

**ROGÉRIO AMARO GONÇALVES**

**PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)  
E CONTROLE DE *Rhizopertha dominica* (F.) DURANTE O ARMAZENAMENTO EM  
ATMOSFERA CONTROLADA COM CO<sub>2</sub> E N<sub>2</sub>.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, área de concentração Tecnologia de Cereais para obtenção do título de "Mestre".

**Orientador**

Dr. Jamilton Pereira dos Santos

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL**

**1997**

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da  
UFLA

Gonçalves, Rogério Amaro.

Preservação da qualidade tecnológica de trigo (*Triticum aestivum* L.) e controle de *Rhizopertha dominica* (F.) durante o armazenamento em atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> / Rogério Amaro Gonçalves. -- Lavras : UFLA, 1997.

52 p. : il.

Orientador: Jamilton Pereira dos Santos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

Bibliografia.

I. Trigo - Armazenamento. 2. Atmosfera Controlada. 3. Gases Inertes. 4. Praga. 5. Qualidade Tecnológica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

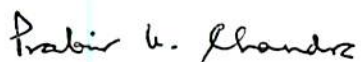
CDD-664.772

ROGÉRIO AMARO GONÇALVES

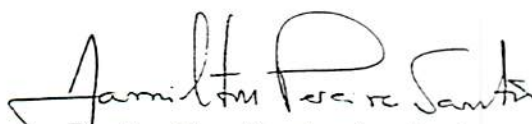
PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) E  
CONTROLE DE *Rhizopertha dominica* (F.) DURANTE O ARMAZENAMENTO EM AT-  
MOSFERA CONTROLADA COM CO<sub>2</sub> E N<sub>2</sub>.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso de Mes-  
trado em Ciência dos Alimentos, área de concentração  
Tecnologia de Cereais para obtenção do título de  
"Mestre".

APROVADA em 09 de maio de 1997

  
Dr. Prabir Kumar Chandra  
(Co-orientador)

  
Dr. Rogério Germani

  
Dr. Jamilton Pereira dos Santos  
(Orientador)

**À DEUS**

**Aos meus pais Calixto (in memorian) e Anna pelo incentivo**

**À minha esposa Ana Maria e meu filho Ivan**

**DEDICO**



## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Lavras e em particular ao Departamento de Ciência dos Alimentos pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Dr. Jamilton Pereira dos Santos pela amizade e orientação.

Ao Prof. Prabir K. Chandra pela confiança, respeito, auxílio, ensinamentos e amizade.

Ao Dr. Rogério Germani pela gentileza, sugestões e amizade.

Ao CNPMS - EMBRAPA na pessoa do Dr. Lairson Couto pela liberação do espaço físico e laboratórios para a realização do trabalho.

Ao CTAA - EMBRAPA na pessoa da Dra. Hilda da Rosa Rodrigues pela liberação do Laboratório de Tecnologia de Cereais para a realização das análises tecnológicas.

Ao técnico de laboratório Frederico Vicente O. e Avellar pelo auxílio na condução do experimento, convívio e amizade.

Aos professores Valdemar Faquim, Gilberto Lage e Oliveira José Vieira pelo apoio.

Ao Prof. Daniel Furtado Ferreira pela revisão da análise estatística.

Aos amigos Denilson e Pedro pelo auxílio na condução do experimento, amizade e convívio.

Aos colegas e amigos Celso, Daise, Anna Christina, Ana Cláudia, Ivana, Cláudia, Rogério, Fábio, Luis Carlos, Helenice, Neide, Andréia e Etel pela amizade, auxílio e proveitosas discussões.

Aos amigos e funcionários do CNPMS e CTAA Adilson, Laércio, Valdomiro, Tônico, Hervécio, Vânia Reis, Regina (telefonista), Regina Correa, Léo, Marília, Marisa, Soraia, Mauro Paulinelli e turma da entomologia, Jarbas, Fernandes, José Luís pela amizade, convívio e auxílio.

Aos professores e funcionários do DCA e a todos os amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xii</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Características da qualidade tecnológica do trigo.....	4
2.2 Modificações ocorridas nos grãos de trigo em condições normais de armazenamento.....	5
2.3 Modificações nas características de moagem dos grãos.....	5
2.4 Prejuízos causados por pragas de grãos armazenados.....	6
2.5 O controle de pragas de grãos armazenados utilizando atmosfera controlada.....	8
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
3.1 Matéria prima.....	12
3.2 Análises químicas do grão e da farinha.....	12
3.2.1 Cinza e proteína do grão e da farinha.....	12
3.3 Análises tecnológicas da farinha.....	13
3.3.1 Índice de queda.....	13
3.3.2 Alveografia.....	13

3.3.3 Farinografia.....	13
3.4 Containers de armazenamento.....	14
3.5 Fumigação com dióxido de carbono.....	15
3.6 Tratamentos e delineamento experimental.....	15
3.7 Populações de inseto.....	17
3.8 Cultura de insetos.....	17
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
4.1 Ação da atmosfera controlada sobre os parâmetros tecnológicos do trigo.....	20
4.1.1 Cinza e proteína dos grãos.....	20
4.1.2 Parâmetros de qualidade da farinha.....	22
4.1.2.1 Análises químicas.....	23
4.1.2.1.1 Cinza e proteína da farinha.....	23
4.1.2.2 Análises tecnológicas.....	24
4.1.2.2.1 Alveografia.....	24
4.1.2.2.1.1 Sobrepressão máxima/abscissa média de ruptura (Relação P/L).....	25
4.1.2.2.1.2 Trabalho de deformação da massa -W .....	25
4.1.2.2.2 Farinografia.....	27
4.1.2.2.2.1 Absorção de água.....	27
4.1.2.2.2.2 Estabilidade da farinha.....	28
4.1.2.2.2.3 Tempo de desenvolvimento da massa.....	28
4.1.3 Análise bioquímica.....	29
4.1.3.1 Índice de queda.....	29
4.2 Efeito de atmosfera controlada com CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> sobre o controle de populações de <i>Rhyzopertha dominica</i> provenientes de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR).....	30
4.2.1 Ação do dióxido de carbono sobre os ovos.....	31
4.2.2 Ação do dióxido de carbono sobre as larvas de primeiro ínstar (L <sub>1</sub> ).....	32
4.2.3 Ação do dióxido de carbono sobre as larvas do segundo ínstar (L <sub>2</sub> ).....	33
4.2.4 Ação do dióxido de carbono sobre as larvas do terceiro ínstar (L <sub>3</sub> ).....	35

4.2.5 Ação do dióxido de carbono sobre as larvas do quarto ínstar (L <sub>4</sub> ).....	36
4.2.6 Ação do dióxido de carbono sobre as pupas.....	39
4.2.4 Ação do dióxido de carbono sobre os adultos.....	40
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>51</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estrutura de coleta de ovos de <i>Rhyzopertha dominica</i> com o objetivo de obtenção de diferentes fases do inseto.	18
2	Teor de proteína dos grãos de trigo BR - 10 expostos a atmosfera controlada com diferentes teores de CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> valores médios dos 3 períodos de exposição.	22
3	Teor de cinza da farinha dos grãos de trigo BR - 10 exposto a atmosfera controlada com diferentes níveis de CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> .	24
4	Valores de P/L dos grãos de trigo BR - 10 submetidos a armazenamento em atmosfera controlada com diferentes níveis de CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> .	26
5	Valores do trabalho de deformação da massa - W da massa de farinha de trigo BR - 10 submetidos a armazenamento em atmosfera controlada com diferentes níveis de CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> .	26
6	Valores de absorção de água de farinha de trigo BR - 10 submetidos a armazenamento em atmosfera controlada com diferentes níveis de CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> .	28

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1	Valores de concentração de dióxido de carbono, nitrogênio e períodos de exposição utilizados no experimento com atmosfera controlada.	15
2	Estrutura da análise de variância utilizada na fase de análises tecnológicas.	16
3	Estrutura da análise de variância utilizada na fase de controle entomológico.	16
4	ANAVA dos parâmetros de qualidade de grãos de trigo BR - 10 expostos a atmosfera controlada com diferentes teores de CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> médias de três períodos de exposição.	21
5	ANAVA para as análises químicas da farinha obtida de trigo BR - 10 exposta a atmosfera controlada com CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> .	23
6	ANAVA para características alveográficas da farinha obtida de trigo BR - 10 expostos a atmosfera controlada com CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> .	25
7	ANAVA para características farinográficas de trigo BR - 10 exposto a atmosfera controlada com CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> .	27
8	ANAVA para índice de queda de trigo BR - 10 exposto a atmosfera controlada com CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> .	30
9	Eficiência de atmosfera controlada com CO <sub>2</sub> sobre ovos de <i>Rhyzopertha dominica</i> das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição.	32
10	Eficiência de atmosfera controlada com CO <sub>2</sub> sobre larvas de primeiro estágio de <i>Rhyzopertha dominica</i> das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição.	33

- 11 Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre larvas de segundo estágio de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição. 35
- 12 Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre larvas de terceiro estágio de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição. 36
- 13 Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre larvas de quarto estágio de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição. 38
- 14 Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre pupas de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição. 40
- 15 Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre pupas de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição. 41



## RESUMO

GONÇALVES, R.A. **Preservação da qualidade tecnológica em trigo (*Triticum aestivum*, L.) e controle de *Rhyzopertha dominica* (F.) durante o armazenamento em atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>.** Lavras: UFLA, 1997. 52p. (Dissertação. Ciência dos Alimentos).

Este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações da qualidade tecnológica do trigo (cultivar BR - 10) armazenado em atmosfera controlada visando o controle de *Rhyzopertha dominica*. Foram usadas as concentrações de dióxido de carbono, 0%; 30%; 40%; 50%; 60% de CO<sub>2</sub> e complementando com 70%; 60%; 50%; 40% de N<sub>2</sub> por três períodos de exposição sendo, 5 dias; 10 dias e 15 dias. Amostras com 2,0 kg de grãos foram acondicionados em um saco de tela de polietileno e colocados no interior de recipientes herméticos submetidos a atmosfera controlada pelos diferentes teores de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>. Análises químicas dos grãos e análises químicas, físicas e reológicas da farinha extraída de grãos armazenados foram realizadas. Os teores de CO<sub>2</sub> não comprometeram as qualidades tecnológicas da farinha. O trabalho constou de 5 tratamentos (testemunha, 30, 40, 50 e 60% CO<sub>2</sub>), 3 períodos de exposição (5, 10, 15 dias), 3 populações de *R. dominica* (1 - Campo Mourão, 2 - Sete Lagoas, 3 - Santa Rosa) e 7 fases de desenvolvimento do inseto (ovo, larvas de 1<sup>ª</sup>, 2<sup>ª</sup>, 3<sup>ª</sup>, 4<sup>ª</sup> estágios, pupa e adulto) com 3 repetições. As diferentes fases da *R. dominica* foram acondicionadas em tecido organza e levadas para câmaras de expurgo de 200 litros. Estas câmaras foram vedadas com borracha de silicone para garantir a hermeticidade. Após a vedação das câmaras injetavam-se os gases contendo diferentes teores de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>. As câmaras permaneceram fechadas com os gases por um período de 5, 10 e 15 dias. Os resultados obtidos mostraram que todos os teores de CO<sub>2</sub> causou 100% de mortalidade de adultos das três populações nos três períodos de exposição utilizados. Em pupas a mortalidade atingiu 100% no teor de 60% de CO<sub>2</sub> para as três populações no período de 15 dias de exposição; entretanto, todos os teores de CO<sub>2</sub> utilizados causou 100% de mortalidade das pupas da população Santa Rosa. Em larvas de quarto estágio os teores de 50% e 60% de CO<sub>2</sub> promoveram 100% de mortalidade no período de 15 dias de exposição. Já os teores de 40%; 50% e 60% de CO<sub>2</sub> ocasionou 100% de

\* Orientador: Dr. Jamilton P. Santos Membros da Banca: Dr. Prabir K. Chandra e Dr. Rogério Germani.



mortalidade nas larvas de terceiro estágio das três populações avaliadas no período de 15 dias de exposição. O período de 15 dias de exposição apresentou 100% de mortalidade das larvas de segundo estágio com todos os teores de CO<sub>2</sub> utilizados nas três populações. No período de 10 dias de exposição todos os teores causaram 100% de mortalidade das larvas de segundo estágio apenas da população Santa Rosa, porém o teor de 60% de CO<sub>2</sub> causou 100% de mortalidade das larvas de segundo estágio das três populações. As larvas de primeiro instar das três populações tiveram 100% de mortalidade no período de 15 dias de exposição, em todos os teores de CO<sub>2</sub>. O teor de 60% de CO<sub>2</sub> também promoveu 100% de mortalidade das larvas de primeiro estágio das populações Sete Lagoas e Santa Rosa no período de 10 dias de exposição. No período de 5 dias de exposição os teores de 40%, 50% e 60% de CO<sub>2</sub> causaram 100% de mortalidade nas larvas de primeiro estágio das três populações. Nos períodos de 10 e 15 dias de exposição todos os teores de CO<sub>2</sub> causaram 100% de mortalidade dos ovos das três populações avaliadas.

## ABSTRACT

PRESERVATION OF THE QUALITY TECNOLOGICAL OF WHEAT (*Triticum aestivum* L.) AND CONTROL OF *Rhyzopertha dominica* (F.) DURING THE STORAGE IN CONTROLLED ATMOSPHERE WITH CO<sub>2</sub> AND N<sub>2</sub>.

One objective of this research was to evaluate any possible deleterious effect that the controlled atmosphere, tested to control stored grain pests, could cause to the technological qualities of wheat grain and flour obtained from the BR-10 line. The CO<sub>2</sub> was tested in the concentrations of 0, 30, 40, 50 and 60%, complemented by N<sub>2</sub>. Grain samples of 2kg kept in a soft screen polyetilene bag was exposed to this atmosphere inside a fumigation chamber for 5, 10 and 15 day periods. Chemical analysis of the grain and chemical, physical, rheological analysis of the wheat flour obtained from the grain was performed. The controlled atmosphere with all different CO<sub>2</sub> concentration caused no negative change in the technological qualities of either the wheat grain or the flour. Another objective was to test the referred controlled atmosphere as fumigant gas as one alternative to phosphine to control the *Rhyzoperta dominica*, an important pest of stored wheat grain. This test consisted of 5 CO<sub>2</sub> concentrations as described above, the fumigation periods of 5, 10 and 15 days, insect populations collected from Campo Mourao-PR, Sete Lagoas-MG and Santa Rosa -RS and 7 developing stages (egg, larva of 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> instar, pupa and adult, in three replicates). All the different life stages of the insect were kept as individual samples in a small voal cloth bag and put inside a 200 liter fumigation chamber full of grain with the metal lid sealed at the edge with silicone rubber to guarantee hermetic conditions. The different CO<sub>2</sub> concentrations were then added inside the chambers. The results showed that all CO<sub>2</sub> concentrations tested caused 100% mortality to all adult stage of the three insect populations in all fumigation periods tested. The mortality of the pupa stage of the three insect population was 100% when the 60% CO<sub>2</sub> concentration was used in the 15 days fumigation

period; however, all CO<sub>2</sub> concentrations caused 100% mortality in pupa of insects collected in Santa Rosa. The 50 and 60% for the 4<sup>th</sup> instar larva, the 40% , 50% and 60% for the 3<sup>rd</sup> instar larva and all CO<sub>2</sub> concentrations for the 2<sup>nd</sup> instar larva provided 100% mortality during the fumigation period of 15 days, in all three insect populations. In the fumigation period of 10 days all CO<sub>2</sub> concentrations killed all larva of the insects collected in Santa Rosa, except that the 60% level eliminated all 2<sup>nd</sup> instar larva of all insect populations. The 1<sup>st</sup> instar larva was 100% controlled by all CO<sub>2</sub> concentrations under the 15 days fumigation period. But the 60% concentration killed all 1<sup>st</sup> instar larva in the 10 days fumigation period. In the 5 days fumigation time all CO<sub>2</sub> concentrations, except the 30%, caused total mortality in the 1<sup>st</sup> instar larva for all insect populations. During the 10 and 15 days fumigation period all CO<sub>2</sub> concentrations controlled 100% of the eggs from the three populations studied.

