

MÁRCIA MARIA MUSSI

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE GIRASSOL
(*Helianthus annuus* L.) SUBMETIDAS A DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES DE CO₂, PERÍODOS DE EXPOSIÇÃO E
EMBALAGENS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Edilberto Possamai.

**CURITIBA
2005**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pela candidata **MARCIA MARIA MUSSI**, sob o título "**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.) SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CO₂, PERÍODOS DE EXPOSIÇÕES E EMBALAGENS**", para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação.

Curitiba, 29 de Março de 2005.

Dra. Adriana Martinelli Seneme
Primeira Examinadora

Professor Dr. Valdo José Cavallet
Segundo Examinador

Professor Dr. José Luis Camargo Zambon
Terceiro Examinador

Professor Dr. Edilberto Possamai
Presidente da Banca e Orientador

Ao meu pai
Dr. Mario Mussi *in memoriam*
Dedico

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a todas as pessoas que ajudaram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, e especialmente:

Ao Professor Dr. Edilberto Possamai, professor orientador.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal da Universidade Federal do Paraná – UFPR; Dra. Adriana Martinelli Seneme, Prof^o. João Carlos Possamai, e aos funcionários Srta. Maria Emília Kudla e Sr. Rainério Ferrarini.

A Sra. Maria Simone Utiba Santos Amadeu, da Biblioteca do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Ao colega Osvaldo Vasconcellos Vieira da EMBRAPA – CNPSoja de Londrina – PR, pelo fornecimento das sementes utilizadas no presente trabalho.

Ao Engenheiro Químico Marcelo De Carli, gerente de desenvolvimento de negócios – Alimentos Sul da Empresa White Martins Gases Industriais Ltda. pelo fornecimento dos equipamentos utilizados no presente trabalho, assim como, as embalagens e o gás carbônico.

A minha colega do Curso de Direito da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Sra. Irene Ivete Czyz Rodrigues.

A minha mãe Sra. Edianete, e meus irmãos Mariane, Mauren, Mario e Mariângela.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Márcia Maria Mussi, filha de Mario Mussi e Edianete B. Machado Mussi, é natural de Canoinhas - Santa Catarina, nasceu em 15/03/1972.

Concluiu seus estudos básicos em Canoinhas, graduou-se Engenheira Agrônoma em 1998 pela Universidade Federal do Paraná. Em 1999 concluiu a especialização em Gestão e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná.

Atua como autônoma na área ambiental desde 1998.

Atualmente é acadêmica do 8º período do Curso de Direito da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Em março de 2003, iniciou o Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, linha de pesquisa de Autoecologia e Produção Sustentável, na Universidade Federal do Paraná.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE ANEXOS	XI
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A CULTURA DO GIRASSOL	3
2.1.1 Evolução no mundo	3
2.1.2 Importância Econômica	5
2.2 A SEMENTE	7
2.2.1 Importância da semente	7
2.2.1.1 Como mecanismo de perpetuação da espécie	8
2.2.1.2 Como elemento modificador da história do homem	9
2.2.1.3 Como alimento	9
2.2.1.4 Como fonte de pesquisa	10
2.2.1.5 Como inimigo do homem	10
2.3 O PROCESSO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES	10
2.3.1 Definição	10
2.3.2 Tipos de germinação	11
2.3.3 Fatores que afetam a germinação	11
2.3.3.1 Fatores internos	12
2.3.3.1.1 Longevidade	12
2.3.3.1.2 Viabilidade	12
2.3.3.2 Fatores externos	13
2.3.3.2.1 Água	13
2.3.3.2.2 Temperatura	14
2.3.3.2.3 Oxigênio	14
2.3.3.2.4 Luz	15
2.3.4 Teste de germinação para avaliar a viabilidade das sementes	15
2.4 VIGOR DE SEMENTES	16
2.4.1 Fatores que afetam o vigor	17
2.4.2 Avaliação de vigor	19

2.4.3 Métodos para testar o vigor	19
2.5 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE GIRASSOL	21
2.6 EMBALAGENS	23
3 METODOLOGIA	26
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	26
3.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NO LABORATÓRIO E NA CASA DE VEGETAÇÃO	26
3.3 TRATAMENTOS	28
3.4 AVALIAÇÃO	30
3.4.1 GERMINAÇÃO	30
3.4.2 VIGOR	31
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 GERMINAÇÃO	35
4.2 VIGOR	40
4.3 ANÁLISE COMPARADA ENTRE GERMINAÇÃO E VIGOR	44
5 CONCLUSÕES	46
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 01	Período de fumigação em dias, com diferentes concentrações de CO ₂ em diferentes produtos, Curitiba – PR, 2005.	23
TABELA 02	Teores de umidade de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC – URUGUAI. Após a colheita e no momento de instalação do experimento, Curitiba – PR, 2005.	26
TABELA 03	Relação dos tratamentos empregados às sementes de girassol envolvendo três cultivares (AGROBEL 920, M 742 e IAC-URUGUAI), com quatro concentração de CO ₂ (0%, 30%, 60% e 90%), três períodos de exposição (10, 20 e 30 dias) e dois tipos de embalagens (média e alta barreira ao O ₂), Curitiba – PR, 2005.	29
TABELA 04	Germinação de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742, IAC – URUGUAI em diferentes concentrações de CO ₂ , Curitiba – PR 2005.	35
TABELA 05	Porcentagem de germinação de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC - URUGUAI expostas em três períodos a diferentes concentrações de CO ₂ , Curitiba – PR, 2005.	37
TABELA 06	Porcentagem média de germinação de sementes de girassol em diferentes concentrações de CO ₂ e tempos de exposição agrupando-se as três cultivares, Curitiba – PR, 2005.	38
TABELA 07	Valores médios da porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar AGROBEL 920, expostas em três épocas sob diferentes concentrações de CO ₂ e embalagens, Curitiba – PR, 2005.	38
TABELA 08	Valores médios da porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar M 742 expostas em três épocas sob diferentes dosagens de CO ₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.	39
TABELA 09	Valores médios da porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar IAC - URUGUAI expostas em três épocas sob diferentes dosagens de CO ₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.	39
TABELA 10	Índice de Velocidade de Emergência de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742, IAC – URUGUAI em diferentes concentrações de CO ₂ , Curitiba – PR, 2005.	40
TABELA 11	Índice de Velocidade de Emergência de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 E IAC - URUGUAI expostas em três períodos a diferentes concentrações de CO ₂ , Curitiba – PR , 2005.	41
TABELA 12	Índice de Velocidade de Emergência de sementes de girassol em diferentes concentrações de CO ₂ e períodos de exposição, Curitiba – PR, 2005.	43

TABELA 13	Índice de Velocidade de Emergência de sementes de girassol armazenadas em três épocas sob diferentes concentrações de CO ₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.	43
TABELA 14	Porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência (IVE) para as cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC - URUGUAI em diferentes concentrações de CO ₂ , Curitiba – PR, 2005.	44
TABELA 15	Porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência a campo (IVE) de sementes de girassol em diferentes concentrações de CO ₂ e períodos de exposição, Curitiba – PR, 2005.....	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01	Equipamento marca SELOVAC 200 B, que retira o ar, injeta CO ₂ e solda as embalagens	27
FIGURA 02	Aparelho marca MOCON PAC CHECK TM, utilizado para mensurar a concentração de O ₂ e CO ₂ nas embalagens	28
FIGURA 03	Teste de germinação da semente de girassol	30
FIGURA 04	Avaliação visual das plântulas	31
FIGURA 05	Plântulas consideradas normais	31
FIGURA 06	Experimento para avaliar a velocidade de germinação das sementes de girassol	32
FIGURA 07	Bandejas com 3 repetições de 100 sementes cada.....	33
FIGURA 08	Bandeja com as plântulas em emergência.....	33

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I	Porcentagem de germinação de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742, IAC - URUGUAI em diferentes concentrações de CO ₂ , Curitiba – PR, 2005.....	54
ANEXO II	Porcentagem de germinação de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC - URUGUAI expostas em três períodos a diferentes concentrações de CO ₂ , Curitiba – PR, 2005.....	55
ANEXO III	Porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar AGROBEL 920 expostas em três épocas sob diferentes dosagens de CO ₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.....	56
ANEXO IV	Porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar M 742 expostas em três épocas sob diferentes dosagens de CO ₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.....	57
ANEXO V	Porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar IAC - URUGUAI expostas em três épocas sob diferentes dosagens de CO ₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005	58
ANEXO VI	Análise de Variância da Germinação	59
ANEXO VII	Análise da Variância do Índice de Velocidade de Emergência	60

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)
SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CO₂, PERÍODOS DE
EXPOSIÇÃO E EMBALAGENS**

RESUMO

Com o objetivo de identificar as repostas de sementes de girassol quanto aos índices de germinação e vigor, quando submetidas ao expurgo com CO₂ em diferentes concentrações, tempos de exposição e tipos de embalagens, o presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise e Tecnologia de Sementes do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, Curitiba - Paraná no período de maio a dezembro de 2004. Partiu-se da hipótese de que, para o expurgo de sementes de girassol, a aplicação do CO₂, em diferentes concentrações, não altera o poder de germinação e vigor das sementes, independente do tempo de exposição das mesmas ao gás e do tipo de embalagem utilizada. Sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 E IAC – URUGUAI, foram acondicionadas em embalagens plásticas de alta barreira (nylon) e média barreira (polipropileno) ao oxigênio, nas quais receberam os tratamentos de concentrações crescentes de CO₂ (0%, 30%, 60% e 90%) e períodos de exposição ao gás (10, 20 e 30 dias). O delineamento experimental foi completamente casualizado em arranjo fatorial 3 X 4 X 3 X 2 com 4 repetições por tratamento para a germinação e 3 repetições por tratamento para o vigor, os quais foram avaliados após os períodos de exposição ao gás. O teste de germinação foi realizado em substrato de papel mantido em germinador a temperatura de 25° C por 8 dias, sendo a porcentagem de germinação determinada pelo número de plântulas normais. O vigor das sementes foi avaliado pelo índice de velocidade de emergência a campo (IVE). Para isso a sementeira foi a 1 cm de profundidade em bandejas plásticas com areia como substrato, mantidas em casa de vegetação por 14 dias. As leituras da emergência das plântulas foram realizadas diariamente a partir do 4° dia após a sementeira. O período de exposição das sementes ao CO₂ apresentou efeitos mais pronunciados que a própria aplicação do gás quanto à germinação e o vigor. A aplicação do CO₂ tende a melhorar a porcentagem de germinação quando em comparação à sua não aplicação. Por outro lado, no que diz respeito ao vigor das sementes, para as cultivares M 742 e IAC – URUGUAI a aplicação do gás resultou em redução do vigor (IVE), enquanto que para a cultivar AGROBEL 920 obteve índices maiores. Quanto ao período de exposição ao gás, o vigor (IVE) foi severamente comprometido a partir do 10° dia de exposição nos tratamentos com a presença de CO₂. De maneira diferente, a porcentagem de germinação não sofreu alterações tão evidentes. O vigor é mais afetado pela aplicação de CO₂ do que a germinação, sendo o período de exposição ao gás o fator mais importante na manifestação dos efeitos.

Palavras-chave: atmosfera controlada, embalagem, expurgo.

**GERMINATION AND VIGOR OF SUNFLOWER SEEDS (*Helianthus annuus* L.)
SUBMITTED TO DIFFERENT CONCENTRATIONS OF CO₂, EXPOSED PERIODS AND
PACKINGS**

ABSTRACT

To identify the effects of CO₂ used for sunflower seeds expurgation on seed germination and vigor, the work was conducted from May to December of 2004 in Seed Analysis and Technology Laboratory of Parana Federal University, Curitiba - Paraná. The hypothesis was that CO₂ application on different levels for Sunflower seeds expurgation, does not affect germination and vigor of seeds independent of exposure time of seeds to the gas and kind of packing. Seeds of cultivars AGROBEL 920, M 742 and IAC - URUGUAY were conditioned in plastic packings of high barrier (nylon) and medium barrier (polypropylene) to the oxygen, which received the treatments of four concentrations of CO₂ (0%, 30%, 60% and 90%) and three exposed periods to the gas (10, 20 and 30 days). The experimental design was completely randomized design in factorial arrangement 3 X 4 X 3 X 2 with 4 replications by treatment for germination tests and 3 replications for vigor tests. Germination and vigor were evaluated after the 3 exposed periods to the gas. The germination test was accomplished in paper substratum with 4 replications of 100 seeds for each treatment, maintained in the germinator with the temperature of 25° C for 8 days, being the percentage of germination determined by the number of normal seedlings. The vigor of the seed was evaluated by the field emergency speed index. For that sowing at 1 cm deep was done in plastic trays with sand as substrate, which were maintained at green house for 14 days. The readings of the emergency of the seedlings were done daily starting from the 4th day after the sowing. The seeds exposure periods to CO₂ showed higher effects than gas application for germination and vigor. The use of CO₂ from 30% to 90 % concentration seems to increase the germination percentage if compared with non application of the gas. With respect of seeds vigor, for M 742 and IAC-Uruguai cultivars, CO₂ application decreased seed vigor, while for Agrobelt 920 cultivar seed vigor increased. Seed vigor was severely reduced after 10 days of seeds exposure to the gas in all concentrations used, except for testimony treatment. Seed vigor is more affected by CO₂ application than germination being the exposure period the more important factor to be considered.

Key-words: controlled atmosphere, packing, expurgation

1 INTRODUÇÃO

A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) é, entre as culturas produtoras de óleo comestível, uma das mais promissoras econômica e biologicamente.

Nos aspectos econômicos a cultura do girassol tem sido altamente requisitada em razão das características químicas do óleo produzido. O óleo de girassol possui alta proporção de ácidos graxos polinsaturados, principalmente o ácido linoléico, o que lhe confere propriedades medicinais no que diz respeito ao combate ao colesterol e doenças cardiovasculares. Por esta razão é um óleo altamente recomendado para o consumo humano, conferindo-lhe facilidade de comercialização com alto valor agregado.

Biologicamente, a cultura do girassol, por características morfológicas e bioquímicas se adapta muito bem a todos os tipos de solo e clima, sendo particularmente resistente às condições de baixa pluviosidade devido a sua raiz pivotante. Tais características fazem do girassol uma ótima alternativa para a rotação de culturas.

Apesar disto, o Brasil possui área cultivada e produção reduzidas em relação a área plantada e produção mundial. A área plantada no Brasil representa 2,7% da área mundial, demonstrando que o potencial para o desenvolvimento da cultura no Brasil é extremamente alto.

Para que a área cultivada seja aumentada significativamente é necessário que haja grande disponibilidade de sementes com condições fisiológicas adequadas para garantir população de plantas e produtividade de grãos elevadas. Neste particular, as condições de armazenamento das sementes desempenham um papel de fundamental importância.

Vários fatores concorrem para garantir a qualidade das sementes no que diz respeito a germinação e o vigor durante o armazenamento. Estes fatores vão desde o teor de umidade da semente, resultante de um adequado processo de colheita e secagem, até o adequado controle de pragas.

