

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – CAMPUS CASCAVEL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO EM FUNÇÃO DO TIPO DE SECAGEM,  
ARMAZENAMENTO E APLICAÇÃO DE OZÔNIO**

**IVAN WERNCKE**

**CASCAVEL – PARANÁ – BRASIL**

**JANEIRO – 2020**

IVAN WERNCKE

**QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO EM FUNÇÃO DO TIPO DE SECAGEM,  
ARMAZENAMENTO E APLICAÇÃO DE OZÔNIO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração em Sistemas Biológicos e Agroindustriais, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel.

Orientador: Prof. Dr. Divair Christ  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Sílvia R. M. Coelho

CASCADEL – PARANÁ – BRASIL

JANEIRO – 2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Werncke, Ivan

Qualidade de sementes de milho em função do tipo de secagem, armazenamento e aplicação de ozônio / Ivan Werncke; orientador(a), Divair Christ; coorientador(a), Sílvia Renata Machado Coelho, 2020.

80 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Graduação em Engenharia Agrícola Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2020.

1. Pós-colheita. 2. Vigor. 3. Desumidificação. 4. Sanitização de sementes. I. Christ, Divair. II. Coelho, Sílvia Renata Machado. III. Título.



Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Cascavel CNPJ 78680337/0002-65  
Rua Universitária, 2069 - Jardim Universitário - Cx. P. 000711 - CEP 85819-110  
Fone:(45) 3220-3000 - Fax:(45) 3324-4566 - Cascavel - Paraná



## IVAN WERNCKE

Qualidade de sementes de milho em função do tipo de secagem, armazenamento e aplicação de ozônio

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-colheita, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Divair Christ

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Evandro André Konopatzki

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Silvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Douglas Basségio

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP (UNESP)

Maritane Prior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 28 de janeiro de 2020.

## BIOGRAFIA

Nascido em 1989, em Medianeira – PR.

Em 2009, iniciou a produção de semente salva de soja na propriedade da família, sendo responsável pela produção, classificação e armazenamento.

Em 2011, graduou-se em Tecnologia em Manutenção Industrial, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

Concluiu o mestrado em Energia na Agricultura com ênfase em "Energias renováveis- biogás e biodiesel" pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, no ano de 2014.

Nos anos de 2015 e 2016, trabalhou como docente no ensino superior na UTFPR, *campus* de Medianeira.

Licenciou-se em Manutenção Industrial no ano de 2016, pela UTFPR.

Em 2016 iniciou o doutorado em Engenharia Agrícola, com ênfase em secagem e armazenagem de sementes de milho.

Em 2018 iniciou a produção de sementes de milho híbrido na propriedade da família, sendo responsável pela produção, classificação e armazenamento.

Em 2019 assumiu uma vaga de professor substituto na UTFPR, *campus* de Medianeira.

# QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO EM FUNÇÃO DO TIPO DE SECAGEM, ARMAZENAMENTO E APLICAÇÃO DE OZÔNIO

## RESUMO GERAL

A secagem e armazenamento de sementes são os processos mais importantes da pós-colheita de produtos agrícolas, pois contribuem para preservar a sua capacidade de uso como semente ou grão. Dentre as técnicas está o aquecimento do ar de secagem e sua desumidificação antes do aquecimento. Assim, a escolha da melhor fonte de energia e da técnica mais adequada de secagem justifica a busca por sistemas de secagem eficientes e que propiciem o mínimo de dano à semente. O estudo de técnicas de redução de contaminantes biológicos pela aplicação do gás ozônio e redução da temperatura tendem a minimizar as perdas por microrganismos, pelo processo de respiração das sementes e multiplicação de pragas durante o armazenamento. Experimentos foram realizados para avaliar a qualidade de sementes de milho em função de processos de secagem, formas de armazenamento e aplicação de ozônio. O delineamento utilizado nos experimentos foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial  $7 \times 2$ , sendo sete processos de secagem (natural, lona, espiga, secagem com ar ambiente, ar aquecido, ar desumidificado e recirculação do ar) e duas condições de armazenamento (câmara de armazenagem com temperatura e umidade controladas e ambiente não controlado) para o primeiro experimento e dois tratamentos de ozônio (com e sem aplicação) para o segundo experimento. Aos 0, 4, 8 e 12 meses de armazenamento as sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, germinação, teste a frio, teste de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência em solo. Para o primeiro experimento, observou-se que sementes de milho mantêm maiores porcentagens de germinação, quando armazenadas até 12 meses dentro de câmaras de armazenamento, independente do processo de secagem. O teor de água nas sementes e o vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado não foram afetados pelos diferentes processos de secagem, independentemente do tempo de armazenamento. As sementes apresentaram valores de condutividade elétrica maiores, quando armazenadas em ambiente não controlado, aos 4, 8 e 12 meses de armazenamento. Maior vigor foi observado a partir do teste de envelhecimento acelerado e teste frio nas sementes armazenadas dentro da câmara aos 4, 8 e 12 meses de armazenamento. Para o segundo experimento, verificou-se que as sementes de milho submetidas à aplicação de ozônio após a secagem e armazenadas por 12 meses apresentaram maiores índices de vigor em relação às sementes não tratadas com ozônio. A aplicação de ozônio proporcionou menor perda de vigor avaliado pelo teste frio aos 12 meses de armazenamento. A aplicação de ozônio se mostrou uma tecnologia importante e pode colaborar para manter a qualidade fisiológica de sementes de milho durante o armazenamento. Nas condições do estudo os processos de secagem natural e secagem na espiga mantiveram a qualidade das sementes de milho. Esses resultados podem fornecer informações úteis para melhorar a qualidade dos grãos e da cultura do milho.

**Palavras-chave:** pós-colheita; sanitização de sementes; vigor; *Zea mays*; desumidificação.

# QUALITY OF CORN SEED UNDER DIFFERENT PROCESSES OF DRYING, STORAGE, AND OZONE APPLICATION

## ABSTRACT

Seed drying and storage are two of the most important post-harvest processes of agricultural products, as it defines the capacity for their utilization as seeds or grains. Techniques include heating the drying air and dehumidifying it before heating. Thus, the choice of the best energy source and the most suitable drying technique justifies the search for efficient drying systems that provide the least damage to the seed. The study of biological contaminant reduction techniques through the application of ozone gas and temperature reduction tends to minimize losses by microorganisms and by the seed respiration process and pest multiplication in storage. Experiments were performed to evaluate the quality of corn seeds as a function of drying processes, storage forms and application of ozone. The experimental design was completely randomized in a 7 × 2 factorial scheme, with seven drying processes (natural, canvas, ear, drying with ambient air, heated air, dehumidified air, and air recirculation), and two storage conditions (chamber temperature and humidity controlled storage, and uncontrolled environment) for the first experiment, and two ozone treatments (with and without application) for the second experiment. At 0, 4, 8, and 12 months of storage the seeds were evaluated for water content, germination, cold test, accelerated aging test, electrical conductivity, and emergence in soil. For the first experiment, it was observed that corn seeds maintain higher germination percentages when stored up to 12 months in storage chambers, regardless of the drying process. Seed water content and vigor evaluated by the accelerated aging test were not affected by different drying processes, regardless of storage time. The seeds presented higher electrical conductivity values when stored in an uncontrolled environment at 4, 8, and 12 months of storage. Higher vigor was observed from the accelerated aging test and cold test on seeds stored inside the chamber at 4, 8, and 12 months of storage. For the second experiment, it was found that corn seeds subjected to ozone application after drying and stored for 12 months showed higher vigor indices than untreated ozone seeds. Ozone application provided lower vigor loss, as assessed by cold test at 12 months of storage. Ozone application has proven to be an important technology and can collaborate in preserving the physiological quality of corn seeds during storage. Under the conditions of the study, the natural drying and ear drying processes maintained the quality of the corn seeds. These results may provide useful information for improving the quality of corn grains and crops.

Keywords: Post-harvest; Seed sanitization; Vigor; *Zea mays*; Dehumidification.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS .....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	x
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo geral .....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1 A estrutura da semente de milho .....	4
3.2 Secagem de sementes .....	5
3.3 O processo de secagem .....	6
3.3.1 Fontes de energia dos secadores .....	6
3.4 Qualidade física da semente .....	10
3.5 Teor de água.....	11
3.6 Armazenamento de sementes .....	12
3.7 Análise fisiológica de sementes.....	14
3.8 Ozônio.....	15
REFERÊNCIAS .....	18
ARTIGO 1 QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO EM FUNÇÃO DE PROCESSOS DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO .....	24
1 INTRODUÇÃO .....	24
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4 CONCLUSÕES .....	34
REFERÊNCIAS .....	35
ARTIGO 2 EFEITOS DA APLICAÇÃO DE OZÔNIO APÓS O PROCESSO DE SECAGEM NA QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO .....	37
1 INTRODUÇÃO .....	37

<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>
	<b>ANEXO A Normas da Revista Semina: Ciências Agrárias.....</b>	<b>56</b>
	<b>ANEXO B Normas Journal of Cereal Science.....</b>	<b>63</b>

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

<b>Tabela 1</b>	Condutividade elétrica (CE), teor de água, emergência no solo (ES), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e teste a frio (TF) em diferentes processos de secagem.....	30
<b>Tabela 2</b>	Porcentagem de plântulas normais submetidas ao teste de germinação (G) aos 4, 8 e 12 meses e envelhecimento acelerado (EA) aos 4, 8 e 12 meses em diferentes processos de secagem e meses de armazenamento.....	31
<b>Tabela 3</b>	Teor de água aos 4, 8 e 12 meses, condutividade elétrica (CE) aos 4, 8 e 12 meses e teste a frio (TF) aos 12 meses, em diferentes processos de secagem e tempo de armazenamento.....	34

### ARTIGO 2

<b>Tabela 1</b>	Porcentagem de plântulas normais submetidas à germinação aos 0, 4, 8 e 12 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento.....	43
<b>Tabela 2</b>	Porcentagem de plântulas normais submetidas ao envelhecimento acelerado aos 0, 4, 8 e 12 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento.....	44
<b>Tabela 3</b>	Condutividade elétrica aos 0, 4, 8 e 12 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento.....	45
<b>Tabela 4</b>	Teste a frio aos 0 e 12 meses e emergência no solo aos 0 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento .....	46
<b>Tabela 5</b>	Teor de água aos 0, 4, 8 e 12 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento .....	48

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1** Operação de aquecimento do ar de secagem. .... 7  
**Figura 2** Operação de desumidificação do ar de secagem. .... 9

### ARTIGO 1

- Figura 1** Temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR), durante o cultivo e a temperatura do milho e a umidade relativa do ar externo e interno durante os meses de armazenamento..... 26  
**Figura 2** Germinação aos 8 meses de armazenamento (A), aos 12 meses de armazenamento (B) e teste a frio aos 12 meses de armazenamento (C). .... 32

### ARTIGO 2

- Figura 1** Temperatura (T) e umidade relativa (UR) do ar durante o cultivo de milho (semeadura-colheita) e temperatura e umidade relativa do ar externo e interno durante os meses de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses). .... 39  
**Figura 2** Condutividade elétrica aos 12 meses de armazenamento (A), teor de água aos 0 meses de armazenamento (B) teor de água aos 12 meses de armazenamento (C). .... 47

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Corrente elétrica em - ampere
°C	Temperatura - graus Celsius
C	Constante de equilíbrio
h	Hora
Hz	Frequência em hertz
kcal	Energia – Quilocaloria
kJ	Energia – Quilojoule
kg	Peso – Quilograma
kPa	Pressão – Quilopascal
m	Distância – Metro
mm	Distância – Milímetro
m <sup>3</sup>	Volume – Metro cúbico
m s <sup>-1</sup>	Velocidade – Metro por segundo
m <sub>u</sub>	Massa úmida
m <sub>s</sub>	Massa seca
n	Constante de equilíbrio
RPM	Rotações por minuto
SD	Secure digital, cartão de memória
T	Temperatura absoluta em graus Kelvin
UR	Umidade relativa do ar
U <sub>e</sub>	Teor de umidade de equilíbrio (decimal em base seca)
μS	Condutividade elétrica, microsiemens
V	Tensão elétrica em Volts
W	Potência elétrica em Watts

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEAS	Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior
AG 9030 PRO 3	<i>Zea mays</i> (milho), cultivar Agrocerees 9030 Biotecnologia Pro 3
ANENG	Antoniolli Engenharia
ANOVA	Análise de variância
AOSA	<i>Association of Official Seed Analysts</i>
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
B.O.D	Demanda Bioquímica do Oxigênio
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
RAS	Regras para análise de sementes
RNC	Registro nacional de cultivares
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda mundial pelo milho tem crescido significativamente, devido ao uso na produção de proteína animal, de etanol a partir de milho e ao consumo humano. O *United States Department of Agriculture* (USDA), no ano de 2019, estimou a produção mundial de milho em 1102,16 milhões de toneladas na safra 19/20, com estoques finais de 295,96 milhões de toneladas. Para o Brasil, o USDA estimou uma produção de cerca de 101 milhões de toneladas, com estoque de 5,08 milhões de toneladas (USDA, 2019).

Um dos pilares para produção do milho é a semente com elevada pureza, padrão, germinação e vigor. No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) determina que haja uma germinação mínima de 85% (BRASIL, 2013), sem referência ao vigor, deixando os agricultores desprotegidos, pois, muitas vezes, a semente germina, mas não tem capacidade fisiológica para se desenvolver e expressar todo o seu potencial genético, com desempenho satisfatório em campo.

Sementes de alto vigor dispõem de capacidade fisiológica para se estabelecerem em condições adversas, como: chuvas torrenciais, temperatura inadequada, redução dos níveis do oxigênio, semeadura com baixa umidade do solo e estresse hídrico; sementes de baixo vigor não podem sofrer quaisquer imprevistos climáticos para atingirem a população mínima de plantas e, ainda assim, não apresentarão alto potencial produtivo.

No Brasil, o custo da semente tem se elevado substancialmente nos últimos anos, sendo uma parcela significativa do custo de produção. No milho, com o uso de biotecnologias para o controle de determinadas espécies de lagartas e tolerância a moléculas de produtos fitossanitários, os preços médios das sementes se acentuaram, principalmente devido à maioria dos cultivares serem híbridos, o que inviabiliza a produção de semente “salva” para uso próprio pelos agricultores.

Diversos cultivares de milho de polinização aberta estão inscritos no Registro Nacional de Cultivares (RNC), os quais podem ser reproduzidos para uso próprio, desde que seguida legislação pertinente (Lei Nº 9.456, de 25 de abril de 1997- Lei de Proteção de Cultivares). São caracterizados pela estabilidade, ao longo do tempo, sem necessidade de cruzamentos (hibridização) para formação de sementes com alto potencial produtivo.

A produção de sementes de milho exige uma estrutura mínima que compreenda um sistema de colheita com baixo nível de danos mecânicos às sementes, unidade de limpeza, padronização, secagem e armazenagem, o que pode acarretar custos impeditivos, pois, geralmente, os sistemas completos oferecidos por empresas especializadas contemplam grandes projetos, inviabilizando a iniciativa do pequeno agricultor.

Para manter a semente vigorosa, é necessário avaliar o melhor método de secagem disponível na propriedade, como: secagem natural, em espiga sem palha e seca a sombra ou colheita com índices de umidade intermediários (menor que 21% b.u.) e secagem a sombra em camada fina com revolvimento manual, com ar forçado, ar ambiente desumidificado, ar desumidificado recirculado e ar ambiente aquecido até 34 °C.

A secagem é um dos métodos mais utilizados para manutenção da qualidade de sementes e consiste na remoção parcial da umidade do produto, resultando em processo de transferência simultânea de calor e massa (umidade) entre a massa de sementes e o ar de secagem. Quanto maior a energia (aquecimento do ar) aplicada à massa de grãos, maior será a taxa de secagem, no entanto, altas temperaturas podem danificar a semente. Outra forma compreende a retirada parcial da umidade do ar de secagem, aumentando, assim, a capacidade de secagem sem elevar substancialmente a temperatura.

No campo, as sementes ficam expostas à ação de fungos patogênicos, devido à umidade ambiente, substrato e esporos no ambiente e, mesmo que tenham sido retiradas do campo no ponto de maturação fisiológica, os patógenos estão presentes no ambiente. Para reduzir os fungos pode-se realizar a aplicação de ozônio após a secagem das sementes. Alguns pesquisadores avaliaram a sua aplicação durante a secagem e obtiveram resultados satisfatórios.

O uso de ozônio tem se destacado pela alta capacidade oxidativa de microrganismos, matéria orgânica, baixo custo de geração e não geração de resíduos químicos poluentes. O ozônio é uma molécula de oxigênio instável que, após sua degradação, tem-se apenas o oxigênio como produto final. Sua geração ocorre com ar atmosférico e, por isso não há necessidade de armazenamento e estoque dessa molécula.

Após secar, limpar, padronizar e embalar as sementes é necessário armazenar adequadamente até o momento do plantio, a fim de manter a sua capacidade de germinação, vigor e integridade física. Para tal, é necessário evitar variações acentuadas da temperatura e alta umidade relativa do ar no ambiente de armazenagem, com o uso de sistemas de refrigeração e ar desumidificado.

A hipótese apresentada nesta pesquisa fundamenta-se na montagem de um sistema de produção e armazenamento de semente para pequenos agricultores, pelo desenvolvimento de protótipos de secagem, armazenagem e descontaminação através de ozônio na propriedade rural e sugerir a melhor opção de secagem e armazenagem, por meio de testes de germinação e vigor.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o método de secagem da semente de milho por meio de sete técnicas de secagem, avaliando o controle de temperatura e umidade em câmara de armazenamento e a aplicação de ozônio em função da germinação e vigor das sementes.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Verificar o potencial fisiológico imediato e latente das sementes de milho submetidas a sete formas de secagem;
- Avaliar efeitos da ozonização imediata e latente sobre sementes de milho após a secagem;
- Avaliar o protótipo de secador e o protótipo de câmara de armazenamento;
- Avaliar o efeito do controle parcial de temperatura e umidade ambiente em relação ao não controle;
- Ar aquecido por GLP, ar desumidificado, ar desumidificado, recirculado, ar natural, sombra em camada fina, espiga despalhada ou secagem natural.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A origem provável e o início da domesticação do milho ocorreram no sudeste do México, por povos indígenas; estima-se que isso tenha ocorrido entre 7000 e 10000 anos, sendo uma das primeiras plantas cultivadas pelo homem (RANUM; PEÑA-ROSAS; GARCIA-CASAL, 2014). No processo de domesticação os agricultores transformaram as características fenotípicas, conferindo planta ereta, com único colmo e espigas maiores, com mais grãos, bem diferente da planta original (RANUM; PEÑA-ROSAS; GARCIA-CASAL, 2014).

O milho é classificado botanicamente ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Poales, família Poaceae, gênero *Zea*, espécie *Zea mays* (BARROS; CALADO, 2014). Possui arquitetura de planta que varia de um a quatro metros de altura e, geralmente, com uma espiga viável.

Os grãos são vermelhos, amarelos ou brancos, com peso médio variando entre 0,25 e 0,30 g; compostos de 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibras e 4,3% de lipídios (FIGUEIRA et al., 2003). Conforme Queiroz et al. (2015), o milho é composto de 89,8% de massa seca, 9,05% de proteína bruta, 2,51% de extrato etéreo e 4376 Kcal kg<sup>-1</sup> de energia.

No Paraná, a semeadura ocorre em dois momentos: primeira safra ou safra de verão e segunda safra ou safrinha. A segunda safra apresenta área maior, com maior risco climático, como chuva, geada, intempéries climáticas e potencial produtivo menor, devido ao menor fotoperíodo, pois é uma planta com metabolismo C4, que exige alta radiação solar. A estimativa da produção de milho paranaense, na primeira safra para o ano de 2019 foi de 4,89 milhões de toneladas, com produtividade média de 8790 kg ha<sup>-1</sup> e para o milho 2ª safra, a estimativa da produção foi de 13,479 milhões de toneladas, com produtividade média de 5857 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2019).

#### 3.1 A estrutura da semente de milho

A semente de milho é formada por três partes básicas: tegumento, endosperma e embrião. O pericarpo, tegumento ou casca é uma camada fina e resistente que forma a parte mais externa da semente; é constituído, principalmente, por frações fibrosas e é responsável pela proteção da semente. O endosperma é a parte da semente que está envolvida pelo pericarpo e é a que apresenta maior volume; é constituído por amido e outros

carboidratos e é responsável por armazenar as reservas (energia e nutrientes) da semente. O embrião é composto por proteína (gluteína) e lipídios e se encontra ao lado do endosperma e possui primórdios de todos os órgãos da planta desenvolvida (REAL et al., 2013; BARROS; CALADO, 2014).

### **3.2 Secagem de sementes**

O processo de secagem é a redução do teor de água do grão, através de processos simultâneos de transferência de calor e de massa (HALL, 1980; HASHIM; ONWUDE; RAHAMAN, 2014), na qual o ar de secagem retira umidade do grão e conduz para o meio externo. Reduzir o teor de água é necessário para efetuar a armazenagem segura por período pré-definido, de acordo com a finalidade de uso dos grãos. A secagem é o principal artifício de manutenção da qualidade da massa de grãos advinda do campo.

A umidade adequada para armazenamento seguro de grãos de milho em ambientes abertos está na casa de 10 a 13%, sendo que, a partir de 14% os grãos apresentam maior taxa de respiração e esse processo libera calor, proporcionando ambiente adequado para o desenvolvimento de microrganismos, principalmente os fungos, que geram deterioração da massa de grãos (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001).

Para sementes, o máximo teor de água para armazenamento seguro de milho durante um ano é de 13%. A partir desse valor, a água das sementes contribui para a ocorrência das reações químicas, sendo que a umidade está intimamente ligada à atividade metabólica das sementes, que está relacionada à conservação do produto (PUZZI, 2000).

