

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA “ELISEU MACIEL”
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SEMENTES**



**USO DE SOPRADOR CONTÍNUO COM FLUXO VERTICAL DE AR EM
SEMENTES DE CEVADA, TREVO ENCARNADO E TRIGO**

Suemar Alexandre Gonçalves Avelar

**Pelotas
Rio Grande do Sul – Brasil
Julho de 2012**

SUEMAR ALEXANDRE GONÇALVES AVELAR

**USO DE SOPRADOR CONTÍNUO COM FLUXO VERTICAL DE AR EM
SEMENTES DE CEVADA, TREVO ENCARNADO E TRIGO**

**Tese apresentada à Universidade Federal de
Pelotas, sob orientação do Prof. Ph.D. Silmar
Teichert Peske, como exigência parcial do
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Sementes, para a obtenção do
título de Doutor em Ciências.**

Comitê de Orientação:

Prof. Ph.D.. Silmar Teichert Peske (orientador)

Prof. Ph.D. Adriel E. Garay (co-orientador)

Prof Dr. Francisco Amaral Villela (co-orientador)

Prof. PhD. Leopoldo Mário Baudet Labbé (co-orientador)

Pelotas

Rio Grande do Sul – Brasil

Julho de 2012

Dados Internacionais de Publicação (CIP)

Au

Avelar, Suemar Alexandre Gonçalves

USO DE SOPRADOR CONTÍNUO COM FLUXO VERTICAL DE AR EM SEMENTES DE CEVADA, TREVO ENCARNADO E TRIGO / Suemar Alexandre Gonçalves Avelar; Silmar Teichert Peske , orientador; Adriel E. Garay , co-orientador. - Pelotas, 2012.

195 f.: il.

Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes), FAEM, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1.Hordeum vulgare. 2.velocidade terminal. 3.Trifolium incarnatum. 4.qualidade física. 5.Triticum aestivum. I. Peske , Silmar Teichert , orient. II. Garay , Adriel E. , co-orient. III. Título.

CDD: 631.531

Catálogo na Fonte: Gabriela Machado Lopes CRB:10/1842
Universidade Federal de Pelotas

SUEMAR ALEXANDRE GONÇALVES AVELAR

**USO DE SOPRADOR CONTÍNUO COM FLUXO VERTICAL DE AR EM
SEMENTES DE CEVADA, TREVO ENCARNADO E TRIGO**

**Tese apresentada à Universidade Federal de
Pelotas, sob orientação do Prof. Ph.D. Silmar
Teichert Peske, como exigência parcial do
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Sementes, para a obtenção do
título de Doutor em Ciências.**

APROVADA: 30 de Junho de 2012

Banca Examinadora:

Prof. Ph.D.. Silmar Teichert Peske (Presidente)

Prof Dr. Francisco Amaral Villela

Prof. PhD. Leopoldo Mário Baudet Labbé

Dr. Wilner Brod Peres

Dr. Francisco Motta Bicca

DEDICO

*A Deus,
minha mãe Roselene e minhas irmãs Kelly e Kathleen
e a todos meus amigos*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela perfeição da vida e da natureza, de forma que ao compreendê-las podemos usá-las para tornar o mundo um lugar melhor.

A toda minha família e em especial a minha mãe Roselene Ferreira Gonçalves e minhas irmãs Kelly Fernanda Gonçalves e Kathleen Hannah Pereira Gonçalves, pela atenção, carinho e compreensão.

Ao professor Dr. Silmar Teichert Peske pela orientação, empenho, amizade e confiança dispensados durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Dr. Francisco Amaral Villela pela amizade, incentivo e colaboração e ao professor Dr. Leopoldo Mário Baudet Labbé pela amizade, incentivo e confiança.

Ao professor Ph.D. Adriel E. Garay por toda orientação, acolhimento, amizade e confiança e ao professor Ph.D. Sabry G. Elias pela colaboração, acolhimento e amizade dispensados durante minha permanência como estudante visitante na *Oregon State University*.

Ao engenheiro Bradford S. Whiting pela ajuda e disponibilização do equipamento, tornando possível a concretização do trabalho.

A todos os funcionários do *Oregon State University Seed Lab* pela ajuda e acolhimento.

À professora Dr^a. Maria Ângela André Tillmann e a todos os colegas do grupo Sistema de Qualidade LAS/UFPel pelo companheirismo e aprendizado durante o tempo que estivemos reunidos.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pelo companheirismo e amizade.

Aos alunos do Curso de agronomia FAEM/UFPel Marlon Scursone, Guilherme Levien, Mariana Peil da Rosa e Mario Satte Alam Neto pela ajuda e empenho oferecidos durante a condução dos trabalhos.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de fazer o doutorado, ao CNPq pela bolsa de estudos concedida e à Capes pela bolsa de doutorado Sandwich permitindo o meu aperfeiçoamento profissional.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para a execução deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Vista do soprador contínuo com fluxo vertical de ar.....	11
FIGURA 1.2 - Vista do tubo de policarbonato indicando as distâncias para medições da velocidade do ar utilizando o anemômetro de fio quente. p - distância proximal (0,022 m); m - distância média (0,038 m) e d - distância distal (0,054 m).....	12
FIGURA 1.3 - Comportamento da velocidade do ar em um tubo de policarbonato de um soprador contínuo de fluxo vertical de ar em diferentes velocidades do ventilador operando com diferentes frequências do motor.....	13
FIGURA 1.4 - Amplitude da velocidade do ar em um tubo de policarbonato de um soprador contínuo de fluxo vertical de ar regulado para diferentes velocidades do ventilador e diferentes frequências do motor.....	14
FIGURA 1.5 – – Desvio padrão da velocidade do ar em um tubo de policarbonato de um soprador contínuo de fluxo vertical de ar regulado para diferentes velocidades do ventilador e diferentes frequências do motor.....	15
FIGURA 1.6 - Coeficiente de variação da velocidade do ar em um tubo de policarbonato de um soprador contínuo de fluxo vertical de ar regulado para diferentes velocidades do ventilador e diferentes frequências do motor.....	16
FIGURA 1.7 - Perfil da velocidade do ar em diferentes distâncias na horizontal em um soprador contínuo com fluxo vertical de ar regulado para frequência do motor em faixa baixa *(sem peneira).....	20
FIGURA 1.8 - Perfil da velocidade do ar em diferentes distâncias horizontal em um soprador contínuo com fluxo vertical de ar regulado para frequência do motor em faixa alta *(sem peneira).....	20
FIGURA 1.9 - Perfil da velocidade do ar em diferentes distâncias horizontal em um soprador contínuo com fluxo vertical de ar regulado para frequência do motor em faixa baixa (com peneira).....	22
FIGURA 1.10 - Perfil da velocidade do ar em diferentes distâncias horizontal em um soprador contínuo com fluxo vertical de ar regulado para frequência do motor em faixa alta *(com peneira).....	23
FIGURA 2.1 - Distribuição de frequência de suspensão dos componentes do lote de	

sementes de cevada em diferentes velocidades do ar.....	34
FIGURA 2.2 - Amplitude de velocidade do ar na separação de diferentes materiais.....	37
FIGURA 2.3 – Pureza física de sementes de cevada após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.....	38
FIGURA 2.4 - Peso de mil sementes de cevada após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.....	39
FIGURA 2.5 - Germinação, índice de velocidade de germinação, massa de matéria seca de plântulas (MMSP) aos sete e 14 dias após a semeadura de sementes de cevada beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.....	41
FIGURA 2.6 - Identificação do ponto ótimo para limpeza de sementes de cevada. O ponto de intersecção das linhas de porcentagem de sementes e de impurezas é equivalente ao ponto ótimo para limpeza de sementes.....	42
FIGURA 3.1 - Distribuição de frequência de suspensão de sementes certificadas de trevo encarnado em diferentes velocidades do ar.....	55
FIGURA 3.2 - Peso de mil sementes de trevo encarnado após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.....	56
FIGURA 3.3 - Sementes de trevo encarnado após serem sopradas em diferentes velocidades do ar em soprador de fluxo contínuo com fluxo vertical de ar (A: 8 m.s^{-1} ; B: 9 m.s^{-1} ; C: 10 m.s^{-1} ; D: 11 m.s^{-1} ; E: 12 m.s^{-1} ; F: 13 m.s^{-1}).....	57
FIGURA 3.4 - Germinação, índice de velocidade de germinação, massa de matéria seca de plântulas (MMSP) aos sete e 14 dias após a semeadura de sementes de trevo encarnado beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.....	58
FIGURA 3.5 - Emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência de plântulas e massa de matéria seca de plântulas (MMSP) aos sete e 14 dias após a semeadura de sementes de trevo encarnado beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.....	59
FIGURA 3.6 - Identificação do ponto ótimo para aprimoramento da qualidade de sementes de trevo encarnado cv. Bolsena. O ponto onde as linhas de tendência se cruzam é equivalente ao ponto ótimo para germinação (A), Emergência de plântulas (B), IVE (C) e massa de matéria seca (MMSP) aos sete dias.....	61
FIGURA 4.1 - Sementes de trigo após serem sopradas em diferentes velocidades do ar	

em soprador de fluxo contínuo com fluxo vertical de ar (A: sementes sopradas em velocidades do ar crescente iniciando em 8 m.s-1 até 17 m.s-1 da esquerda para a direita; B: Frações utilizadas para formar os grupos para avaliação da qualidade fisiológica antes da separação; C: grupos formados para avaliação da qualidade fisiológica).....	73
FIGURA 4.2 - Distribuição de frequência de suspensão dos componentes do lote de sementes de trigo em diferentes velocidades do ar.....	74
FIGURA 4.3 - Amplitude de velocidade do ar onde foram separados diferentes materiais presentes em lotes de sementes de trigo.....	77
FIGURA 4.4 - Diferentes partículas após separação de sementes de trigo após serem sopradas em diferentes velocidades do ar em soprador de fluxo contínuo com fluxo vertical de ar (A: sementes puras; B: palha, poeira e partes de inseto; C: sementes quebradas e haste; D: comparação entre sementes puras e hastes de planta de trigo).....	78
FIGURA 4.5 - – Amplitude de velocidade do ar onde foram separados diferentes sementes de invasoras presentes em lotes de sementes de trigo.....	79
FIGURA 4.6 - Pureza física de sementes de trigo após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.....	81
FIGURA 4.7 - Peso de mil sementes de trigo após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.....	81
FIGURA 4.8 - Germinação de sementes de trigo beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.....	82
FIGURA 4.9 – Massa de matéria seca de plântulas de trigo beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.....	83
FIGURA 4.10 – Identificação do ponto ótimo para aprimoramento da qualidade de sementes de trigo. O ponto onde as curvas do peso acumulativo de sementes e impurezas se cruzam é equivalente ao ponto ótimo limpeza de sementes de trigo.....	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 - Temperatura, umidade relativa do ar e voltagem do equipamento em diferentes avaliações.....	17
TABELA 1.2 – Coeficiente de correlação entre voltagem e diferentes determinações realizadas com o soprador operando com faixa baixa e sete diferentes velocidades do ar.....	18
TABELA 2.1 – Média, mediana, moda, desvio padrão, coeficiente de curtose e coeficiente de assimetria da distribuição de frequência da velocidade do ar para suspensão dos componentes do lote de sementes de cevada.....	35
TABELA 3.1 - Germinação, sementes duras, sementes viáveis totais, pureza física, teor de água e peso de mil sementes de lotes de sementes de trevo encarnado utilizados no experimento.....	52
TABELA 3.2 – Média, mediana, moda, desvio padrão, coeficiente de curtose e coeficiente de assimetria da distribuição de frequência da velocidade do ar para suspensão de sementes de trevo encarnado.....	55
TABELA 4.1 – Média, mediana, moda, desvio padrão, coeficiente de curtose e coeficiente de assimetria da distribuição de frequência da velocidade do ar para suspensão dos componentes do lote de sementes de trigo.....	75

Sumário

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1	6
PERFIL DA VELOCIDADE DO AR EM SOPRADOR CONTÍNUO COM FLUXO VERTICAL	6
RESUMO	6
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
Equipamento	10
Avaliação 1 – Constância da velocidade do ar	10
Avaliação 2 – Perfil da velocidade do ar na horizontal em um tubo vertical.....	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
Constância da velocidade do ar.....	13
Perfil da velocidade do ar na horizontal em um tubo vertical	19
CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 2	28
BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE CEVADA EM SOPRADOR CONTÍNUO UTILIZANDO FLUXO VERTICAL DE AR.....	28
RESUMO	28
ABSTRACT	29
INTRODUÇÃO	30
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
Separação e limpeza	34
Qualidade fisiológica.....	40
Ponto ótimo para limpeza e qualidade fisiológica	42
CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	45
CAPÍTULO 3	48

APRIMORAMENTO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE TREVO ENCARNADO EM SOPRADOR CONTÍNUO UTILIZANDO FLUXO DE AR VERTICAL	48
RESUMO	48
ABSTRACT	49
INTRODUÇÃO	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS.....	64
CAPÍTULO 4	67
BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE TRIGO EM SOPRADOR CONTÍNUO UTILIZANDO FLUXO VERTICAL DE AR.....	67
RESUMO	67
ABSTRACT	68
INTRODUÇÃO	69
MATERIAL E MÉTODOS.....	70
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
Separação e limpeza	74
Qualidade Fisiológica.....	82
Ponto ótimo para limpeza e qualidade fisiológica	84
CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS.....	87
CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
CONCLUSÃO GERAL	93
REFERÊNCIAS	94

RESUMO

USO DE SOPRADOR CONTÍNUO COM FLUXO VERTICAL DE AR EM SEMENTES DE CEVADA, TREVO ENCARNADO E TRIGO UFPel, 2012

Autor: Suemar Alexandre Gonçalves Avelar

Orientador: Prof. Silmar Teichert Peske

A separação das sementes empregando como base as suas propriedades aerodinâmicas pode ser utilizada para remover sementes mal formadas e impurezas. A separação pelo ar pode ser utilizada isolada ou em conjunto com outras separações como no caso da máquina de ar e peneiras ou da mesa de gravidade, por exemplo. Dentre os equipamentos para separação utilizando apenas ar encontra-se o soprador contínuo com fluxo vertical de ar. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o soprador contínuo com fluxo vertical de ar na limpeza de sementes de cevada, trevo encarnado e trigo e no aprimoramento da qualidade fisiológica. Após a preparação das amostras de cada espécie, estas foram submetidas ao soprador regulado para velocidade do ar de 6 m.s^{-1} a 14 m.s^{-1} (cevada), 8 m.s^{-1} a 13 m.s^{-1} (trevo encarnado) e 8 m.s^{-1} a 13 m.s^{-1} (trigo), em intervalos regulares de 1 m.s^{-1} . Avaliou-se a pureza física, o peso de mil sementes e a qualidade fisiológica. Concluiu-se que: 1 - é possível limpar sementes de cevada e trigo e aprimorar a qualidade dos lotes, utilizando soprador contínuo com fluxo vertical de ar; 2 - as velocidades do ar 9 , 10 e 11 m.s^{-1} foram adequadas para a limpeza e aprimoramento da qualidade de sementes de cevada, trevo encarnado e trigo respectivamente em soprador contínuo com fluxo vertical de ar, considerando a pureza física, germinação e o vigor e porcentagem de descarte de sementes aceitável; 3 - ocorre um gradiente horizontal da velocidade do ar no tubo plástico do soprador contínuo; 4 - a voltagem interfere na velocidade do ar no tubo plástico vertical em baixas velocidades do ventilador em soprador contínuo com fluxo vertical de ar.

Palavras chaves: *Hordeum vulgare*, *Trifolium incarnatum*, *Triticum aestivum*, velocidade terminal, qualidade física, qualidade fisiológica

ABSTRACT

USE OF CONTINUOUS FLOWING BLOWER WITH VERTICAL AIR STREAM IN BARLEY, WHEAT AND CRIMSON CLOVER SEEDS

UFPeI, 2012

Author: Suemar Alexandre Gonçalves Avelar

Adviser: Prof. Silmar Teichert Peske

The seed separation based on aerodynamical properties can be carried out to remove poor nourished or empty seeds and impurities. Air separation can be used alone or in conjunction with other separation as in air screen cleaner or gravity table separators. Among equipment there is the continuous flowing blower that uses only a vertical air stream to perform seed cleaning. So, the aim of this study was to evaluate the continuous seed blower with vertical air stream on barley, crimson clover and wheat seeds cleaning and quality upgrading. Seed samples of each specie were prepared and moisture content determined. The samples were blown at following air velocities: 6 m.s⁻¹ to 14 m.s⁻¹ (barley), 8 m.s⁻¹ to 13 m.s⁻¹ (crimson clover) and 8 m.s⁻¹ to 13 m.s⁻¹ (wheat), in 1 m.s⁻¹ intervals. Physical purity, the thousand seed weight and the physiological quality (germination and vigor) were quantified. It was conclude that: 1 - it is possible to cleaning barley, crimson clover and wheat seeds and quality upgrading seed lots in a continuous flowing blower with vertical airstream; 2 - the air velocity 9, 10 and 11 m.s⁻¹ where adequate to cleaning and quality upgrading barley, crimson clover and wheat seeds, respectively in the continuous flowing blower, considering seed physical purity, germination and vigor and acceptable seed discharge percentage; 3 - there is an horizontal air velocity gradient in the continuous flowing blower plastic tube; 4 - the voltage affect the air velocity in the plastic tube at low fan velocities in the continuous flowing blower with vertical airstream.

Keywords: *Hordeum vulgare*, *Trifolium incarnatum*, *Triticum aestivum*, terminal velocity, physical quality, physiological quality

INTRODUÇÃO

A indústria de sementes tem um papel fundamental no desenvolvimento da agricultura e garantia da soberania alimentar de uma nação. Porém, para que essa missão seja alcançada, é necessário que o agricultor, consumidor final da matéria prima fornecida por essa indústria, seja abastecido com sementes de alta qualidade, o que implica em valor para utilização pelos agricultores. Porém, o que é a qualidade de sementes e o que define o valor para utilização pelos agricultores?

A qualidade de sementes é definida por um padrão de excelência em certos atributos que contribuem para que apresentem melhor desempenho após a semeadura. Ao longo dos anos, diversos autores têm discutido os principais atributos que afetam o desempenho de um determinado lote de sementes (POPINIGIS, 1977; COPELAND e MACDONALD, 1995; GREEG e BILLUPS, 2010a; PESKE e BARROS, 2012). Os atributos da qualidade das sementes são físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários. Logo, uma semente de elevada qualidade apresenta-se basicamente: com padrões aceitáveis de impurezas, sementes de plantas invasoras nocivas e de mistura com sementes de outras variedades, bem formada, com elevado poder germinativo, uniformidade de emergência das plântulas em campo e livre de patógenos que podem ser disseminados pela lavoura reduzindo a produtividade e até a mesmo tornar impraticável um determinado cultivo em um região. Esse padrão é alcançado por meio de um rígido controle de qualidade nas diversas etapas da produção de sementes.

A semente é colhida com uma série de materiais indesejáveis, que devem ser removidos para assegurar uma boa semeadura. Para fazer a apropriada separação entre sementes de alta qualidade, impurezas e sementes malformadas é necessário o conhecimento de algumas propriedades físicas das sementes e do material a ser separado (cor, tamanho, forma, peso, textura superficial, velocidade terminal, etc.), o que torna possível a escolha da máquina correta para realizar a separação desejada. A importância da escolha das máquinas e operações corretas as quais as sementes devem ser submetidas após a colheita, levou Greeg e Billups (2010a) a incluir a qualidade de beneficiamento entre os atributos da qualidade das sementes, o que implica naqueles atributos que podem ser trazidos a uma condição que a

torna adequada à utilização pelo agricultor e incrementam o potencial de armazenamento (teor de água, dano mecânico, tamanho de sementes e uniformidade) e a eficiência nas operações. Os autores também descrevem uma sequência de máquinas que proporcionam a melhor limpeza de sementes de forma eficiente para diversas espécies (GREEG e BILLUPS, 2010c). Alguns contaminantes, porém, necessitam de atenção especial por mimetizarem as sementes em suas propriedades físicas, tornando o processo de separação praticamente impossível, o que exige atenção redobrada nos campos de produção, pois uma lavoura limpa é a melhor forma de evitar materiais indesejáveis.

A velocidade terminal é uma das propriedades aerodinâmicas mais importantes em processos de beneficiamento de sementes. É descrita como o ponto onde uma partícula lançada verticalmente é estabilizada ou suportada por um fluxo de ar vertical oposto a esse movimento, ou seja, é o ponto onde a força de gravidade que atrai a semente para baixo e a resistência oferecida pelo ar a esse movimento, representada pela força de arraste, se equivalem (MACMILLAN, 2007a). Os valores da velocidade terminal e do coeficiente de arraste caracterizam a semente numa *condição de velocidade terminal*. Como pode ser observado na equação a seguir, a velocidade terminal depende da massa, densidade e da forma das sementes, o que induz a conclusão que seja uma das propriedades mais sensíveis para o beneficiamento de sementes.

$$U_t^2 = 2mg \frac{\rho_p - \rho_f}{C_t A \rho_p \rho_f} \quad (1)$$

Sendo:

U_t : velocidade terminal;

m : massa da partícula;

g : aceleração da gravidade;

C_t : coeficiente de arraste na velocidade terminal;

A : área projetada da partícula;

ρ_p e ρ_f : densidades da partícula e fluido respectivamente.

Muitos processos naturais como sementes sendo levadas pelo ar, gotas de chuva chegando ao solo e partículas de solo sendo levadas pelo ar, envolvem o comportamento aerodinâmico de partículas (MACMILLAN, 2007a), o que é representado principalmente pela velocidade terminal. Por outro lado, a velocidade terminal está presente em muitos processos

artificiais induzidos pelo homem buscando se beneficiar da interação fluído-partícula. Neste sentido, o uso do soprador de sementes foi sugerido como alternativa à técnica padrão de flutuação em água para separar materiais mais leves em experimentos arqueológicos (RAMENOFISKY *et al.*, 1986), um limpador de ar aerodinâmico, pode ser utilizado para remover partículas de poeira do ar (TAN *et al.*, 2005) enquanto transportadores pneumáticos podem ser utilizados para movimentar produtos agrícolas (GUNER, 2007; HEMMAT *et al.*, 2007).

Provavelmente, a separação de materiais inertes de sementes seja o exemplo mais comum e mais antigo do uso da velocidade terminal em benefício do homem. Referências bíblicas remetem ao ato de joeirar ou padejar, técnica que utiliza uma peneira ou pá para atirar as sementes ao ar para limpá-las com a ajuda do ar, demonstrando que os benefícios do uso do ar para limpeza de sementes, já eram conhecidos, ainda que empiricamente, séculos antes de Cristo. Hoje, porém, com o desenvolvimento da indústria de máquinas para o beneficiamento de sementes, a separação usando ar pode ser feita em conjunto com outras propriedades, como por exemplo, as separações realizadas na máquina de ar e peneiras ou na mesa de gravidade que utilizam separação pela velocidade terminal em conjunto com a separação por tamanho (peneiras) ou densidade, respectivamente. Entretanto, existem máquinas como os separadores pneumáticos e aspiradores, que separam apenas de acordo com o comportamento das sementes em um fluxo de ar (GREGG e BILLUPS, 2010b).

Separadores pneumáticos e aspiradores são utilizados para fazer uma separação de sementes muito específica, baseada na velocidade terminal, cujo controle permite uma precisa separação de sementes por densidade. A principal diferença entre esses separadores se deve a posição do ventilador. Enquanto nos separadores pneumáticos o ventilador se encontra no final da coluna da separação, gerando uma corrente de ar com pressão positiva (pressão do ar maior que a pressão atmosférica) fluindo pela massa de sementes, a disposição do ventilador no fim do ponto de descarga das sementes na coluna de ar, faz com que o fluxo de ar em um aspirador tenha pressão negativa, ou seja, a pressão do ar é menor que a pressão atmosférica (GREGG e BILLUPS, 2010b). A maioria desses separadores produzem duas frações, uma com material leve e outra com material de maior densidade, porém alguns equipamentos podem classificar de uma única vez várias frações.

Estudos vêm sendo desenvolvidos ao longo dos anos na busca do aperfeiçoamento de máquinas e processos de limpeza de sementes em fluxo de ar. Assim, Bilanski *et al.* (1963) estudaram o comportamento de sementes de diversas espécies em um tubo vertical de ar e usando análises de fotografia, determinaram que o arraste é influenciado pelo movimento

giratório das sementes no tubo. Outros trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de estudar as propriedades aerodinâmicas de sementes e impurezas (SHELLARD e MACMILLAN, 1978; GLORIAL e CALLAGHAN, 1990; KHOSHTAGHAZA e MEHDIZADEH, 2006; SONG *et al.*, 1990; SONG e LITCHFIELD, 1991; GUNER, 2007; GÜRSOY e GÜZEL, 2010) enquanto alguns autores focaram seus estudos na separação de sementes em um fluxo de ar vertical (FARRAN e MACMILLAN, 1979; GLORIAL e CALLAGHAN, 1991a; GARAY *et al.*, 2009a;b) ou na separação das sementes enfocando o comportamento aerodinâmico das partículas em fluxo de ar horizontal (KASHAYAP e PANDYA, 1965; KASHAYAP e PANDYA, 1966; GLORIAL e CALLAGHAN, 1991b; ADEWUMI *et al.*, 2006a, b, 2007). O conhecimento acumulado ao longo dos anos por diversos pesquisadores, e a visão da necessidade de soluções de problemas envolvendo a relação fluído-partícula permitiu ao professor Ross H. Macmillan, pesquisador da Universidade de Melbourne na Austrália, a produção de um software, para auxiliar nos estudo do comportamento aerodinâmico de partículas e no design de equipamentos (MACMILLAN, 2007a, b, 2008).

Embora tenha se acumulado conhecimento ao longo dos anos sobre o comportamento de sementes em um fluxo de ar, essas pesquisas focaram apenas a separação de impurezas de sementes, e informações sobre uso da velocidade terminal para melhoria da qualidade fisiológica de sementes ainda são escassas. Ahrin e Franks (1968) utilizaram um soprador modelo *South Dakota* para eliminar sementes mal formadas de *Tripsacum dactyloides* L. e melhorar a qualidade do lote. Posteriormente, esse procedimento foi repetido por Douglas *et al* (2000), entretanto dessa vez foi utilizado um aspirador. Garay *et al.*(2009b) demonstraram que sementes separadas nas velocidades do ar mais baixas em um soprador tipo *general seed blower* não apresentaram valor para semeadura. Salienta-se que nas pesquisas com sopradores, os equipamentos utilizados foram projetados para a realização do teste de pureza física que utiliza pouca quantidade de sementes, o que junto com a ausência de um fluxo contínuo limita a sua utilização para processos comerciais de beneficiamento.

O *Continuous Seed Blower* é um soprador contínuo com fluxo vertical de ar em escala de laboratório, desenvolvido pela *Mater Seed Equipment*TM em parceria com o laboratório de sementes da Universidade Estadual de Oregon (*Oregon State University*). A máquina permite a regulagem da velocidade do ar pela quantidade de giros do ventilador (velocidade) e a frequência do motor. As características desejáveis quanto à regulagem da velocidade do ar e o fluxo contínuo de sementes permitem uma avaliação eficiente da

qualidade de separações entre sementes de alta qualidade, impurezas e sementes de baixa densidade em um fluxo de ar, durante o beneficiamento.

A hipótese deste trabalho baseia-se na teoria de que as velocidades terminais das sementes e das impurezas, bem como sementes de qualidade inferior presentes em um lote, diferem-se suficientemente para que, que se encontre uma velocidade do ar adequada em um equipamento que permita uma calibração precisa sendo possível separar sementes de impurezas e ainda aprimorar a qualidade de lotes por meio da eliminação de sementes de qualidade inferior utilizando apenas um fluxo de ar vertical.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial do soprador contínuo com fluxo vertical de ar no beneficiamento de sementes de cevada, trevo encarnado e trigo utilizando diferentes velocidades de ar.

Para que o objetivo fosse alcançado o presente trabalho foi dividido em quatro capítulos. No primeiro, foi avaliado e discutido o perfil da velocidade do ar por meio da avaliação da constância ou uniformidade da velocidade em diferentes avaliações e do gradiente da velocidade do ar horizontalmente. No segundo capítulo foi avaliada a eficiência do soprador para limpeza e aprimoramento da qualidade fisiológica de sementes de cevada. O terceiro capítulo consiste na avaliação do uso do soprador para aprimoramento da qualidade de lotes de sementes de trevo encarnado, que já atendam aos padrões mínimos para a comercialização. Finalmente, o quarto capítulo baseia-se no estudo da eficiência do soprador para limpeza e aprimoramento da qualidade de sementes de trigo.