É no controle de pragas que reside a preocupação em encontrar alternativas eficientes ao uso dos fumigantes atualmente empregados. O expurgo é, freqüentemente, efetuado com a aplicação de produtos químicos a base de fosfeto de magnésio ou de alumínio e brometo de metila. Estes produtos, durante o processo de expurgo, apresentam riscos tanto ao aplicador quanto ao meio ambiente e aos próprios grãos. Nas sementes, o brometo de metila, quando aplicado em altas concentrações ou elevadas freqüências, pode reduzir o poder de germinação das mesmas. Por estas razões, recentemente têm-se buscado a

utilização de gases inertes como fumigantes no expurgo de sementes. Além disso, face às exigências do mercado atual para o consumo de alimentos organicamente produzidos, o próprio tratamento das sementes não deve ser realizado com agentes químicos, como é o caso do expurgo com fosfina. Este é outro argumento para a utilização de gases inertes como o gás carbônico em substituição à fosfina no expurgo de sementes. Neste particular, a semente de girassol deve ser considerada como todas as demais no que diz respeito aos tratamentos químicos.

Entretanto, reside a dúvida se os gases inertes, como é o caso do gás carbônico não alteram o poder de germinação e o vigor em sementes, uma vez que já está relativamente comprovado a sua eficácia no controle de pragas em sementes armazenadas em ambiente controlado, como é o caso da semente de trigo. Até o presente momento, na literatura nacional são raros os trabalhos que tenham avaliado os efeitos do gás carbônico sobre o poder de germinação e vigor de sementes.

Outra consideração a se fazer, quanto ao uso de gás carbônico para o expurgo de sementes, é o tipo de embalagem mais adequado para garantir a eficiência do produto, sem contudo, prejudicar a germinação e o vigor da semente. Sabe-se que, para manter uma atmosfera devidamente controlada, deve-se utilizar embalagens herméticas, ou seja, de alta resistência à passagem de gases. Porém, o custo das embalagens de alta resistência é elevado, encarecendo o processo de armazenamento. Por esta razão, busca-se testar embalagens de média a alta barreira ao gás carbônico, de custo mais baixo, para serem empregadas no armazenamento de sementes expurgadas com gás carbônico.

Diante destas considerações, e partindo-se da hipótese de que, sendo o CO₂ um gás inerte, a sua aplicação, em diferentes concentrações, no expurgo de sementes de girassol, não altera o poder de germinação e vigor das sementes, independente do tempo de exposição das mesmas ao gás carbônico e do tipo de embalagem utilizada. Realizou-se o presente trabalho com os seguintes objetivos:

➤ Objetivo Geral:

Identificar o desempenho das sementes de girassol quanto aos índices de germinação e vigor quando submetidas ao expurgo com CO₂ em diferentes concentrações.

➤ Objetivos Específicos:

- 1) Avaliar o efeito de embalagens de alta e média barreira ao O₂, sobre o poder germinativo e o vigor de sementes de girassol submetidas à aplicação de CO₂.
- 2) Avaliar a influência do período de exposição sobre a germinação e o vigor de sementes de girassol, submetidas a aplicação de CO₂ em diferentes concentrações.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO GIRASSOL

2.1.1 Evolução no mundo

Existem várias versões sobre a origem do girassol. Pensava-se que era originário do Peru, mas na realidade atribuiu-se sua origem a alguma parte da América. A introdução na Europa realizou-se a partir do México, dos Estados Unidos e do Canadá. Podemos hoje afirmar com certeza que é originário do sudoeste dos Estados Unidos e do México (ROSSI, 1998). UNGARO (1982) também afirma que o girassol é uma planta nativa da América do Norte, e que sua introdução na Europa deve-se aos espanhóis, no século XVI. CAVASIN (2001) descreve que estudos arqueológicos, de vários locais nos Estados Unidos, comprovam seu uso entre as tribos indígenas, existindo referências de seu cultivo no Arizona e no Novo México. Outros estudos dão conta da existência de um girassol monocefálico (de uma cabeça só), que teria sido domesticado muito antes do milho na América do Norte.

A planta teve origem nos Estados Unidos e México, mas apesar de introduzida na Europa, teve um maior desenvolvimento na União Soviética, sendo famosos os girassóis da Rússia, sua principal cultura, atualmente. Esse país é também o maior produtor do mundo, seguido dos Estados Unidos e da Argentina (SILVA, 1990).

Segundo ROSSI (1998), o girassol parece ter sido introduzido na Europa em finais de século XVI. Entrando pela Península Ibérica, rapidamente espalhou-se para a França, Itália e países do Leste europeu. Foi conhecido com diferentes denominações como “Planta solis”, “Copa di Giovi”, “Tromba D’Amore”, “Grand Soleil”, “Sonnenblume”, “Tournesol” e outros.

Existem espécies perenes e anuais. A espécie *Helianthus annuus* L., mais amplamente difundida, cresce nos terrenos cultivados. As espécies perenes encontram-se distribuídas no Centro-Oeste dos Estados Unidos, sendo algumas consideradas como precursoras do gênero *Helianthus*, por suas raízes pivotantes. (ROSSI, 1998).

Em princípios do século XVII teve início a sua utilização como planta oleaginosa, para a extração de azeite e a verdadeira difusão da cultura do girassol na Europa. Na União

Soviética, a cultura foi introduzida no início do século XVIII, principalmente na Ucrânia, passando depois rapidamente a outras regiões, tornando-a durante muitos anos o maior produtor mundial desta oleaginosa, exportando seus excedentes a diversos países europeus, os quais, comprovando as excelentes características do óleo de girassol, transformaram-no no óleo comestível de sua preferência (ROSSI,1998).

Para CAVASIN (2001) o girassol foi introduzido na Rússia com planta ornamental no início do século XVIII, sendo utilizado em escala comercial somente a partir de 1830. Desde então a produção de óleo tomou impulso e, já no século XX, existiam fábricas de processamento de hastes para extração de potássio (hastes secas contêm 5% de K).

Na Argentina, a cultura foi introduzida por imigrantes israelenses e russos no ano de 1873, que a cultivavam para o consumo dos seus animais domésticos. A primeira fábrica de óleo de girassol foi instalada em 1923 na Argentina, promovendo-se desde essa data uma rápida expansão da cultura. Na década de 70, com a expansão de sementes híbridas melhoradas e conseqüente aumento dos rendimentos, a área de plantio aumentou (ROSSI,1998).

Nos Estados Unidos, o cultivo do girassol como oleaginosa começou em 1976, sendo que, até essa data, só era cultivado para produzir grãos para consumo direto, utilizando variedades com baixo teor de óleo. A partir de 1976, começaram a ser introduzidas variedades com alto teor de óleo oriundas da União Soviética (ROSSI,1998).

No Cone Sul latino americano, observa-se uma rápida expansão da cultura do girassol no Uruguai, Paraguai, Bolívia e, ultimamente no Brasil. Esse desenvolvimento leva em consideração a necessidade de rotação de culturas na preservação da fertilidade dos solos, limitando a monocultura da soja como gerador de maiores e melhor distribuídos recursos financeiros (ROSSI, 1998).

Presume-se que, no Brasil, o cultivo do girassol tenha sido iniciado na época da colonização, principalmente na região sul, com a introdução do hábito do consumo de suas sementes torradas (UNGARO, 1982).

Atualmente no Brasil, a área plantada com girassol nas safras de 2004/2005 é de aproximadamente 52,8 mil ha, com uma produção de 82,2 mil toneladas e produtividade de 1.557 Kg.ha⁻¹ (ESTIMATIVAS, 2004).

No Estado do Paraná a área total plantada na safra de 2004/2005 é de 300 ha, com produtividade de 1.300 Kg.ha⁻¹ e produção de 400 toneladas. O maior produtor de girassol do país é o Estado de Goiás com uma área total plantada na safra de 2004/2005 de 23,1 mil ha, com produtividade de 1.650 Kg.ha⁻¹ e produção de 38,1 mil toneladas. (COMPANHIA, 2005). Como pode-se observar, o Estado do Paraná tem uma pequena área plantada se

comparada com a área total plantada no Brasil. Isto mostra que há grande potencial para da cultura no Estado do Paraná.

2.1.2 Importância econômica

O girassol apresenta características importantes como maior resistência à seca, ao frio e ao calor que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil. Apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e seu rendimento é pouco influenciado pela altitude e pelo fotoperíodo. Dentre outras funções, as suas sementes são utilizadas para extração de óleo de alta qualidade para consumo humano e para fabricação de ração animal. Devido a essas particularidades e a crescente demanda do setor industrial e comercial, a cultura do girassol está se tornando em uma importante alternativa econômica no sistema de rotação, consórcio e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (CARVALHO *et al.*, 2003).

Segundo CAVASIN (2001) o girassol está entre as quatro maiores culturas produtoras de óleo vegetal comestível do mundo, ficando atrás da soja, do algodão e do amendoim. Fonte energética renovável, como fonte de proteína humana e animal, possui cultivo estimado em 20 milhões de hectares em todo mundo, sendo a Rússia, a Argentina e os Estados Unidos os maiores produtores.

Se existisse uma planta ideal, cujo aproveitamento fosse máximo, o girassol estaria bem perto desta realidade. As raízes pivotantes promovem uma considerável reciclagem dos nutrientes, além da matéria orgânica produzida pela sua morte e subsolagem natural pela profundidade que atingem. As hastes servem tanto para silagem como para adubação verde e a floração traz, pelo menos, de 20 kg a 40 kg de mel por hectare da cultura. Suas sementes podem ser consumidas em rações ou pelo homem. Delas se extrai o óleo vegetal comestível mais cobiçado atualmente pelos naturalistas, visto seus baixos teores de gordura e altos teores de ácido linoléico, comprovadamente recomendado nas prevenções e enfermidades relacionadas aos problemas do coração, produzidos pelo excesso de colesterol (CAVASIN, 2001).

Dentre as fontes energéticas renováveis, a exploração racional da cultura do girassol representa hoje uma alternativa de grande importância, não só pela renda que pode agregar à atividade agrícola, mas como fonte de proteína de alto valor biológico para alimentação humana e animal. É uma cultura de comportamento rústico e seu índice de adaptabilidade edafo climático (condições específicas de solo clima) é excelente. Por tudo isso, encaixa-se

perfeitamente na rotação de culturas, tanto para a diversificação produtiva, como pela conservação do solo. A produção de massa verde fica entre 20 e 40 t.ha⁻¹, o que corresponde a algo em torno de 2 a 4 t. de matéria seca, a qual pode ser até 7 t.ha⁻¹ ou mais, dependendo do cultivar e das condições edafo climáticas (CAVASIN, 2001).

Segundo CAVASIN (2001), além do teor de ácidos graxos polinsaturados em seu óleo, possui boa relação óleo/farelo, (em torno de 3:2), o girassol conta ainda com as seguintes vantagens para determinar seu êxito como cultura em nosso país, permite o uso da terra em épocas não-tradicionais; a torta de girassol, subproduto da extração do óleo, possui 36% de proteína e 24% de fibras, podendo ser usada com sucesso na alimentação animal, oferecendo uma boa alternativa à soja e/ou rações; se adapta a diferentes condições climáticas, permitindo plantio em diferentes regiões e em diferentes épocas; possui efeito alelopático a plantas daninhas; pode perfeitamente ser usado em sucessão, em consorciação e/ou rotação de culturas. Seu óleo possui características medicinais comprovadas, sendo muito recomendado para as pessoas em tratamento de doenças do coração e, inclusive, pessoas portadoras de esclerose múltipla vêm sendo tratadas com óleo de girassol bruto (sem refino) com muito sucesso; pode ser usado como silagem na alimentação animal, com custo de produção muito menor que o milho e proteína superior. A silagem do milho gira em torno de U\$ 22,00/t e a silagem de girassol não chega a U\$ 15,00/t. A proteína bruta da silagem de girassol está em torno de 12%, na semente seca temos 24% e 50,3% no farelo; e promove reciclagem de nutrientes, pois, em uma produção de 2500 Kg.ha⁻¹ de grãos, pode restituir ao solo após a colheita aproximadamente 50 kg de N, 25 Kg de P e 225 kg de K, além de 7 toneladas de matéria seca, equivalentes a 1500 kg de húmus; produz ainda em torno de 1000 litros de óleo comestível e 500 kg de torta com 36% de proteína.

ROSSI (1998), destaca que a finalidade da produção do girassol é a elaboração de óleo comestível e o aproveitamento dos subprodutos da extração, tais como tortas, "expeller" e/ou farinhas para rações balanceadas para alimentação animal. Mais de 90% da produção mundial de girassol destina-se à elaboração de óleo comestível, e a maior parte dos 10% restantes, para a alimentação de animais (pássaros) e consumo humano direto.

O valor nutritivo do óleo de girassol é importante devido à presença de vitaminas lipossolúveis A, D e E, sendo esta última o mais importante anti-oxidante dos óleos vegetais e também um importante conservante da vitamina A. Considerando a presença de um percentual maior de colesterol no organismo humano, como o responsável pela frequência de doenças cardiovasculares e o aumento dessa percentagem ligado à assimilação de ácidos graxos saturados, espera-se que, reduzindo-se a participação destes em relação aos

insaturados e poli-insaturados (especialmente o linoléico), possa haver uma redução dessas doenças. A questão têm levado o óleo de girassol a ser reconhecido como excelente para ser utilizado na preparação de alimentos por portadores de problemas cardiovasculares (ROSSI, 1998).

Para CASTRO *et al.* (1997) dentre os óleos vegetais, o óleo de girassol destaca-se por suas excelentes características físico-químicas e nutricionais. Possui alta relação de ácidos graxos polinsaturados/saturados (65,3%/1,6%), sendo que o teor de polinsaturados é constituído, na sua quase totalidade, pelo ácido linoléico (65%), em média.

Outra particularidade importante é o uso do óleo de girassol como biodiesel. A CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) da Secretaria de Estado da Agricultura de São Paulo, tem efetuado pesquisas que utilizam o óleo de girassol como substituto do óleo diesel para os motores de tratores. Os agrônomos explicam que o girassol é uma oleaginosa com muito potencial, pois sua produtividade alcança 40% de óleo vegetal, ou seja, de cada 100 kg de semente é possível extrair 40 kg de óleo vegetal. Isso pode representar uma produção de cerca de 800 kg de óleo por hectare. A forma de obtenção do óleo é extremamente simples, feita a partir da prensagem mecânica, flitragem e decantação. Além disso é um óleo orgânico, sem nenhum aditivo químico ou agrotóxico (YOKOMIZO,2003).

Os extensionistas da CATI apontam para outra grande vantagem do biodiesel: “O potencial do país para se abastecer do biodiesel é de 100%. Podemos nos livrar da dependência do petróleo”. O biodiesel tem seu espaço em todos os motores sem qualquer adaptação, podendo ser utilizado integralmente ou em misturas. É 78% menos poluente e contém mil vezes menos enxofre que o diesel do petróleo (YOKOMIZO,2003).

A Medida Provisória nº. 214/04 propõe modificações na Lei do Petróleo introduzindo pela primeira vez na legislação nacional a expressão biodiesel. Com a medida provisória, será obrigatória a mistura de 2% de qualquer biodiesel no diesel (BOA,2004).

2.2 A SEMENTE

2.2.1 Importância da semente

CARVALHO e NAKAGAWA (2000), citam cinco aspectos fundamentais que caracterizam a importância das sementes. mecanismo de perpetuação da espécie,.elemento modificador da história do homem, alimento, fonte de pesquisa e inimigo do homem.