A secagem, embora não seja o único processo de conservação de alimentos, é o mais antigo (CARVALHO, 1994). Esse processo é importante pela facilidade de emprego e pela efetividade, pois além de proteger a qualidade física, colabora na manutenção dos atributos fisiológicos da semente. Sua utilização busca redução das taxas de respiração, da atividade microbiana e das reações químicas de deterioração (KROKIDA et al., 2003).

A secagem artificial é necessária para reduzir o tempo de exposição da produção no campo a intempéries e ataques fúngicos, a fim de manter a qualidade do produto, reduzir riscos com adversidades climáticas e disponibilizar a área para o próximo cultivo.

### 3.3 O processo de secagem

A secagem de semente ocorre pela retirada de água em um processo natural de busca pelo equilíbrio de temperatura e umidade entre o ar de secagem e a massa de grãos. O ar de secagem é definido como o ar forçado a se deslocar entre os grãos e que deve apresentar características de temperatura e umidade com capacidade de secagem da massa de grãos.

De acordo com Carvalho (1994), a movimentação de umidade ocorre devido ao gradiente de concentração das moléculas de água (da maior para o menor) e também pela existência de gradiente de energia (pressão de vapor) no sentido contrário. Peske, Rosenthal e Rota (2012) apontam que, se a pressão de vapor da água na semente for maior do que na atmosfera, a semente irá transferir umidade para o meio externo. Para entender esse processo, é necessário entender a carta psicrométrica, a qual demonstra os processos de modificação do ar.

A carta psicrométrica é a representação das equações da entropia e entalpia. Em um sistema de secagem, entalpia é a quantidade de energia contida no ar úmido ( $\text{kJ kg}^{-1}$  de ar seco), por unidade de massa de ar seco, para temperaturas superiores à referencial ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). A temperatura de bulbo seco ( $^{\circ}\text{C}$ ) representa a temperatura do bulbo do termômetro seco e a temperatura do bulbo úmido ( $^{\circ}\text{C}$ ) é a temperatura do termômetro envolto por tecido de algodão umedecido com água, sob ventilação aproximada de  $5\text{ m/s}^{-1}$ . A redução na temperatura no ponto de orvalho provoca a condensação de parte do vapor de água presente no ar.

A carta apresenta a pressão de vapor (kPa), que é a pressão exercida pela água presente no ar. Quanto mais saturado estiver o ar (maior umidade relativa) mais elevada será a pressão. A umidade relativa (%) é a razão entre a pressão de vapor da água e a pressão de saturação, na mesma temperatura. Razão de mistura é a razão dada pela massa de vapor d'água e a massa de ar seco, expressa em  $\text{kg de vapor} \cdot \text{kg}^{-1}$  de ar seco (ou simplesmente  $\text{kg kg}^{-1}$ ).

São vários os modelos de carta, os quais possuem informações mais pertinentes a determinadas situações. Pela carta é possível avaliar o sistema de secagem, em função da característica do ar de entrada e de saída do secador, quanto à perda ou ganho de água pela massa de sementes.

#### 3.3.1 Fontes de energia dos secadores

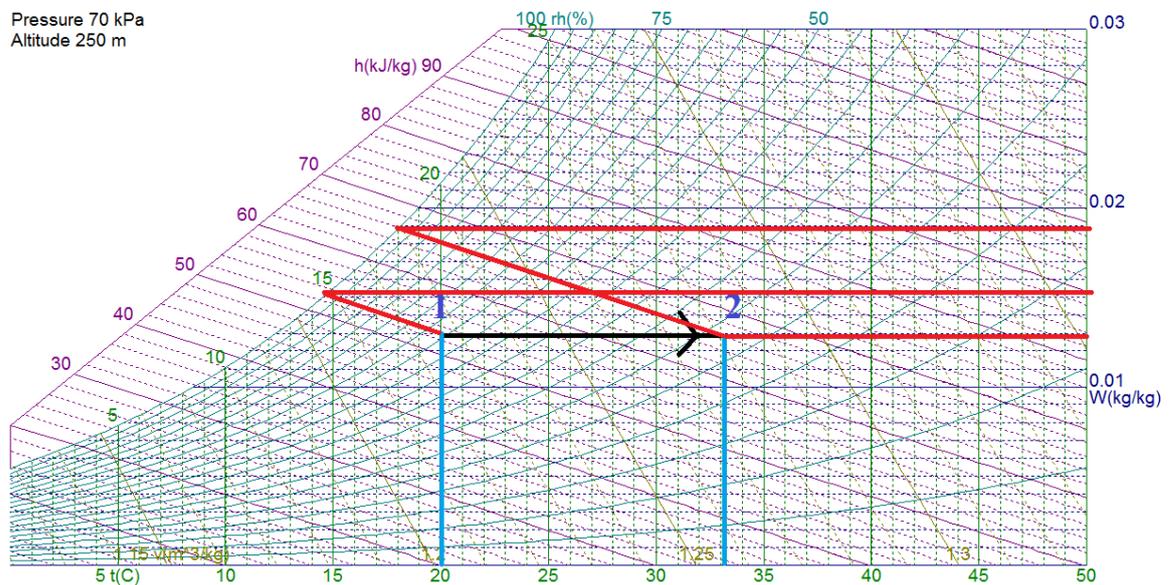
A secagem de sementes por aquecimento baseia-se no ganho de entalpia e manutenção da razão de mistura do ar, pois a umidade relativa do ar diminui e a pressão de

vapor do ar, proporciona um gradiente mais elevado do grão para o meio externo, elevando a taxa de secagem (CARVALHO, 1994; CHRIST, 1996; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; LOPES; SILVA; REZENDE, 2000; ABEAS, 2007;).

O aquecimento pode ser realizado com fontes convencionais (lenha, GLP, eletricidade) e algumas novas como (biogás, solar, fotovoltaica), cada qual com suas características e particularidades de uso. O uso de GLP e a eletricidade se destacam pela simplicidade de operação, embora o custo em determinadas situações possa ser inviável.

Na Figura 1 está representada uma operação de aquecimento do ar em condição inicial de 20 °C e 60% de umidade relativa (ponto 1) até 33 °C e 27% (ponto 2). Nessa operação, a razão de mistura permanece em 13 g/kg<sup>-1</sup> de água por kg de ar seco e a entalpia eleva de 53 para 66 kJ/kg<sup>-1</sup> de ar seco, com variação total de 13 kJ/kg<sup>-1</sup>. Essa energia será utilizada para acelerar o processo de evaporação da água e aumentar a taxa de secagem.

A razão máxima de água teórica que o ar de secagem poderia atingir (Figura 1), caso o ar, após passar pela massa de grãos, chegue a 100% de umidade relativa vai de 13 g para 19 g, elevando-se em 6 g, aproximadamente. Antes da operação de aquecimento a capacidade era de 13 g para 15 g, ou seja, 2 g. Com isso, o ganho pelo aquecimento é de 4 gramas de água por kg de ar inserido na massa de grãos.



**Figura 1** Operação de aquecimento do ar de secagem.

**Fonte:** Adaptado de *Mollier Study Association Building Physics and Services* (2016).

Quanto maior o aquecimento menor será a umidade relativa do ar, maior a entalpia e a razão de mistura permanecerá constante. A razão de mistura só será modificada se houver um processo de retirada ou adição de água. Deve-se atentar para os limites práticos de aquecimento, em relação a danos nas sementes e taxa de retirada de água, pois podem

acarretar danos à parte física e, principalmente, fisiológica da semente. A temperatura máxima está relacionada ao modelo de secador, fluxo do ar, umidade da semente, tempo de exposição e temperatura da semente (VILLELA; PESKE, 2003). A temperatura da semente não será necessariamente a mesma do ar de secagem, pois no processo de secagem a vaporização da água é um processo endotérmico e a semente resfria o ar de secagem com a elevação da razão da mistura.

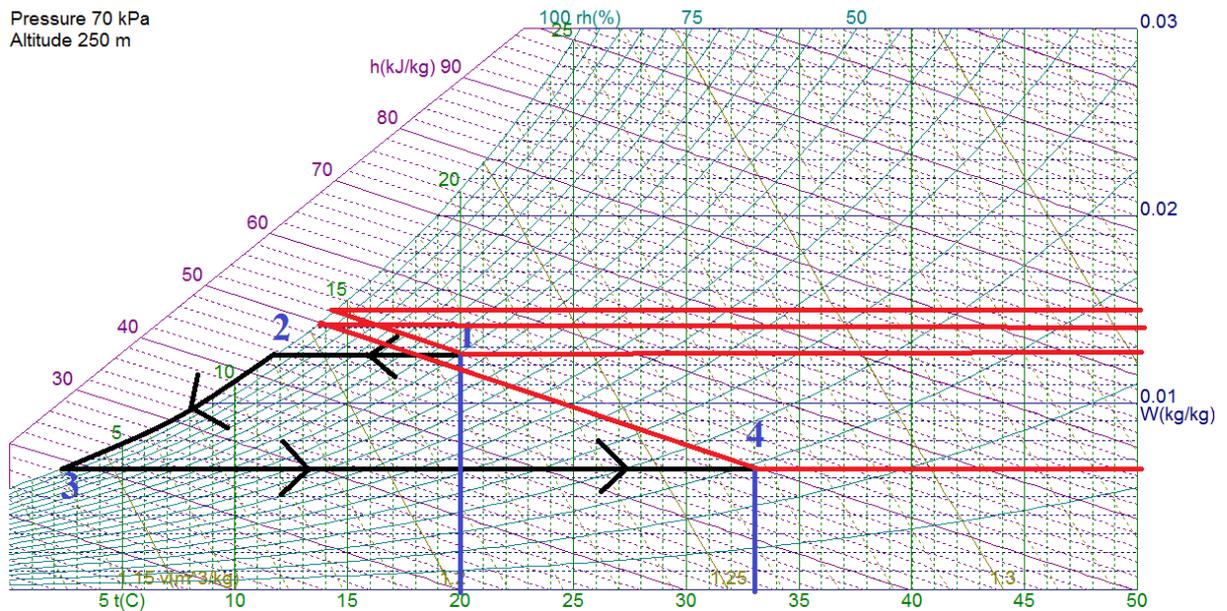
O processo de secagem pode ocorrer de forma natural sem o aquecimento do ar, desde que este esteja com características de secagem (pressão de vapor do ar menor que a pressão de vapor do grão), porém com taxa de secagem menor. Esse processo pode conferir qualidade maior, desde que as condições climáticas favoreçam a secagem em tempo hábil.

Além do aquecimento por efeito Joule, a eletricidade pode ser utilizada para tratamento do ar em bomba de calor, através do ciclo de Carnot no processo de redução da razão de água, denominado ar desumidificado. Com essa operação, é possível injetar ar com menor umidade relativa no secador, amenizando o uso de altas temperaturas para minimizar as injúrias físicas e fisiológicas nas sementes (CHRIST, 1996; PARK et al., 2006; CAMICIA, 2013).

O princípio de funcionamento consiste na refrigeração do ar abaixo do ponto de orvalho para condensar parte da água do ar e posterior aquecimento para reduzir a umidade relativa. Caso comparado o mesmo ponto inicial (temperatura e umidade) com a mesma temperatura de bulbo seco, no processo de ar desumidificado a razão de mistura será menor, ou seja, terá maior capacidade de retirada de água (KRZYZANOWSKI; WEST; FRANCA NETO, 2006).

Avelar et al. (2011) avaliaram a eficiência de secagem de sementes de soja com um sistema similar ao deste estudo em secador de leito fixo e constataram ser possível secar sementes de soja em escala comercial, pois essa técnica apresenta maior potencial de retirada de água e economia de energia.

Quando inserido o desumidificador, a carta psicrométrica apresenta comportamento diferenciado, pois o ar precisa ser resfriado até o ponto de condensação para, a partir disso, perder água. O diagrama da Figura 2 representa as características físicas do ar nesse processo.



**Figura 2** Operação de desumidificação do ar de secagem.

**Fonte:** Adaptado de *Mollier Study Association Building Physics and Services* (2016).

Na carta, observa-se que o ciclo inicia no ponto 01 com 20 °C e 60% de umidade relativa do ar, sendo resfriado até 10,5 °C e umidade de 100% (ponto 02). Do ponto 02 para o ponto 03 ocorre a redução da temperatura, enquanto acontece a condensação parcial da água do ar, pois foi atingido o ponto de orvalho. A temperatura reduziu até 4,5 °C e cedeu ao sistema de refrigeração 6,5 g de água por kg de ar seco, pois, no ponto 01, a razão de mistura era de 13 g e passou, no ponto 03, para 6,5 g. Do ponto 03 para o ponto 04 houve aquecimento do ar e conseqüente redução da umidade relativa. No ponto 04 a temperatura é de 33 °C e 14% de umidade do ar.

A entalpia inicial de 52 kg/kJ<sup>-1</sup> passou para 44 kg/kJ<sup>-1</sup> no ponto 02, 18 kg/kJ<sup>-1</sup> no ponto 03 e 50 kg/kJ<sup>-1</sup> no ponto 4, e variação total de entalpia de 66 kg/kJ<sup>-1</sup>. A razão máxima de água que o ar de secagem, caso atinja 100% de umidade relativa, vai de 6,5 g para 14 g, elevando em 7,5 g, aproximadamente. Antes da operação de aquecimento a capacidade era de 13 g para 15 g, ou seja: 2 g. Com isso o ganho pelo ar desumidificado é de 5,5 gramas de água por kg de ar seco inserido na massa de grãos.

Ao comparar com o mesmo ponto inicial apenas do aquecimento observa-se que o ar com a mesma temperatura de bulbo seco tem ganho de 37,5%, em relação à capacidade retirada de água com o sistema de ar desumidificado. É possível reduzir o aquecimento do sistema de ar desumidificado, como no exemplo anterior, para obter a mesma capacidade de retirada de água do ar após ser refrigerado a 4,5 °C poderia ser aquecido a 12 °C, temperatura excelente para a minimização das injúrias de secagem.

### 3.4 Qualidade física da semente

A qualidade física da semente varia em função da sua pureza e estado físico. Conforme Peske, Rosenthal e Rota (2012), a qualidade das sementes é baseada no grau de pureza física, teor de umidade, nível de danificações mecânicas, peso volumétrico, ângulo de repouso, peso de 1000 grãos e aparência das sementes. Além disso, a qualidade física ou teste de pureza das sementes tem por objetivo avaliar a qualidade física da amostra em exame e, conseqüentemente, do lote de sementes. Entende-se por lote de sementes o volume de sementes que tiveram a mesma origem, com identificação do produtor, classe, nome da espécie e características que a agrupem.

O ângulo de repouso da massa de grãos pode ser definido como o ângulo máximo do talude formado pelos grãos em relação à horizontal e é influenciado pelo teor de água, tamanho, forma, vibração, rugosidade da superfície e tipo, quantidade e forma das impurezas. O ângulo de repouso é importante para a mensuração da capacidade estática dos sistemas de secagem, da capacidade de correias transportadoras e do dimensionamento de moegas, dutos e rampas de descarga de grãos (CENTREINAR, 2009).

O ângulo de repouso pode ter seu valor modificado em função do tratamento das sementes com produtos que elevam a rugosidade do grão, exigindo lubrificante sólido para auxiliar no fluxo das sementes durante o plantio. O ângulo de repouso do milho, a 14% de umidade, é de 27° (CENTREINAR, 2009). Dias et al. (2014) relataram ângulo de repouso de 29,8° e Wei et al. (2017) relataram ângulo de repouso de 27,9°.

O peso de mil grãos estima o volume de sementes para o plantio, pois em função do tamanho e forma esse parâmetro varia significativamente. Vasques et al. (2012) relatam que na classificação por forma (redonda e achatada) e tamanho (16/64", 21/64" e 23/64"), o peso de mil grãos variou de 208 até 397 gramas. Os mesmos autores estudaram a influência do tamanho e forma dos grãos sobre as variáveis produtivas, população, altura de planta, número de grãos por espiga, peso de mil grãos e produtividade e concluíram que o tamanho e forma não influenciaram a produtividade da cultura implantada.

No entanto, a classificação por forma e tamanho é imprescindível para que as máquinas que realizam a semeadura possam distribuir corretamente as sementes, reduzindo o número de sementes duplas e falhas. Quanto mais precisa essa classificação maior o número de classes, maior facilidade de recomendação de discos para o plantio e melhor a plantabilidade do sistema. Conforme Vasques et al. (2012), o peso de mil grãos sem classificação por tamanho variou de 390 a 398 g e Mumbach et al. (2017) relataram valores de 263 a 312 g.

O peso de mil grãos pode reduzir em função da condição de armazenamento (temperatura e umidade), pois, temperaturas e umidade relativa do ar altas provocam

elevação nas taxas de respiração. Paraginski et al. (2015), ao avaliarem o armazenamento de milho em 4 temperaturas (5, 15, 25 e 35 °C) por 5 períodos (0, 3, 6, 9, e 12 meses) com teor de água inicial da semente de milho de 14%, observaram uma redução do peso de mil grãos em temperaturas mais altas e manutenção ou elevação em temperaturas menores, sem controle da umidade relativa do ar. O peso de mil grãos é influenciado pelo teor de água inicial e tempo de armazenamento, seja armazenamento em campo ou armazenamento artificial.

### 3.5 Teor de água

O teor de água é a quantidade de água presente no grão e pode ser definido em base úmida e base seca. Existem diversos métodos e equipamentos que estimam o teor de água, mas o método de referência é o método gravimétrico, o qual através de estufa com recirculação de ar a amostra é exposta a temperatura controlada e tempo pré-definido, de acordo com o tipo de produto (BRASIL, 2009).

Para milho o método mais utilizado em pesquisa é o método da estufa que consiste em submeter à amostra de 4,5 g a temperatura de 105 °C durante 24 horas. A pesagem é realizada antes e após a secagem, sendo que o teor será expresso em base úmida ou base seca, conforme as equações 1 e 2:

$$\% \text{ base seca} = \frac{m_u - m_s}{m_s} * 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ base úmida} = \frac{m_u - m_s}{m_u} * 100 \quad (2)$$

em que:

Base seca = teor de água em base seca (%);

Base úmida = teor de água em base úmida (%);

$m_u$  = massa úmida (g);

$m_s$ : = massa seca (g).

Os teores ideais de umidade para armazenagem são influenciados pela finalidade de uso: grão ou semente. Quando é destinado a grão, esse produto pode ser exposto a condições mais adversas, dependendo do tempo de armazenagem, pois seu valor agregado é menor e não há necessidade de preservar a qualidade fisiológica. Quando se trata de semente é necessário propiciar as melhores condições de secagem, movimentação e armazenagem, pois se trata de uma futura planta de milho.

O teor de umidade pode sofrer variações em função do ambiente, devido ao equilíbrio higroscópico, que é a condição ambiente de temperatura e umidade que o grão apresenta quando não há movimentação de ar ou quando as condições ambientes são muito próximas à condição do grão (CORRÊA; RESENDE; RIBEIRO, 2005). A temperatura e umidade relativa do equilíbrio higroscópico dependem do tipo de grão e do teor de umidade deste.

### **3.6 Armazenamento de sementes**

O armazenamento de sementes busca a manutenção da qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes, minimizando a redução da germinação e vigor (GOETEN; NASCIMENTO; HARTHMANN, 2015), pois a sua elevação não é possível, mesmo sob condições ideais (VILLELA; PESKE, 2003).

O armazenamento em campo é definido como o período entre a maturação fisiológica e a colheita, sendo que a maior qualidade fisiológica das sementes ocorre na maturação fisiológica, ponto inviável para a colheita mecanizada devido ao excesso de umidade. No armazenamento de campo, as condições ambientais não podem ser controladas e a semente pode ser exposta à alta umidade do ar, à chuva, ao calor excessivo, a granizos, geadas, e a outras intempéries, além dos ataques de insetos, pássaros e animais.

As condições climáticas do armazenamento são os fatores primordiais envolvidos na conservação das sementes, em que a temperatura influencia a velocidade dos processos bioquímicos e, quando elevada, pode causar desnaturação de proteínas e perda da integridade de membranas celulares (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O período de armazenamento proposto também se torna importante, pois, quanto mais longo mais preciso deve ser o sistema de armazenagem.

A umidade relativa do ar está relacionada ao teor de água das sementes e busca o equilíbrio com o ambiente (MARCOS FILHO, 2015). Quando a proporção de sementes no ambiente de armazenamento é considerável, a semente tem a capacidade de influenciar a temperatura e umidade da região de armazenamento, fato que não ocorre em ambiente com alta taxa de troca de ar. Altos teores de água contribuem para a elevação da atividade metabólica (respiração das sementes) e temperatura de sementes, favorecendo o desenvolvimento de fungos e reduzindo a germinação e o vigor.

O armazenamento de sementes deve atender a condições especiais, como umidade relativa reduzida, temperatura amena e teor de água do grão menor que 14%, base seca. Capelaro (2014) testou duas condições específicas para semente de milho: armazém

climatizado (10 °C e 60% UR) e armazém convencional não climatizado, sob condições de ambiente normal (25 a 35 °C e 30 a 90% UR), sendo que a semente armazenada em ambiente climatizado apresentou maior qualidade fisiológica.

Paraginski et al. (2015) avaliaram a qualidade de grãos de milho armazenados em temperaturas de 5, 15, 25 e 35 °C, durante 12 meses, quanto à classificação dos grãos, teor de água, peso de mil grãos, percentual de germinação, condutividade elétrica e teor de lipídios, a cada 3 meses, durante um ano de armazenamento. Os grãos foram classificados como Tipo 1 até os 6 meses de armazenamento, porém, após esse período, ocorreu uma redução drástica na qualidade, sendo enquadrados como abaixo do padrão na temperatura de 25 °C. Os resultados de teor de água, peso de mil grãos, germinação e condutividade elétrica indicaram que as maiores alterações foram observadas nos grãos armazenados nas temperaturas mais elevadas, principalmente a 25 e 35 °C. Os resultados demonstraram que o armazenamento deve ser realizado a temperaturas mais amenas.

