, p.1507-1513, 2010.
- BANKS, H.J.; ANNIS, P.C. comparative advantage of high CO₂ and low O₂ types of controlled atmospheres for grain storage. In: **Food Preservation by Modified Atmospheres**. Ed. Calderon, m.; Barkai-Golan, R., CRC Press, Boca Taton. pp 93-119, 1990.
- BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A. C. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. **Plant Physiology**, New York, v. 98, n. 3, p. 1207-1210, 1992.
- Brasil. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Regras para análise de sementes**, Brasília, p. 309, 315, 316, 2009.
- Companhia nacional de abastecimento (CONAB) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Sexto levantamento. v.5, n.6, março 2017. Disponível em: http://www.conab.gov.br/olalacms/uploads/arquivos/18_03_13_14_15_33_grao_marco_2018.pdf. Acesso em: 18 de mar. 2018.
- Darby J.A.; Caddick L.P. **Review of grain harvest bag technology under Australian conditions**. Canberra, p.112, 2007.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D. Seed longevity - moisture content relationships in hermetic and open storage. *Seed Science and Technology*, v. 35, n. 2, p. 423-431, 2007.

FARONI, L. R. D'A; SILVA, J.S. Manejo de pragas no ecossistema de grãos armazenados. In: Silva, J.S. (2nd ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, p.371-406, 2008.

FREITAS, R. S. et al. Quality of beans stored under hermetic conditions. **Engenharia Agrícola**, v.31, p. 1136-1149, 2011.

GUEDES, J.V.C. et al. Controle de *Sitophilus zeamais* motschulschy através de diferentes concentrações de CO₂ e O₂. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n. 2, 1996.

GUEDES, R.N.C. et al. Resistência ao DDT e aos piretróides em populações brasileiras de *Sitophilus zeamais* motschulschy (Coleoptera: Curculionidae). In: **Congresso Brasileiro de Entomologia**, Piracicaba, p. 537, 1993.

HUDAIB, T. et al. Bioactivity of endosperm extracts from susceptible and resistant bean seeds against *Callosobruchus maculatus*. **Journal of Stored Products Research**, Lincoln, v. 84, 2019.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, p. 81, 2015.

LUDWIG, V. Atmosfera controlada e temperatura de armazenamento na qualidade fisiológica e química de sementes e grãos de soja. 2019. Dissertação (mestrado em Agronomia) -Departamento de Fitotecnia, Santa Maria.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2. Ed. Londrina: ABRATES, 2015a. 600p.

MENTEN, J. O. et al. **Qualidade das sementes de feijão no Brasil**, 2006. Artigo em hipertexto. Disponível em: <[http:// www.infobibos.com/artigos/2006_2/sementesfeijão/index.htm](http://www.infobibos.com/artigos/2006_2/sementesfeijao/index.htm)>. Acesso em 13 out. 2019.

PARAGINSKI, R.T. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 1, p. 358-363, 2015.

PARAGINSKI, R.T. Physicochemical and pasting properties of maize as affected by storage temperature. **Journal of Stored Products Research**, Lincoln, v.58, p. 209–214, 2014.

PESKE, S. T. et al. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. 3.ed., Pelotas: Editora e Gráfica da UFPel, p.415, 2006.

REED, C. et al. Response of storage molds to different initial moisture contents of maize (corn) stored at 25 °C, and effect on respiration rate and nutrient composition. **Journal of Stored Products Research**, Lincoln, v.43, p.443-458, 2007.

RODRÍGUEZ, J. C. et al. **Almacenaje de granos en bolsas plásticas: sistema silobag**, 2010. Disponível em: <<http://www.engormix.com>>. Acesso em: 11 dez. 2019

RUPOLLO, G. et al. efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v.30, n.1, p.118-125, 2006.

SANTOS, C. M. R; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1 p.110-119, 2005.

SILVA, M. G. C. et al. Hermetic storage as an alternative for controlling *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and preserving the quality of cowpeas. **Journal of Stored Products Research**, Lincoln, v. 78, p. 27-31, 2018.

SOUZA, L. A. de. Resistência de dez genótipos de feijão ao *Acanthoscelides obtectus* em laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, p.15-18, 1988.

VIEIRA, E. H. N.; YOKOYAMA, M. Colheita, processamento e armazenamento. In: Vieira, E. H. N.; Rava, C. A. **Sementes de feijão - produção e tecnologia**, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 233-248, 2000.

ZUCARELI, C. et al. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 803-809, 2015.

4 ARTIGO 2

4.1 QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO ARMAZENADOS EM ATMOSFERA CONTROLADA EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Resumo:

Técnicas adequadas de armazenamento são necessárias para reduzir perdas e manter a qualidade físico-química de grãos em pós-colheita. Apesar do Brasil estar entre os países de maior produção e consumo de feijão, há uma deficiência quanto as formas de armazenamento, logística e controle de pragas no período pós-colheita. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de pressões parciais de oxigênio (O₂) e gás carbônico (CO₂), combinadas com temperaturas sobre a manutenção das características físico-químicas de grãos de feijão durante o armazenamento em atmosfera controlada. No ano de 2018, grãos das cultivares FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá foram armazenadas durante sete meses nas seguintes condições: [1] ambiente; [2] 1,0 kPa O₂ + 0,04 kPa CO₂; [3] 2,0 kPa O₂ + 0,04 kPa CO₂; [4] 2,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂; [5] 2,0 kPa O₂ + 80,0 kPa CO₂. Em 2019 grãos das cultivares FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo foram armazenados durante sete meses nas seguintes condições [1] ambiente; [2] 1,0 kPa O₂ + 0,04 kPa CO₂; [3] 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂; [4] 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂; [5] 2,0 kPa O₂ + 0,04 kPa CO₂ nas temperaturas de 20, 25 e 30°C. As análises realizadas foram: tempo de cozimento, luminosidade do tegumento, teor de água, peso de mil grãos, proteína bruta e infestação por *Acanthoscelides obtectus*. Observou-se tempos de cozimento superiores a 25 minutos em temperatura de 30 °C, e menores de 25 minutos em temperaturas de 20 °C com a utilização da atmosfera controladas para as três cultivares e nos dois anos de experimento. O armazenamento em atmosfera controlada, nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C, manteve alta luminosidade em todas as cultivares testadas e teor de proteína igual ou superior a condição ambiente após sete meses de armazenamento.

Palavras-chave: Armazenamento, Pós-colheita, *Phaseolus vulgaris* L..

4.2 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui importância socioeconômica em todo mundo, principalmente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. Sua importância fundamenta-se no fornecimento da base proteica na alimentação humana, além de garantir a fonte de outros nutrientes como ferro e zinco. Em alguns países como Myanmar, Brasil, Argentina, México, Quênia, Nicarágua é uma das principais fontes de renda dos agricultores (BROUGHTON et al., 2003; WANDER et al., 2007; ELSADR, 2011; YOKOYAMA, 2011; JONES et al., 2011; LOPES et al., 2015).

O Brasil está entre os países de maior consumo (cerca de 3.4 milhões de t/ano) e maior produção mundial de feijão (em torno de 3,0 milhões de t/ano⁻¹) (CONAB, 2019; FAO, 2019). Contudo, após a colheita, perde-se 20% da produção por más condições de armazenamento, infraestrutura, logística no transporte ou por ataque de pragas (MORAIS et al., 2011; COSTABILE, 2017). Os países onde há elevadas temperaturas e elevada umidade relativa do ar intensificam ainda mais as perdas após a colheita.

Apesar do feijão ser considerado um produto durável devido seu baixo conteúdo de água (decorrente da secagem), ele está sujeito a deterioração durante o armazenamento, sendo de grande importância utilizar condições adequadas de armazenamento, principalmente para assegurar a qualidade dos grãos e proporcionar maior preço no período de entressafra. Além disso, as regiões de maior crescimento em produção de feijão no Brasil estão localizadas em nas regiões central, norte e nordeste do país, as quais possuem elevadas temperaturas e que sofrem variações de umidade, o que acelera ainda mais a deterioração no período de estocagem (ZHANG et al., 1995; ORDOÑES, 2005).

Quando armazenado em condições inadequadas, os grãos de feijão ficam sujeitos a deterioração, o que causa o aumento do tempo de cocção, escurecimento do tegumento, redução de nutrientes entre outros aspectos. Segundo Coelho et al. (2009) e Freitas et al. (2011), altas temperaturas podem alterar a composição nutricional do grão pelo efeito chamado *hard-to-cook* (HTC - difícil de cozinhar) devido ao maior tempo de cozimento. Outro parâmetro afetado durante o armazenamento é a cor do tegumento onde, a utilização do armazenamento hermético juntamente com condições de atmosfera controlada podem ser uma alternativa para conservar a coloração do tegumento, que para feijões do tipo carioca é importante para sua comercialização (BRACKMANN et al., 2002; BASSINELLO et al., 2003).