2.2.1.1. Como mecanismo de perpetuação da espécie

De acordo com CARVALHO e NAKAGAWA (2000), o grande sucesso da semente como órgão de perpetuação e de dissiminação das espécies vegetais deve-se, provavelmente, a duas características que, reunidas, a tornam um órgão ímpar no Reino Vegetal. São elas: a capacidade de distribuir a germinação no tempo (pelos mecanismos de dormência) e no espaço (pelos mecanismos de dispersão, tais como: espinhos, pêlos, asas, etc.).

O mecanismo da dormência impede que as sementes germinem todas ao mesmo tempo após a maturação, evitando assim, a possível destruição da espécie, caso sobrevenha alguma calamidade climática após a germinação. É, portanto, um mecanismo pelo qual a semente busca germinar só quando “sabe” que as condições climáticas vão ser propícias não só para a germinação, mas também para as fases subseqüentes de crescimento da plântula/ planta (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

2.2.1.2 Como elemento modificador da história do homem

Há mais ou menos 10.000 anos, a relação semente-planta-semente foi compreendida pelo homem, provocando profunda modificação em sua vida: uma semente posta no solo, dava origem a uma planta, que se multiplicava enormemente. Como as plantas não andam e como há necessidade de se ficar perto, a fim de protegê-las contra inimigos naturais (animais, plantas daninhas, etc.), o homem foi forçado a modificar profundamente seus hábitos, passando da vida nômade para a sedentária.

Como fonte de alimentos mais segura, mais a mão e mais fácil, os homens começaram a se agrupar em comunidades que cresciam rapidamente. A vida em comunidade exige, porém, uma organização social, econômica e política. Foi o que aconteceu, originando-se todas as diferentes civilizações de que se tem conhecimento.

Pode-se, então, dizer que a semente é a “pedra fundamental” da civilização, tal como se a conhece até hoje (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

2.2.1.3 Como alimento

Uma semente qualquer possui três tipos básicos de tecidos: um tecido meristemático, que, em tecnologia de sementes, convencionou-se chamar de “eixo embrionário”, isto é, aquele que, sob condições propícias para a germinação, vai crescer e dar origem à planta; um tecido de reserva, que pode ser cotiledonar, endospermático ou perispermático, ou ainda resultante da associação de dois deles ou dos três e, finalmente, um tecido de proteção mecânica, que se constitui no envoltório da semente, vulgarmente conhecido como casca (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

O tecido de reserva da semente caracteriza-se por ser especialmente rico em três substâncias: carboidratos, lipídios e proteínas. A quantidade com que cada uma dessas substâncias entra na composição química da semente é variável, dependendo principalmente da espécie. Normalmente, uma dessas três substâncias predomina amplamente sobre as outras duas, classificando as sementes em amiláceas, oleaginosas ou protéicas. No reino vegetal predominam amplamente as amiláceas e as oleaginosas, raramente ocorrendo as caracteristicamente protéicas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). O girassol, de acordo com CAVASIN (1998), é caracterizado como excelente oleaginosa.

Segundo POPINIGIS (1985), em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.), 19% são de carboidratos, 26% de lipídios e 17% de proteínas.

Das três substâncias mencionadas, o amido é a de mais fácil obtenção para a confecção de diversos tipos de alimentos. Tanto isto é verdade que as gramíneas normalmente ricas em carboidratos, constituíram-se na base de todas as civilizações do mundo. O trigo, provavelmente a espécie há mais tempo cultivada pelo homem, serviu de sustento para as civilizações da Mesopotâmia e do Nilo e também para aquelas que se desenvolveram posteriormente na Europa; o arroz foi e é a base alimentar das civilizações asiáticas; da mesma forma o sorgo, na África e o milho, nas Américas (POPINIGIS, 1985).

Para CARVALHO e NAKAGAWA (2000), as sementes foram e ainda são, a maneira mais fácil e mais barata de alimentação de um povo. Além de seu valor como alimento, seja diretamente, seja indiretamente pela industrialização, a semente é também a fonte de inúmeros outros produtos que servem ao homem das mais diversas maneiras, destacando-se o vestuário e produtos medicinais.

Deve-se lembrar, ainda, que a semente é importante fonte alimentar, na forma de rações, para os animais que o homem domesticou.

2.2.1.4 Como fonte de pesquisa

Como material de pesquisa, a semente apresenta algumas características que a tornam de incomparável valor, tais como o tamanho e forma, é também um órgão que usualmente se beneficia da desidratação e isto permite conservá-la em bom estado durante muito tempo.

A semente é um órgão que, não obstante uma organização morfológica muito simples, apresenta organização fisiológica e bioquímica altamente complexa, permitindo, praticamente, qualquer tipo de estudo da área da Biologia Vegetal (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

2.2.1.5 Como inimigo do homem

Os mecanismos de dispersão e de dormência, que possibilitaram às espécies produtoras de sementes a conquista da Terra, são os mesmos que tornam ao homem tão difícil e tão caro o controle das plantas daninhas.

Outro aspecto a ser considerado é que as sementes são veículos eficientíssimos de disseminação de pragas e moléstias de uma região para outra, exigindo muita atenção e cuidados por parte do produtor para evitar que isso aconteça (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

2.3 O PROCESSO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES

2.3.1 Definição

Segundo POPINIGIS (1985), germinação é o reinício do crescimento do embrião paralisado nas fases finais da maturação. A germinação é a capacidade da semente de produzir plântula que, pelas características de suas estruturas essenciais, demonstre sua aptidão para produzir planta normal sob condições favoráveis de campo. É avaliada pelo teste de germinação, no qual são oferecidas à semente as mais favoráveis condições ambientais, de modo a obter-se a máxima germinação possível.

Na definição de CARVALHO e NAKAGAWA (2000), a Germinação é o fenômeno pelo qual, sob condições apropriadas, o eixo embrionário dá prosseguimento ao seu

desenvolvimento, que tinha sido interrompido, nas sementes ortodoxas, por ocasião da maturidade fisiológica.

Após a semente ter atingido a maturidade é normal passar por um período durante o qual o desenvolvimento e o crescimento do embrião permanecem numa pausa (latência). O ressurgimento dessas atividades recebe o nome de germinação (TOLEDO e MARCOS FILHO, 1977).

2.3.2. Tipos de germinação

CARVALHO e NAKAGAWA (2000), se referem a dois tipos de germinação das sementes, a epígea e a hipógea. Na epígea, a parte aérea é posta fora do solo envolta nos cotilédones. Este mecanismo se baseia essencialmente num rápido e vigoroso crescimento inicial do eixo hipocótilo-radicular, ao passo que o epicótilo e as folhas primárias, no interior dos cotilédones, praticamente não crescem. À medida que o eixo hipocótilo-radicular cresce, forma-se, próximo do nó cotiledonar, uma alça, que é a primeira parte da plântula a atingir a superfície do solo. Este tipo de germinação ocorre quase com exclusividade entre as dicotiledôneas. A espécie *Helianthus annuus* L. apresenta este tipo de germinação.

Na germinação do tipo hipogeal a parte aérea é posta para fora do solo por uma parte especial, tendo o formato tubular de uma bainha, constituída de um material membranoso, resistente, que recebe o nome de coleóptilo. O coleóptilo, com um formato anatomicamente adaptado para furar, rompe a camada de solo e sai à luz; a plúmula vem crescendo imediatamente depois, totalmente envolvida pelo coleóptilo, sem sofrer qualquer espécie de restrição mecânica. O coleóptilo, ao sair à luz, se abre e deixa a plúmula sair de seu interior. O coleóptilo interrompe seu crescimento, mas não imediatamente após sair à luz: cresce ainda mais uns poucos milímetros, a fim de dar apoio ao crescimento inicial da parte aérea, muito frágil e quebradiça, no início. As monocotiledôneas que apresentam este tipo de germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

2.3.3 Fatores que afetam a germinação

Para que a semente germine, ela deve dispor de condições internas e externas para tanto.

2.3.3.1 Fatores internos

De acordo com POPINIGIS (1985), para que germine, a semente deve estar viva e não dormente. O período que uma semente pode viver é aquele determinado por suas características genéticas e recebe o nome de longevidade. O período que a semente realmente vive é determinado pela interação entre fatores genéticos e fatores ambientais; esse período recebe o nome de viabilidade. Como se vê, portanto, o período de viabilidade pode ser no máximo, igual da longevidade.

2.3.3.1.1. Longevidade

Segundo POPINIGIS (1985), a longevidade da semente é diretamente influenciada pelas condições ambientais do armazenamento.

CARVALHO e NAKAGAWA (2000), afirmam que o período de longevidade de sementes de uma espécie qualquer é praticamente impossível de se determinar; só seria possível se se pudesse colocar essas sementes sob condições ideais de armazenamento. Como isso é, aparentemente, inexecutável, seria impossível saber com exatidão a longevidade das sementes. Sabe-se, contudo, que sob determinada condição ambiental qualquer, sementes de diferentes espécies vivem por períodos de tempo diferentes. Esse período de longevidade é extremamente variável, indo desde alguns poucos dias até vários séculos.

A informação sobre a longevidade das sementes de uma espécie é de interesse de bancos de germoplasma.

2.3.3.1.2. Viabilidade

Para CARVALHO e NAKAGAWA (2000), o período de vida que uma semente efetivamente vive, dentro de seu período de longevidade, é em função dos seguintes fatores: características da planta progenitora, vigor das plantas progenitoras, condições climáticas predominantes durante a maturação das sementes, grau de injúria mecânica, e condições ambientais de armazenamento.

2.3.3.2. Fatores externos

Para CARVALHO e NAKAGAWA (2000), os fatores do ambiente que influem sobre o processo germinativo são: água, temperatura e oxigênio. Vários são os textos sobre fisiologia da germinação de sementes que incluem o fator luz ao lado dos três acima mencionados, um deles é POPINIGIS (1985).

2.3.3.2.1. Água

As sementes perdem grande quantidade de umidade antes de se libertarem da planta-mãe e com isso as atividades metabólicas permanecem quase que completamente suspensas (TOLEDO e MARCOS FILHO, 1977).

Para TOLEDO e MARCOS FILHO (1977) e CARVALHO e NAKAGAWA (2000), a água é o fator que exerce a mais determinante influência sobre o processo de germinação.

Da absorção de água resulta a reidratação dos tecidos com a conseqüente intensificação da respiração e de todas as atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada de crescimento por parte do eixo embrionário. Há, ainda, outro papel que a água desempenha para contribuir para o sucesso da germinação: o aumento do volume da semente, resultante da entrada da água em seu interior, provoca o rompimento da casca, o que vem, posteriormente, facilitar a emergência do eixo hipocótilo-radicular (ou outra estrutura qualquer) do interior da semente. Se a casca não se rompesse, a estrutura emergente, ainda muito frágil, poderia não ter força suficiente para rasgá-la. Além disso, o solo imediatamente ao redor da semente, aquele com o qual vai estabelecer o primeiro contato a frágil e emergente estrutura do eixo embrionário, é melhor estruturado (fica mais fofo) pelas forças resultantes do aumento do volume da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Segundo os autores, a rapidez de absorção de água pela semente está na dependência dos seguintes fatores: espécie, disponibilidade de água, área de contato e temperatura.

2.3.3.2.2. Temperatura

A temperatura influenciaria a germinação tanto por agir sobre a velocidade de absorção de água, como também sobre as reações bioquímicas que determinam todo o processo. O processo de germinação não é senão uma seqüência extremamente complexa de reações bioquímicas, pelas quais substâncias de reserva armazenadas no tecido de sustentação são desdobradas, transportadas e ressintetizadas no eixo embrionário. De maneira semelhante a uma reação química, a germinação será tanto mais rápida e o processo mais eficiente, quanto maior for a temperatura, até certo limite. Assim, a germinação só ocorrerá dentro de determinados limites de temperatura: acima ou abaixo dos limites superior e inferior respectivamente, a germinação não ocorrerá (CARVALHO e NAKAGAWA 2000).

Segundo TOLEDO e MARCOS FILHO (1977), para as sementes, a influência de temperatura pode ser relatada da seguinte maneira, temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura letal e temperatura ótima onde a germinação se processa mais rapidamente.

Para CARVALHO e NAKAGAWA (2000) a determinação exata das temperaturas cardiais das várias espécies de interesse é dificultada por uma série de problemas, dentre os quais se destacam o nível de vigor das sementes e a definição da metodologia mais adequada. Por outro lado, um grande número de espécies apresenta uma reação germinativa favorável a uma alternância de temperatura, à semelhança do que acontece ao natural, em que as temperaturas diurnas são mais altas e as noturnas mais baixas.

CARVALHO e NAKAGAWA (2000) citam ainda que o fator temperatura afeta o processo germinativo de três maneiras distintas: sobre o total de germinação, sobre a velocidade de germinação e sobre a uniformidade de germinação.

2.3.3.2.3. Oxigênio

O processo germinativo requer um suprimento de energia que é fornecido por reações oxidativas, na presença ou na ausência de oxigênio. Em ambos os casos há eliminação de gás carbônico e, no caso da respiração aeróbica, também absorção de oxigênio. A maioria das espécies necessita de aeração, ou seja, presença de oxigênio para germinar. O teor de 20% de oxigênio na atmosfera é o suficiente, podendo haver decréscimo na germinação de algumas espécies se a sua tensão baixar significativamente daquela normal na atmosfera

(POPINIGIS, 1985).

Segundo SIEGEL & ROSEN (1962), a maioria das espécies não exige concentrações superiores a 10% de oxigênio para germinar.

2.3.3.2.4. Luz

As sementes da maioria das plantas cultivadas germinam tanto no escuro, como na luz. A exigência de luz para germinar, por parte de determinadas espécies, está relacionada a um tipo de dormência. (POPINIGIS, 1985).

As sementes mais novas, isto é, recém-colhidas são, geralmente, mais beneficiadas pela luz do que as sementes mais velhas e que a luz pode compensar certas condições desfavoráveis para a germinação (TOLEDO e MARCOS FILHO, 1977).

Experimentos realizados por FLINT e MCALISTER citados por TOOLE (1973), pela primeira vez determinaram os efeitos de vários comprimentos de ondas luminosas sobre a germinação de sementes de alface. Os efeitos mais pronunciados da irradiação, na promoção da germinação, ocorreram na região da luz vermelha do espectro (600 – 700nm). A inibição máxima ocorreu na faixa da luz infravermelha (720 – 760nm) (POPINIGIS, 1985).

2.3.4. Teste de germinação para avaliar a viabilidade das sementes

O teste de germinação visa obter informações sobre a qualidade das sementes para fins de semeadura no campo e fornecer dados que possam ser usados, juntamente com outras informações, para comparar diferentes lotes de sementes (BRASIL, 1992).

Para POPINIGIS (1985), o teste de germinação visa determinar se uma semente é ou não, capaz de germinar. Este teste é executado oferecendo à semente as condições mais favoráveis, tais como, umidade, temperatura, oxigênio e substrato. Os resultados são de grande valia para a comparação entre lotes de sementes para fins de comercialização, e para o cálculo de densidade da semeadura.

O resultado do teste de germinação é expresso em percentagem do número de plântulas normais, em números inteiros, fazendo-se a aproximação para menos quando a parte fracionária for menor que cinco décimos (0,5) e para mais quando esta fração for igual ou superior a cinco décimos (BRASIL, 1992).

Esta porcentagem de germinação obtida no laboratório é considerada como o máximo

que o lote de sementes pode oferecer e, que não se correlaciona com a emergência obtida no campo, onde as condições nem sempre são favoráveis (CORRÊA 1997).