Heberlee et al. (2019) estudaram o efeito de diferentes ambientes sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho em dois lotes de sementes da cv. 'BR 106', armazenados em três ambientes: câmara fria (12 °C/ 6% UR), ambiente não controlado (média de 21,6 °C/71% UR) e câmara controlada (30±2 °C/70±5% UR). A qualidade fisiológica foi avaliada no início e a cada 90 dias de armazenamento. Os autores verificaram que a qualidade fisiológica foi reduzida ao longo do período de armazenamento, independente dos lotes, com menores reduções nas armazenadas em temperaturas mais baixas.

Lorenzetti (2017) verificou o comportamento de sementes de milho, durante o armazenamento, sob diferentes temperaturas, nas variáveis: grau de umidade, massa de mil sementes, teste de germinação e teste de condutividade elétrica. Temperaturas na faixa de 4 °C de armazenamento favoreceram a germinação das sementes de milho. Temperaturas de armazenamento mais baixas levaram a menores valores de condutividade elétrica, que tiveram acréscimo de acordo com o aumento do período de armazenamento. Assim, concluiu que o armazenamento de sementes de milho em condições de temperatura controlada, proporcionaram melhor conservação nos seis meses de estudo.

Coradi et al. (2015) avaliaram as propriedades físicas e a qualidade físico-química dos grãos de milho após secagem com diferentes temperaturas, armazenamento em ambiente natural e resfriamento artificial, ao longo de seis meses em três temperaturas de secagem (80, 100 e 120 °C), duas condições de armazenamento (refrigerada a 10 °C e em ambiente natural a 23 °C), dois tempos de armazenamento (zero e seis meses com teores iniciais de água de 18% b.u.) e secos em estufa de convecção com ventilação forçada do ar para, em seguida, serem armazenados. Verificaram que o aumento da temperatura do ar de secagem de 80 para 120 °C, associado às condições e ao tempo de armazenamento, foram prejudiciais à qualidade físico-química dos grãos de milho e concluíram que a secagem com

temperatura do ar de 80 °C e o armazenamento com resfriamento artificial de 10 °C mantiveram as propriedades físicas e a qualidade físico-química dos grãos de milho.

### 3.7 Análise fisiológica de sementes

O potencial fisiológico mensurado pela germinação e vigor pode definir o desempenho em campo (BALDIGA TONIN et al., 2014). A avaliação física de sementes remete ao teste de pureza, com referência à aparência do grão quanto a grãos ardidos, chochos, com danos severos por umidade, danos mecânicos e materiais inertes. A avaliação fisiológica remete à capacidade fisiológica de desenvolvimento do embrião e de formação de plantas vigorosas. A última atualização das regras de análise de sementes remete ao ano de 2009 e apresenta poucos testes de vigor, limitados basicamente ao tetrazólio e ao teste de sanidade (BRASIL, 2009).

No ensaio de pureza, é verificada a presença de material inerte, sementes trincadas, mofadas e com potencial germinativo deteriorado. Com as sementes puras são realizados os demais testes, como: condutividade elétrica, peso de mil sementes, tetrazólio, germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado e teste de germinação a campo. No teste de pureza, é determinada a composição percentual por peso e a identidade das diferentes espécies de sementes e do material inerte da amostra e por inferência do lote de sementes.

O teste de germinação busca exprimir o máximo potencial de germinação de um lote de sementes. A germinação mínima para semente de milho no Brasil é de 85% (BRASIL, 2013). O substrato deve ser feito em rolo de papel, a temperaturas de 20 a 30 °C, com a primeira contagem em 4 dias e a contagem final em 7 dias (BRASIL, 2009). O teste de germinação não é conduzido a campo, devido às condições não poderem ser controladas ou reproduzidas.

O peso de mil sementes é utilizado para quantificar o volume de sementes necessário para a semeadura, peso da embalagem com 60 mil sementes (normalmente a semente de milho comercial é disponibilizada por número de sementes por embalagem) e o peso da amostra de trabalho para análise de pureza.

O teste frio é sugerido por Barros et al. (1999) e é utilizado para observar o comportamento das sementes na condição adversa de solo em alta capacidade de campo e com baixas temperaturas, situação mais comum em plantios na primavera, principalmente no sul do Brasil. A capacidade de emergência no frio é influenciada pela herança genética, danos mecânicos, tratamento de sementes e pela qualidade fisiológica da semente.

O princípio básico é a exposição das sementes à baixa temperatura e alta umidade do substrato. Nessas condições a chance de sobrevivência de sementes mais vigorosas é maior. Além do uso do papel de germinação, é possível a utilização de substrato proveniente da junção de areia:solo, na proporção de 1:1, 2:1, 3:1 ou, até mesmo, apenas solo peneirado, com 70% da capacidade de retenção de água ou sem ajuste da umidade do substrato, apenas com furos na parte inferior das caixas de plástico para drenagem do excesso de umidade (BARROS et al., 1999).

A temperatura recomendada para teste de frio sem solo é de 10 °C, com permanência em ambiente refrigerado por sete dias com vedação. A preparação para o teste de frio é a mesma que para o teste de germinação, utilizando o mesmo tipo de substrato e a mesma proporção de água. Após os sete dias, os rolos são conduzidos com as sementes para a câmara de germinação, germinador regulado a 25 °C, durante quatro dias e, em seguida, efetuar a avaliação (BARROS et al., 1999).

A condutividade elétrica através da lixiviação da parede celular embebida em água avalia o nível do processo de deterioração, devido à perda da integridade dos sistemas de membranas celulares. Quanto menor o nível de dano na parede celulares menor a condutividade, indicando sementes com alto vigor e alta condutividade, ou seja, maior quantidade de lixiviado determina baixo vigor (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001).

O teste de envelhecimento acelerado ou deterioração controlada, parte do princípio que temperaturas e umidade elevada potencializam a taxa de deterioração, simulando longo armazenamento e demonstrando diferenças no nível de vigor de lotes de sementes, classificando com vigor mais alto, alto, médio e baixo.

O teste deve ser realizado em câmara de envelhecimento a 42 °C por 96 horas, com elevada umidade e, posteriormente, deve ser realizado o teste de germinação em substrato de papel.

### **3.8 Ozônio**

A adição de um átomo de oxigênio a uma molécula de oxigênio ( $O_2$ ) gera uma molécula instável: o ozônio (oxigênio triatômico –  $O_3$ ) (KIM; YOUSEF; DAVE, 1999). Sob condições normais de temperatura e pressão, o ozônio se apresenta na forma gasosa, tem odor forte e característico, instabilidade elevada e solubilidade parcial em água, com destaque para ação sanitária. Por sua instabilidade, degrada-se rapidamente e volta a gás oxigênio, sem gerar resíduos tóxicos nos produtos submetidos à aplicação. Não gera a necessidade de aeração dos produtos para remoção sanitizante, pois a aeração serve para

fornecer O<sub>2</sub> e a degradação de duas moléculas de ozônio geram três de O<sub>2</sub> (ISIKBER; ATHANASSIOU, 2015).

O ozônio apresenta benefícios pelo uso, como a redução de micotoxinas (KARACA; VELIOGLU, 2007), resíduos de pesticidas (IKEHATA; EL-DIN, 2005), redução de microrganismos em alimentos (SELMA et al., 2008), eficiência na oxidação da matéria orgânica, fungos, vírus, protozoários, bactérias, esporos de bactérias e fungos e elimina pequenos insetos (HASSENBERG et al., 2008; MCDONOUGH et al., 2011; CHEN et al., 2014; EI-DESOUKY et al., 2012; SAHAB et al., 2013; TROMBETE et al., 2016; SOUSA; FARONI; GUEDES, 2017).

No entanto, pode apresentar algumas limitações em seu uso, como reduzir a germinação e o vigor em sementes (MILAGRES, 2014) e não pode ser considerado universalmente benéfico aos alimentos, pois em altas concentrações pode afetar a qualidade nutricional e sensorial, oxidação amídica e lipídica, modificações de proteínas, descoloração grãos ou perda de germinação, modificando cor e sabor nos alimentos submetidos ao tratamento (TIWARI et al., 2010; BHATTARAI et al. 2015; COELHO et al., 2015; GOZÉ et al. 2016).

Violleau et al. (2007), ao avaliarem a aplicação de oxigênio puro ([O<sub>3</sub>] = 0 g m<sup>-3</sup>) e ozônio ([O<sub>3</sub>] = 20 g m<sup>-3</sup>), em três tempos: 6, 8 ou 20,5 minutos, observaram que em relação ao comprimento de plântula e raiz, após 3, 4 e 5 dias do início do processo germinativo, as sementes ozonizadas apresentaram maior desenvolvimento de plântulas, com maior germinação e comprimento maior de raiz. No entanto, um tempo maior de exposição ao ozônio reduziu a taxa de germinação.

No trabalho de Savi et al. (2014), a aplicação de ozônio por até 2 h não influenciou a capacidade de germinação de sementes de trigo e, após aplicarem por 3 horas, houve redução dessa capacidade em 12%. Conforme Zhu (2018), a redução na capacidade de germinação pode ser relacionada à atividade reduzida de enzimas relacionadas e à ruptura da estrutura celular das sementes, devido à oxidação.

SUDHAKAR et al. (2011), ao ozonizarem sementes de tomate, observaram redução no percentual de germinação para concentrações elevadas de ozônio em maiores períodos de exposição. Outros pesquisadores relatam que, ao elevarem a concentração do ozônio ou o período de exposição, ocorrem danos ao produto testado (KIM; YOUSEF; DAVE, 1999;; NOVAK; YUAN, 2007;).

O gás ozônio apresenta alta eficácia em concentrações baixas e necessita pouco tempo de exposição sobre o elemento a ser desinfetado (KIM; YOUSEF; DAVE, 1999; PRESTES, 2007). O uso de ozônio em grãos tem sido estudado por vários autores, com a finalidade de redução da contagem fúngica e controle de micotoxinas.

Uma alternativa ao ozônio é o cloro que realiza a desinfecção de microrganismos de sistemas de enzima intracelular de modo seletivo, enquanto o gás ozônio provoca a

oxidação generalizada de proteínas no interior de células, a fim de causar a morte celular de modo rápido. A morte celular pode ocorrer em função da destruição e danos aos ácidos nucleicos. A base nitrogenada timina é mais sensível ao ozônio do que a citosina ou a uracila (KIM; YOUSEF; DAVE, 1999). No entanto, o cloro é altamente corrosivo e deixa resíduos tóxicos ao meio ambiente. Sistemas de desinfecção que usam cloro necessitam de aeração e uso de reagentes para neutralização do ingrediente ativo após a esterilização do produto (HANSEN; HANSEN; JENSEN, 2013).

A geração de ozônio ocorre pela submissão de oxigênio à descarga elétrica de alta tensão ou por irradiação ultravioleta da luz; o oxigênio pode ser ar natural ou purificado (MAHAPATRA; MUTHUKUMARAPPAN; JULSON, 2005). Na estratosfera, o ozônio se forma pelos raios ultravioleta provenientes do sol, com comprimento de onda menor que 242,5 nm – radiação de maior energia – que reduzem as moléculas de oxigênio em dois átomos de O livre. Após esse processo, um átomo de O se recombina momentaneamente a uma molécula de oxigênio de O<sub>2</sub> de maneira a produzir O<sub>3</sub>, (BONALDO, 2010).

Devido à rápida degradação do ozônio, a geração deve ocorrer próxima ao local de aplicação e não deve ser armazenado, pois se recompõe rapidamente em molécula de oxigênio, o que pode ser vantajoso nos aspectos de transporte e armazenamento de substâncias perigosas. Devido à instabilidade do ozônio, o que impede sua armazenagem, torna-se necessário sua geração no local de uso (KUNZ et al., 1999).

Dentre os processos utilizados para a geração de ozônio, o mais usual é de descarga por efeito corona, presente na maioria dos ozonizadores disponíveis comercialmente, devido à maior relação custo benefício (ALMEIDA et al., 2004). Nesse método, a geração ocorre pela circulação de moléculas de oxigênio entre dois eletrodos com uma diferença de potencial de, aproximadamente, 10.000 V, causando a dissociação do oxigênio e a formação do ozônio em consequência da recombinação em O<sub>3</sub> (BONALDO, 2010).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A.; DURÁN, D. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. **Química Nova**, São Paulo – SP, v. 27, n. 5, p. 818- 824, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR - ABEAS. **Módulo 6: Secagem de Sementes**. 2007, Material didático: Pós graduação *lato sensu* por tutoria a distância. Brasília – DF, 2007.
- AVELAR, S. A. G.; LEVIEN, A. M.; PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; BAUDET, L. Secagem estacionária de sementes de soja com ar desumidificado por resfriamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina – PR, v. 33, n. 3 p. 454 - 462, 2011.
- BALDIGA-TONIN, R. F.; LUCCA-FILHO, O. A.; BAUDET-LABBE, L.M.; ROSSETTO, M. Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, Peru, v. 5, n. 1, p. 7-16, 2014.
- BARROS, A. S. R.; DIAS, M. C. L. L.; CICERO, S. M.; KRZYZANOWSKI, F. C.. Testes de frio. *In*: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 5.1-5.15.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Évora: Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Fitotecnia, 2014.
- BHATTARAI, S.; BOTTENUS, D.; IVORY, C. F.; GAO, A. H.; BULE, M.; GARCIA-PEREZ, M.; CHEN, S. Simulation of the ozone pretreatment of wheat straw. **Biores. Technol.** v. 196, p. 78–87, 2015.
- BONALDO, J. P. **Conversores para alimentação de células geradoras de ozônio**. 2010. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas – SP, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de algodão, ... **Diário Oficial da União**, Brasília - DF, n.183, Seção 1, p. 6, 20 set. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CAMICIA, R. G. M. **Modelagem matemática da secagem do feijão caupi e efeito sobre a qualidade fisiológica das sementes**. 2013. 40 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR, 2013.
- CAPELARO, A. L. **Genetic inheritance and storage potential of corn hybrids seeds**. 2014. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.
- CARVALHO, N. M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p. 356-460.

CENTRO NACIONAL DE TREINAMENTO EM ARMAZENAGEM - CENTREINAR. **Aeração de grãos**. Partes I, II e III. Viçosa, 2009.

CHEN, R.; MA, F.; LI, P. W.; ZHANG, W.; DING, X. X.; ZHANG, Q.; LI, M.; WANG, Y. R.; XU, B. C. Effect of ozone on aflatoxins detoxification and nutritional quality of peanuts. **Food**. v. 146, p. 284–288. 2014.

CHRIST, D. **Curvas de umidade de equilíbrio higroscópico e de secagem da canola (Brassica naous L. var. oleífera), e efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade das sementes**. 1996. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 1996.

COELHO, C. C. S.; SILVA, O. F.; CAMPOS, R. S.; BEZERRA, V. S.; CABRAL, L. M. C. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 19, n. 4, p. 369–375, 2015.

CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; CAMILO, L. J.; ANDRADE, M. G. O; LIMA, R. E. Qualidade de grãos de milho após secagem e armazenamento em ambiente natural e resfriamento artificial. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas – MG, v. 14, n. 3, p. 420-432, 2015.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D. M. Isotermas de sorção das espigas de milho: obtenção e modelagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas – MG, v.4, p.126-134, 2005.

DIAS, V. O.; ALONÇO, A. S.; CARPES, D. P.; VEIT, A. A.; SOUZA, L. B. **Peripheral speed of the plate in seed meters of corn and soybean**. *Ciência Rural*, Santa Maria - RS, v. 44, n. 11, p. 1973-1979, 2014.

EL-DESOUKY, T. A.; SHAROBA, A. M. A.; EL-DESOUKY, A. I.; EL-MANSY, H. A.; NAGUIB, K. Effect of ozone gas on degradation of aflatoxin B1 and aspergillus flavus fungal. **Journal Environment Analytic Toxicol.**, v. 2, n. 1, p. 128, 2012.

FIGUEIRA, E. L. Z.; COELHO, A. R.; ONO, E. Y. S.; HIROOKA, E. Y. Milho: riscos associados à contaminação por *Fusarium verticillioides* e fumonisinas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina - PR, v. 24, n. 2, p. 359-378, 2003.

GOETEN, D.; NASCIMENTO, J.; HARTHMANN, O. E. L. Efeito do teor de umidade das sementes durante o armazenamento na germinação de milho crioulo. *In: MOSTRA NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA INTERDISCIPLINAR*, 8., 2015, Sombrio - SC. **Anais eletrônicos...** Sombrio - SC: IFC, 2015. Disponível em: <<http://eventos.ifc.edu.br/micti/anais-2015/>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2020.

GOZÉ, P.; RHAZI, L.; PAUSS, A.; AUSSENAC, T. Starch characterization after ozone treatment of wheat grains. **J. Cereal Sci.** v. 70, p. 207–213, 2016.

HALL, C. W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport: AVI, 1980.

HANSEN, L. S.; HANSEN, P.; JENSEN, K. M. V. Effect of gaseous ozone for control of stored product pests at low and high temperature. **Journal of Stored Products Research**, v. 54, p. 59-63, 2013.

HASHIM, N.; ONWUDE, D.; RAHAMAN, E. A preliminary Study: Kinetic model of drying process of pumpkins (*Cucurbita Moschata*) in a convective hot air dryer. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, p. 345-352, 2014.

HASSENBERG, K., FROEHLING, A., GEYER, M., SCHLUETER, O., HERPPICH, W.B. Ozonated wash water for inhibition of *Pectobacterium carotovorum* on carrots and the effect on physiological behaviour of produce. **European Journal of Horticultural Science**, v. 73, p. 37-42, 2008.

HEBERLE, E.; ARAUJO, E. F.; LACERDA FILHO, A. F.; CECON, P. R.; ARAUJO, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, Portugal, v. 42, n. 3, p. 657-665, 2019.

IKEHATA, K.; EL-DIN, M. G. Aqueous pesticide degradation by ozonation and ozonebased advanced oxidation processes: a review (Part I). **Ozone Science and Engineering**, v. 3, p. 83-114, 2005.

ISIKBER, A. A.; ATHANASSIOU, C. G. Revisão. O uso de gás ozônio para o controle de insetos e microrganismos em produtos armazenados. **Journal of stored products research**. v. 64, p.139-14, 2015

KARACA, H.; VELIOGLU, Y. S. Aplicações de ozônio no processamento de frutas e legumes. **Food Reviews International**, p. 91-106, 2007.

KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection**. v. 62. n. 9, p. 1071-1087, 1999.

KROKIDA, M. K.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURISA. Drying Kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 59, n. 4, p. 391-403, 2003.

KRZYZANOWSKI, F. C.; WEST, S. H.; FRANCA NETO, J. B. Drying peanut seed using air ambient temperature at low relative humidity. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas - RS, v. 28, n. 3, p. 1-5, 2006.

KUNZ, A.; FREIRE, R. S.; ROHWEDDER, J. J. R.; DURAN, N. Assembly and optimization of a system for ozone utilization in laboratory scale. **Química Nova**, São Paulo – SP, v. 22, n. 3, p. 425-428, 1999.

LOPES, R. P.; SILVA, J. S.; REZENDE, E. C.; Princípios básicos de psicrometria. *In*: SILVA, J. S. (ed.) **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa - MG: UFV - Departamento de Engenharia Agrícola, 2000. p. 39-62. Capítulo 3.

LORENZETTI, E. Comportamento de sementes de milho submetidas a diferentes condições e período de armazenamento. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 6, n. 1, p. 19-29, 2017.

MAHAPATRA, A. K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; JULSON, J. L. Applications of ozone, bacteriocins and irradiation in food processing: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, p. 447-461, 2005.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina - PR: Abrates, 2015. 660 p.

MCDONOUGH, M. X.; CAMPABADAL, C. A.; MANSON, L. J.; MAIER, D. E.; DENVIR, A.; WOLOSHUK, C. P. Ozone application in a modified screw conveyor to treat grain for insect pests, fungal contaminants and mycotoxins. **Journal of Stored Products Research**, p. 249-254, 2011.

MILAGRES, R. L. **Ozônio como fumigante para controle de insetos em produtos armazenados**. 2014. 28 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2014,

MOLLIER, R. **Mollier Study Association Building Physics And Services**. 2016. Disponível em <<http://www.mollier.nl/>>. Acesso em: 1 out. 2016.

MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, E. B.; PORTELA, V. O.; BONFADA, E. B.; KAISER, D. R. Resposta da inoculação com azospirillum brasilense nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba – PR, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

NOVAK, J. S.; YUAN, J. T. C. The ozonation concept: advantages of ozone treatment and commercial developments. *In*: TEWARI, G.; JUNEJA, V. K. (eds.). **Advances in thermal and non-thermal food preservation**. Ames: Blackwell Publishing, 2007, p. 85-193.

PANOBIANCO, M; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agrícola**, Piracicaba - SP, n. 58, p. 525-531, 2001.

PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. Quality of maize grains stored at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, n. 19, p. 358-363, 2015.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Seleção de processos e equipamentos de secagem**. 2006. Disponível em <<http://feagri.unicamp.br/ctea/manuais/selprcequipsec.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2015.

PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. 573 p.

PORTELLA, J. A.; EICHELBERGER, L. **Secagem de grãos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 194 p.

PRESTES, E. B. **Avaliação da eficiência do ozônio como sanitizante em hortaliças folhosas minimamente processadas**. 2007. 120 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2007.

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

QUEIROZ, A. P. L. B.; CARVALHO, C. M. C.; MARTINS, J. M. S.; LITZ, F. H.; FERNANDES, E. A. Composição bromatológica, energia metabolizável e digestibilidade de nitrogênio e extrato etéreo de amostras de milho e sorgo para frangos de corte em diferentes idades. **Veterinária Notícias**, Uberlândia - MG, v. 21, n. 1, p. 30-40, 2015.

RANUM, P.; PEÑA-ROSAS, J. P.; GARCIA-CASAL, M. N. Global maize production, utilization and consumption. **Annals of the New York Academy of Sciences**, n. 1312, p. 105–112, 2014.