A atmosfera controlada pode ser uma técnica promissora para o armazenamento de grãos de feijão mantendo a qualidade físico-química, além de possibilitar o controle de insetos

responsáveis por aproximadamente 15 a 20% das perdas pós-colheita do feijão. O controle de insetos em grãos como feijão e milho com a utilização de silos herméticos, sem que haja a aplicação de inseticidas, apresenta bons resultados no controle e na redução da infestação dos principais insetos que atacam os grãos em pós-colheita (GROOTE et al., 2016; FREITAS et al., 2016; SILVA et al., 2018).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de pressões parciais de oxigênio (O₂) e gás carbônico (CO₂), combinadas com temperaturas de 20, 25 e 30 °C sobre a manutenção das características químicas de grãos de feijão armazenados durante sete meses em atmosfera controlada.

4.3 METODOLOGIA

4.3.1 Material experimental e preparação das amostras

O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP), no departamento de fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. No ano de 2018 e 2019 o experimento foi realizado com grãos da cultivar Fepagro-26 e Garapiá, ambas adquiridas no Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA)/ Centro de Pesquisa de Sementes, localizado no município de Júlio de Castilhos-RS. Logo após a chegada ao NPP, foi realizado a determinação do teor de umidade, na qual lotes com teor de umidade superiores à 11,5 %, passaram por secagem com ar forçado, a temperatura do ar introduzido na massa de grãos foi de 35 °C, até chegar no teor de umidade de 11,0 a 11,5 %. Após a secagem, foi realizado a pesagem e homogeneização das amostras de 1,0 kg de grãos. No ano de 2018, foram realizadas a análise inicial das seguintes variáveis: Tempo de Cozimento da cultivar Fepagro- 26 e Garapiá que foram de: 11,56 e 14,78 minutos respectivamente; Cor do tegumento: cultivar Garapiá que apresentou o valor de 50,4 de parâmetro luminosidade. No ano de 2019, foi realizada a análise inicial das seguintes variáveis: Tempo de Cozimento das cultivares Fepagro- 26, Garapiá e Triunfo, que foram de 15,27, 16,28 e 16,29 minutos respectivamente; Cor do tegumento: cultivar Garapiá apresentou um valor de 79,0 do parâmetro luminosidade. As tabelas 1 e 2 representadas abaixo demonstram a relação das pressões parciais de gases utilizadas no ano de 2018 e 2019 combinadas com as temperaturas testadas.

Tabela 1- Condições de temperatura, pressões parciais de oxigênio e gás carbônico no armazenamento em atmosfera controlada de grãos de feijão cvs. FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá, Santa Maria, 2018.

Condição	Temperatura	kPa O ₂	kPa CO ₂
1	20 °C	20,0	0,04
2	20 °C	1,00	0,00
3	20 °C	2,00	0,00
4	20 °C	2,00	30,0
5	20 °C	2,00	80,0
6	25 °C	20,0	0,04
7	25 °C	1,00	0,00
8	25 °C	2,00	0,00
9	25 °C	2,00	30,0
10	25 °C	2,00	80,0
11	30 °C	20,0	0,04
12	30 °C	1,00	0,00
13	30 °C	2,00	0,00
14	30 °C	2,00	30,0
15	30 °C	2,00	80,0

Tabela 2- Condições de temperatura, pressões parciais de oxigênio e gás carbônico no armazenamento em atmosfera controlada de grãos de feijão cvs. FEPAGRO 26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo, Santa Maria, 2019.

Condição	Temperatura	kPa O ₂	kPa CO ₂
1	20 °C	20,0	0,04
2	20 °C	1,00	0,00
3	20 °C	1,00	15,0
4	20 °C	1,00	30,0
5	20 °C	2,00	0,00
6	25 °C	20,0	0,04
7	25 °C	1,00	0,00
8	25 °C	1,00	15,0
9	25 °C	1,00	30,0
10	25 °C	2,00	0,00
11	30 °C	20,0	0,04
12	30 °C	1,00	0,00
13	30 °C	1,00	15,0
14	30 °C	1,00	30,0
15	30 °C	2,00	0,00

Os grãos foram armazenados durante sete meses em silos de metal com volume de 24 L. Para a obtenção das condições de atmosfera foi realizado a diluição da pressão parcial de oxigênio (O₂), através da injeção de nitrogênio (N₂), proveniente proveniente de um gerador de N₂ que funciona pelo princípio “*Pressure Swing Adsorption*” (PSA), nos silos herméticos. A pressão parcial de CO₂ foi obtida através da injeção do gás de um cilindro de alta pressão de CO₂. Duas vezes por semana foi realizada a determinação e correções das pressões parciais dos gases no interior dos silos, com auxílio de um analisador de gases marca Isolcell[®] modelo Oxycarb 6. A temperatura de cada tratamento foi obtida com a alocação dos silos no interior de câmaras frigoríficas, monitoradas por termostatos eletrônicos e com termômetros de mercúrio, para aferição diária da temperatura.

4.3.2 Variáveis analisadas

4.3.2.1 Teor de água

A determinação do teor de água foi realizada por gravimetria, expondo os grãos à temperatura de 105 °C, durante 24 horas. Para a análise utilizou-se aproximadamente 50 g de grãos, pesados antes e depois da secagem na estufa, conforme regras de análise de sementes (BRASIL, 2009).

4.3.2.2 Cor do tegumento

A avaliação da cor do tegumento foi realizada através da utilização de um colorímetro, marca Minolta modelo CR- 310, o qual faz a leitura de cores em um sistema tridimensional, avaliando a cor em três eixos. Os dados foram coletados pelo valor do eixo L* que indica a luminosidade do grão, que determina a variação da cor de branco ao preto, ou seja, o escurecimento do grão (McGUIRE, 1992). Para cada tratamento, foram realizadas três repetições. A análise constituiu em dez determinações para cada repetição, realizada em um recipiente com 15 cm de diâmetro e 5 cm de altura de modo que o feijão cobriu totalmente a parte inferior do recipiente utilizado na análise.

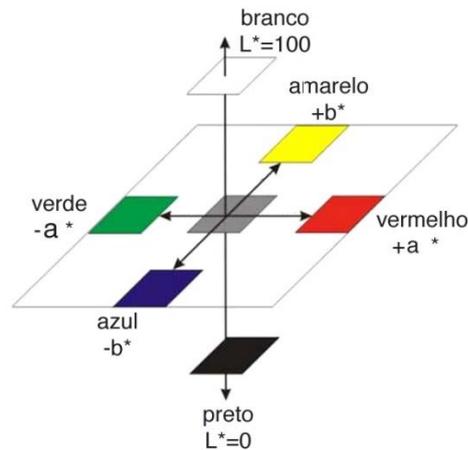


Figura 1-Representação do sistema tridimensional mensurado do colorímetro Minolta modelo CR- 310.

4.3.2.3 Tempo de cozimento

O tempo de cozimento foi determinado utilizando o método proposto por Mattson (1946), com adaptações. O método consistiu em analisar 25 grãos previamente embebidos em 80 mL de água destilada, por 8 horas a 25 °C, após este período os 25 grãos foram inseridos na placa de suporte do aparelho de Mattson, o qual contém 25 hastes. As hastes apresentavam comprimento de 210 mm e massa de 89 g, possuindo, na extremidade, uma ponta com 2,05 mm de diâmetro e comprimento de 9 mm, para a penetração no grão em análise. O equipamento com os grãos foi colocado em um recipiente com capacidade de 3,0 L, contendo em média 1,5 L de água destilada fervente em seu interior, sendo a temperatura próxima a 100 °C. A temperatura da água foi mantida aquecendo-se constantemente o recipiente com auxílio de um fogão a gás.

À medida que o cozimento ocorria, as extremidades das hastes perfuravam os grãos submersos na água fervente e estas caíam, determinando o tempo de cocção daquele grão. O tempo de cada haste era cronometrado e anotado. Iniciou-se a contagem do tempo desde a inserção das hastes na água até o caimento da 13ª haste que representava mais de 50% dos grãos cozidos, obtendo assim ao final de cada replicata o tempo médio de cocção para cada amostra.

4.3.2.4 Teor proteico

A proteína bruta foi mensurada através do método Kjeldahl. A determinação teve início com a trituração da amostra do feijão armazenado (0,3 gramas/amostra), seguido de três etapas: digestão, destilação e titulação, as etapas seguem a seguinte ordem: a) Digestão: A amostra triturada foi inserida em tubos de ensaio os quais foram adicionados reagentes como ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o catalizador sulfato de cobre ($CuSO_4$) antes dos tubos serem levados ao bloco digestor onde, em temperatura de $400\text{ }^\circ\text{C}$, ocorreu a decomposição da matéria orgânica; b) Destilação: Após um período de 8 horas no bloco digestor os tubos foram retirados e passados para a próxima etapa que é a destilação. A amostra digerida foi resfriada, diluída em água e alcalinizada com hidróxido de sódio ($NaOH$), com o indicador fenolftaleína e o catalizador contendo ácido bórico (H_3BO_3) e, após isso, colocada no destilador que, com elevação da temperatura por 15 minutos, houve formação de borato de amônio; c) Titulação: Após foi realizada a titulação do borato de amônio com ácido clorídrico (HCl), sendo o ponto de viragem quando a solução apresentou a coloração rósea; d) Cálculo da proteína bruta: Para quantificação da proteína bruta total, após realizada a etapa de titulação, a quantidade de HCl utilizada para titulação de cada amostra foi inserida em uma equação apresentada abaixo e o valores expressos em porcentagem (%) de proteína bruta.