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo é uma das espécies de cereais há mais tempo cultivadas pelo homem. Existem dados que relatam o cultivo do trigo na região da Síria 5.000 a.C. O trigo é uma planta da família das gramíneas originária do sudoeste da Ásia, onde ocorrem grandes amplitudes térmicas. Através da intervenção humana, com trabalhos de melhoramento e adaptação de cultivares, este cereal é cultivado em quase todos os pontos do globo terrestre.

No Brasil o trigo tem sido uma das opções para o cultivo de inverno em áreas extensas. Isto permite o melhor uso da terra, máquinas equipamentos e mão de obra. Ele é cultivado no período de abril/maio a setembro/outubro, época de entressafra de outras grandes culturas anuais.

A utilização de derivados do trigo como a farinha, o pão e o macarrão coloca este cereal como uma das principais fontes de carboidratos para a alimentação da população humana. A produção brasileira de trigo não tem suprido o mercado interno, tendo o país que recorrer às importações para suprir o déficit que está em torno de 5,8 milhões de toneladas segundo dados do IBGE. A partir de 1990, a política adotada para o setor desestimulou o plantio da cultura de trigo. Houve uma redução progressiva da área cultivada e um favorecimento das importações do produto.

Através da integração das instituições de pesquisas, produtores e indústria moageira, o setor tritícola vem apresentando resultados promissores, principalmente através da racionalização do processo produtivo agrícola e industrial. Os pesquisadores tem buscado desenvolver através de técnicas de melhoramento genético, cultivares com alta produtividade, resistente a pragas e doenças e com grande rendimento para as indústrias moageiras.

Os aspectos qualitativos do trigo são determinados com base nos parâmetros físicos, químicos, bioquímicos e reológicos do grão e da farinha. O conjunto destes parâmetros caracterizam

uma variedade para sua utilização na indústria alimentícia.

O armazenamento inadequado do trigo e o ataque de pragas e microorganismos, afetam diretamente a qualidade pela contaminação da massa de grãos. O ataque de insetos altera o odor e o sabor natural dos grãos e demais derivados. A constatação da presença de insetos vivos ou mortos, parte do corpo destes insetos, excrementos no interior da massa de grãos deprecia acen-tuadamente o valor nutritivo do cereal. Em geral a presença de objetos estranhos quando ultra-passam o limite de tolerância, inviabilizam a utilização dos grãos e seus derivados como fonte nutritiva para alimentação humana e animal. O ataque de insetos facilita também a propagação de fungos que produzem toxinas nocivas ao organismo humano.

Vem sendo realizado um amplo estudo dos parâmetros tecnológicos das variedades naci-onais do trigo e é de fundamental importância a manutenção destas características durante o ar-mazenamento. Diversas pesquisas realizadas nesta área demonstram que o tempo de estocagem é um dos parâmetros que contribuem para uma melhoria da qualidade tecnológica do trigo (Pirozi 1995).

A estocagem de grãos ou outro produto alimentício, é um processo dinâmico e exige constante atenção, conhecimento e tecnologia. O produto armazenado possui um alto valor co-mercial, resultado de uma atividade produtiva sujeita a riscos e as perdas que eventualmente pos-sam ocorrer, acarretam prejuízos para toda a sociedade. Desta forma exige-se a devida atenção a esta importante fase do processo produtivo, de forma a garantir a qualidade e minimizar as per-das dos produtos armazenados.

As modernas condições de armazenamento devem manter ou ainda melhorar os parâme-tros de qualidade do produto armazenado. É fundamental que a atmosfera de armazenamento evite o desenvolvimento de insetos pragas de produtos armazenados em suas diferentes fases de vida. Pode-se trabalhar controlando ou modificando a atmosfera no interior da estrutura armaze-nadora. Atmosfera controlada (AC) é definida quando há o controle sobre a composição dos ga-ses, das condições físicas, tais como pressão, temperatura e umidade sendo este conceito utiliza-do neste trabalho de pesquisa. Atmosfera modificada (AM) caracteriza-se quando não há con-trole da composição química dos gases. A AM é utilizada em pós-colheita de frutas e hortaliças, as quais ao serem acondicionadas em embalagens hermetizadas com filmes de polietileno liberam gases que modificam a atmosfera interna.

Com base no exposto, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar as possíveis alterações da qualidade tecnológica do trigo armazenado em condições de atmosfera controlada pelo uso do  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$  por um período de 5, 10 ou 15 dias, e avaliar as características reológicas da farinha obtida deste trigo.

São objetivos específicos:

- Avaliar as modificações ocorridas nas propriedades físicas dos grãos e da farinha.
- Verificar as alterações nas características reológicas e bioquímicas da farinha.
- Observar o efeito da atmosfera controlada com dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a 30%, 40%, 50% e 60% em mistura com nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) no controle de *Rhyzopertha dominica* nas fases de ovo, larva, pupa e adulto.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Características da qualidade tecnológica do trigo

Diversos fatores contribuem para caracterizar a qualidade de uma determinada cultivar de trigo, entre estes estão, condições de cultivo e manejo e patrimônio genético. A interação destes acaba afetando diretamente a condição da planta e a composição do grão.

O parâmetro qualidade do trigo está relacionado com utilização da farinha produzida, que pode ser utilizada para panificação, produção de massas alimentícias, produção de bolo ou confecção de biscoitos.

Em termos de qualificação o trigo brasileiro é comercialmente dividido em quatro classes distintas (Germani, Benassi e Carvalho, 1995). Classe “Melhorador”, trigo de alta qualidade de glúten, utilizado para aumentar a qualidade de trigos mais fracos. Classe “Superior” de boa qualidade de glúten produzindo farinha recomendada para pão francês, crackers e macarrão. Classe “Intermediária”, de qualidade razoavelmente fraca, e Classe “Comum” como sendo o trigo que não se enquadra em nenhuma outra classe.

Outro fator preponderante na qualidade do trigo é a presença de fragmentos de insetos. A indústria moageira tem recusado a compra de trigo onde, a presença de insetos vivos ou mortos esteja acima dos limites estabelecidos pelos órgãos fiscalizadores (Finck, 1993).

O índice de queda, proteína e cinza são parâmetros físico-químicos e bioquímicos que caracterizam a qualidade dos grãos. Na farinha de trigo, a caracterização da qualidade é feita através de análises químicas, reológicas e de panificação (Pomeranz, 1978).

Pesquisas realizadas por Bär (1979) e Zeleny (1978) mostraram que trigos duros apresentam melhor qualidade e são mais apropriados para a panificação por possuírem um teor de

proteína relativamente maior que os trigos moles. Em outro trabalho, MacRitchie (1980) mostrou que trigos duros são mais facilmente moídos, apresentam um maior rendimento de farinha com melhores características para panificação.

Um indicador importante do potencial de panificação é o teor de proteína do grão (Pomeranz, 1978). Os grãos de trigos destinados a obtenção de farinha para panificação devem ter no mínimo 12% de proteína (Zeleny, 1978).

O aspecto reológico da mistura farinha e água é um importante parâmetro da qualidade da farinha (Pratt Jr, 1978). Os testes físicos da massa procuram prever o comportamento da farinha na panificação.

O volume de água necessário e o tempo de mistura necessário para a massa atingir uma consistência ótima para manipulação, são verificados na análise de farinografia, através dos parâmetros de absorção de água e tempo de desenvolvimento da massa. Esta análise avalia também a capacidade de resistência da massa ao trabalho mecânico (Pomeranz, 1978).

A atividade da alfa-amilase também é um parâmetro da qualidade, pois interfere na etapa de cozimento durante o processo de panificação (Bär, 1979). A análise do índice de queda é comumente usada para demonstrar a atividade desta enzima. Outros indicadores importantes da qualidade das farinhas são as análises de proteína e cinza (Pomeranz, 1978).

## **2.2 - Modificações ocorridas nos grãos de trigo em condições normais de armazenamento**

Em condições específicas, grãos e farinhas de trigo armazenados passam por um processo de transformação de natureza biológica, bioquímica e química, denominado maturação, que frequentemente modificam sua qualidade tecnológica (Pomeranz, 1974). Este processo ainda não está totalmente compreendido, porém verificou-se que modificações hidrolíticas e oxidativas nos lipídeos são fundamentais para a manutenção da qualidade durante o armazenamento (Cuendet et al., 1954). Baker, Parker e Mize. (1944) observaram que durante este período houve uma oxidação dos grupos tióis (-SH) presentes na proteína do trigo facilitando a formação de pontes. Esta reação seria promovida pela presença de oxigênio do ar e pelos ácidos graxos livres, que aumentam a concentração devido a hidrólise de lipídeos (Kozmin, 1935).



### 2.3 - Modificações nas características de moagem dos grãos

Estudos realizados por Posner e Deyoe (1986) detectaram modificações nas propriedades de moagem de grãos recém-colhidos, e de misturas de grãos de duas safras consecutivas, armazenadas por um período de 168 dias. Todas as amostras apresentaram uma ampla flutuação nos parâmetros de moagem. No início do armazenamento houve um acréscimo de 2 a 5% na extração de farinha e de até 7% no valor de absorção de água obtida pelo farinógrafo. Porém, o teste de panificação realizado com a farinha recém-obtida não mostrou alterações significativas na absorção de água, no tempo de mistura da massa, ou no volume do pão.

### 2.4 - Prejuízos causados por pragas de grãos armazenados

Perdas em grãos armazenados em virtude do ataque de pragas ocorrem em todas as regiões do globo. A maior parte das infestações inicia lentamente em áreas restritas da massa de grãos. Com o passar do tempo a infestação evolui e permite a formação de microambientes com temperaturas e teores de umidade elevados favorável a alimentação e disseminação dos insetos (Sinha et al., 1986; Sudesh Jood e Singh, 1993; Sudesh Jood e Singh, 1994 ).

O ataque de insetos alteram os componentes minerais do grão e as vitaminas reduzindo a sua qualidade nutricional. (Sudesh Jood e Singh, 1992).

No Brasil as perdas causadas por pragas de grãos armazenados atingem níveis superiores a 10% da produção anual brasileira, que está em torno de 80 milhões de toneladas de grãos (BRASIL. 1993). As perdas variam desde níveis inferiores a 1% em armazéns bem manejados até a quase perda total quando o produto encontra-se estocado em condições precárias. Ao contrário de plantas nas lavouras, os grãos armazenados não crescem e não compensam os danos causados pelas pragas. Qualquer dano provocado aos grãos no armazém resulta em depreciação do produto final e compromete a utilização deste grão para obtenção de seus derivados. Um agravante é o fato de não existir definição de níveis de danos (Gassen, 1993).

Além do incremento da produção, necessariamente há de se aprimorar as condições de

armazenagem dos grãos. Uma característica positiva dos grãos é a possibilidade de serem armazenados por um longo período de tempo, sem perdas significativas da qualidade, devido a sua baixa atividade metabólica. Porém, o armazenamento prolongado só pode ser realizado quando se adotam corretamente as práticas de colheita, limpeza, secagem e combate a insetos e fungos. As principais pragas dos grãos armazenados são o caruncho do milho (*Sitophilus zeamais* e *Sitophilus orizae*), a traça dos cereais (*Sitotroga cerealella*) e a broca-pequena-do-grão (*Rhyzopertha dominica*) (Santos, 1993).

A classificação dos insetos que atacam grãos armazenados é estabelecida de acordo com o hábito alimentar e são caracterizados da seguinte maneira:

- **Pragas primárias:** insetos que atacam grãos sadios e íntegros, por possuírem mandíbulas bem desenvolvidas. São divididos em dois grupos:

a - Pragas primárias internas - estes insetos destroem o pericarpo do grão e penetram em seu interior para se alimentarem e/ou completarem o seu desenvolvimento. Estas pragas são consideradas as mais prejudiciais, pois além de seus danos, facilitam o acesso de outros insetos e microorganismos como ácaros e fungos;

b - Pragas primárias externas - inicialmente, estes insetos alimentam-se da parte externa (pericarpo) dos grãos, rompendo-a em seguida atacando a camada interna (endosperma). Além do seu dano direto, propiciam indiretamente, o ataque dos grãos por pragas que não conseguem romper a casca.

- **Pragas secundárias:** são aqueles insetos que não conseguem atacar grãos íntegros, nutrindo-se de grãos previamente atacados por insetos primários, danificados acidentalmente ou trincados, com defeitos na casca ou com infecção fúngica.
- **Pragas associadas:** estes insetos não atacam grãos alimentando-se apenas de detritos, fungos ou outros organismos presentes nos grãos armazenados.

A temperatura é um dos fatores climáticos de maior efeito sobre a população de insetos. Temperaturas baixas, inferiores a 17°C, em geral limitam o desenvolvimento da maioria das pra-

gas de grãos armazenados. Temperaturas superiores a 37°C, geralmente são letais para a maioria das pestes de grãos armazenados. As variações de temperatura em diferentes locais na massa de grãos influencia a distribuição espacial dos insetos e dificulta o processo de amostragem. O teor de umidade do grão e a umidade relativa do ar também afetam o comportamento das pragas. Na maioria das vezes, a umidade do grão quando inferior a 11% impede o desenvolvimento normal da maioria dos insetos. O interesse econômico em manter a umidade do grão em 13 - 14%, comparando com a perda de peso com uma secagem até 11% de umidade, é o fator de risco ou de benefício que determinam a adoção desta prática (Gassen, 1993).

A broca-pequena-do-grão (*Rhyzopertha dominica*, F.) ataca diversos tipos de alimentos desde grãos até produtos processados como farinha, biscoito e macarrão. Geralmente coloca seus ovos dispersos sobre a fonte de alimento.