REAL, G. S. C. P. C.; COUTO, H. P.; MATOS, M. B.; CHIQUIERI, M. S. A. L.; CHIQUIERI, J. Milho: influência de sua qualidade no setor avícola brasileiro. **Revista Ciências Agroveterinárias**. Lages – SC, n. 12, p. 326-335, 2013.

SAHAB, A.; F.; HASSANIEN, F. R.; EL-NEMR, S. E.; ABDEL-ALIM, H. A.; MOSAAD, A. Effect of ozone gaseous on aflatoxin degradation and fat and protein content in. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 9, p. 2170–2175, 2013.

SAVI, G. D.; PIACENTINI, K. C.; BITTENCOURT, K. O.; SCUSSEL, V. M. Ozone treatment efficiency on *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol degradation and its effects on whole wheat grains (*Triticum aestivum* 51 L.) quality and germination. **Journal of Stored Products Research**, v. 59, p. 245- 253, 2014.

SELMA, M. V.; IBANEZ, A. M.; CANTWELL, M.; SUSLOW T. Reduction by gaseous ozone of *Salmonella* and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. **Food Microbiology**, v. 10, p. 558-565, 2008.

SOUSA, A. H.; FARONI, L. R. A.; GUEDES, R. N. C. Locomotor behavior of *Sitophilus zeamais* populations under sublethal ozone exposure. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 1, p. 239-247, 2017.

SUDHAKAR, N.; NAGENDRA-PRASAD, D.; MOHAN, N.; HILL, B.; GUNASEKARAN, M.; MURUGESAN, K. Assessing influence of ozone in tomato seed dormancy alleviation. **American Journal of Plant Sciences**, v. 2, n. 3, p. 443-448, 2011.

TIWARI, B. K.; BRENNAN, C. S.; CURRAN, T. GALLAGHER, E. CULLEN, P. J.; DONNELL, C. P. O. Application of ozone in grain processing. **Journal of Cereal Science**, v. 51, n. 3, p. 248-255, 2010.

TROMBETE, F.; MINGUITA, A.; PORTO, Y.; FREITAS-SILVA, O.; FREITAS-SÁ, D.; FREITAS, S.; CARVALHO, C.; SALDANHA, T.; FRAGA, M. Chemical, technological, and sensory properties of wheat grains (*Triticum aestivum* L) as affected by gaseous ozonation. **Int. J. Food Prop.** v. 19, p. 2739-2749, 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **U.S. Agricultural Export Opportunities in Brazil**. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/us-agricultural-export-opportunities-brazil>. Acesso em: 20 set. 2019.

VAZQUEZ, G. H.; ARF, O.; SARGI, B. A.; PESSOA, A. C. O. Corn seed size and shape influence on plant growth and grain yield. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 16-24, Jan./Feb. 2012.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKY, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. cap. 4, p. 1-26.

VILLELA, F. A.; PESKE, S. T. Secagem de sementes. In: PESKE, S.; ROSENTHAL, M; ROTA G. (ed.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2003. p. 283-321.

VIOLLEAU, F.; HADJEBBA, K.; ALBET, J.; CAZALIS, R.; SUREL, O. Increase of corn seeds germination by oxygen and ozone treatment. **IOA Conference and Exhibition**, Valencia, Spain - October 29 – 31, 2007.

WEI, H.; ZAN, L.; LI, Y.; WANG, Z.; SAXÉN, H.; YU, Y. Numerical and experimental studies of corn particle properties on the forming of pile. **Power Technology**, n. 321 p. 533–543, 2017.

ZHU, F. Effect of ozone treatment on the quality of grain products. **Food Chemistry**, v. 264, p. 358–366, 2018.

## ARTIGO 1 QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO EM FUNÇÃO DE PROCESSOS DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO<sup>1</sup>

**RESUMO:** O manejo de processos de pós-colheita como secagem e armazenamento afetam a qualidade de sementes de milho. Avaliou-se o efeito de processos de secagem e das condições de armazenamento na qualidade de sementes de milho. O delineamento foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 7 x 2, com sete processos de secagem (natural, lona, espiga, ar ambiente, ar aquecido, ar desumidificado e recirculação) e duas condições de armazenamento (câmara de armazenagem e ambiente não controlado), com quatro repetições. Aos 0, 4, 8 e 12 meses de armazenamento as sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, germinação, teste a frio, teste de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. A germinação não foi influenciada pelos processos de secagem antes do armazenamento. O teor de água nas sementes e o vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado não foram afetados pelos diferentes processos de secagem, independentemente do tempo de armazenamento. Aos 8 e 12 meses de armazenamento maior germinação foi observada na câmara de armazenagem, independentemente do processo de secagem. As sementes apresentaram valores de condutividade elétrica maiores quando armazenadas em ambiente não controlado aos 4, 8 e 12 meses de armazenamento. Maior vigor foi observado a partir do teste de envelhecimento acelerado e teste frio nas sementes armazenadas dentro da câmara aos 4, 8 e 12 meses de armazenamento.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., Germinação, Vigor.

### 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma *commodity* de alto valor econômico no Brasil. A produção de milho na primeira e segunda safras deve atingir 96 milhões de toneladas na safra 2018/19 (Conab, 2018). No entanto, uma série de problemas pode ocorrer e reduzir a produtividade. O uso de sementes de alta qualidade é um dos pré-requisitos fundamentais para se conseguir produtividade elevada na lavoura. O manejo em diferentes processos pós-colheita tem sido estudado, pois pode afetar diretamente a qualidade dos grãos e a longevidade de sementes (Albrecht et al., 2009; Barbosa, Vieira, Martins, & Vieira, 2014). Na fase de pós-colheita dos produtos vegetais, a secagem é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade considerando que a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica (Ullmann, Resende, Sales, & Chaves, 2010).

---

<sup>1</sup> Artigo submetido à revista Semina: Ciências Agrárias, qualis B1.

Vários processos de secagem podem ser usados para secar sementes, mas nenhum tipo de secador é adequado para todas as necessidades de secagem de sementes. Devido aos cuidados que devem ser tomados ao usar qualquer sistema que envolva o movimento de sementes, que pode causar danos mecânicos, os secadores de leito fixo são empregados com maior frequência (Barrozo, Mujumdar, & Freire, 2014). A escolha do método de secagem a que as sementes serão submetidas depende da espécie, da estrutura dos equipamentos disponíveis, do volume de sementes e dos mecanismos que possam reduzir os custos operacionais, diminuir o tempo de secagem e a energia consumida (Oliva, Cavariani, & Biaggioni, 2012). Schuh, Gottardi, Ferrari Filho, Antunes e Dionello (2011) observaram que a secagem de milho safrinha com ar natural pode ser uma excelente alternativa para secagem de grãos por pequenos produtores.

No período pós-colheita, as sementes necessitam de armazenamento em condições adequadas para a manutenção da qualidade até o momento da semeadura. Após a semente atingir a máxima qualidade, há a ocorrência da deterioração, principalmente devido à temperatura e à umidade relativa do ar durante o armazenamento, provocando, assim, uma mudança degenerativa que pode ser minimizada quando as sementes são armazenadas em condições adequadas (Santos, Menezes, & Villela, 2014).

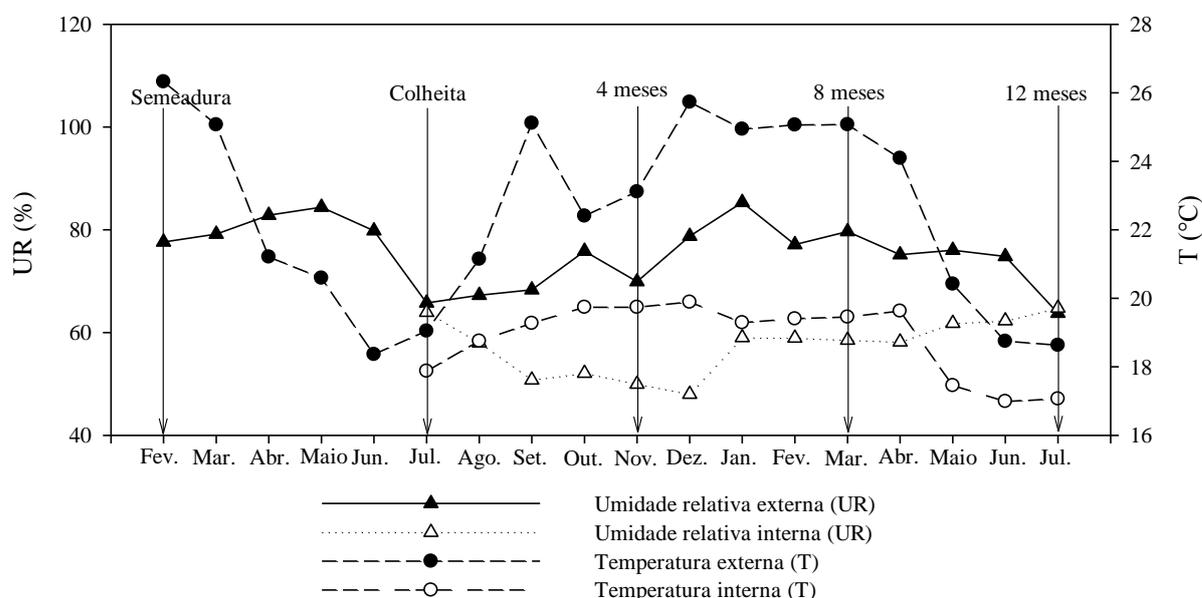
Durante o armazenamento, a interação entre a temperatura e a umidade relativa do ar é fator que afetam a conservação da qualidade das sementes. Em algumas regiões do Brasil, as condições ambientais são adversas para o armazenamento de sementes, em razão de altas temperaturas que podem estar associadas à elevada umidade relativa do ar (Carvalho, Mavaieie, Oliveira, Carvalho, & Vieira, 2014). Redução do potencial fisiológico no armazenamento não controlado foi relatada por Forti, Cicero e Pinto (2010) e Carvalho et al. (2014) para sementes de soja.

As informações a respeito de processos de secagem e armazenamento de grãos de milho são limitadas no Brasil, especialmente no Paraná, segundo maior produtor brasileiro de milho. Por essa razão, são necessários estudos para manter a qualidade dos grãos armazenados. Por esses fatores e devido às elevadas perdas que ocorrem nas etapas de pós-colheita de grãos no Brasil, estabeleceu-se como objetivo para esta pesquisa avaliar o efeito de processos de secagem e condições de armazenamento na conservação da qualidade de sementes de milho.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de milho utilizadas neste experimento foram obtidas de uma propriedade rural, no município de Medianeira - PR (25°17' S, 54°7' W, altitude 378 m).

As sementes de milho do cultivar híbrido AG 9030 Pro 3 foram colhidas manualmente e com colheitadeira de cilindro de barras; foram transportadas para o local de secagem para a retirada de impurezas e seleção por peneiras entre 7 e 11 mm de diâmetro. Na Figura 1 são apresentados os dados de temperatura e umidade relativa do ar durante o cultivo do milho e a temperatura e umidade relativa do ar externa e interna durante o armazenamento.



**Figura 1** Temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR), durante o cultivo e a temperatura do milho e a umidade relativa do ar externo e interno durante os meses de armazenamento.

Foram realizados sete tratamentos de secagem: natural, lona, espiga, ar ambiente, ar aquecido, ar desumidificado e recirculação.

O secador utilizado foi do tipo leito fixo horizontal, com dimensões de 2,2 m de largura, 2,2 m de comprimento, 1,0 m de altura útil. A ventilação foi realizada por motor acoplado diretamente ao rotor centrífugo. Todos os carregamentos do secador foram com 3600 kg de milho com umidade entre 21 e 24% b. s. (base seca).

O tratamento de secagem natural foi constituído por 4 parcelas de milho que permaneceram no campo até as sementes apresentarem umidade menor que 13% b. s.

A secagem em espiga foi realizada mediante despalha manual com umidade de 22% b. s. e secagem em local sombreado e arejado, acondicionadas em camada única com circulação de ar até atingir umidade menor que 13% b. s. e debulhadas com colheitadeira.

A secagem na lona foi composta por sementes com umidade inicial de 22% b. s., espalhadas em camada de cerca de três centímetros de espessura com revolvimento diário até atingir 13% b. s.

A secagem com ar ambiente foi realizada em secador modelo leito fixo, com ventilação forçada, em horários com equilíbrio higroscópico pelo menos 2% menor que a umidade média da massa de grãos, de acordo com a equação de Henderson apresentada por Silva et al. (2008):

$$1 - UR = \exp(-C T (U_e)^n)$$

em que:

UR = umidade relativa, em decimal;

exp = base do logaritmo neperiano = 2,718;

T = temperatura absoluta, K;

$U_e$  = umidade de equilíbrio, % b. s.;

C e n = constantes que dependem do material; para o milho, os valores de C e n são:  $1,98 \times 10^{-5}$  e 1,9, respectivamente.

A secagem com ar ambiente aquecido foi realizada em secador e o aquecimento do ar com gás liquefeito de petróleo, controlado manualmente, de acordo com a temperatura no *plenum*, mantida em  $33 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , abaixo de  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  (Paraginski, Rockenbach, Santos, Elias, & Oliveira, 2015).

A secagem com ar parcialmente desidratado em secador, por bomba de calor marca Consul, modelo CCF30DBBNA, capacidade de refrigeração de  $8,38 \text{ kJ s}^{-1}$ . O condicionador de ar foi adaptado para redução da temperatura do ar abaixo do ponto de orvalho na unidade evaporadora, ocorrendo a condensação parcial da umidade, sendo conduzido posteriormente para a refrigeração do compressor e pelo condensador para a elevação da temperatura. A secagem com ar desumidificado ocorreu pelo ventilador da bomba de calor e pelo ventilador do secador, com restrições de fluxo, a fim de manter as condições de contorno: temperatura do *plenum* menor que  $34 \text{ }^\circ\text{C}$  (Jorge, Carvalho, Von Pinho, & Oliveira, 2005), temperatura da saída do ar desumidificado maior que  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperaturas menores promovem o congelamento da unidade vaporizadora) e temperatura de saída da unidade vaporizadora próxima a  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , temperatura na qual se condensa o maior volume de água pelo sistema. Quando a condição do ar ambiente não se apresentou viável para obter tais condições o sistema foi desligado.

A secagem com recirculação ocorreu da mesma forma que o tratamento de ar desidratado, adicionado de recirculação do ar de secagem, sendo que o ar da exaustão da

massa de grãos era redirecionado ao sistema de desidratação parcial. A circulação do ar ocorreu pelo ventilador da bomba de calor e pelo ventilador do secador, com restrições de fluxo, a fim de obter a máxima condensação de água, sendo que a temperatura externa influenciava nessa condição, devido à grande troca térmica com o meio externo, efeito da área de troca de calor do *plenum* e do sistema de recondução do ar.

Para o monitoramento da umidade da massa de grãos e determinação do final do processo de secagem, foram retiradas amostras a cada 17 cm e homogeneizadas para serem submetidas ao medidor de umidade, realizadas em triplicata.

Foram armazenadas quatro amostras de 10 kg dentro e quatro fora da câmara de armazenamento, em cada tratamento, constituindo as duas formas de armazenamento. Após a secagem, as amostras foram classificadas por ventilação e peneiras e iniciaram o armazenamento. O controle do ambiente foi realizado por equipamento marca Full Gauge, modelo AHC 80 PLUS e pela bomba de calor utilizada no experimento da secagem e a ar desumidificado foi realizado por desumidificador, para a desidratação foi utilizada uma bomba de calor Desidrat, modelo PLUS 150. A condição de armazenamento estabelecida foi temperatura menor que 20 °C e umidade ambiente menor que 60% (Tonin, Lucca Filho, Labbe & Rossetto, 2014).

Aos 4, 8 e 12 meses de armazenamento foi determinado o teor de água nas sementes, aplicado o teste de germinação, o teste a frio, o teste de envelhecimento acelerado, a verificação da condutividade elétrica e o teste de emergência em solo. Para o teste de germinação, foram semeadas em papel germitest previamente umedecido com água destilada em proporção 2,5 vezes maior que a massa do substrato seco. Os papéis foram colocados em germinador com temperatura constante de 25 °C. As avaliações foram realizadas aos sete dias e os resultados foram apresentados em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

O teste de frio foi realizado conforme a metodologia de Barros, Dias, Cícero e Krzyzanowski (1999) e foram utilizadas folhas de papel germitest como substrato, com quatro repetições de 50 sementes, distribuídas uniformemente sobre o papel substrato umedecido com água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco. Em seguida, foram colocados dentro de sacos plásticos e levados ao refrigerador a 10 °C, durante sete dias. Após esse processo, os rolos de papel foram transferidos para um germinador a 25 °C por cinco dias para posterior avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, de acordo com as *Regras para Análise de Sementes* (Brasil, 2009).

O envelhecimento acelerado seguiu a metodologia recomendada pela AOSA (1983) e complementada por Marcos Filho (1999). Quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento foram distribuídas em camada única sobre tela de alumínio fixada no interior do gerbox, funcionando como um compartimento individual. Em cada gerbox, foram adicionados 40 mL de água destilada e colocados em câmara de envelhecimento, regulada

a 42 °C durante 96 h. Após o período de exposição as sementes foram submetidas ao teste de germinação, de acordo com as recomendações das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009).

No teste de condutividade elétrica foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes pesadas em balança de precisão de 0,0001 g, em copos de poliestireno atóxico de volume de 120 mL com tampa, contendo 75 mL de água deionizada, mantidas em câmara de tipo B.O.D. a 25 °C durante 24 h (Vieira & Krzyzanowski, 1999). A condutividade elétrica da solução foi determinada por condutivímetro de bancada, marca TECNAL, modelo TEC - 4MP, calibrado, com eletrodo de constante 1,0, expressando-se os resultados em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

O teste de emergência em campo foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada lote, sendo a semeadura a 1,5 cm de profundidade, em sulcos com 1,0 m de comprimento e 20 cm entre linhas, com umedecimento diário. As contagens foram realizadas do quarto até o décimo dia após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem (Nakagawa, 1999).

Os dados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial  $7 \times 2$  e aplicado o teste de Tukey a 5% ( $P < 0,05$ ) de significância, para cada período de armazenamento, utilizando-se o *software* SISVAR® (Ferreira, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os processos de secagem antes do armazenamento afetaram significativamente ( $P < 0,05$ ) o teor de água, a emergência de plântulas em solo e o vigor avaliado pelo do teste de envelhecimento acelerado e teste a frio. Foi observado maior teor de água na secagem natural (11,88%) na secagem em lona (11,83%), em relação ao processo de ar desumidificado (11,17%) (Tabela 1), porém o ideal de, no máximo, 13% foi mantido durante todo o armazenamento.

A emergência de plântulas em solo foi favorecida pela secagem natural (96,0%) e em espiga (97,0%), em relação ao processo de secagem com recirculação e a secagem em lona (89,4%) (Tabela 1). As secagens natural e em espiga foram favorecidas pelo clima ameno e o baixo índice pluviométrico registrado entre o ponto de maturação fisiológico e a colheita e pela maior qualidade física devido à debulha realizada com baixo teor de água no grão, facilitando a trilha das sementes. O tempo de secagem em lona foi maior, o que

propiciou indicativos de condições de multiplicação de fungos. No tratamento de recirculação houve redução acentuada de umidade relativa do ar de secagem, resultando em maior taxa de secagem e expressiva perda de teor de umidade em pontos percentuais por hora, que promoveu trincas e rupturas no grão (Gunasekaran, Deshpande, Paulsen, & Shove, 1985).

A germinação não foi influenciada pelos diferentes processos de secagem, com valores de germinação que variaram de 94,6 a 97,4% (Tabela 1). Esse resultado pode estar associado à sensibilidade do teste padrão de germinação para identificar a qualidade, por isso um teste de vigor é um índice de qualidade mais adequado (Copelan & McDonald, 2001).

O vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado foi maior em sementes secas em espigas com ar natural (50,0%), em comparação ao processo de ar desumidificado (33,4%) e ar aquecido (33,4%). Já o vigor avaliado pelo teste frio foi maior quando a secagem ocorreu em espigas com ar natural (47,5%), em comparação ao processo de ar ambiente (44,0%) (Tabela 1).

**Tabela 1** Condutividade elétrica (CE), teor de água, emergência no solo (ES), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e teste a frio (TF) em diferentes processos de secagem

Fontes de variação	CE ( $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ )	Teor de água (%)	ES (%)	G (%)	EA (%)	TF (%)
Secagem						
Natural	10.5	11.88 a	96.0 a	97.4	50.0 a	45.5 ab
Espiga	10.1	11.82 ab	97.0 a	97.4	41.0 ab	47.5 a
Lona	10.4	11.83 a	89.4 b	95.2	44.0 ab	44.7 ab
Ar ambiente	9.8	11.60 ab	92.6 ab	96.2	43.5 ab	44.0 b
Ar desumidificado	11.1	11.17 b	92.6 ab	94.6	33.4 b	44.5 ab
Ar aquecido	10.0	11.36 ab	94.4 ab	97.2	33.4 b	44.7 ab
Recirculação	11.1	11.73 ab	89.4 b	96.0	37.0 ab	45.2 ab
Teste F		<i>P</i> -valor				
Secagem	0,0717	0,0104	0,0011	0,3424	0,0193	0,0440
CV (%)	9,6	3,6	4,2	3,0	16,6	2,2

**Nota:** Médias seguidas pelas mesmas letras da coluna não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

Aos 8 e 12 meses de armazenamento a germinação foi influenciada significativamente ( $P < 0,05$ ) pela interação dos fatores processos de secagem e armazenamento (Tabela 2), sendo observados maiores índices de germinação quando do armazenamento dentro da câmara, independentemente do processo de secagem (Figura 2 A e B). Durante o armazenamento, a umidade relativa do ar teve relação direta com o grau de umidade das sementes, enquanto a temperatura influenciou a velocidade dos processos bioquímicos.