CAPÍTULO 1

PERFIL DA VELOCIDADE DO AR EM SOPRADOR CONTÍNUO COM FLUXO VERTICAL

RESUMO - A separação de sementes de outros materiais durante o beneficiamento é baseada na diferença das propriedades físicas entre as sementes e os materiais indesejáveis, o que permite a escolha da máquina correta para realizar a separação apropriada. Dentre essas propriedades a velocidade terminal é uma das mais importantes. Separadores pneumáticos e aspiradores são utilizados para fazer uma separação de sementes específica, baseada na velocidade terminal, cujo controle permite uma precisa separação de sementes por densidade. O objetivo desse trabalho foi avaliar a constância da velocidade do ar obtida durante diferentes medições em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e o comportamento da velocidade vertical do ar medida em diferentes distâncias na seção horizontal do tubo plástico por onde passa o fluxo de ar. A máquina utilizada foi o *Continuous Seed Blower* (Mater Seed Equipment[®]) e foram realizados dois estudos. No primeiro estudo foi utilizado um anemômetro rotatório Turbo Meter (Davis instrument[®]) para medição da velocidade do ar em diferentes regulagens da velocidade do ventilador e frequência do motor. No segundo estudo foi utilizado um anemômetro de fio quente Testo 425 (Testo[®]) para medição da velocidade do ar em três diferentes distâncias horizontais em relação à posição de entrada no tubo, sendo elas 0,022 m, 0,038 m e 0,054 m e o soprador regulado conforme estudo 1. Concluiu-se que: 1 - a tensão da corrente elétrica interfere na velocidade do ar no tubo plástico vertical se o soprador contínuo está regulado para baixas velocidades do ventilador; 2 - existe um gradiente horizontal da velocidade do ar no interior do tubo plástico em soprador contínuo com fluxo vertical de ar.

Palavras-chaves: velocidade terminal, gradiente de velocidade

AIR VELOCITY PROFILE IN A CONTINUOUS FLOWING BLOWER WITH VERTICAL AIR STREAM

ABSTRACT – Seed and undesirable material separation during conditioning is done according to the difference in aerodynamical properties, it allow choosing the correct machinery to accomplish the appropriate cleaning. Among this properties terminal velocity is one of most important. Pneumatic separators and aspirators are used to achieve a very specific separation by terminal velocity allowing seed grading by density. The aim of this study was to evaluate the constancy of terminal velocity and the air velocity behavior measured in different horizontals distance in the plastic tube. The machine used on the study was the Continuous Seed Blower (Mater Seed EquipmentTM) and two studies were undertaken. In the first study was used the rotary anemometer Turbo Meter (Davis instrumentTM) to measure the air velocity in different sets of fan velocity and motor frequency. In the second study was used a hot-wire anemometer Testo 425 (TestoTM) to measure the air velocity in three different horizontals distances in relation to tube entrance as follow: 0.022 m, 0.038 m and 0.054 m and the blower set according to study 1. It was conclude that: 1 - voltage affects the air velocity when the blower is set to low air velocity; 2 - there is a horizontal gradient in the air velocity on the plastic tube.

Keywords: terminal velocity, horizontal gradient

INTRODUÇÃO

Para separar sementes de outros materiais durante o beneficiamento é necessário o conhecimento de diferenças entre suas propriedades físicas, o que possibilita a escolha da máquina correta para realizar a separação apropriada. Essas propriedades são principalmente tamanho, forma, peso, textura superficial, velocidade terminal, dentre outras (GREGG e BILLUPS, 2010a; PESKE e BAUDET, 2012). A velocidade terminal é uma das mais importantes propriedades aerodinâmicas das sementes (SONG e LITCHFIELD, 1991) definida pela velocidade do ar na qual uma partícula em queda livre em um fluxo de ar ascendente é mantida em equilíbrio, ou seja, a força de gravidade que atrai a semente para baixo é equivalente à força de arraste que se opõe a esse movimento (MACMILLAN, 2007). Como a velocidade terminal é dependente da massa e da forma (área) das sementes, espera-se que essa propriedade seja uma das mais sensíveis para processos de beneficiamento de sementes.

Separadores pneumáticos e aspiradores são utilizados para fazer uma separação de sementes muito específica, baseada na velocidade terminal, cujo controle permite uma precisa separação de sementes por densidade. A principal diferença entre esses separadores se deve a posição do ventilador. Nos separadores pneumáticos, o ventilador encontra-se no final da coluna de separação, de forma que existe uma corrente de ar com pressão positiva (pressão do ar maior que a pressão atmosférica) fluindo pela massa de sementes. Por outro lado, nos aspiradores, a disposição do ventilador ao fim do ponto de descarga das sementes na coluna de ar faz com que o fluxo de ar tenha pressão negativa, ou seja, a pressão do ar é menor que a pressão atmosférica (GREGG e BILLUPS, 2010b). A maioria desses separadores produz duas frações, uma com material leve e outra com material de maior densidade, porém alguns equipamentos podem classificar de uma única vez várias frações.

Os sopradores são separadores pneumáticos que podem ser classificados em dois tipos: sopradores com fluxo horizontal de ar ou de fluxo cruzado e separadores com fluxo vertical de ar. Em um separador de sementes de fluxo de ar cruzado, um fluxo de ar na horizontal ou inclinado em relação a horizontal, passa por uma porção de sementes descendente na vertical deslocando essa massa de sementes a diferentes distâncias na horizontal de acordo com as propriedades aerodinâmicas (KASHAYAP e PANDYA, 1965; KASHAYAP e PANDYA, 1966; GLORIAL e CALLAGAN, 1991b; ADEWUMI *et al.*, 2006 a, b, 2007; GREGG e BILLUPS, 2010b). No processo de separação de sementes utilizando

fluxo vertical de ar é necessário que haja diferença nas propriedades aerodinâmicas dos diferentes materiais de modo que a fração mais leve seja carregada de maneira ascendente e favorável ao fluxo de ar, enquanto a fração mais pesada trespassa o mesmo, movendo de forma descendente e contrária a este (BILANSKI *et al.*, 1963; SHELLARD e MACMILLAN, 1978; FARRAN e MACMILLAN, 1979; GLORIAL e CALLAGHAN, 1990; GLORIAL e CALLAGHAN, 1991a; GARAY *et al.*, 2009 a, b; GREGG e BILLUPS, 2010b).

Além da amplitude de velocidade do ar e capacidade para trabalhar com diversas quantidades de sementes, um soprador com fluxo de ar vertical precisa apresentar uniformidade em relação à velocidade do ar na seção horizontal e baixa turbulência na seção vertical, pois distúrbios no fluxo de ar podem afetar o comportamento dos diferentes componentes do lote de sementes no fluxo de ar, visto a gama de formas e tamanhos das partículas dos materiais presentes em um lote de sementes, o que pode contribuir para uma inadequada separação.

Foi observado que durante a separação em um túnel vertical dificilmente as sementes tomam uma posição em que a maior seção transversal apresenta-se estável ao fluxo de ar e normalmente sofrem uma rotação durante o processo e a semente tende a subir até uma posição que apresenta velocidade do ar inferior e cair até a posição que apresente uma maior velocidade do ar, girando sobre um eixo vertical (BILANSKI *et al.*, 1963). Por outro lado, o comportamento de hastes de plantas em um fluxo de ar, vai depender do tamanho, da presença e da posição dos nós (SHELLARD e MACMILLAN, 1978; GLORIAL e CALLAGHAN, 1990; GLORIAL e CALLAGHAN, 1991a; KHOSHTAGHAZA e MEHDIZADEH, 2006). O comportamento de diferentes materiais inertes em um fluxo de ar vai depender do tamanho e peso da partícula, o que fica difícil de prever frente a gama de tamanhos e densidades dos diferentes materiais encontrados em um lote de sementes. Informação sobre gradientes de velocidade do ar no tubo e como isso pode afetar o comportamento das partículas, são escassas.

A hipótese deste trabalho baseia-se na teoria de que o comportamento de sementes e impurezas em um fluxo de ar vertical é influenciado pelas propriedades aerodinâmicas das sementes e pelo perfil da velocidade do ar. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a constância e comportamento da velocidade do ar vertical em diferentes distâncias na seção horizontal do tubo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de sementes da Universidade Estadual de Oregon (OSU Seed Lab), localizado na cidade de Corvallis-OR-EUA.

Equipamento

A máquina utilizada foi o soprador contínuo com fluxo vertical de ar (Mater Seed Equipment[®]). Este soprador é composto por um ventilador com motor de 1,3 CV com calibração da velocidade do ar pela quantidade de giros (velocidade) cuja regulagem pode ser feita no painel de controle em uma escala que vai de 0 a 999 giros por minuto ($\text{giros} \cdot \text{min}^{-1}$), e a frequência do motor do ventilador pode ser regulada para trabalhar com a tensão em faixa baixa ou alta. Quando o equipamento está regulado para trabalhar com a tensão na faixa alta fornece a máxima voltagem necessária para uma dada regulagem. Por outro lado, quando regulado para a tensão em faixa baixa ele fornece apenas 40% da voltagem em uma mesma regulagem. Um tubo vertical de policarbonato de 0,95 m de comprimento (da base ao topo) e 0,07 m de diâmetro com uma descarga na parte superior, que apresenta um coletor acoplado a ela, em que os materiais que estão sendo suspensos, ao chegarem nesse ponto, ficam expostos a uma velocidade do ar inferior a velocidade terminal e conseqüentemente caem por ação da gravidade na saída do coletor enquanto que o material mais pesado é descarregado na parte inferior do tubo, onde se localiza uma peneira de malha fina (1 mm) angulada (45°). A peneira angulada localiza-se a 0,22 m de altura da base da caixa de madeira onde se situa o ventilador e a 0,30 m do ponto de alimentação das sementes no tubo, que fica a 0,27 m da descarga da parte superior que apresenta o coletor acoplado, o que implica em um comprimento efetivo de coluna (porção do tubo onde ocorre fluxo de sementes) de 0,57 m. As sementes são colocadas por um alimentador vibratório Syntron[®] para operar de forma contínua (Figura 1.1).

Avaliação 1 – Constância da velocidade do ar

No primeiro estudo, o perfil da velocidade do ar no soprador contínuo com fluxo vertical de ar, foi determinado para verificar a constância da velocidade do ar para uma dada regulagem do equipamento. Para determinar essa constância, a velocidade do ar foi avaliada durante diferentes horários e dias utilizando um anemômetro rotatório *Turbo Meter*[®] (Davis instrument) acoplado em uma abertura no tubo localizada a 0,22 m do ponto central da peneira angulada próxima a descarga. Regulou-se o soprador para a velocidade 0 $\text{giros} \cdot \text{min}^{-1}$ e a tensão em faixa baixa, sendo mantido por 10 minutos nessa posição antes de iniciar as

medições. Após cada medição, a velocidade do ventilador foi alterada e após 60 segundos de funcionamento, a velocidade do ar era anotada. O procedimento foi repetido para cada aumento na velocidade do ventilador em intervalo de 50 giros.min⁻¹, até atingir a velocidade máxima de 999 giros.min⁻¹. Após isso o soprador foi ajustado para trabalhar com a tensão em faixa alta e o procedimento repetido.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x21 (faixa x velocidade) com quatro repetições. As médias foram submetidas à adequação de modelo polinomial e medidas de dispersão utilizando o software estatístico Winstat 1.0. A avaliação foi repetida 15 vezes em diferentes momentos de utilização do equipamento dentro do laboratório, sendo cada avaliação considerada individualmente, porém os dados representados por uma curva média e a dispersão dos dados em relação à curva. Também determinaram-se a temperatura e a umidade relativa do ar e a voltagem do equipamento durante as avaliações, procurando correlacionar com os desvios na velocidade do ar.



A – Caixa de madeira que comporta o ventilador;

B – Tubo de policarbonato;

C – Coletor;

D – ponto de descarga de material mais pesado;

E – Peneira angulada

F – Alimentador vibratório;

G – G1: Prateleira regulável na posição para coleta de material vindo do coletor;

G2: 2ª prateleira, disponível para acoplar no ponto de coleta de material oriundo da posição D;

H – Painel de controle

FIGURA 1.1 – Vista do soprador contínuo com fluxo vertical de ar.

Avaliação 2 – Perfil da velocidade do ar na horizontal em um tubo vertical

Para esse estudo foi utilizado um anemômetro de fio quente Testo 425[®] (Testo) - inserido na altura de 0,22 m em relação ao ponto central da peneira angulada próximo à descarga. As avaliações da velocidade do ar foram feitas considerando três diferentes distâncias em relação à posição de entrada do anemômetro no tubo: 0,022 m, 0,038 m e 0,054 m (Figura 1.2). O soprador foi regulado para a velocidade 0 giros.min⁻¹ e a tensão do motor em faixa baixa e após ligado foi mantido por 10 minutos nessa posição antes de iniciar as medições. Após cada medição, o anemômetro era movimentado para a próxima distância onde permanecia 10 segundos e a velocidade do ar predominante durante os próximos 10 segundos era marcada. Após esse procedimento, a velocidade do ventilador era alterada e após aguardar 60 segundos para estabilização do equipamento, o método descrito anteriormente se repetia. Essa metodologia foi repetida para cada aumento na velocidade do ventilador em intervalo de 50 giros.min⁻¹, até atingir a velocidade máxima de regulação do ventilador de 999 giros.min⁻¹. Finalmente o soprador era ajustado para trabalhar com a tensão do motor em faixa alta.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x20x3 (faixa x velocidade x distância), com quatro repetições. Após verificar diferença significativa, as médias foram adequadas ao modelo polinomial utilizando o software estatístico Winstat 1.0. As avaliações foram repetidas com e sem a tela angulada, sendo cada condição considerada um experimento.

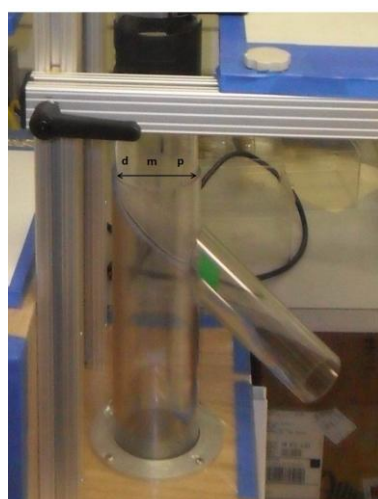


FIGURA 1.2 – Vista do tubo de polycarbonato indicando as distâncias para medições da velocidade do ar utilizando o anemômetro de fio quente. p – distância proximal (0,022 m); m – distância média (0,038 m) e d – distância distal (0,054 m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constância da velocidade do ar

A velocidade do ar mostrou interação significativa entre a velocidade do ventilador e faixa de tensão.

Para o equipamento regulado funcionando com a frequência do motor em tensão de faixa baixa, verificou-se que a velocidade do ar variou de 0 a $14,1 \text{ m.s}^{-1}$ quando regulado para $999 \text{ giros.min}^{-1}$ (Figura 1.3). A equação se ajustou ao modelo quadrático com um coeficiente de determinação de 0,99, evidenciando um bom ajuste da equação em relação aos dados observados.

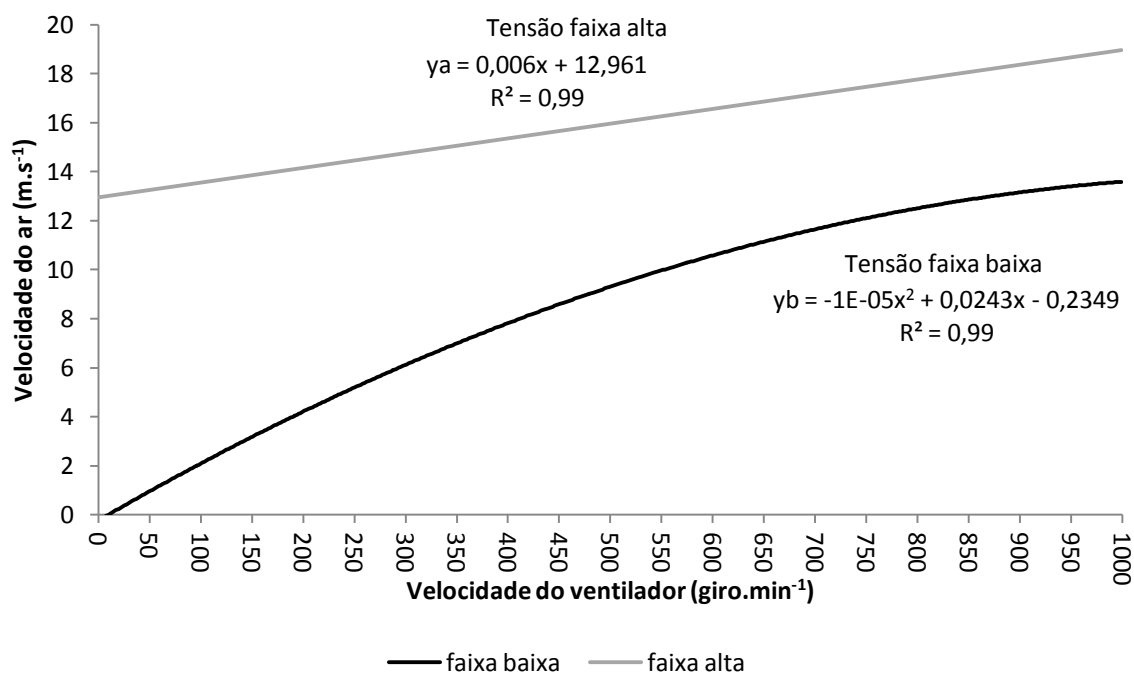


FIGURA 1.3 – Comportamento da velocidade do ar em um tubo de policarbonato de um soprador contínuo de fluxo vertical de ar em diferentes velocidades do ventilador operando com diferentes frequências do motor.

Por outro lado, a velocidade do ar obtida com o equipamento regulado para trabalhar com a frequência do motor na faixa alta apresentou uma relação linear (Figura 1.3). Com a velocidade aumentando $0,6 \text{ m.s}^{-1}$ para cada $100 \text{ giros.min}^{-1}$ de acréscimo na velocidade do ventilador.

Verifica-se que os aumentos observados na velocidade do ventilador ao se trabalhar em baixas velocidades são mais significativos, sendo que regulado para trabalhar com a tensão na faixa baixa estes aumentos estão entre 1,2 a 0,9 m.s^{-1} para cada 50 giro.min^{-1} de incremento na velocidade do ventilador entre as velocidades de 0 a 350 giro.min^{-1} , reduzindo para incrementos entre 0,4 a 0,2 m.s^{-1} após a velocidade do ventilador de 800 giro.min^{-1} , enquanto que ao trabalhar com a frequência do motor do ventilador na faixa alta estes incrementos foram uniforme de 0,3 m.s^{-1} para cada 50 giro.min^{-1} de aumento na velocidade do ventilador.

A amplitude (diferença entre a maior e menor velocidade do ar em cada combinação de faixa e velocidade do ventilador) variou de 0 (velocidade do ventilador 0 giro.min^{-1}) a 3,7 m.s^{-1} , na faixa baixa. Na faixa alta, a amplitude variou de 1,4 na velocidade de 999 giro.min^{-1} à 2,7 m.s^{-1} nas velocidades de 550 e 700 giro.min^{-1} (Figura 1.4).

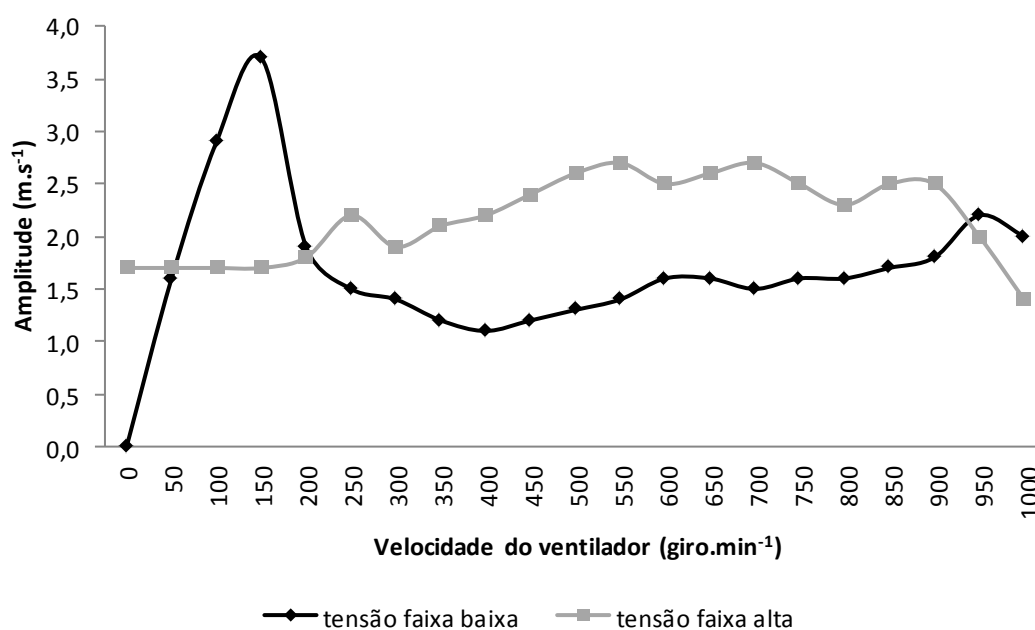


FIGURA 1.4 – Amplitude da velocidade do ar em um tubo de policarbonato de um soprador contínuo de fluxo vertical de ar regulado para diferentes velocidades do ventilador e diferentes frequências do motor.

Verifica-se que a amplitude indicou dispersão da velocidade do ar que foi maior para a velocidade do ventilador regulada para 100 e 150 giro.min^{-1} e em frequência baixa, demonstrando que pode haver variação na velocidade do ar para uma mesma regulação.

O desvio padrão da velocidade do ar variou de 0 (velocidade do ventilador 0 giro.min⁻¹) a 0,8 m.s⁻¹ (100 e 150 giro.min⁻¹) na tensão em faixa baixa, enquanto que na faixa alta, a amplitude variou entre 0,4 a 0,6 m.s⁻¹ (Figura 1.5). Verifica-se que tanto a amplitude como o desvio padrão indicaram que após a velocidade do ventilador de 250 giro.min⁻¹, a maior dispersão foi observada ao trabalhar com a tensão em faixa alta.

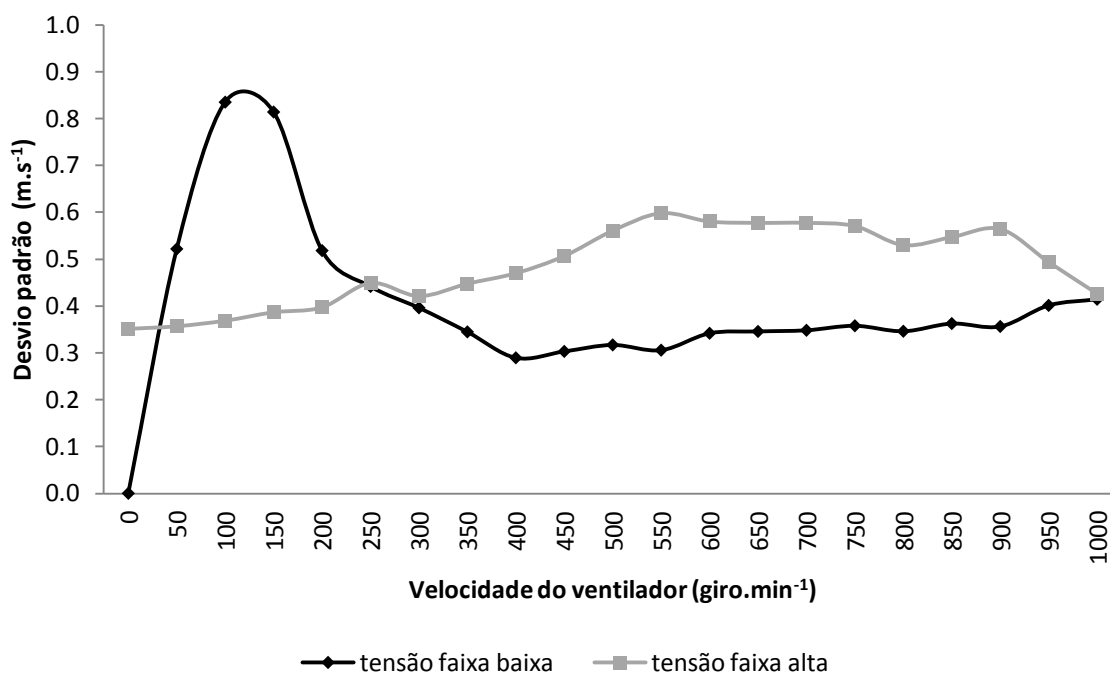


FIGURA 1.5 – Desvio padrão da velocidade do ar em um tubo de policarbonato de um soprador contínuo de fluxo vertical de ar regulado para diferentes velocidades do ventilador e diferentes frequências do motor.

Porém a amplitude, bem como o desvio padrão, são medidas que podem apresentar limitações na avaliação da dispersão dos dados. No caso em estudo, as diferentes faixas do soprador apresentam magnitudes diferentes, pois ao trabalhar com o motor regulado para frequência em faixa alta, as velocidades do ar atingidas para uma mesma regulagem da velocidade do ventilador são superiores às velocidades obtidas ao trabalhar com a frequência em faixa baixa. Assim, pode ocorrer um problema na interpretação, pois essas medidas podem dar uma ideia de maior desvio na faixa alta por representar dados referentes à maior velocidade do ar. Como o coeficiente de variação faz uma relação do desvio em torno da média em porcentagem, pode ser utilizado para representar melhor a dispersão dos dados por não apresentar o mesmo inconveniente da amplitude como pode ser observado na Figura 1.6.

O coeficiente de variação, ao trabalhar com a frequência do motor na faixa baixa, apresentou a maior variação dos dados na velocidade de 50 giro.min⁻¹, atingindo 163 % (Figura 1.6). Todavia, esse coeficiente de variação, decresceu acentuadamente, conforme a velocidade do ventilador foi aumentando, atingindo valores inferiores a 5% depois da regulagem do ventilador para 350 giro.min⁻¹, que tendeu a ser mais uniforme variando entre 2,3% (999 g.min⁻¹) a 3,6% (550 g.min⁻¹), indicando maior uniformidade da velocidade do ar para uma mesma calibração. Por outro lado, ao trabalhar na faixa alta, o coeficiente de variação manteve-se entre 2,3% (999 giro.min⁻¹) a 3,6% (550 giro.min⁻¹), equivalentes à mesma variação observada na faixa baixa após a velocidade de 350 giro.min⁻¹.

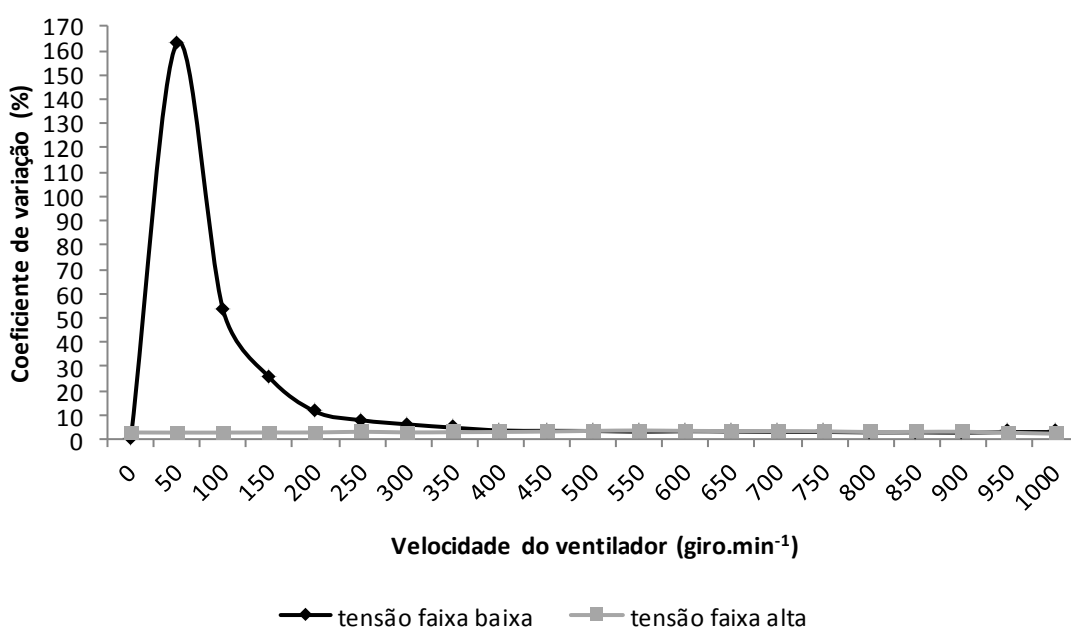


FIGURA 1.6 – Coeficiente de variação da velocidade do ar em um tubo de policarbonato de um soprador contínuo de fluxo vertical de ar regulado para diferentes velocidades do ventilador e diferentes frequências do motor.

A temperatura, a umidade relativa do ar e a voltagem do equipamento não apresentaram grande variação durante as avaliações (Tabela 1.1). A maior variação em temperatura e umidade relativa foi encontrada na 12ª determinação, mas isso é explicado devido a iniciar a determinação na área externa do laboratório, porém devido à ocorrência de chuva houve a necessidade de concluir a avaliação dentro do laboratório.