Equação 1- Proteína bruta:

$$PB = ((V_a * FC * N * 0,014 * FN) / PA) * 100 \quad (1)$$

Onde:

PB= Proteína Bruta

Va= Volume titulado

FC= Fator de correção do ácido (1,0021)

N= Normalidade do ácido

0,014= Miliequivalente-grama do nitrogênio.

FN= Fator de conversão de nitrogênio em proteína (6,25)

PA = Peso da amostra (g)

4.3.2.5 Grãos danificados por insetos

Para a avaliação da porcentagem de grãos danificados por insetos, as amostras da condição ambiente foram divididas em duas subamostras, onde uma recebeu a aplicação de hidreto de fósforo (PH₃) (fosfina), na dosagem de 1 cápsula/ m³ aplicada mensalmente, e a outra subamostra não recebeu a aplicação de fosfina. A subamostra que não recebeu a aplicação de fosfina foi utilizada para o tratamento controle para a contagem dos grãos danificados por *Acanthoscelides obtectus*. As amostras de todas condições de armazenamento foram avaliadas e contabilizados o número de grãos que apresentavam perfurações causadas pelo inseto. Os resultados foram expressos em porcentagem de grãos danificados.

4.3.3 Análise estatística

Para a condução dos experimentos foi adotado o experimento bifatorial no delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições compostas por 1,0 kg de grãos. Os dados foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidades das variâncias residuais e posteriormente submetidos à análise da variância em nível de 5% de probabilidade de erro. Para a comparação de médias foi utilizado o teste de Scott-Knott, realizado no software estatístico SISVAR[®].

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de atmosfera controlada (AC) nos dois anos de experimento mantiveram menor tempo de cozimento apenas na temperatura de 20 °C para as três cultivares (FEPAGRO 26 (F-26), FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo) quando comparadas à condição ambiente e as condições de AC testadas nas temperaturas de 25 e 30 °C. A utilização da atmosfera controlada durante o armazenamento não apresentou benefício na manutenção do tempo de cozimento para os grãos armazenados nas temperaturas de 25 °C, em todas as cultivares e nos dois anos de experimento (Figura 2). No entanto, no ano de 2018, a utilização de 1,0 kPa O₂ apresentou menor tempo de cozimento na temperatura de 30 °C em comparação às outras condições testadas.

Todas as cultivares testadas nos dois anos de experimento, apresentaram maior tempo de cozimento com aumento da temperatura de armazenamento (Figura 2). Alguns trabalhos

destacam que períodos em temperaturas elevadas podem levar ao aumento do tempo de cozimento e deterioração dos grãos, em condições ambientais de armazenamento (LIU et al., 1992; PARAGINSKI et al., 2015).

A utilização de baixas pressões parciais de oxigênio com elevados níveis de gás carbônico (1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂, 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂, 2,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 80,0 kPa CO₂) na temperatura de 25 não manteve um reduzido tempo de cozimento. Resultado similar foi encontrado na temperatura de 30 °C, em que somente a condição 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ no ano de 2018 apresentou menor tempo de cozimento quando comparado com as outras condições nessa temperatura.

A maior resistência ao cozimento do feijão armazenado em elevadas temperaturas de 25 e 30 °C está associada ao efeito denominado ‘*Hard to cook*’ (HTC) ou difícil de cozinhar, que tem relação com a ativação de fitases, polifenoloxidasas, proteases, lipases e peroxidases (PIHAYATI et al., 2011).

A complexação de proteínas e carboidratos, que acarretam a insolubilização dos componentes da parede celular, restringindo a entrada de água no tegumento, pode ter sua velocidade elevada aumentando-se a temperatura de armazenamento (PIHAYATI et al., 2011). A restrição da entrada de água no tegumento restringe a desnaturação proteica e, conseqüentemente a gelatinização do amido levando ao endurecimento dos grãos (LIU, 1995; SHIGA, 2009; PIHAYATI et al., 2011). Desse modo, essas alterações podem explicar o fato de que o uso de condições de AC com baixos níveis de oxigênio e elevados níveis de gás carbônico não mantiveram o baixo tempo de cozimento nas elevadas temperaturas de 25 e 30°C.

O tempo médio de cozimento dos grãos armazenados em atmosfera controlada na temperatura de 20 °C para as cultivares F-26, FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo permaneceram entre 17 e 25 minutos. Esses resultados vão de encontro com o tempo médio aceitável pelos consumidores que segundo Ribeiro et al. (2008), que é de no máximo 25 minutos. Entretanto, todas as condições de atmosfera testadas, no armazenamento hermético, nas temperaturas acima de 20°C não mantiveram esse tempo de cocção.

O tempo de cozimento juntamente com a luminosidade dos grãos são os principais fatores que proporcionam uma boa aceitação no mercado pelos consumidores bem como agregam valor ao produto após a colheita (POHNDORF, 2012). Lopes (2011) ressalta que o tempo de armazenamento é um fator determinante para a qualidade do grão, sendo que a luminosidade, a qual é medida com auxílio de um colorímetro, diminui com o tempo de armazenamento, caracterizando assim o escurecimento do grão. Após sete meses de

armazenamento, para a cultivar FEPAGRO Garapiá (feijão carioca) observou-se que a Luminosidade (L) permaneceu com maiores valores nas condições de atmosfera controlada, quando comparadas com a condição ambiente, para as três temperaturas e nos dois anos de experimento (Figura 3).

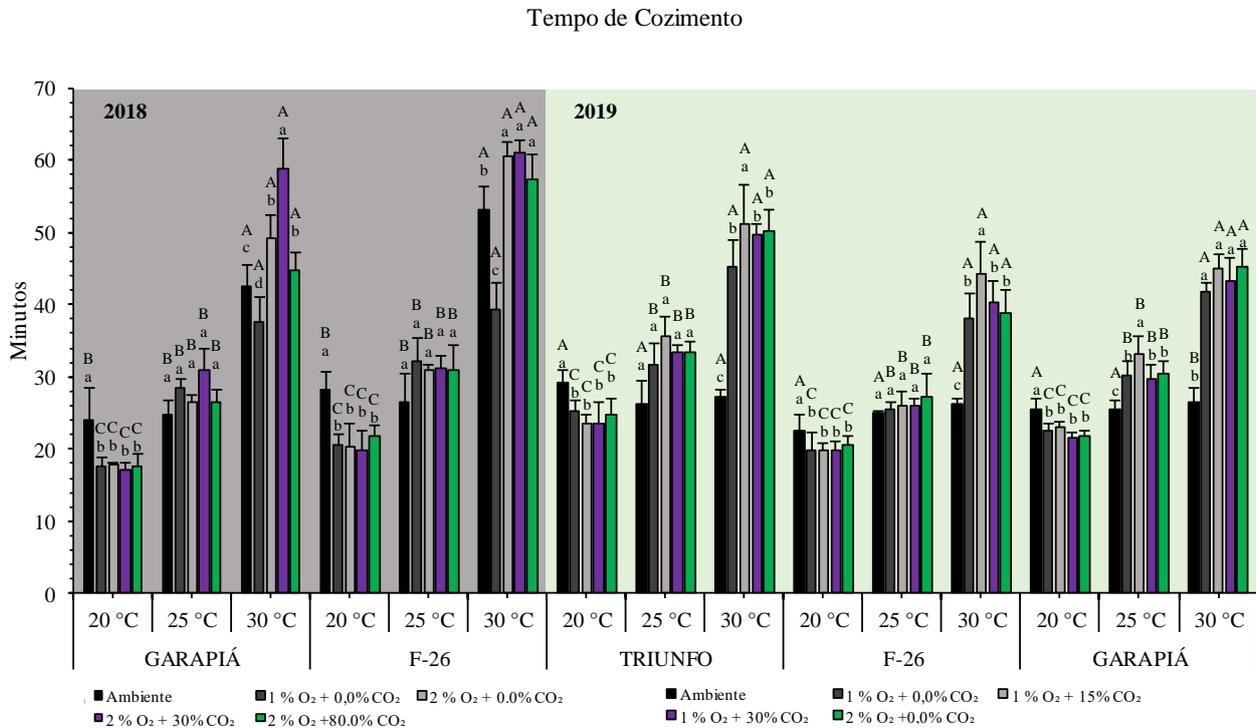


Figura 5- Tempo de cozimento de grãos de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras de erros representam o desvio padrão.