## **2.5 - O controle de pragas de grãos armazenados utilizando atmosfera controlada**

O uso de fumigantes é uma técnica bastante difundida para o controle da infestação de insetos no interior de uma massa de grãos. Os fumigantes são compostos que exercem ação tóxica no estado gasoso podendo apresentarem-se sob a forma de fumigantes líquidos (brometo de metila, bicloreto de etileno, associado com tetracloreto de carbono), sólidos (cianureto de cálcio em pó e fosfeto de alumínio, que liberam respectivamente gás cianídrico e fosfina) e cristalinos, (naftaleno e paradiclóro benzeno).

O objetivo da fumigação é combater os insetos, permitindo comercializar o alimento que esteja de acordo com os padrões estabelecidos pelas autoridades reguladoras. O gás difundindo-se na forma de moléculas isoladas penetra pelos macro e microporos do produto armazenado agindo sobre a entomofauna existente. No inseto, ele penetra pelos espiráculos e por meio das traquéias é conduzido até as células onde atua sobre as enzimas e no metabolismo celular provocando a morte do inseto, no ovo o gás se difunde através do córion e de canais respiratórios (Annis, 1990).



Os compostos utilizados para fumigação devem apresentar certas características como elevado índice de toxidez, grande difusividade, apresentar estabilidade química, não devendo ser inflamável, corrosivo, solúvel em água, possuir baixa toxicidade a animais de sangue quente, não fitotóxico e não deixar resíduos tóxicos nos produtos submetidos à fumigação. (Ávila Júnior, 1973; Cofie-Agblor et al, 1995; Hodges and Surendro, 1996).

O uso indiscriminados de fumigantes vem criando diversos problemas como o custo de usar doses mais elevadas, o acréscimo do tempo de exposição requerido para expurgos contínuos ou o aumento do número de aplicações de fumigantes, desenvolvimento de populações de insetos resistentes e a produção de níveis inaceitáveis de resíduos com relação alguns destes compostos (Annis, 1990).

Atmosferas controladas surgem como alternativas atrativas para a prática de fumigação. O manuseio de constituintes atmosféricos normais para criar condições letais para os insetos é muito mais compatível com as filosofias modernas de controle de pragas do que o uso de pesticidas tóxicos. Contudo, informações adicionais e tecnologia aperfeiçoada é requerida para explorar o completo potencial das atmosferas controladas (Bond, 1990).

Fumigantes e atmosferas controladas são tratamentos gasosos e possuem características semelhantes tanto na teoria como na prática de sua aplicação. Estes processos necessitam de condições semelhantes para um bom desempenho, podem possuir uma regra similar em um sistema de manejo integrado de produtos e seu uso possui indiretas mas importantes conseqüências levando à manutenção da qualidade (Annis e Graver, 1987).

Técnicas de atmosfera controlada tem uma função importante em sistemas integrados para proteção de gêneros alimentícios, com destaque onde tratamentos livres de resíduos são necessários. Com o aumento das restrições sendo impostas aos tratamentos químicos de gêneros alimentícios, técnicas de atmosfera controlada serão provavelmente muito mais amplamente difundidas num futuro próximo (Banks, 1984).

Atmosfera controlada é criada para substituir a atmosfera existente em um container armazenador, com uma dose letal para os insetos por adição de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), nitrogê-

nio ( $N_2$ ) ou ar sintético, através da aplicação ou combustão de gases por um queimador ou gerador de atmosfera controlada. Estas atmosferas também atuam na redução ou prevenção do crescimento de fungos e também são efetivos na limitação da produção de micotoxinas, como aflatoxinas (Jay e d'orazio, 1984).

Em condições normais, a concentração de dióxido de carbono no ar é abaixo de 0,03%,; o limite aceitável em muitos países é na ordem de 0,05%. Concentrações na faixa de 2,0 a 5,0% aumentam a taxa respiratória na ordem de 5,0 a 10,0%, sendo que a respiração pode ser voluntariamente suportada por apenas alguns minutos. Exposições a níveis de 12 a 15% causa perda da consciência, ao passo que 25,0% levará à morte em poucas horas (Annis e Graver, 1990).

Quando se mantém a hermeticidade de um silo graneleiro por alguns meses, gases como o dióxido de carbono, monóxido de carbono e nitrogênio, sem toxicidade aguda, podem ser utilizados para eliminar insetos que se encontram no interior do depósito. Os insetos reagem de forma distinta, de acordo com o tipo de gás (Banks, 1984). Em pesquisas desenvolvidas por Fleurat-Lessard e Le Torc'h (1986) verificaram que uma atmosfera inerte pode ser conseguida através de uma condição de anaerobiose, por meio de um alto nível de nitrogênio ou com altos níveis de dióxido de carbono, que é biologicamente ativo em animais e tóxico em concentrações acima de 40% no ar. Em situação de anaerobiose, é a ausência de oxigênio que é responsável diretamente pela eliminação das pragas, ao passo que no segundo caso, o dióxido de carbono é tóxico e sua toxicidade aumenta quando persistem baixos níveis de oxigênio (Navarro, 1986; Jay, 1986).

Atmosferas controladas, com redução substancial da concentração de oxigênio, possuem o potencial para matar animais (insetos, ácaros e roedores) reduzir outras atividades biológicas (mofos, fungos e respiração do grão) e reduzir a degradação oxidativa. Porém, atmosferas controladas com altas concentrações de  $CO_2$  no ar, e que possuem um significativo conteúdo de oxigênio, age como um gás tóxico somente. Apesar de aptas para eliminar insetos são pouco prováveis de possuírem qualquer outro efeito direto na preservação da qualidade (Banks, 1984). Em razão dos gases componentes da atmosfera controlada serem os mesmos da atmosfera de armazenamento, é improvável que estes gases causem degradação da qualidade pela formação de resíduos. Determinadas pesquisas ressaltam que altas concentrações de  $CO_2$  na atmosfera não causem efeitos adversos na germinação, embora outros trabalhos declaram que em circunstâncias



específicas a germinação pode ser afetada (Banks e Gras, 1982; Peterson et al., 1956; Ponton e Briggs, 1969).

Na maioria das pesquisas realizadas não existem evidências da degradação da qualidade quando o dióxido de carbono tem sido aplicado para grãos secos e mercadorias similares, como sementes oleaginosas e legumes, entre outros. Porém, pesquisas nestas áreas são restritas e tem sido direcionadas até agora para trigo, arroz, cevada, café e milho. Para outros produtos e em casos de sementes para plantio, precauções e recomendações devem ser tomadas se a manutenção da qualidade ou germinação são cruciais (Annis e Graver, 1990).

Nos trabalhos realizados até o presente momento não se tem notado efeitos adversos em mercadorias secas ( $a_w < 0,3$ ), armazenadas em atmosfera controladas em condições normais de temperatura e pressão. Existem algumas evidências que o alto teor de dióxido de carbono associado a altas temperaturas ( $60^\circ\text{C}$ ) são levemente prejudiciais à retenção de germinação e pode aumentar o tempo de desenvolvimento de massa para farinha de trigo tratadas. Em geral os efeitos prejudiciais da atmosfera controlada, caso ocorram, são menores que aqueles causados por pequenas mudanças na umidade e temperatura e são improváveis de serem significantes comercialmente (Banks et al., 1990).

Por ser um gás inerte, o dióxido de carbono não deixa resíduos químicos nos alimentos, é menos perigoso para manejo que fumigantes químicos sintéticos. Armazenamento em atmosfera controlada por períodos prolongados pode também controlar desenvolvimento de fungos. O dióxido de carbono pode ser absorvido por concreto, afetando potencialmente a integridade do silo. Elevados níveis de  $\text{CO}_2$  pode afetar a qualidade do cozimento de farinhas (White e Jayas, 1991).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Este experimento foi realizado em um galpão de entomologia do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, situado em Sete Lagoas - MG, em 1995.

#### **3.1 - Matéria prima**

O cereal utilizado na execução do experimento foi o trigo cultivar BR-10, cultivado nos campos experimentais do próprio Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - EMBRAPA nas cidades de Januária e Sete Lagoas. Os grãos não foram submetidos a qualquer tipo de agrotóxico antes da execução do experimento. Os grãos continham um teor de umidade de 12%. Para realização deste trabalho foram necessários 1,8 toneladas de trigo. A temperatura média na câmara de expurgo foi de 20°C.

#### **3.2 - Análises químicas dos grãos e da farinha**

Com o objetivo de avaliar as possíveis alterações qualitativas promovidas pelo ataque de insetos e pelo expurgo realizado com atmosfera controlada contendo diferentes concentrações de dióxido de carbono e nitrogênio em diferentes intervalos de exposição, foram realizadas análises de cinzas e proteína dos grãos de trigo da cultivar BR - 10.

##### **3.2.1 - Cinza e proteína dos grãos e da farinha**

O teor de cinza em base seca foi avaliada através do método determinado pela AOAC nº14006 (AOAC 1990). O teor de proteína em base seca analisado pelo método de Kjeldahl, utilizando  $N \times 5.7$  como fator de conversão, segundo a AOAC n.º 140276 (AOAC 1990).

### **3.3 - Análise tecnológicas da farinha**

A fim de avaliar as possíveis alterações promovida pelo contato da atmosfera controlada na qualidade da farinha, foram realizadas as análises de cinzas, proteínas, índice de queda, alveografia e farinografia.

#### **3.3.1 - Índice de queda**

Conhecido também como número de Hagberg, este índice representa a medida da viscosidade de uma pasta de farinha adicionada de água aquecida em banho maria 100°C, de forma a demonstrar a atividade da  $\alpha$ -amilase presente na amostra. Quanto mais viscosa a pasta, maior é o índice de queda, e menor é a atividade da  $\alpha$ -amilase. Farinha com valores abaixo de 250 segundos não devem ser utilizadas para panificação. Valores na faixa de 250 a 300 são ideais e qualificam uma farinha como boa para panificação. Valores acima de 300 segundos pode-se adicionar  $\alpha$ -amilase exógena. Estes valores foram determinados através de um aparelho de Falling Number, mod. 1600 (Perten Instruments, Suécia), segundo método AACC nº56 - 81B (AACC 1976) (Germani, Benassi e Carvalho, 1995).

#### **3.3.2 - Alveografia**

Análise realizada em aparelho alveógrafo CHOPIN (França), esta análise fornece a relação P/L (sobrepessão máxima/abscissa média de ruptura) e W trabalho de deformação da massa dado em  $10^{-4}$ J (Germani, Benassi e Carvalho, 1995).

#### **3.3.3 - Farinografia**

Análise seguindo método AACC nº 54-21 (AACC 1976) em aparelho farinógrafo BRABENDER (Brabender OHG, Duisburg, Alemanha). Desta análise obtem-se o valor de absorção de água necessária para que a massa tenha consistência máxima de 500 unidades farinográficas dado em percentagem, a estabilidade da massa dado em minutos, e o tempo de desenvolvimento



da massa dado em minutos (Germani, Benassi e Carvalho, 1995).

Todas as análises químicas, tecnológicas e bioquímicas foram realizadas no laboratório de Tecnologia de Cereais do CTAA/EMBRAPA. Para se estabelecer um padrão, as amostras foram retiradas antes do início de experimento e analisadas para se determinar as concentrações de seus constituintes. Posteriormente a realização de cada fase do experimento, outras amostras foram retiradas do lote e analisadas.

### **3.4 - Containers de armazenamento**

Os recipientes utilizados na execução do experimento constituíram-se de 21 tambores com capacidade para 200 litros e sofreram modificações para atender a condição de hermeticidade. Estes foram preenchidos em 60% de sua capacidade com grãos de trigo.

A hermeticidade dos recipientes é um dos principais pré-requisitos para a qualidade dos resultados. A vedação dos tambores foi feita com o auxílio de vedante de silicone. A injeção do fumigante foi realizada através da substituição da atmosfera da massa de grãos pela atmosfera injetada com o fumigante. Esta substituição foi realizada gradativamente com uma pressão de injeção de  $2,0 \text{ kg/cm}^2$  e um fluxo de  $15 \text{ l/min.}$ , regulados através de um manômetro e fluxômetro, sendo avaliada a concentração de dióxido de carbono que está no interior dos cilindros através de um equipamento eletrônico teledyne devidamente calibrado acoplado à saída do tambor. Demandou aproximadamente 30 minutos para que toda a atmosfera de dentro do tambor fosse substituída pelo fumigante. A cada dois dias foi realizada uma reinjeção da atmosfera com fumigante em razão da acomodação do dióxido de carbono na parte inferior dos containers em função de sua maior densidade.

Os equipamentos utilizados no processo de injeção de atmosfera controlada contendo diferentes concentrações de dióxido de carbono, tais como cilindros de  $\text{CO}_2$ , medidores de concentração de  $\text{CO}_2$ , termômetros, bomba para gases, manômetros, fluxômetros, válvula reguladora de pressão e orientação complementar acerca do uso do fumigante foram gentilmente fornecidos pela empresa WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS S.A., que assim contribuiu na execução do presente projeto de pesquisa.

### 3.5 - Fumigação com dióxido de carbono

A fumigação foi realizada em etapas pré-determinadas, para se estabelecer um prazo de aplicação eficiente para o dióxido de carbono. A concentração de CO<sub>2</sub> dentro dos recipientes herméticos foi uma das variáveis em estudo. Colocou-se a amostra de trigo para análises tecnológicas e 21 organza com 50g de trigo contendo diferentes estágios de desenvolvimento de inseto das três populações estudadas, em seguida colocou-se uma camada de 40cm de trigo sobre as amostras. Os períodos de exposição e os teores de dióxido de carbono e nitrogênio utilizados estão relacionados na tabela 1 abaixo.

TABELA 1 - Valores de concentração de dióxido de carbono, nitrogênio e períodos de exposição utilizados no experimento com atmosfera controlada.

CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO	CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO	PERÍODOS DE EXPOSIÇÃO (em dias)
TESTEMUNHA*	TESTEMUNHA*	5, 10, 15
30%	70%	5, 10, 15
40%	60%	5, 10, 15
50%	50%	5, 10, 15
60%	40%	5, 10, 15

\* Atmosfera ambiente

A atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> foi injetada pela parte inferior do tambor expulsando o ar do recipiente que saiu através de um tubo instalado na tampa do tambor, onde ficou acoplado o Teledyne, equipamento para medir a concentração de CO<sub>2</sub>.

### 3.6 - Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi dividido em duas fases, a fase de análises tecnológicas e a fase de controle de pragas. A estágio das análises tecnológicas apresentou um delineamento inteiramente casualizado caracterizado por uma estrutura fatorial 5 x 3 (5 tratamentos - T, 3 períodos de exposição - P) com 3 repetições, apresentando um total de 45 parcelas experimentais. As amostras de 2 kg de trigo BR - 10 foram obtidas de lotes vindos de Sete Lagoas e Januária e foram acondicionadas em sacos feitos de tela de polietileno. A tabela 2 de análise de variância para esta fase apresentou a seguinte configuração.