Mesmo com a diferença nessas determinações não demonstrando grande variação, a velocidade do ar média, mínima e máxima apresentaram correlação com a voltagem

próximo a 0,90 na operação do soprador utilizando faixa baixa e velocidade entre 50 a 300 giro.min⁻¹. Na velocidade de 350 giro.min⁻¹, a correlação foi próxima a 0,80 (Tabela 1.2) demonstrando que até mesmo pequenas variações na voltagem durante a operação podem afetar a velocidade do ar no tubo do soprador para uma determinada regulagem, principalmente ao trabalhar com baixas velocidades do ar.

TABELA 1.1 - Temperatura, umidade relativa do ar e voltagem do equipamento em diferentes avaliações.

Determinação	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)			Voltagem (V)		
	Mín*.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média
5,0	22,0	25,0	23,0	54,0	57,0	55,8	126,0	129,0	126,8
6,0	24,0	24,0	24,0	55,0	56,0	55,9	125,0	126,0	125,9
7,0	23,0	25,0	24,0	55,0	56,0	55,7	125,0	126,0	125,7
8,0	24,0	25,0	24,3	53,0	55,0	54,4	125,0	127,5	126,5
9,0	23,5	26,5	25,2	55,0	61,0	58,4	121,0	127,0	124,3
10,0	27,0	29,5	28,3	51,5	55,0	52,8	121,0	127,5	124,5
11,0	31,5	37,0	35,1	44,5	51,0	46,2	120,5	126,0	123,4
12,0	24,0	35,0	26,0	45,5	59,0	56,2	122,5	128,0	125,5
13,0	21,0	23,0	21,8	64,5	66,0	65,3	123,0	129,5	123,4
14,0	23,0	23,5	23,2	63,5	66,0	64,6	122,0	127,5	124,8
15,0	22,5	24,0	23,2	62,0	63,5	62,8	121,0	126,0	124,1

*Mín: mínima; Máx: máxima.

TABELA 1.2 – Coeficiente de correlação entre voltagem e diferentes determinações realizadas com o soprador operando com faixa baixa e sete diferentes velocidades do ar.

Velocidade (giro.min⁻¹)	Média	DP	Mínimo	Máximo	Amplitude	CV*	Temperatura	UR**
50	0,90	0,35	0,90	0,89	0,35	0,35	-0,59	0,53
100	0,92	-0,26	0,92	0,91	-0,26	-0,33	-0,36	0,32
150	0,89	-0,27	0,88	0,88	-0,25	-0,54	-0,43	0,35
200	0,89	-0,18	0,88	0,89	-0,23	-0,40	-0,37	0,35
250	0,91	0,42	0,90	0,91	0,44	0,39	-0,33	0,26
300	0,91	-0,27	0,91	0,90	-0,24	-0,37	-0,19	0,09
350	0,81	0,33	0,80	0,79	0,34	0,30	-0,13	0,01

* Coeficiente de variação; ** Umidade relativa

Os resultados referentes à avaliação da uniformidade do fluxo de ar para uma mesma calibração mostram que há desuniformidade na velocidade do ar para um mesma regulagem, limitando a sua utilização para procedimentos de teste de pureza física como o Método de Ventilação Uniforme, ao calibrar o equipamento a uma determinada regulagem (no caso a abertura do soprador tipo *General Seed Blower*) que corresponde ao ponto da velocidade do ar equivalente para melhor separação de material inerte de sementes naquele soprador (AOSA, 2008; GARAY et al., 2009 a, b). Essa desuniformidade sugere que há necessidade de calibração diária reduzindo a praticidade do procedimento.

A maior desuniformidade observada para o comportamento da velocidade do ar, quando o soprador esteve regulado para velocidade do ventilador abaixo de 300 giro.min⁻¹, indica a necessidade de cuidado ao realizar processos de separação de materiais, cuja velocidade do ar necessária encontra-se abaixo desse ponto. Devido à alta correlação da velocidade do ar com a voltagem, um regulador de tensão, para manter a tensão o mais uniforme possível poderia reduzir a desuniformidade entre as avaliações. A avaliação da velocidade do ar em um ciclone unifluxo induzido por ventoinha, também demonstrou que a magnitude da variação na velocidade do ar está diretamente relacionada à voltagem da saída de energia onde o equipamento está conectado (TAN et al., 2005).

Perfil da velocidade do ar na horizontal em um tubo vertical

Na avaliação do perfil da velocidade do ar no equipamento sem utilizar peneira angulada, houve interação significativa entre a frequência do motor do ventilador, a velocidade do ventilador e a distância em relação à entrada do anemômetro no tubo (Figuras 1.7 e 1.8). A velocidade do ar mostrou tendência de aumentar conforme o ponto de avaliação fosse medido mais distante do ponto de entrada do anemômetro no tubo plástico.

Ao contrário do observado ao utilizar o anemômetro rotatório, foi observado movimento do ar até mesmo na regulação do equipamento para trabalhar com a frequência na faixa baixa, e velocidade do ventilador regulada a 0 giro.min⁻¹, que apresentou uma média de 0,13 m.s⁻¹, na distância de 0,022 m e 0,22 m.s⁻¹, na distância de 0,054 m. Os resultados se ajustaram ao modelo quadrático para todas as distâncias, apresentando um incremento médio de 0,9 m.s⁻¹, entre 50 e 100 giro.min⁻¹, e após essa regulação, o incremento na velocidade foi reduzindo para cada aumento na velocidade do ventilador, tendendo a ser menor após a velocidade do ventilador de 650 giro.min⁻¹ (entre 0,3 e 0,1 m.s⁻¹). A máxima velocidade do ar, ao trabalhar nessa condição de fluxo baixo, foi com 999 giro.min⁻¹, onde atingiu uma média de 8,9 m.s⁻¹, variando entre 8,2 (0,022 m) a 9,2 m.s⁻¹ (0,054 m). A diferença na velocidade do ar nas distâncias horizontais, chegou a atingir 68% (entre 0,054 e 0,022 m, 0 g.min⁻¹), porém a tendência para as demais calibrações foi de 10% (Figura 1.7).

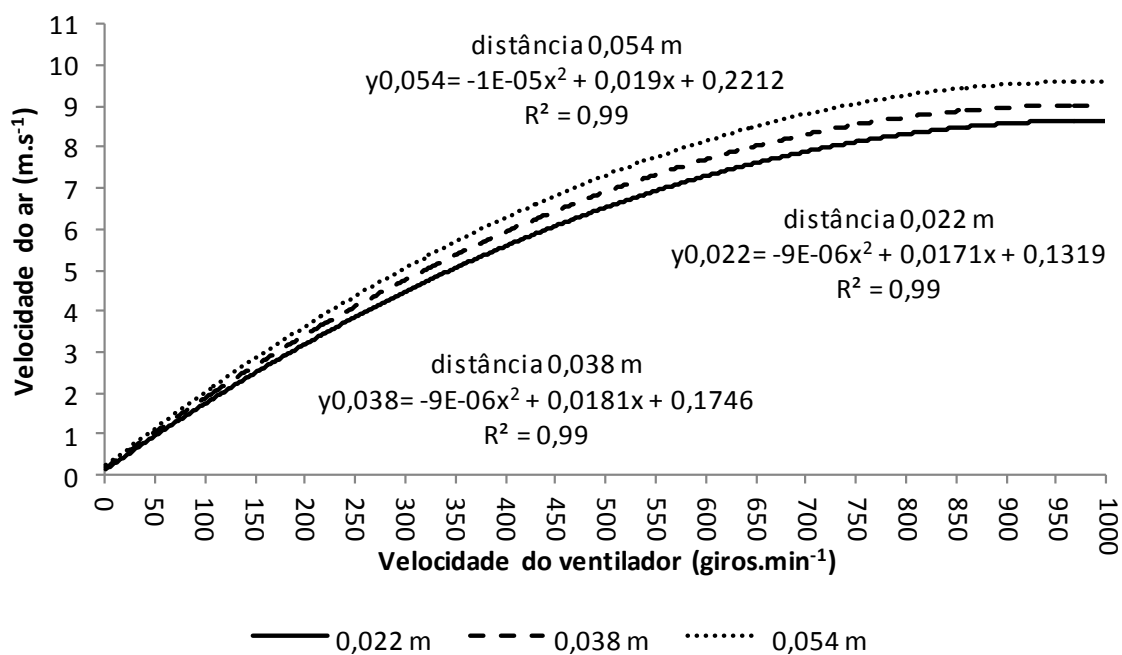


FIGURA 1.7 – Perfil da velocidade do ar em diferentes distâncias na horizontal em um soprador contínuo com fluxo vertical de ar regulado para frequência do motor em faixa baixa *(sem peneira).

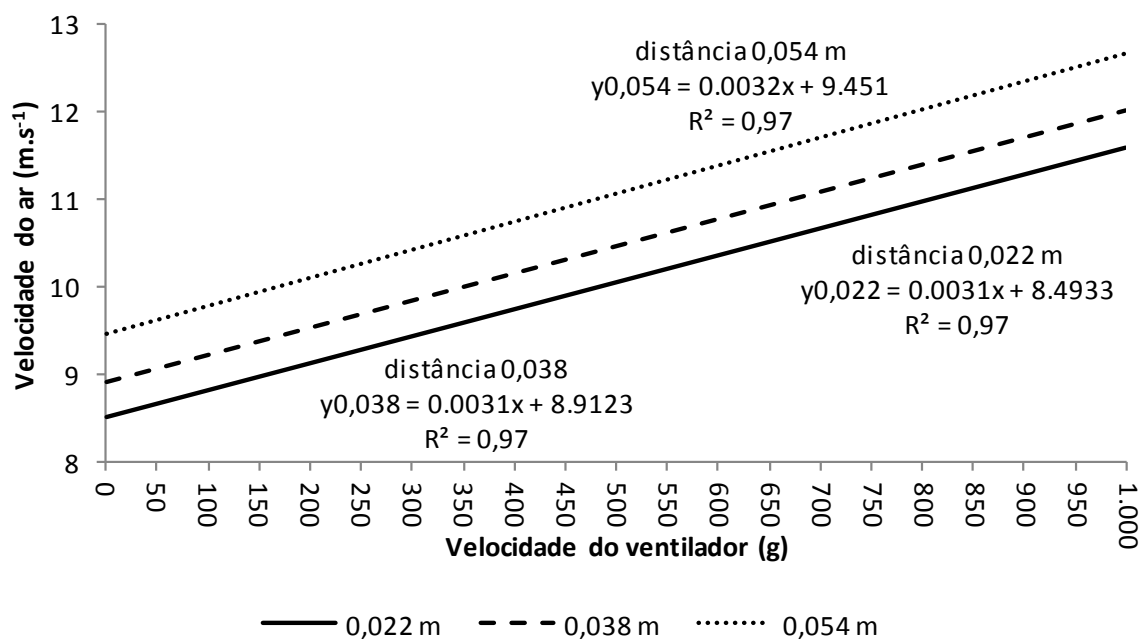


FIGURA 1.8 – Perfil da velocidade do ar em diferentes distâncias horizontal em um soprador contínuo com fluxo vertical de ar regulado para frequência do motor em faixa alta *(sem peneira).

Ao trabalhar com a frequência do motor do ventilador em faixa alta, as curvas da velocidade do ar se ajustaram ao modelo linear apresentando um incremento de $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ para cada aumento de $50 \text{ giros.min}^{-1}$ na velocidade do ventilador para todas as distâncias (Figura 1.8). Mais uma vez, verificou-se que na distância de $0,054 \text{ m}$ a velocidade do ar foi superior em comparação com os demais pontos, sendo 4% maior em relação à distância de $0,038 \text{ m}$ e 10% superior à velocidade na distância de $0,022 \text{ m}$.

A determinação do perfil da velocidade do ar utilizando a peneira angulada também apresentou interação significativa entre a faixa da frequência do motor, a velocidade do ventilador e a distância em relação à entrada do anemômetro no tubo (Figuras 1.9 e 1.10), porém a tendência foi de decréscimo de velocidade do ar conforme o ponto de avaliação se situou mais distante do ponto de entrada do anemômetro no tubo.

Ao trabalhar com a frequência do motor na faixa baixa, da mesma forma que ocorreu no procedimento realizado sem peneira, a curva da velocidade do ar também se ajustou ao modelo quadrático, porém, a distância horizontal de $0,022 \text{ m}$ apresentou velocidade superior às demais distâncias (Figura 1.9). Além disso, a velocidade do ar, medida para o ventilador regulado para 0 giros.min^{-1} , foi de 0 m.s^{-1} , demonstrando que nessa regulagem a peneira é uma barreira ao fluxo de ar sensível pelos equipamentos de medição utilizado. Após aumentar a velocidade do ventilador, houve incremento marcante de $0,8 \text{ m.s}^{-1}$ na velocidade do ar para a distância $0,022 \text{ m}$, que foi se tornando menor até a regulagem do equipamento para $650 \text{ giros.min}^{-1}$, para os incrementos situados entre $0,3$ a $0,1 \text{ m.s}^{-1}$. Nas distâncias de $0,038$ e $0,054 \text{ m}$, o incremento mais marcante inicial foi de $0,6 \text{ m.s}^{-1}$, que foi decrescente até ficar entre $0,3$ e $0,1 \text{ m.s}^{-1}$ nas calibrações do ventilador para as velocidades de 500 e $550 \text{ giros.min}^{-1}$, respectivamente. A diferença na velocidade do ar nas distâncias horizontais atingiu 45% (entre $0,022$ e $0,054 \text{ m}$, 50 g), porém a tendência para as demais calibrações foi de uma diferença de aproximadamente 20% entre $0,022$ e $0,038 \text{ m}$, 30% entre $0,022$ e $0,054 \text{ m}$ e 9% entre $0,038$ e $0,054 \text{ m}$, demonstrando assim, maior distância entre as velocidades observadas nas diferentes distancias horizontais com uso de peneira.

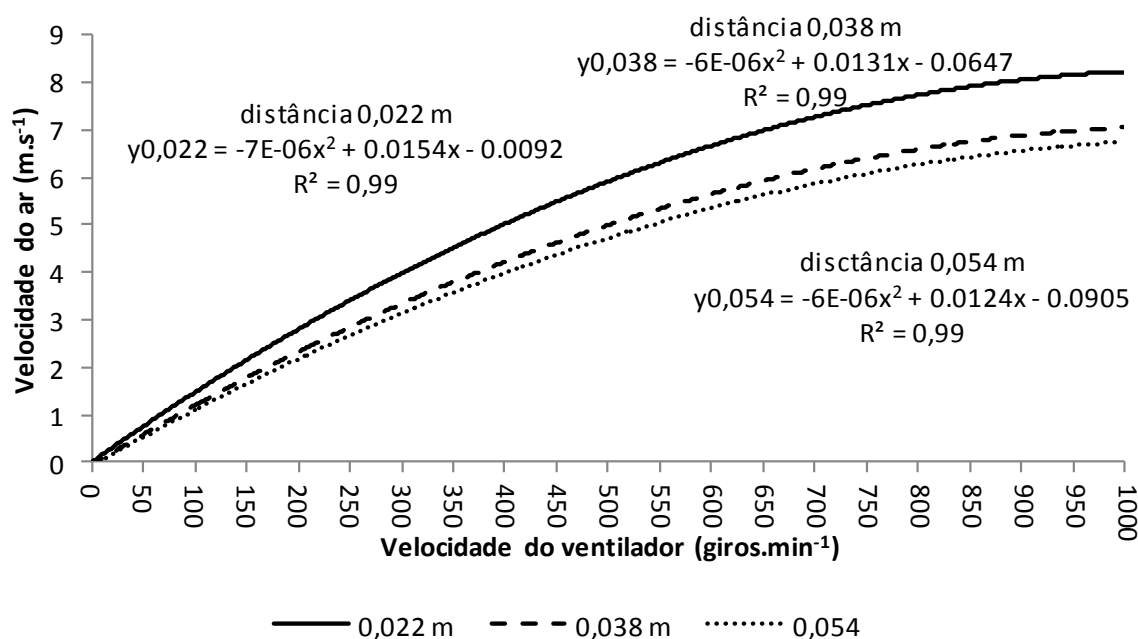


FIGURA 1.9 – Perfil da velocidade do ar em diferentes distâncias horizontal em um soprador contínuo com fluxo vertical de ar regulado para frequência do motor em faixa baixa (com peneira).

Ao se trabalhar com a frequência do motor em faixa alta, a curva se ajustou ao modelo linear (Figura 1.10), com um incremento de $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ na distância de 0,022 m e de 0,1 para as distâncias horizontais de 0,038 e 0,054 m. A velocidade do ar na regulação do ventilador para a velocidade 0 giros.min⁻¹ variou entre 6,5, 6,9 e 7,9 m.s⁻¹ e na regulação de 999 giros.min⁻¹ entre 9,4, 9,9 e 11,2 m.s⁻¹ para as distâncias de 0,022, 0,038 e 0,054, o que representou um diferença de 10% na velocidade do ar entre as distâncias de 0,022 e 0,038 cm, 13% entre 0,022 e 0,054 m e 3% entre 0,038 e 0,054.

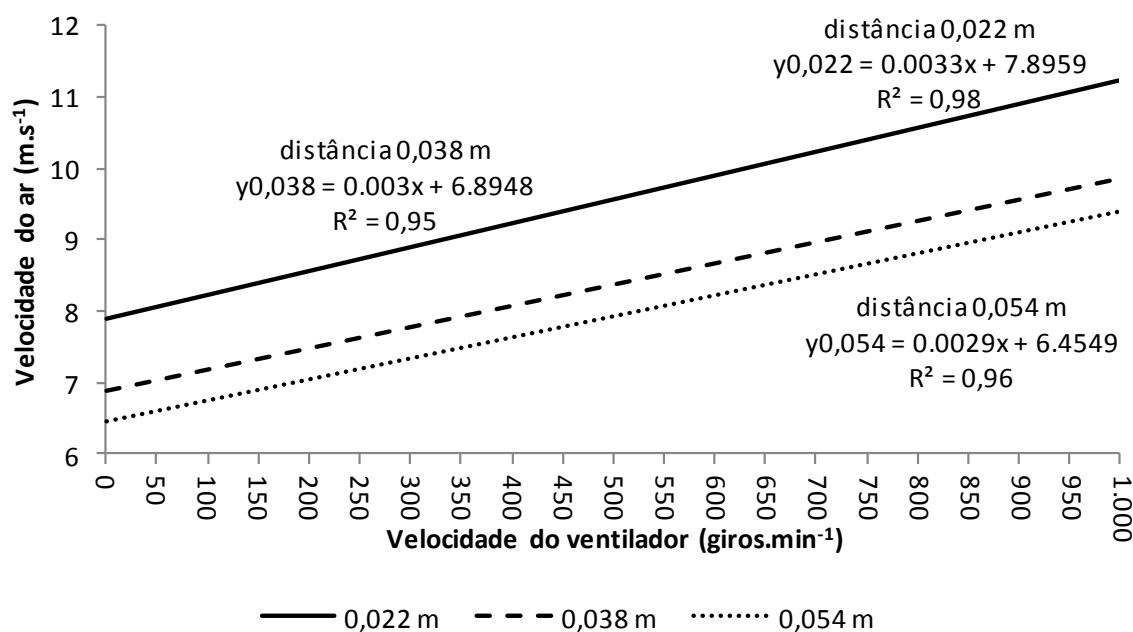


FIGURA 1.10 – Perfil da velocidade do ar em diferentes distâncias horizontal em um soprador contínuo com fluxo vertical de ar regulado para frequência do motor em faixa alta *(com peneira).

Nas duas avaliações (com e sem peneira) foi possível observar que a diferença entre a velocidade do ar para o motor do ventilador regulado para trabalhar com a frequência na faixa baixa, foi aumentando gradualmente, conforme a velocidade do ventilador foi aumentando, iniciando em 0 e atingindo 1,0 e 1,6 m.s^{-1} respectivamente, com o ventilador regulado para 999 giros.min^{-1} . Por outro lado, a diferença na velocidade do ar na faixa alta manteve-se mais uniforme, variando entre 0,9 e 2 a 1,2 e 2,4 m.s^{-1} . Também é possível observar que a velocidade do ar, determinada ao se realizar o procedimento sem a peneira, foi em média 1,5 e 2 m.s^{-1} superior à avaliação realizada com a peneira, para o soprador regulado para trabalhar com faixas baixa e alta, respectivamente, demonstrando que a peneira causa bloqueio, ainda que pequeno no fluxo de ar.

A diferença entre o gradiente da velocidade do ar na posição horizontal também foi afetada pela presença ou ausência da peneira, pois para o procedimento realizado sem a peneira, a tendência foi da velocidade do ar reduzir, conforme a medição era realizada em um ponto mais interno em relação à distância inicial da determinação (distância de 0,022 m). Por outro lado, para a determinação realizada com a peneira, verificou-se que a velocidade do ar reduziu, conforme a medição era feita mais internamente em relação ao ponto inicial de medida. A presença da peneira formando uma angulação para proporcionar a saída das

sementes do sistema, pode explicar esse comportamento, pois é possível verificar claramente a tendência de redução da velocidade do ar, conforme o ponto se aproxima da peneira. É importante ressaltar que a peneira é um componente do soprador, uma vez que ela direciona o material que desce pelo fluxo para a descarga do soprador.

A diferença na velocidade do ar observada na posição horizontal pode ser utilizada para explicar a ausência da ideal falta de movimento que deveria ser observada na determinação da velocidade terminal relatada por diversos autores (SHELLARD e MACMILLAN, 1978; GLORIAL e CALLAGHAN, 1990; 1991a; GÜRSOY e GÜZEL, 2010; BILANSKI *et al.*, 2011) e a rotação sofrida pelas sementes durante o processo, uma vez que estas ao adentrarem no fluxo de ar, tendem a subir até uma posição que apresenta velocidade do ar inferior à velocidade terminal e cair até a posição que apresente velocidade do ar superior, girando assim sobre um eixo vertical. Esse giro em torno de um eixo vertical também foi observado em avaliações posteriores com a utilização do soprador contínuo para beneficiamento de sementes de trevo, cevada e trigo.

É possível verificar ainda que houve diferença entre a medição utilizando os anemômetros rotatório e de fio quente. Essa diferença pode ser causada pela umidade do ar, temperatura, pressão, turbulência e pressão do ar no ponto de avaliação, visto que esses parâmetros afetam a condutividade térmica e fazem a dissipação de calor no fio variar para mais ou para menos.

CONCLUSÃO

1 - A tensão da corrente elétrica interfere na velocidade do ar no tubo plástico vertical se o soprador contínuo está regulado para baixas velocidades do ventilador.

2 - Existe um gradiente horizontal da velocidade do ar no interior do tubo plástico em soprador contínuo com fluxo vertical de ar.

REFERÊNCIAS

ADEWUMI, B. A.; SATHYENDRA RAO , B. V.; KIRAN KUMAR , N. L.; PRATAPE , V. M. e SRINIVAS, A. Grain classification using aerodynamic principles. **African Crop Science Conference Proceedings**, v. 8. p. 1799-1801. 2007.

ADEWUMI B. A.; ADEMOSUN, O. C.; OGUNLOWO, A.S. Preliminary Investigation on the distribution and Spread Pattern of Cowpeain a Cross Flow Grain Separator. **Agricultural EngineeringInternational (CIGR Ejournal)**, v. 8, p. 1 - 12, 2006a.

ADEWUMI, B. A.; OGUNLOWO, A. S; ADEMOSUN, O. C.2006b. Investigating particle trajectory as a parameter for selecting the dimensions of cross flow classifier. **Agricultural Engineering International (CIGR Ejournal)**, v. 8, p. 1 - 19, 2006b.

AOSA. **Rules for testing seeds**. Association of Official Seed Analysts, Ithaca, NY, USA, 2008.

BILANSKI, W. K.; COLLINS, S. H; CHIU C. L. The behavior of seed grains in a vertical wind tunnel. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 5, n. 1, p. 29-31, 1963.

FARRAN, J. G.; MACMILLAN, R. H. Grain-chaff separation on a vertical air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 24, p.115-129, 1979.

GARAY, A.; ELIAS, S.; NOTT, H. How to prepare a master calibration sample: procedure and applications using tall fescue as a model. **Seed technology**, v. 31, n. 2, p. 179-188, 2009a.

GARAY, A.; ELIAS, S.; MEYER, D. J. L. Development of a uniform blowing procedure for grass seeds: principles, applications and benefits. **ISTA News Bulletin**, n. 138, p. 26-32, 2009b.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Aerodynamic properties of grain/straw materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 46, p. 257-290, 1990.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Separation of grain from straw in a vertical air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 48, p. 111-122, 1991a.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Separation of grain from straw in a horizontal air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 49, p. 273-284, 1991b.

GREGG, B. R.; BILLUPS G. L. **Seed Conditioning**. Volume 2. Technology - Part A. Enfield, NH, USA: Science Publishers, p. 1-482, 2010.

GREGG, B. R.; BILLUPS G. L. **Seed Conditioning**. Volume 2. Technology - Part B. Enfield, NH, USA: Science Publishers, p. 483-976, 2010.

GÜRSOY, S; GÜZEL E. Determination of Physical Properties of Some Agricultural Grains. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, v. 2, n. 5, p. 492-498, 2010.

KASHAYAP, M. M.; PANDYA, A. C. A qualitative theoretical approach to the problem of winnowing. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 10, n. 4, p. 348-354, 1965.

KASHAYAP, M. M.; PANDYA, A. C. Air velocity requirements for winnowing operations. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 11, n. 1, p.24-32, 1966.

KHOSHTAGHAZA, K.; R. MEHDIZADEH. Aerodynamic properties of wheat kernel and straw materials. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, v. 7, p. 1-9, 2006.

MACMILLAN, R. H. **The mechanics of fluid - particle systems**: with special reference to agriculture, University of Melbourne, 2006. 156 p.

PESKE, S. T., BAUDET, L. Beneficiamento de sementes. In.: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELO, G. E.; **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2 ed. Pelotas:Ed. Universitária/UFPel, 2012. 570p.

SONG H., LITCHFIELD J.B. Predicting method of terminal velocity for grains. **Transactions of the ASAE**, v. 34, p. 225-231, 1991.

TAN Z. ZHANG Y. WANG X. Mechanism study of particle separation in an aerodynamic air cleaner. **Transactions of the ASAE**, v. 48, n. 4, p 1553-1560, 2005.

CAPÍTULO 2

BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE CEVADA EM SOPRADOR CONTÍNUO UTILIZANDO FLUXO VERTICAL DE AR

RESUMO - As propriedades aerodinâmicas são utilizadas para o beneficiamento de diversos produtos agrícolas, em operações de separação, transporte pneumático e limpeza de sementes, por exemplo. Assim o objetivo desse trabalho foi avaliar o soprador com fluxo vertical de ar na limpeza de sementes de cevada e aprimoramento da qualidade fisiológica. Após a homogeneização e separação do lote de sementes em três amostras, determinou-se o teor de água e submeteu ao soprador contínuo de fluxo vertical de ar em escala de laboratório desenvolvido por Mater Seed EquipmentTM regulado para velocidade do ar de 6 m.s^{-1} a 14 m.s^{-1} em intervalos regulares de 1 m.s^{-1} . Quantificou-se a pureza física e os fatores envolvidos nesse componente, o peso de mil sementes, germinação, índice de velocidade de germinação e massa de matéria seca de plântulas aos sete e aos 15 dias após a semeadura. Concluiu-se que: 1 - é possível limpar sementes de cevada e aprimorar a qualidade dos lotes utilizando soprador contínuo com fluxo vertical de ar; 2 - a velocidade do ar 9 m.s^{-1} é o ponto ótimo para limpeza de sementes de cevada e aprimoramento da qualidade em soprador contínuo com fluxo vertical de ar, considerando a pureza física, germinação e o vigor; 3 - para a remoção de 1 ponto percentual de material indesejável de lotes de sementes de cevada em soprador contínuo com fluxo vertical de ar, o descarte de sementes atinge 3,3 pontos percentuais.

Palavras-chaves: *Hordeum vulgare* L., propriedades aerodinâmicas, pureza física, vigor

BARLEY SEED CONDITIONING IN A CONTINUOUS FLOWING BLOWER USING A VERTICAL AIR STREAM

ABSTRACT – The aerodynamic properties are used for conditioning process of various agricultural products such as in pneumatic conveying and seed cleaning, for example. Thus the aim of this study was to evaluate the physical and physiological quality of barley seeds, after cleaning in the Continuous Seed Blower a blower with vertical air stream, using different air velocities. After separation of the seed lot in three samples, the moisture content was determined and they were subjected to the continuous blower set to air speed from 6 m.s^{-1} to 14 m.s^{-1} at intervals of 1 m.s^{-1} . The physical purity and the factors involved in this component, thousand seeds weight, germination percentage, germination rate and dry weight of seedlings at seven and 15 days after sowing, were determined. It was concluded that: 1 - it is possible to clean barley seeds and upgrading it physiological quality using a continuous flowing blower with vertical air stream and; 2 - the air velocity 9 m.s^{-1} is the barley optimum cleaning and quality upgrading point in a continuous flowing blower with vertical air stream, considering seed physical purity, germination and vigor 3 - to remove 1 percentage point of undesirable material from barley seed lots in the continuous seed blower with vertical airstream, seed discard reaches 3.3 percentages points. .