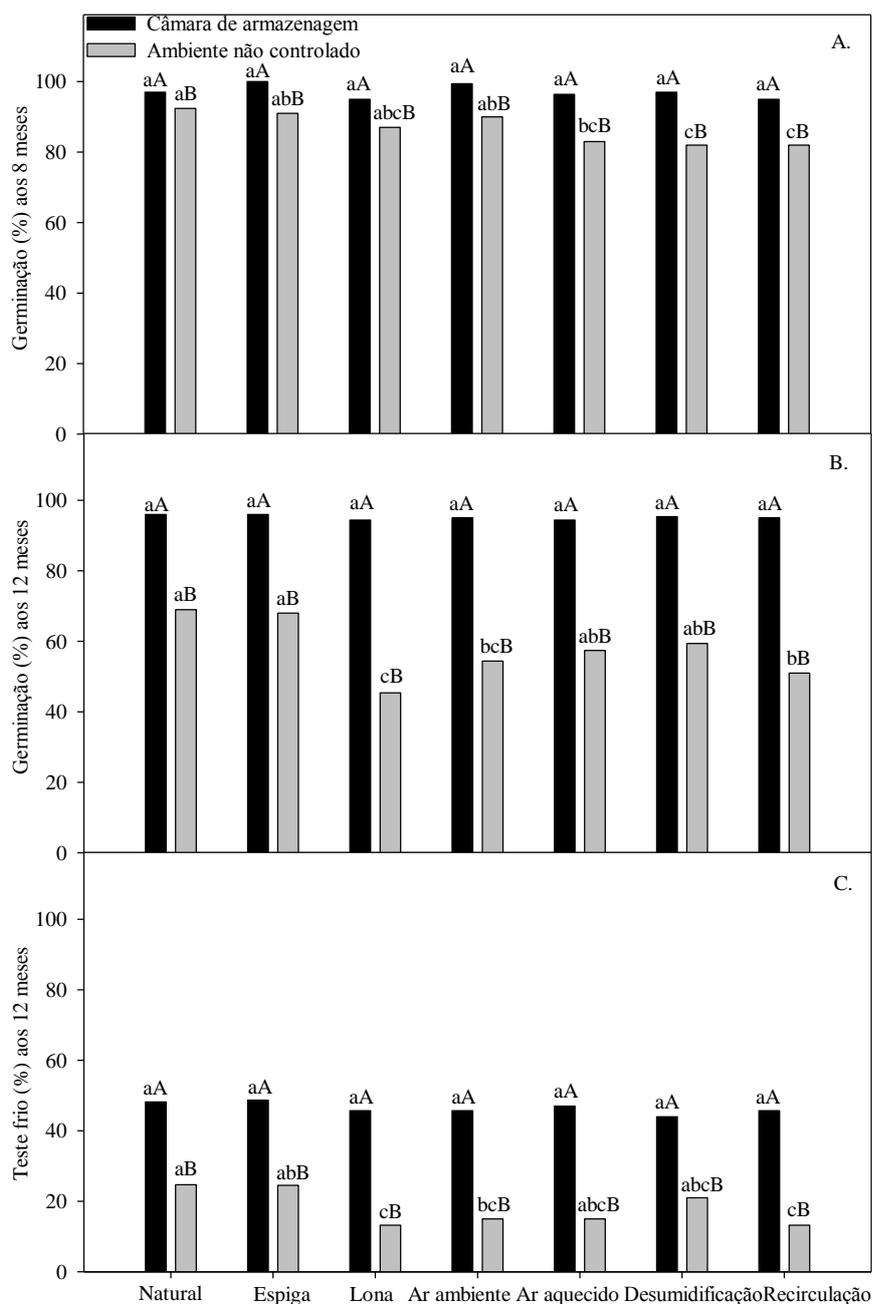
**Tabela 2** Porcentagem de plântulas normais submetidas ao teste de germinação (G) aos 4, 8 e 12 meses e envelhecimento acelerado (EA) aos 4, 8 e 12 meses em diferentes processos de secagem e meses de armazenamento

Fontes de variação	G (%)			EA (%)		
	4 meses	8 meses	12 meses	4 meses	8 meses	12 meses
<b>Secagem</b>						
Natural	98.2	94.6 ab	82.4 a	39.2	25.0	20.4
Espiga	99.0	95.4 a	82.0 a	36.0	21.6	19.6
Lona	96.4	91.0 bc	70.0 b	29.0	17.6	15.2
Ar ambiente	97.4	94.6 ab	75.0 ab	43.0	28.4	22.2
Ar aquecido	99.4	90.6 bc	76.0 ab	40.6	22.0	19.2
Ar desumidificado	96,0	89.4 c	77.4 ab	37.4	22.0	14.6
Recirculação	97.0	89.2 c	70.0 b	41.4	20.2	16.6
<b>Armazenamento</b>						
Câmara	97,6	97,2 a	95,2 a	49,8 a	39,2 a	34,8 a
Ambiente não controlado	97,4	87,2 b	57,0 b	26,2 b	5,5 b	1,6 b
<b>Teste F</b>						
	P-valor					
Secagem (A)	0,0633	<0,000	0,0038	0,0743	0,2440	0,1332
Armazenamento (B)	0,7059	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000
A x B	0,4586	0,0218	0,0124	0,2121	0,1868	0,1235
CV (%)	2,1	3,1	9,5	23,9	36,8	32,6

**Nota:** Médias seguidas pelas mesmas letras da coluna não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

Verifica-se que as melhores condições para manutenção da qualidade de sementes ortodoxas são a baixa umidade relativa do ar e a baixa temperatura. Nessas condições, o embrião mantém menor atividade metabólica (Carvalho & Nakagawa, 2012). Silva (2008) relata que há um incremento na taxa respiratória proporcional ao aumento da temperatura, que fica na dependência do teor de água das sementes. Com o teor de água superior a 14% b.u., a respiração aumenta rapidamente na maioria dos cereais, ocasionando sua deterioração.

Aos 12 meses de armazenamento, maiores taxas de germinação foram observadas nos processos de secagem natural (69,0%) e na espiga (68,0%), em relação aos processos de recirculação (51,0%) e secagem na lona (45,4%) (Figura 2B). A secagem natural e em espiga proporcionaram menor taxa de perda de água e facilidade na trilha, o que reduziu microfissuras e danos latentes à semente. A secagem natural foi beneficiada devido ao fato do híbrido de milho ter invertido a posição da espiga, fazendo com que não entrasse água da chuva na espiga, e pela temperatura amena (20 °C) no período pós-maturação fisiológica. Por outro lado, na secagem em lona não ocorreu circulação suficiente de ar na massa de grãos, o que resultou em danos por fungos, fato que não ocorreu nos demais processos de secagem.



**Figura 2** Germinação aos 8 meses de armazenamento (A), aos 12 meses de armazenamento (B) e teste a frio aos 12 meses de armazenamento (C).

**Notas:** Os valores seguidos por uma letra minúscula diferente são diferenças significativas entre os processos de secagem na mesma condição de armazenamento.

Os valores seguidos por uma letra maiúscula diferente são diferenças significativas entre condições de armazenamento sob o mesmo processo de secagem (teste de Tukey,  $P < 0,05$ ).

O vigor avaliado pelo do teste de envelhecimento acelerado não foi afetado significativamente ( $P < 0,05$ ) pelos processos de secagem e pela sua interação com o tipo de armazenamento aos 4, 8 e 12 meses (Tabela 2). No entanto, maior vigor foi verificado nas sementes de milho armazenadas dentro da câmara, independentemente do tempo de armazenamento (Tabela 2). O controle de umidade e temperatura no interior da câmara de armazenamento foi instrumento capaz de diminuir a perda de vigor das sementes de milho.

A redução da umidade relativa do ar intergranular das sementes e a temperatura diminuíram a taxa de respiração das sementes.

Os processos de secagem não tiveram efeitos significativamente ( $P < 0,05$ ) sobre o teor de água nas sementes, bem como a sua interação com tipo de armazenamento nos tempos de 4, 8 e 12 meses (Tabela 2). No entanto, maior teor de água foi observado nas sementes armazenadas fora da câmara, independentemente do período (Tabela 2).

Os processos de secagem e o tipo de armazenamento proporcionaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) nos valores do teste de vigor avaliado pela condutividade elétrica aos 4 e 8 meses de armazenamento (Tabela 3). Aos 4 meses os valores de condutividade elétrica foram maiores quando a secagem ocorreu em lona ( $11,9 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ), em relação à secagem natural na espiga ( $10,3 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) e à secagem com ar aquecido ( $10,5 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ). Aos 8 meses os valores de condutividade elétrica foram maiores quando a secagem ocorreu em lona ( $14,3 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ), em relação à secagem natural na espiga ( $12,4 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ). Os valores de condutividade elétrica foram maiores quando a semente foi armazenada fora da câmara aos 4, 8 e 12 meses. Aos 12 meses os valores de condutividade elétrica foram semelhantes em relação aos processos de secagem (Tabela 3).

O valor da condutividade elétrica da solução de embebição da semente é função direta da quantidade de lixiviados no exsudato do teste, a qual está diretamente relacionada com a integridade das membranas celulares. Assim, quanto maior o valor de condutividade elétrica menor é o vigor das sementes, pois a maior quantidade de lixiviados no exsudato do teste de condutividade elétrica ocorre em função das perdas da integridade das membranas celulares, células danificadas, membranas mal estruturadas, perda de constituintes celulares, com menor capacidade reparação aos danos causados à semente, além de uma lentidão na reestruturação das membranas durante a embebição (Dutra & Vieira, 2009).

A interação entre os fatores processos de secagem e tipo armazenamento aos 12 meses proporcionou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) nos valores do teste frio (Tabela 3). A porcentagem de plantas normais de acordo com o teste frio foi maior quando as sementes foram armazenadas dentro da câmara, independentemente do processo de secagem. Nas sementes armazenadas fora da câmara a maior porcentagem de plantas normais foi verificada quando ocorreu a secagem natural na espiga (24,7%), em comparação à secagem com recirculação (13,2%), secagem em lona (13,2%) e secagem em ar ambiente (15,0%) (Figura 2C).

**Tabela 3** Teor de água aos 4, 8 e 12 meses, condutividade elétrica (CE) aos 4, 8 e 12 meses e teste a frio (TF) aos 12 meses, em diferentes processos de secagem e tempo de armazenamento

Fontes de variação	Teor de água (%)			CE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )			TF (%)
	4 meses	8 meses	12 meses	4 meses	8 meses	12 meses	12 meses
<b>Secagem</b>							
Natural	12.6	13.5	12.9	10.3 b	12.4 b	15.3	36.3 a
Espiga	12.7	13.0	12.5	11.5 ab	14.2 ab	15.1	36.7 a
Lona	12.9	13.4	12.7	11.9 a	14.3 a	15.6	29.5 b
Ar ambiente	12.5	13.1	12.6	11.0 ab	14.0 ab	15.0	30.3 ab
Ar aquecido	12.7	13.3	12.5	10.5 b	14.1 ab	15.3	33.5 ab
Ar desumidificado	12.7	13.3	12.7	10.9 ab	14.1 ab	15.6	32.5 ab
Recirculação	12.6	13.4	12.9	11.5 ab	12.9 ab	15.2	29.5 b
<b>Armazenamento</b>							
Câmara	12,1 b	13,0 b	12,1 b	10,5 b	10,8 b	12,6 b	46,4 a
Ambiente não controlado	13,2 a	13,5 a	13,2 a	11,8 a	16,3 a	18,0 a	18,8 b
<b>ANOVA</b>							
	<b>P-valor</b>						
Secagem (A)	0,8216	0,7210	0,1350	0,0052	0,0201	0,9574	0,0020
Armazenamento (B)	<0,000	0,0011	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000
A x B	0,9457	0,2468	0,0772	0,8837	0,4335	0,2374	0,0373
CV (%)	3,4	4,2	2,6	7,7	8,9	7,2	12,9

**Nota:** Médias seguidas pelas mesmas letras da coluna não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

## 4 CONCLUSÕES

Considerando as condições do experimento e os objetivos estabelecidos, concluiu-se que:

- As sementes de milho mantiveram maiores porcentagens de germinação e vigor sob condições de stress, quando armazenadas por até 12 meses em câmaras de armazenamento, independente do processo de secagem.
- O maior vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado e o teste frio foi verificado quando as sementes foram armazenadas em câmaras, nos tempos de 4, 8 e 12 meses de armazenamento.

## REFERÊNCIAS

- Albrecht, L. P., Braccini, A. D. L., Ávila, M. R., Scapim, C. A., Barbosa, M. C., & Stülp, M. (2009). Sementes de soja produzidas em épocas de safrinha na região oeste do Estado do Paraná. *Acta Scientiarum Agronomy*, 31(1), 121-127. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i1.6638>.
- Association of Official Seed Analysts [AOSA]. 1983. *Seed vigor testing handbook*. AOSA, Ithaca, NY, USA. (Contribution to the Handbook on Seed Testing, 32).
- Barbosa, R. M., Vieira, B. G. T. L., Martins, C. C., & Vieira, R. D. (2014). Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim durante o processo de produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(12), 977-985. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014001200008>.
- Barros, A. S. R., Dias, M. C. L. L., Cícero, S. M., & Krzyzanowski, F. C. (1999). Teste de frio. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES.
- Barrozo, M. A. S., Mujumdar, A., & Freire, J. T. (2014). Air-drying of seeds: A review. *Drying Technology*, 32(10), 1127-1141. <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.915220>.
- Brasil. (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: MAPA.
- Carvalho, E. R., Mavaieie, D. P. R., Oliveira, J. A., Carvalho, M. V., & Vieira, A. R. (2014). Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(12), 967-976. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001200007>.
- Carvalho, N. M., & Nakagawa, J. (2012). *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5. ed. Jaboticabal: Funep.
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. *Boletim da safra de grãos: 11º Levantamento - Safra 2018/19*. [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/27966\\_1f92dcec49263fdf5a762b2d25549cce](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/27966_1f92dcec49263fdf5a762b2d25549cce) . Acesso em: 8 ago. 2019.
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (1995). *Principle of seed science and technology*. New York: Academic Publishers.
- Dutra, A. S., & Vieira, R. D. (2006). Teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de abobrinha. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(2), 117-122. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101312222006000200015>.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- Forti, V. A., Cicero, S. M., & Pinto, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por 'umidade' e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento,

utilizando imagens de raio X e testes de potencial fisiológico. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(3), 123-133. <http://dx.doi.org/10.1590/S010131222010000300014>.

Gunasekaran, S., Deshpande, S. S., Paulsen, M. R., & Shove, G. C. (1985). Size characterization of the stress cracks in the kernel. *Transactions of the ASAE*, 28(5), 1668-1672.

Jorge, M. H. A., Carvalho, M. L. M., Von Pinho, E. V. R., & Oliveira, J. A. (2005). Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de milho colhidas e secas em espiga. *Bragantia*, 64(4), 679-686, <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000400018>.

Marcos Filho, J. (1999). Testes de vigor: Importância e utilização. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França NETO, J.B. (Ed.) *Vigor de sementes: Conceitos e testes* (pp.1-21). Londrina: Abrates.

Nakagawa, J. (1999). Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes* (pp. 2.1-2.24). Londrina: Abrates.

Oliva, A.C.E.D., Cavariani, C., & Biaggioni, M. A. M. (2012). Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. *Revista Energia na Agricultura*, 27(3), 16-30. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2012v27n3p16-30>.

Paraginski, R. T., Rockenbach, B. A., Santos, R. F., Elias, M. C., & Oliveira, M. (2015). Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, 19(4), 358-363. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p358-363>.

Santos, C. M. R., Menezes, N. L., & Villela, F. A. (2004). Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. *Revista Brasileira de Sementes*, 26(1), 110-119. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222004000100017>.

Schuh, G., Gottardi, R., Ferrari Filho, E., Antunes, L. E. G., & Dionello, R.G. E. (2011). Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(1), 235-244. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n1p235>.

Silva, J. S. E. (2008). *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas*. Viçosa: Aprenda Fácil.

Tonin, R. F. B., Lucca Filho, O. A., Labbe, L.M.B., & Rossetto, M. (2014). Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. *Scientia Agropecuaria*, 5(1), 7-16.

Ullmann, R., Resende, O., Sales, J. D. F., & Chaves, T. H. (2010). Seed quality of jatropha under different drying air conditions. *Revista Ciência Agronômica*, 41(3), 442-447. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902010000300017>.

Vieira, R. D., Krzyzanowski F, C. (1999). Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F.C., Vieira, R. D., França Neto, J. B. (eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. cap. 4. p. 1-26.

## ARTIGO 2 EFEITOS DA APLICAÇÃO DE OZÔNIO APÓS O PROCESSO DE SECAGEM NA QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO<sup>2</sup>

**RESUMO:** O manejo de processos de pós-colheita como secagem e aplicação de ozônio podem afetar a qualidade de sementes de milho durante o armazenamento. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de processos de secagem e da aplicação de ozônio na qualidade de sementes de milho armazenadas por 4, 8 e 12 meses. O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 7 × 2, com sete processos de secagem (natural, lona, secagem em espiga, ar ambiente, ar aquecido, ar desumidificado e recirculação) e aplicação de ozônio (com e sem aplicação), com quatro repetições. A germinação foi influenciada pelos processos de secagem aos 8 e 12 meses após o armazenamento, com destaque para os processos de secagem na natural e na espiga. Aos 4, 8 e 12 meses de armazenamento, a aplicação de ozônio foi benéfica para o vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado. A aplicação de ozônio proporcionou menor perda de vigor avaliado pelo teste frio aos 12 meses de armazenamento. A aplicação de ozônio se mostrou uma tecnologia importante e pode fornecer informações úteis para manter a qualidade fisiológica de sementes de milho durante o armazenamento.

**Palavras-chave:** Germinação. Vigor. *Zea mays* L.

### 1 INTRODUÇÃO

O uso de sementes de alta qualidade é essencial para uma produtividade elevada de milho, sendo um estande uniforme e a boa distribuição de plantas essenciais. No entanto, condições inadequadas de processos de pós-colheita podem afetar diretamente a qualidade das sementes (Albrecht et al., 2009, Barbosa et al., 2014). Na fase pós-colheita, a secagem é o processo mais utilizado para assegurar a qualidade e estabilidade, sendo que a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica (Ullmann et al., 2010).

Vários processos de secagem podem ser usados em sementes, mas nenhum tipo de secador é adequado para todas as necessidades da secagem de sementes. A secagem artificial, apesar das vantagens, tem sido causa de danos, com redução na qualidade fisiológica das sementes (Roveri José et al., 2005). Devido aos cuidados que devem ser

---

<sup>2</sup> Artigo submetido à revista *Journal of Cereal Science*, qualis A1.

tomados, ao usar qualquer sistema que envolva o movimento de sementes, geralmente, são empregados os secadores de leito fixo (Barrozo et al., 2014). A escolha do método de secagem a que as sementes serão submetidas depende da espécie, da estrutura e dos equipamentos disponíveis, do volume de sementes e de mecanismos que possam reduzir os custos operacionais, diminuir o tempo de secagem e a energia consumida (Oliva et al., 2012). A secagem natural, por exemplo, pode ser uma excelente alternativa para secagem de grãos de milho por pequenos produtores (Schuh et al., 2011).

No entanto, a secagem em si não garante a manutenção da qualidade durante longos períodos de armazenamento, sendo ainda propensa a fatores de deterioração como oxidação ou contaminação microbiológica (Granella et al., 2019). Para manter a qualidade dos grãos e cereais adquiridos nas etapas pós-colheita, alguns fatores bióticos e abióticos devem ser considerados (Granella et al., 2018). Muitos métodos foram testados para elevar os níveis de contaminação a níveis seguros com o uso de tecnologias e equipamentos de desintoxicação (Tripathi e Mishra, 2011). Um desses métodos é a aplicação de gás ozônio ( $O_3$ ) em produtos agrícolas, uma técnica de oxidação para a higienização de contaminantes de grãos pós-colheita (Chen et al., 2014; Trombete et al., 2016).

A aplicação de ozônio é umas das novas tendências para descontaminação de produtos na pós-colheita, devido à segurança, em comparação a produtos perigosos que podem deixar resíduos perigosos (Tiwari et al., 2010, Wakil et al., 2013). O uso de pequenas porções de ozônio ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ; 15 min de exposição) foi suficiente para acelerar o processo de secagem, sem a necessidade de aumentar a temperatura do ar de secagem, garantindo a manutenção das características químicas durante as etapas pós-colheita e diminuindo os danos nos grãos de trigo que o uso de altas temperaturas pode causar (Granella et al., 2019). Assim, o ozônio é uma opção que pode ser útil no armazenamento de sementes de milho (Branco et al., 2013). No entanto, o uso do ozônio também pode prejudicar a qualidade das sementes, promovendo a degradação oxidativa dos nutrientes (Bhattarai et al., 2015, Gozé et al., 2016) e afetar algumas propriedades térmicas durante a secagem, por seu efeito na superfície do produto.