Como as sementes das diversas espécies diferem quanto às condições ótimas para sua germinação, os métodos e técnicas específicas para cada espécie encontram-se prescritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

2.4 VIGOR DE SEMENTES

Os estudos desenvolvidos têm mostrado que outras características fisiológicas da semente podem influir decisivamente não só no estabelecimento de uma população inicial no campo, como também sobre todo o ciclo da planta e sobre a produtividade. A soma dessas características fisiológicas mais sutis é atualmente denominada “vigor” da semente.

O vigor da semente detecta as modificações deletérias mais sutis resultantes do avanço da deterioração, não relevados pelo teste de germinação (POPINIGIS, 1985).

Em relação ao termo vigor, convém diferenciar dois aspectos, o genético e o fisiológico. O vigor genético é aquele observado na heterose ou nas diferenças de vigor entre duas linhagens, enquanto que o fisiológico é observado entre lotes de uma mesma linhagem genética, cultivar, ou espécie (POLLOCK & ROOS, 1972). Entretanto, deve-se lembrar que o vigor fisiológico depende não apenas do genético, mas também das condições a que são submetidas as plantas e as sementes que estas irão produzir.

O vigor fisiológico não tem até o momento uma definição aceita por todos. De acordo com BRADNOCK (1975), há duas posições no que diz respeito a este conceito: uma, cujos pesquisadores levam em consideração determinado aspecto do comportamento da semente, por exemplo, potencial de armazenamento, ou rapidez de germinação, ou resistência a fatores adversos, etc.; outra, que considera se não todos, pelo menos os aspectos mais importantes do comportamento da semente. Estes aspectos, que seriam os de interesse do agricultor, relacionados pelo Comitê de Vigor da Associação Internacional de Tecnologistas de Sementes (BRADNOCK, 1975) são os seguintes: potencial de armazenamento, capacidade de emergência, sobrevivência das plântulas e potencial de produção.

Os conceitos de vigor sugeridos até o presente são, portanto, bem variáveis. De acordo com ISELY (1957) “vigor é o resultado da conjunção de todos aqueles atributos da semente que permitem a obtenção do “stand” sob condições desfavoráveis de campo”. Este conceito foi criticado posteriormente por DELOUCHE e CALDWELL (1960) por não serem

consideradas as diferenças de comportamento das sementes em condições favoráveis; sugerir que sementes de baixo vigor sempre morrem, o que não é verdadeiro, pois estas podem emergir tardiamente e originar plantas com pouco vigor; e, atribuir excessiva importância ao papel desempenhado pelos microrganismos, nos casos em que as sementes de baixo vigor não germinem. Desta forma, estes autores propuseram o seguinte conceito, dando maior ênfase à qualidade da semente: “vigor é o resultado da conjunção de todos aqueles atributos da semente, que permitem a obtenção rápida e uniforme do *stand* no campo”. Analisando estes conceitos e outros semelhantes, HEYDECKER (1965) observou a existência de duas noções básicas de vigor, aparentemente conflitantes: a que considera o vigor como uma condição normal da semente e o seu decréscimo como resultado de um acidente; e, a em que o vigor seria uma condição positiva, alcançada supra normalmente.

De forma geral, esses conceitos tendem a restringir os efeitos do vigor da semente às fases de germinação e emergência, como o exemplo de WOODSTOCK (1969): “vigor é aquela condição de saúde boa e ativa e de robustez natural das sementes, que permitem que estas, no solo, germinem de forma rápida e completa, dentro de uma ampla faixa de condições ambientais”. Ou ainda de CHING (1973): “vigor pode ser definido como o potencial para uma germinação rápida e uniforme e um crescimento rápido da plântula em condições normais do campo”. De acordo com GRABE (1966), o conceito de vigor não deve restringir-se à germinação, mas deve também considerar o comportamento das sementes durante o armazenamento e os efeitos na produção. PERRY (1972), por seu turno, propôs o seguinte conceito: “vigor de sementes é uma propriedade fisiológica determinada pelo genótipo e modificada pelo ambiente, que governa sua capacidade de dar rapidamente origem a uma plântula no solo, bem como melhorar sua capacidade de resistir a uma série de fatores ambientais. A influência do vigor da semente pode persistir durante a vida da planta e afetar a produção”.

2.4.1 Fatores que afetam o vigor

Segundo HEYDECKER (1972), citado por POPINIGIS (1985), o nível de vigor na semente pode apresentar variações de origem: genética, fisiológica e morfológica.

Nas variações de origem genética, algumas cultivares são mais suscetíveis que outras a condições ambientais adversas e com menor capacidade de crescer rapidamente. A maior resistência dos híbridos a condições adversas, é provavelmente devida à sua capacidade de crescimento rápido, que pode ser, em parte, resultante da elevada eficiência dos seus

mecanismos metabólicos, principalmente da atividade dos mitocôndrios. Ainda com relação ao fator genético, CARVALHO e NAKAGAWA (2000) também citam que o controle genético do vigor pode ser bem observado nos híbridos e nas plantas poliplóides, em relação às normais. Desta forma, MACDANIEL (1969) constatou que as sementes de cevada híbrida apresentavam germinação e crescimento mais rápido, bem como taxa respiratória maior que as de suas linhagens parentais. Observações semelhantes de heterose, no estágio de plântula, foram feitas em milho híbrido (MCDANIEL & SARKISSIAN, 1968). No caso da cevada híbrida, esta mostrou-se com mitocôndrios mais eficientes em conservar energia na respiração dos que seus pais. Esta superioridade bioquímica do mitocôndrio é denominada heterose mitocondrial (MACDANIEL, 1973), diretamente correlacionada com o vigor e potencial de produção do híbrido.

A condição fisiológica da semente pode ser subótima por duas razões: - imaturidade na colheita, e deterioração no armazenamento (POPINIGIS, 1985).

Nas variações de origem morfológica, dentro da mesma cultivar, as sementes menores freqüentemente originam plântulas menos vigorosas que as maiores (POPINIGIS, 1985).

Segundo CARVALHO e NAKAGAWA (2000) as sementes de maior tamanho, ou as que apresentam maior densidade, são as que foram melhor nutridas durante seu desenvolvimento. Este fato torna-se importante nas plantas em que as sementes não se formam todas ao mesmo tempo, de sorte que as últimas a se formarem são normalmente as menores, ou as de menor densidade. Por este motivo, as maiores e as de maior densidade são as que possuem, normalmente, embriões bem formados e com maiores quantidades de reservas sendo, potencialmente, as mais vigorosas. Todavia, em determinadas situações, estas sementes maiores podem não ser as mais vigorosas.

Encontram-se na literatura vários exemplos do efeito positivo do tamanho no vigor das sementes, em várias culturas. Isto se manifesta de forma mais acentuada no estágio inicial do desenvolvimento da planta, como observado por CARVALHO (1972) e GIMENEZ ORELLANA (1975), em amendoim. Entretanto, há trabalhos em que não se constatou relação entre vigor e o tamanho da semente.

Com relação à densidade, observa-se que esta também pode apresentar uma correlação positiva com o vigor da plântula e a performance no campo. No caso do arroz, por exemplo, a utilização de sementes de maior densidade é prática consagrada pelos agricultores no Japão (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Existem outros fatores que afetam o vigor: citológico, mecânico e microbiótica. E segundo CARVALHO e NAKAGAWA (2000) há ainda mais três fatores que afetam o vigor

de sementes: condições ambientais durante o armazenamento, idade das sementes, baixas temperaturas durante a embebição.

2.4.2 Avaliação do Vigor

Segundo KRZYZANOWSKI (1999), os testes de vigor têm se constituído em ferramentas de uso cada vez mais rotineiro pela indústria de sementes para a determinação da qualidade fisiológica.

São três os objetivos básicos para a avaliação do vigor de sementes: avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação.; distinguir, com segurança, lotes de alto vigor dos de baixo vigor e separar (ou classificar) lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional ao comportamento quanto à emergência das plântulas, resistência ao transporte e potencial de armazenamento.

2.4.3 Métodos para testar o vigor

De acordo com CARVALHO e NAKAGAWA (2000) os testes de vigor visam determinar, com maior precisão, o grau de deterioração da semente. Podem ser classificados em diretos e indiretos.

Os testes diretos são aqueles que simulam as condições adversas que a semente provavelmente encontrará no campo. Assim, por exemplo, o teste de frio foi originalmente desenvolvido para milho, tendo alcançado grande sucesso, nos E.U.A., porque simula as condições de excessiva umidade no solo e baixa temperatura normalmente existentes naquele país, por ocasião da semeadura daquela cultura.

A principal vantagem dos testes diretos é que avaliam todos os componentes do vigor da semente. Outra vantagem é o efeito psicológico, pois simulando as condições adversas do campo, podem deixar a impressão de que avaliam com mais precisão o provável desempenho da semente.

A principal desvantagem dos testes diretos está na dificuldade de sua padronização, pois, grande variação nos resultados são observadas não somente entre laboratórios, mas em testes repetidos no mesmo laboratório. Por outro lado, a padronização também é dificultada pela necessidade de simular condições adversas diferentes para a mesma

cultura. Assim, em áreas em que a adversidade principal é a seca na época da sementeira, o teste deverá simular esta condição; se a adversidade para a mesma cultura, em outra região, é temperatura baixa, esta condição teria de ser simulada, causando uma modificação do teste.

Entre os testes diretos, os mais estudados ou empregados são: teste de frio (*cold test*), velocidade de emergência no campo, população inicial, peso da matéria verde das plântulas, peso da matéria seca das plântulas, crescimento das plântulas, teste de aquecimento para ervilha (POPINIGIS, 1985; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Segundo POPINIGIS (1985), o teste de emergência é utilizado na determinação do vigor relativo entre lotes de semente, medindo a velocidade de emergência das plântulas em condições de campo. Sendo conduzido na época normal de plantio da cultura, este teste fornece também uma estimativa da potencialidade do lote em estabelecer uma população inicial na formação da lavoura.

O teste da população inicial, também chamado "stand final", é usado para avaliar a capacidade da semente de produzir plantas em condições de campo. Os resultados deste teste são expressos em percentagens.

O teste de velocidade de germinação baseia-se no princípio de quanto mais rapidamente a semente germina, maior é o seu vigor. Segundo POPINIGIS (1985), para se obter o índice de velocidade de emergência a campo, multiplica-se o número de plântulas normais, contadas a cada dia, pelo inverso do número de dias após o início do teste e a seguir somam-se os valores obtidos.

Os testes indiretos medem determinados atributos fisiológicos da semente. As principais vantagens são: as variáveis são controladas, permitindo a reprodução dos resultados; menor tempo e permitem comparações de vigor entre áreas geográficas oferecendo adversidades diversas à semente. A principal desvantagem é que não avaliam todos os fatores que influenciam o vigor, particularmente as injúrias e anormalidades morfológicas (POPINIGIS, 1985).

Os testes indiretos são agrupados em: bioquímicos (de respiração, da descarboxilase do ácido glutâmico (GADA), de tetrazólio, condutividade elétrica, e de teor de ácidos graxos); os fisiológicos (primeira contagem, velocidade de germinação, crescimento da raiz, crescimento da plântula, transferência de matéria seca); e os testes de resistência (germinação à baixa temperatura, imersão em água quente, teste de submersão, imersão osmótica, imersão em soluções tóxicas, teste de exaustão, teste do envelhecimento precoce e camada de resistência) (POPINIGIS, 1985; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Muitos são os trabalhos realizados para a avaliação da qualidade fisiológica de

sementes de girassol, utilizando testes de condutividade elétrica, ALBURQUERQUE *et al.* (2001), trabalhando com quatro genótipos de girassol (IAC – IRACEMA, V- 2000, M 742 e C – 11), teve como objetivo avaliar a metodologia dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio nas sementes dos quatro genótipos, sendo utilizados períodos de embebição de 16, 20, 24, 28 e 32 horas, nas temperaturas de 25 e 30° C, em quatro subamostras de 50 sementes. Foram realizados os testes de peso de 100 sementes, germinação, primeira contagem da germinação em areia e envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade inicial das sementes. Verificou-se um efeito do genótipo nos testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio, com inversão na classificação dos genótipos em relação aos outros testes de avaliação da qualidade fisiológica. Não houve correlação significativa entre os resultados dos testes de emergência das plântulas em campo e os de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio. Os testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio não foram eficientes na avaliação das sementes de genótipos de girassol.

QUEIROGA e DURAN (1997), trabalhando com três cultivares de girassol (Toledo-2, Narval SH-25 e Toledo-8) teve como objetivo estudar a condutividade elétrica (CE) de sementes de girassol com diferentes graus de umidade (6, 9, 12 e 15%). Uma vez alcançados os diferentes graus de umidade desejados através de dois métodos de laboratório (o grau inicial variou entre 6,25 e 6,35%), as sementes de girassol de cada cultivar foram submetidas ao ASAC-1000, onde se determinou a CE em quatro repetições de 25 sementes por bandeja, empregando-se a diferença de potencial de 0,5v e tempo de embebição de 24 horas a 20° C. Os resultados obtidos permitiram concluir que o grau de umidade das sementes influenciou de forma significativa a CE dos seus lixiviados, sendo as sementes com maior grau de umidade as que apresentaram os valores de condutividade elétrica mais baixos. Contrariando outros trabalhos, este comportamento da hidratação da semente (menor CE) se explica devido a perda de eletrólitos para o papel filtro umedecido com água destilada, visando atingir os graus de umidade elevados.

2.5 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE GIRASSOL

Segundo CAVASIN (2001), o girassol é passível de armazenamento desde que seja feito em local seco e muito bem ventilado; a umidade da semente para armazenamento seja no máximo 11%; o local deve ser livre de roedores; e para longos períodos, pode-se utilizar câmara fria entre 10° C e 15° C, embalando as sementes em sacos de papel.

Para ROSSI (1998), o limite normal de comercialização para conteúdo de umidade é de 13%, no entanto, é recomendável seu armazenamento com um máximo de 11% para períodos prolongados, sendo recomendável reduzir ainda mais a umidade para 8% ou 9%, como medida de prevenção, quando se pretende dispor de um excelente produto para o esmagamento, visando a produção de um óleo de alta qualidade.

As sementes de girassol destinadas à semeadura, que são armazenadas durante algum tempo em silos antes de serem classificadas, tratadas e ensacadas para a venda aos produtores, devem passar por um severo processo de pré-limpeza, para que fiquem totalmente livres de impurezas. O ideal seria passar as sementes primeiro por uma pré-limpadora com peneiras adequadas ao seu tamanho, e imediatamente por uma máquina densimétrica (mesa de gravidade), para separar totalmente os grãos chochos e os restos de matérias estranhas leves que ainda possam estar junto com as sementes. Devem ser secados a umidade inferior que 8%, utilizando temperatura inferior a 38° C no ar de secagem. Preferencialmente, as sementes devem ser secadas com aeração à temperatura ambiente, o que preserva totalmente seu vigor e poder germinativo original (ROSSI, 1998).

Segundo ROSSI (1998), uma vez que as sementes de girassol foram mantidas com teor de umidade ideal de 8%, tratadas e ensacadas, podem ser conservadas em câmaras com temperatura controlada de 4°C, e umidade relativa de 20%, durante longo período, o que permite conservar suas qualidades de vigor e germinação originais.