Key words: *Hordeum vulgare*, aerodynamic properties, purity, germination, vigor

INTRODUÇÃO

A cevada é um dos mais importantes cereais do mundo, sendo registrado mundialmente na safra 2010/11 a produção de 123,5 milhões de toneladas (USDA, 2011), que são utilizadas principalmente para ração animal, produção de malte e alimentação humana. O principal produtor é a União Europeia, responsável por 42,9% da produção mundial. No Brasil, as estimativas são da produção de 283,9 mil toneladas para o mesmo período (CONAB, 2011) representando 0,2% da produção mundial, produzidas em 87,9 mil hectares na região sul do Brasil, exclusivamente para a produção de malte.

A importância do uso de sementes de cevada de alta qualidade é indiscutível, devendo-se sempre usar sementes não dormentes e com alto poder germinativo, tanto para a produção de malte quanto para semeadura (MUNK, 1991), o que irá afetar diretamente o estabelecimento de uma população de plantas adequada (RAJALA *et al.*, 2011). Atrelado a isso, sementes de cevada de maior qualidade também produzem grãos com menor quantidade de proteína, porém, com uma maior produção de proteína por hectare o que garante um maior valor ao produtor final por ser vendido como cevada cervejeira e indica um melhor aproveitamento do nitrogênio e outros insumos em geral que se refletem em maior produtividade.

O beneficiamento de sementes é parte fundamental para obtenção de sementes de alta qualidade, sendo seu principal objetivo, maximizar a qualidade do lote com o mínimo de descarte, obtendo ao final, sementes com condição adequada para a comercialização e semeadura. Para isso é necessário o uso de equipamentos que realizem uma precisa separação baseada em uma específica propriedade física da semente (RISSE *et al.*, 1991). Como exemplo, a combinação do uso de máquinas de ar e peneiras e a mesa de gravidade foi capaz de reduzir a contaminação por esclerócios em cevada abaixo de 0,02% (ADAM *et al.*, 2004), o que não foi possível utilizando apenas a máquina de ar e peneiras.

As propriedades aerodinâmicas são propriedades físicas utilizadas para o beneficiamento de diversos produtos agrícolas e dentre essas propriedades o peso, o arraste (SHELLARD e MACMILLAN, 1978) e a velocidade terminal são as mais importantes para a separação, transporte pneumático e limpeza de sementes (SONG e LITCHFIELD, 1991). Esses processos dependem do comportamento das sementes e impurezas, em um fluxo de ar (GLORIAL e CALLAGHAN, 1990), sendo importante correlacionar as diferenças nas propriedades aerodinâmicas de modo que possam ser utilizada no design de equipamentos e na escolha do processo de separação adequado.

O uso de técnicas pneumáticas para separação de sementes de impurezas pode ser um processo parcial, como por exemplo, auxiliar na limpeza realizada nas peneiras durante a colheita e até mesmo o fluxo de ar fornecido durante a limpeza de sementes na máquina de ar e peneiras ou pode ser o único processo adotado. No beneficiamento utilizando fluxo vertical de ar é necessário que haja diferença nas propriedades aerodinâmicas dos diferentes materiais que compõem o lote de sementes que se deseja separar, de modo que a fração mais leve seja carregada no sentido ascendente e favorável ao fluxo de ar, enquanto a fração mais pesada o trespassa, movendo no sentido descendente e contrário a este (GLORIAL e CALLAGHAN, 1991). Em um experimento avaliando as propriedades aerodinâmicas de sementes e restos de cultivo de trigo em um túnel de vento de fluxo vertical, verificou-se que existe um fluxo de ar adequado para a separação desses materiais (KHOSHTAGHAZA e MEHDIZADEH, 2006).

A hipótese deste trabalho baseia-se na teoria de que uma vez que se encontre uma velocidade do ar adequada e se disponha de uma máquina que permita uma calibração precisa para atingir essa velocidade do ar, é possível separar sementes de cevada de impurezas e ainda aprimorar a qualidade de lotes de sementes, utilizando apenas as propriedades aerodinâmicas das sementes representadas principalmente pela velocidade terminal. Portanto, o objetivo desse trabalho foi separar diferentes materiais de sementes de cevada, bem como incrementar sua qualidade, utilizando um soprador contínuo de fluxo vertical de ar.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de sementes da Universidade Estadual de Oregon, EUA, localizada na cidade de Corvallis, utilizando sementes de cevada, cultivar henbit, coletadas diretamente na colhedora. As sementes foram colhidas em 2011 por um produtor de cevada do estado de Oregon-EUA.

Para obtenção das amostras de trabalho, 2,1 kg de sementes de cevada foram passadas duas vezes pelo divisor centrífugo tipo Gamet para homogeneização. Após esse processo, a amostra foi colocada novamente no alimentador do divisor, mas a cada vez que o divisor era acionado e a amostra passava pelo equipamento, os recipientes que se encontravam sob uma das bicas de descarga do equipamento, eram substituídos por recipientes vazios (AOSA, 2010). O procedimento foi repetido até obter três amostras de 700 gramas. Quando ao final do processo de divisão, a amostra obtida apresentou valor inferior ao

pretendido, a amostra que havia sido deixada de lado foi dividida até obter o peso complementar.

As amostras iniciais obtidas foram submetidas à determinação do teor de água, utilizando duas sub-amostras de 10 gramas, pelo método de estufa a 130°C, durante 20 horas, sendo o resultado expresso em percentagem em base úmida (ELIAS *et al.*, 2007).

Após a determinação do teor de água, as amostras foram submetidas a um soprador contínuo de fluxo vertical de ar em escala de laboratório *Continuous Seed Blower*® regulado para velocidade do ar de 6 m.s⁻¹ a 14 m.s⁻¹ com intervalos unitários. Para avaliação da velocidade do ar, foi utilizado um anemômetro rotatório *Turbo Meter*® acoplado em uma abertura no tubo localizada a 0,22 m do ponto central da peneira angulada próxima a descarga. A porção de sementes mais leve, soprada na velocidade do ar de 6 m.s⁻¹, foi separada e reservada para análise posterior. Após esse processo, o soprador foi calibrado para velocidade do ar de 7 m.s⁻¹, e a amostra remanescente da limpeza prévia (a porção que passou pelo fluxo de ar) foi repassada pelo soprador e a fração soprada nessa velocidade do ar, separada para posterior avaliação. O processo se repetiu até a velocidade do ar de 14 m.s⁻¹.

Foi determinada a distribuição da massa total da amostra, sementes e impurezas, a pureza física de cada fração bem como a porcentagem de impurezas.

Para determinação da distribuição da massa total das amostras, as frações obtidas foram pesadas em balanças com precisão de duas casas decimais e os resultados expressos com porcentagem em relação à massa total da amostra. Após isso, as amostras foram levadas para uma bancada e com o uso das mãos sobre um diafanoscópio foram separadas em sementes puras e impurezas (outras sementes e material inerte) e pesadas em balança com precisão de quatro casas decimais, sendo os resultados da pureza física expressos em porcentagem em relação ao peso inicial de cada fração (AOSA, 2010). Para determinação da porcentagem de impurezas seguiu-se a mesma metodologia. Os tipos de impurezas presentes em cada fração foram identificados, entretanto não quantificado.

Além do teor de água e da pureza física e dos fatores envolvidos nesse componente, as amostras foram submetidas às avaliações do peso de mil sementes, germinação, índice de velocidade de germinação e massa seca de plântulas aos sete e aos 15 dias após a semeadura, conforme descrito a seguir:

O peso de mil sementes foi feito de acordo com as regras para análise de sementes da AOSA (AOSA, 2010). Após a pesagem de oito repetições de 100 sementes por unidade experimental, determinou-se a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação (CV).

Ao verificar que o CV era adequado, determinou-se o peso de mil sementes multiplicando a média dos pesos da subamostras por 10 e os resultados foram expressos em gramas.

O teste de germinação foi conduzido com 200 sementes por unidade experimental. O substrato utilizado foi uma mistura de solo e composto orgânico, em bandejas de poliestireno com 50 células. Foram semeadas quatro sementes por célula, em casa de vegetação, com temperatura média de 20° C e 70% de umidade relativa. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais que apresentavam comprimento de parte aérea superior a dois cm aos sete dias após semeadura (AOSA, 2010).

Para determinação do índice de velocidade de germinação (IVG), foram aproveitadas as condições do teste de germinação, seguindo-se contagens diárias de plântulas que apresentavam comprimento de parte aérea superior a dois centímetros até a estabilização da emergência, sendo o IVG calculado de acordo com metodologia proposta por Baalbaki *et al.* (2009) utilizando a fórmula de Maguire (1962).

A massa seca de plântulas foi obtida utilizando 20 plântulas ao acaso, provenientes do teste de germinação coletadas aos sete e 15 dias após a germinação. Após a coleta das plântulas, retirou-se o que restava da cariopse e as raízes foram lavadas em uma pia localizada na própria casa de vegetação para retirar resíduos de solo. Após a lavagem das raízes, as plântulas foram postas para secar em estufa regulada a 100° C, por 24 horas. Após a secagem, as plântulas foram pesadas em balança com precisão de quatro casas decimais e os resultados expressos em miligrama.plântula⁻¹ (BAALBAKI *et al.*, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado sendo nove velocidades do ar com três repetições (9 x 3). Porém para a determinação do peso de mil sementes o delineamento experimental considerou apenas oito velocidades do ar (entre 7 e 14 m.s⁻¹) e para avaliação da qualidade fisiológica foram utilizadas sementes que foram sopradas a velocidades do ar entre 7 e 12 m.s⁻¹, sendo as sementes sopradas a velocidade do ar de 13 e 14 m.s⁻¹ agrupadas com as sementes das velocidades do ar de 12 m.s⁻¹ devido a reduzida quantidade de sementes, totalizando seis velocidades do ar (6 x 3). As médias foram submetidas à análise de variância utilizando o software estatístico Winstat 1.0, sendo os efeitos dos tratamentos avaliados pelo teste F e, se significativos, foram submetidos à análise descritiva ou de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Separação e limpeza

A distribuição de frequência em porcentagem de sementes e impurezas separadas em cada velocidade do ar indica uma possibilidade de separação desses dois tipos materiais presentes em cada fração (Figura 2.1). Verifica-se que a curva da massa total da fração e a curva de sementes puras assemelham-se a uma distribuição normal, mostrando que a velocidade terminal de um determinado lote de sementes tende a apresentar distribuição próxima à normal, ou seja, existe uma amplitude de valores para velocidade terminal em um lote de sementes. Por outro lado, a mesma tendência não foi verificada para o componente do lote relativo às impurezas, que tendeu a se acumular na velocidade do ar mais baixa utilizada (6 m.s^{-1}), provavelmente devido à distribuição de frequência que melhor expresse o comportamento para impurezas localizar-se abaixo dessa velocidade do ar. O teor de água inicial das sementes, antes da separação foi de 10,4% (dado não exibido).

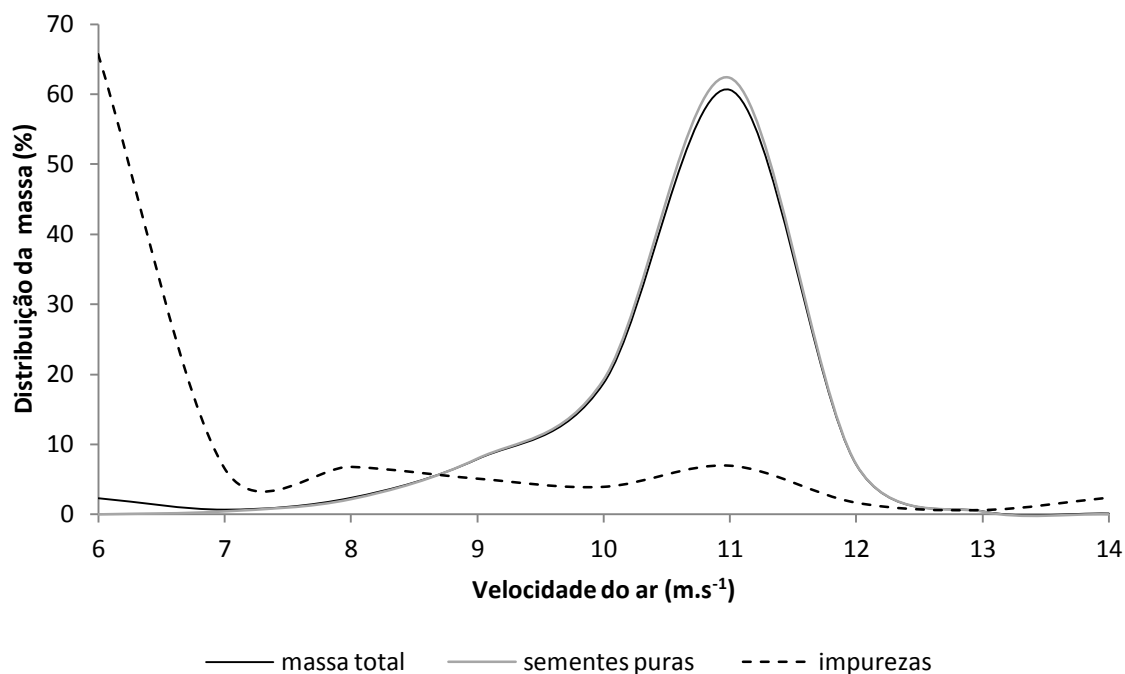


FIGURA 2.1 – Distribuição de frequência de suspensão dos componentes do lote de sementes de cevada em diferentes velocidades do ar.

A avaliação descritiva da distribuição das sementes permitiu identificar que a velocidade do ar média para a suspensão dos componentes totais do lote (sementes + impurezas) e sementes puras foram respectivamente as velocidades do ar de 10,6 e 10,7 m.s⁻¹ (Tabela 2.1). Este valor, muito próximo a 11 m.s⁻¹ é correspondente à mediana, ou seja, a primeira metade das sementes foram suspensas antes dessa velocidade e a segunda metade após essa velocidade do ar e também a moda, demonstrando que a maior parte dos componentes totais do lote (61%) e das sementes (62%) foram sopradas na velocidade do ar de 11 m.s⁻¹. Um desvio de padrão de 1,2 m.s⁻¹ indica que 95,45% (média mais duas vezes o desvio padrão) dos componentes totais do lote seriam suspensos em velocidades do ar entre 8,2 e 13,0 m.s⁻¹, enquanto que um desvio padrão de 1 m.s⁻¹ indica que para sementes puras essa velocidade do ar encontra-se entre 8,7 e 12,7 m.s⁻¹. Para ambos os casos, a curtose positiva indica que as curvas são leptocúrticas, ou seja, têm picos mais agudos em relação à distribuição normal, significando uma maior probabilidade dos valores situarem-se próximos à média. O coeficiente de assimetria negativo indica que a curva de distribuição inclinada para a esquerda, informando que a média está situada numa velocidade do ar menor que a mediana. Um coeficiente de assimetria de -1,5 para o peso total dos componentes do lote indica assimetria forte, enquanto um coeficiente de assimetria de -0,7 para as sementes puras indica assimetria moderada (MACHADO *et al.*, 2006).

TABELA 2.1 – Média, mediana, moda, desvio padrão, coeficiente de curtose e coeficiente de assimetria da distribuição de frequência da velocidade do ar para suspensão dos componentes do lote de sementes de cevada.

Material	Média	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Curtose	Assimetria
	m.s ⁻¹					
Massa total	10,6	11	11	1,2	4,9	- 1,5
Sementes puras	10,7	11	11	1,0	3,2	-0,7
Impurezas	7,2	6	6	2,1	1,9	1,7

Por outro lado, a distribuição do peso das impurezas em relação à velocidade do ar não demonstrou uma distribuição próxima à normal no intervalo estudado. A média da velocidade do ar foi de 7,2 m.s⁻¹, enquanto a mediana e a moda foi de 6 m.s⁻¹, indicando que metade das partículas seriam sopradas em velocidade do ar inferior à velocidade do ar inicial escolhida, sendo sopradas 66% das impurezas totais (Tabela 2.2). Um desvio padrão de 2,1 m.s⁻¹, indica que 95,45% das impurezas seriam suspensas na velocidade do ar situada entre 3 e 11,4 m.s⁻¹. A curtose positiva indica um pico mais elevado que a distribuição normal, e um

coeficiente de assimetria de 1,7 aponta uma assimetria alta à direita, ou seja, a média é maior que a mediana e os dados tenderam a se localizar mais a direita na curva (MACHADO *et al.*, 2006).

Verificou-se em trigo que na velocidade do ar em um fluxo vertical superior a 6 m.s^{-1} , o material inerte é carregado pelo fluxo de ar, enquanto as sementes passam por ele (GLORIAL e CALLAGHAN, 1991) embora a diferença entre a amplitude de velocidade do ar para separação adequada de semente e material inerte tenha sido considerada muito estreita dificultando uma separação precisa. Verifica-se que essa mesma velocidade foi suficiente para a separação de 65 % das impurezas presentes em sementes de cevada, e que a impureza mais pesada presente no lote, só foi separada na velocidade do ar de 14 m.s^{-1} . Observa-se ainda que após a velocidade do ar de 11 m.s^{-1} , mais de 90% do lote havia sido suspenso pelo fluxo do ar. Mostrando que mais de 90% dos componentes do lote apresentava velocidade terminal inferior a 11 m.s^{-1} .

A maior parte das sementes presentes no lote apresentou velocidade terminal acima de 8 m.s^{-1} e abaixo de 13 m.s^{-1} (intervalo onde 92% das sementes foram sopradas), e, o ponto de máximo, sendo o maior número de sementes soprado, representando 62% das sementes puras totais foi a velocidade do ar de 11 m.s^{-1} . Estes valores encontram-se um pouco acima das determinações de velocidade terminal de experimentos anteriores que obtiveram velocidades terminais para cevada variando entre 7.44 e 8.25 m.s^{-1} (GÜNER, 2007), 7.04 e 7.07 m.s^{-1} (GÜRSOY e GÜZEL, 2010) e entre 7.96 e 8.74 m.s^{-1} (MARKOWSKI *et al.*, 2010) para os teores de água entre 9,4, 9,5 e 12,5 e 17,5%, respectivamente, porém, estudos preliminares verificaram que a velocidade de suspensão de bolas de poliestireno com velocidade terminal próximo das impurezas presentes em sementes de trigo foi superior aos valores dessa velocidade terminal, e ao misturar com sementes, velocidades do ar ainda maiores foram necessárias para suspender essas partículas (FARRAN e MACMILLAN, 1979), demonstrando que ao separar diferentes materiais em um fluxo de ar vertical, a velocidade do ar adequada para realizar essa separação irá se encontrar num ponto acima da velocidade terminal da fração que se pretende separar.

Embora não tenham sido quantificados os materiais presentes nas diferentes frações, separadas a distintas velocidades do ar, eles foram identificados e é possível verificar que a impureza presente em todas as frações foi pedra, de diferentes tamanhos e formas, o que dificultou sua retirada total do lote, por ter se comportado aerodinamicamente como as sementes de cevada (Figura 2.2). As outras sementes encontradas no lote foram *Echinocloa*

crus-galli L., *Avena fatua* L, e *Galium tricornes* Stokes. *G. tricornes* é uma espécie nociva tolerada no estado de Oregon onde o experimento foi realizado (USDA, 2010) e pode-se verificar que no lote em questão, a velocidade do ar de 9 m.s^{-1} , foi suficiente para eliminar outras sementes quaisquer presente no lote.

As sementes que se encontravam inicialmente com 96,5% de pureza física (dado não exibido) atingiram 98,8% ao passar pela velocidade do ar de 6 m.s^{-1} (Figura 2.3). A curva de pureza em relação a diferentes velocidades do ar ajustou-se ao modelo quadrático, com um coeficiente de determinação de 0,99 mostrando um bom ajuste da equação aos dados. Houve um aumento significativo na pureza física de 0,3% entre as velocidades do ar de 6 a 7 m.s^{-1} , ou seja, durante o beneficiamento de sementes de cevada do lote em questão, no soprador contínuo com fluxo vertical de ar, utilizando a velocidade do ar de 7 m.s^{-1} , a pureza física das sementes obtida foi 0,3% superior (99,1%) em relação a utilização da velocidade do ar de 6 m.s^{-1} (98,8%). Após esse período, houve aumento na pureza física das sementes praticamente linear de 0,2% a cada incremento de 1 m.s^{-1} na velocidade o ar até a velocidade de 11 m.s^{-1} , tendendo a um menor incremento após essa velocidade.

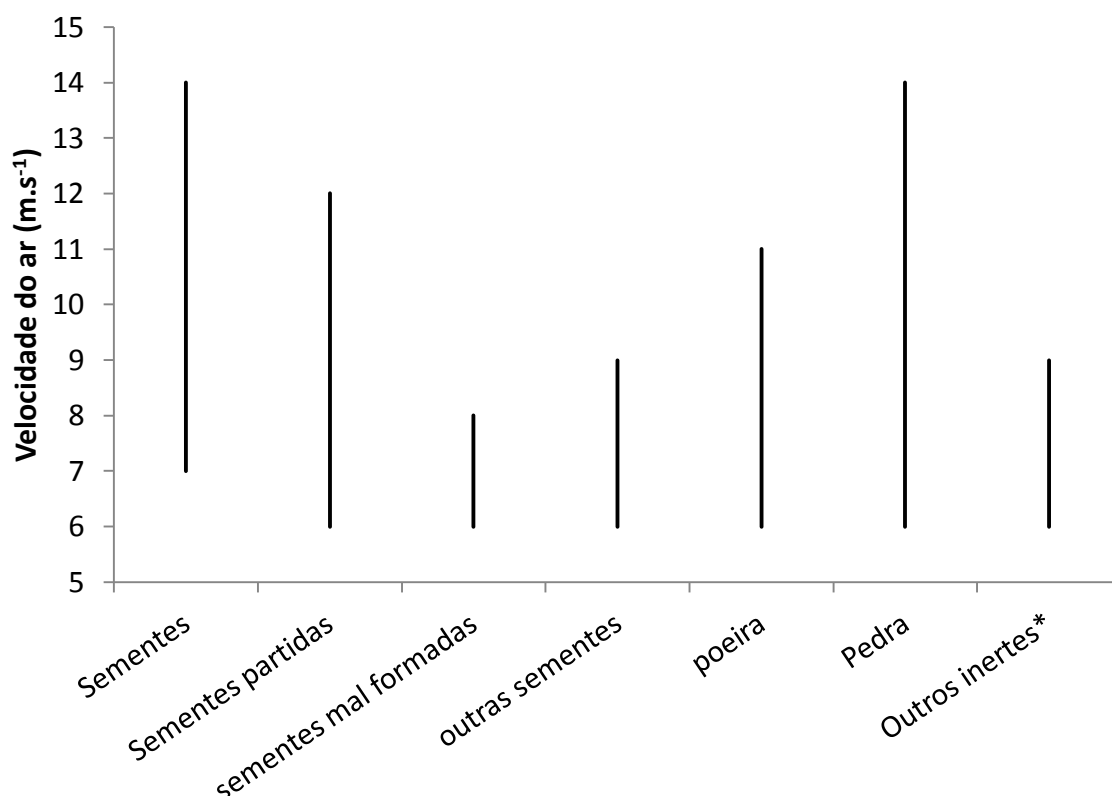


FIGURA 2.2 – Amplitude de velocidade do ar na separação de diferentes materiais.

* partes de planta, palha e insetos

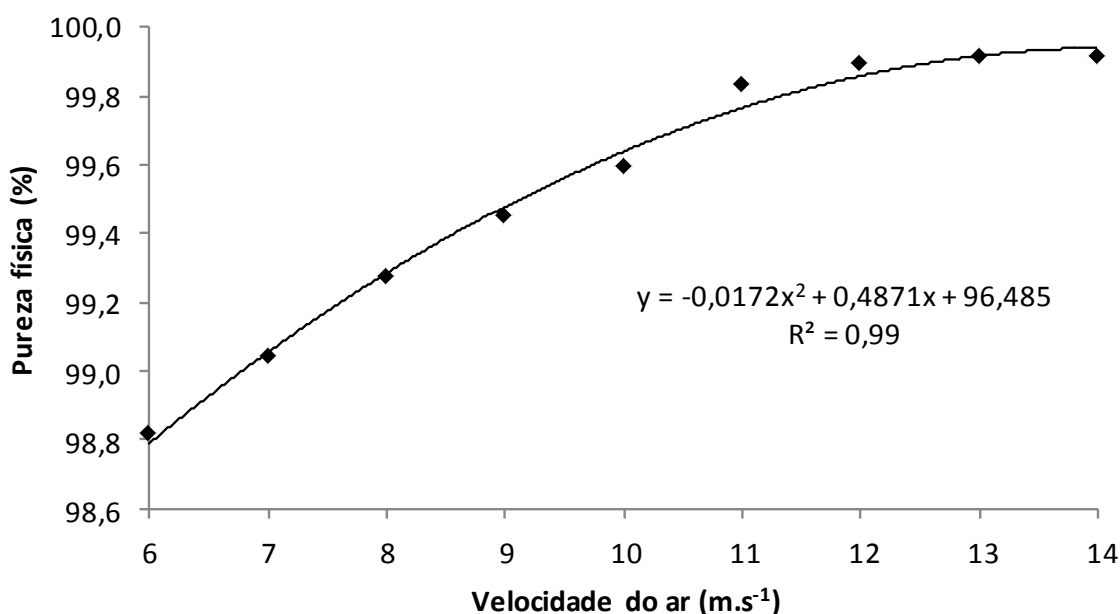


FIGURA 2.3 – Pureza física de sementes de cevada após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.

Verifica-se que as velocidades do ar de 6 e 7 m.s⁻¹ foram suficientes para atingir os padrões de pureza física de 98% exigidos para comercialização de sementes de cevada (BRASIL, 2009; OSCS, 2011). Este fato demonstra na prática a possibilidade de separar sementes de outros materiais, atingindo níveis aceitáveis para a comercialização, utilizando apenas ar vertical. A máxima pureza física foi obtida na velocidade do ar de 14 m.s⁻¹ (99,93 %), porém a partir da velocidade do ar de 12 m.s⁻¹ a pureza física foi superior a 99,90 %.

Resultados semelhantes foram obtidos durante o beneficiamento de sementes de grão-de-bico utilizando separador de grãos de fluxo de ar cruzado, onde um fluxo de ar na horizontal ou inclinado em relação à horizontal, passa por um fluxo de sementes que desce verticalmente deslocando essa massa de sementes a diferentes distâncias na horizontal de acordo com as propriedades aerodinâmicas. Verificou-se que utilizando a velocidade de rotação do ventilador e a inclinação em relação à horizontal adequada, a maior porcentagem de sementes vai se localizar nas bandejas localizadas nos primeiros 38 cm, enquanto os outros materiais tendem a se localizar após essa distância (ADEWUMI *et al.*, 2006b), os resultados demonstram que as diferenças nas propriedades aerodinâmicas de sementes e impurezas são suficientes, para que com a escolha da velocidade do ar adequada, bons níveis de limpeza sejam alcançados. Por outro lado, verifica-se que a porcentagem de pureza de 100% não foi

atingida devido às pedras presentes no lote que possuem maior densidade que as sementes. Fica evidente assim, a necessidade de boas práticas de colheita para evitar a presença de materiais indesejáveis de difícil separação.

A curva do peso de mil sementes apresentou-se significativa, ajustando-se ao modelo linear com um valor de 16,0 g para as sementes sopradas na velocidade do ar de 7 m.s⁻¹ contrastando com um valor médio três vezes superior de 54,0 g para as sementes sopradas na velocidade do ar de 14 m.s⁻¹ (Figura 2.4) demonstrando que pode haver grande variação no peso de sementes de um mesmo lote, o que pode ser separado com base em sua velocidade terminal. Verificou-se ainda que cada aumento de 1 m.s⁻¹ na velocidade do ar utilizada corresponde a um incremento de 5,4 g. no peso de mil sementes (Figura 2.4).

O separador de grãos de fluxo de ar cruzado foi eficiente na classificação de sementes de soja de acordo com a densidade ao utilizar velocidade do ar 12 m.s⁻¹ e inclinação do soprador 2,5° (ADEWUMI et al., 2007). Da mesma forma, verifica-se que o soprador contínuo de fluxo vertical de ar pode ser utilizado para aumentar o peso de mil sementes de lotes de sementes de cevada, obtendo sementes com maior acúmulo de matéria seca, o que sugere maior potencial de desempenho.