A manutenção da coloração clara do feijão submetido a condições de AC indica que algumas transformações bioquímicas foram reduzidas ou não realizadas quando se utilizou pressões parciais ultrabaixas de O₂ associadas ou não com pressões parciais elevadas de CO₂ no armazenamento hermético, devido ao fato de que enzimas dependentes de oxigênio não são ativadas em decorrência das condições ultrabaixas de oxigênio utilizadas durante o armazenamento (LOPES, 2011). Rios et al. (2002) e Lopes (2011) associam o aumento do escurecimento do tegumento à maior atividade de enzimas como polifenoloxidase, peroxidase e à composição de compostos fenólicos. Lima et al. (2014) relataram que o armazenamento a vácuo de feijão carioca durante seis meses na temperatura de 20 °C (\pm 5 °C) manteve maior luminosidade e menor tempo de cozimento, fatos atribuídos a menor atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase.

Elevada temperatura de armazenamento é um dos fatores que mais propicia a deterioração dos grãos no armazenamento (Santos et al., 2005). Entretanto, no presente trabalho verificou-se que níveis baixos de oxigênio (1,0 e 2,0 kPa) preservaram a maior luminosidade do feijão carioca em todas as temperaturas avaliadas de 20, 25 e 30 °C, não havendo diferenças significativas para esta variável entre as temperaturas de armazenamento. Corroborando, Franco (2015) observou maior manutenção da coloração do tegumento do feijão carioca, quando armazenado em AC sob temperatura de 25 °C. Lima et al. (2014) e Zambiasi (2015) também observaram maior luminosidade em grãos de feijão carioca quando armazenados em atmosfera modificada após oito meses de armazenamento quando comparado com condição ambiente.

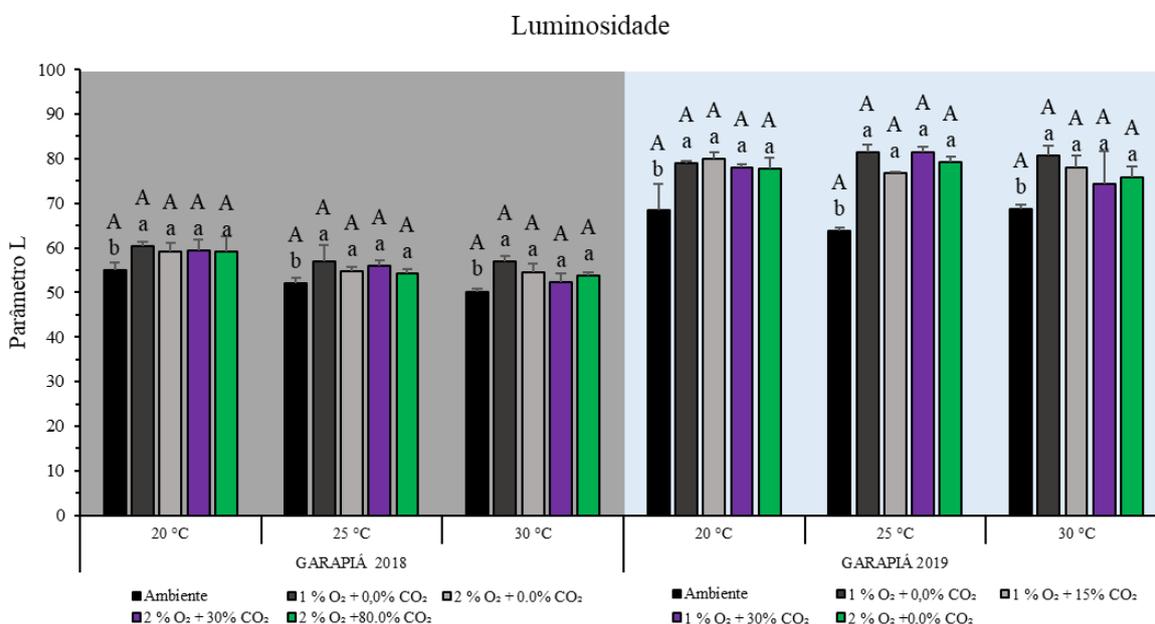


Figura 3- Luminosidade de grãos feijão cv. Garapiá, armazenadas durante sete meses, nos anos de 2018 e 2019. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Barras de erros representam o desvio padrão.

Não houve diferença significativa para a variável peso de mil sementes, entre as temperaturas testadas nas diferentes condições de atmosfera e nos dois anos de avaliação (Figura 4). Não houve diferença no PMS entre a condição de AC e ambiente, após sete meses de armazenamento, nas três temperaturas testadas. Esse resultado pode ser explicado devido às diferenças de temperatura testadas não serem muito discrepantes uma da outra quando comparado com outros trabalhos, que encontraram diferenças no peso de mil sementes no armazenamento de grãos em condições ambientes numa maior escala entre as temperaturas (PARAGINSKI et al., 2015). Esses mesmos autores relataram que o armazenamento de grãos

de feijão em temperaturas de 35°C apresentam diminuição do peso de mil sementes ao longo do tempo quando comparado com as temperaturas de 15 e 25 °C. Antunes et al. (2011) relatam também, que para grãos de milho, a diminuição no peso de mil sementes está associada também ao ataque de insetos, além de temperatura e umidade.

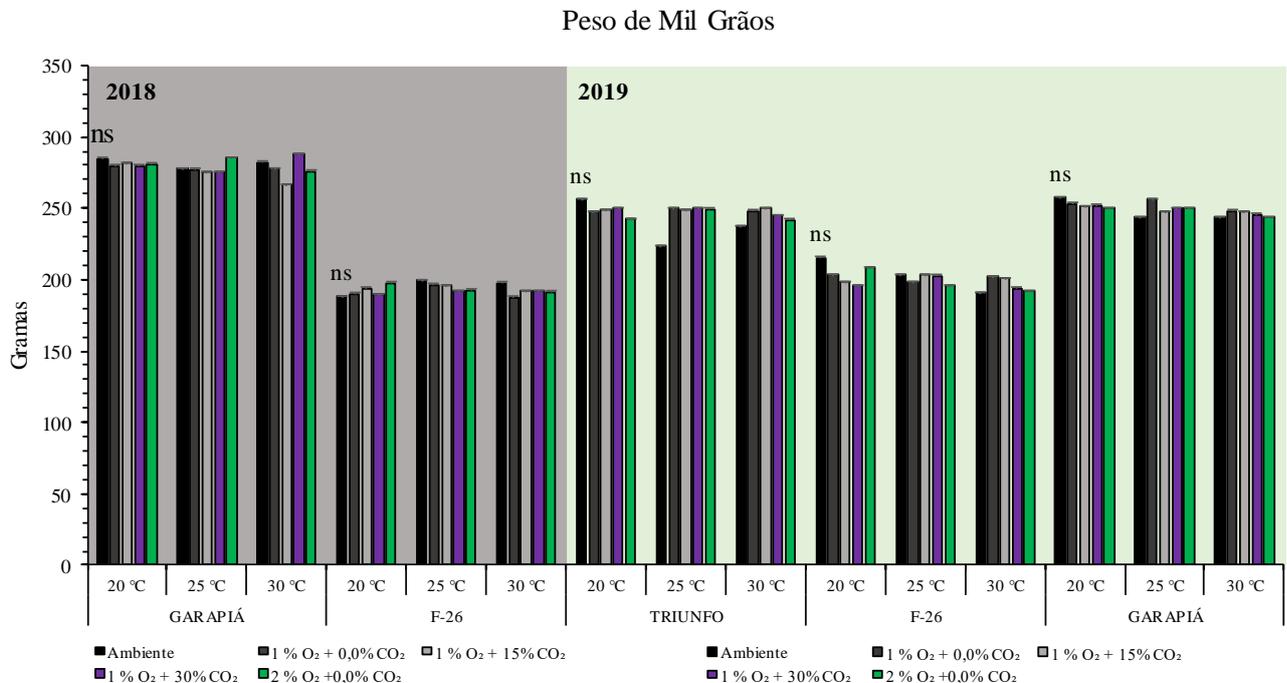


Figura 6- Peso de mil sementes de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante 7 meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Barras de erros representam o desvio padrão.

Entre as condições de atmosfera testadas, não houve diferença para a variável teor de água para a cultivar F-26, não havendo diferenças entre as temperaturas testadas 20, 25 e 30 °C nas três cultivares. Foi observado maior teor de água, na condição ambiente, nas cultivares FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo na temperatura de 20 °C, quando comparado com as condições 1,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂; 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂; 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ (Figura 17). O armazenamento em AC possibilitou o equilíbrio higroscópico do grão ao longo do armazenamento, sendo que a técnica de atmosfera controlada não influenciou o teor de água do grão.