TABELA 2 - Estrutura da análise de variância utilizada na fase de análises tecnológicas.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Concentração de CO <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> e Testemunhas (T)	4
Período de exposição (P)	2
T x P	8
RESÍDUO	30
TOTAL	44

A fase de controle de insetos utilizou um delineamento inteiramente casualizado (DIC) disposto numa estrutura fatorial 5 x 3 x 7 x 3 (5 tratamentos - T, com 3 períodos de exposição - P, 7 fases de desenvolvimento do inseto - F, 3 populações de insetos - R) com 3 repetições, dando um total de 945 parcelas experimentais. A escolha das concentrações foi função das observações verificadas em trabalhos similares. Santos (1995) utilizando atmosfera controlada com ar sintético e dióxido de carbono em diferentes estágios de desenvolvimento de *Sitophilus zeamais* observou que teores de dióxido de carbono abaixo de 30% requerem intervalos de tempo acima de 20 dias para apresentarem resultados satisfatórios.

Os períodos de exposição estabelecidos para o experimento foram 5, 10 e 15 dias. Com 3 repetições para cada tratamento. A tabela 3 de análise de variância apresenta a seguinte configuração.

TABELA 3 - Estrutura da análise de variância utilizada na fase de controle de pragas.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Teores de CO <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> (T)	4
Períodos de exposição (P) - P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> e P <sub>3</sub>	2
Fases de desenvolvimento do inseto (F)	6
Populações de insetos (R)	2
T x P	8
T x F	24
T x R	8
P x F	12
P x R	4
F x R	12
T x P x R	48
T x P x F	48
T x F x R	16
T x P x F x R	96
Resíduo	750
Total	944

### 3.7. Populações de insetos

Foram utilizadas três populações de *Rhyzopertha dominica* mantidas no laboratório de pragas de grãos armazenados do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Cada população recebeu um código de duas letras identificando o local de origem. Deste modo, CM corresponde aos insetos da população de Campo Mourão Estado do Paraná, SL caracteriza os insetos da população de Sete Lagoas Estado de Minas Gerais e SR identifica os insetos da população de Santa Rosa Estado do Rio Grande do Sul. Estas populações foram selecionadas de modo a verificar as diferenças entre elas quanto a suscetibilidade a atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>.

### 3.8 - Cultura de insetos

Com o objetivo de avaliar a efetividade do dióxido de carbono no controle de diferentes fases de desenvolvimento de três populações de *Rhyzopertha dominica* F., foi realizado uma cultura de insetos. A cultura de insetos teve como meta a obtenção de todas as fases da vida do inseto, isto é, ovo, larva (diferentes instares), pupa e adulto, para que cada uma destas fases fossem submetida a fumigação utilizando atmosferas com diferentes concentrações de dióxido de carbono e nitrogênio. O método para se obter todas as fases de vida da broca-pequena-do-grão inicia-se com o seguinte procedimento:

- 1 - Coloca-se 3000 adultos dos insetos divididos em 6 frasco de vidro com aproximadamente 840 g de trigo cada um, dando um total de 500 insetos adultos para cada frasco, para cada população estudada houve a necessidade de 12 frascos.
- 2 - Após 4 dias, faz-se a transferência de 200 adultos para outro frasco de vidro com 150 g de trigo, posteriormente, faz-se a coleta de ovos após 3 dias.
- 3 - Inicia-se a 2ª fase 4 dias após o início da 1ª, faz-se nova coleta de ovos após 3 dias.
- 4 - Dá-se o início da 3ª fase 6 dias após o fim da fase antecedente, coleta-se novamente os ovos após três dias.
- 5 - Tem início a 4ª fase 5 dias após o início da fase anterior e após 3 dias recolhe-se os ovos.
- 6 - Seis dias após o início da 4ª fase inicia-se a fase seguinte e passados 3 dias coleta-se os ovos.
- 7 - Completado seis dias após a 5ª fase inicia-se a 6ª e última fase, aguarda-se 3 dias e realiza-se



nova coleta de ovos. Através do procedimento descrito anteriormente é possível obter um ciclo completo do inseto a cada 33 dias (Calil, 1995). A estrutura de coleta de ovos encontra-se na figura 1.

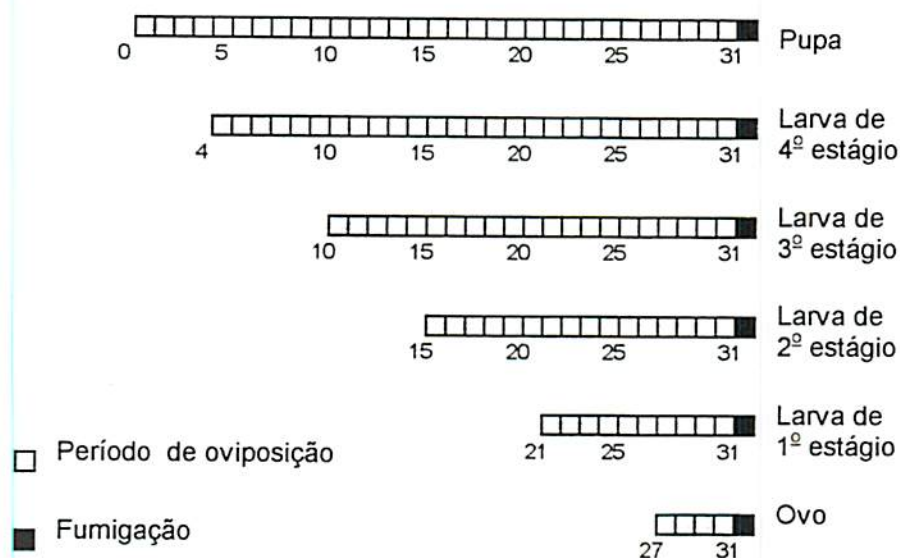


FIGURA 1 - Estrutura de coleta de ovos de *Rhyzopertha dominica* com o objetivo de obtenção de diferentes fases do inseto.

Encerrada a última etapa da infestação, todas as amostras foram divididas em duas sub-amostras, sendo que uma sub-amostra de cada período de infestação permaneceu no laboratório para incubação de insetos nas fases intermediárias localizados dentro dos grãos, e outras sub-amostras foram para os recipientes de fumigação.

Insetos em diferentes estágios de desenvolvimento foram colocados envolto em organza e cada amostra foi colocada dentro do recipiente para fumigação. Após a abertura dos recipientes, ao término e cada etapa do experimento, as amostras retornaram ao laboratório, para se aguardar a eclosão dos insetos que eventualmente sobreviveram a fumigação.

As amostras de trigo foram peneiradas em intervalos de tempo definidos, para retirar os insetos emergidos evitando desta forma que se iniciem novo ciclo reprodutivo. Este procedimento foi realizado até o encerramento do período de eclosão nas sub-amostras que permaneceram no laboratório.

Foi realizado uma avaliação do índice de mortalidade da broca-pequena-do-grão em todas as suas fases de desenvolvimento. Através desta análise foi possível avaliar a eficiência dos tratamentos com atmosfera controlada contendo diferentes concentrações de dióxido de carbono.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados deste trabalho foram discutidos em duas partes: Uma sobre a qualidade tecnológica e outra sobre as populações de inseto sob ação de atmosfera controlada.

Os resultados baseados na atmosfera controlada foram, por razões de simplificação, expressos apenas nas concentrações de CO<sub>2</sub> e não CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>.

### **4.1 Ação da atmosfera controlada sobre parâmetros tecnológicos do trigo**

Os teores de cinza e proteína são alguns dos parâmetros utilizados para se avaliar a qualidade do grão. A alveografia e a farinografia qualificam através de processos físicos, a farinha de trigo. Os resultados destas análises são mostrados nas tabelas 1A, 2A e 3A do apêndice.

#### **4.1.1 Cinza e proteína do grão**

Quanto menor o teor de cinza e maior o teor de proteína. Melhor será a qualidade do grão para fins de obtenção de farinha para panificação.

A análise de variância para os parâmetros teores de cinzas e proteínas, avaliados nos grãos de trigo, cultivar BR - 10, armazenados por três períodos de exposição em atmosfera controlada está resumida na tabela 4. Os teores de CO<sub>2</sub> alteraram significativamente os teores de cinzas e proteína. Os períodos 5, 10 e 15 dias de exposição não afetaram estes parâmetros, mas a interação níveis de CO<sub>2</sub> versus períodos de exposição apresentou variações significativas para os teores de cinzas, porém, não para proteína.

TABELA 4 - ANAVA dos parâmetros de qualidade de grãos de trigo BR - 10 expostos a atmosfera controlada com diferentes teores de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> médias de três períodos de exposição.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G. L.	CINZA	PROTEÍNA
Teores de CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub>	4	0.0053918**	0.5014231**
Períodos de exposição	2	0.0013281 <sup>ns</sup>	0.0055134 <sup>ns</sup>
Teores de CO <sub>2</sub> x Período de exposição.	8	0.0040458**	0.221955 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0.0012644	0.1266695

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

<sup>ns</sup> Valores não significativos.

A variação dos teores de cinza dos grãos relacionada com os teores de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> utilizado para a exposição deve-se ao erro experimental e não em razão dos teores de CO<sub>2</sub> e períodos de exposição aplicados

O teor de proteínas do grão apresentou uma variação quadrática a medida que aumentou a concentração de CO<sub>2</sub>, tendo um pico em torno do nível de 30% de CO<sub>2</sub>, decrescendo a medida que aumentamos a concentração do gás como mostra a figura 5. O período de armazenamento não alterou os níveis de proteína do grão, bem como a interação níveis de CO<sub>2</sub> x períodos de armazenamento não promoveu variações no teor de proteína do grão, em condições normais de armazenamento o teor de proteína mantém-se uniforme. Os resultados estão de acordo com Fan, Lai e Wang (1976) que descreveram que por longo período de armazenamento, o teor de proteína permanece inalterado.



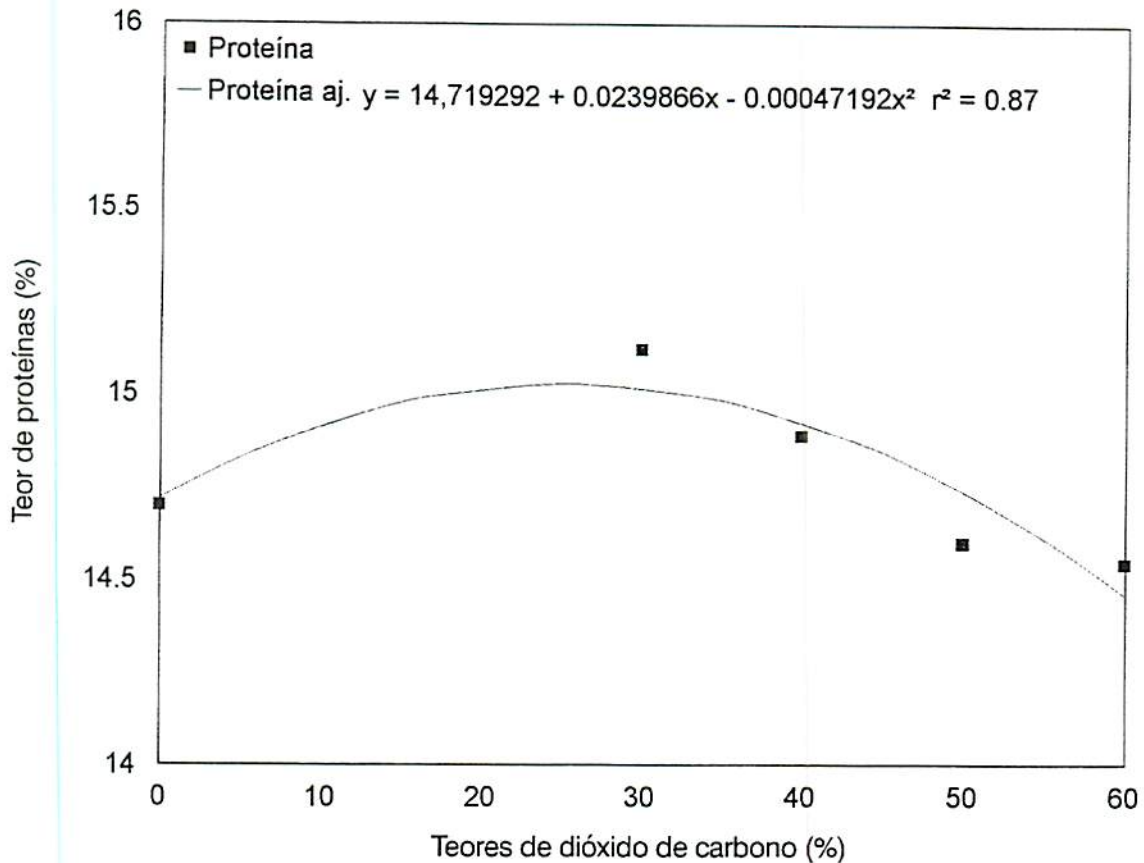


FIGURA 2 - Teor de proteína dos grãos de trigo BR - 10 expostos a atmosfera controlada com diferentes teores de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> valores médios dos 3 períodos de exposição.

#### 4.1.2. Parâmetros de qualidade da farinha

Foram realizadas análises químicas onde se observou o teor de cinzas e proteína da farinha. Através de análises tecnológicas avaliou a resistência e elasticidade da massa pela alveografia e a consistência da massa através de farinografia. A análise bioquímica permitiu determinar o índice de queda.

O resumo da ANAVA para as análises químicas e tecnológicas, alveografia e farinografia da farinha de trigo, BR - 10, submetido a exposição a AC por diferentes intervalos de tempo constam nas tabelas 5, 6 e 7.

#### 4.1.2.1 Análises químicas

As análises químicas utilizadas foram de cinza e proteína, estas permitem qualificar e caracterizar a farinha. Farinhas com menores teores de cinza e maiores teores de proteína são melhores para panificação.

##### 4.1.2.1.1 Cinza e proteína da farinha

Os teores de CO<sub>2</sub> promoveram variação no teor de cinza da farinha (Figura 3), apresentando um crescimento até atingir o valor máximo quando a concentração utilizada foi de 40% de CO<sub>2</sub>. Embora seja significativo, neste caso não houve ajuste de equação. Os períodos de exposição bem como a interação com níveis de CO<sub>2</sub> não alteraram os valores do teor de cinzas.

O tratamento com atmosfera controlada com diferentes concentrações de dióxido de carbono não promoveram variação no teor de proteína da farinha de trigo BR - 10, a interação concentrações de CO<sub>2</sub> com períodos de exposição também não causaram variação no teor de proteína da farinha. O teor de proteína da farinha apresentou variação a medida que variou-se o tempo de armazenamento devido a um erro experimental.