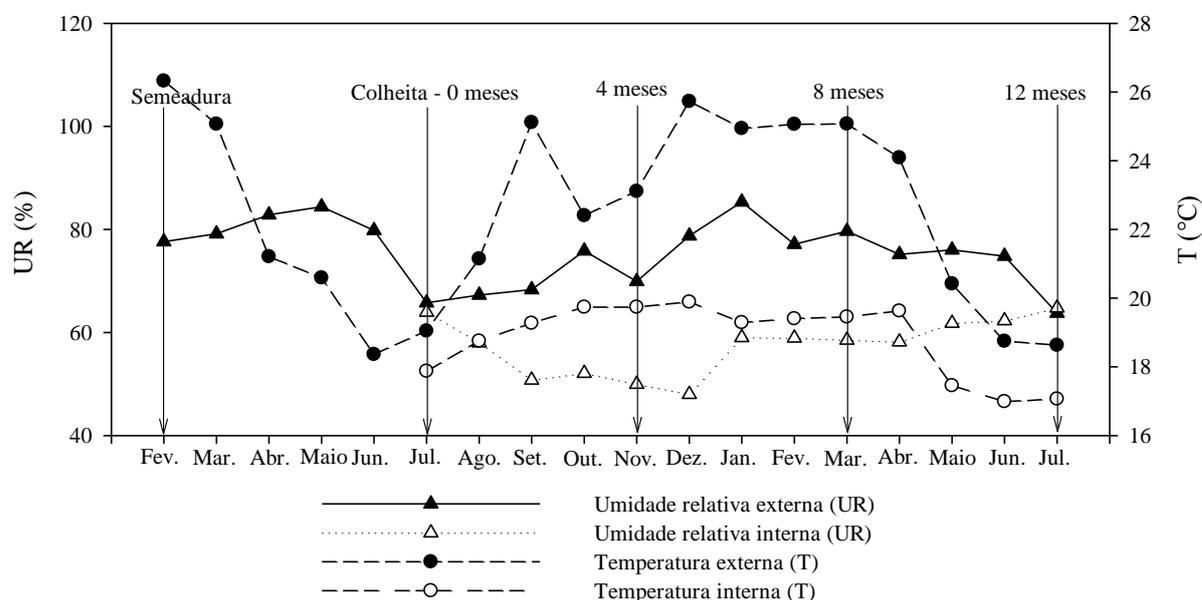
Considerando a ozonização como uma alternativa para estabilizar a qualidade dos produtos agrícolas, o efeito desse processo em função de diferentes processos de secagem e armazenamento deve ser avaliado. Durante o armazenamento, a interação entre a temperatura e a umidade relativa do ar são fatores que afetam a conservação da qualidade das sementes. Em algumas regiões do Brasil, as condições ambientais são adversas para o armazenamento de sementes, em razão de altas temperaturas que podem estar associadas à elevada umidade relativa do ar (Carvalho et al., 2014). Por esses fatores e devido às perdas elevadas que ocorrem nas etapas de pós-colheita de grãos no Brasil, este estudo

teve como objetivo avaliar o efeito de processos de secagem e aplicação de ozônio na qualidade de sementes de milho.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de milho utilizadas no experimento foram provenientes de uma propriedade rural, no município de Medianeira - PR (25°17' S, 54°7' W, altitude 378 m).

As sementes de milho do cultivar híbrido AG 9030 Pro 3 foram colhidas manualmente e com uma colheitadeira de cilindro de barras e transportadas para o local de secagem para a retirada de impurezas e seleção por peneiras entre 7 e 11 mm de diâmetro. Na Figura 1 são apresentados os dados de temperatura e umidade relativa do ar durante o cultivo do milho e a temperatura e umidade relativa do ar externa e interna, durante o armazenamento.



**Figura 1** Temperatura (T) e umidade relativa (UR) do ar durante o cultivo de milho (semeadura-colheita) e temperatura e umidade relativa do ar externo e interno durante os meses de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses).

Foram realizados sete tratamentos de secagem: natural, lona, espiga, ar ambiente, ar aquecido, ar desumidificado e recirculação.

O secador utilizado foi do tipo leito fixo horizontal, com dimensões de 2,2 m de largura, 2,2 m de comprimento, 1,0 m de altura útil. A ventilação foi realizada por motor acoplado diretamente ao rotor centrífugo. Todos os carregamentos do secador foram com 3600 kg de milho com umidade entre 21 e 24% b. s.

O tratamento de secagem natural foi constituído por 4 parcelas de milho que permaneceram no campo até as sementes apresentarem umidade menor que 13% b. s.

A secagem em espiga foi realizada mediante despalha manual com umidade de 22% b. s. e secagem em local sombreado e arejado, acondicionadas em camada única com circulação de ar até atingir umidade menor que 13% b. s. e debulhadas com colheitadeira.

A secagem na lona foi composta por sementes com umidade inicial de 22% b. s., espalhadas em camada de cerca de três centímetros de espessura com revolvimento diário até atingir 13% b. s.

A secagem com ar ambiente foi realizada em secador modelo leito fixo, com ventilação forçada, em horários com equilíbrio higroscópico pelo menos 2% menor que a umidade média da massa de grãos, de acordo com a equação de Henderson apresentada por Silva et al. (2008):

$$1 - UR = \exp(-C T (U_e)^n)$$

em que:

UR = Umidade relativa, em decimal;

exp = base do logaritmo neperiano, 2,718;

T = temperatura absoluta, K;

$U_e$  = umidade de equilíbrio, % b. s.;

C e n = constantes que dependem do material; para o milho, os valores de C e n são:  $1,98 \times 10^{-5}$  e 1,9, respectivamente. Até a massa de grãos apresentar umidade média menor que 13% b. s.

A secagem com ar ambiente aquecido foi realizada em secador e o aquecimento do ar com gás liquefeito de petróleo, controlado manualmente, de acordo com a temperatura no *plenum*, mantida em  $33 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ , abaixo de  $35 \text{ °C}$  (Paraginski et al., 2015).

A secagem com ar parcialmente desidratado em secador, por bomba de calor marca Consul, modelo CCF30DBBNA, capacidade de refrigeração de  $8,38 \text{ kJ s}^{-1}$ . O condicionador de ar foi adaptado para redução da temperatura do ar abaixo do ponto de orvalho na unidade evaporadora, ocorrendo a condensação parcial da umidade, sendo conduzido posteriormente para a refrigeração do compressor e pelo condensador para a elevação da temperatura. A secagem com ar desumidificado ocorreu pelo ventilador da bomba de calor e pelo ventilador do secador, com restrições de fluxo, a fim de manter as condições de contorno: temperatura do *plenum* menor que  $34 \text{ °C}$  (Jorge et al., 2005), temperatura da

saída do ar desumidificado maior que 8 °C (temperaturas menores promovem o congelamento da unidade vaporizadora) e temperatura de saída da unidade vaporizadora próxima a 10 °C, temperatura na qual se condensa o maior volume de água pelo sistema. Quando a condição do ar ambiente não se apresentava viável para obter tais condições o sistema foi desligado.

A secagem com recirculação ocorreu da mesma forma que o tratamento de ar desidratado, adicionado de recirculação do ar de secagem, sendo que o ar da exaustão da massa de grãos era redirecionado ao sistema de desidratação parcial. A circulação do ar ocorreu pelo ventilador da bomba de calor e pelo ventilador do secador, com restrições de fluxo, a fim de obter a máxima condensação de água, sendo que a temperatura externa influenciava nessa condição, devido à grande troca térmica com o meio externo, efeito da área de troca de calor do *plenum* e do sistema de recondução do ar.

Para o monitoramento da umidade da massa de grãos para determinar o final do processo de secagem foram retiradas amostras a cada 17 cm homogêneas para submeter ao medidor de umidade, realizadas em triplicata.

Após a secagem, as sementes foram submetidas a dois tratamentos: com e sem aplicação de ozônio. O ozônio foi obtido com gerador da marca Ozônio Line, com produção de 2000 mg h<sup>-1</sup>, aplicado durante trinta minutos à temperatura de 28 °C. Para essa aplicação foi reduzido o fluxo de ar no secador e inserido o ozônio na entrada do soprador. Não foi determinada a concentração.

Aos 4, 8 e 12 meses de armazenamento foi determinado o teor de água nas sementes, teste de germinação, teste a frio, teste de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e teste de emergência em solo. Para o teste de germinação, foram semeadas em papel germitest, previamente umedecido com água destilada em proporção 2,5 vezes maior que a massa do substrato seco. Esses papéis foram colocados em germinador com temperatura constante de 25 °C. As avaliações foram realizadas em sete dias e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

O teste de frio foi realizado conforme a metodologia de Barros et al. (1999). Foram utilizadas folhas de papel germitest como substrato, com quatro repetições de 50 sementes, distribuídas uniformemente sobre o papel substrato umedecido com água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco. Em seguida, foram colocados dentro de sacos plásticos e levados ao refrigerador a 10 °C, durante sete dias. Após esse processo, os rolos de papel foram transferidos para um germinador a 25 °C por cinco dias para posterior avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, de acordo com as *Regras para Análise de Sementes* (Brasil, 2009).

O envelhecimento acelerado seguiu a metodologia recomendada pela AOSA (1983) e complementada por Marcos Filho (1999). Quatro repetições de 50 sementes para cada

tratamento foram distribuídas em camada única sobre tela de alumínio fixada no interior do gerbox, funcionando como um compartimento individual. Em cada gerbox, foram adicionados 40 mL de água destilada e colocados em câmara de envelhecimento, regulada a 42 °C durante 96 h. Após o período de exposição as sementes foram submetidas ao teste de germinação, de acordo com as recomendações das *Regras para Análise de Sementes* (Brasil, 2009).

No teste de condutividade elétrica foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes pesadas em balança de precisão de 0,0001 g, em copos de poliestireno atóxico de volume de 120 mL com tampa, contendo 75 mL de água deionizada, e mantidas em câmara de tipo B.O.D. a 25 °C durante 24 h (Vieira e Krzyzanowski, 1999). A condutividade elétrica da solução foi determinada por condutímetro de bancada, marca TECNAL, modelo TEC - 4MP, calibrado, com eletrodo de constante 1,0, expressando-se os resultados em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

O teste de emergência em campo foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada lote, sendo a semeadura a 1,5 cm de profundidade, em sulcos com 1,0 m de comprimento e 20 cm entre linhas, com umedecimento diário. As contagens foram realizadas do quarto até o décimo dia após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem (Nakagawa, 1999).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e transformados quando necessário. Em seguida, foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial 7 x2, a 5%(P<0,05) de significância pelo teste de Tukey, utilizando-se o *software* SISVAR® (Ferreira, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas sementes com 8 e 12 meses de armazenamento, observou-se que a germinação foi afetada pelos processos de secagem ( $p<0.05$ ). Aos 8 meses de armazenamento os processos de secagem natural e espiga proporcionaram maiores índices de germinação em relação aos processos de ar desumidificado e recirculação de ar. Aos 12 meses de armazenamento os processos de secagem natural e na espiga proporcionaram germinação superior, em relação à secagem em lona e com recirculação do ar (Tabela 1).

**Tabela 1** Porcentagem de plântulas normais submetidas à germinação aos 0, 4, 8 e 12 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento

Fontes de variação	Germinação (%)			
	0 meses	4 meses	8 meses	12 meses
<b>Secagem</b>				
Natural	96,7	98,0	91,7 a	70,7 a
Espiga	98,2	97,5	91,0 a	70,7 a
Lona	96,5	96,7	86,7 ab	51,5 b
Ar ambiente	96,1	97,5	88,5 ab	57,2 ab
Ar aquecido	96,3	97,5	87,7 ab	58,2 ab
Ar desumidificado	94,3	96,7	83,5 b	57,5 ab
Recirculação	96,2	96,2	83,7 b	45,7 b
<b>Ozônio</b>				
Com	96,3	96,7	87,9	60,4
Sem	96,3	97,4	87,2	57,0
<b>Teste F</b>		<b>P-valor</b>		
Secagem (A)	0,1173	0,8553	<0,000	<0,000
Ozônio (B)	0,9555	0,3526	0,4760	0,1377
A x B	0,5289	0,6080	0,3287	0,7339
CV (%)	2,47	2,64	4,24	15,31

**Nota:** Médias seguidas pelas mesmas letras da coluna não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

As secagens natural e em espiga se destacaram pelo menor nível de danos mecânicos no processo de debulha, sendo que o clima entre colheita para secagem e colheita em espigas não apresentou condições de pluviosidade significativa (Figura 1). Além disso, a colheita em espigas tem como vantagem, sobre a colheita em grãos, a possibilidade de o material ser colhido próximo da maturidade fisiológica, com menor índice de danos (Jorge et al., 2005). Sementes de milho que apresentam estrutura do pericarpo mais densa, formada por células mais compactadas, são mais sensíveis à alta temperatura de secagem (Roveri José et al., 2005). Aplicação de ozônio não afetou a germinação, o que pode ter ocorrido devido à baixa capacidade de análise do teste de germinação em demonstrar diferenças, sendo que testes de vigor são mais indicados (Marcos Filho, 2015).

O teste de germinação possui a capacidade de avaliar danos latentes do processo de secagem somente após períodos de armazenamento. Esses danos normalmente aparecem nos testes iniciais de vigor, como envelhecimento acelerado, teste de frio, solo e de condutividade elétrica. O teste padrão de germinação prevê estimativas do potencial máximo de um lote de sementes para a produção de plantas sob condições favoráveis, mas esse teste não fornece informações sobre o vigor do lote, sendo, portanto, menos sensível que outros testes (El-Kassaby e Edwards, 1998). O declínio da qualidade das sementes durante o armazenamento é primeiramente expresso por um decréscimo no vigor (Bernallugo e Leopold, 1992).

No início do armazenamento (mês zero), o vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado foi afetado pelos processos de secagem ( $p < 0.05$ ), com destaque

para a secagem natural (52.7%), em relação à secagem na espiga (36.7%) e ar aquecido (38.2%). Após 4 meses de armazenamento, maiores índices de vigor foram observados com aplicação de ozônio (36.1%), em relação às sementes sem aplicação de ozônio (26.3%) (Tabela 2). Aos 4, 8 e 12 meses de armazenamento a aplicação de ozônio contribuiu para manter o vigor, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado. Isso pode ter ocorrido devido à redução na contaminação de fungos e patógenos nas sementes, que promovem a perda de vigor das sementes durante o armazenamento. Aos 12 meses de armazenamento os processos de secagem natural, na espiga e em lona proporcionaram vigor superior em relação aos processos com recirculação de ar (Tabela 2). No teste de envelhecimento acelerado as sementes são expostas a condições favoráveis para a multiplicação de fungos, o que acarreta danos por esses agentes biológicos. Estudos anteriores relataram o uso de ozônio para descontaminação de fungos (El-Desouky et al., 2012), micotoxinas (Chen et al., 2014) e insetos (Bonjour et al., 2011). Quando o ozônio é aplicado em baixas concentrações ele apenas reduz o inóculo e não danifica a estrutura da semente, não deixando a semente exposta a danos e fazendo com que não proliferem agentes, devido à baixa contaminação inicial.

**Tabela 2** Porcentagem de plântulas normais submetidas ao envelhecimento acelerado aos 0, 4, 8 e 12 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento

Fontes de variação	Envelhecimento acelerado (%)			
	0 meses	4 meses	8 meses	12 meses
<b>Secagem</b>				
Natural	52,7 a	30,0	15,6 ab	15,8 a
Espiga	36,7 b	32,2	13,0 ab	16,2 a
Lona	42,7 ab	23,7	14,4 ab	13,9 a
Ar ambiente	44,2 ab	31,2	16,0 ab	12,4 ab
Ar aquecido	38,2 b	35,5	19,1 a	8,6 ab
Ar desumidificado	41,0 ab	34,0	9,8 ab	9,2 ab
Recirculação	40,0 ab	32,0	7,7 b	4,9 b
<b>Ozônio</b>				
Com	40,3	36,1 a	16,3 a	18,4 a
Sem	44,1	26,3 b	11,0 b	4,92 b
<b>Teste F</b>				
			P-valor	
Secagem (A)	0,0274	0,3002	0,0484	0,0002
Ozônio (B)	0,1285	0,0004	0,0095	<0,0000
A x B	0,2204	0,8299	0,4033	0,5185
CV (%)	21,6	30,4	52,0	42,7

**Nota:** Médias seguidas pelas mesmas letras da coluna não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

No início do armazenamento (mês zero), foi verificada pequena variação nos valores de condutividade elétrica, com destaque para valores superiores nos processos de secagem com ar desumidificado e recirculação, em relação à secagem com ar ambiente e ar aquecido (Tabela 3).

**Tabela 3** Condutividade elétrica aos 0, 4, 8 e 12 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento

Fontes de variação	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )			
	0 meses	4 meses	8 meses	12 meses
<b>Secagem</b>				
Natural	10,2 ab	11,6	16,8	18,8 a
Espiga	10,2 ab	12,3	18,0	18,6 ab
Lona	10,5 ab	12,4	18,6	18,0 abc
Ar ambiente	9,7 b	11,8	15,5	17,9 bc
Ar aquecido	9,7 b	11,4	17,5	18,2 abc
Ar desumidificado	10,9 a	12,1	18,3	17,8 bc
Recirculação	10,7 a	11,8	18,7	17,4 c
<b>Ozônio</b>				
Com	10,18 b	12,1	17,1	18,1
Sem	10,48 a	11,7	18,2	18,0
<b>Teste F</b>		<b>P-valor</b>		
Secagem (A)	0,0002	0,2747	0,4806	0,0001
Ozônio (B)	0,0473	0,1574	0,2053	0,5816
A x B	0,4462	0,0826	0,0760	0,0023
CV (%)	5,32	7,52	18,8	3,05

**Nota:** Médias seguidas pelas mesmas letras da coluna não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

A interação dos fatores processos de secagem e aplicação de ozônio afetou significativamente ( $p < 0.05$ ) os valores de condutividade elétrica apenas aos 12 meses de armazenamento (Tabela 3). Maiores valores de condutividade elétrica foram observados na secagem natural (19.2) e na espiga (19.1), com uso de ozônio (Figura 2A).

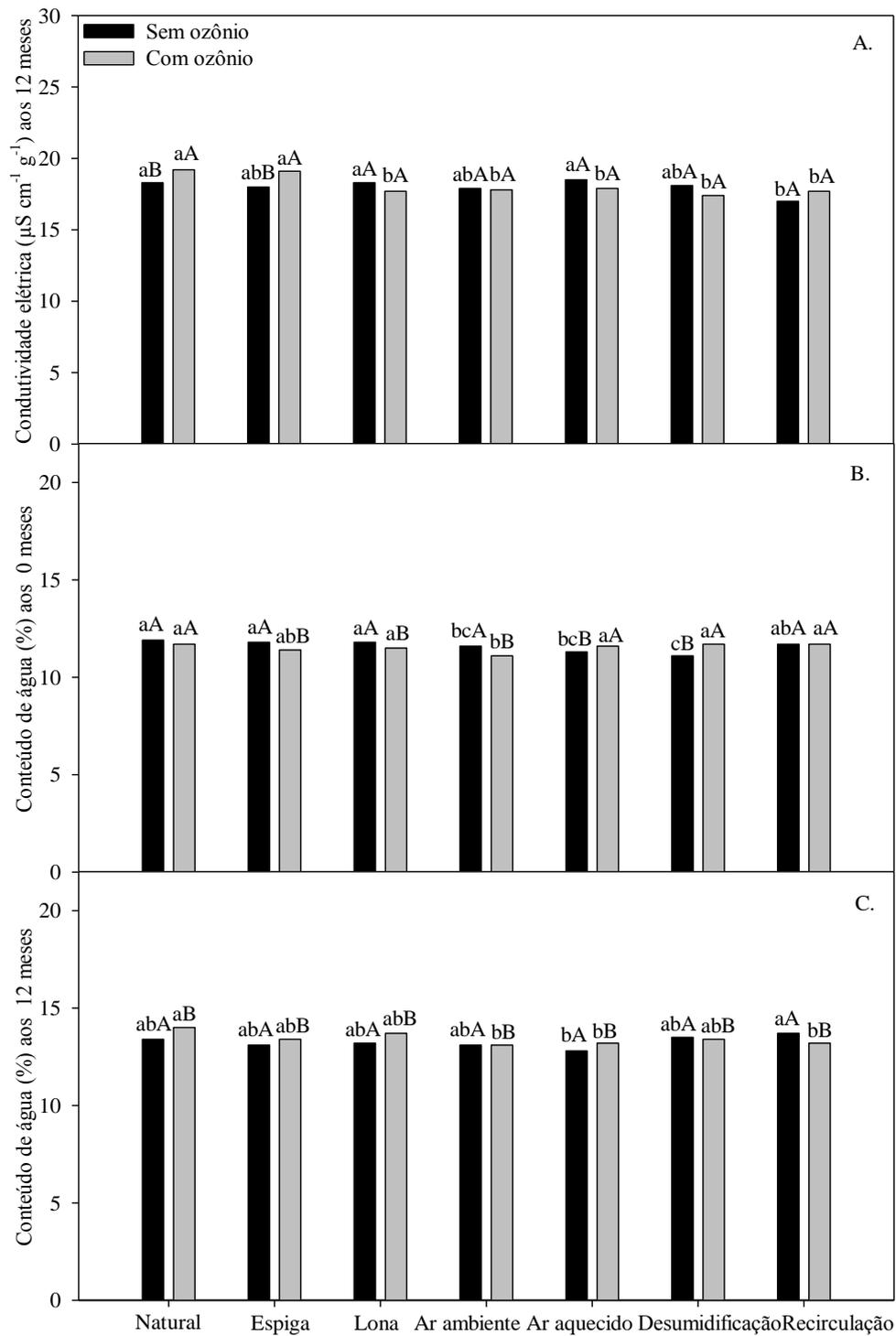
Foi observado que a aplicação de ozônio proporcionou índices de vigor maiores, quando avaliado pelo teste frio aos 12 meses de armazenamento (Tabela 4). Estudos anteriores relatam que o ozônio não afetou a qualidade dos grãos de milho (Pereira et al., 2007, Freitas et al., 2017). O ozônio possui várias propriedades desejáveis, quando comparado a outros produtos químicos utilizados para a preservação da qualidade no armazenamento. Pode ser obtido no local da aplicação a partir do ar ambiente e, portanto, seu uso não requer armazenamento e manuseio de produtos químicos tóxicos (van Leeuwen et al., 2003, Sankaran et al., 2008), é um poderoso oxidante, inativa rapidamente vírus, bactérias, algas e fungos (Oemcke e van Leeuwen, 2005) e mata pequenos invertebrados, como insetos (Mendez et al., 2003, McDonough et al., 2011). A ozonização demonstrou ser um método eficaz para reduzir a perda durante o armazenamento de milho com alta umidade (Branco et al., 2013). White et al. (2010) verificaram menor perda de matéria seca de milho com alta umidade (26%) em tratamento com ozônio com concentrações de 1100 a 8700 ppm por 24h e armazenamento por 30 dias a 15,5 °C.