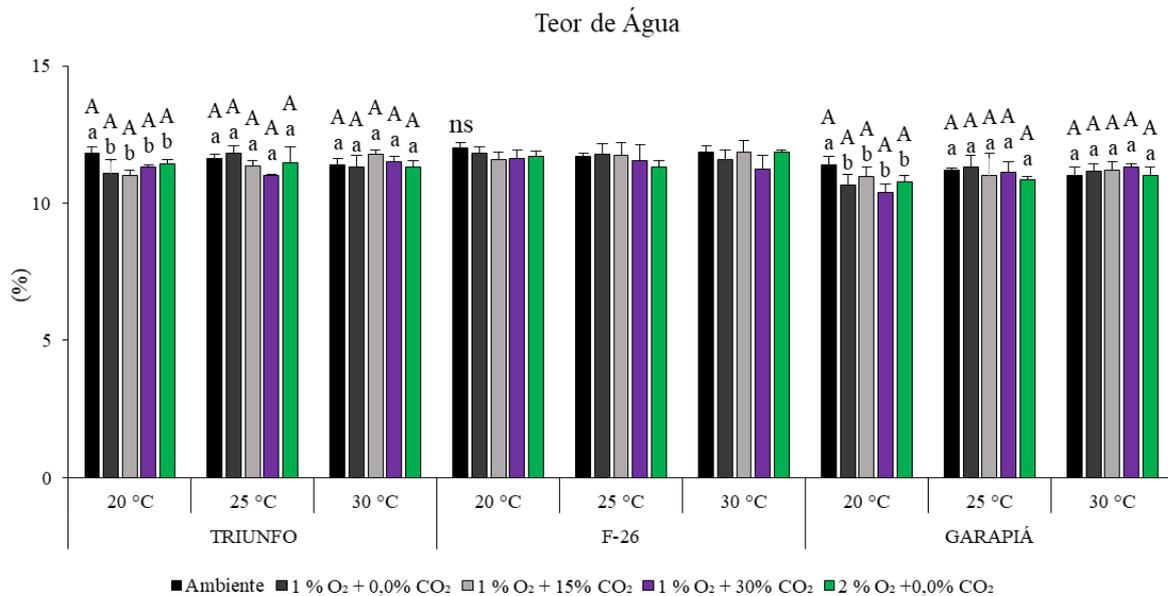


Figura 5- Teor de água de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais na condição de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Barras de erros representam o desvio padrão.

Silos herméticos, como o silo bolsa, podem ser considerados uma estratégia de armazenamento a qual mantém constante a umidade intergranular do grão sem que ocorram flutuações durante o tempo de armazenamento permitindo manter sua qualidade (BARTOSIK et al., 2008). Outros autores também relataram a manutenção do teor de água intergranular, quando utilizado o armazenamento hermético na cultura da soja onde Alencar et al. (2009) e Schons et al. (2017) que relatam que não houve variação do teor de água após 180 dias de armazenamento hermético.

O maior teor de água entre as condições ambientes das cultivares FEPAGRO Triunfo e FEPAGRO Garapiá, quando armazenadas à temperatura de 20 °C, (Figura 5) é devido ao equilíbrio higroscópico do grão, quando armazenado em condições ambiente, ou seja, seu equilíbrio dá-se em função da umidade relativa do ar e a temperatura ao longo do armazenamento, podendo assim ter variações maiores quando comparados com o armazenamento em atmosfera controlada.

O teor proteico do feijão é de grande relevância, sendo esta leguminosa uma das fontes mais baratas de proteína consumida pela população mundial (FAO, 2018). Para a cultivar FEPAGRO Triunfo, os grãos armazenados nas condições 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ na temperatura de 30°C apresentaram menor teor de proteína quando comparado a essas mesmas condições nas temperaturas de 20 e 25 °C. A condição de 1,0 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ na temperatura de 30 °C, apresentou maior teor de proteína em relação as

demais condições nessa temperatura. Na temperatura de 20 °C a condição ambiente apresentou menor teor de proteína quando comparada com as condições de AC. Não houve diferença no teor de proteína entre o armazenamento em AC na temperatura de 20 e 25 °C (Figura 6).

Os teores proteicos das cultivares analisadas variaram entre 16,0 a 19,0%. Para a cultivar F-26 as condições de armazenamento de 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ na temperatura de 30 °C apresentaram menor teor de proteína quando comparado com as mesmas condições de armazenamento nas temperaturas de 20 e 25°C. A condição ambiente e 2,0 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ apresentaram menor teor de proteína quando comparado com outras condições nas temperaturas de 20 °C. Já a 25 °C a condição ambiente apresentou menor teor de proteína comparado com outras condições de armazenamento. A cultivar FEPAGRO Garapiá apresentou menor teor de proteína na condição ambiente quando armazenada sob temperatura de 20 e 30 °C. No armazenamento na temperatura de 25 °C os menores teores proteicos ocorreram nas condições ambiente e 1,0 kPa O₂ + 30,0 kPa CO₂.

Alterações do teor proteico nos grãos podem estar associadas ao tempo de armazenamento, teor de água e a temperatura durante o armazenamento (SAWAZAKI et al., 1985; COELHO et al., 2013). As alterações proteicas com o tempo de armazenamento estão associadas às formas proteicas presentes nos tecidos dos grãos. As alterações destacadas na literatura estão relacionadas principalmente à desnaturação proteica, alterações do pH e a decomposição das formas químicas de proteínas como albumina, legumina e de aminoácidos durante o armazenamento (SAWAZAKI et al., 1985; SIQUEIRA, 2013).

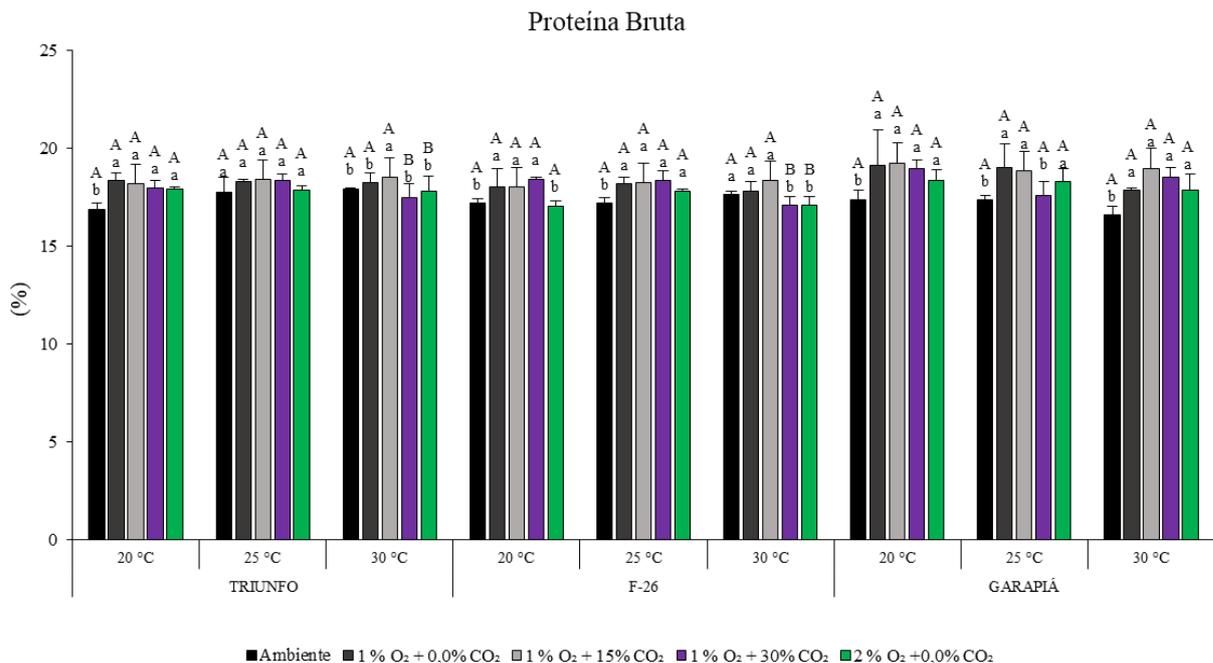


Figura 6- Proteína bruta de feijão cv. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo armazenadas durante sete meses. Barras com letras minúsculas iguais nas condições de atmosfera controlada e barras com letras maiúsculas iguais em cada temperatura de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Barras de erros representam o desvio padrão.

Entretanto, essas mudanças apesar de ocorrerem de forma mais intensiva quando as condições de armazenamento são inadequadas. Franco, (2015) também observou maior teor de proteína no armazenamento de feijão ‘Carioca’ e ‘Pérola’ armazenado em AC em 1, 2, 4 e 6 kPa de O₂ na temperatura de 25 °C, quando comparado à condição ambiente, estando de acordo com encontrado no presente trabalho. No entanto, Coelho et al. (2020) não observaram alterações em aminoácidos ou lipídios no armazenamento em atmosfera controlada com pressões parciais de 1,0 kPa de O₂ + 9,0 kPa CO₂ quando comparado com a condição ambiente.

Uma das principais pragas da cultura do feijoeiro, o *Acanthoscelides obtectus* (caruncho do feijão), além de atacar a cultura no campo fazendo sua postura em vagens, também é responsável por aproximadamente 20 % das perdas em pós-colheita (SOUSA, 1988; MORAIS et al., 2011). O caruncho do feijão, além de danificar a massa de grãos, pode influenciar na elevação da temperatura e no teor de umidade dos grãos, impulsionando o processo de deterioração durante o armazenamento (FREITAS et al. 2016).