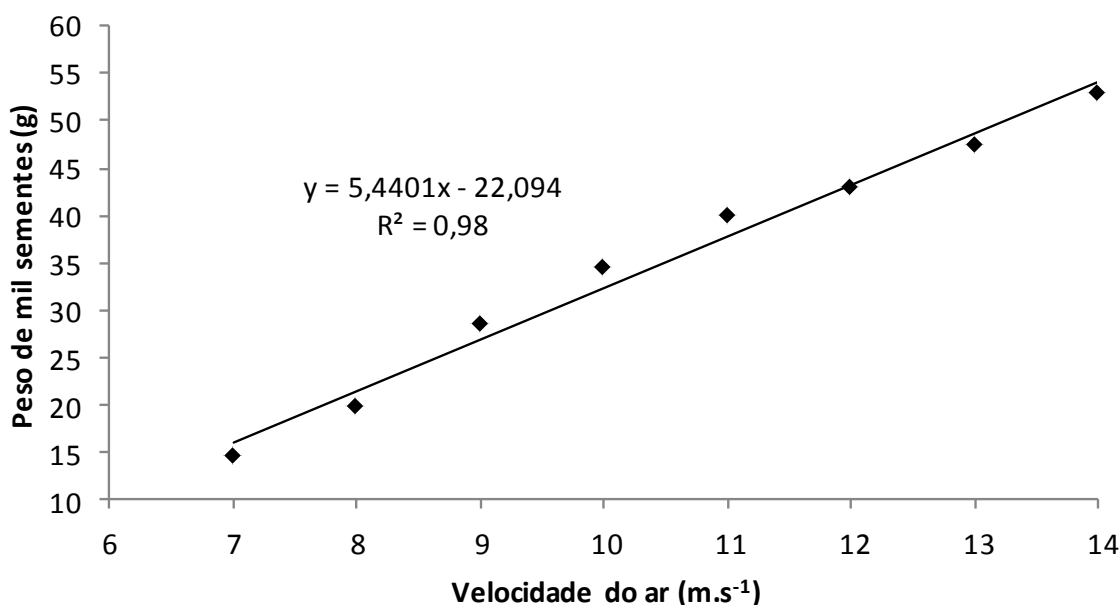


FIGURA 2.4 – Peso de mil sementes de cevada após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.

Qualidade fisiológica

Os dados de germinação mostraram-se significativos ajustando-se ao modelo quadrático, com um aumento praticamente linear até a velocidade do ar de 9 m.s^{-1} , reduzindo o aumento após essa velocidade e alcançando o máximo de germinação na velocidade entre 10 e 11 m.s^{-1} (Figura 2.5A).

A mesma tendência observada para germinação foi observada para o índice de velocidade de germinação, cujas médias ajustaram-se ao modelo quadrático, apresentando incremento marcante até a velocidade do ar de 9 m.s^{-1} , com tendência a se estabilizar após essa velocidade (Figura 2.5B). Novamente, o ponto máximo, relacionado ao máximo IVG foi alcançado em velocidades do ar de 10 e 11 m.s^{-1} (57,8).

Da mesma forma, o comportamento da massa de matéria seca de plântulas, aos 7 e aos 15 dias também ajustou-se ao modelo quadrático com um acréscimo mais expressivo até a velocidade do ar de 9 m.s^{-1} (Figura 2.5C e D). Após essa velocidade do ar, os incrementos foram menores. A menor massa de matéria seca obtida aos sete dias foi de $7,4 \text{ mg.planta}^{-1}$ para as sementes sopradas aos 7 m.s^{-1} contra uma massa de matéria seca 3,5 vezes superior de $26,3 \text{ mg.planta}^{-1}$ para as sementes sopradas a partir dos 12 m.s^{-1} . Aos quatorze dias, esses valores foram de 14,8 para as sementes sopradas aos 7 m.s^{-1} contra uma massa de matéria seca aproximadamente três vezes superior para as sementes sopradas aos 12 m.s^{-1} ($44,3 \text{ mg.planta}^{-1}$).

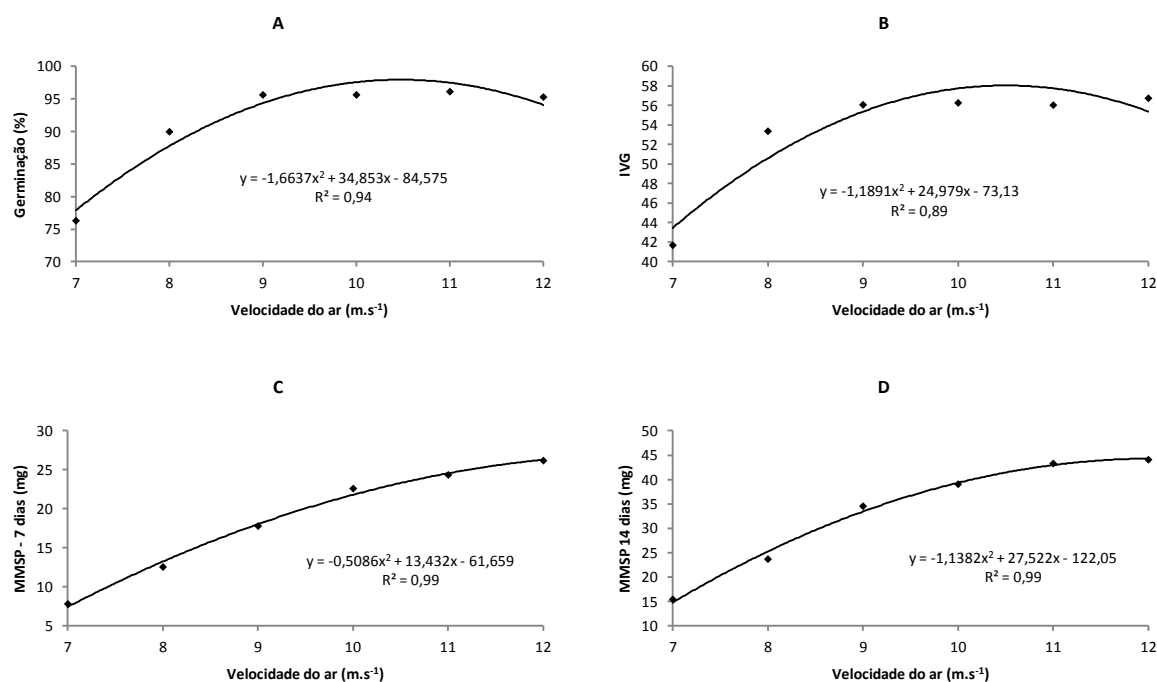


FIGURA 2.5 – Germinação, índice de velocidade de germinação, massa de matéria seca de plântulas (MMSP) aos sete e 14 dias após a semeadura de sementes de cevada beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.

É possível observar o efeito da velocidade do ar utilizada na separação do lote de sementes em sua qualidade. Utilizando velocidades do ar superiores a 9 m.s^{-1} , é possível obter ao final do beneficiamento das sementes de cevada com maior porcentagem de germinação e melhor desempenho, avaliados pelo índice de velocidade de germinação e a massa de matéria seca de plântulas aos sete e aos quatorze dias após a germinação, o que pode ser um indicador de maior potencial produtivo. De forma semelhante, a determinação do peso de mil sementes de cevada oriundas de diferentes épocas de colheita, permitiu verificar que sementes mais pesadas apresentam melhor desempenho que as sementes leves (TUNES *et al.*, 2008), o que demonstra que o peso de mil sementes é um bom indicativo da qualidade fisiológica em sementes de cevada. Os resultados indicam assim que é possível obter sementes com elevado potencial de desempenho utilizando as propriedades aerodinâmicas das sementes.

Ponto ótimo para limpeza e qualidade fisiológica

Durante o beneficiamento de sementes, além do objetivo de retirar a maior porcentagem possível de impurezas do lote, é importante fazer isso com o mínimo de descarte. Assim, existe uma velocidade do ar onde se obtém a maior eficiência no processo. A intersecção das linhas referentes ao peso acumulativo de sementes e de impurezas permite verificar que há cruzamento na velocidade do ar próxima a 9 m.s^{-1} , considerado o ponto ótimo para limpeza de sementes (Figura 2.6).

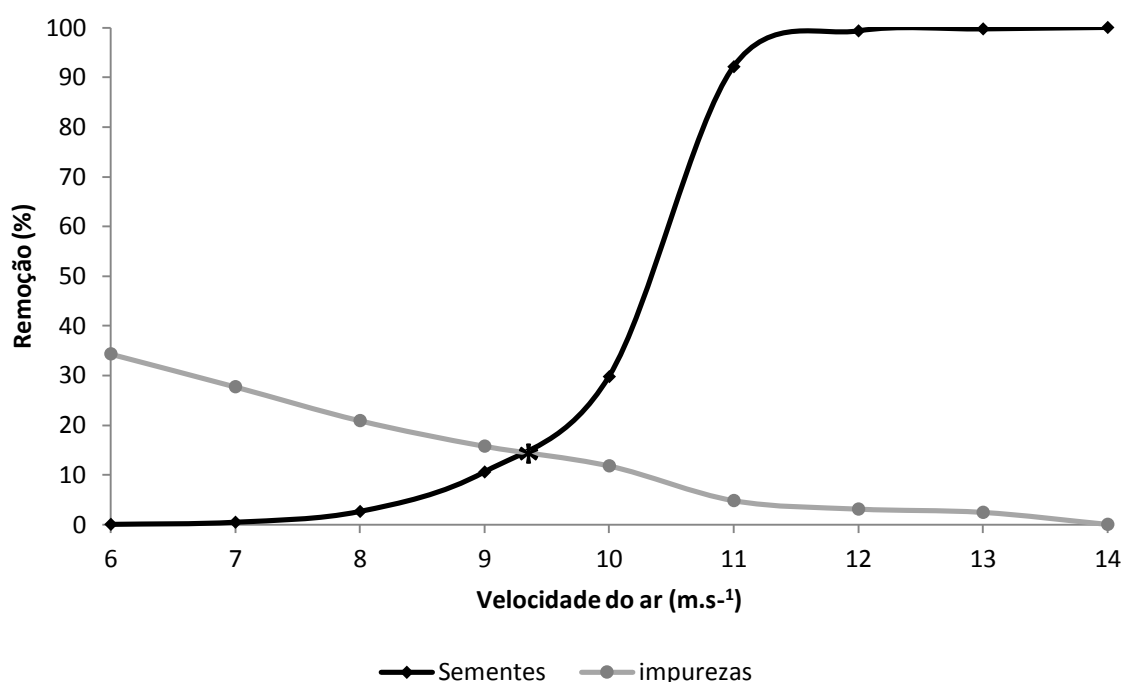


FIGURA 2.6 – Identificação do ponto ótimo para limpeza de sementes de cevada. O ponto de intersecção das linhas de porcentagem de sementes e de impurezas é equivalente ao ponto ótimo para limpeza de sementes.

A velocidade do ar de 9 m.s^{-1} realmente destacou-se como o ponto ótimo para limpeza de sementes, para obter o máximo de pureza física com o mínimo de descarte em sementes. A pureza física obtida após soprar as sementes nessa velocidade do ar foi de 99,5% (Figura 2.3) com um descarte de sementes de aproximadamente 10%, o que pode ser considerado aceitável para alcançar alto padrão de pureza física. A pureza física inicial de 96,5% (dado não exibido), indica uma porcentagem de impurezas inicial no lote de 3,5%, o que significa que foram removidos 3% de peso inicial do lote em impurezas. A relação entre a

porcentagem de sementes descartadas (10%) e a porcentagem de impurezas removidas demonstra que a porcentagem de descarte de sementes para remover 1% de material indesejado presentes no lote de sementes de cevada utilizando um soprador contínuo com fluxo vertical de ar foi de 3,3%, o que está próximo aos valores de 1 a 3% indicados para o arroz e 2 a 5% para a soja (AGUIRRE e PESKE, 1988).

Também se verifica que essa velocidade foi suficiente para eliminar outras sementes presentes no lote (Figura 2.2), evitando a contaminação por sementes invasoras em novos campos. Porém, a utilização de velocidades do ar superiores em 1 m.s^{-1} , ou seja, caso seja empregado a velocidade do ar de 10 m.s^{-1} , o descarte de sementes no lote atinge 30%, sendo descartado 9,7% de sementes do lote para cada 1% de impureza retida, tornando o descarte de sementes muito grande para utilização dessa velocidade do ar, a não ser em casos em que seja necessário retirar dos lotes materiais com propriedades aerodinâmicas muito específicas e que o descarte de sementes seja compensado, pois o ganho em pureza é de apenas 0,1 ponto percentual em uma lote de sementes que já se encontra com elevado padrão físico de pureza. A velocidade do ar de 6 m.s^{-1} foi suficiente para atingir o nível de pureza física exigido para comercialização de sementes de cevada, portanto qualquer velocidade do ar entre 6 e 9 m.s^{-1} pode ser utilizada uma vez que não se busque uma limpeza tão precisa.

A velocidade do ar de 9 m.s^{-1} também destacou-se como o ponto ótimo para limpeza de sementes, ao considerar que a porcentagem de germinação atinge 94% nessa velocidade do ar (Figura 2.5A), demonstrando que existe uma velocidade do ar, que possibilita obter o máximo de germinação com o mínimo descarte aceitável, pois acima dessa velocidade o descarte de sementes é superior a 30% para um ganho em germinação de apenas 4 pontos percentuais pois a germinação máxima obtida para o lote em questão foi de 98%.

Esse ponto ótimo, também demonstrou ser adequado para se obter o maior vigor do lote de sementes com o mínimo descarte aceitável. Ao observar as curvas do IVG e da massa de matéria seca de plântulas aos sete e aos 14 dias, verifica-se que os benefícios ao vigor das sementes são mais acentuados até a velocidade do ar de 9 m.s^{-1} . Após essa velocidade do ar, os benefícios são menores, e embora se busque sementes com o mais alto padrão de qualidade, os ganhos em qualidade devem ser fortes o suficiente para justificar o descarte de uma certa quantidade de sementes, pois isso implica em maior custo de produção, ficando portanto a critério do produtor de sementes decidir se esse incremento no vigor compensa o descarte.

A velocidade do ar de $2,9 \text{ m.s}^{-1}$, identificada como ponto ótimo para soprar sementes de Festuca (*Festuca aundinacea* Schreb) em um soprador de sementes tipo *General Seed*

Blower, foi descrita como a velocidade do ar que possibilita separar quase toda impureza com o mínimo de descarte em sementes (GARAY, *et al.*, 2009). Da mesma forma, é possível dizer que no beneficiamento de sementes de cevada utilizando fluxo de ar vertical é possível identificar três pontos: Ponto ótimo para limpeza de sementes (POL), identificado como aquele em que se atinge a máxima pureza física com o mínimo descarte em sementes, ponto ótimo para germinação (POG), em que se obtém a máxima germinação com o mínimo de descarte e finalmente o ponto ótimo para aprimoramento da qualidade (POA), em que se obtém a máxima expressão de vigor do lote com o mínimo descarte de sementes, identificado aqui como a velocidade do ar de 9 m.s^{-1} . A identificação desses pontos permite ao operador escolher de acordo com as necessidades do lote em questão, qual a velocidade do ar adequada para atingir o beneficiamento apropriado.

CONCLUSÃO

1 - É possível limpar sementes de cevada e aprimorar a qualidade dos lotes utilizando soprador contínuo com fluxo vertical de ar.

2 - A velocidade do ar 9 m.s^{-1} é o ponto ótimo para limpeza de sementes de cevada e aprimoramento da qualidade em soprador contínuo com fluxo vertical de ar, considerando a pureza física, germinação e o vigor.

3 - Para a remoção de 1 ponto percentual de material indesejável de lotes de sementes de cevada em soprador contínuo com fluxo vertical de ar, o descarte de sementes atinge 3,3 pontos percentuais.

REFERÊNCIAS

ADAM K. M.; MISRA M. K. E; THORESON D.R. Removal of Ergot from Barley by Density Separation, **Applied Engineering in Agriculture**, v 20, n.1, p. 39-43, 2004.

ADEWUMI B. A.; ADEMOSUN , O. ; OGUNLOWO A. Preliminary investigation on the distribution and spread pattern of cowpea in a cross flow grain separator. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**. Manuscript FP 06 020., v. 3. 12 p. October, 2006.

ADEWUMI, B. A.; SATHYENDRA RAO , B. V.; KIRAN KUMAR , N. L.; PRATAPE , V. M. e SRINIVAS, A. Grain classification using aerodynamic principles. **African Crop Science Conference Proceedings**, v. 8. p. 1799-1801. 2007.

AGUIRRE, R; PESKE, S. **Manual para el beneficio de semillas**. CIAT - Unidad de Semillas. Cali, Colômbia, 1988.

AOSA. Association of Official Seed Analysts.**Rules for testing seeds** Vol. 1: Principles and procedures. Ithaca, NY, 2010.

BAALBAKI, R.; MCDONALD, M. B.; ELIAS, S. G; MARCOS FILHO, J. **Seed vigor testing handbook**. Association of Official Seed Analysts. Contribution no. 32. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 60 de 10 de dez. de 2009. **Diário Oficial da União**. 11 de dez. 2009, Seção 1, Página 16. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=21236>. Consulta em: 16 de jan. de 2011.

CONAB - (Companhia Nacional do Abastecimento). **Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 27 de dez. 2010.

ELIAS S.G.; BAALBAKI R.; MCDONALD, M. **Seed Moisture Determination: principles and procedures**. Handbook on Seed Testing, Contribution No. 40, Association of Official Seed Analysts. Stillwater, OK, USA, 2007.

FARRAN, J. G.; MACMILLAN, R. H. Grain-chaff separation on a vertical air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 24, p.115-129, 1979.

GARAY, A.; ELIAS, S.; NOTT, H. How to prepare a master calibration sample: procedure and applications using tall fescue as a model. **Seed technology**, v. 31, n. 2, p. 179-188, 2009.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Aerodynamic properties of grain/straw materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 46, p. 257-290, 1990.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Separation of grain from straw in a vertical air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 48, p. 111-122, 1991.

GÜNER, M. Pneumatic conveying characteristics of some agricultural seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 904–913, 2007.

GÜRSOY, S.; GÜZEL, E. Determination of Physical Properties of Some Agricultural Grains. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, v. 2, n. 5, p. 492-498, 2010

KHOSHTAGHAZA, K.; R. MEHDIZADEH. Aerodynamic properties of wheat kernel and straw materials. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, v. 7, p. 1-9, 2006.

MACHADO, S. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S.; FIGUEIREDO FILHO, AFONSO; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de bracatingais na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.759-768, 2006.

MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p.176-7. 1962.

MARKOWSKI, M.; MAJEWSKA, K.; KWIATKOWSKI, D.; MALKOWSKI, M.; BURDYLO, G. Selected geometric and mechanical properties of barley (*hordeum vulgare* L.) grain. **International Journal of Food Properties**, v. 13, p. 890–903, 2010.

MUNCK, L. Advances in barley quality. Experiences and perspectives. **Options Méditerranéennes – Série Séminaires**, n.20, p. 9-18, 1991.

OSCS, Oregon Seed Certification Service. **Oregon seed certification service handbook**. Oregon State University Extension Service, 56 p. 2011.

RAJALA, A.; NISKANEN, M.; ISOLAHTI, M.; PELTONEN-SAINIO, P. Seed quality effects on seedling emergence, plant stand establishment and grain yield in two-row barley. **Agricultural and Food Science**, v. 20, n. 3, p. 228-234, 2011.

RISSE, J.; MISRA, M; KNAPP, A; BERN. C. Conditioning shriveled soybean seed: Part 1. Variation in physical properties. **Transactions of the ASAE**, v. 34, n. 2, p. 481-486, 1991.

SHELLARD, J.E.; MACMILLAN, R.H.. Aerodynamic properties of threshed wheat materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 23, p. 273-281, 1978.

SONG H., LITCHFIELD J.B. Predicting method of terminal velocity for grains. **Transactions of the ASAE**, v. 34, p. 225-231, 1991.

TUNES, L. M.; BARROS, A. C. S. A.; BADINELLI, P. G.; OLIVO, F. Teste de vigor em função de diferentes épocas de colheita de sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, p.321-326, 2008.

USDA. United States. Agricultural Marketing Service. Livestock, Meat, Grain & Seed Division. Seed Branch. State noxious-weed seed requirements recognized in the administration of the federal seed act. 123 p. 2010.

USDA (U.S. Department of Agriculture), Foreign Agricultural Service (FAS). **Grain: World markets and trade**. 54 p., 2011. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>>. Acesso em: 27 dez 2011.

CAPÍTULO 3

APRIMORAMENTO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE TREVO ENCARNADO EM SOPRADOR CONTÍNUO UTILIZANDO FLUXO DE AR VERTICAL

RESUMO – No aprimoramento da qualidade de sementes, há a separação das sementes em diferentes categorias apresentando propriedades similares e normalmente, é realizado utilizando a densidade e as dimensões da semente. A velocidade terminal é uma importante propriedade aerodinâmica e pode também ser utilizada. Assim o objetivo desse trabalho foi avaliar o uso do soprador contínuo com fluxo vertical de ar, para aprimoramento da qualidade fisiológica de sementes de trevo encarnado. Quatro lotes de sementes, foram submetidas ao soprador contínuo de fluxo vertical de ar em escala de laboratório regulado para velocidade do ar de 8 m.s^{-1} a 13 m.s^{-1} em intervalos regulares de 1 m.s^{-1} . Após o beneficiamento, as amostras de sementes foram submetidas às avaliações do peso de mil sementes, germinação, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência de plântulas e massa de matéria seca de plântulas aos sete e aos 15 dias após a semeadura. Concluiu-se que: 1 - é possível aprimorar a qualidade de sementes de trevo encarnado utilizando soprador contínuo com fluxo vertical de ar; 2 - a velocidade do ar de 10 m.s^{-1} é adequada para aprimoramento da qualidade fisiológica de lotes de sementes de trevo encarnado com um descarte de 3,7% de sementes para cada ganho de 1% na germinação.

Palavras-chaves: *Trifolium incarnatum* L., velocidade terminal, aprimoramento da qualidade, peso de mil sementes

CRIMSON CLOVER (*Trifolium incarnatum* L.) SEED QUALITY UPGRADING IN A CONTINUOUS FLOWING BLOWER

ABSTRACT – The seed quality upgrading process separates seeds into different categories having similar properties and it is usually done using seed density and size. The terminal velocity is an important aerodynamic property, and can also be used in this process. Thus the aim of this study was to evaluate a continuous flowing blower to improve physiological quality of certified crimson clover (*T. incarnatum*) seeds. After being the moisture content determined, four seed lots were subjected to the *Continuous Seed Blower*, a continuous flowing blower in a laboratory scale set at air velocity of 8 ms⁻¹ to 13 m.s⁻¹ in intervals of 1 m.s⁻¹. After processing the samples they were subjected to further evaluations of the thousand seed weight, germination, seedling emergence under greenhouse conditions, speed of emergence and dry weight of seedlings at seven and 15 days after sowing. It was conclude that: 1- it is possible to upgrade clover seed quality using a continuous flowing blower with vertical air flow and 2- the air velocity of 10 ms⁻¹ is the appropriate air speed for improving the physiological quality of clover seed lots with seed discharge of 3,7% to each 1% increasing in seed germination.

Key words: terminal velocity, seed quality upgrading, thousand seed weight

INTRODUÇÃO

O trevo encarnado (*Trifolium incarnatum* L.) é uma cultura anual de inverno utilizada para pastagem, feno, mistura em silagens, cobertura de solo em pousio ou simplesmente para melhorar o solo. Tem maior potencial para desenvolver-se em solos pobres que outros trevos, embora não tolere calor ou frio extremo. Tem como principal área de cultivo, os estados do sudeste e da costa sul do Atlântico nos Estados Unidos (USDA, 2009). Apresenta plântulas com maior desempenho dentre diversas espécies de trevos anuais de inverno (EVERS, 1999), sendo esse superior desempenho de plântulas relacionado ao maior índice de área foliar, nodulação e baixa relação raiz/parte aérea.

Pesquisas realizadas no sul do Brasil demonstraram com resultados práticos o valor de diversas espécies de trevo na formação de pastagens (REIS, 2007). Porém, relatos afirmam que o trevo encarnado, por apresentar um período de produção menor, teve produções inferiores ao trevo vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi.) que ainda produziu sementes em abundância, apresentando satisfatória taxa de ressemeadura natural (SCHOLL, 1973; citado por REIS, 2007). Os baixos rendimentos obtidos com trevo encarnado refletem-se na pouca informação disponível sobre a espécie no Brasil.

Dentre as operações de pós-colheita, as mais importantes que as sementes são submetidas referem-se à limpeza e a classificação. A limpeza visa retirar uma série de contaminantes presentes no lote de sementes, enquanto que a classificação separa as sementes em diferentes categorias (ARAFA *et al.*, 2009). Se as propriedades físicas do material que se deseja separar do lote de sementes são muito semelhantes, como no caso da classificação de sementes em que o material que se deseja separar é a própria semente, é necessário o uso de equipamentos que realizem uma precisa separação baseada em uma específica propriedade física da semente (RISSE *et al.*, 1991). Dentre esses equipamentos, destaca-se a mesa de gravidade que separa sementes por densidade, eliminando materiais indesejáveis e sementes de qualidade inferior, permitindo a eliminação de porções do lote que não preenchem os limites mínimos de qualidade, favorecendo a comercialização de lotes de níveis mais elevados de qualidade fisiológica (BAUDET e MISRA, 1991). A mesa de gravidade, porém, é uma máquina que necessita de operador com bastante experiência em sua regulação para que possa fazer a separação com a precisão desejada e o mínimo descarte. Máquinas que sejam capazes de realizar essa classificação com uma calibragem mais simples seriam bem aceitas pela indústria de sementes.

A velocidade terminal é uma das mais importantes propriedades aerodinâmicas nos processos de separação, limpeza e transporte pneumático de sementes (SONG e LITCHFIELD, 1991). O uso de um aspirador assim como a mesa de gravidade foram técnicas eficientes para melhorar a qualidade de lotes de sementes de *Tripsicum dactyloides* (L.) L., após separar sementes vazias e mal formadas do lote (DOUGLAS *et al.*, 2000). O soprador de fluxo cruzado de ar, com a escolha da velocidade e inclinação adequada do ventilador, bem como a taxa de alimentação de sementes, foi capaz de separar sementes de soja em diferentes classes de acordo com a densidade (ADEWUMI *et al.*, 2007). Uma vez que as diferenças nas propriedades aerodinâmicas das sementes de alta e de baixa qualidade presentes no lote são suficientes para permitir que as partículas mais leves sejam levadas pelo fluxo de ar, enquanto as partículas mais pesadas passem por ele, é possível utilizar um fluxo de ar vertical para realizar essa separação (GLORIAL e CALLAGHAN, 1991) como observado anteriormente para *Tripsicum dactyloides* (L.) L., cuja utilização do soprador *South Dakota* aumentou a germinação das sementes para valores entre 72 e 95% (AHRING e FRANK, 1968).

O soprador *South Dakota* apresenta, porém, capacidade limitada, pois comporta apenas as sementes que consegue acomodar por não ter opção para fluxo contínuo de sementes e teria apenas a utilidade como teste primário em laboratório para verificar a possibilidade de separação. Um equipamento que permita um fluxo contínuo de sementes oferece a vantagem de poder ser arranjado em algum ponto da linha de beneficiamento sem estrangulamento do fluxo. O soprador contínuo com fluxo vertical de ar, em escala de laboratório *Continuous Seed Blower*[®], é um equipamento que apresenta dentre as características desejáveis, a facilidade de regulagem e um fluxo contínuo de sementes.

A hipótese deste trabalho baseia-se na teoria de que sementes de trevo encarnado de alta e baixa qualidade diferenciam-se em suas propriedades aerodinâmicas suficientemente, para que uma vez escolhida a velocidade do ar adequada e se disponha de equipamento que permita uma calibração precisa para atingir essa velocidade do ar, seja possível separar sementes em diferentes níveis de qualidade fisiológica. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a possibilidade de uso do soprador contínuo com fluxo vertical de ar, para aprimoramento da qualidade fisiológica de sementes de trevo encarnado.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de sementes da Universidade Estadual de Oregon, localizado na cidade de Corvallis – OR/EUA, utilizando quatro lotes de sementes de trevo encarnado, cultivar Bolsena. As sementes foram caracterizados obedecendo aos padrões estabelecidos pelo Serviço de Certificação de Sementes do Estado de Oregon (OSCS, 2011) e suas principais características encontram-se descritas na Tabela 3.1.

TABELA 3.1 – Germinação, sementes duras, sementes viáveis totais, pureza física, teor de água e peso de mil sementes de lotes de sementes de trevo encarnado utilizados no experimento.

Lote	Germinação	Sementes duras	Sementes* viáveis totais	Pureza	Teor de água	Peso de mil sementes
		%				g
1	89	8	97	99,8	7,9	5,1
2	82	15	97	99,8	7,8	5,2
3	89	9	98	99,7	8,1	5,5
4	84	13	97	99,6	7,6	5,4
Média	86	11	97	99,7	7,9	5,3
CV (%)	4,1	29,4	0,5	0,1	2,7	3,4

*sementes viáveis totais = germinação + sementes duras

Antes do beneficiamento das amostras de 500 g, determinou-se o teor de água pelo método da estufa, utilizando duas subamostras de 10 gramas de sementes inteiras, postas em estufa a 130 °C, durante 2,5 horas. Os resultados foram expressos em percentagem em base úmida (ELIAS *et al.*, 2007).

Após a determinação do teor de água, as sementes foram submetidas ao soprador contínuo com fluxo vertical de ar regulado para velocidade do ar de 8 m.s⁻¹. A porção de sementes mais leve, soprada nessa velocidade do ar, foi separada e reservada para análise posterior. Após esse processo, o soprador foi calibrado para velocidade do ar de 9 m.s⁻¹, e a amostra remanescente da limpeza prévia (a porção que passou pelo fluxo de ar) foi repassada pelo soprador e a fração soprada nessa velocidade do ar separada para posterior avaliação. O processo se repetiu até a velocidade do ar de 13 m.s⁻¹. Para avaliação da velocidade do ar, foi

utilizado um anemômetro rotatório *Turbo Meter*[®] acoplado em uma abertura no tubo localizada a 0,22 m do ponto central da peneira angulada próxima à descarga.