**Tabela 4** Teste a frio aos 0 e 12 meses e emergência no solo aos 0 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento

Fontes de variação	Teste frio (%)		Emergência em solo (%)
	0 meses	12 meses	0 meses
Secagem			
Natural	91,1 ab	53,0 a	48,3 a
Espiga	94,3 a	50,2 ab	47,7 ab
Lona	89,3 b	34,5 bc	45,1 bc
Ar ambiente	89,6 b	38,0 abc	45,8 abc
Ar aquecido	89,8 b	39,5 abc	48,3 a
Ar desumidificado	87,5 b	44,0 abc	44,5 b
Recirculação	90,7 ab	31,2 c	45,0 b
Ozônio			
Com	90,3	45,3 a	46,3
Sem	90,3	37,6 b	46,5
Teste F		P-valor	
Secagem (A)	0,0006	0,0034	<0,000
Ozônio (B)	0,9601	0,0157	0,7573
A x B	0,4132	0,6653	0,0523
CV (%)	2,94	27,63	3,70

**Nota:** Médias seguidas pelas mesmas letras da coluna não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

Os processos de secagem afetaram os valores de emergência em solo ( $p < 0.05$ ), com destaque para a secagem natural, em relação aos processos de secagem com ar desumidificado e recirculação e secagem em lona (Tabela 5).



**Figura 2** Condutividade elétrica aos 12 meses de armazenamento (A), teor de água aos 0 meses de armazenamento (B) teor de água aos 12 meses de armazenamento (C).

**Notas:** Os valores seguidos por uma letra minúscula diferente são diferenças significativas (teste de Tukey com 5% de significância) entre os processos de secagem.

Os valores seguidos por uma letra maiúscula diferente são diferenças significativas (teste de Tukey com 5% de significância) entre a aplicação de ozônio.

A secagem natural se destacou pelo menor nível de danos mecânicos no processo de debulha, pois o menor teor de umidade das sementes contribuiu para que as sementes se desprendam sem gerar grandes danos; em razão da temperatura amena e do baixo nível pluviométrico no final do ciclo da cultura. Alves et al. (2001), ao avaliarem diferentes teores de umidade observou que níveis ao redor de 15 e 16,5% foram os tratamentos que menos afetaram a qualidade de semente.

A interação entre os fatores processos de secagem e aplicação de ozônio influenciou significativamente ( $p < 0.05$ ) o teor de água aos 0 e 12 meses de armazenamento (Tabela 5). Apesar da interação (Figura 2B e C), o teor de água foi sensivelmente afetado pelos fatores, sendo que a secagem natural resultou em teor de água levemente superior a alguns processos (ar aquecido, ar ambiente e recirculação). Esse resultado era esperado, uma vez que na secagem natural a umidade das sementes foi superior.

**Tabela 5** Teor de água aos 0, 4, 8 e 12 meses nos processos de secagem e aplicação de ozônio nos meses de armazenamento

Fontes de variação	Teor de água (%)			
	0 meses	4 meses	8 meses	12 meses
Secagem				
Natural	11,8 a	13,2	13,8	13,7 a
Espiga	11,6 abc	12,9	13,4	13,2 b
Lona	11,7 ab	13,2	13,6	13,5 ab
Ar ambiente	11,3 c	12,9	13,2	13,1 b
Ar aquecido	11,5 bc	12,7	13,6	13,0 b
Ar desumidificado	11,4 bc	12,9	13,5	13,5 ab
Recirculação	11,7 ab	12,9	13,8	13,4 ab
Ozônio				
Com	11,5	12,6 b	13,5	13,4
Sem	11,6	13,2 a	13,5	13,3
Teste F	P-valor			
Secagem (A)	0,0002	0,3942	0,4854	0,0009
Ozônio (B)	0,2041	<0,0000	0,9656	0,0658
A x B	<0,0000	0,8428	0,3515	0,0468
CV (%)	1,52	3,63	4,54	2,38

**Nota:** Médias seguidas pelas mesmas letras da coluna não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

## 4 CONCLUSÕES

Considerando as condições do experimento e os objetivos estabelecidos, concluiu-se que:

- As sementes de milho submetidas à aplicação de ozônio, após a secagem e armazenadas por 12 meses, apresentaram maiores índices de vigor, em relação às sementes não tratadas com ozônio.
- Os processos de secagem natural e secagem na espiga mantiveram a qualidade das sementes de milho.
- A recirculação não se apresentou como um bom método de secagem.

## REFERÊNCIAS

Albrecht, L. P., Braccini, A. D. L., Ávila, M. R., Scapim, C. A., Barbosa, M. C., Stülp, M., 2009. Sementes de soja produzidas em épocas de safrinha na região oeste do Estado do Paraná. *Acta Sci. Agron.* 31, 121-127.

Association of Official Seed Analysts [AOSA]. 1983. *Seed Vigor Testing Handbook*. AOSA, Ithaca, NY, USA. (Contribution to the Handbook on Seed Testing, 32).

Alves, W. M., Faroni, L. R. A., Queiroz, D. M. D., Corrêa, P. C., Galvão, J. C., 2001. Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 5, 469-474.

Barbosa, R. M., Vieira, B. G. T. L., Martins, C. C., Vieira, R. D., 2014. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim durante o processo de produção. *Pes. Agropec. Bras.* 49, 977-985.

Barros, A. S. R., Dias, M. C. L. L., Cícero, S. M., Krzyzanowski, F. C., 1999. Teste de frio. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES.

Barrozo, M. A. S., Mujumdar, A., Freire, J. T., 2014. Air-drying of seeds: A review. *Dry Technol.* 32, 1127-1141.

Bernal-Lugo, I., Leopold, A. C., 1992. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. *Plant Physiol.* 98, 1207-1210.

- Bhattarai, S., Bottenus, D., Ivory, C. F., Gao, A. H., Bule, M., Garcia-Perez, M., Chen, S., 2015. Simulation of the ozone pretreatment of wheat straw. *Biores. Technol.* 196, 78–87.
- Bonjour, E. L., Opit, G. P., Hardin, J., Jones, C. L., Payton, M. E., Beeby, R. L., 2011. Efficacy of ozone fumigation against the major grain pests in stored wheat. *J. Econ. Entomol.* 104, 308-316.
- Brasil., 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: MAPA.
- Carvalho, E. R., Mavaieie, D. P. R., Oliveira, J.A., Carvalho, M. V., Vieira, A. R., 2014. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. *Pesq. Agropec. Bras.* 49, 967-976.
- Chen, R., Ma, F., Li, P.-W., Zhang, W., Ding, X.-X., Zhang, Q. I., Xu, B.-C., 2014. Effect of ozone on aflatoxins detoxification and nutritional quality of peanuts. *Food Chem.* 146, 284-288.
- El-Desouky, T. A., Sharoba, A. M. A., El-Desouky, A. I., El-Mansy, H. A., Naguib, K., 2012. Effect of ozone gas on degradation of aflatoxin B1 and aspergillus flavus fungal. *J. Environ. Anal. Toxicol.* 2, 2161-0525.
- El-Kassaby, Y. A. Edwards, D. G. W., 1998. Genetic control of germination and the effects of accelerated aging in mountain hemlock seeds and its relevance to gene conservation. *Forest Ecol Manag.* 112, 203-211.
- Ferreira, D. F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Cienc. Agrotec.* 35, 1039-1042.
- Freitas, R. D. S., Faroni, L. R. D. A., de Queiroz, M. E. L. R., Heleno, F. F., Prates, L. H. F., 2017. Degradation kinetics of pirimiphos-methyl residues in maize grains exposed to ozone gas. *J. Stored Prod. Res.* 74, 1-5.
- Gozé, P., Rhazi, L., Pauss, A., Aussenac, T., 2016. Starch characterization after ozone treatment of wheat grains. *J. Cereal Sci.* 70, 207–213.
- Granella, S. J., Christ, D., Werncke, I., Bechlin, T. R., Coelho, S. R. M., 2018. Effect of drying and ozonation process on naturally contaminated wheat seeds *J. Cereal Sci.* 80, 205-211.
- Granella, S. J., Bechlin, T. R., Christ, D., Machado Coelho, S. R., 2019. Kinetic and physicochemical properties of drying-ozonation process on wheat grain. *J. Food Process Pres.* 43, e14057.
- Jorge, M. H. A., Carvalho, M. L. M., Von Pinho, E. V. R., Oliveira, J. A., 2005. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de milho colhidas e secas em espiga. *Bragantia* 64(4), 679-686.
- Marcos Filho, J., 1999. Testes de vigor: Importância e utilização. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França NETO, J.B. (Ed.) *Vigor de sementes: Conceitos e testes* (pp.1-21). Londrina: Abrates.
- Marcos Filho, J., 2015. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Sci. agric.* 72, 363-374.

- McDonough, M. X., Mason, L. J., Woloshuk, C. P., 2011. Susceptibility of stored product insects to high concentrations of ozone at different exposure intervals. *J. Stored Prod. Res.* 47, 306-310.
- Mendez, F., Maier, D. E., Mason, L. J., Woloshuk, C. P., 2003. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance. *J. Stored Prod. Res.* 39, 33-44.
- Nakagawa, J., 1999. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates. pp. 2.1-2.24.
- Oemcke, D. J., Van Leeuwen, J. H., 2005. Ozonation of the marine dinoflagellate alga *Amphidinium* sp.—implications for ballast water disinfection. *Water Res.* 39, 5119-5125.
- Oliva, A.C.E.D., Cavariani, C., Biaggioni, M. A. M., 2012. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. *Rev. Ener. Agric.*, 27, 16-30.
- Paraginski, R. T., Rockenbach, B. A., Santos, R. F., Elias, M. C., Oliveira, M., 2015. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. *Rev. Bras. Eng. Agríc.* 19, 358-363.
- Pereira, A. M., Faroni, L. R. D. A., Sousa, A. H., Urruchi, W. I., Roma, R. C. C., 2007. Efeito imediato e latente da fumigação com ozônio na qualidade dos grãos de milho. *Rev. Bras. Arm.*, 32, 100-110.
- Roveri José, S.C.B., Von Pinho, E.V.R., Von Pinho, R.G., Ramalho, M.A.P., Silva Filho, J.L., 2005. Características físicas do pericarpo de sementes de milho associadas com a tolerância à alta temperatura de secagem. *Rev. Bras. Sem.* 27, 125-131.
- Schuh, G., Gottardi, R., Ferrari Filho, E., Antunes, L. E. G., Dionello, R.G. E., 2011. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. *Semina: Ciênc. Agrár.* 32, 235-244.
- Tiwari, B. K., Brennan, C. S., Curran, T., Gallagher, E., Cullen, P. J., O'Donnell, C. P., 2010. Application of ozone in grain processing. *J. Cereal Sci.* 51, 248-255.
- Tripathi, S., Mishra, H. N., 2011. Modeling and optimization of enzymatic degradation of aflatoxin B 1 (AFB 1) in red chili powder using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 770–780.
- Trombete, F., Minguita, A., Porto, Y., Freitas-Silva, O., Freitas-Sá, D., Freitas, S., Fraga, M., 2016. Chemical, technological, and sensory properties of wheat grains (*Triticum aestivum* L) as affected by gas-eous ozonation. *Int. J. Food Prop.* 19, 2739–2749.
- Ullmann, R., Resende, O., Sales, J. D. F., Chaves, T. H., 2010. Seed quality of jatropha under different drying air conditions. *Rev. Cienc. Agron.* 41, 442-447.
- Vieira, R. D., Krzyzanowski, F. C., 1999. Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski FC; Vieira RD; França Neto JB (eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. cap. 4. p. 1-26
- Wakil, W., Riasat, T., Lord, J. C., 2013. Effects of combined thiamethoxam and diatomaceous earth on mortality and progeny production of four Pakistani populations of

*Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) on wheat, rice and maize. *J. Stored Prod. Res.* 52, 28-35.

White, S. D., Murphy, P. T., Leandro, L. F., Bern, C. J., Beattie, S. E., van Leeuwen, J. H., 2010. Mycoflora of high-moisture maize treated with ozone. *J. Stored Prod. Res.* 55, 84-89.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos de secagem apresentaram diferentes tempos e velocidades de secagem e culminaram em valores de teor de água bem próximos. Obviamente, esse teor de umidade resulta da influência, basicamente, do operador dos sistemas de secagem que optou por cessar a secagem. Seus dados foram obtidos para demonstrar que as sementes partiram com teores de água iniciais próximos, pois poderiam influenciar nos demais resultados, principalmente no armazenamento.

No teste de solo, destacou-se a secagem em espiga e a secagem natural, sendo que a secagem em lona e recirculação foram inferiores. No teste de vigor por envelhecimento acelerado, as sementes secas em espigas com ar natural apresentaram níveis de germinação maior em comparação ao processo de ar desumidificado e ar aquecido. Já o vigor avaliado pelo teste frio foi maior quando a secagem ocorreu em espigas com ar natural em comparação ao processo de ar ambiente. Embora os testes tenham demonstrados resultados diferentes, observou-se que secar e depois realizar a trilha das sementes, mesmo elas tendo sido classificadas manualmente para a retirada de impurezas e de grãos com danos mecânicos visíveis, os danos latentes são muito importantes. Foi observado que quando se realizou a secagem com ar desumidificado houve um processo muito rápido de perda de água, o que acarretou danos latentes nos testes de vigor.

Em relação ao armazenamento, observou-se que, quanto maior o tempo de armazenamento menos vigor foi perdido dentro da câmara de armazenamento, comprovando a importância da manutenção de temperaturas e umidade amenas. Ao final do período proposto de armazenamento (360 dias), foram observados maiores níveis de germinação em secagem natural e em espiga. No teste de vigor não foi observada diferença significativa. No entanto, maior vigor foi verificado nas sementes de milho armazenadas dentro da câmara, independentemente do tempo de armazenamento.

No teste de condutividade elétrica, os processos de secagem e o tipo de armazenamento proporcionaram diferença significativa nos valores do teste de vigor avaliado pela condutividade elétrica aos 4 e 8 meses de armazenamento, sendo que aos 4 meses os valores de condutividade elétrica foram maiores quando a secagem ocorreu em lona, em relação à secagem natural na espiga e à secagem com ar aquecido. Aos 8 meses, os valores de condutividade elétrica foram maiores quando a secagem ocorreu em lona em relação à secagem natural na espiga, corroborando os demais testes de vigor. Os valores de condutividade elétrica foram maiores quando a semente foi armazenada fora da câmara aos 4, 8 e 12 meses.

No teste de frio, a interação entre os fatores processos de secagem e armazenamento aos 12 meses de armazenamento proporcionou diferença significativa, sendo que a porcentagem de plantas normais de acordo com o teste frio foi maior quando as sementes foram armazenadas dentro da câmara, independente do processo de secagem. Nas sementes armazenadas fora da câmara a maior porcentagem de plantas normais foi verificada quando ocorreu a secagem natural na espiga em comparação à secagem com recirculação, secagem em lona e secagem em ar ambiente.

A aplicação de ozônio não afetou a germinação. Após 4 meses de armazenamento maiores índices de vigor foram observados com aplicação de ozônio, em relação às sementes sem aplicação de ozônio. Aos 4, 8 e 12 meses de armazenamento a aplicação de ozônio contribuiu para manter o vigor, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado.

A interação dos fatores processos de secagem e aplicação de ozônio afetou significativamente os valores de condutividade elétrica apenas aos 12 meses de armazenamento. Menores valores de condutividade elétrica foram observados na secagem natural e na espiga com uso de ozônio. Foi observado que a aplicação de ozônio proporcionou maiores índices de vigor avaliado pelo teste frio aos 12 meses de armazenamento.

**ANEXOS**

### **Apresentação do Trabalho**

Artigos originais, comunicações, relatos de caso e revisões devem ser escritos em português ou inglês, usando o Microsoft Word para Windows, em papel A4, com linhas numeradas por página, espaçamento 1,5 entre linhas, fonte Times New Roman, tamanho 11 normal, Margens de 2 cm em todos os lados, com as páginas numeradas no canto superior direito e seguindo as orientações para o número máximo de páginas de acordo com a categoria da obra.

*Figuras (desenhos, gráficos e fotografias) e tabelas* devem ser numeradas com algarismos arábicos, incluídas no final do trabalho imediatamente após as referências bibliográficas e citadas no texto. Além disso, as figuras devem ser de boa qualidade e anexadas em seu formato original (JPEG, TIFF etc.) no Docs Sup na página de envio. Figuras e tabelas não serão aceitas se não atenderem às seguintes especificações: largura de 8 cm ou 16 cm e altura máxima de 22 cm. Se a figura tiver dimensões maiores, ela será reduzida durante o processo editorial para as dimensões mencionadas acima.

**Nota** : Figuras (por exemplo, **Figura 1**. Título) e tabelas ( **Tabela 1**. Título) devem ter uma largura de 8 cm ou 16 cm e uma altura máxima de 22 cm. Aqueles com maiores dimensões serão reduzidos durante o processo editorial para as dimensões acima mencionadas. Para tabelas e figuras que não sejam o trabalho original do autor, é obrigatória a citação à fonte consultada. Coloque esta citação abaixo da tabela ou figura e indique usando uma fonte menor (Times New Roman 10).

Ex: “ **Fonte**”: IBGE (2017) ou **Fonte** : IBGE (2017).

### **Preparação do manuscrito**

#### **Artigo científico:**

Os artigos científicos devem relatar os resultados da pesquisa original nas áreas relacionadas, com as seções organizadas da seguinte maneira: Título em inglês; Título em português; Três a cinco destaques; Resumo em inglês com palavras-chave (máximo de seis palavras, em ordem alfabética); Resumo em português com palavras-chave (máximo de seis palavras, em ordem alfabética); Introdução; Materiais e métodos; Resultados e discussão; Conclusões; Reconhecimentos; Fornecedores, se aplicável; e referências bibliográficas. Os títulos devem estar em negrito sem numeração. Se for necessário incluir um subtítulo em uma seção, ele deverá ser colocado em itálico e, se houver outros subtópicos a serem incluídos em um subtítulo, eles deverão ser numerados com algarismos arábicos. (Exemplo: **Materiais e Métodos** , *As áreas de estudo , 1. área rural , 2. Urban uma rea .* )

O trabalho enviado não pode ter sido publicado em outro lugar com o mesmo conteúdo, exceto na forma de Resumo em Eventos Científicos, Notas Introdutórias ou Formato Reduzido.

**O trabalho deve ser apresentado na seguinte ordem:**

1. **Título do trabalho** , acompanhado da tradução para o português, se for o caso.
2. **Três ou cinco destaques**, consiste em pontos orientados a resultados que fornecem aos leitores uma visão geral das principais descobertas do seu artigo. Cada destaque deve ter 85 caracteres ou menos.
3. **Resumo e Palavras-chave:** Um resumo informativo com no mínimo 200 palavras e no máximo 400 palavras deve ser incluído, no mesmo idioma usado no texto do artigo, acompanhado de uma tradução em inglês ( *Resumo e Palavras-chave* ) se o texto não foi escrito em inglês.
4. **Introdução:** A introdução deve ser concisa e conter apenas a revisão estritamente necessária para introduzir o tópico e apoiar a metodologia e discussão.
5. **Materiais e Métodos:** Esta seção pode ser apresentada de forma descritiva e contínua ou com subtítulos para permitir ao leitor entender e poder repetir a metodologia citada com ou sem o apoio de citações bibliográficas.
6. **Resultados e Discussão :** *Esta seção* deve ser apresentada com clareza, com o auxílio de tabelas, gráficos e figuras, para que não suscite perguntas ao leitor sobre a autenticidade dos resultados e pontos de vista discutidos.
7. **Conclusões:** *Estes* devem ser claras e apresentadas de acordo com os objetivos propostos no trabalho.
8. **Agradecimentos :** Pessoas, instituições e empresas que contribuíram para o trabalho devem ser mencionadas no final do texto, antes da seção Referências Bibliográficas.

**Nota:**

**Notas:** Cada nota referente ao corpo do texto deve ser indicada com um símbolo sobrescrito imediatamente após a frase a que se refere e deve ser incluída como uma nota de rodapé no final da página.

**Figuras:** Devem ser inseridas no final do artigo, uma em cada página, após as referências. As figuras consideradas essenciais serão aceitas e deverão ser citadas no texto por ordem numérica, em algarismos arábicos. Se alguma ilustração enviada já tiver sido publicada, a fonte e a permissão para publicação devem ser declaradas.

**Tabelas:** devem ser inseridas no final do artigo, uma em cada página, após as referências. As tabelas devem ser acompanhadas por um cabeçalho que permita a compreensão dos dados coletados sem a necessidade de usar o corpo do texto como referência.

**Quantidades, unidades e símbolos:**

- a) Os manuscritos devem estar de acordo com os critérios estabelecidos nos Códigos Internacionais para cada área de estudo.
- b) Use o Sistema Internacional de Unidades em todo o texto.
- c) Use o formato de potência negativa para anotar e apresentar unidades relacionadas: por exemplo,  $\text{kg ha}^{-1}$ . Não use o símbolo de barra para relacionar unidades: por exemplo,  $\text{kg / ha}$ .

d) Use um espaço simples entre as unidades: g L<sup>-1</sup>, não gL<sup>-1</sup> ou gL<sup>-1</sup>.

e) Use a representação de tempo de 24 horas com quatro dígitos para as horas e minutos: 09h00, 18h30.

## 8. Citações no autor no texto

As Regras da APA usam o sistema de data do autor para citações indiretas, ou seja, o sobrenome, a vírgula e o ano de publicação do autor. O número da página é inserido apenas quando houver uma citação direta. Nesse caso, o sobrenome do autor citado, vírgula, ano, vírgula seguido de "p". E o número da página

Quando nas citações, os autores estão fora dos parênteses, use sempre "e"; "And" (inglês) e "y" (espanhol); separar o penúltimo do último autor citado. O "&" é sempre inserido entre o penúltimo e último autor quando citado entre parênteses e referências.