Grãos danificados por *Acanthoscelides obtectus*

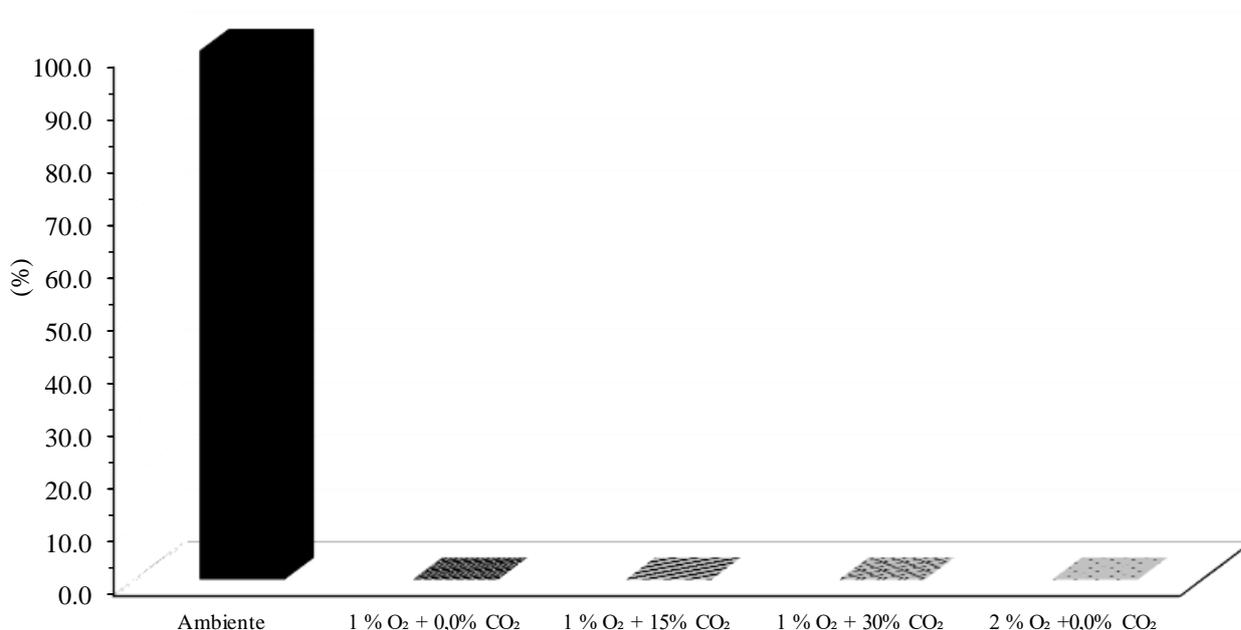


Figura 7- Porcentagem média de grãos de feijão das cvs. Garapiá, Fepagro - 26 e Triunfo danificados por *Acanthoscelides obtectus* após sete meses de armazenamento.

A infestação de *Acanthoscelides obtectus* e danificação de grãos de feijão foram observadas na condição ambiente nas três temperaturas 20, 25 e 30 °C, nas três cultivares testadas, sendo que 100% dos grãos foram danificados após sete meses de armazenamento. Os grãos armazenados em AC não apresentaram nenhum dano após o período de armazenamento (Figura 7).

Os resultados do presente estudo concordam com outros trabalhos que demonstram a eficácia do armazenamento hermético no controle do caruncho. Shivaraja et al. (2012) relataram controle de *Callosobruchus analis* (Besouro do feijoeiro), utilizando concentrações de 0,5 kPa O₂ + 15,0 kPa CO₂ em grãos armazenados por 45 dias, que também não apresentaram qualquer infestação do inseto e presença de ovos após esse período. Além disso, Silva et al. (2018) observaram o controle de *Callosobruchus maculatus* em feijão-caupi quando armazenado em silos herméticos por 120 dias na temperatura de 25 °C. Ademais, Suleiman et al. (2018) observaram controle de *Sitophilus zeamais* na cultura o milho, quando foi armazenado em ambiente hermético no período de 30 dias.

Silos herméticos chamados de *Purdue Improved Cowpea Storage* (PICS) demonstraram eficiência no controle de insetos nas culturas de feijão e milho em países africanos onde são utilizados. A diminuição da pressão parcial de oxigênio nesse sistema e o aumento do gás carbônico faz com que o inseto cesse sua alimentação tornando-se inativos e morrendo por asfixia (Murdock et al., 2012; Cheng et al., 2013; Hell et al., 2014). Ademais, Brackmann et al. (2002) reportam 100% de grãos de feijão danificados quando armazenados em condições ambientes e 0,0 %, quando armazenados em condições de atmosfera controlada com fluxo permanente de 1,1 L h⁻¹ de N₂ pelo silo por um período de nove meses de armazenamento. O armazenamento hermético tem-se mostrado eficiente para o controle de diversos insetos como: *Acanthoscelides obtectus* (GROOTE et al., 2013), *Prostephanus truncatus* (FREITAS et al., 2016), *Callosobruchus maculatus* (BARBARINSA et al., 2017).

4.5 CONCLUSÕES

A utilização da atmosfera controlada possibilita a manutenção da coloração do feijão ‘carioca’ nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C após sete meses de armazenamento. A utilização da AC possibilita manter um menor tempo de cozimento em temperaturas de 20 °C, no entanto, mesmo com a utilização da AC não permite manter um baixo tempo de cozimento nas temperaturas de 25 e 30 °C após sete meses de armazenamento.

A aplicação de altos níveis de gás carbônico (15, 30 e 80 kPa CO₂) não manteve maior luminosidade e menor tempo de cozimento.

A atmosfera controlada reduz a perda do teor proteico do feijão em relação ao armazenamento em ambiente natural durante sete meses.

As condições de atmosfera controlada (1,0 kPa O₂+0,0 kPa CO₂; 1,0 kPa O₂+15,0 kPa CO₂; 1,0 kPa O₂+30,0 kPa CO₂ e 2,0 kPa O₂+ 0,0 kPa CO₂) evitam totalmente a infestação de insetos (*Achantoscelides obtectus*) durante o armazenamento de feijão, podendo ser uma alternativa para o controle dessa praga sem a utilização de inseticidas.

5 REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. R., et al. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.
- ARAÚJO, L. C. A. de., et al. Estimates of genetic parameters of late seed-coat darkening of carioca type dry beans. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 2, p. 156-162, 2012.
- AVACI, A. B. et al. Qualidade fisiológica de sementes de feijão envelhecidas em condições de alta temperatura e umidade relativa. Publicações UEPG ciências exatas terra, **Ciências agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 16, n. 1, p. 33-38, 2010.
- ANTUNES, L. et al. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v.15, p.615-62.
- BABARINSA, F, A; Ndam, O, N; Omodara, M, A. Controlled atmosphere storage of brown cowpea under nitrogen. **Food Science and Technology**, Osijek, v.9, n.2. p.102-107, 2017.
- BARTOSIK, R. An inside look at the silo-bag system. In: proceedings of the 9th international conference controlled atmospheres and fumigation of stored products. **Arber Professional Congress Services**, Antalya, v.1, p. 117-128, 2012.
- BASSINELLO, P. Z.; et al. Aceitabilidade de três cultivares de feijoeiro comum. Comunicado técnico 66. **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás, 2003.
- BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência rural, Santa Maria**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 911-915, 2002.
- BRASIL. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**. Regras para análise de sementes, Brasília, p. 309, 315, 316, 2009.
- BROUGHTON, W.G. et al. Beans (*Phaseolus spp.*) - model food legumes. **Plant and Soil**, Hague, v.252, p.55-128, 2003.
- COELHO, S. R. M., et al. NMR and lc-ms assessment of compound variability of common bean (*Phaseolus vulgaris*) stored under controlled atmosphere. **Food science and technology, Osijek**, v. 117, 2020.
- COELHO, S. R. M., et al. Physico-chemical properties of common beans under natural and accelerated storage conditions. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, 40, 329–636, 2013.
- COELHO, S. R. M. et al. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.
- Companhia nacional de abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Sexto levantamento. V.5, n.6, março 2017. Disponível em:

http://www.conab.gov.br/olalacms/uploads/arquivos/18_03_13_14_15_33_grao_marco_2018.pdf>. Acesso em: 18 de mar. 2018.

CHENG, W. et al. CO₂ enhances effects of hypoxia on mortality, development, and gene expression in cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus*. **Journal Stored Products**, Oxford, v. 59, p.1160-1168, 2013.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. *Engenharia na Agricultura*, v.17, p.7-14, 2009.

ELSADR H, T. et al. Characterization of seed coat post harvest darkening in common bean (*Phaseolus vulgaris l.*). **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v.123, p.1467–1472, 2011.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/qc/visualize/>> acesso em: 28 de abr. De 2018.

FRANCO, F. W. (2015). **Armazenamento refrigerado, em atmosfera modificada e controlada na conservação das qualidades físico-químicas e sensoriais de cultivares de feijão carioca**. 2015. (62 f., dissertação (mestrado em ciências e tecnologia de alimentos), universidade federal de santa maria, santa maria) 2015.

FREITAS et al. Quality of beans stored under hermetic conditions. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, p. 1136-1149, 2011.