TABELA 5 - ANAVA para as análises químicas da farinha obtida de trigo BR - 10 exposta a atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>.

CAUSAS DE VARIÇÃO	G.L.	QUADRADOS MEDIOS	
		TEOR DE CINZA (%)	TEOR DE PROTEÍNA (%)
Teores CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> (T)	4	0.013**	0.059 <sup>ns</sup>
Período exposição (P)	2	0.001 <sup>ns</sup>	0.104*
T x P	8	0.001 <sup>ns</sup>	0.102 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0.0006	0.030

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

<sup>ns</sup> Valores não significativos.

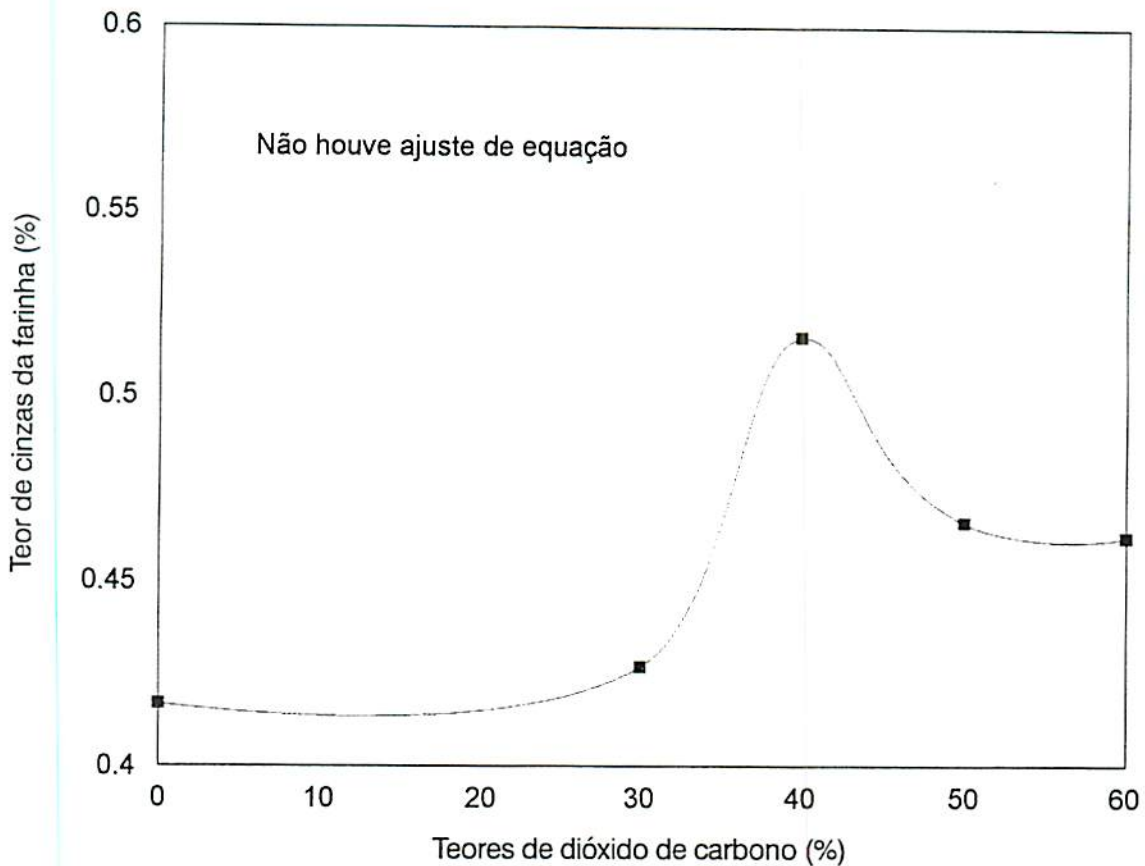


FIGURA 3 - Teor de cinza da farinha dos grãos de trigo BR - 10 exposto a atmosfera controlada com diferentes níveis de  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ .

#### 4.1.2.2 Análises tecnológicas

Estas análises caracterizam e qualificam uma farinha de trigo através de avaliações físicas e reológicas, entre estas temos alveografia e farinografia.

##### 4.1.2.2.1 Alveografia

Alveografia fornece dois parâmetros que são relação P/L e trabalho de deformação da massa (W) utilizando princípios físicos, que auxiliam na qualificação de farinhas.

TABELA 6 - ANAVA para características alveográficas da farinha obtida de trigo BR - 10 expostos a atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>.

CAUSAS DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS	
		Relação P/L <sup>2</sup>	W <sup>3</sup>
Teores CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> (T)	4	0.375**	1418.4*
Período de exposição (P)	2	0.092 <sup>ns</sup>	539.13 <sup>ns</sup>
T x P	8	0.061 <sup>ns</sup>	461.50 <sup>ns</sup>
Erro	30	0.031	427.60

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

<sup>ns</sup> Valores não significativos.

<sup>2</sup> Relação P/L → Relação sobrepressão máxima/Largura da abcissa

<sup>3</sup> W → Trabalho de deformação da massa (10<sup>-4</sup>J/gr)

#### 4.1.2.2.1 Sobrepressão máxima/abcissa média de ruptura (Relação P/L)

A sobrepressão máxima/abcissa média de ruptura, relação P/L, é um parâmetro da qualidade da farinha. Farinha de boa qualidade para panificação deve possuir este valor entre 0,4 a 1,2. Os diferentes teores de CO<sub>2</sub> promoveram variação na relação P/L parâmetro definido como a relação entre o valor de P (sobrepressão máxima dado em mm de H<sub>2</sub>O) e o valor de L (abcissa média de ruptura dado em mm) como mostra a figura 4, este parâmetro obtido do alveograma apresentou um crescimento a medida que aumentamos a concentração de CO<sub>2</sub>. O período de exposição assim como a sua interação com níveis de CO<sub>2</sub> não causaram modificações significativas nos valores da relação P/L.

#### 4.1.2.2.2 Trabalho de deformação da massa em 10<sup>-4</sup>J (W)

O trabalho de deformação da massa W apresentou alteração a medida que variou-se a concentração de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>, como mostra a figura 5. Não houve ajuste de equação e a interação teores de CO<sub>2</sub> e período de exposição não promoveu modificação no valor de W. O período de exposição também não causou variação no valor de W, os valores obtidos deste parâmetro todos acima de 300 caracteriza esta farinha como forte.



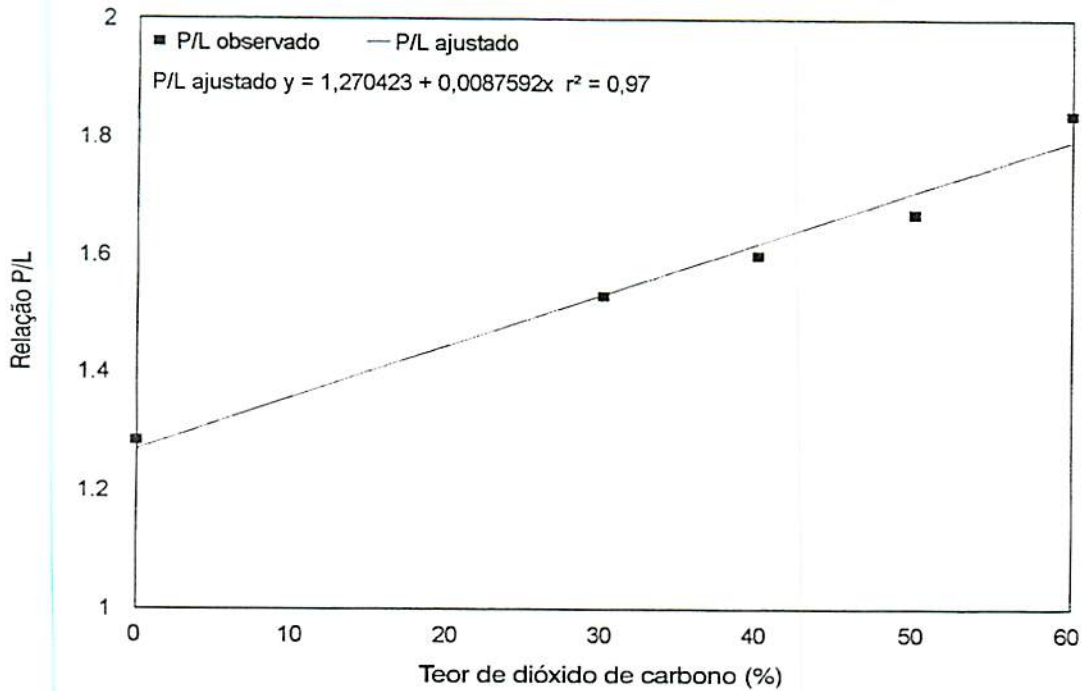


FIGURA 4 - Valores da relação P/L dos massa de farinha de trigo BR - 10 exposto a atmosfera controlada com diferentes teores de  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ .

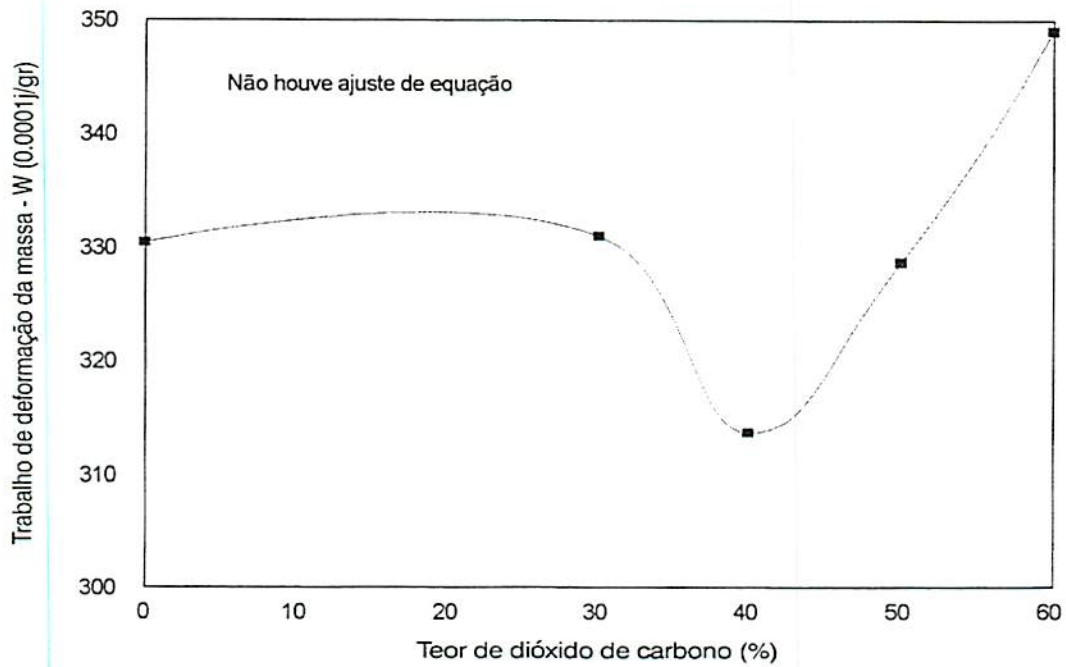


FIGURA 5 - Valores do trabalho de deformação da massa - W da massa de farinha de trigo BR - 10 exposto a atmosfera controlada com diferentes teores de  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ .

#### 4.1.2.2.2 Farinografia

A farinografia utiliza sistemas mecânicos que registram a consistência, em unidades farinográficas de uma determinada quantia de farinha situada em um recipiente com haste misturadora acoplado a um registrador. Coloca-se uma alíquota de água sobre a farinha e após algum tempo coleta-se os dados da folha de registro e determina-se a absorção de água, dada em percentagem, a estabilidade da farinha, dada em minutos e o tempo de desenvolvimento da massa, dado em minutos.

TABELA 7 - ANAVA para características farinográficas de trigo BR - 10 exposto a atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>.

CAUSAS DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS		
		ABSORÇÃO H <sub>2</sub> O <sup>1</sup>	ESTABILIDADE <sup>2</sup>	TDM <sup>3</sup>
Teores CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> (T)	4	0.756**	3.4289 <sup>ns</sup>	2.435 <sup>ns</sup>
Período de exposição (P)	2	0.412 <sup>ns</sup>	0.3216 <sup>ns</sup>	0.126 <sup>ns</sup>
T x P	8	0.203 <sup>ns</sup>	1.7181 <sup>ns</sup>	1.383 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0.115	3.1457	1.346

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

<sup>ns</sup> Valores não significativos.

<sup>1</sup> Absorção de água (%)

<sup>2</sup> Estabilidade da massa à mistura (minutos)

<sup>3</sup> TDM → Tempo de desenvolvimento da massa (minutos)

##### 4.1.2.2.2.1 Absorção de água

Absorção de água é a quantidade de água necessária para o centro da curva no ponto de máxima consistência atingir a linha de 500 unidades farinográficas (U.F.). Os valores de absorção de água em farinha de trigo BR -10 exposta a atmosfera controlada por diferentes intervalos de tempo, apresentou alteração devido a variação da concentração de dióxido de carbono como mostra a figura 6. Não houve alteração significativa da absorção de água quando interagimos teores de CO<sub>2</sub> com período de exposição.