Para WEBER (1998), o expurgo ou fumigação é o ato de aplicar produto químico aos grãos armazenados, com a finalidade de manter suas características fitossanitárias, a qualidade e a quantidade de produto armazenado.

PUZZI (2000) ressalta que o expurgo pode ser considerado como a principal etapa de armazenamento, pois uma população residual de insetos, formada por poucos espécimes, pode em curto prazo, transformar-se em uma alta infestação, inutilizando praticamente, todo o lote armazenado.

Atualmente o expurgo é efetuado com a aplicação de produtos químicos, tais como a fosfina, que é apresentada em tabletes de fosfeto de magnésio (Mg_3P_2), ou fosfeto de alumínio (AIP). Os tabletes reagem com a umidade existente no ar e liberam gás carbônico (CO_2) e amoníaco ($2NH_3$) (WEBER, 1998).

Segundo WEBER (1998), no processo de expurgo há sempre os riscos, tanto do pessoal que o aplica quanto ao meio ambiente e aos grãos, devido à exposição. O gás pode reduzir o poder de germinação das sementes e deixar odor desagradável nos alimentos, quando aplicado em altas concentrações ou elevadas frequências.

Visando a conservação do meio ambiente e também da qualidade fisiológica dos

grãos, a utilização de gases inertes como fumigantes no controle de pragas tem sido uma alternativa ao uso da fosfina, conforme trabalho realizado por GONÇALVES *et al.*, (2000), onde o objetivo foi avaliar a eficiência de uma atmosfera com CO₂, no controle de *Rhyzoperta dominica* (Fabr) (Coleoptera: Bostrichidae) em grãos de trigo armazenado. O trabalho constou de cinco concentrações de CO₂ (0, 30, 40, 50 e 60%, completadas com N₂), três períodos de exposição (5, 10, 15 dias), três populações de *R. dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae), em três regiões (Campo Mourão, PR, Sete Lagoas, MG e Santa Rosa RS) e sete fases de desenvolvimento do inseto (ovo, larva de 1º, 2º, 3º e 4º ínstar, pupa e adulto) com três repetições. Os resultados mostraram que todos os teores de CO₂ causaram 100% de mortalidade de adultos das três populações nos três períodos de exposição utilizados. Porém, por se tratar de um experimento com grãos, os autores não avaliaram o efeito do CO₂ na germinação e vigor dos mesmos.

Atualmente, empresas do setor recomendam a utilização de CO₂ para o expurgo de alguns insetos em determinados produtos, conforme Tabela 01.

TABELA 01 - Período de fumigação em dias, com diferentes concentrações de CO₂ em diferentes produtos, Curitiba – PR, 2005.

INSETO	PRODUTO ESTOCADO	CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ (%)	FUMIGAÇÃO EM DIAS
<i>Lacioderma Serricorne</i>	Tabaco	80	4
<i>Tribolium Castaneum</i>	Farinha	75	3 a 4
<i>Oryzaephilus Surinamensis</i>	Trigo e Milho	80	3
<i>Sitophilus Orizae</i>	Arroz e Milho	80	3
<i>Drosophila Melanogaster</i>	Frutas tropicais	65	5

Fonte: Marcelo De Carli, Engenheiro Químico, Gerente de Desenvolvimento de Negócios – Alimentos Sul da Empresa White Martins Gases Industrias Ltda.

2.6 EMBALAGENS

Para CORRÊA (1997), existem três tipos de embalagens, e são classificadas quanto ao grau de permeabilidade ao vapor de água: permeáveis ou porosas, semipermeáveis ou semiporosas e impermeáveis ou à prova de umidade

As embalagens permeáveis ou porosas são totalmente permeáveis à umidade, permitindo uma livre troca de vapor de água entre a semente e o ambiente. Como exemplos sobressaem as embalagens de pano (algodão, juta) e de papel. As sementes armazenadas neste tipo de embalagens têm o seu teor de umidade flutuante de acordo com as variações ambientais de umidade relativa, ocorrendo uma aceleração do seu processo de deterioração

quando em alta umidade relativa.

As embalagens semipermeáveis ou semiporosas permitem alguma troca de umidade entre a semente e o meio ambiente, obtida, normalmente, pela união de lâminas de papel e de alguns outros materiais como asfalto, polietileno, poliéster, etc. Este tipo pode ser usado quando as condições não são muito úmidas e o período de armazenamento não é prolongado.

As embalagens impermeáveis ou à prova de umidade não permitem que ocorra troca de umidade com o ambiente. Neste tipo de embalagem, as sementes não entram em equilíbrio com a umidade do ar externo à embalagem. Assim, as sementes deixam de sofrer flutuações no seu teor de umidade, favorecendo mais a sua conservação. Os materiais mais utilizados são: metal (lata), plástico, vidro, alumínio e papel celofane.

Há varias pesquisas sobre o armazenamento de sementes em diferentes tipos de embalagens, testando a germinação, vigor e umidade. Dentre estas pesquisas, pode-se citar a de AMARAL e BAUDET (1983), que analisou o efeito do teor de umidade da semente, tipo de embalagem e período de armazenamento, na qualidade de sementes de soja. Essas sementes foram armazenadas com dois teores de umidade e três tipos de embalagens para armazenamento aberto, nas condições climáticas de Pelotas, RS. As sementes foram acondicionadas em embalagens de 25 kg durante oito meses e, mensalmente, foi determinado o teor de umidade e avaliada a qualidade fisiológica por meio dos testes de germinação, envelhecimento precoce e população inicial. Não houve diferenças entre os teores de umidade inicial (11,4% e 13,4%) e os tipos de embalagem utilizados (saco de aniagem, saco de papel multifoliado e saco de polietileno trançado). A partir do quinto mês de armazenamento, no entanto, as sementes ficaram severamente comprometidas em termos de vigor, embora a germinação tenha permanecido elevada até o final do experimento.

RAZERA *et al* (1986), estudando o armazenamento de sementes de arroz e milho em diferentes embalagens em localidades paulistas, acondicionaram as sementes em embalagens permeáveis e relativamente impermeáveis ao vapor de água e mantiveram as mesmas em condições não controladas de armazém nas localidades de Campinas e Ubatuba, no Estado de São Paulo. A cada trimestre, foi testada a germinação, vigor e umidade, durante 36 meses. As sementes armazenadas em Ubatuba deterioraram-se mais rapidamente, sobretudo quando acondicionadas nas embalagens permeáveis. Em Campinas, as sementes de arroz embaladas em sacos de pano mantiveram germinação acima de 80% até os quinze meses de armazenamento, enquanto nas de Ubatuba a germinação foi somente até os seis meses. O acondicionamento em sacos de plástico liso

foi bastante vantajoso, principalmente em Ubatuba onde, aos 15 meses de armazenamento, a germinação das sementes de milho foi nula quando acondicionadas nas outras embalagens, e de 97,5% no saco de plástico liso.

De acordo com SALTVEIT (2003), em trabalho realizado com armazenamento de olerícolas e frutas em MAP (embalagem com atmosfera modificada), ou MA (atmosfera modificada), ou CA (atmosfera controlada), existem seis componentes no ambiente, quais sejam, tempo de armazenagem, temperatura, umidade relativa e concentração de O₂ e CO₂ e etileno. Exceto o etileno, os demais fatores fazem parte do ambiente para o armazenamento de grãos. O autor questiona sobre a possibilidade de se obter uma ótima atmosfera controlada, uma vez que, qualquer alteração em um dos componentes acima mencionados, pode comprometer a eficiência do processo de armazenamento.

AZEVEDO *et al.* (2003), estudando o efeito das condições de armazenamento sobre o vigor de sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) verificou que as sementes acondicionadas em embalagens impermeáveis foram as que apresentaram maior vigor.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise e Tecnologia de Sementes e em Casa de Vegetação, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, Paraná, no período de maio a dezembro de 2004.

3.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NO LABORATÓRIO E NA CASA DE VEGETAÇÃO

Foram utilizadas sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC – URUGUAI, colhidas no mês de junho de 2003 no Município de Londrina/PR.

As sementes, quando colhidas, apresentaram teores de umidade, conforme Tabela 02.

TABELA 02 - Teores de umidade de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC – URUGUAI após a colheita e no momento de instalação do experimento, Curitiba - PR, 2005.

CULTIVAR	TEORES DE UMIDADE (%)	
	Pós - colheita	Instalação do Experimento
AGROBEL 920	24,1	8,9
M 742	18,3	8,3
IAC - URUGUAI	14,0	7,9

Após a colheita, o material foi enviado para o Laboratório de Sementes onde ficou acondicionado, de 22/07/2003 a 14/10/2003, em bandejas plásticas em ambiente de laboratório a 20°C de temperatura, visando a secagem natural, objetivando a redução da umidade das sementes para próximo a 8% conforme recomendado por ROSSI (1998). Durante este período as sementes eram revolvidas diariamente para promover a aeração.

Após 14/10/2003, foi avaliada a porcentagem de umidade das sementes (Tabela 02), com o determinador de umidade da marca MOTOMCO, modelo ES. Posteriormente, cerca de 5 Kg de semente de cada cultivar, foram acondicionadas em vidros hermeticamente

fechados com capacidade de 2,5 litros cada um, até o início do experimento em 06/05/2004.

As sementes foram acondicionadas em embalagem plástica de alta barreira ao O₂ (nylon) com as seguintes dimensões: 25 cm X 16,5 cm X 0,24 μ.; e média barreira ao O₂ (polipropileno) com as seguintes dimensões: 25 cm X 15 cm X 0,12 μ., as quais receberam os mesmos tratamentos de concentrações crescentes de gás carbônico (0%, 30%, 60% e 90%) e períodos de exposição ao gás de 10, 20 e 30 dias.

Em cada embalagem (repetição) foram utilizadas 100 sementes. Para o teste de germinação foram empregadas 4 repetições de 100 sementes para cada tratamento, enquanto que para o teste de vigor foram utilizadas 3 repetições de 100 sementes por tratamento.

Quando as sementes já se encontravam nas embalagens, estas foram levadas até o equipamento da marca SELOVAC 200 B (Figura 01), para retirar o ar das embalagens, injetar as diferentes concentrações de CO₂ e vedar as embalagens hermeticamente.

No tratamento testemunha (0% de CO₂) as sementes foram acondicionadas nas mesmas embalagens, as quais não receberam aplicação do gás e permaneceram abertas e expostas ao ar.

Após esta etapa foi analisado as diferentes concentrações de O₂ e CO₂ dentro de cada embalagem, onde foi utilizado para esta análise o equipamento da marca MOCON PAC CHECK™ (Figura 02).



FIGURA 01 - Equipamento marca SELOVAC 200 B, que retira o ar, injeta CO₂ e solda as embalagens.



FIGURA 02 - Aparelho marca MOCON PAC CHECK TM, utilizado para mensurar a concentração de O₂ e CO₂ no interior das embalagens.

Os equipamentos utilizados no presente trabalho, assim como as embalagens de alta e média barreira ao O₂ e o gás carbônico (CO₂), foram cedidos pela empresa White Martins Gases Industriais Ltda.

3.3 TRATAMENTOS

Foram utilizados 72 tratamentos para a germinação e para o vigor envolvendo três cultivares (AGROBEL 920, M 742 e IAC – URUGUAI), quatro concentrações de CO₂ (0%, 30%, 60% 90%), três períodos de exposição (10, 20 e 30 dias), e dois tipos de embalagens (alta barreira (nylon) e média barreira (polipropileno) ao oxigênio), conforme demonstrado na Tabela 03.

TABELA 03 – Relação dos tratamentos empregados às sementes de girassol envolvendo três cultivares (AGROBEL 920, M 742 e IAC-URUGUAI), com quatro concentração de CO₂ (0%, 30%, 60% e 90%), três períodos de exposição (10, 20 e 30 dias) e dois tipos de embalagens (média e alta barreira ao O₂), Curitiba – PR, 2005.

CV 1					CV 2					CV 3				
T	C	CO ₂	D	E	T	C	CO ₂	D	E	T	C	CO ₂	D	E
1	A	0	10	M	25	B	0	10	M	49	C	0	10	M
2	A	0	20	M	26	B	0	20	M	50	C	0	20	M
3	A	0	30	M	27	B	0	30	M	51	C	0	30	M
4	A	0	10	A	28	B	0	10	A	52	C	0	10	A
5	A	0	20	A	29	B	0	20	A	53	C	0	20	A
6	A	0	30	A	30	B	0	30	A	54	C	0	30	A
7	A	30	10	M	31	B	30	10	M	55	C	30	10	M
8	A	30	20	M	32	B	30	20	M	56	C	30	20	M
9	A	30	30	M	33	B	30	30	M	57	C	30	30	M
10	A	30	10	A	34	B	30	10	A	58	C	30	10	A
11	A	30	20	A	35	B	30	20	A	59	C	30	20	A
12	A	30	30	A	36	B	30	30	A	60	C	30	30	A
13	A	60	10	M	37	B	60	10	M	61	C	60	10	M
14	A	60	20	M	38	B	60	20	M	62	C	60	20	M
15	A	60	30	M	39	B	60	30	M	63	C	60	30	M
16	A	60	10	A	40	B	60	10	A	64	C	60	10	A
17	A	60	20	A	41	B	60	20	A	65	C	60	20	A
18	A	60	30	A	42	B	60	30	A	66	C	60	30	A
19	A	90	10	M	43	B	90	10	M	67	C	90	10	M
20	A	90	20	M	44	B	90	20	M	68	C	90	20	M
21	A	90	30	M	45	B	90	30	M	69	C	90	30	M
22	A	90	10	A	46	B	90	10	A	70	C	90	10	A
23	A	90	20	A	47	B	90	20	A	71	C	90	20	A
24	A	90	30	A	48	B	90	30	A	72	C	90	30	A

Legenda:

- CV 1 – Cultivar A = AGROBEL 920
- CV2 – Cultivar B = M 742
- CV3 – Cultivar C = IAC-URUGUAI
- T – Tratamentos
- C – Cultivares (A = AGROBEL 920, B = M 742, C = IAC-URUGUAI)
- CO₂ – Concentração de gás carbônico (0%, 30%, 60%, 90%)
- D – Períodos de exposição ao gás em dias (10, 20, 30)
- E – Embalagem de média e alta barreira ao O₂ (M = Média barreira e A = Alta barreira)

3.4 AVALIAÇÃO

O teste utilizado para avaliar a viabilidade das sementes, foi o teste de germinação e para avaliar o vigor das sementes foi utilizado o índice de velocidade de emergência em bandejas (IVE) (POPINIGIS, 1985).

Em ambos os testes foram contabilizadas para a análise estatística apenas as plântulas normais.

3.4.1 GERMINAÇÃO

A porcentagem de germinação foi determinada por meio do teste de germinação (BRASIL, 1992). Para cada amostra, foram utilizadas 400 sementes, divididas em 4 repetições de 100 sementes que foram distribuídas em 8 rolos com 50 sementes cada. Para cada rolo foram utilizadas 3 folhas de papel germitest previamente umedecidas em água. Os rolos foram colocados em germinador a temperatura de 25° C e avaliados após 8 dias, considerando-se as plântulas normais. (Figuras 03, 04 e 05).



FIGURA 03 - Teste de germinação da semente de girassol (rolo de papel, T° = 25 °C, 8 dias).



FIGURA 04 - Avaliação visual das plântulas.