FREITAS R, S. et al. Hermetic storage for control of common bean weevil. *Acanthoscelides obtectus* (Say). **Journal of Stored Products Research**, Kidlington, v. 66, p.1-5, 2016.

GOMES, M. R. A., et al. Propriedades físico-químicas de polifenoloxidasas de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 69-72, 2001.

GROOTE et al., 2013. Effectiveness of hermetic systems in controlling maize storage pests in kenya. **Journal Stored Products**, Oxford, v.53, p. 27-36, 2013.

HELL, A. F. 2014. **Alterações metabólicas em função de variáveis ambientais e sua contribuição para a tolerância à perda de água em sementes de Eugenia Pyriformis cambess**. Inst. Dissertação de mestrado - instituto de botânica da secretaria de estado do meio ambiente, p.97, 2014.

JONES, M. et al. Profitability of hermetic purdue improved crop storage (pics) bags for african common bean producers. **Department of Agricultural Economics Purdue University**. Opress, 2011b.

LIMA, R. A. et al. Embalagem a vácuo: efeito no escurecimento e endurecimento do feijão durante o armazenamento. **Ciência rural, Santa Maria**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1664-1670, 2014.

LIU, et al. Insolubilização de proteínas e desestabilização térmica durante o armazenamento em relação ao defeito de cozimento no feijão-frade. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, Oxford, v. 40, p. 2483-2487, 1992.

- LIU, K. Cellular, biological and physicochemical basis for the hard-to-cook defect in legumeseeds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 35, p. 263-298, 1995.
- LOPES, L.M., et al. Population development of *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) in landrace bean varieties occurring in southwestern Amazonia. **Journal Economic Entomology**, 2015.
- LOPES, et al. Population development of *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) in landrace bean varieties occurring in southwestern Amazonia. **Journal Economic Entomology**, Oxford, v.109, p. 467-471, 2016.
- LOPES, R. L. T. **Características tecnológicas de genótipos de feijoeiro em razão de épocas de cultivo e períodos de armazenamento**. 2011. Dissertação (mestrado em agricultura tropical e subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2011.
- MACEDO, E.C. et al. Influência da embalagem do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n.1, p.67-65, 1999.
- MAGUIRE, J. D. Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and 102 vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MURDOCK, L.L. et al. Death by desiccation: effects of hermetic storage on cowpea bruchids. **Journal Stored Produce**. Oxford, v.49, p.166-170, 2012.
- ORDÓÑEZ, J. A. Tecnología de alimentos: **Componentes dos alimentos e processos**. Porto alegre: artmed editora, 2005.
- PARAGINSKI R. T. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.19, n.4, p.358-363, 2015.
- PIRHAYATI M., et al. Chemical and microstructural evaluation of ‘hard-to-cook’ phenomenon in legumes (pinto bean and small-type lentil) **International Journal of Food Science and Technology**, Malden, v.46, n. 9, p.1884-1890, 2011.
- RIBEIRO, N.D. et al. Períodos de semeadura e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.936-941, 2008b.
- RIOS, A. O. et al. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 39-45, 2003.
- SANTOS, C. M. R. et al. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.

SAWAZAKI, H. E. et al. Modificações bioquímicas e físicas em grãos de feijão durante o armazenamento. **Bragantia**, Viçosa, v. 44, n. 01, p. 375-390, 1985.

SULEIMAN R. et al. (2018). Impact of moisture content and maize weevils on maize quality during hermetic and non-hermetic storage. **Journal of Stored Products**, Lincoln, v. 78, p. 1-10, 2018.

SHIGA, T. M., et al. Effect of cooking on non-starch polysaccharides of hard-to-cook beans. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 76, p. 100-109, 2009.

SILVA, M.G. et al. AbreuHermetic storage as an alternative for controlling *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and preserving the quality of cowpeas **Journal Stored Products**, Lincoln, v.78, p.27-31, 2018.

SIQUEIRA, B.S.et al. Hardness of carioca beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by cooking methods. **LWT e Food Science Technology**, Campinas, v.54, p.13-17, 2013.

SHIVARAJA D B. et al. Studies on the effect of O and CO gases at different concentrations on the 2 2 development of pulse beetle *Callosobruchus sanalis* (Fabricius) in pigeon pea. **Journal of Agricultural Sciences**, Karnataka, v.25, n. 4, p. 427-430, 2012.

SCHONS A., et al. Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n.1, p. 111-120, mar. 2018.

VIEIRA, E.H.N.; YOKOYAMA, M. Colheita, Processamento e Armazenamento. In: VIEIRA, E.H.N.; RAVA, C.A. **Sementes de feijão - produção e tecnologia**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2000. p. 233-248.

WANDER, a. E. et al. Evolução da produção e do mercado mundial do feijão. **XIV congresso da sober: conhecimento para agricultura do futuro**, p. 4-8, 2007.

YOKOYAMA, L. P. Importância econômica (2011). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro_importancia.htm> Acesso em: 19 dez. 2018.

YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. (Ed.). **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 75 p.

ZAMBIASI, C. A. **Qualidade de grãos de feijão armazenados em diferentes condições de temperatura**. Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em engenharia agrícola. Universidade federal de viçosa, 2015.

ZHANG, M.; et al. Aging of soybean seeds in relation to metabolism at different relative humidities. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v. 36, n. 7, p. 1189-1195, 1995.

6 DISCUSÃO GERAL

O uso do armazenamento hermético, tem-se mostrado promissor nos últimos anos. O silo bolsa (bag) é a forma de armazenamento hermética mais utilizada no Brasil para garantir a manutenção da qualidade e evitar perdas em pós-colheita de grãos. Acredita-se que devido ao seu baixo custo de aquisição comparado com outras formas de armazenamento tradicionais, o silo hermético, seja mais uma ferramenta para todos (pequenos, médios e grandes produtores) melhorarem a técnica de armazenamento e, conseqüentemente manter a qualidade do produto armazenado.

Dentre as técnicas utilizadas no armazenamento, a atmosfera controlada com níveis de 1,0 kPa de O₂ é uma forma de garantir a porcentagem mínima de germinação exigida pela legislação, após sete meses de armazenamento. Nessa temperatura há manutenção da coloração clara do feijão carioca e também baixo tempo de cozimento. Observa-se que em temperaturas mais elevadas de 25 e 30 °C, não há a manutenção do potencial fisiológico da semente, bem como menor tempo de cozimento, concordando com trabalhos sob longos períodos de armazenamento de feijão (FREITAS et al., 2011; ANANDALAKSHMI et al., 2015). A atmosfera controlada manteve iguais ou superiores os teores proteicos, das cultivares FEPAGRO Triunfo, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá, em relação à condição ambiente de armazenamento nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C após sete meses de armazenamento.

As cultivares FEPAGRO Triunfo, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá, apesar de apresentarem diferenças quanto suas estruturas físicas, apresentam comportamentos similares no armazenamento sob mesmas temperaturas e condições de atmosfera controlada. Além disso, as cultivares FEPAGRO Garapiá e FEPAGRO Triunfo, tem apresentado, mesmo com aplicação de hidreto de fósforo (PH₃) (fosfina), suscetibilidade ao ataque de *Acanthocelides obtecus*, o caruncho-do-feijão. O ataque de insetos além de proporcionar perdas comerciais do produto, também reduz o poder germinativo da semente, através do aumento da taxa respiratória da semente, aumentando a umidade no interior dos silos de armazenamento, comprometendo assim o desenvolvimento de plantas (FREITAS et al., 2016). Devido a isso, a utilização da atmosfera controlada pode ser uma alternativa para controle de pragas como o caruncho-do-feijão, e auxiliar na manutenção fisiológica do feijão.

7 CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

A condição de 1,0 kPa O₂ resulta em maior porcentagem de germinação, o armazenamento a 20 °C até sete meses de armazenamento, assegurando a porcentagem mínima de germinação exigida pela legislação. Concentrações elevadas de gás carbônico de 15, 30 e 80 kPa, combinadas com baixos níveis de oxigênio, não apresentam efeitos positivos para tempo de cozimento, luminosidade e germinação de sementes em comparação à utilização de baixos níveis de oxigênio (1,0 kPa) após sete meses de armazenamento.

A coloração clara do tegumento do feijão carioca é mantida nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C em AC, possibilitando um menor tempo de cozimento sob AC, entretanto somente na temperatura de 20 °C.

Há controle total de insetos (*Acanthoscelides obtectus*) quando utilizado atmosfera controlada, podendo ser uma alternativa para o controle dessa praga sem a utilização de inseticidas.

Recomenda-se, para o armazenamento de feijão das cultivares FEPAGRO Triunfo, FEPAGRO 26 e FEPAGRO Garapiá, durante sete meses, condições de atmosfera controlada com pressões parciais de 1,0 kPa de oxigênio na temperatura de 20 °C.