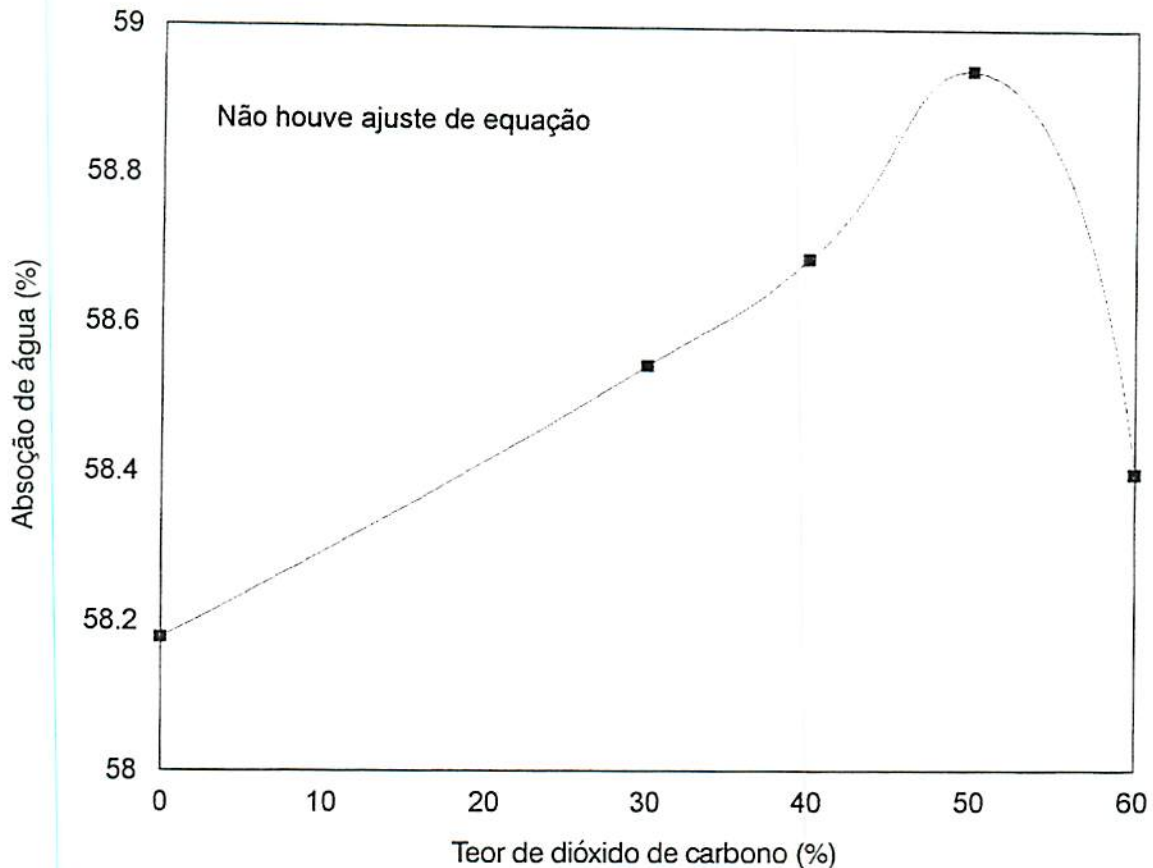


FIGURA 6 - Valores de absorção de água de farinha de trigo BR - 10 submetidos a armazenamento em atmosfera controlada com diferentes níveis de  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ .

#### 4.1.2.2.2 Estabilidade da massa à mistura

A estabilidade da massa é caracterizada como a diferença de tempo, em minutos, entre os pontos onde o topo da curva entra e sai da linha de 500 unidades farinográficas durante sua mistura. Não houve alteração dos valores de estabilidade da massa de farinha de trigo BR - 10 exposta a atmosfera controlada com diferentes concentrações de dióxido de carbono por diferentes períodos de exposição. A interação dos fatores concentração de  $\text{CO}_2$  e período de exposição não promoveu modificações nos valores de estabilidade da farinha de trigo.



#### 4.1.2.2.3 Tempo de desenvolvimento da massa (TDM)

Tempo de desenvolvimento da massa (TDM) é o intervalo em minutos desde o início até o ponto de consistência máxima observada na curva. A farinha de trigo BR - 10 exposta a atmosfera controlada com diferentes concentrações de dióxido de carbono por diferentes períodos de exposição não apresentou modificação significativa nos valores do tempo de desenvolvimento da massa. A interação dos fatores concentração de CO<sub>2</sub> e período de exposição também não promoveram modificações nos valores do tempo de desenvolvimento da massa da farinha de trigo. Estes resultados estão de acordo com Shuey (1972) que trabalhando com farinha armazenada em condições normais de atmosfera não encontrou variação nos valores de TDM.

#### 4.1.2.3. Análise bioquímica

Utiliza um sistema mecânico que registra a resistência de uma haste atravessar uma camada de mistura de farinha com água aquecida. O tempo gasto para atravessar a mistura é o parâmetro relacionado à atividade da  $\alpha$ -amilase.

##### 4.1.2.3.1 Índice de queda (“Falling Number”)

O índice de queda avalia a atividade da  $\alpha$ -amilase através da consistência da suspensão aquecida de farinha e água, medida pelo tempo que a haste leva para passar pela suspensão, dado em segundos. Farinhas que registram um valor menor que 250 segundos caracterizam-se como não indicadas para panificação, sendo seu teor de enzima muito alto prejudicando a qualidade do produto final. Farinhas que possuem um valor de 250 a 300 segundos são ideais para panificação pois possuem uma concentração equilibrada de  $\alpha$ -amilase. Farinha com valores acima de 300 segundos são deficientes nesta enzima, sendo necessário a adição de  $\alpha$ -amilase para equilibrar seu teor, o que é geralmente realizado através de  $\alpha$ -amilase fungica. A atividade da  $\alpha$ -amilase de farinha de trigo BR - 10 não apresentou variação devido aos fatores teores de CO<sub>2</sub> e período de exposição, e a interação destes dois fatores também não causou modificação significativa nos valores de atividade de  $\alpha$ -amilase (Tabela 8).



TABELA 8 - ANAVA para índice de queda de trigo BR - 10 exposto a atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>.

CAUSAS DE VARIÇÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS
		ÍNDICE DE QUEDA (FALLING NUMBER) (seg.)
Teores CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> (T)	4	504,41 <sup>ns</sup>
Período de exposição (P)	2	554,42 <sup>ns</sup>
T x P	8	714,22 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	389,82

<sup>ns</sup> Valores não significativos.

#### 4.2. Efeito de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> sobre diferentes populações de *Rhyzopertha dominica*.

A AC faz parte de uma nova linha de fumigantes com gases inertes, com baixa toxidez aguda e menores riscos de contaminação ambiental. Estes fumigantes vem sendo utilizados com exito no controle de determinadas pragas de grãos armazenados.

Para este trabalho a eficiência de controle do inseto será definida pela fórmula de Abbott dada por,  $EF\% = (n^{\circ} \text{ de insetos sobreviventes na testemunha} - n^{\circ} \text{ de insetos sobreviventes no tratamento}) / (n^{\circ} \text{ de insetos sobreviventes na testemunha}) \times 100$ .

A mistura gasosa nitrogênio e dióxido de carbono atua fisiologicamente no metabolismo do inseto aumentando a sua taxa respiratória e acidificando a hemolinfa (Adler, 1994). A medida que aumenta a concentração de dióxido de carbono, dificulta o processo de troca gasosa nas traquéias do *Rhyzopertha dominica* causando a sua morte. Determinados insetos como o *Trogoderma granarium* entram em diapausa podendo manter-se nesta condição metabólica por até 4 anos, isto não ocorre com a rizoperta .

Observou-se que para o expurgo com atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> na concentração de 60% de CO<sub>2</sub> e 40% de N<sub>2</sub>, mantendo-se a vedação dos cilindros por um período de 15 dias, não houve insetos sobreviventes. Estes dados estão de acordo com os resultados obtidos por Santos (1995) e White e Jayas (1991). Para expurgo com atmosfera controlada contendo teores de CO<sub>2</sub> abaixo de 50% os resultados mostram sobreviventes do inseto alvo, desaconselhando a utilização do expurgo com atmosfera controlada com teores abaixo deste valor por períodos de exposição menores ou iguais a 15 dias. Mbata e Reichmuth (1996) trabalhando com *Callosobruchus submnotatus* conseguiram 100% de mortalidade, de todas as

fases do inseto, utilizando atmosfera com 100% de CO<sub>2</sub> por um período de exposição de 6 dias, e registraram que a medida que se eleva a concentração de O<sub>2</sub> reduz sensivelmente a mortalidade, mesmo com altos níveis de CO<sub>2</sub> associados, evidenciando a tolerância do inseto.

#### 4.2.1 Ação do dióxido de carbono sobre os ovos

A mortalidade dos ovos das três populações estudadas estão apresentados na tabela 9, para os períodos de exposição 5, 10 e 15 dias, respectivamente.

Período de 5 dias de exposição: O número de insetos sobreviventes variou pouco em função da concentração de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>, porém em função da origem do inseto a variação foi maior. O fato de haver sobreviventes nesta fase, onde o metabolismo do inseto é baixo, inviabiliza a utilização da atmosfera controlada com dióxido de carbono e nitrogênio para um período de expurgo de 5 dias, mesmo em condições de boa hermeticidade. Estes resultados estão de acordo com os dados obtidos por Leong e Ho (1995) em pesquisa realizada com ovos de *Liposcelis bostrychophila* utilizando atmosfera com um teores de 20, 30, 54, 74 e 99% de CO<sub>2</sub> para um período de exposição de 5 dias.

No teor de 30% de CO<sub>2</sub>, o nível de controle foi de 76,59% em relação a média da testemunha nos insetos da população Campo Mourão - Pr (CM). Para os insetos da população Sete Lagoas - MG (SL) o nível de controle chegou a 81,10% e para os insetos da população Santa Rosa - RS (SR) o nível de controle atingiu 83,57% (Tabela 9).

No teor de 40% de CO<sub>2</sub> houve 76,10% de mortalidade na população CM; 83,24% na população SL e 91,79% na população SR (Tabela 9).

No teor de 50% o controle chegou a 73,66%; 83,24% e 83,57% para as populações CM, SL e SR respectivamente. No teor de 60% de CO<sub>2</sub> a mortalidade atingiu respectivamente 80,01%; 82,02% e 89,05% para as populações de CM, SL e SR. Mbata e Reichmuth (1996) trabalhando com ovos de *Callosobruchus subnotatus* conseguiram 100% de mortalidade utilizando atmosfera com 100% de CO<sub>2</sub> por um período de exposição de 6 dias, e registraram que a medida que eleva-se a concentração de O<sub>2</sub> reduz sensivelmente a mortalidade, mesmo com altos níveis de CO<sub>2</sub> associados, evidenciando a tolerância do inseto. Santos (1995) utilizando mistura ar sintético e CO<sub>2</sub> em ovos de *Sitophilus zeamais* obteve 100% de mortalidade com



concentração de dióxido de carbono de 50 e 60% para um período de exposição de 5 dias, sendo que para concentrações menores a mistura ar sintético e CO<sub>2</sub> não foi eficiente (Tabela 9).

Períodos de exposição de 10 e 15 dias : O controle de ovos de *Rhyzopertha dominica* das três populações estudadas (CM, SL e SR) atingiu 100% de eficiência para todos os teores de CO<sub>2</sub> utilizados como mostra a tabela 9. Estes resultados estão de acordo com os dados obtidos por Leong e Ho (1995) em pesquisa realizada com ovos de *Liposcelis bostrychophila* utilizando atmosfera com um teores de 74 e 99% de CO<sub>2</sub> para um período de exposição de 15 dias. Apesar da baixa taxa respiratória verifica-se suscetibilidade da fase de ovo às concentrações de dióxido de carbono utilizados. Santos (1995) em pesquisa com ovos de *Sitophilus zeamais* obteve 100% de mortalidade com teores de CO<sub>2</sub> de 40, 50 e 60%, para teores menores de dióxido de carbono houve sobreviventes.

TABELA 9 - Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre ovos de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição.

TEOR DE CO <sub>2</sub>	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO CO <sub>2</sub>								
	5 DIAS			10 DIAS			15 DIAS		
	CM	SL	SR	CM	SL	SR	CM	SL	SR
0%	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b
30%	76,59a	81,10a	83,57a	100a	100a	100a	100a	100a	100a
40%	76,10a	83,24a	91,79a	100a	100a	100a	100a	100a	100a
50%	73,66a	83,24a	83,57a	100a	100a	100a	100a	100a	100a
60%	80,01a	82,02a	89,05a	100a	100a	100a	100a	100a	100a

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

#### 4.2.2 Ação do dióxido de carbono sobre as larvas de primeiro estágio

A eficiência da atmosfera controlada sobre as larvas de primeiro estágio das três populações estudadas está apresentada na tabela 10, para os períodos de exposição 5, 10 e 15 dias respectivamente.

Período de exposição de 5 dias: Esta fase da larva dura aproximadamente 6 dias. O rizoperta coloca os seus ovos soltos, entre os grãos, a larva ao eclodir alimenta-se de partículas de grãos e posteriormente penetra o grão. Nesta fase com exceção do teor de 30% de CO<sub>2</sub> nas populações CM e SR com 98,14% e 98,61% de mortalidade, respectivamente, como mostra a

tabela 10, a eliminação das larvas foi total para todas as populações.

Período de exposição de 10 dias: A população de insetos CM apresentou as seguintes taxas de mortalidade 83,10%, 57,74%, 76,03% e 67,95% para os teores de 30%, 40%, 50% e 60%, respectivamente. Para as populações SL e SR a eficiência foi de 100% para todos os teores de CO<sub>2</sub> como mostra a tabela 10, ficando evidente a maior tolerância da população CM nesta fase de desenvolvimento dos insetos. Os insetos desta população já se mostraram mais resistente à fosfina como evidenciou os resultados de Calil (1995).

Período de exposição de 15 dias: Todos os teores de dióxido de carbono utilizados foram eficientes atingindo 100% de mortalidade das larvas do primeiro instar das três populações de rizoperta estudadas (CM, SL e SR) (Tabela 10). Este resultado diferiu dos obtidos por Santos (1995) com larvas de primeiro instar de *Sitophilus zeamais*, pois foi apenas no teor de 30% onde o respectivo autor registrou um índice de mortalidade de 81,96%. Esta alta porcentagem de mortalidade é devido, provavelmente, a alta taxa respiratória desta fase do inseto e ao período mais longo de exposição ao dióxido de carbono.

TABELA 10 - Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre larvas de primeiro estágio de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição.

TEOR DE CO <sub>2</sub>	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO CO <sub>2</sub>								
	5 DIAS			10 DIAS			15 DIAS		
	CM	SL	SR	CM	SL	SR	CM	SL	SR
0%	0b	0b	0b	0c	0b	0b	0b	0b	0b
30%	98,14a	100a	98,61a	83,10a	100a	100a	100a	100a	100a
40%	100a	100a	100a	57,74b	100a	100a	100a	100a	100a
50%	100a	100a	100a	76,03ab	100a	100a	100a	100a	100a
60%	100a	100a	100a	67,95ab	100a	100a	100a	100a	100a

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

#### 4.2.3 Ação do dióxido de carbono sobre as larvas do segundo estágio

A eficiência da atmosfera controlada sobre as larvas de segundo estágio das três populações estudadas está apresentada na tabela 11, para os períodos de exposição 5, 10 e 15 dias, respectivamente.



Período de exposição de 5 dias (Tabela 11): A mortalidade (%) para as larvas de segundo instar do rizoperta para a população CM nos teores de 30, 40, 50 e 60% de CO<sub>2</sub> variaram de 97,15% a 98,86%. Na população SL os valores variaram de 93,32% a 99,26%. Na população SR a variação foi de 95,36% a 98,93%. Santos (1995) com larvas de segundo estágio de *Sitophilus zeamais* registrou sobreviventes nos teores de 30% e 40% de CO<sub>2</sub>. Nos teores de 50% e 60% de CO<sub>2</sub> houve 100% de mortalidade. Mbata e Reichmuth (1996) em larvas de *Callosobruchus subnnotatus* obtiveram 100% de mortalidade utilizando atmosfera com 100% de CO<sub>2</sub>, por um período de exposição de 6 dias.