FIGURA 05 - Plântulas consideradas normais.

3.4.2 VIGOR

O vigor das sementes foi avaliado pelo índice de velocidade de emergência em bandejas (IVE). A semeadura foi a 1 cm de profundidade, em bandejas plásticas (49,0 cm X 29,0 cm X 9,0 cm), utilizando-se areia como substrato e mantidas em

casa de vegetação por 14 dias.

Para o teste de velocidade de germinação, procedeu-se algumas modificações nas prescrições recomendadas por POPINIGIS (1985), devido ao fato de que o número de sementes era reduzido. O teste em questão foi realizado com três repetições de 100 sementes, para cada um dos tratamentos. (Figuras 06, 07 e 08).

A contagem das plântulas foi realizada diariamente a partir do dia em que ocorreu a emergência da primeira plântula, ou seja, a partir do 4º dia após a semeadura, sendo que o término da contagem ocorreu ao 14º dia da instalação do experimento.

Para obtenção do índice de velocidade de emergência (IVE) foi multiplicado o número de plântulas normais, obtidas em cada dia pelo inverso do número de dias após o início do teste e, a seguir, os valores obtidos foram somados para a obtenção do índice (POPINIGIS, 1985).



FIGURA 06 - Experimento para avaliar o índice de velocidade de emergência em bandejas das sementes de girassol.



FIGURA 07 - Bandejas com 3 repetições de 100 sementes cada.



FIGURA 08 - Bandeja com as plântulas em emergência.

3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 X 4 X 3 X 2 com 4 repetições por tratamento. Sendo três cultivares (AGROBEL 920, M 742 e IAC – URUGUAI), quatro concentrações de CO₂ (0%, 30%, 60% 90%), três períodos de exposição (10, 20 e 30 dias), e dois tipos de embalagens (alta barreira (nylon) e média barreira (polipropileno) ao oxigênio).

Os dados foram submetidos a análise da variância aplicando-se o software MSTAT e os resultados significativos tiveram suas médias comparadas pelo teste de médias DMS, ao nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar dos resultados serem apresentados separadamente para as diferentes cultivares utilizadas, não foi realizada a análise específica de comparação estatística entre estas por não ser o foco principal do trabalho.

4.1 GERMINAÇÃO

Independente dos períodos de exposição ao CO₂, e da embalagem utilizada, a média geral da porcentagem de germinação de sementes de girassol, em resposta as concentrações de CO₂ é observada na Tabela 04 e Anexo I.

TABELA 04 – Porcentagem da germinação de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742, IAC - URUGUAI em diferentes concentrações de CO₂, Curitiba – PR, 2005.

Concentração CO ₂ (%)	CULTIVAR		
	AGROBEL 920	M 742	IAC - URUGUAI
0	57 A	41 B	52 B
30	58 A	44 AB	55 AB
60	55 AB	45 A	55 AB
90	53 B	43 AB	57 A
Média	56	43	55
CV % = 10,57%			

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de DMS (P> 0,05).

Pelos resultados apresentados na Tabela 04, observa-se que, embora não havendo comparação estatística entre as cultivares utilizadas, a cultivar M 742 apresentou as menores porcentagens de germinação para todas as concentrações de CO₂ utilizadas, comparativamente as duas outras cultivares.

Entre as cultivares AGROBEL 920 e IAC – URUGUAI as porcentagens de germinação foram semelhantes em todas as concentrações de CO₂ utilizadas, oscilando de 52% a 58%. Porém, dentro de cada cultivar foram observados comportamentos diferentes para as diferentes concentrações de CO₂.

Na cultivar AGROBEL 920 não houve diferença significativa entre os tratamentos 0%

(testemunha), 30% e 60% de CO₂. O tratamento com 90% de CO₂ apresentou porcentagem de germinação significativamente inferior aos tratamentos com 0% e 30 % de CO₂.

Na cultivar M 742 o tratamento testemunha não diferenciou significativamente das concentrações de 30% e 90% de CO₂, sendo inferior apenas a concentração de 60% de CO₂, a qual não diferiu significativamente de 30 e 90% de CO₂.

Já na cultivar IAC – URUGUAI, o tratamento testemunha foi significativamente inferior ao tratamento de 90% de CO₂ não diferindo significativamente dos demais. Ainda nesta cultivar, à semelhança do ocorrido na cultivar M 742, os tratamentos com presença de CO₂ não apresentaram diferenças significativas entre si, no que diz respeito a porcentagem de germinação.

Por outro lado, a resposta da cultivar AGROBEL 920 à aplicação de concentrações crescentes de CO₂ foi diferente da observada nas demais cultivares, pois a concentração de 90% de CO₂ apresentou porcentagem de germinação significativamente inferior a concentração de 30% de CO₂, enquanto que nas demais cultivares o desempenho foi semelhante para as concentrações de 30% e 90% de CO₂.

Teoricamente, a resposta das três cultivares estudadas frente as concentrações de CO₂ deveria ser semelhante, considerando-se tratarem de uma mesma espécie. Entretanto, deve-se levar em consideração que as sementes foram colhidas com diferentes teores de umidade, mas armazenadas com teores de umidade semelhantes, conforme Tabela 02.

Estes diferentes teores de umidade, provavelmente podem ter influenciado o comportamento das diferentes cultivares frente a aplicação de CO₂, conforme preleciona POPINIGIS (1985), que o alto teor de umidade da semente, durante o armazenamento, é a maior causa de reduções na qualidade fisiológica da semente armazenada. Além do teor de água na colheita e no armazenamento, ainda a germinação poderia ser influenciada pelas diferenças entre as cultivares bem como por danos mecânicos que pudessem ter ocorrido por ocasião da colheita.

Quanto aos períodos de exposição a diferentes concentrações de CO₂, as porcentagens de germinação para as três cultivares são observadas na Tabela 05 e no Anexo II.

TABELA 05 - Porcentagem de germinação de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC - URUGUAI expostas em três períodos a diferentes concentrações de CO₂, Curitiba – PR, 2005.

Concentração de CO ₂ (%)	Dias	AGROBEL 920	M 742	IAC URUGUAI
0	10	61 A	36 E	58 AB
0	20	62 A	46 BC	49 D
0	30	48 B	43 CD	50 D
30	10	64 A	35 E	60 AB
30	20	60 A	43 CD	57 AB
30	30	51 B	54 A	51 CD
60	10	58 A	39 DE	54 BCD
60	20	58 A	47 BC	54 BCD
60	30	50 B	50 AB	57 ABC
90	10	60 A	42 CD	62 A
90	20	59 A	43 CD	59 AB
90	30	41 C	44 BCD	49 D

CV % = 10,57%

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de DMS (P> 0,05).

De acordo com a Tabela 05, em todas as concentrações de CO₂ estudadas na cultivar AGROBEL 920, a porcentagem de germinação diminuiu significativamente aos 30 dias de armazenamento. Não houve diferença significativa entre os períodos de 10 e 20 dias em todas as concentrações avaliadas.

Na cultivar M 742, observou-se efeito contrário, sendo que, a porcentagem de germinação aumentou, quando o período de exposição ao gás passou de 10 para 30 dias de exposição. Os aumentos mais expressivos nos valores de germinação ocorreram nas concentrações de 30% e 60% de CO₂ aos 30 dias de exposição, apresentando valores de 54% e 50%, respectivamente. Na concentração de CO₂ de 0% a porcentagem de germinação foi significativamente superior para os 30 dias de exposição em relação aos 10 dias. Já na concentração de 90% não foram observadas diferenças significativas entre os períodos de exposição.

Para a cultivar IAC - URUGUAI, houve decréscimo na porcentagem de germinação de 10 para 30 dias de exposição ao gás nas concentrações de 0, 30, e 90 % de CO₂. Entretanto, na dosagem de 60% de CO₂, houve tendência de aumento na porcentagem de germinação, passando de 54% aos 10 dias de exposição ao gás para 57% aos 30 dias.

Estes resultados, exceto os obtidos para a cultivar M 742, onde houve aumento na porcentagem de germinação de 10 para 30 dias de exposição ao gás, não deveriam ser atribuídos exclusivamente ao tempo de exposição. Como o tempo de exposição foi prolongado (até 30 dias), este pode ser considerado também um tempo de armazenamento,

cujo período pode ter afetado a germinação. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por TORSELLO *et al.* (1968) e RAZERA *et al.* (1986), onde a porcentagem de germinação de sementes de milho, feijão e arroz diminuiu significativamente com o aumento do tempo de armazenagem, independente da embalagem utilizada.

Por outro lado, agrupando-se as cultivares, nota-se que não houve influência das concentrações de CO₂ e do período de exposição ao gás na porcentagem de germinação (Tabela 06).

TABELA 06 - Porcentagem média de germinação de sementes de girassol em diferentes concentrações de CO₂ e tempos de exposição agrupando-se as três cultivares, Curitiba – PR, 2005.

Concentração CO ₂ (%)	DIAS		
	10	20	30
0	51 A	52 A	47 A
30	53 A	53 A	52 A
60	51 A	53 A	52 A
90	55 A	54 A	45 B

CV % = 10,57%

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente pelo teste de DMS (P > 0,05).

Quanto ao tipo de embalagem, os dados referentes ao seu efeito sobre a germinação das cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC - URUGUAI, relacionadas com as concentrações de CO₂ e os períodos de exposição ao gás, encontram-se nas Tabelas 07, 08 e 09. e nos Anexos III, Anexo IV e Anexo V.

TABELA 07 - Valores médios da porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar AGROBEL 920, expostas em três períodos sob diferentes concentrações de CO₂ e embalagens, Curitiba – PR, 2005.

CONCENTRAÇÃO CO ₂ (%)	DIAS					
	10		20		30	
	MÉDIA*	ALTA*	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	ALTA
0	60 AB	61 A	65 A	58 AB	50 BC	47 C
30	66 A	62 A	59 A	61 A	45 B	57 A
60	52 BC	65 A	58 AB	58 A	55 AB	44 C
90	63 A	56 A	60 A	58 A	44, B	38 B

CV% = 10,57%

* Embalagens com Média e Alta barreira ao oxigênio

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente pelo teste de DMS (P > 0,05).

TABELA 08 - Valores médios da porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar M 742 expostas em três períodos sob diferentes dosagens de CO₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.

CONCENTRAÇÃO CO ₂ (%)	DIAS					
	10		20		30	
	MÉDIA*	ALTA*	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	ALTA
0	37 BC	34 C	45 ABC	47 AB	37 BC	49 A
30	31 C	39 BC	40 BC	45 B	48 AB	59 A
60	41 AB	38 B	49 AB	45 AB	50 A	49 AB
90	44 A	39 A	43 A	43 A	48 A	41 A

CV% = 10,57%

* Embalagens com Média e Alta barreira ao oxigênio

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente pelo teste de DMS (P > 0,05).

TABELA 09 - Valores médios da porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar IAC - URUGUAI expostas em três períodos sob diferentes dosagens de CO₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.

CONCENTRAÇÃO CO ₂ (%)	DIAS					
	10		20		30	
	MÉDIA*	ALTA*	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	ALTA
0	57 A	58 A	45 B	53 AB	49 AB	51 AB
30	58 AB	61 A	55 AB	59 AB	48 B	53 AB
60	53 A	55 A	53 A	55 A	56 A	57 A
90	59 ABC	65 A	64 AB	53 BC	47 D	52 CD

CV% = 10,57%

* Embalagens com Média e Alta barreira ao oxigênio

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente pelo teste de DMS (P > 0,05).

Observando-se as Tabelas 07,08 e 09 e os Anexos III, Anexo IV e Anexo V, pode-se verificar que o uso de embalagens de média e alta barreira influenciou significativamente a porcentagem de germinação. Esta influência se deu tanto entre as diferentes concentrações de gás dentro de um mesmo período de exposição, bem como entre períodos de exposição diferentes.

Pela análise destas mesmas tabelas, verifica-se que, dentro das concentrações de CO₂ para um mesmo período de exposição ao gás, só houve diferença significativa entre as embalagens de média e alta barreira ao O₂ para a porcentagem de germinação nas cultivares AGROBEL 920 e M 742.

Na cultivar AGROBEL 920 estas diferenças ocorreram somente aos 10 e aos 30 dias de exposição ao gás (Tabela 06). Aos 10 dias foi observada diferença significativa na concentração de 60% de CO₂, onde a embalagem de alta barreira apresentou o valor de 65% de germinação, enquanto que a embalagem de média barreira apresentou valor médio de 52%. Aos 30 dias de exposição ao gás, na concentração de 30% de CO₂, a embalagem de alta barreira apresentou valor de germinação significativamente superior (57%) ao observado para a embalagem de média barreira (45%). Por outro lado, neste mesmo período de exposição, na concentração de 60% de CO₂ foi a embalagem de média barreira que apresentou valor superior (55%) ao observado para a embalagem de alta barreira (44%).

Quanto à cultivar M 742 (Tabela 07), dentro de um mesmo período de exposição, houve diferença significativa apenas aos 30 dias para a concentração de 0% de CO₂ onde a embalagem de alta barreira apresentou média (49,33%) superior à embalagem de média barreira (36,67%). Dentro dos demais períodos de exposição (10 e 20 dias) não foram observadas diferenças significativas entre as embalagens nas diferentes concentrações de CO₂, o que também ocorreu para as demais variedades.

4.2 VIGOR

Comparando-se as cultivares utilizadas, verifica-se que a cultivar AGROBEL 920 apresentou o menor vigor em todas as concentrações estudadas, conforme Tabela 10.

TABELA 10 - Índice de velocidade de emergência de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742, IAC – URUGUAI em diferentes concentrações de CO₂, Curitiba – PR, 2005.

Concentração CO ₂ (%)	CULTIVAR		
	AGROBEL 920	M 742	IAC - URUGUAI
0	3,09 B	5,90 A	7,11 A
30	3,20 B	5,13 B	6,31 B
60	4,06 A	4,92 B	6,05 BC
90	3,28 B	4,50 B	5,53 C
Média	3,41	5,12	6,25

CV % = 15,66%

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de DMS (P>0,05).

A cultivar que apresentou o maior vigor, foi a IAC – URUGUAI, ficando a cultivar M 742 com valores intermediários.

Dentro de cada cultivar os maiores valores de vigor foram obtidos nas concentrações de 0% e 30 % de CO₂, exceto para a cultivar AGROBEL 920. Tanto para a cultivar M 742 quanto para a IAC – URUGUAI, o tratamento 0% de CO₂ apresentou valores de 5,90 e 7,11, respectivamente, sendo significativamente superiores às demais concentrações de CO₂. Não foram observadas diferenças significativas entre as concentrações de 30%, 60% e 90% de CO₂ para a cultivar M 742. Porém, na cultivar IAC – URUGUAI o tratamento com 90% de CO₂ foi significativamente inferior ao tratamento com 30%, mas não diferiu significativamente do tratamento com 60%.

Já na cultivar AGROBEL – 920, o tratamento que apresentou o maior vigor foi o da concentração de 60% de CO₂ (4,06), o qual foi significativamente superior aos demais.

Diferentemente do observado para a porcentagem de germinação (Tabela 04), onde as concentrações crescentes de CO₂ apresentaram relativa melhora na germinação para as cultivares M 742 e IAC – URUGUAI, para o vigor a medida que as doses de CO₂ eram aumentadas reduzia-se o referido índice. Os resultados recomendam observar os efeitos negativos da utilização de CO₂, como material inerte para expurgo nas sementes de girassol quando observamos o fator vigor.