Foi determinada a distribuição do peso das sementes nas diferentes velocidades do ar, pesando-se as amostras obtidas em balanças com precisão de duas casas decimais e os resultados expressos em porcentagem com relação ao peso total da amostra. Após esse procedimento, as sementes foram submetidas às avaliações do peso de mil sementes, germinação, porcentagem de emergência de plântulas em casa de vegetação, índice de velocidade de emergência de plântulas e massa seca de plântulas aos sete e aos 15 dias após a semeadura, conforme descrito abaixo:

O peso de mil sementes foi determinado de acordo com as Regras para Análise de Sementes da AOSA (AOSA, 2010), em oito repetições de 100 sementes por unidade experimental, e se determinou a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação, sendo o resultado da avaliação expresso em gramas.

Para o teste de germinação, quatro subamostras de 100 sementes, por unidade experimental foram semeadas em rolos de papel umedecidos com três vezes sua massa em água e postas para germinar em câmara de crescimento regulada para temperatura de 20° C (AOSA, 2010). Nenhum tratamento para superação de dormência foi aplicado. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais aos sete dias. Ainda foram determinados a porcentagem de sementes duras, sementes viáveis totais (germinação + sementes duras) e a porcentagem de plântulas anormais + sementes mortas.

O teste de emergência de plântulas em casa de vegetação foi conduzido com 200 sementes por unidade experimental. O substrato utilizado foi areia, em bandejas de poliestireno com 50 células. Foram semeadas quatro sementes por células, em casa de vegetação com temperatura média de 20° C e 70% de umidade relativa (AOSA, 2010). Os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais que apresentavam comprimento de parte aérea superior a 1 cm e as folhas simples completamente abertas aos sete dias após semeadura.

Para determinação do índice de velocidade de emergência (IVE), foram aproveitadas as condições do teste de emergência de plântulas, seguindo-se contagens diárias até a estabilização da emergência, sendo o IVE calculado de acordo com metodologia proposta por Baalbaki *et al.* (2009), utilizando a fórmula de Maguire (1962).

A massa seca de plântulas foi determinada utilizando 10 plântulas ao acaso, provenientes do teste de emergência de plântulas coletadas aos sete e 15 dias após a germinação. Após a coleta das plântulas, retiraram-se os resíduos de tegumento e as raízes

foram lavadas com água corrente em uma pia localizada na própria casa de vegetação para retirar vestígios de areia. Após a lavagem das raízes, as plântulas foram postas para secar em estufa regulada a 100° C por 24 horas. Após a secagem as plântulas foram pesadas em balança com precisão de quatro casas decimais e os resultados expressos em miligrama.plantula⁻¹ (BAALBAKI *et al.*, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, sendo os tratamentos as seis velocidades do ar utilizadas e cada lote um bloco (6 x 4). As médias foram submetidas à análise de variância utilizando o software estatístico Winstat 1.0, sendo os efeitos dos tratamentos avaliados pelo teste F e, se significativos, foram submetidos à análise descritiva ou de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição de frequência em porcentagem do peso de sementes após a separação em diferentes velocidades do ar mostrou-se significativa apresentando uma tendência em relação ao comportamento das sementes de trevo encarnado em um fluxo de ar vertical, verificando-se que a distribuição das sementes em um lote, assemelha-se a uma distribuição normal (Figura 3.1). Também mostra que lotes que já atendam padrões mínimos para a certificação, podem ser classificados quanto à velocidade terminal.

Observa-se que a velocidade do ar média para a suspensão das sementes foi 11,2 m.s⁻¹, enquanto que a mediana, ou seja, o ponto que identifica a velocidade do ar cuja metade das sementes com velocidade terminal mais baixa seria soprada abaixo dela e a outra metade com velocidade terminal superior seria soprada após essa velocidade do ar é 11 m.s⁻¹, valor também correspondente a moda, que expressa a velocidade do ar em que a maior quantidade de sementes é soprada (37% das sementes) em comparação às demais velocidades do ar (Tabela 3.2). Um desvio padrão de 1 m.s⁻¹, indica que 95,45% das sementes seriam sopradas na velocidade do ar entre 9,2 e 13,2 m.s⁻¹. O coeficiente de curtose de 0,12 indica que a curva apresenta um pico levemente mais elevado que a distribuição normal, enquanto que um coeficiente de assimetria de -0,37 indica que a curva de distribuição é moderadamente assimétrica à esquerda (MACHADO *et al.*, 2006), demonstrando uma tendência dos valores se situarem antes da velocidade do ar média. Esses resultados estão abaixo dos resultados obtidos para três diferentes variedades de trevo egípcio (*T. alexandrinum*) que apresentaram velocidade terminal entre 15 e 16 m.s⁻¹ (WERBY, 2010).

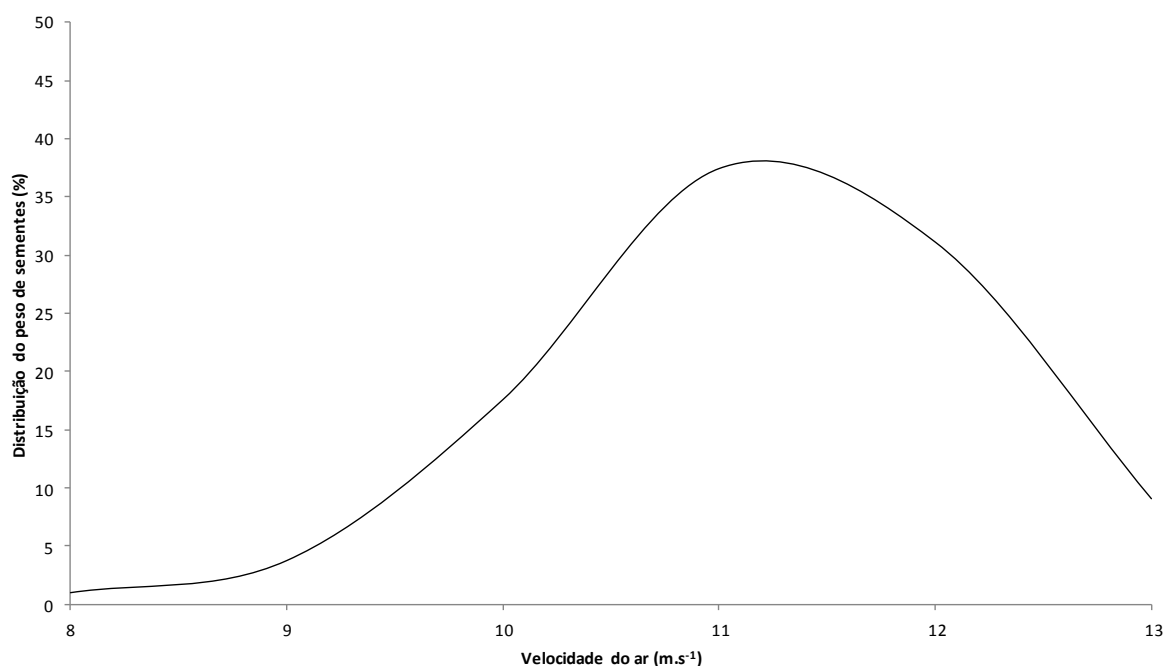


FIGURA 3.1 – Distribuição de frequência de suspensão de sementes certificadas de trevo encarnado em diferentes velocidades do ar.

TABELA 3.2 – Média, mediana, moda, desvio padrão, coeficiente de curtose e coeficiente de assimetria da distribuição de frequência da velocidade do ar para suspensão de sementes de trevo encarnado.

Média	Mediana	Moda m.s ⁻¹	Desvio padrão	Curtose	Assimetria
11,2	11	11	1,0	0,12	-0,37

O peso de mil sementes variou de 3,2 a 6,5 g, com os dados ajustando-se ao modelo linear com um coeficiente de determinação de 0,99, o que indica um bom ajuste dos dados (Figura 3.2).

Os resultados apontam que para o incremento de uma unidade na velocidade do ar no intervalo de 8 a 13 m.s⁻¹, há um aumento de 0,7 gramas no peso de mil sementes, indicando a viabilidade de separar frações de sementes de trevo encarnado mais leves de frações mais pesadas usando fluxo vertical de ar, com uma possível melhoria da qualidade dos

lotes de sementes, ao eliminar as mais leves e possivelmente com menor potencial fisiológico. Esses resultados foram diferentes dos obtidos em trigo em que foi observado que sementes da mesma espécie não poderiam ser separadas em diferentes frações usando fluxo de ar vertical, devido a amplitude da velocidade terminal encontrada ser estreita para o processo (GLORIAL e CALLAGHAN, 1991), o que provavelmente deixou de ser um problema ao se trabalhar com um equipamento que permita uma calibração precisa da velocidade do ar.

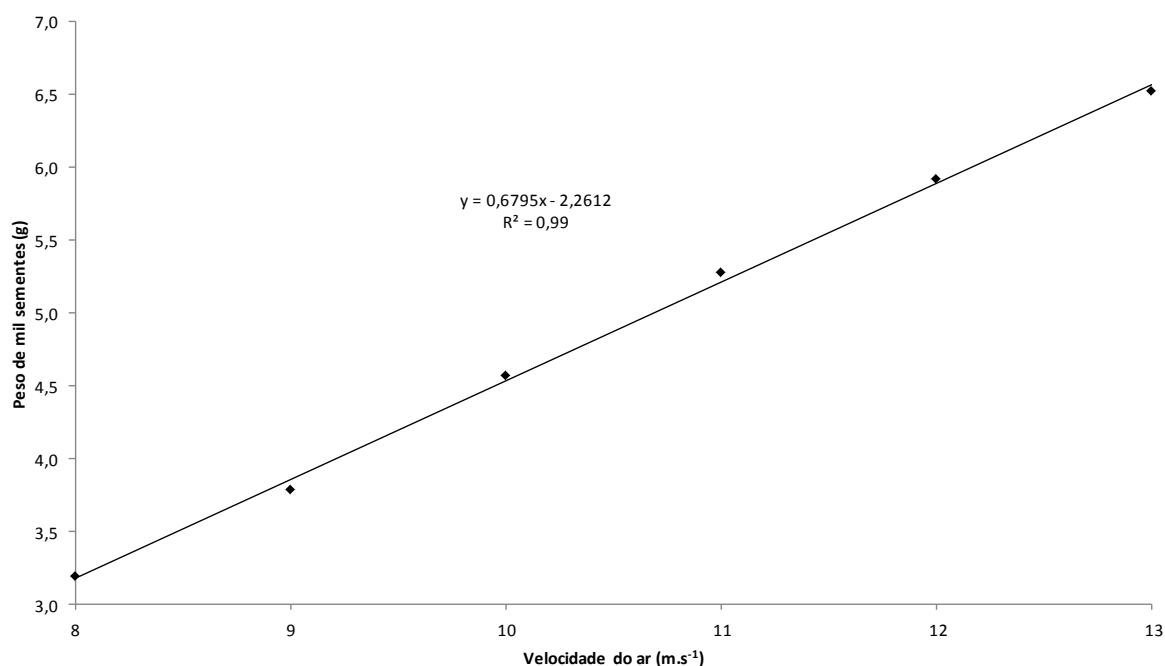


FIGURA 3.2 – Peso de mil sementes de trevo encarnado após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.

Além de aumentar o peso de mil sementes, verificou-se que as sementes após passarem pelo soprador contínuo apresentaram melhor aparência (Figura 3.3). As sementes sopradas na velocidade do ar 8 m.s⁻¹ apresentaram uma grande quantidade de sementes arroxeadas, marrom, mal formadas ou atacadas por microrganismos, enquanto velocidades maiores reduziam essas sementes predominando sementes amarelas. Foi possível verificar uma melhoria no aspecto visual do lote para cada aumento da velocidade do ar e eliminação dessas sementes, o que além de ser um possível indicador de melhor qualidade, torna o lote mais atrativo ao agricultor. Estudos em trevo vermelho (*T. pratense*) revelaram que a cor do tegumento pode ser um indicativo da qualidade de sementes e do desempenho de plântulas, e indicaram que nessa espécie, sementes com tegumento amarelo apresentaram melhor

desempenho e a remoção das sementes com tegumentos marrom melhora o desempenho do lote (ATIS *et al.*, 2011).

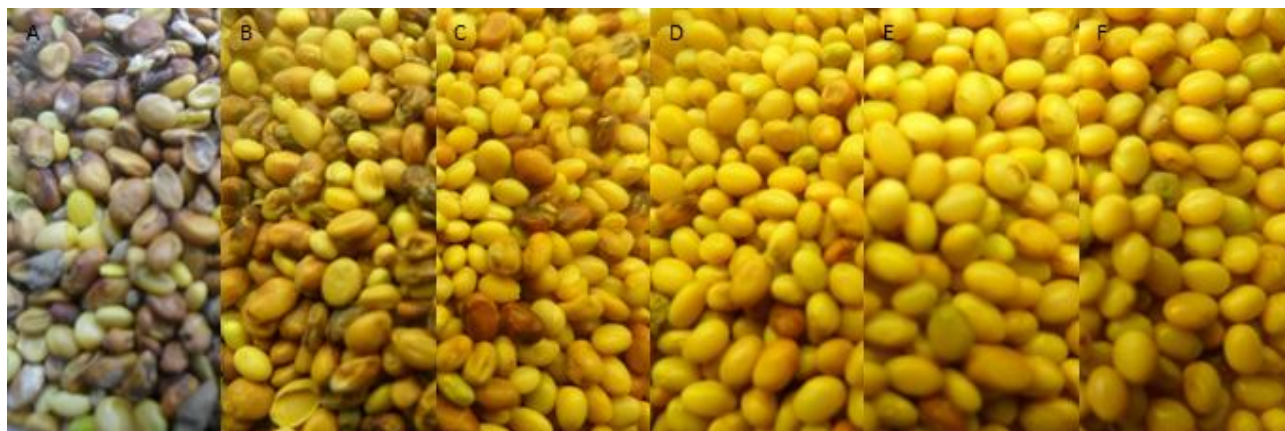


FIGURA 3.3 – Sementes de trevo encarnado após serem sopradas em diferentes velocidades do ar em soprador de fluxo contínuo com fluxo vertical de ar (A: 8 m.s⁻¹; B: 9 m.s⁻¹; C: 10 m.s⁻¹; D: 11 m.s⁻¹; E: 12 m.s⁻¹; F: 13 m.s⁻¹).

A germinação ajustou-se ao modelo quadrático, com um aumento marcante até a velocidade do ar de 11 m.s⁻¹, tendendo a se estabilizar após essa velocidade (Figura 3.4A). A porcentagem de germinação variou de 25% nas sementes suspensas à velocidade de 8 m.s⁻¹ a 95% quando se utilizou velocidade de 12 m.s⁻¹, mostrando diferença considerável na qualidade das sementes separadas pela velocidade terminal.

Assim como na porcentagem de germinação é possível observar que houve um aumento mais acentuado na porcentagem de sementes duras até a velocidade do ar de 11 m.s⁻¹, ao tender a se estabilizar (Figura 3.4B), variando de 1 ponto percentual (pp) na velocidade de 8 m.s⁻¹ a 6 pp na velocidade de 12 m.s⁻¹. Da mesma forma, a curva das médias de sementes viáveis totais obtidas pela soma de porcentagem de germinação + sementes duras (AOSA, 2011) mostraram-se significativa, ajustando-se ao modelo quadrático, com a mesma tendência de aumento até a velocidade do ar de 11 m.s⁻¹, tendendo a se estabilizar após essa velocidade (Figura 3.4C). Por outro lado, a curva apresentando porcentagem de plântulas anormais + sementes mortas, também ajustou-se ao modelo quadrático, decrescendo de 73% na velocidade do ar de 8 m.s⁻¹ para uma média de 5% com o aumento da velocidade do ar até 11 m.s⁻¹ e também tendeu a se estabilizar e as reduções forem menos significativas (Figura 3.4D).

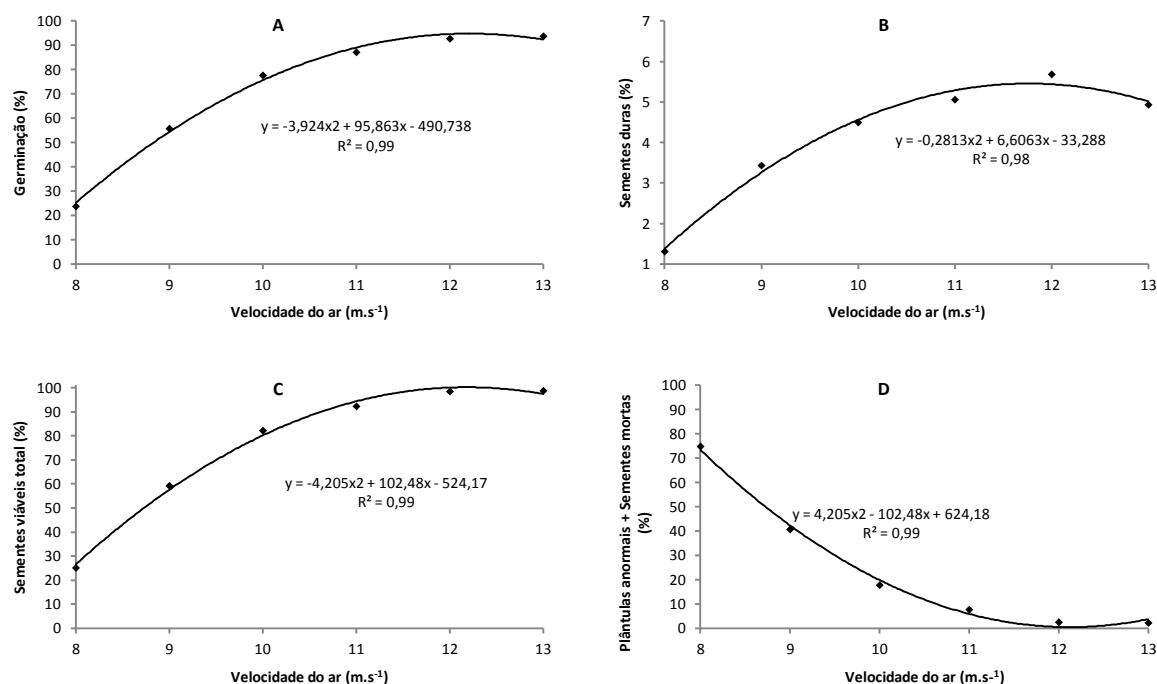


FIGURA 3.4 –Germinação, índice de velocidade de germinação, massa de matéria seca de plântulas (MMSP) aos sete e 14 dias após a semeadura de sementes de trevo encarnado beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.

A maior porcentagem de germinação obtida com as sementes oriundas de velocidades do ar superiores provavelmente está ligada ao maior peso das sementes observado na figura 3.2, que está positivamente relacionado com a maior quantidade de ATP que sementes de trevo encarnado de maior peso apresentam (CHING, 1973). É possível inferir ainda que as sementes sopradas a velocidades entre 8 e 10 $m.s^{-1}$ apresentavam grande porcentagem de sementes deterioradas ou danificadas pois apresentaram maior porcentagem de plântulas anormais e sementes mortas nesses grupos, o que conduziu à menor porcentagem de germinação, enquanto que nos grupos de sementes sopradas a velocidades superiores as sementes não germinadas eram em sua maior parte devido a presença de sementes duras. Conforme a velocidade do ar foi aumentando, ou seja, as sementes foram classificadas em velocidades terminais mais altas, verificou-se que as sementes de baixo potencial foram drasticamente reduzidas e em alguns casos a fração referente a sementes não germinadas foram correspondente apenas às sementes duras, aumentando a porcentagem de sementes viáveis totais.

Foi observado que o aumento na porcentagem de germinação e a redução na porcentagem de sementes de baixo potencial fisiológico foram acompanhados por um incremento na porcentagem de sementes duras e consequentemente sementes viáveis totais. Embora sementes duras provavelmente não germinem no tempo esperado, uma vez que estas tenham a dormência superada, estas apresentam a mesma capacidade de germinação e o mesmo desenvolvimento de plantas observado em sementes não dormentes (SMITH, 1961). Além disso, a porcentagem de sementes duras, não foi alta o suficiente para afetar a porcentagem de germinação dos lotes ou para a necessidade de uma compensação de semeadura e em todas as amostras apresentou-se bem inferior ao valor das amostras iniciais.

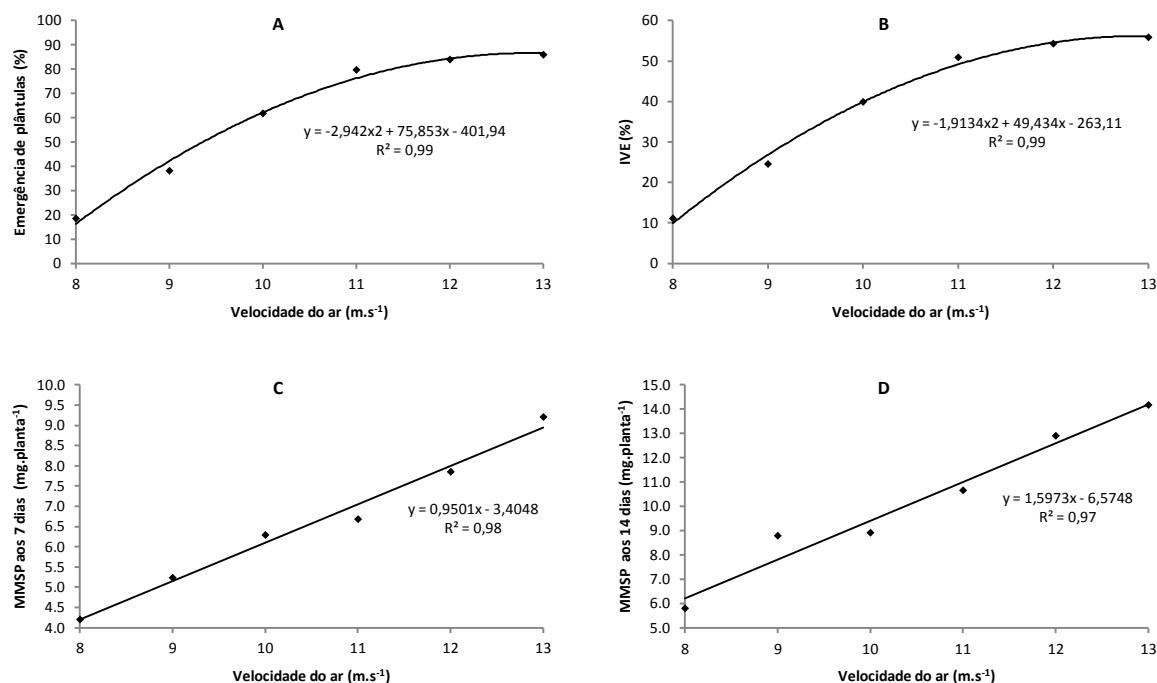


FIGURA 3.5 – Emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência de plântulas e massa de matéria seca de plântulas (MMSP) aos sete e 14 dias após a semeadura de sementes de trevo encarnado beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.

A curva de emergência de plântulas ajustou-se ao modelo quadrático, com um aumento mais pronunciado até a velocidade do ar de 11 $m.s^{-1}$ (Figura 3.5A), e o coeficiente de determinação de 0,99 mostra um bom ajuste da equação aos dados. A porcentagem de emergência em casa de vegetação mostrou-se um pouco inferior em relação aos dados obtidos para germinação, diminuindo essa diferença conforme houve incremento na velocidade do ar.

O IVE repetiu a tendência observada para emergência ajustando-se ao modelo quadrático com um aumento mais pronunciado até a velocidade do ar de 11 m.s^{-1} e mais modesto após essa velocidade no intervalo estudado (Figura 3.5B). Já o comportamento referente à massa seca de plântulas, apresentou tendência linear com incremento de 1 mg.planta^{-1} para cada incremento de 1 m.s^{-1} na velocidade do ar aos sete dias e de $1,6 \text{ mg.planta}^{-1}$ aos 14 dias (Figura 3.5C e D).

As curvas de tendência da porcentagem de emergência e IVE apresentaram a mesma tendência das curvas observadas para porcentagem de germinação, com a qual apresentaram correlação positiva e significativa de 0,97. Por outro lado, o comportamento linear observado para massa seca de plântulas aos sete e 14 dias após a semeadura foi semelhante ao observado para o peso de mil sementes (Figura 3.2), mostrando que existe uma relação entre o peso das sementes e a massa seca de plântulas.

O uso do soprador contínuo com fluxo vertical demonstrou eficiência na separação de sementes em diferentes frações quanto à qualidade fisiológica, sendo possível observar melhorias na germinação, emergência, índice de velocidade de emergência e massa seca de plântulas aos sete e 14 dias, sendo esse melhor desempenho refletido em melhor uniformidade de desenvolvimento de plântulas, bem como o desenvolvimento de plântulas mais vigorosas. Estudo anterior verificou que o peso e a densidade de sementes de trevo encarnado, bem como o tamanho e peso de plântulas esta correlacionado com maior quantidade de ATP (CHING, 1973), ou seja, sementes mais densas contém maior quantidade de energia para germinação, o que provavelmente favorece a formação de plantulas mais vigorosas, garantindo melhor desempenho em condições ambientais desfavoráveis, o que irá afetar o estabelecimento e a produção.

Em operações que visam aprimorar a qualidade do lote de sementes, principalmente ao se tratar de lotes que já atendam aos padrões para certificação, é necessário retirar sementes mais leves com qualidade inferior, porém com o mínimo de descarte de sementes boas. Verifica-se tendência de incremento da qualidade fisiológica conforme ocorre remoção de sementes com velocidade terminal inferior, mas é preciso observar que quanto maior a velocidade do ar, maior o descarte de sementes de alta qualidade. Assim, existe uma velocidade do ar, em que se obtém a maior eficiência no processo. Contrastando as linhas de tendência para a porcentagem do peso de sementes do lote e os atributos da qualidade fisiológica, verifica-se que estas se cruzam em um ponto que pode indicar a velocidade do ar para obter a maior retirada de sementes de qualidade inferior com o mínimo de descarte em sementes de alto potencial fisiológico (Figura 3.6A-D).

Ao contrastar a porcentagem de sementes mantida após a passagem pelo fluxo de ar e a porcentagem de germinação de sementes, as curvas cruzam-se no ponto próximo à velocidade de 10 m.s^{-1} , enquanto que ao contrastar as curvas referentes aos testes de emergência de plântulas, índice de velocidade emergência de plântulas e massa seca de plântulas aos sete dias, verifica-se que estes encontram-se um pouco acima de 10 m.s^{-1} , porém próximos o bastante para sugerir que este seja o ponto ótimo para aprimoramento da qualidade de sementes de trevo encarnado com o mínimo descarte em sementes boas. O fato do ponto onde a curva do teste de massa de matéria seca de plântulas encontrar-se praticamente entre as velocidades 10 e 11 m.s^{-1} , sendo levemente superior aos pontos onde a porcentagem e índice de velocidade de emergência se encontram, provavelmente se deve ao ajuste ao modelo linear dessa variável, cuja tendência é um aumento uniforme pra cada aumento na velocidade do ar.

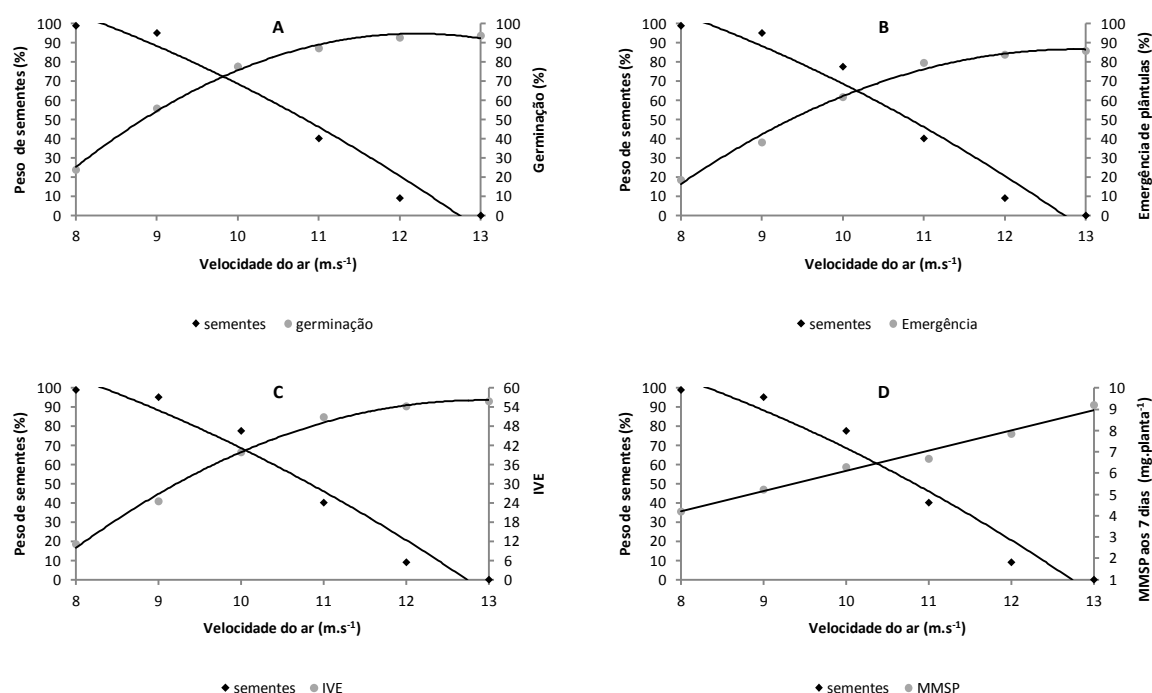


FIGURA 3.6 – Identificação do ponto ótimo para aprimoramento da qualidade de sementes de trevo encarnado cv. Bolsena. O ponto onde as linhas de tendência se cruzam é equivalente ao ponto ótimo para germinação (A), Emergência de plântulas (B), IVE (C) e massa de matéria seca (MMSP) aos sete dias.