8 REFERÊNCIAS

- ADLER, C. Carbon dioxide - more rapidly impairing the glycolitic energy production than nitrogen. **Internacional working conference on stored-product protection**, Berlin, v.1, p. 7-15, 1994.
- ALMEIDA, ANA J. B. De et al. Chemical changes in bean grains during storage in controlled conditions. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 529-540, 2017.
- AZEVEDO, L. F. et al. A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENGEP. **A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável**, Rio de Janeiro, 2008.
- BAOUA, I. B et al. Performance of triple bagging hermetic technology for postharvest storage of cowpea grain in Niger. **Journal of Stored Products Research**, Lincoln, v. 51, p. 81-85, 2012.
- BANKS, H. J. et al. Experimental and commercial modified atmosphere treatments of stored grain in Australia. In controlled atmosphere storage of grains. **Developments in agricultural engineering**, v.1. p. 207-224, 1980.
- BANKS, N. H. Some effects of tal pro-long coating on ripening bananas. **Journal of Experimental Botany**, Great Clarendon Street, v. 35. P. 127-137, 1984.
- BASKIN J. M.; BASKIN C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 14, p. 1-16, 2004.
- BARTOSIK, R. **An inside look at the silo-bag system**. In: proceedings of the 9th international conference controlled atmospheres and fumigation of stored products. **Arber Professional Congress Services**, v.1, p. 117-128, 2012.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2^{ed}, New York, p. 445, 1994.
- BORGHETTI, F. **Dormência embrionária**. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (org.). **Germinação: Do básico ao aplicado**, Porto Alegre, v.1, p. 109-123, 2004.
- BROUGHTON, W.G. et al. Beans (*Phaseolus spp.*) - model food legumes. **Plant and Soil**, Hague, v.252, p.55-128, 2003.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: **Ciência, Tecnologia e Produção**. 4^a ed. Jaboticabal, p. 588, 2000.
- COELHO, S. R. M. et al. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lafas, v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.
- Companhia nacional de abastecimento (CONAB) acompanhamento da safra brasileira de grãos. Sexto levantamento. v.5, n.6, março 2017. Disponível em:

http://www.conab.gov.br/olalacms/uploads/arquivos/18_03_13_14_15_33_grao_marco_2018.pdf>. Acesso em: 18 de mar. 2018.

COSTA, A. R. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 200-207, 2010.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, Pelotas, v. 1, n.2, p. 427-452, 1973.

ELIAS, M. C. Fatores que influenciam a aeração e o manejo da conservação de grãos. In: LORINI, I. et al. (ed.). **Armazenagem de grãos**, Campinas, n.6, v.1, p. 311-359, 2002.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/qc/visualize/>> acesso em: 28 de abril de 2018.

FARONI, R. A; SILVA, J. S. Manejo de pragas no ecossistema de grãos armazenados. In: SILVA J.S. (org.). **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa, p. 371-406, 2008.

FREITAS et al. Quality of beans stored under hermetic conditions. **Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v.31, p. 1136-1149, 2011.

FREITAS R, S. et al. Hermetic storage for control of common bean weevil. *Acanthoscelides obtectus* (Say). **Journal of Stored Products Research**, Lincoln, v. 66, p.1-5, 2016.

GASTÓN A. et al. Mathematical modeling of heat and moisture transfer of wheat stored in plastic bags (silo-bags). **Biosystems Engineering**, San Diego, v. 104, p. 72- 85, 2009.

GOODSELL, S. F. et al. The effect of moisture and temperature during storage on cold test reaction of *Zea mays* seed stored in air, carbon dioxide, or nitrogen. **Agronomy Journal**, Madson, v. 47, p. 61-64, 1955.

GROOTE et al., 2013. Effectiveness of hermetic systems in controlling maize storage pests in kenya. **Journal Stored Products**, Lincoln, v. 53, p. 27-36, 2013.

IADEROZA, M. et al. Polyphenoloxidase activity and changes in colour and condensed tannin contents in nine bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) during storage. **Coletânea do instituto de tecnologia de alimentos**, v. 19, p. 154-164, 1989.

IBRO, G. et al. Adoption of cowpea hermetic storage by women in Nigeria, Niger and Burkina Faso. **Journal of Stored Products Research**, Kidlington, v. 58, p. 87-96, 2014.

JONES, M. et al. Profitability of hermetic purdue improved crop storage (pics) bags for african common bean producers. **Department of Agricultural Economics Purdue University**, Opess, 2011 b.

KONG, F.; CHANG, S. K. C. Changes in protein characteristics during soybean storage under adverse conditions as related to tofu making. **Journal of Food agriculture and Food Chemistry**, Manhattan, v. 61, p. 387-393, 2013.

KRZYŻANOWSKI, F. C. et al. A semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades- série sementes. **Circular Técnica 55**, Embrapa Soja, Londrina, p. 1-7, 2008.

LANE, B.; WOLOSHUK, C. Impact of storage environment on the efficacy of hermetic storage bags. **Journal Stored Products Research**, Manhattan, v. 72, p. 83-89, 2017.

LOPES, L.M., et al. Population development of *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) in landrace bean varieties occurring in southwestern Amazonia. **Journal Economy Entomology**, Oxford, v. 109, n.1, p.467-471, 2015.

MARTINS, C.R.; FARIAS, R.M. Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.9, n.1, p.83-93, 2002.

MORAES, C. P. B. et al. Determinação dos tipos de resistência nos genótipos de feijoeiro ao ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 4, p. 419-424, 2011.

MORENO, M. E.; JIMENEZ, A. S.; VAZQUEZ, M. E. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 321-326, 2006.

NAVARRO, S. Atmosfera modificada para o controle de insetos e ácaros de produtos armazenados. Administração de insetos para armazenamento e processamento de alimentos, AACC International, p. 105 – 145, 2006.

NEUWALD, D.A., et al. Feijão cv. Ft Bonito armazenado em atmosfera modificada e controlada. In: **Jornada acadêmica integrada**, Santa Maria, p.670, 1999.

NOOR, M. et al. Comparative effectiveness of grain pro cocoon tm with traditional storage systems against *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* (F.) And *Sitophilus oryzae* (L.). **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 6, p. 2784-2787, 2011.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos**. v.2. Porto alegre: Artmed, p. 294, 2005.

PESKE, S. T.; ROSENTHAL. M. D.; ROTA, G. R. M. Sementes: **Fundamentos científicos e tecnológicos**, Pelotas, 1ª ed, p. 415, 2003.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: Ministério da Agricultura- Aglipan, p.289, 1985.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas-SP, 2000.

QUEZADA, M. Y. et al. Hermetic storage system preventing the proliferation of *prostephanus truncatus* horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 321-326, 2006.

RIBEIRO, N.D. et al. Progresso genético em caracteres agronômicos no melhoramento do feijoeiro. **Ciência rural**, Santa Maria, v.33, p.629-633, 2003.

RIBEIRO, N.D. et al. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. **Bragantia**, Viçosa, v.66, p.157-163, 2007b.

RODRÍGUEZ, J. C. et al. Almacenaje de granos en bolsas plásticas: sistema silo bag – Informe Final de Maíz, Girassol y Trigo. **EEA INTA Balcarce**, 2002.

VIEIRA, E. H. N.; YOKOYAMA, M. Colheita, processamento e armazenamento. In: VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. **Sementes de feijão - Produção e Tecnologia**, Santo Antônio, p. 233-248, 2000.

SANTOS, C. M. R. et al. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.

SARTORI, M. R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Stored under nitrogen. 1982. Thesis (ph.d.) Kansas State University, Manhattan, p.1982.

SHIVARAJA, D. B; NAGANAGOUD, A; SREENIVAS, A. G; NIDONI, U; NADAGOUDA, S; VASUDEVAN, S. N. Studies on the effect of O₂ and CO₂ gases at different concentrations on the development of pulse beetle [*Callosobruchus analis*(fabricius)] in Pigeonpea. **Journal Agriculture Science**, Karmataka, v.25, n. 4, p. 427-430, 2012.

SILVA NETO, W. A. et al. O déficit na capacidade estática de armazenagem de grãos no estado de goiás. **Gestão e Regionalidade**, São Paulo, v. 32, n. 96, p. 151-169, 2016.

SILVA, J. G. et al. Colheita direta de feijão com colhedora automotriz axial. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 371-379, 2009.

SILVA, M.G. et al. Hermetic storage as an alternative for controlling *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and preserving the quality of Cowpeas. **Journal Stored Products Research**, Manhttam v.78, p.27-31, 2018.

SMIDERLE, O. J. et al. Physiological quality of cowpea seeds for different periods of storage. **Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 48, n. 5, p. 817-823, 2017.

YOUSIF, A.M.et al. Effect of storage time and conditions on the hardness and cooking quality of adzuki (*Vigna angularis*). **Lebensmittelwissenschaft und Technologie**, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 338-343, 2002.

WANDER, A. E. et al. **Evolução da produção e do mercado mundial do feijão**. XIV Congresso do Saber: Conhecimento para agricultura do futuro, p. 4-8, 2007.

WILLIAMS, S. B.; BARIBUTSA, D.; WOLOSHUK, C. Assessing purdue improved crop storage (pics) bags to mitigate fungal growth and aflatoxin contamination. **Journal Stored Products Research**, Manhttam v. 59, p. 190-196, 2014.