Observando-se os valores da Tabela 11, nota-se que no tratamento testemunha de CO₂ (0%), a cultivar IAC – URUGUAI não apresentou modificação significativa no vigor entre os períodos de 10, 20 e 30 dias de exposição ao gás. Porém, nas demais concentrações aplicadas esta cultivar apresentou menor vigor com o aumento dos dias em exposição.

TABELA 11 - Índice de velocidade de emergência de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 E IAC - URUGUAI expostas em três períodos a diferentes concentrações de CO₂, Curitiba – PR, 2005.

Concentração de CO ₂ (%)	Dias	AGROBEL 920	M 742	IAC URUGUAI
0	10	7,00 A	7,72 A	7,52 A
0	20	0,46 C	3,88 C	6,49 A
0	30	1,80 B	6,12 B	7,33 A
30	10	6,15 A	7,54 A	8,48 A
30	20	2,13 B	4,66 B	6,14 B
30	30	1,31 B	3,23 C	4,33 C
60	10	7,53 A	7,34 A	8,10 A
60	20	1,43 C	2,70 C	6,79 B
60	30	3,22 B	4,74 B	3,27 C
90	10	7,52 A	4,44 AB	7,11 A
90	20	1,38 B	3,92 B	5,53 B
90	30	0,95 B	5,13 A	3,95 C

CV% = 15.66 %

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de DMS (P>0,05).

Por outro lado, para as cultivares AGROBEL 920 e M 742, houve redução significativa no vigor aos 20 e 30 dias de exposição ao gás, comparativamente aos 10 dias. Neste caso, somente o tempo de exposição ao gás promoveu redução significativa no vigor das cultivares AGROBEL 920 e M 742, fato não ocorrido na cultivar IAC – URUGUAI.

As diferenças observadas entre as cultivares, podem ser explicadas por diferenças genéticas entre as mesmas, o que está de acordo com o apontado por POPINIGIS (1985) e CARVALHO e NAKAGAWA (2000), em que o genótipo das plantas determina parcialmente o vigor das sementes, sendo que algumas cultivares apresentam menor capacidade de germinar rapidamente. Também, os diferentes graus de umidade observados na pós – colheita podem ter promovido alterações na qualidade das sementes, alterando o vigor.

POPINIGIS (1985), cita que um teor de umidade inicial ao armazenamento acima de 10% ocorre drástica redução da germinação na semente de arroz com o decorrer do tempo de armazenamento a partir do terceiro mês. Ainda, de acordo com ROSSI (1998), para que a semente do girassol preserve o vigor e o poder germinativo original, antes de armazenadas devem ser secadas a umidade menor que 8%. No presente trabalho, conforme se observa na Tabela 02, o teor de umidade de armazenagem situou-se em 8,9% para a cultivar AGROBEL 920, 8,3% para a cultivar M742 e 7,9% para a cultivar IAC – URUGUAI. Entretanto a umidade na colheita foi discrepante entre as três cultivares, sendo 24,1% para a cultivar AGROBEL 920, 18,3% para a cultivar M742 e 14% para a cultivar IAC – URUGUAI o que é extremamente elevado para garantir a qualidade das sementes. ROSSI (1998), cita que o momento ótimo de colheita é quando a umidade encontra-se abaixo de 14%.

Quanto as concentrações de CO₂, observa-se que para períodos de exposição ao gás de até 10 dias o vigor não é alterado significativamente nas concentrações de 30%,60% e 90% de CO₂, para as variedades AGROBEL 920 e IAC - URUGUAI.

Já para a cultivar M 742, as concentrações de 30% e 60 % de CO₂ também não influenciaram significativamente o vigor. Entretanto na concentração de 90% de CO₂ tenha ocorrido redução do vigor aos 10 dias de exposição comparativamente aos demais tratamentos.

Nos períodos de exposição ao gás de 20 e 30 dias a aplicação de CO₂ nas concentrações de 30 a 90% prejudicaram significativamente o vigor, para as variedades AGROBEL 920 e M 742. Estes resultados demonstram que o tempo de exposição ao gás é mais importante do que as concentrações de CO₂ para o vigor.

Para confirmar esta afirmativa, agrupando-se as três cultivares conforme Tabela 12, verifica-se que o vigor decresce significativamente com o aumento do período de exposição

ao gás de 10 para 30 dias, em todas as concentrações de CO₂ estudadas.

TABELA 12 - Índice de velocidade de emergência de sementes de girassol em diferentes concentrações de CO₂ e períodos de exposição, Curitiba – PR, 2005.

Concentração CO ₂ (%)	DIAS		
	10	20	30
0	7,41 A	3,61 C	5,09 B
30	7,39 A	4,30 B	2,96 C
60	7,66 A	3,64 B	3,75 B
90	6,36 A	3,61 B	3,35 B

CV % = 15,66%

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem significativamente pelo teste de DMS (P > 0,05).

Observando-se a Tabela 13, nota-se que, de maneira geral, que o tipo de embalagem não interferiu nos resultados do vigor quando comparado dentro de um mesmo período de exposição ao gás para as diferentes concentrações de CO₂. Exceção foi observada no período de exposição ao gás de 10 dias para a concentração de 90% de CO₂ onde a embalagem média apresentou vigor de 5,63 o qual foi significativamente inferior ao apresentado pela embalagem alta, cujo valor foi de 7,09.

TABELA 13 - Índice de velocidade de emergência de sementes de girassol armazenadas em três épocas sob diferentes concentrações de CO₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.

Concentração CO ₂ (%)	DIAS					
	10		20		30	
	MÉDIA*	ALTA*	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	ALTA
0	7,26 A**	7,57 A	3,66 C	3,57 C	5,70 B	4,48 C
30	7,61 A	7,16 A	4,13 B	4,48 B	2,76 C	3,17 C
60	7,90 A	7,42 A	3,20 B	4,09 B	3,46 B	4,03 B
90	5,63 B	7,09 A	3,86 C	3,37 C	3,28 C	3,41 C

CV% = 15,66%

* Embalagens com Média e Alta barreira ao oxigênio.

** Médias seguidas pela mesma letra, na linha, dentro do mesmo período, não diferem significativamente pelo teste de DMS (P > 0,05).

As variações observadas para todas as concentrações de CO₂ se deram por meio da redução do vigor acompanhando o aumento do período de exposição ao gás, independentemente do tipo de embalagem. (Tabela 13).

Estes resultados, mais uma vez confirmam que, o tempo de armazenamento é fator de grande importância para o IVE das sementes de girassol, o que está de acordo com o citado por TORSELLO *et al.* (1968), DELOUCHE (1968) e RAZERA *et al.* (1986).

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE GERMINAÇÃO E VIGOR

Analisando-se a Tabela 14 e Tabela 15 verifica-se que o período de exposição das sementes ao CO₂ apresentou os efeitos mais pronunciados que a própria aplicação do gás quanto à germinação e o vigor.

TABELA 14 – Porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência (IVE) para as cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC - URUGUAI em diferentes concentrações de CO₂, Curitiba – PR, 2005.

Concentração CO ₂ (%)	CULTIVAR					
	AGROBEL 920		M 742		IAC - URUGUAI	
	Germinação	IVE	Germinação	IVE	Germinação	IVE
0	57	3,09	41	5,90	52	7,11
30	58	3,20	44	5,13	55	6,31
60	55	4,06	45	4,92	55	6,05
90	53	3,28	43	4,50	57	5,53
Média	56	3,41	43	5,12	55	6,25

TABELA 15 – Porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência a campo (IVE) de sementes de girassol em diferentes concentrações de CO₂ e períodos de exposição, Curitiba – PR, 2005.

Concentração CO ₂ (%)	DIAS					
	10		20		30	
	Germinação	IVE	Germinação	IVE	Germinação	IVE
0	52	7,41	53	3,61	47	5,08
30	53	7,39	53	4,31	52	2,95
60	50	7,65	53	3,64	52	3,74
90	55	6,35	54	3,61	45	3,34

Pela observação da Tabela 14 nota-se que a aplicação do CO₂ tende a melhorar a porcentagem de germinação quando em comparação à sua não aplicação. Por outro lado, no que diz respeito ao vigor das sementes, para as cultivares M 742 e IAC – URUGUAI a aplicação do gás resultou em redução do vigor (IVE), enquanto que para a cultivar

AGROBEL 920 houve aumento.

Observando-se a Tabela 15, na qual as cultivares foram agrupadas e considerou-se o período de exposição ao gás, além das concentrações dos mesmos, verifica-se que o vigor (IVE) foi severamente comprometido a partir do 10º dia de exposição nos tratamentos com a presença de CO₂. De maneira diferente, a porcentagem de germinação não sofreu alterações tão evidentes.

Os resultados apresentados em ambas as tabelas mostram que o vigor é mais afetado pela aplicação de CO₂ do que a germinação, sendo o período de exposição ao gás o fator mais importante na manifestação dos efeitos.

5 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, pode-se concluir que:

1) A utilização do CO₂ no armazenamento de sementes de girassol até a concentração de 90% não prejudica a germinação desde que o tempo de exposição ao gás não ultrapasse 20 dias.

2) O CO₂ quando utilizado para o expurgo de sementes de girassol, não deve ultrapassar os 10 dias de exposição ao gás, independente da concentração utilizada, por apresentar tendência de reduzir o vigor das sementes.

3) De modo geral a embalagem de alta barreira ao O₂ influencia menos nos valores de germinação do que de média barreira ao O₂. O vigor das sementes de girassol não é afetado pelo tipo de embalagem de alta ou média barreira ao O₂ utilizada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Poucos trabalhos foram desenvolvidos buscando-se avaliar a utilização do CO₂ no expurgo de sementes de girassol, bem como o efeito do mesmo na germinação e vigor. Até a presente data não se estabeleceu qual a concentração mais recomendada para garantir uma ação eficaz no expurgo sem, contudo, prejudicar a germinação e o vigor das sementes. Desta forma, as concentrações utilizadas no presente trabalho foram para obter uma grande amplitude, partindo-se da ausência do gás, até concentração extremamente elevada como foi o caso de 90% de CO₂.

Conforme os resultados observados, o estudo de diferentes concentrações em menores intervalos seria aconselhável. Objetivando-se identificar a melhor concentração do gás para um ótimo controle de insetos e sem prejuízos para a germinação e vigor da semente.

Outro aspecto importante é o período de exposição das sementes ao gás. No presente trabalho, este período variou de 10 a 30 dias. Porém, períodos de exposição abaixo de 10 dias deveriam ser avaliados, principalmente quando da utilização de embalagens de alta barreira ao oxigênio, visto que, em condições comerciais, recomenda-se um período de fumigação com CO₂ de 3 a 5 dias para as mais diversas culturas. Considerando-se que as sementes deverão ficar armazenadas por longos períodos até que sejam empregadas no plantio, é importante a realização de avaliações de germinação e vigor em sementes que tenham sido previamente fumigadas com CO₂ e armazenadas por períodos superiores a 30 dias. Desta forma, novos experimentos com sementes de girassol devem ser conduzidos de maneira a se praticar avaliações mensais quanto a germinação e vigor, partindo-se de 30 dias até, pelo menos, 180 dias de armazenamento após a aplicação do gás.

Para testar-se os efeitos da aplicação de CO₂ como fumigante para sementes de girassol, basta trabalhar-se com apenas uma cultivar em um experimento delineado de acordo com os objetivos a serem alcançados. Estes objetivos se resumem em definir a melhor concentração de CO₂ a ser aplicada, menor tempo de exposição possível e, conseqüentemente, maior tempo de armazenamento da semente sem alterar a germinação e o vigor da mesma.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. dos S.; BAUDET, L. M. Efeito de teor de umidade da semente, tipo de embalagem e período de armazenamento, na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 27-35, 1983.

ALBUQUERQUE, M. C. F.; MORO, F. V.; RIBEIRO, M.F.; RIBEIRO, M.C. Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n.1, p.1-8, 2001.

AZEVEDO, M. R. Q. A , GOUVEIA, J. P. G.; TROVÃO, D. M. de M; QUIROGA, V de P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergilim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 519-524, 2003.

BOA notícia: o biodiesel chega ao mercado. **Revista CREA**, Curitiba, n. 31, p. 16-19, nov. 2004.

BRADNOCK, W. T. Report of vigour committee. 1971-1974. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 3, n. 1, p. 124-7, 1975.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Coordenação de Laboratório Vegetal – CLAV, Departamento Nacional de Defesa Vegetal, 1992. 365 p.

CARVALHO, N. M. Efeitos do tamanho sobre o comportamento da semente de amendoim. **Ciência e Cultura (São Paulo)**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 64-6, 1972.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, M. F.; PORTO, W. S.; LEITE, R. M. V. B. C.; ARIAS, C. A.

A.; CASTIGLIONI, V. B. R. **Informes de avaliação de genótipos de girassol, 2002/2003**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2003. 97 p.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A. **Cultura do girassol – tecnologia de produção**. 2. ed. rev. aum. Londrina: EMBRAPA – CNPSO, 1997. 20 p.

CAVASIN, P. **A cultura do girassol**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 69 p.

CHING, T. M. Biochemical aspects of seed vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, p. 73-88, 1973.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Girassol**: série histórica de áreas plantadas – safras 1990/1991 a 2004/05. Disponível em <http://www.conab.br/download/safra/GirassolSerieHist.xls> Acesso em: 01 mar. 2005.

CORRÊA, F. L. de O. **Efeito da embalagem e do ambiente de armazenamento na germinação e vigor de sementes de goiabeira (*Psidium guajava* L.)**. Lavras, 1997. 57 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

DELOUCHE, J. C.; CADWELL, W. P. Seed vigor and vigor tests. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, Lincoln, v. 50, n. 1, p. 124-9, 1960.

DELOUCHE, J. C.; POTTS, H. C. **Programa de sementes: planejamento e implantação**. 2 ed. Brasília: Agriplan, 1974. 118 p.

ESTIMATIVAS de safras. **Indicadores da Agropecuária**, Brasília, n. 12, p. 5, dez. 2004.

GRABE, D. F. **Significance of seedling vigor in corn**. Proc. Twenty-first annual Hybrid Corn Industry-Research Conference Publication, 1966. p.39-44.

GIMENEZ ORELLANA, F.J. **Influência do tamanho da semente de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) na germinação e no vigor**. Piracicaba, 1975. 61 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

GONÇALVES, R. A.; SANTOS, J. P.; CHANDRA, P. K.; GERMANI, R. Controle de *Rhizopertha domonica* pela atmosfera controlada com CO₂, em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 1-9, jan. 2000.

HEYDECKER, W. Report of the vigour test committee (1962-1965). **Proceedings of the Internacional Seed Testing Association**, Zurich, v. 30, n. 2, p. 369-80, 1965.

HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E.H. (Ed.). **Viability of seeds**. Syracuse: University Press, 1972. p. 209-52.

ISELY, D. Vigor tests. **Proceedings of the Association Official Seed Analysts**, Lincoln, v. 47, p. 177-82, 1957.

KRZYŻANOWSKI, F. ed. **Vigor de sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

MACDANIEL, R. G.; SARKISSIAN, I. V. Mitochondrial heterosis in maize. **Genetics**, Bethesda, v. 59, p. 465-75, 1968.