Período de exposição de 10 dias: O expurgo realizado com diferentes teores de dióxido de carbono registrou sobreviventes somente para o teor de 30% de CO<sub>2</sub> para larvas do segundo instar das populações CM e SL com os seguintes percentuais de mortalidade 86,18% e 98,34% respectivamente. O teor de 50% de CO<sub>2</sub> teve 96,66% de mortalidade na população CM para os demais teores a mortalidade chegou a 100%. Para as larvas da população SR todos os teores de CO<sub>2</sub> atingiram 100% de mortalidade. Santos (1995) em larvas de segundo instar *Sitophilus zeamais* apresentou 100% de mortalidade somente nos teores de 50% e 60% de CO<sub>2</sub>. Os resultados com a taxa de mortalidade neste período de exposição estão apresentados na tabela 11.

Período de exposição de 15 dias: A mortalidade das larvas de segundo instar de rizoperta chegou a 100% para todos os teores de dióxido de carbono utilizados nas três populações estudadas (CM, SL e SR), como mostra a tabela 11. Santos (1995) obteve 100% de mortalidade em larvas de segundo instar de *Sitophilus zeamais* nos teores de 50% e 60% de CO<sub>2</sub> utilizando o período de 15 dias de exposição. Para teores abaixo de 50% o autor registrou sobreviventes. Mbata e Reichmuth (1996) trabalhando com larvas de *Callosobruchus subnnotatus* conseguiram 100% de mortalidade utilizando atmosfera com 100% de CO<sub>2</sub> por um período de exposição de 6 dias.

TABELA 11 - Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre larvas de segundo estágio de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição.

TEOR DE CO <sub>2</sub>	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO CO <sub>2</sub>								
	5 DIAS			10 DIAS			15 DIAS		
	CM	SL	SR	CM	SL	SR	CM	SL	SR
0%	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b
30%	97,15a	93,32a	95,36a	86,18a	98,34a	100a	100a	100a	100a
40%	94,37a	99,26a	95,63a	100a	100a	100a	100a	100a	100a
50%	98,34a	98,51a	97,38a	96,66a	100a	100a	100a	100a	100a
60%	98,86a	98,91a	98,93a	100a	100a	100a	100a	100a	100a

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

#### 4.2.4 Ação do dióxido de carbono sobre as larvas do terceiro estágio

A eficiência da atmosfera controlada sobre as larvas de terceiro estágio das três populações estudadas está apresentada na tabela 12, para os períodos de exposição 5, 10 e 15 dias, respectivamente.

Período de exposição de 5 dias: A mortalidade das larvas do terceiro ínstar no teor de 30% de CO<sub>2</sub> foi de 64,45%, 79,18% e 38,72% para as populações CM, SL e SR, respectivamente. No teor de 40% de CO<sub>2</sub> a mortalidade atingiu 98,48%, 93,10% e 93,79% para as populações CM, SL e SR, respectivamente.. No teor de 50% de CO<sub>2</sub> a mortalidade das larvas foram de 94,56%; 91,76% e 93,96% para as populações CM, SL e SR, respectivamente. Na dose de 60% de CO<sub>2</sub> a mortalidade das populações CM, SL e SR foram de 90,80%; 95,72% e 95,84% respectivamente como apresentado na tabela 12. Santos (1995) em pesquisa realizada com larvas de terceiro estágio de *Sitophilus zeamais* obteve 100% de mortalidade somente com a concentração de 60% de CO<sub>2</sub> e fosfina.

Período de exposição de 10 dias: Houve uma redução no número de insetos sobreviventes nas concentrações de 40, 50 e 60% de CO<sub>2</sub>, nas larvas de terceiro estágio das três populações utilizadas. Na concentração de 30% de dióxido de carbono a mortalidade foi de 63,93%; 54,21% e 59,87% para populações CM, SL e SR, respectivamente. O teor de 40% de CO<sub>2</sub> registrou os seguintes valores para mortalidade; 80,98%; 87,69% e 88,63% para as populações CM, SL e SR,



respectivamente. O teor de 50% de CO<sub>2</sub> resultou nos seguintes valores de mortalidade; 95,23%; 99,52% e 98,57% para as larvas das populações CM, SL e SR, respectivamente. No teor 60% CO<sub>2</sub>, a mortalidade atingiu; 99,20%; 99,52% e 99,04% para as larvas das populações CM, SL e SR respectivamente (Tabela 12). Os resultados obtidos nos teores 30 e 40% de CO<sub>2</sub> concordam com os obtidos por Santos (1995) com larvas de terceiro estágio de *Sitophilus zeamais*.

Período de exposição de 15 dias: O controle efetivo com 100% de mortalidade das larvas de terceiro estágio de três populações diferentes de rizoperta só ocorreu quando os teores de CO<sub>2</sub> foram igual ou superior a 40% (Tabela 12). A dosagem de 30% apresentou mortalidade das larvas das populações SL e SR com os valores percentuais de 99,66% e 94,70%, respectivamente, estes resultados estão de acordo com os obtidos por Santos (1995) com larvas de terceiro estágio de *Sitophilus zeamais*, utilizando atmosfera controlada com a composição de ar sintético e dióxido de carbono.

TABELA 12 - Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre larvas de terceiro estágio de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição.

TEOR DE CO <sub>2</sub>	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO CO <sub>2</sub>								
	5 DIAS			10 DIAS			15 DIAS		
	CM	SL	SR	CM	SL	SR	CM	SL	SR
0%	0c	0b	0c	0c	0c	0c	0b	0b	0b
30%	64,45b	79,18a	38,72b	63,93b	54,21b	59,87b	100a	99,66a	94,70a
40%	98,48a	93,10a	93,79a	80,98a	87,69a	88,63a	100a	100a	100a
50%	94,56a	91,76a	93,96a	95,23a	99,52a	98,57a	100a	100a	100a
60%	90,80a	95,72a	95,84a	99,20a	99,52a	99,04a	100a	100a	100a

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

#### 4.2.4 Ação do dióxido de carbono sobre as larvas do quarto estágio

A eficiência da atmosfera controlada sobre as larvas de quarto estágio das três populações estudadas está apresentada na tabelas 13, para os períodos de exposição 5, 10 e 15 dias, respectivamente.

Período de exposição de 5 dias (Tabela13): A eficiência no controle de larvas do quarto

estágio de rizoperta foi baixo, apresentando um grande número de larvas sobreviventes nas três populações avaliadas (CM, SL e SR).

O teor de 30% de CO<sub>2</sub> apresentou a menor taxa de mortalidade para larvas da população CM com um valor percentual de 35,45%. As larvas da população SL apresentaram um índice de mortalidade de 52,93% e para as larvas da população SR este valor atingiu 46,36%. Esta fase é caracterizada por uma redução da atividade metabólica do inseto, disto resulta no maior índice de sobrevivência dos insetos.

O teor de 40% de CO<sub>2</sub> apresentou os seguintes valores de mortalidade para as populações CM, SL e SR: 52,03%; 56,74% e 55,15%, respectivamente. Notamos aumento da taxa de mortalidade quando comparamos os resultados do teor de 30% de dióxido de carbono.

A taxa de mortalidade de larvas submetidas ao teor de 50% CO<sub>2</sub>, para as três populações estudadas foram, respectivamente, 57,12%, 79,03% e 74,24% para larvas das populações CM, SL e SR. Verificou-se que a população mais resistentes neste estágio é a CM.

O teor de 60% de CO<sub>2</sub> também apresentou um elevado número de sobreviventes nas três populações estudadas. Os valores percentuais de mortalidade das larvas foram 61,30% para larvas da população CM; 84,46% para larvas da população SL e 81,88% para larvas da população SR. Em trabalho realizado por Santos (1995) com larvas do quarto estágio de *Sitophilus zeamais* os resultados obtidos são semelhantes, porém a mortalidade do *Sitophilus zeamais* foi ligeiramente maior do que a do *Rhyzopertha dominica*. Pesquisa realizada por Mbata & Reichmuth com larvas de *Callosobruchus subinnotatus* apresentaram 100% de mortalidade quando a dosagem utilizada foi de 100% de dióxido de carbono para os períodos de exposição de 4 e 6 dias. Dosagens de CO<sub>2</sub> abaixo de 100% não atingiu efeito desejado e os autores observaram um maior número de sobreviventes nesta fase do inseto. O dióxido de carbono não é recomendado quando o período de exposição requerer menos de 15 dias, caso exista a possibilidade de danos a germinação de sementes e onde houver relato de ocorrência de *Trogoderma granarium*.

Período de exposição de 10 dias (Tabela 13): O expurgo realizado com diferentes concentrações de dióxido de carbono registrou larvas sobreviventes nas três populações estudadas, para o teor de 30% de CO<sub>2</sub>, a mortalidade de larvas foram 52,13% para a população CM; 45,83% para a população SL e 55,36% para a população SR.



O teor 40% de CO<sub>2</sub> apresentou uma queda no número de insetos sobreviventes apenas nas larvas da população CM com um percentual de 91,99% de mortalidade. O índice de mortalidade das larvas da população SL foi de 75,57% e para a população SR foi 82,14%.

Os teores 50 e 60% de CO<sub>2</sub> apresentaram um maior índice de mortalidade com 94,61% e 95,38% para a população CM; 94,36% e 96,07% para os insetos SL e 99,61% e 99,25% para os insetos SR, respectivamente.

Período de exposição de 15 dias: Confirmando os resultados obtidos com outras fases de rizoperta, esta situação foi a que apresentou melhores resultados no controle de larvas do quarto instar da broca-pequena-do-grão (Tabela 13).

O teor de 30% de CO<sub>2</sub> promoveu 98,60% de mortalidade nas larvas de quarto instar da população CM, 94,28% para as larvas da população SL e 95,53% para as larvas da população SR.

O teor de 40% de CO<sub>2</sub> atingiu 99,40% de mortalidade de larvas da população CM, 99,50% para a população SL e 100% para a população SR.

Para os demais níveis de CO<sub>2</sub> houve 100% de mortalidade das larvas das três populações estudadas, isto reafirma a importância da recomendação dada por Annis e Graver (1990) onde destaca-se a viabilidade do uso do dióxido de carbono para o controle de pragas de grãos armazenados quando o período de exposição for igual ou superior a 15 dias.

TABELA 13 - Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre larvas de quarto estágio de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição.

TEOR DE CO <sub>2</sub>	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO CO <sub>2</sub>								
	5 DIAS			10 DIAS			15 DIAS		
	CM	SL	SR	CM	SL	SR	CM	SL	SR
0%	0 c	0 c	0 d	0 c	0d	0c	0b	0b	0b
30%	35,45 b	52,93 b	46,36 c	52,13b	45,83c	55,36b	98,60a	94,28a	95,53a
40%	52,03ab	56,74 b	55,15bc	91,99a	75,57b	82,14a	99,40a	99,50a	100a
50%	57,12a	79,03a	74,24ab	94,61a	94,36ab	96,91a	100a	100a	100a
60%	61,30a	84,46a	81,88a	95,38a	96,07a	97,28a	100a	100a	100a

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

#### 4.2.5. Ação do dióxido de carbono sobre as pupas

A eficiência da atmosfera controlada sobre as pupas das três populações estudadas está apresentada na tabela 14, para os períodos de exposição 5, 10 e 15 dias, respectivamente.

Período de 5 dias de exposição: Esta fase é caracterizada por uma menor atividade metabólica do inseto. A mortalidade de pupas da população CM foram 90,98% para uma concentração de CO<sub>2</sub> de 30%; atingiu 94,84% para um teor de 40% de CO<sub>2</sub>; teve uma pequena elevação para 96,15% quando utilizamos 50% de CO<sub>2</sub> e atingiu o maior valor 98,10% para um teor de CO<sub>2</sub> de 60%.

Para as pupas da população SL os valores percentuais de mortalidade foram 91,30%; 95,39%; 96,61%; 95,81% para os teores de 30%; 40%; 50% e 60%, respectivamente.

As pupas da população SR apresentaram o menor percentual de mortalidade com os seguintes valores 96,72% para o teor de 30% de CO<sub>2</sub>; 96,78% para o nível de 40% de CO<sub>2</sub>; 96,62% para a concentração de 50% de CO<sub>2</sub> e 98,88% para o teor de 60% de CO<sub>2</sub> (Tabela 14).

Período de exposição de 10 dias: Como mostra a tabela 14 os resultados foram melhores que os obtidos com 5 dias de exposição mas não atingiu 100% de mortalidade.

O teor 30% de CO<sub>2</sub> apresentou os seguintes valores de mortalidade das pupas, 99,05%; 96,63% e 100% para as populações CM, SL e SR, respectivamente.

O teor de 40% de CO<sub>2</sub> a mortalidade chegou a, 99,81%, 95,37% e 99,25% para as população CM, SL e SR, respectivamente.

Na concentração de 50% de dióxido de carbono a mortalidade atingiu 99,62%, 98,83% e 100% para populações CM, SL e SR, respectivamente.

O teor de 60% de CO<sub>2</sub> apresentou os seguintes percentuais de mortalidade: 100%, 97,26% e 99,61% para populações CM, SL e SR, respectivamente.

Período de exposição de 15 dias: Todos os teores de CO<sub>2</sub> utilizados atingiu 100% de mortalidade (Tabela 14) das pupas da população SR.

Para as pupas da população CM apenas os teor de 30% e 50% de CO<sub>2</sub> apresentaram ambos 98,14% de mortalidade, respectivamente, os demais teores atingiram 100% de mortalidade.

Nas pupas da população SL os teores de 30 e 40% apresentaram ambos o seguinte valor

de mortalidade 98,57%, os demais teores de dióxido de carbono utilizados apresentaram 100% de mortalidade.

Santos (1995) em pesquisa realizada com pupas de *Sitophilus zeamais*, obteve 100% de mortalidade nas concentrações de 40%, 50% e 60% de CO<sub>2</sub>. Nas concentrações menores de CO<sub>2</sub> (20% e 30%) houve sobreviventes.

Adler (1994) demonstrou que o atmosferas contendo dióxido de carbono reduz mais rapidamente a produção de energia glicolítica que as atmosferas contendo somente nitrogênio.

TABELA 14 - Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre pupas de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição.

TEOR DE CO <sub>2</sub>	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO CO <sub>2</sub>								
	5 DIAS			10 DIAS			15 DIAS		
	CM	SL	SR	CM	SL	SR	CM	SL	SR
0%	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b
30%	90,98a	91,30a	96,72a	99,05a	96,65a	100a	98,14a	98,57a	100a
40%	94,84a	95,39a	96,78a	99,81a	95,37a	99,25a	100a	98,57a	100a
50%	96,15a	96,61a	96,62a	99,62a	98,83a	100a	98,14a	100a	100a
60%	98,10a	95,81a	98,88a	100a	97,26a	99,61a	100a	100a	100a

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

#### 4.2.6 Ação do dióxido de carbono sobre os adultos

Devido a sua alta taxa metabólica e, conseqüentemente, elevada taxa respiratória os adultos das três populações estudadas isto é, CM, SL e SR apresentaram 100% de mortalidade em todos os níveis de CO<sub>2</sub> utilizados com os três períodos de exposição estudados, ou seja, 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição à atmosfera controlada, como mostra a tabela 15. Santos (1995) em pesquisa realizada com adultos de *Sitophilus zeamais*, obteve 100% de mortalidade nas concentrações de 20%, 30%, 40%, 50% e 60% de CO<sub>2</sub> para os períodos de exposição de 5 dias, 10 dias, 15 dias e 20 dias.