### Citação:

Obra de dois autores: nomeie os dois autores na frase de sinalização ou parênteses cada vez que você citar o trabalho. Use a palavra "e" entre os nomes dos autores no texto e use o e comercial entre parênteses.

### Ex:

Os resultados de Wegener e Petty (1994) confirmaram que ... (Wegener & Petty, 1994)

**Trabalho de três a cinco autores** : liste todos os autores na frase sinalizadora ou entre parênteses na primeira vez que você citar a fonte. Use a palavra "e" entre os nomes dos autores no texto e use o e comercial entre parênteses.

### Ex:

Almeida, Parisi e Pereira (1999, p. 379)  
**ou** Almeida, Parisi e Pereira (1999, pp. 372-373)  
**ou** (Almeida, Parisi e Pereira, 1999, p. 73)

Kernis, Cornell, Sun, Berry e Harlow (1993)  
 (Kernis, Cornell, Sun, Berry e Harlow, 1993)

Nas citações subseqüentes, use apenas o sobrenome do primeiro autor, seguido de "et al". na frase de sinalização ou entre parênteses.

(Kernis et al., 1993)

### Exemplo : modelo de citação com um, seis ou mais autores

Duas ou mais obras do mesmo autor no mesmo ano - use letras minúsculas (a, b, c) com o ano para ordenar as entradas na lista de referência. Use as letras minúsculas com o ano na citação no texto.

**Ex:** (Porter, 1999a, 1999b, 1999c)

Autores com o mesmo sobrenome: Para evitar confusão, use as primeiras iniciais com o sobrenome.

(E. Johnson, 2001; L. Johnson, 1998)

Dois ou mais trabalhos do mesmo autor com datas de publicação diferentes. (Ordem cronológica)

Ex: Segundo Porter (1986, 1991, 1999, 2000),

### Exemplo de referência:

**Todos os autores participantes de um estudo referenciado devem ser mencionados, independentemente do número de participantes .**

### Artigo:

Berndt, TJ (2002). Qualidade da amizade e desenvolvimento social. *Instruções atuais em Ciência Psicológica*, 11 , 7-10.

**Mais de um autor - liste seus sobrenomes e iniciais. Use o e comercial em vez de "&".**

Adair, JG e Vohra, N. (2003). A explosão de conhecimento, referências e citações: a resposta única da psicologia a uma crise. *American Psychologist*, 58 (1), 15–23. doi: 10.1037 / 0003-066X.58.1.15

Pereira, GP, Sequinatto, L., Caten, A., & Mota, M. (2019). Refletância espectral VIS-NIR para discretização de solos com alto teor de areia. *Semina: Ciências Agrárias*, 40 (1), 99-112. doi: 10.5433 / 1679-0359.2019v40n1p99

Wegener, DT e Petty, RE (1994). Gestão do humor em estados afetivos : a hipótese da contingência hedônica. *Journal of Personality and Social Psychology*, 66 , 1034-1048. doi: 10.1037 / 0022-3514.66.6.1034

### Artigo Eletrônico:

Santos, CP & Fernandes, DH von der (2007). A recuperação de serviços e seu efeito na confiança e lealdade do cliente. *RACetronica* , 1 (3), 35-51. Recuperado em [http://anpad.org.br/periodicos/content/frame\\_base.php?revista=3](http://anpad.org.br/periodicos/content/frame_base.php?revista=3)

### Livro

Kashdan, T. e Biswas-Diener, R. (2014). *A vantagem do seu lado sombrio* . Nova York, NY: Hudson Street Press.

### Capítulo de livro

Serviss, GP (1911). Uma viagem de terror. Em *A Columbus of space* (pp. 17-32). Nova York, NY: Appleton.

### Capítulo do livro eletrônico

Shuhua, L. (2007). A noite do meio do outono. Em JSM Lau e H. Goldblatt (Eds.), *The Columbia Anthology of Modern Chinese Literature* (pp. 95-102). Nova York, NY: Columbia University Press. Obtido a partir de <https://www.worldcat.org/title/columbia-anthology-of-modern-chinês-literatura / oclc / 608153696>

## Anais / Anais

Costa, ER e Boruchovitch, E. (2001). Entendendo as relações entre estratégias de aprendizagem e a ansiedade. Anais da XXXI Reunião Anual de Psicologia (p.203). Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Psicologia.

## Tese e / ou dissertação impressa

Leon, ME (1998). *Uma análise de redes de cooperação entre pequenas e empresas de mídia do setor de telecomunicações*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

## Tese ou dissertação eletônica

Hirata, CA (2016). *Microbiologia agrícola, Microorganismos do solo, Fungos micorrízicos, Microorganismos fixadores de nitrogênio, Ecologia microbiana*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil. Recuperado de <http://www.bibliotecadigital.uel.br>

## Organização como Autor

Associação Americana de Psiquiatria. (1988). *DSM-III-R, Manual de diagnóstico e estatística de transtorno mental* (3a ed. Rev.). Washington, DC: Autor.

## Lei

Lei n. 11.638, de 28 de setembro de 2007. Altera e revoga dispositivos da Lei n. 6.404, de 15 de dezembro de 1976, e da Lei n. 6.385, de 7 de dezembro de 1976, e se estende para as grandes sociedades de porte médio, associadas à elaboração e divulgação de finanças financeiras. Recuperado em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11638.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11638.htm)

A precisão e adequação das referências para trabalhos consultados e mencionados no texto do artigo, bem como opiniões, conceitos e declarações, são de inteira responsabilidade dos autores.

**Nota** : Consulte as edições publicadas recentemente da **Semina: Ciências Agrárias** para obter mais detalhes sobre como formatar referências no artigo.

As demais categorias de trabalhos (Comunicação e Revisão Científica) devem seguir os padrões acima mencionados, mas com as seguintes orientações adicionais para cada categoria:

### Comunicação científica

As comunicações científicas devem ser apresentadas de forma concisa, mas com uma descrição completa do termo pesquisa ou pesquisa em andamento (nota introdutória), com documentação e metodologias bibliográficas completas, semelhante a um artigo científico regular. As comunicações científicas devem conter as seguintes seções: Título (em português e inglês); Resumo com palavras-chave em português; Resumo com palavras-chave em inglês; e Corpo do texto. O corpo do texto não deve ser dividido em seções, mas deve seguir esta sequência: introdução, metodologia, resultados e discussão (tabelas e figuras podem ser incluídas), conclusão e referências bibliográficas.

### **Artigos de revisão bibliográfica**

Os artigos de revisão devem envolver tópicos relevantes dentro do escopo da revista. O número de artigos de revisão por edição é limitado, e os autores só podem escrever artigos de revisão de interesse para a revista, após um convite dos membros do conselho editorial da revista. Se um artigo de revisão for submetido por um autor, é necessária a inclusão de resultados relevantes do autor ou do grupo envolvido no estudo, juntamente com referências bibliográficas que demonstrem experiência e conhecimento sobre o tópico.

Um artigo de revisão deve conter as seguintes seções: Título (português e inglês); Resumo com palavras-chave em português; Resumo com palavras-chave em inglês; Desenvolvimento do tópico proposto (o texto pode ser dividido em seções, mas isso não é necessário); Conclusões ou Considerações Finais; Agradecimentos (se aplicável); e referências bibliográficas.

### **Outras informações importantes**

1. A publicação dos artigos depende da opinião favorável dos consultores ad hoc e da aprovação do Conselho Editorial da *Semina: Ciências Agrárias* UEL.
2. As reimpressões não serão entregues aos autores, pois as edições estarão disponíveis on-line no site da revista ( <http://www.uel.br/revistas/uel> ).
3. Transferência de direitos autorais: Os autores concordam com a transferência dos direitos de publicação do manuscrito para a revista. A reprodução dos artigos só é permitida quando a fonte é citada. É proibido o uso comercial da informação.
4. Perguntas imprevistas sobre ou problemas nas presentes normas serão tratadas pelo Conselho Editorial da área de assunto em que o artigo foi submetido para publicação.
5. *O número de autores*: Não há limite para o número de autores, mas as pessoas incluídas como co-autores devem ter participado efetivamente do estudo. Pessoas com participação limitada no estudo ou na preparação do artigo devem ser citadas na seção Agradecimentos, assim como as instituições que concederam bolsas de estudo e outros recursos financeiros.
6. Inclua o ORCID de todos os autores aprovados para publicação. O identificador ORCID pode ser obtido no registro ORCID. Você deve aceitar os padrões para a apresentação do ID ORCID e incluir o URL completo (por exemplo, <http://orcid.org/0000-0002-1825-0097> ).

### **Condições de envio**

Como parte de nosso processo de envio, os autores devem verificar se o envio está em conformidade com todos os itens listados abaixo. Submissões que não estiverem em conformidade com as normas serão rejeitadas e os autores informados sobre a decisão.

1. Os autores devem declarar que a contribuição é original e nova e que não está sendo avaliada para publicação em nenhum outro local; qualquer exceção deve ser justificada nos "Comentários ao Editor".
2. Os autores também devem declarar que o material está formatado corretamente e que os Documentos Complementares estão anexados, CONSCIENTE de que **o formato incorreto resultará na SUSPENSÃO do processo de avaliação SEM AVALIAÇÃO DO Mérito** .
3. **Os dados de autoria de todos os autores devem ser inseridos no campo Metadados durante o processo de envio** .

Use o botão " **incluir autor** ".

1. **Na etapa a seguir, preencha os metadados em inglês.**

Para incluir os dados, depois de salvar os dados de envio em português, clique em " **editar metadados** " na parte superior da página. Mude o idioma para inglês e insira o título em inglês, o resumo e as palavras-chave. Salve e continue na próxima etapa.

1. A **identificação** da **autoria** do trabalho deve ser removida do arquivo e do Word usando a opção "Propriedades" para garantir os critérios de anonimato da revista, caso o artigo seja submetido à revisão por pares, de acordo com as instruções disponíveis em Assegurando uma revisão por pares. .
2. Os arquivos para envio devem estar no formato Word, OpenOffice ou RTF (desde que não excedam 2 MB).

O texto deve ser digitado em papel A4, com linhas numeradas, espaçamento de 1,5 e fonte Times New Roman tamanho 11.

1. Confirme se todos os padrões éticos foram seguidos se a pesquisa foi realizada com seres vivos. Inclua documentos de prova de aprovação por um comitê de ética institucional envolvendo seres humanos e / ou um comitê de ética envolvendo animais, se esses documentos forem solicitados.
2. **Inclua o pagamento da taxa de envio e anexe o comprovante de pagamento como um documento suplementar em " Documentos. Sup .**

**Declaração de direitos autorais.**

## **Resumo**

É necessário um resumo conciso e factual. O resumo deve indicar brevemente o objetivo da pesquisa, os principais resultados e as principais conclusões. Um resumo é frequentemente apresentado separadamente do artigo, portanto, ele deve poder ser autônomo. Por esse motivo, as referências devem ser evitadas, mas se essencial, cite o (s) autor (es) e ano (s). Além disso, abreviações não padronizadas ou incomuns devem ser evitadas, mas, se essenciais, devem ser definidas na sua primeira menção no próprio resumo.

## **Resumo Gráfico**

Um resumo gráfico é obrigatório para este periódico. Ele deve resumir o conteúdo do artigo de forma concisa e pictórica, projetada para capturar a atenção de um grande número de leitores on-line. Os autores devem fornecer imagens que representem claramente o trabalho descrito no artigo. Os resumos gráficos devem ser enviados como um arquivo separado no sistema de envio on-line. Tamanho da imagem: forneça uma imagem com no mínimo 531 × 1328 pixels (h × w) ou proporcionalmente mais. A imagem deve ser legível no tamanho de 5 × 13 cm, usando uma resolução de tela regular de 96 dpi. Tipos de arquivos preferidos: arquivos TIFF, EPS, PDF ou MS Office. Você pode ver [resumos gráficos de exemplo](#) em nosso site de informações.

Os autores podem fazer uso dos [serviços de ilustração](#) da Elsevier para garantir a melhor apresentação de suas imagens também de acordo com todos os requisitos técnicos.

## **Palavras-chave**

Para auxiliar na preparação de um índice de palavras-chave, os autores devem fornecer uma lista de até quatro palavras-chave na página de título do manuscrito

## **Abreviações**

Defina abreviações que não são padrão neste campo em uma nota de rodapé a ser colocada na primeira página do artigo. Tais abreviaturas inevitáveis no resumo devem ser definidas na sua primeira menção lá, bem como na nota de rodapé. Garanta a consistência das abreviações ao longo do artigo.

## **Agradecimentos**

Recolha os agradecimentos em uma seção separada no final do artigo antes das referências e, portanto, não os inclua na página de título, como uma nota de rodapé do título ou de outra forma. Liste aqui as pessoas que forneceram ajuda durante a pesquisa (por exemplo, fornecendo ajuda ao idioma, assistência por escrito ou prova de leitura do artigo, etc.).

### **Formatação de fontes de financiamento**

Liste as **fontes de** financiamento dessa maneira padrão para facilitar a conformidade com os requisitos do financiador:

Financiamento: Este trabalho foi financiado pelos Institutos Nacionais de Saúde [números de concessão xxxx, aaaa]; a Fundação Bill & Melinda Gates, Seattle, WA [número de concessão zzzz]; e os Institutos de Paz dos Estados Unidos [número da concessão aaaa].

Não é necessário incluir descrições detalhadas sobre o programa ou tipo de subsídios e prêmios. Quando o financiamento for proveniente de uma concessão em bloco ou de outros recursos disponíveis para uma universidade, faculdade ou outra instituição de pesquisa, envie o nome do instituto ou organização que forneceu o financiamento.

Se nenhum financiamento foi fornecido para a pesquisa, inclua a seguinte frase:

Esta pesquisa não recebeu nenhum subsídio específico de agências de fomento nos setores público, comercial ou sem fins lucrativos.

**Nomenclatura e unidades** abreviações e símbolos devem, sempre que possível, seguir as recomendações do IUBMB sobre Nomenclatura, Símbolos e Terminologia Bioquímica e Orgânica, em <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/>.

Abreviações não padronizadas devem ser reduzidas ao mínimo. As palavras a serem abreviadas devem ser escritas na íntegra na primeira citação e na abreviação entre parênteses. Todas as abreviaturas utilizadas devem ser listadas e seus significados devem ser indicados na página de rosto (esta lista será incluída na primeira página do artigo publicado). A nomenclatura enzimática deve seguir as recomendações da IUBMB Enzyme Commission ( <http://www.chem.qmul.ac.uk/enzyme/> ) (os números relevantes da CE devem ser fornecidos).

O Sistema Internacional de Unidades (SI) deve ser seguido (consulte "Quantidades, Unidades e Símbolos em Química Física", Mills, Ian; Cvitas, Tomislav; Homann, Klaus; Kallay, Nikola; Kuchitsu, Kozo, CRC Press Blackwell Science (UK) ), ISBN: 0632035838, 1995 ou "Especificação de quantidades, unidades e símbolos. Química física e física molecular" BS 5775-8: 1993 ISO 31-8: 1992, ISBN: 0580221954, 1993). Você também pode consultar o site do Bureau International des Poids et Mesures, <http://www1.bipm.org/en/si>.

Unidades não padronizadas, mas convencionais, podem ser aceitas se não forem ambíguas e onde não houver unidade SI. Unidades não padronizadas, mas convencionais, podem ser aceitas se não forem ambíguas e onde não houver unidade SI.

**Fórmulas matemáticas** Envie as equações matemáticas como texto editável e não como imagens. Apresente fórmulas simples alinhadas com o texto normal sempre que possível e use o solidus (/) em vez de uma linha horizontal para pequenos termos fracionários, por exemplo, X / Y. Em princípio, as variáveis devem ser apresentadas em itálico. Os poderes de e são frequentemente mais convenientemente indicados por exp. Numere consecutivamente quaisquer equações que precisam ser exibidas separadamente do texto (se referidas explicitamente no texto).

### **Notas de rodapé**

As **notas de** rodapé devem ser usadas com moderação. Numere-os consecutivamente ao longo do artigo. Muitos processadores de texto podem criar notas de rodapé no texto, e esse

recurso pode ser usado. Caso contrário, indique a posição das notas de rodapé no texto e liste as notas de rodapé separadamente no final do artigo. Não inclua notas de rodapé na lista Referência.

## **Obra de arte**

### ***Arte eletrônica***

#### *Pontos gerais*

- Certifique-se de usar letras e tamanhos uniformes da arte original.
- Incorpore as fontes usadas se o aplicativo fornecer essa opção.
- Procure usar as seguintes fontes em suas ilustrações: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol ou use fontes parecidas.
- Numere as ilustrações de acordo com a sequência no texto.
- Use uma convenção de nomenclatura lógica para seus arquivos de ilustrações.
- Forneça legendas para ilustrações separadamente.
- Dimensione as ilustrações próximas às dimensões desejadas da versão publicada.
- Envie cada ilustração como um arquivo separado.
- Certifique-se de que as imagens coloridas sejam acessíveis a todos, incluindo aqueles com visão de cores prejudicada.

Um [guia detalhado sobre arte eletrônica](#) está disponível.

**Você deve visitar este site; alguns trechos das informações detalhadas são fornecidos aqui.**

#### *Formatos*

Se a arte eletrônica for criada em um aplicativo do Microsoft Office (Word, PowerPoint, Excel), forneça 'como está' no formato de documento nativo.

Independentemente do aplicativo usado que não seja o Microsoft Office, quando a arte final eletrônica for finalizada, 'Salvar como' ou converta as imagens em um dos seguintes formatos (observe os requisitos de resolução para desenhos de linhas, meios-tons e combinações de linhas / meios-tons indicados abaixo):

EPS (ou PDF): desenhos vetoriais, incorpore todas as fontes usadas.

TIFF (ou JPEG): fotografias coloridas ou em escala de cinza (meios-tons), mantenha no mínimo 300 dpi.

TIFF (ou JPEG): os desenhos de linha de bitmap (pixels em preto e branco puro) mantêm um mínimo de 1000 dpi.

TIFF (ou JPEG): as combinações de linha / meio-tons de bitmap (cores ou escala de cinza) mantêm um mínimo de 500 dpi.

#### **Por favor, não:**

- Forneça arquivos otimizados para uso na tela (por exemplo, GIF, BMP, PICT, WPG); estes geralmente têm um número baixo de pixels e um conjunto limitado de cores;
- Forneça arquivos com resolução muito baixa;
- Envie gráficos desproporcionalmente grandes para o conteúdo.

### ***Legendas das figuras***

Verifique se cada ilustração possui uma legenda. Forneça legendas separadamente, não anexadas à figura. Uma legenda deve incluir um título breve (**não** na figura) e uma descrição da ilustração. Mantenha o texto nas ilustrações em si, no mínimo, mas explique todos os símbolos e abreviações usadas.

## Tabelas

Envie tabelas como texto editável e não como imagens. As tabelas podem ser colocadas ao lado do texto relevante no artigo ou em páginas separadas no final. Numere as tabelas consecutivamente de acordo com sua aparência no texto e coloque as notas da tabela abaixo do corpo da tabela. Seja poupador no uso de tabelas e verifique se os dados apresentados nelas não duplicam os resultados descritos em outras partes do artigo. Evite usar regras verticais e sombreamento nas células da tabela.

## Referências

### ***Citação no texto***

Certifique-se de que todas as referências citadas no texto também estejam presentes na lista de referências (e vice-versa). Todas as referências citadas no resumo devem ser fornecidas na íntegra. Resultados não publicados e comunicações pessoais não são recomendados na lista de referências, mas podem ser mencionados no texto. Se essas referências forem incluídas na lista de referências, elas devem seguir o estilo de referência padrão da revista e incluir uma substituição da data de publicação por 'Resultados não publicados' ou 'Comunicação pessoal'. A citação de uma referência como 'no prelo' implica que o item foi aceito para publicação.

### ***Referências na Web***

No mínimo, o URL completo deve ser fornecido e a data em que a referência foi acessada pela última vez. Qualquer informação adicional, se conhecida (DOI, nomes de autores, datas, referência a uma publicação de origem, etc.), também deve ser fornecida. As referências da Web podem ser listadas separadamente (por exemplo, após a lista de referências) em um cabeçalho diferente, se desejado, ou podem ser incluídas na lista de referências.

### ***Estilo de referência***

Todas as citações no texto devem referir-se a:

1. Autor único: nome do autor (sem iniciais, a menos que haja ambiguidade) e o ano de publicação;
2. Dois autores: nome dos autores e ano de publicação;
3. Três ou mais autores: nome do primeiro autor seguido por 'et al.' e o ano de publicação.

As citações podem ser feitas diretamente (ou entre parênteses). Grupos de referências devem ser listados primeiro em ordem alfabética e depois cronologicamente.

Exemplos: "como demonstrado (Allan, 1996a, 1996b, 1999; Allan e Jones, 1995). Kramer et al. (2000) demonstraram recentemente ...."

Lista: As referências devem ser organizadas primeiro em ordem alfabética e depois ordenadas cronologicamente, se necessário. Mais de uma referência do (s) mesmo (s) autor

(es) no mesmo ano deve ser identificada pelas letras "a", "b", "c" etc., inseridas após o ano de publicação. Os títulos dos periódicos devem ser fornecidos na íntegra.

Exemplos:

Referência a uma publicação em revista: Cuvelier, G., Launay, B., 1986. Regimes de concentração em soluções de goma de xanto deduzidas das propriedades de fluxo e viscosidade. *Polímeros de carboidratos* 6, 321-333.

Referência a um livro: Strunk Jr., W., White, EB, 1979. *The Elements of Style*, terceira ed. Macmillan, Nova Iorque.

Referência a um capítulo de um livro editado: Mettam, GR, Adams, LB, 1999. Como preparar uma versão eletrônica do seu artigo. In: Jones, BS, Smith, RZ (Eds.), *Introdução à Era Eletrônica*. E-Publishing Inc., Nova Iorque, pp. 281-304.