MACDANIEL, R. G. Relationships of seed weight, seedling vigor and mitochondrial metabolism in barley. **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 6, p. 823 -7, 1969.

MACDANIEL, R. G. Genetic factors influencieng seed vigor. Biochemistry of Heterosis. **Seed Science and Technology**, v.1, n.1, p. 25-30, 1973.

PERRY, D. A. Seed vigour and filed establishment. **Horticultural Abstract**, v. 42, p. 334-42, 1972.

POLLOCK, B. M.; ROOS, E.E. **Seed and seedling vigor**. In: KOZLOWSKI, T.T. ed. Seed biology. Vol.I. New York, Academic Press. p.313 -87,1972.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Editora Pax, 1985. 289 p.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666 p.

QUEIROGA, V. P.; DURAN, J. M. Avaliação da condutividade elétrica em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) com diferentes graus de umidade. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v 7, n. 1/2 - Julho/Agosto, p.176, 1997.

RAZERA, L. F.; LAGO, A. A.; MAEDA, J. A.; ZINK, E.; GODOY JÚNIOR, G. E.; TELLTA, R. Armazenamento de sementes de arroz e milho em diferentes embalagens e localidades paulistas. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n.2, p.337-352, 1986.

ROSSI, R. O. **Girassol**. Curitiba: Ed.Tecnoagro, 1998. 333 p.

SALTVEIT, M. E. IS it possible to find na optimal controlled atmosphere? **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, p. 3-13, 2003.

SIEGEL, S. M.; ROSEN, L. A. Effects of reduced oxigen tension on germination na seedling growth. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, p. 437-44, 1962.

SILVA, M. N. **A cultura do girassol**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 67 p.

TOLEDO, F. F; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo, Ed. Agronômica, 1977. 224 p.

TOOLE, V. K. Effect of light, temperatura and their interation on the germination of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 339, 1973.

TORSELLO, J.; ORTOLANI, D. B.; MASCHIETTO, J. C. Observações sobre conservação de sementes. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SEMENTES, 2., 1968, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Editora, 1968. p 323-332.

UNGARO, M. R. G. O Girassol no Brasil. **O Agrônomo**, Campinas, v. 34, jan.–dez. 1982. p. 43-62.

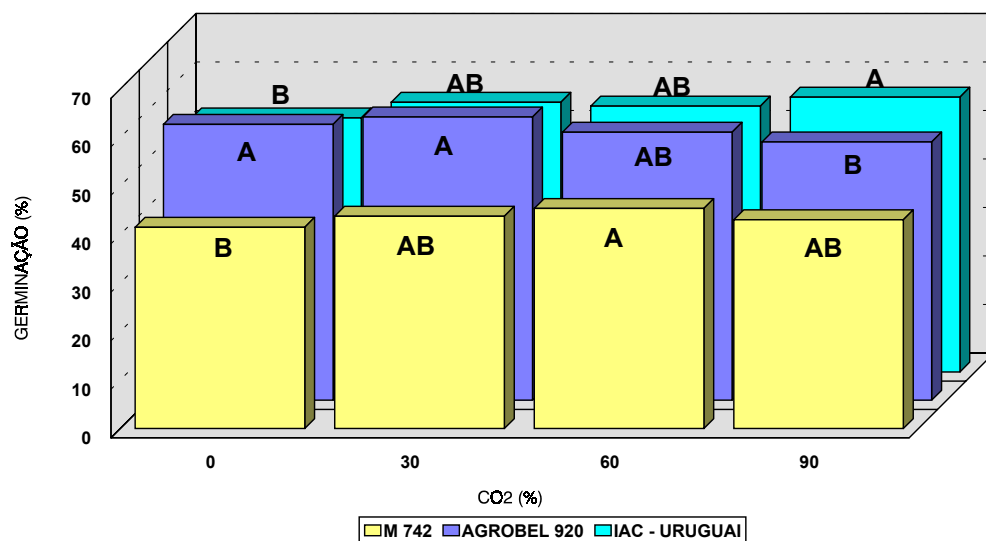
WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1998.400 p.

WOODSTOCK, L. W. Seedling growth as a measure of seed vigor. **Proceedings of the Internacional Seed Testing Association**, Lincoln, v. 34, p. 273-80, 1969.

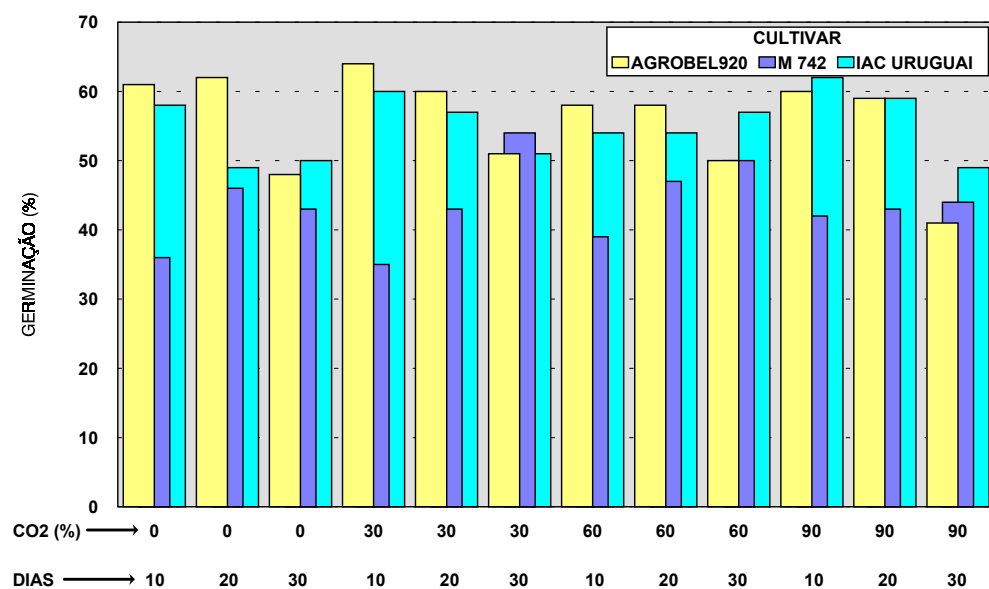
YOKOMIZO, E. O combustível do girassol. **Revista CREA**, Curitiba, n. 21, p. 18-23, fev./mar. 2003.

ANEXOS

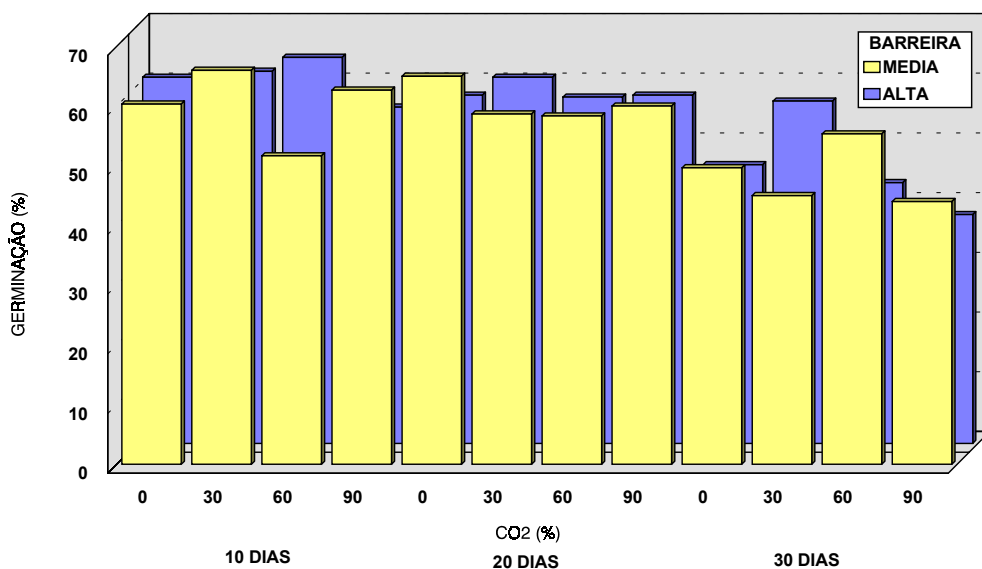
ANEXO I – Porcentagem de germinação de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742, IAC – URIGUAI em diferentes concentrações de CO₂, Curitiba – PR, 2005.



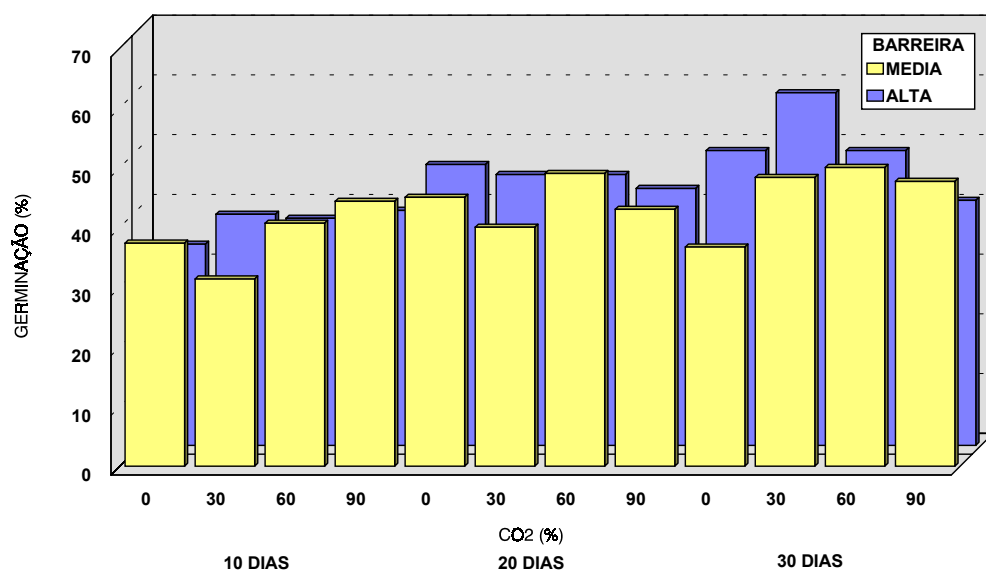
ANEXO II – Porcentagem de germinação de sementes de girassol das cultivares AGROBEL 920, M 742 e IAC - URUGUAI expostas em três períodos a diferentes concentrações de CO₂, Curitiba – PR, 2005.



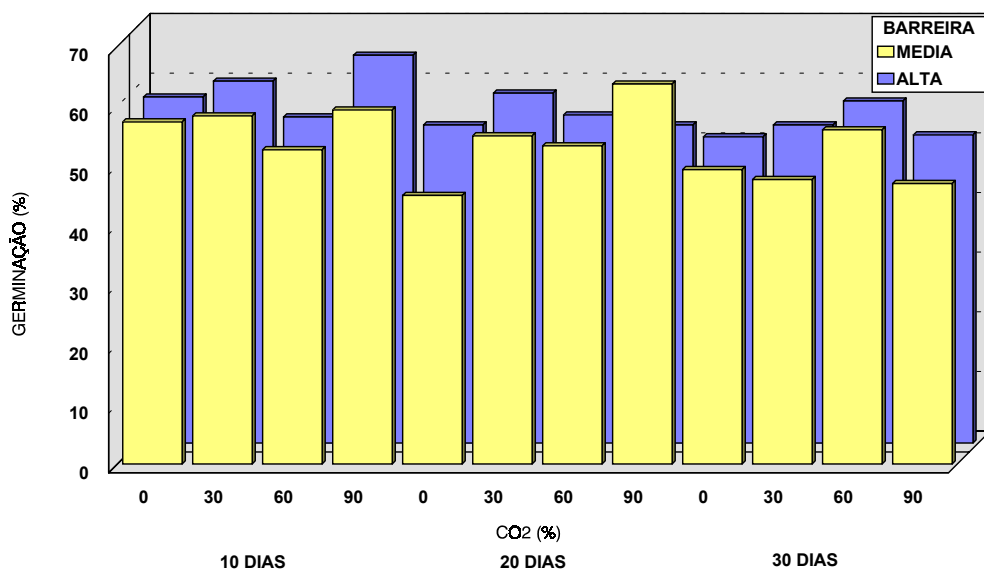
ANEXO III – Porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar AGROBEL 920 expostas em três épocas sob diferentes dosagens de CO₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.



ANEXO IV – Porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar M 742 expostas em três épocas sob diferentes dosagens de CO₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.



ANEXO V – Porcentagem de germinação de sementes de girassol da cultivar IAC - URUGUAI expostas em três épocas sob diferentes dosagens de CO₂ em diferentes embalagens, Curitiba – PR, 2005.



ANEXO VI – Análise de Variância da Germinação

Fatorial ANOVA Fatores:

Fator A – Cultivares (AGROBEL – 920, M 742, IAC – URUGUAI)

Fator B – Concentrações de CO₂ (0%, 30%, 60%, 90%)

Fator C – Dias de armazenamento (10, 20, 30)

Fator D – Tipos de embalagens (média e alta barreira ao O₂)

Fator	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
Fator A	2	6947,343	3473,671	117,4566	0,0000
Fator B	3	168,111	56,037	1,8948	0,1331
AB	6	416,028	69,338	2,3446	0,0344
Fator C	2	678,620	339,310	11,4732	0,0000
AC	4	3630,102	907,525	30,6865	0,0000
BC	6	674,972	112,495	3,8039	0,0015
ABC	12	694,306	57,859	1,9564	0,0324
Fator D	1	46,296	46,296	1,5654	0,2129
AD	2	92,565	46,282	1,5650	0,2126
BD	3	448,259	149,420	5,0524	0,0023
ABD	6	174,880	29,147	0,9855	
CD	2	26,731	13,366	0,4519	
ACD	4	101,824	25,456	0,8608	
BCD	6	309,157	51,526	1,7423	0,1153
ABCD	12	848,954	70,746	2,3922	0,0076
Erro	144	4258,667	29,574		
Total	215	19516,815			

CV - Coeficiente de Variação: 10,57%

ANEXO VII – Análise de Variância do Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

Fatorial ANOVA Fatores:

Fator A – Cultivares (AGROBEL – 920, M 742, IAC – URUGUAI)

Fator B – Concentrações de CO₂ (0%, 30%, 60%, 90%)

Fator C – Dias de armazenamento (10, 20, 30)

Fator D – Tipos de embalagens (média e alta barreira ao O₂)

Fator	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
Fator A	2	295,261	147,631	247,8960	0,0000
Fator B	3	24,005	8,002	13,4359	0,0000
AB	6	28,975	4,829	8,1089	0,0000
Fator C	2	560,199	280,099	470,3325	0,0000
AC	4	143,484	35,871	60,2331	0,0000
BC	6	46,429	7,738	12,9936	0,0000
ABC	12	85,057	7,088	11,9021	0,0000
Fator D	1	0,722	0,722	1,2127	0,2726
AD	2	1,389	0,694	1,1658	0,3146
BD	3	4,189	1,396	2,3444	0,0755
ABD	6	13,931	2,322	3,8988	0,0012
CD	2	0,565	0,283	0,4744	
ACD	4	12,154	3,039	5,1022	0,0007
BCD	6	20,722	3,454	5,7993	0,0000
ABCD	12	32,808	2,734	4,5909	0,0000
Erro	144	85,757	0,596		
Total	215	1355,646			

CV - Coeficiente de Variação: 15,66%