A adoção da velocidade do ar de 10 m.s^{-1} como o ponto ótimo para aprimoramento da qualidade de sementes de trevo encarnado é suportada pelos parâmetros

fisiológicos avaliados. Observa-se que após a passagem das sementes pelo equipamento utilizando essa velocidade do ar, a germinação das sementes sopradas, ou seja, aquelas que foram descartadas do lote, foi inferior a 80%, com descarte de sementes de 22%. Considerado a germinação inicial de 86%, e a média ponderada da germinação das sementes em cada velocidade do ar, após 10 m.s^{-1} de 92%, há um ganho de 6 pp na germinação, o que implica em descarte de 3,7 pp de sementes para cada ganho de 1 pp na germinação. Entretanto, as sementes mantidas após operar o soprador nessa velocidade do ar apresentaram níveis de vigor consideravelmente superiores às sementes suspensas nesse ponto para todos os lotes. Visto a possibilidade de se obter um lote com alto potencial de desempenho em um mercado que cada vez mais aponta para a valoração do potencial de cada semente pode-se afirmar, que uma vez que o objetivo é obter lotes de elevado potencial de desempenho, o descarte de sementes maior em alguns lotes é considerado aceitável. Velocidades do ar superiores a 10 m.s^{-1} apresentaram descarte de sementes superiores a 35%, o que torna a prática inviável a partir desse ponto, visto que a porcentagem de sementes descartada seria muito alta em troca de benefícios marginais para o vigor do lote de sementes.

A mesa de gravidade foi eficiente em separar sementes de milho em diferentes níveis de qualidade fisiológica com o descarte de uma fração em média de 7 pp do lote que não atingiu os padrões mínimos de qualidade de sementes (BAUDET e MISRA, 1991) e eficiente na separação de sementes de amendoim onde foi observado que sementes classificadas como de maior densidade apresentavam maior peso de mil sementes e maior potencial fisiológico, porém não houve relato sobre a porcentagem de descarte (VANZOLINI *et al.*, 2000). Em trabalho utilizando um aspirador para melhorar a qualidade de lotes de sementes de *Tripsicum dactyloides*, sementes leves e material inerte corresponderam a 60% ou mais do lote (DOUGLAS *et al.*, 2000).

A velocidade do ar de $2,9 \text{ m.s}^{-1}$, identificada como ponto ótimo para soprar sementes de Festuca (*Festuca aundinacea* Schreb) em um soprador de sementes tipo General Blower, é descrita como a velocidade do ar possível para separar quase toda impureza com o mínimo de descarte em sementes (GARAY *et al.*, 2009). Com base nisso, é possível afirmar que no beneficiamento de sementes utilizando fluxo de ar vertical em um soprador contínuo, existe uma velocidade do ar que após a suspensão e rejeição de sementes com velocidade terminal inferior se obtém a máxima expressão de vigor do lote de sementes com o mínimo descarte aceitável, que pode ser chamado de ponto ótimo para aprimoramento da qualidade de sementes (POA). Nas condições em que foi desenvolvido o experimento, a velocidade do ar de 10 m.s^{-1} destacou-se como o ponto ótimo para aprimoramento da qualidade de sementes.

Todavia, é preciso estar atento ao fato que embora exista esse ponto ótimo, ele não pode ser adotado como único e pode variar de acordo com o lote.

CONCLUSÃO

1 - É possível aprimorar a qualidade de sementes de trevo encarnado utilizando soprador contínuo com fluxo vertical de ar.

2 - A velocidade do ar de 10 m.s^{-1} é adequada para aprimoramento da qualidade fisiológica de lotes de sementes de trevo encarnado com um descarte de 3,7% de sementes para cada ganho de 1% na germinação.

REFERÊNCIAS

- ADEWUMI, B. A.; SATHYENDRA RAO , B. V.; KIRAN KUMAR , N. L.; PRATAPE , V. M. e SRINIVAS, A. Grain classification using aerodynamic principles. **African Crop Science Conference Proceedings**, v. 8. p. 1799-1801. 2007.
- AHRING, R. M.; FRANKS, H. Establishment of eastern gamagrass from seed and vegetative propagation. *Journal of Range Management*, v. 21, p. 27-30, 1968.
- AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Rules for testing seeds** Vol. 1: Principles and procedures. Ithaca, NY, 2010.
- ARAFAT, G. K.; EBAID, M.T.; EL-GENDY, H. A. Development of a local machine for winnowing and grading flax seeds. **Misr Journal Agricultural Engineering**, v. 26, n. 1, p. 343- 358, 2009.
- ATIS, I.; ATAK, M.; CAN, E.; MAVI, K. Seed coat color effects on seed quality and salt tolerance of red clover (*Trifolium pratense*). **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 13, n. 3, p. 363–368, 2011.
- BAALBAKI, R.; MCDONALD, M. B.; ELIAS, S. G; MARCOS FILHO, J. **Seed vigor testing handbook**. Association of Official Seed Analysts. Contribution no. 32. 2009.
- BAUDET, L.; MISRA, M. Atributos de qualidade de sementes de milho beneficiadas em mesa de gravidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, n.2, p.91-97, 1991.
- CHING T.M. Adenosine triphosphate content and seed vigor. **Plant Physiology**, v. 51, n. 2, p. 400-402, 1973.
- DOUGLAS J.L.; GRABOWSKI J.M.; KEITH B.C. A comparison of seed cleaning techniques for improving quality of eastern gamagrass seed. **Seed Science and Technology**, v. 28, p. 163-167, 2000.

ELIAS S.G.; BAALBAKI R.; MCDONALD, M. **Seed Moisture Determination: principles and procedures**. Handbook on Seed Testing, Contribution No. 40, Association of Official Seed Analysts. Stillwater, OK, USA, 2007.

EVERS, G.W. Seedling growth comparison of arrowleaf, crimson, rose, and subterranean clovers. **Crop Science**, v. 39, p. 433-440, 1999.

GARAY, A.; ELIAS, S.; NOTT, H. How to prepare a máster calibration sample: procedure and applications using tall fescue as a model. **Seed technology**, v. 31, n. 2, p. 179-188, 2009.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Separation of grain from straw in a vertical air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 49, p. 111-122, 1991.

MACHADO, S. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S.; FIGUEIREDO FILHO, AFONSO; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de bracatingais na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.759-768, 2006.

OSCS, Oregon Seed Certification Service. **Oregon seed certification service handbook**. Oregon State University Extension Service, 56 p. 2011.

PERES, É. R.; SOLARI, B; PARODES, C.; MONTARDO, D. P. Avaliação da produção de forragem de trevos anuais na região da campanha do rs. Revista Congrega Urcamp. 9º Jornada de Pós Graduação e Pesquisa. V.3 – ISSN 1982 – 2960. p. 1-8 Bagé – RS, 2011.

REIS, J.C.L. **Origem e características de novos trevos adaptados ao Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27p. (Embrapa Clima Temperado, Circular Técnico, 184).

RISSE, J.; MISRA, M; KNAPP, A; BERN. C. Conditioning Shriveled Seed: Part 1. Variation in Physical Properties. **Transactions of the ASAE**, v. 34, n. 2, p. 481-486, 1991.

SCHOLL, J.M. Competição entre novas cultivares de trevo vermelho, trevo branco, e outros trevos anuais de ressemeadura natural. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 10; CONGRESSO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS, 1, Porto Alegre. **Resumos**. Porto Alegre: SBZ, p. 408-413, 1973.

SONG H., LITCHFIELD J.B. Predicting method of terminal velocity for grains. **Transactions of the ASAE**, v. 34, p. 225-231, 1991.

USDA. United States. Natural Resources Conservation Service. Crimson clover. **Plant fact Sheet. *Trifolium incarnatum* L.** 2 p. 2009.

WERBY, R. A. Performance cleaning unit for clover seeds affecting some physical and mechanical properties. **Misr Journal Agricultural Engineering**, v. 27, n. 1, p. 266-283, 2010.

VANZOLINI, S.; TORRES, R.M.; PANIZZI, R.C. Efeito do tamanho, da densidade e do tratamento fungicida sobre a qualidade de sementes de amendoim. **Revista Ceres**, v.47, n. 274, p.603-612, 2000.

CAPÍTULO 4

BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE TRIGO EM SOPRADOR CONTÍNUO UTILIZANDO FLUXO VERTICAL DE AR

RESUMO - O beneficiamento visa melhorar a qualidade de sementes a uma condição que a torne apta para utilização pelos agricultores. Dentre as propriedades aerodinâmicas das sementes utilizadas no beneficiamento, a velocidade terminal se destaca como uma das mais importantes. Assim, o objetivo desse trabalho foi o uso de um soprador contínuo com fluxo vertical de ar para melhorar a qualidade física e fisiológica de sementes de trigo. Dezesesseis lotes de sementes de trigo foram utilizados para o estudo. Após a homogeneização e divisão de cada lote em amostras de um quilo determinou-se o teor de água e as amostras foram submetidas ao *Continuous Seed Blower*[®] regulado para velocidade do ar de 8 a 14 m.s⁻¹, em intervalos regulares de 1 m.s⁻¹. Após o beneficiamento, quantificou-se a pureza física, o peso de mil sementes, germinação e massa de matéria seca de plântulas. Concluiu-se que: 1 - é possível limpar e aprimorar a qualidade de sementes de trigo utilizando soprador contínuo com fluxo vertical de ar; 2 - a velocidade do ar de 11 m.s⁻¹ destacou-se como ponto ótimo para limpeza e aprimoramento da qualidade fisiológica de sementes de trigo com um descarte de sementes inferior a 14% .

Palavras-chaves: *Triticum aestivum*, velocidade terminal, velocidade do ar, qualidade de sementes

WHEAT SEED CONDITIONING IN A CONTINUOUS FLOWING BLOWER USING A VERTICAL AIR STREAM

ABSTRACT – Seed conditioning aims to improve seed quality, as well, to prepare the seeds for sowing. Among seed aerodynamical properties in seed processing, terminal velocity shows out as one of most important. So, the objective of this study was to evaluate a continuous seed blower to improve physical and physiological wheat seed quality. 16 wheat seed lots were used. After the separation the seed lots in 1 kg samples, the moisture content was determined and they were subjected to the Continuous Seed Blower (Mater Seed Equipment) set to air speed from 8 to 17 m.s⁻¹ at intervals of 1 m.s⁻¹. The physical purity and the factors involved in this component of seed quality was evaluated as well the thousand seed weight, germination and dry weight of seedlings. It was concluded that: 1 - it is possible to clean and upgrade physiological quality of wheat seeds using a continuous flowing blower with vertical air stream; and 2 - the air velocity of 11 ms⁻¹ highlighted as optimum cleaning and improvement of wheat seed quality point with seed discharge lesser than 14%.

Key words: *Triticum aestivum*, terminal velocity, air velocity, seed quality

INTRODUÇÃO

Com uma produção mundial estimada em 692,9 milhões de toneladas, o trigo é um dos cereais mais importantes do mundo, sendo utilizado principalmente para alimentação humana na forma de grão, farinhas ou na forma de farelo como componente de rações para alimentação animal. Os maiores produtores são os países da União Europeia e a China que respondem por 19,8 e 17,0 % da produção mundial, respectivamente, se destacando, entretanto, como os maiores consumidores, sendo responsáveis, respectivamente, pelo consumo de 18,7 e 16,7% de todo trigo produzido. Com uma produção estimada em cinco milhões de toneladas, correspondente a 0,7% da produção mundial e um consumo de 11,2 milhões de toneladas representando 1,6 %, o Brasil se vê obrigado a importar trigo para atender a demanda interna, situando-se entre os principais importadores do cereal (USDA, 2012).

Para colocar a produção tritícola brasileira em pé de igualdade com os competidores estrangeiros ou, ao menos, torná-la autossuficiente, é necessário que além de políticas públicas adequadas e incentivos à pesquisa (BRUM *et al.*, 2004) se utilize semente de elevada qualidade com alto potencial produtivo. Neste sentido, a qualidade de sementes pode ser definida por uma série de atributos que lhe propiciam maior potencial de desempenho envolvendo a germinação, potencial genético e bioquímico, ausência de impurezas e principalmente sementes de invasoras nocivas, bem como patógenos e insetos potencialmente nocivos ao desenvolvimento do cultivo (BALL *et al.*, 2011; PESKE e BARROS, 2012). Esses parâmetros da qualidade da semente são influenciados principalmente pelas condições de manejo da lavoura e condições ambientais durante o crescimento da planta mãe e armazenamento das sementes. Existe ainda a qualidade de beneficiamento, que envolve todos os aspectos que são melhorados para uma condição que torne a semente apta para utilização pelos agricultores e assegure melhor qualidade após o processo (GREGG e BILLUPS, 2010).

As forças aerodinâmicas têm importante papel no beneficiamento de sementes, sendo a eficiência na limpeza dependente da velocidade do ar (JIANG *et al.*, 1984) o que destaca a velocidade terminal como uma das mais importantes propriedades aerodinâmicas das sementes nos processos pneumáticos de transporte e limpeza (SONG e LITCHFIELD, 1991), pois esses processos dependem do comportamento das partículas, no caso, sementes e impurezas, em um fluxo de ar (GLORIAL e CALLAGHAN, 1990), sendo importante

relacionar as diferenças nas propriedades aerodinâmicas de modo que possam ser utilizadas no design de equipamentos e na escolha do processo de separação adequado. Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com objetivo de estudar o comportamento de sementes de trigo em fluxo de ar (SHELLARD e MACMILLAN, 1978; FARRAN e MACMILLAN, 1979; GLORIAL e CALLAGHAN, 1990; 1991 a e b; SONG e LITCHFIELD, 1991; GÜNER, 2007; GÜRSOY e GÜZEL, 2010).

Admitindo que a maioria das impurezas apresente uma velocidade terminal menor do que as sementes, é possível remove-las de um determinado lote utilizando um fluxo de ar vertical pela escolha da velocidade do ar adequada, ou seja, as impurezas com velocidade terminal inferior são “sopradas” para fora do sistema enquanto que a fração correspondente a sementes pura permanece na fração mais pesada (GARAY *et al.*, 2009). A escolha da velocidade do ar adequada é crítica para que esse processo de limpeza seja realizado, conciliando a máxima separação de materiais indesejáveis com o mínimo descarte de sementes (FARRAN e MACMILLAN, 1979; JIANG *et al.*, 1984). Em um experimento avaliando as propriedades aerodinâmicas de sementes e talo de trigo em um túnel de ar de fluxo vertical, verificou-se que a separação desses materiais é possível, caso se utilize um fluxo de ar adequado (KHOSHTAGHAZA e MEHDIZADEH, 2006).

A hipótese deste trabalho baseia-se na teoria de que as velocidades terminais das sementes e das impurezas, bem como sementes de qualidade inferior presentes em um lote, diferem-se suficientemente para que, uma vez que se encontre uma velocidade do ar adequada, e se disponha de equipamento que permita uma adequada calibração para atingir essa velocidade do ar, é possível separar sementes de trigo de impurezas e ainda aprimorar a qualidade de lotes de sementes utilizando apenas um fluxo de ar vertical. Portanto, o objetivo desse trabalho foi o uso do um soprador contínuo com fluxo vertical de ar para melhorar a qualidade física e fisiológica de sementes de trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de sementes da Universidade Estadual de Oregon, localizado na cidade de Corvallis – OR, utilizando 16 lotes de sementes de trigo, coletados diretamente da colhedora, nas safras 2010 e 2011, por diferentes produtores de trigo do estado de Oregon-EUA.

As amostras de trabalho foram homogeneizadas num divisor centrífugo tipo *Gamet*. Após esse processo, a amostra foi colocada novamente no alimentador do divisor, mas a cada vez que o divisor era acionado e a amostra passava pelo equipamento, um dos recipientes que se encontrava sob uma das bicas de descarga do equipamento era substituído por um recipiente vazio (AOSA, 2010). O procedimento foi repetido até obter amostras de 1000 gramas para cada lote. Se ao final do processo de divisão, a amostra obtida apresentasse valor inferior ao pretendido, a amostra que havia sido deixada de lado era dividida até obter o peso complementar.

Após a preparação das amostras, estas foram passadas no *Continuous Seed Blower*[®], um soprador contínuo de fluxo vertical de ar em escala de laboratório desenvolvido pela empresa *Mater Seed Equipment*, regulado para velocidade do ar de 8 m.s^{-1} . A porção de sementes mais leve, soprada nessa velocidade do ar, foi separada e reservada para análise posterior. Após esse processo, o soprador foi calibrado para velocidade do ar de 9 m.s^{-1} , e a amostra remanescente da limpeza prévia (a porção que passou pelo fluxo de ar) foi repassada pelo soprador e a fração soprada nessa velocidade do ar separada para posterior avaliação. O processo se repetiu até a velocidade do ar de 17 m.s^{-1} . Para calibração da velocidade do ar, foi utilizado um anemômetro rotatório *Turbo Meter*[®] que era acoplado em uma abertura no tubo localizada a 0,22 m do ponto central da peneira angulada próxima a descarga.

As amostras obtidas foram pesadas e os resultados expressos em porcentagem em relação ao peso total da amostra. A seguir foram levadas para uma bancada e com o uso das mãos sobre um diafanoscópio foram separadas em sementes puras e impurezas (outras sementes e material inerte) e os resultados expressos em porcentagem em relação ao peso inicial de cada fração (AOSA, 2010). Outras sementes encontradas nas amostras foram identificadas com ajuda dos analistas do laboratório, porém as impurezas totais não foram quantificadas separadamente.

Além da pureza física e dos fatores envolvidos nesse componente, as amostras foram submetidas às avaliações do teor de água, peso de mil sementes, germinação e massa seca de plântulas.

A determinação do teor de água foi efetuada apenas na amostra inicial, utilizando duas subamostras de 10 gramas, pelo método de estufa a 130°C , durante 19 horas, sendo o resultado expresso em porcentagem em base úmida (ELIAS *et al.*, 2007).

O peso de mil sementes foi determinado de acordo com as regras para análises de sementes da AOSA (AOSA, 2010), em oito repetições de 100 sementes por unidade

experimental, e determinou-se a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação, sendo o resultado expresso em gramas.

Com base no peso de mil sementes e na avaliação visual (Figura 4.1), as amostras sopradas em diferentes velocidades do ar foram agrupadas para a avaliação da qualidade fisiológica.

A porção de sementes sopradas na velocidade do ar de 8 m.s^{-1} , por conter um grande número de sementes enrugadas, imaturas, infectadas por fungos, má aparência e serem coletadas com uma grande porcentagem de impurezas foram consideradas descarte e por isso não foram avaliadas.

As sementes sopradas na velocidade do ar de 9 e 10 m.s^{-1} foram agrupadas formando o primeiro grupo para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, representando as sementes de menor peso, e foram consideradas como sementes sopradas a velocidade do ar de 10 m.s^{-1} devido ao fato de ambos grupos serem soprados até essa velocidade. O segundo grupo foi formado pelas sementes sopradas na velocidade do ar de 11 m.s^{-1} , representando o grupo de sementes de peso intermediário. O terceiro grupo, representando as sementes pesadas, foi formado pelas sementes sopradas a velocidades do ar entre 12 e 17 m.s^{-1} , e foi considerado como a velocidade do ar de 17 m.s^{-1} , devido às sementes nesse grupo serem sopradas a velocidades do ar inferior ou igual a esta, no intervalo entre 12 e 17 m.s^{-1} . Os testes para avaliação da qualidade fisiológica foram realizados em 10 lotes, sendo cinco do ano de 2010 e cinco do ano de 2011.

Para o teste de germinação, duas subamostras de 100 sementes, por unidade experimental foram semeadas em rolos de papel umedecidos com três vezes sua massa em água e postas para germinar em câmara de crescimento regulada para temperatura de 20°C (AOSA, 2010). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais aos sete dias.

Aproveitando as condições do teste de germinação, foram coletadas 10 plântulas normais de cada rolo aos sete dias, totalizando 20 plântulas por unidade experimental. Após a coleta das plântulas retirou-se o que restava da cariopse e as plântulas foram postas para secar em estufa regulada a 100°C por 24 horas. Após a secagem, as plântulas foram pesadas em balança com precisão de quatro casas decimais e os resultados expressos em mg.planta^{-1} (BAALBAKI *et al.*, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo 10 velocidades do ar utilizadas e cada lote um bloco, totalizando 16 repetições (10×16). Para os testes de avaliação da qualidade fisiológica, o delineamento experimental considerou três

grupos de sementes e 10 lotes, cada lote representando um bloco totalizando 10 (3 x 10). As médias foram submetidas à análise de variância utilizando o software estatístico Winstat 1.0, sendo os efeitos dos tratamentos avaliados pelo teste F e, quando significativos, foram submetidos a análise descritiva ou de regressão polinomial.

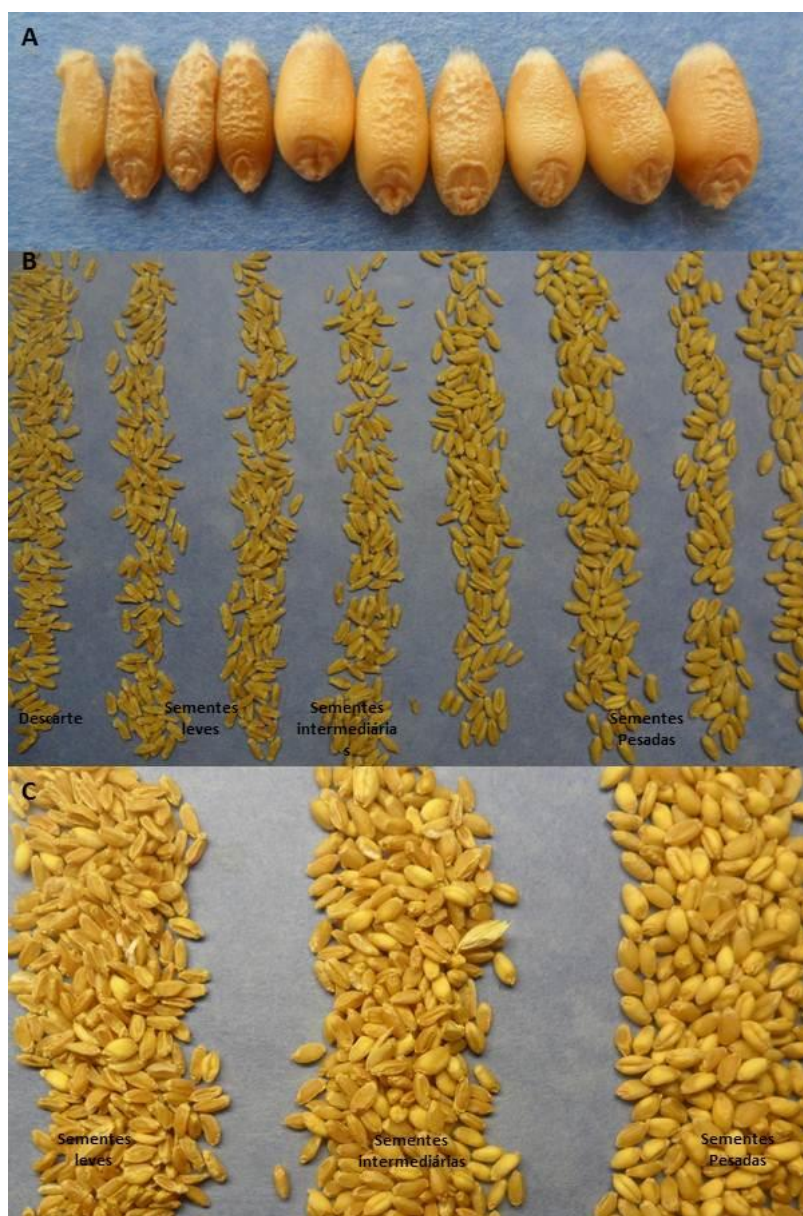


FIGURA 4.1 – Sementes de trigo após serem sopradas em diferentes velocidades do ar em soprador de fluxo contínuo com fluxo vertical de ar (A: sementes sopradas em velocidades do ar crescente iniciando em 8 m.s^{-1} até 17 m.s^{-1} da esquerda para a direita; B: Frações utilizadas para formar os grupos para avaliação da qualidade fisiológica antes da separação; C: grupos formados para avaliação da qualidade fisiológica).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Separação e limpeza

Antes da passagem pelo soprador, os lotes apresentaram em média teor de água de 11,2%, variando de 10,6 a 12,4%. Observando a distribuição da fração relativa ao peso total da amostra e do peso de sementes puras verifica-se que para ambos a tendência da distribuição do peso das sementes foi similar à distribuição normal (Figura 4.2) demonstrando que há possibilidade de se classificar sementes de trigo em classes de acordo com a velocidade terminal. Por outro lado, não se observou a mesma tendência para as impurezas, em que as sementes tenderam a se acumular mais à esquerda na curva, provavelmente devido às sementes se distribuírem melhor em intervalos de velocidade do ar que iniciem com velocidade do ar inferior à velocidade do ar mínima utilizada (8 m.s^{-1}).

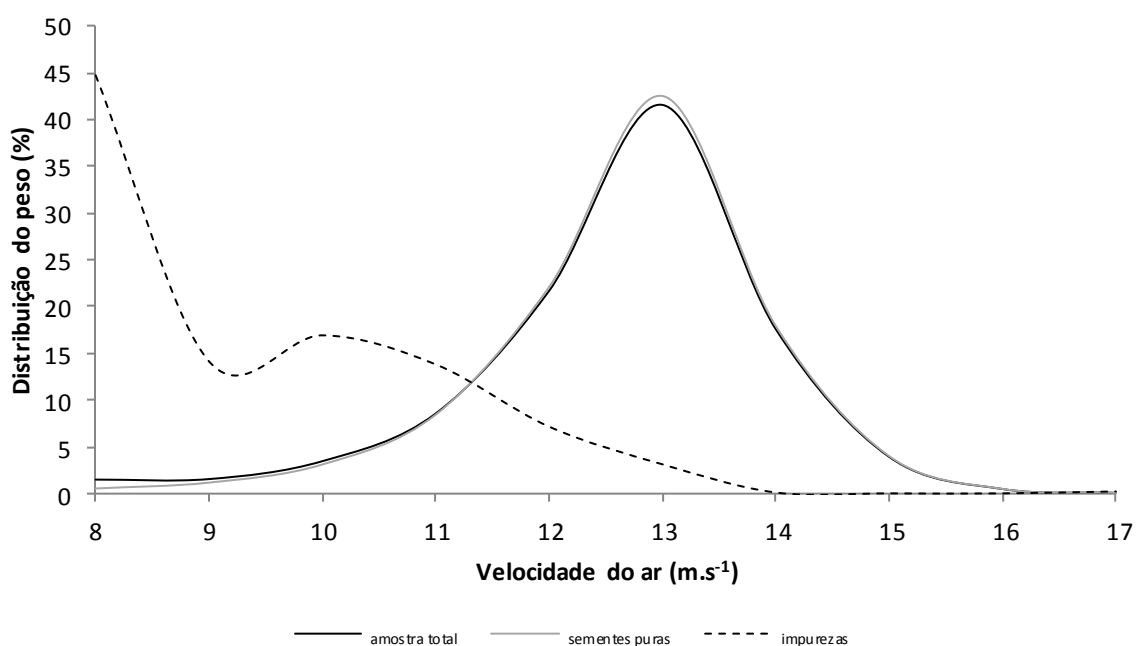


FIGURA 4.2 – Distribuição de frequência de suspensão dos componentes do lote de sementes de trigo em diferentes velocidades do ar.