TABELA 15 - Eficiência de atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> sobre adultos de *Rhyzopertha dominica* das populações originadas de Campo Mourão - PR (CM), Sete Lagoas - MG (SL) e Santa Rosa - RS (SR) nos períodos de 5 dias, 10 dias e 15 dias de exposição.

TEOR DE CO <sub>2</sub>	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO CO <sub>2</sub>								
	5 DIAS			10 DIAS			15 DIAS		
	CM	SL	SR	CM	SL	SR	CM	SL	SR
0%	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b
30%	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a
100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a
50%	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a
60%	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a

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



## 5 CONCLUSÕES

A utilização de atmosfera controlada com dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e nitrogênio (N<sub>2</sub>) embora tenham induzido alguma variação no teor de cinza e proteína de grão e da farinha de trigo, não causaram significantes mudanças nas características de farinografia, alveografia e índice de queda da farinha do trigo utilizada.

Com o uso de 40%, ou menos, de CO<sub>2</sub> ainda restavam insetos sobreviventes em todos os períodos de exposição. Doses acima de 50% de CO<sub>2</sub> e com tempo de exposição de 15 dias mostraram 100% de mortalidade, em todas as fases de desenvolvimento do inseto

Os insetos originados de Sete Lagoas - MG e Campo Mourão - PR foram mais resistentes ao expurgo com atmosfera controlada com CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> enquanto que os insetos de Santa Rosa - RS foram mais suscetíveis.

O período de 15 dias de exposição foi o mais efetivo no controle de todas as fases do inseto. O período de 10 dias e 5 dias não apresentaram resultados satisfatórios mesmo quando a concentração utilizada foi de 60% de dióxido de carbono.

Entre as fases de desenvolvimento do inseto, a mais resistente foi as larvas de 4<sup>o</sup> instar seguida pelas pupas, a fase adulta seguida da larva de 1<sup>o</sup> instar foram as mais suscetíveis.

A AC controla a infestação de *Rhyzopertha dominica*, em trigo e mostra-se viável como uma alternativa aos fumigantes tradicionais, desde que obedeça certas recomendações tais como: Utilizar este tratamento para período de exposição igual ou superior a 15 dias e nunca com uma dosagem de CO<sub>2</sub> inferior a 50%, manter os grãos com 12% umidade e em ambientes com boa hermeticidade e monitoramento constante para que seja mantida a concentração dos gases no nível recomendado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, C. Carbon dioxide - more rapidly impairing the glycolitic energy production than nitrogen? In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION, 6, Canberra, 1994. **Proceedings....** Canberra: ACIAR, 1994. p. 7 - 15.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC.** 8. ed. St. Paul: AACC. 1983. v.1.
- ANNIS, P.C. Requirements for fumigation and controlled atmospheres as options for pests and quality control in stored grain. In: CHAMP, B.R.; HIGHLEY, E.; BANKS, H.J., (eds.). **Fumigation and controlled atmosphere storage of grain: Proceeding of an International Conference**, Singapore, 1989. Singapore: ACIAR, 1990. p.20-28.
- ANNIS, P C; GRAVER, J. van S. **Suggested recommendations for the fumigation of grain in ASEAN Region..** Carbon dioxide fumigation of bag-stacks sealed in plastic enclosures: an operations manual. Kuala Lumpur: ASEAN Food Handling Bureau, 1990. pt. 2, 58 p.
- ANNIS, P.C. E GRAVER, J. VAN S. Sealed stacks as a component of an integrated commodity management system: a potential strategy for continued bag-stack storage in ASEAN Region. In: EVANS, D.E.; WELLISH, P.K., (eds.). **Grain storage in ASEAN: Some research and development options.** Canberra: CSIRO Division of Entomology Report, Australia, 1987. n. 42, p.630-633.



- AVILA JÚNIOR, A. Expurgo de grãos armazenados. **Boletim de Campo**. Rio de Janeiro, v.36, n.253, p.17-18, 1973.
- BANKS, H.J. Currents methods and potential systems for production of controlled atmospheres for grain. In: RIPP, B.E. et al., (eds.). **Controlled atmosphere and grain fumigation in grain storages**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.523-542.
- BANKS, H.J.; ANNIS, P.C.; RIGBY, G.R. Controlled atmosphere storage techniques for grain: the know and the future. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION, 5., Bordeaux: 1990. **Proceedings.....** Bordeaux: ACIAR 1990. p.695-708.
- BANKS, H.J.; GRAS, P.W. Effect of modified storage atmosphere on wheat germination and quality: tests at 60°C storage temperature. In: ANNUAL CONFERENCE RACI **Proceedings...** Canberra: Cereal Chemistry Division, , 1982. p 65-68.
- BAKER, J.C.; PARKER, H.K.; MIZE, M.D. The action of oxidizing agents on sulfhidryl compounds in dough. **Cereal Chemistry**. St Paul, v.21, n.2, p.97-107, Mar./Apr. 1944.
- BÄR, W.H . Avaliação tecnológica de variedades comerciais de trigo no Brasil. **Boletim do ITAL**. Campinas, v.16, n.3, p.307-323, jul./set. 1979
- BOND, E.J. Current scope and usage of fumigation and controlled atmospheres for pest control in stored products. In: CHAMP, B.R. et al., (eds.). **Fumigation and controlled atmosphere storage of grain**: Proceedings of an international conference, Singapore, 1989 Singapore: ACIAR, 1990. p. 29-37.



- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Perdas na agropecuária brasileira**. Relatório preliminar da comissão técnica para redução de perdas na agropecuária, Brasília, 1993. 15p.
- CALIL, A.C.P. **Efeito de doses de fosfina e períodos de exposição, na mortalidade de formas adultas e imaturas de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), em trigo**. Viçosa: UFV, 1995. 67p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- COFIE-AGBLOR, R.; MUIR, W.E.; SINICIO, R. et al. Characteristics of carbon dioxide sorption by stored wheat. **Journal Stored Products Research** London v. 31, n 4, p. 317 - 324, Oct./Dec. 1995.
- CUENDET, L.S.; LARSON, E.; NORRIS, C.G.; GEDDES, W.F. The influence of moisture content and other factors on the stability of wheat flours at 37.8°C. **Cereal Chemistry**. St Paul, v.31, n.5. p.362-389. Sept./Oct. 1954.
- FAN, L.T.; LAI, F.S.; WANG, R.H. Cereal grain handling system. In: POMERANZ, Y. **Advances in cereal science and technology**. St. Paul: AACC, 1976. v.1, Cap.2, p.50 - 118.
- FINCK, C. Problemas sanitários que afetam a qualidade dos grãos. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1, Passo Fundo, 1993. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1993. p.23-27.
- FLEURAT-LESSARD, F; LeTORCH, J.M. Practical approach to purging grain with low oxygen atmosphere for desinfestation of large wheat bins against the granary weevil *sitophilus granarius*. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION,1, Tel-Aviv, 1986 **Proceedings....**Tel-Aviv: ACIAR 1986. p.208-217.

- GASSEN, D.N. Aspectos sobre o manejo de pragas em grãos armazenados. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMazenADOS, 1, Passo Fundo, 1993. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1993. p.96-106.
- GERMANI, R.; BENASSI, V.T.; CARVALHO, J.L.V. **Metodologias de avaliação da qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo**. Rio de Janeiro: CTAA/EMBRAPA, 1995. 67p.
- HODGES and SURENDRO, R.J. Detection of controlled atmosphere changes in CO<sub>2</sub>-flushed sealed enclosures for pest and quality management of bagged milled rice. **Journal Stored Products Research** London v. 32, n1, p. 97 - 104, Jan./Mar. 1996.
- JAY, E.G. Factors affecting the use of carbon dioxide for treating raw and processed agricultural products. In: **GASGA Seminar on fumigation technology in developing countries**, Slough: Tropical Development and Research Institute, 1986. p. 173-189.
- JAY, E.G. E D'ORÁZIO, R. Progress in the use of controlled atmosphere in actual field situations in the United States. In: RIPP, B.E. et al., (eds.). **Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages**, Amsterdam: Elsevier, 1984. p.3-13.
- KOZMIN, N.P. The aging of wheat flour and the nature of this process. **Cereal Chemistry**. St. Paul, v.12, n.2, p.165-171. Mar./Apr. 1935.
- LEONG, E.C.W.; HO, S.H. Effects of Carbon Dioxide on the Mortality of *Liposcelis bostrychophila* Bad. and *Liposcelis entomophila* End. (Psocoptera:Liposcelididae). **Journal Stored Products Research** London v.31, n 3, p. 185 -190, July/Aug. 1995.

MACRITCHIE, F. Physicochemical aspects of some problems in wheat research. In: POMERANZ, Y. (ed.). **Advances in cereal science and technology**. St. Paul: AACC, 1980. v.3, p.271-326.

MBATA, G. N.; REICHMUTH, C. The Comparative Effectiveness of Different Modified Atmospheres for the Disinfestation of Bambarra Groundnuts, *Vigna subterranea* (L.) Verde, Infested by *Callosobruchus subinnotatus* (Pic) (Coleoptera: Bruchidae). **Journal Stored Products Research**. London v. 32 n.1 p. 45 - 51, Jan./Mar. 1996.

NAVARRO, S. The effects of low oxygen tensions on the three stored-products insects pests. **Phytoparasitica**, Bet Dagan v.6 n.1 p.51-58. Jan./Feb. 1978.

PETERSON, A.; SCHLEGEL, V.; HUMMEL, B.; GUEDET, L.S.; GEDDES; W.F.; CHRISTENSEN, C.M. Grain storages studies XII: Influence of carbon dioxide on mould growth and grain deterioration. **Cereal Chemistry**, St.Paul v.33 n.1 p.53-56. Jan./Feb. 1956.

PIROZI, M.R. **Avaliação da qualidade tecnológica de variedade de trigo (*Triticum aestivum*) durante o armazenamento**. Lavras: UFLA, 1995. 149p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: CHRISTENSEN, C.M. (eds.). **Storage of cereal grains and their products**. 2.ed. St. Paul : AACC, 1974. p.56-114.

POMERANZ, Y. **Wheat: Chemistry and technology**. 3.ed. St. Paul: AACC, 1978. 821p.

PONTON, B.A. E BRIGGS , M.A. Controlling malting losses with anoxia, carbon dioxide, and sulfur dioxide. **Journal of the Institute of Brewers**, London v.75 n.2 p.383-391. Mar./April 1969.

- POSNER, E.S.; DEYOE, C.W. Changes in milling properties of newly harvested hard wheat during storage. **Cereal Chemistry**. St Paul, v.63, n.5, p.451-456. Sept./Oct. 1986.
- PRATT JR., D.B. Criteria of flour quality. In: POMERANZ, Y. **Wheat: Chemistry and technology**. 3.ed. St. Paul: AACC, 1978. p.201-226.
- SANTOS, D. S. **Viabilização de atmosfera modificada modificada pelo CO<sub>2</sub> na manutenção das qualidades do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento**. Lavras: UFLA, 1995. 72p. (Tese - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- SANTOS, J.P. dos. Perdas causadas por insetos de grãos armazenados. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1, Passo Fundo, 1993 **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1993. p.9-22.
- SHUEY, W.C. **The farinograph handbook**. St. Paul: AACC, 1972. 72p.
- SINHA, R.N.; WARETER, D. E MUIR, W.E. Carbon dioxide concentrations associations with infestations of stored grain. 3: Infestations in bagged wheat. **Science Ali-ments**, London v.6, n.1 107-118. Jan./Feb. 1986.
- SUDESH JOOD, A.C.K.; SINGH, R. Mineral contents of cereal grains as affected by storage and insect infestation. **Journal Stored Products Research**, London v. 28, n 3 p. 147 -151, July/Sept. 1992.
- SUDESH JOOD, A.C.K.; SINGH, R.. Available carbohydrates of cereal grains as affected by storage and insect infestation. **Plant Foods for Human Nutrition** Amsterdam v.43, n.1, p.45-54, Jan./Feb. 1993.



SUDESH JOOD, A.C.K.; SINGH, R.. Vitamin contents of cereal grains as affected by storage and insect infestation. **Plant Foods for Human Nutrition** Amsterdam v.46, n.2, p.237-243, Mar./Apr. 1994.

WHITE, N.D.G. E JAYAS, D.S. Control of insects and mites with carbon dioxide in wheat stored at cool temperatures in nonairlight bins. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.84, n.6, p.1933-1942. Nov./Dec. 1991.

ZELNY, L. Criteria of wheat quality. In: POMERANZ, Y. **Wheat: Chemistry and technology**. 3.ed. St Paul: AACC, 1978. p.19-45.

## APÊNDICE

TABELA 1A - Valores (%) médios observados para os dados de cinzas e proteína do grão e da farinha.

Tratamento	Cinzas do grão	Proteína do grão	Cinzas da farinha	Proteína da farinha
0% CO <sub>2</sub>	1,428	14,700	0,417	11,922
30% CO <sub>2</sub>	1,479	15,122	0,427	11,867
40% CO <sub>2</sub>	1,472	14,889	0,516	12,078
50% CO <sub>2</sub>	1,493	14,600	0,466	12,000
60% CO <sub>2</sub>	1,468	14,544	0,462	11,989

TABELA 2A - Valores médios observados para os dados obtidos do farinograma e índice de queda da farinha.

Tratamento	Absorção de H <sub>2</sub> O (%)	Estabilidade (%)	TDM (minutos)	Índice de queda (minutos)
0% CO <sub>2</sub>	58,178	17,411	8,589	414,889
30% CO <sub>2</sub>	58,544	16,122	8,267	413,333
40% CO <sub>2</sub>	58,689	16,078	7,722	418,889
50% CO <sub>2</sub>	58,944	15,833	8,944	428,778
60% CO <sub>2</sub>	58,400	16,444	8,967	409,000

TABELA 3A - Valores médios observados para os dados obtidos do alveograma em farinha.

Tratamento	Sobreprensão máxima - P (mm de H <sub>2</sub> O)	Relação P/L	Trabalho de deformação - W (10 <sup>-4</sup> j/gr)
0% CO <sub>2</sub>	107,238	1,285	330,389
30% CO <sub>2</sub>	115,167	1,530	330,967
40% CO <sub>2</sub>	115,256	1,600	313,667
50% CO <sub>2</sub>	119,778	1,670	328,667
60% CO <sub>2</sub>	128,556	1,844	349,033