A velocidade do ar média para a suspensão dos componentes total do lote (sementes + impurezas) e sementes puras foi de $12,7$ e $12,8 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente (Tabela 4.1). e a velocidade do ar que caracteriza a posição central dos dados referentes à distribuição

do peso das sementes, ou seja, os 50% das sementes menos densas são sopradas em velocidades do ar inferiores a essa, enquanto que os 50% mais densos são soprados em velocidades do ar superiores a essa foi a velocidade do ar de 13 m.s^{-1} (Tabela 4.1), velocidade do ar que também representou a moda, indicando que a maior parte dos componentes do lote e das sementes (42 e 43% respectivamente) foram suspensos nessa velocidade do ar. Um desvio padrão de $1,3 \text{ m.s}^{-1}$ na velocidade do ar média, indica que 95,45% dos componentes totais do lote (média + duas vezes o desvio padrão) seriam soprados nas velocidades do ar entre 9,9 e $15,5 \text{ m.s}^{-1}$, enquanto que um desvio de 1,3 indica que para as sementes puras seria entre as velocidades do ar de 10,2 e $15,4 \text{ m.s}^{-1}$. A curtose positiva indica que tanto para os componentes totais do lote como para a fração semente pura a curva é leptocúrtica, indicando uma curva com um cume um pouco mais elevado que a distribuição normal, o que significa que há tendência dos valores se concentrarem mais próximos da média. Os valores de assimetria negativa, indicam uma assimetria moderada à esquerda (MACHADO *et al.*, 2006), significando que houve tendência dos valores se localizarem um pouco mais à esquerda da média.

TABELA 4.1 – Média, mediana, moda, desvio padrão, coeficiente de curtose e coeficiente de assimetria da distribuição de frequência da velocidade do ar para suspensão dos componentes do lote de sementes de trigo.

Material	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Curtose	Assimetria
	m.s^{-1}					
Total	12,7	13	13	1,4	1,9	-0,46
Sementes	12,8	13	13	1,3	2,3	-0,41
Impurezas	9,5	9	8	1,7	2,6	1,38

Por outro lado, a velocidade do ar média para soprar as impurezas foi de $9,5 \text{ m.s}^{-1}$, com uma mediana de 9 m.s^{-1} e uma moda de 8 m.s^{-1} (velocidade do ar onde foram sopradas 44,8% das impurezas) indicando assim uma assimetria da curva à direita (média > mediana > moda). Um desvio padrão de $1,7 \text{ m.s}^{-1}$ demonstra que 94,45% das impurezas seriam sopradas nas velocidades do ar situadas em 6,1 e $12,9 \text{ m.s}^{-1}$. A curtose positiva indica que a curva apresenta um cume mais elevado que a distribuição normal, enquanto que uma assimetria de 1,38 indica forte assimetria à direita da curva. Verifica-se que praticamente 100% das impurezas foram sopradas até a velocidade do ar de 13 m.s^{-1} .

A distribuição de frequência em porcentagem de sementes e impurezas separadas em cada velocidade do ar, observada na Figura 4.2, e Tabela 4.1, indica a possibilidade de

separação desses dois tipos de materiais presentes em cada fração. Verifica-se que as curvas referentes às sementes puras apresentam a mesma tendência que as curvas referentes ao peso total da amostra, que contém sementes + impurezas, provavelmente devido à porção de sementes puras corresponder à maior fração da amostra total. As curvas assemelharam-se a uma distribuição normal, e os dados demonstraram que o desvio foi pequeno, com a maior parte das sementes sopradas a velocidade do ar de 13 m.s^{-1} , em comparação às demais, e o intervalo de abrangência se encontra dividido em aproximadamente, 50% anterior e 50% posterior a essa velocidade do ar.

A mesma tendência para distribuição normal dos dados não foi verificada para as impurezas. Isso pode ser explicado pelo fato de as impurezas apresentarem melhor distribuição em velocidades do ar abaixo das utilizadas nesse estudo. Além disso, as impurezas apresentam maior desuniformidade para forma, tamanho e peso entre os diferentes componentes dessa fração comparativamente à fração sementes puras, o que dificulta um comportamento padrão. Observou-se que durante a separação de sementes de trigo em um fluxo vertical de ar, a velocidade do ar de 6 m.s^{-1} separa o material inerte da massa de sementes (GLORIAL e CALLAGHAN, 1991), embora a diferença entre a amplitude de velocidade do ar para separação adequada de semente e material inerte tenha sido considerada muito estreita, dificultando uma separação precisa.

Verifica-se também, a tendência da distribuição do peso total do lote e das sementes se situarem entre a velocidade do ar de 11 a 15 m.s^{-1} , sendo 95 % sopradas a velocidades do ar a partir de 10 m.s^{-1} , indicando que a maior parte das sementes presentes nos lotes apresenta velocidade terminal acima de 10 m.s^{-1} e abaixo de 15 m.s^{-1} , encontrando-se acima das determinações anteriores, obtendo-se velocidades terminais variando entre $8,2 \text{ m.s}^{-1}$ (SHELLARD e MACMILLAN, 1978), $7,8 \text{ m.s}^{-1}$ (GLORIAN e CALLAGHAN, 1990), 6 a $6,9 \text{ m.s}^{-1}$ (RAJABIPOUR *et al.*, 2006), $5,80$ a $9,80 \text{ m.s}^{-1}$ (HAUHOOT-O'HARA, *et al.*, 2000), $9,86$ a $10,27 \text{ m.s}^{-1}$ (GÜNER, 2007), $7,58$ a $8,00 \text{ m.s}^{-1}$ (EL FAWAL, *et al.*, 2009), $7,52$ a $9,06 \text{ m.s}^{-1}$ (GÜRSOY e GÜZEL, 2010) e $8,35 \text{ m.s}^{-1}$ a $9,58 \text{ m.s}^{-1}$ (NALBANDI *et al.*, 2010). Porém, foi observado que a velocidade de suspensão de bolas de poliestireno com velocidade terminal próximo à das impurezas presentes em sementes de trigo foi superior aos valores dessa velocidade terminal, e quando em mistura com sementes, foram necessárias velocidades do ar ainda maiores para suspender essas partículas (FARRAN e MACMILLAN, 1979), demonstrando que devido à interação entre os diferentes componentes de uma fração exposta a um fluxo de ar vertical, a velocidade do ar adequada para realizar a separação dos diferentes componentes irá se encontrar em algum ponto acima da velocidade terminal, pois à interação

desses elementos em fluxo de ar e a turbulência que ocorre dentro do tubo, onde as sementes são expostas a essa corrente de ar afetam o arraste, reduzindo a resistência do ar às partículas e consequentemente aumenta a velocidade do ar necessária para suspensão dessas partículas.

As diferentes partículas presentes nas frações separadas a distintas velocidades do ar também foram identificadas, porém, não quantificadas. É possível verificar que sementes quebradas foram encontradas presentes até a fração soprada a velocidade do ar de 14 m.s^{-1} (Figura 4.3). Dependendo do lote, foi detectada a presença de pedras de diferentes tamanhos e formas, como impurezas até a velocidade do ar de 14 m.s^{-1} comportando-se aerodinamicamente como as sementes, o que dificultou sua retirada total dos lotes onde estava presente (Figura 4.3). Também é possível notar a presença de hastes de planta de trigo, até a velocidade do ar de 17 m.s^{-1} (Figura 4.4C e D), porém é preciso ressaltar que as hastes encontradas após a velocidade do ar de 10 m.s^{-1} , eram maiores que 5 cm. Sementes imaturas e mal formadas, torrão, poeira, parte de insetos e outras impurezas presentes no lote não foram encontradas após a velocidade do ar de 10 m.s^{-1} .

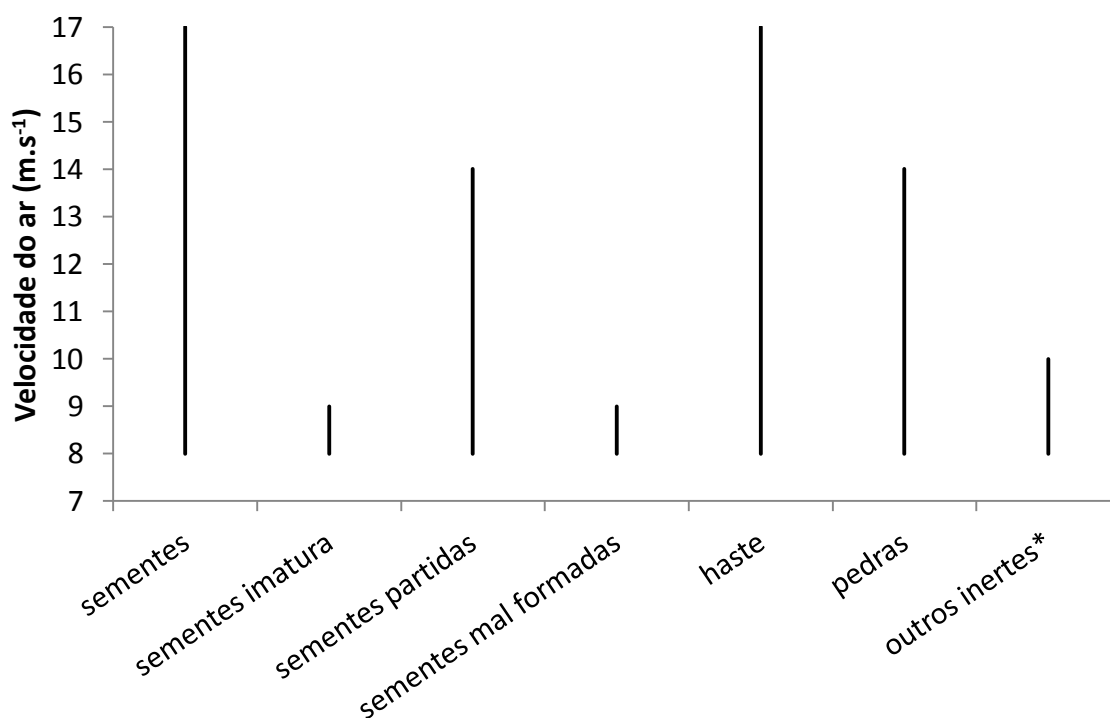


FIGURA 4.3 – Amplitude de velocidade do ar onde foram separados diferentes materiais presentes em lotes de sementes de trigo.

* semente danificada por insetos, parte de planta, torrão, palha, insetos, poeira

O problema encontrado para a separação das hastes maiores que 5 cm em alguns lotes, identifica a necessidade da utilização de uma pré-limpeza, o que, além de facilitar o processo de limpeza irá contribuir para maior eficiência do equipamento. A dificuldade da separação de hastes é devido à orientação que essas partículas em um fluxo de ar vertical, que pode reduzir a força de arraste conduzindo as partículas a seguirem contra o fluxo de ar junto com as sementes (FARRAN e MACMILLAN, 1978; GLORIAL e CALLAGHAN, 1990, 1991a).



FIGURA 4.4 – Diferentes partículas após separação de sementes de trigo após serem sopradas em diferentes velocidades do ar em soprador de fluxo contínuo com fluxo vertical de ar (A: sementes puras; B: palha, poeira e partes de inseto; C: sementes quebradas e haste; D: comparação entre sementes puras e hastes de planta de trigo).

Na verificação de outras sementes presentes nas amostras, identificou-se que algumas sementes como: *Aegilops cylindrica* host; cevada (*Hordeum vulgare* L.) e centeio (*Secale cereale* L.) foram encontradas até a velocidade do ar de 13 m.s^{-1} (Figura 4.5). Sementes de

azevém (*Lolium* sp.) foram encontradas até a velocidade 12 m.s^{-1} , enquanto que *Convolvulus arvensis* L. e trevo encarnado (*Trifolium incarnatum* L.) foram encontradas entre a velocidade e 11 a 12 m.s^{-1} . A separação dos frutos de rabanete (*Raphanus sativus* L.) contendo sementes em velocidades do ar inferior ($8 \text{ a } 10 \text{ m.s}^{-1}$), a necessária para separação das sementes individuais ($10 \text{ a } 12 \text{ m.s}^{-1}$) demonstra a importância da área e forma sobre a velocidade terminal dos diferentes materiais. Observou-se ainda que sementes pequenas como *Matricaria matricarioides* só foram encontradas em amostras sopradas a velocidades do ar de 10 m.s^{-1} , por serem transportadas junto com as flores que apresentam velocidade terminal superior às sementes, caso contrário essas sementes seriam suspensas em velocidades do ar muito mais baixas.

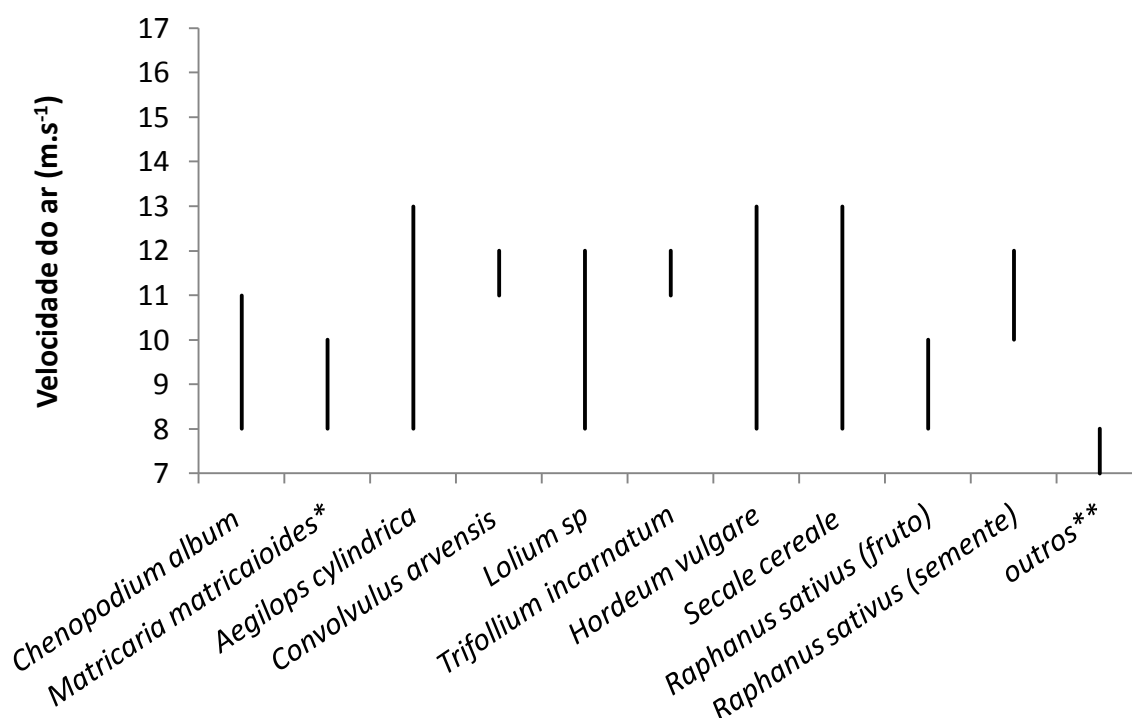


FIGURA 4.5 – Amplitude de velocidade do ar onde foram separados diferentes sementes de invasoras presentes em lotes de sementes de trigo.

(* sementes e flores; ** *Lactuca serriola* L., *Vulpia myurus* L., *Bromus tectorum* L., *Salsola tragus* L., *Medicago sativa* L.)

Aegilops cylindrica e *Convolvulus arvensis* são espécies proibidas no Estado de Oregon (USDA, 2010) e a remoção dessas sementes utilizando ar, implica na remoção de altas porcentagens de sementes, tornando o processo dispendioso, indicando que adequadas

práticas culturais é a melhor forma para obter sementes livres dessas invasoras nocivas. Entretanto, Hubbard *et al.* (1997) determinando as propriedades físicas de sementes de *Aegilops cylindrica* host. verificaram que estas apresentavam velocidade inferior as sementes de trigo o que poderia facilitar a separação dessas sementes utilizando um fluxo de ar, entretanto a diferença observada nesse estudo em relação à gama de valores para velocidade terminal em sementes de trigo citada pelos autores, bem como as velocidades do ar observadas para suspensão de sementes *Aegilops cylindrica* dificulta o processo e não torna o método adequado para essa separação. A dificuldade para o controle dessa espécie, que só é possível com o uso de cultivares herbicida-resistentes, aliadas ao uso de práticas culturas adequadas (YENISH e YOUNG, 2004), reforça a necessidade de campos de produção de sementes livre dessa espécie.

Houve diferença significativa entre as velocidades observada pela variação da pureza física com as sementes que apresentavam uma pureza física inicial média de 97,5% atingindo 98,5% ao passar pela velocidade do ar de 8 m.s^{-1} (Figura 4.6). A porcentagem de pureza em relação a diferentes velocidades do ar ajustou-se ao modelo quadrático, com um coeficiente de determinação de 0,98, demonstrando que houve um bom ajuste dos dados. Houve um aumento mais pronunciado na pureza física entre 0,4 a 0,2 % até a velocidade do ar de 13 m.s^{-1} , quando atingiu a pureza física máxima de 100%. Após esse período, houve uma tendência de estabilização da pureza física.

Verifica-se assim que a velocidades do ar de 8 m.s^{-1} pode ser considerada suficiente para atingir os padrões de pureza física de 98% exigidos para comercialização de sementes de trigo (BRASIL, 2005 e OSCS, 2011) excetuando alguns lotes que podem vir do campo com partículas um pouco mais pesadas para o processo de separação. Isso demonstra na prática, a possibilidade de separar sementes de materiais que não sementes, atingindo níveis aceitáveis para a comercialização de sementes, utilizando apenas fluxo de ar vertical.

A curva do peso de mil sementes também foi significativa, ajustando-se ao modelo linear, onde se verificou que para cada aumento de 1 m.s^{-1} na velocidade do ar utilizada houve um incremento de 5,2 g. em média no peso de mil sementes (Figura 4.7).

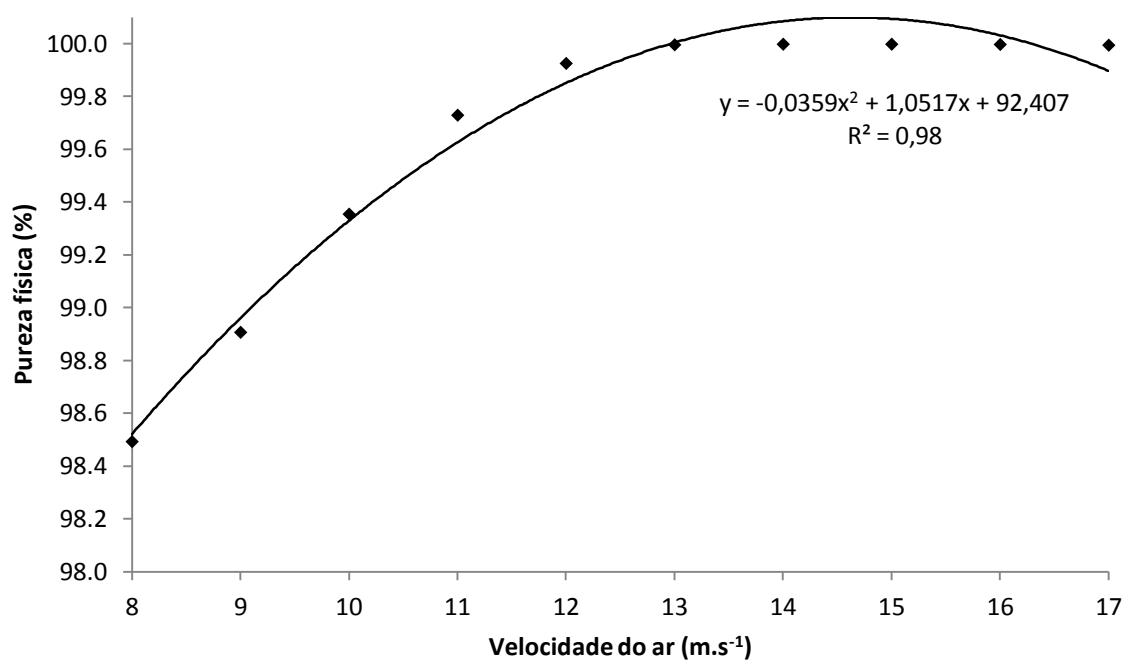


FIGURA 4.6 – Pureza física de sementes de trigo após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.

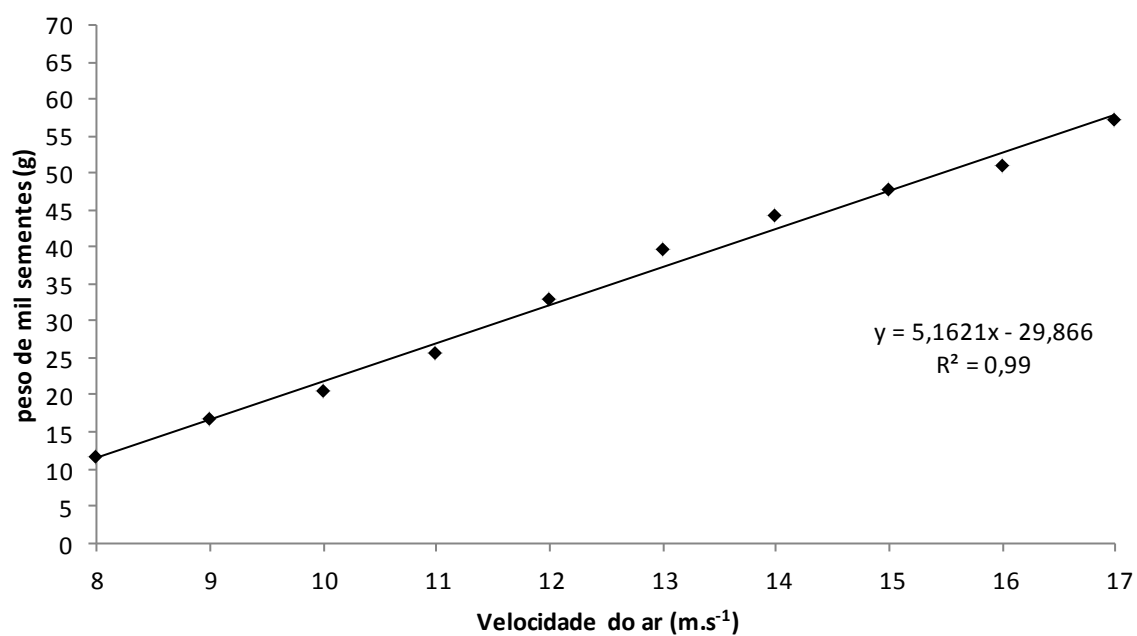


FIGURA 4.7 – Peso de mil sementes de trigo após beneficiamento em soprador contínuo com fluxo vertical de ar e diferentes velocidades do ar.

Estudo com sementes de trigo em mesa de gravidade mostra que as sementes se distribuem na mesa de acordo com a densidade que tende a aumentar, conforme as sementes se movem da parte mais baixa para a posição terminal mais alta da mesa (SIEMENS e JONES, 2008). Da mesma forma, verifica-se a possibilidade do uso do soprador contínuo de fluxo vertical de ar para melhorar a qualidade física das sementes de trigo, observado por meio do peso de mil sementes, uma vez que ao identificar a velocidade do ar relacionada a sementes de baixo peso que apresentem desempenho inferior, é possível soprar para fora do lote, toda semente com peso inferior ao desejado, realizando uma classificação de sementes de acordo com a velocidade terminal, contrariando Glorial e Callaghan (1991a), que consideraram essa separação improvável utilizando um fluxo de ar vertical, devido à estreita distribuição da velocidade de suspensão de sementes de trigo encontrada por eles.

Qualidade Fisiológica

A curva de germinação mostrou-se significativa, ajustando-se ao modelo linear, com um aumento de 1 pp para cada incremento de 1 m.s^{-1} na velocidade do ar, partindo de uma média de 91 % para as sementes referentes às porções coletadas contendo a velocidade de 10 m.s^{-1} , atingindo 99% de germinação para as sementes sopradas após a velocidade do ar de 17 m.s^{-1} (Figura 4.8).

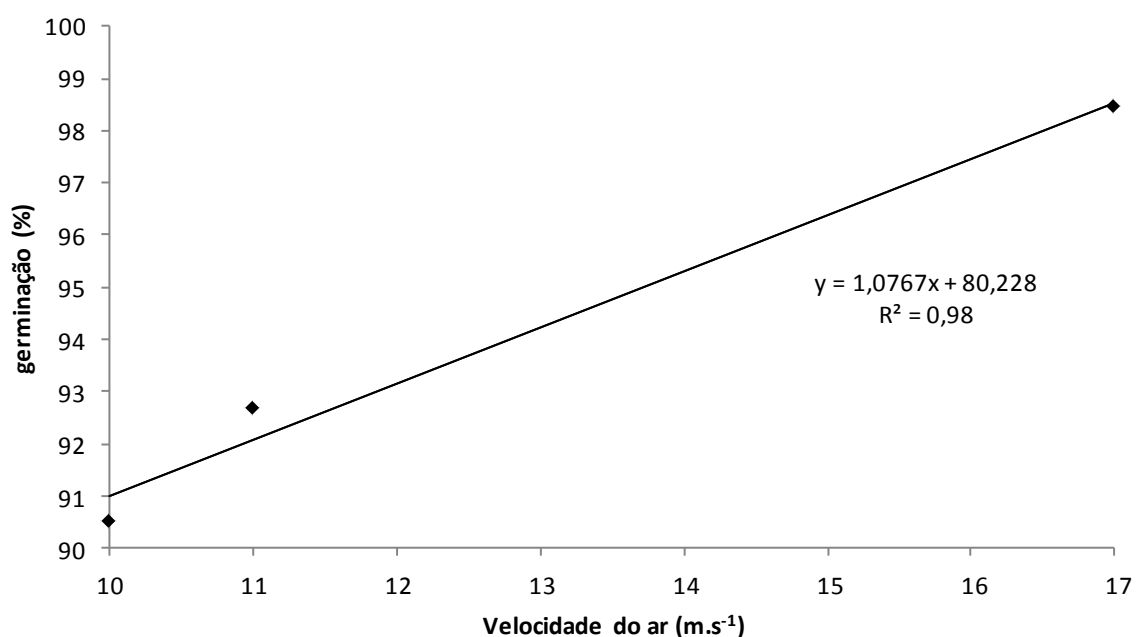


FIGURA 4.8 – Germinação de sementes de trigo beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.

A mesma tendência observada para germinação foi observada para a massa de matéria seca de plântulas, que apresentou um incremento linear de $0,7 \text{ mg.planta}^{-1}$ a cada incremento de 1 m.s^{-1} na velocidade do ar partindo de $10,4 \text{ mg.planta}^{-1}$, para as plântulas resultantes de sementes separadas pela velocidade do ar de 10 m.s^{-1} , atingindo $14,8 \text{ mg.planta}^{-1}$ na velocidade do ar de 17 m.s^{-1} (Figura 4.9).

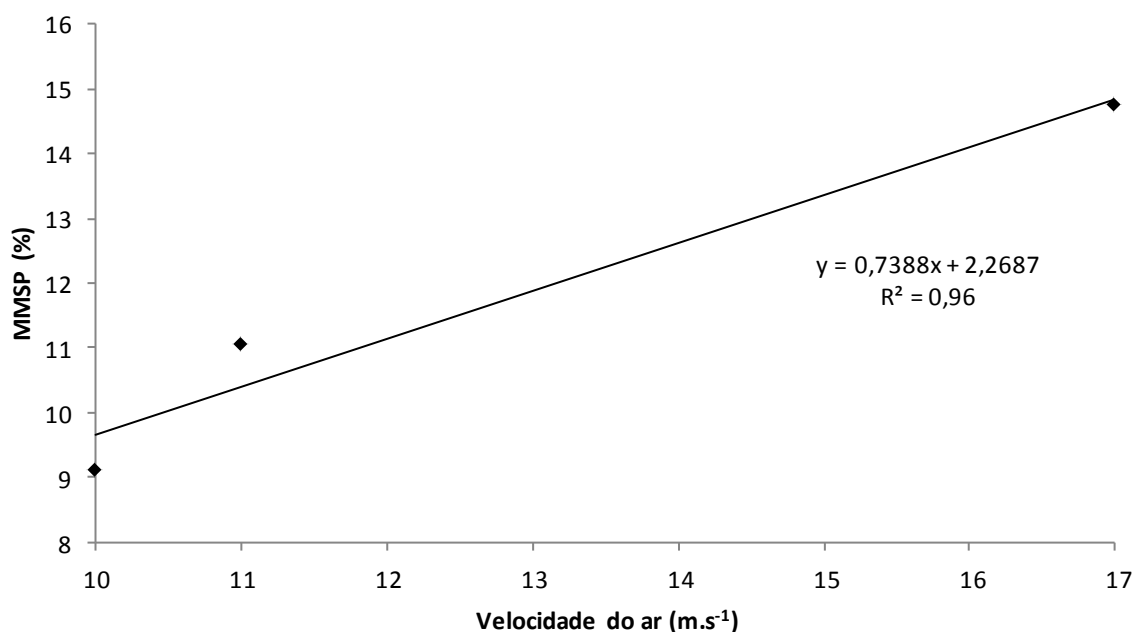


FIGURA 4.9 – Massa de matéria seca de plântulas de trigo beneficiadas em soprador contínuo de fluxo vertical de ar utilizando diferentes velocidades do ar.

É possível observar o efeito da velocidade do ar utilizada na qualidade das sementes, demonstrando que a velocidade terminal pode ser um adequado parâmetro para separar sementes de trigo quanto à qualidade fisiológica. Ao separar sementes de trigo de acordo com a velocidade terminal é possível retirar do processo sementes com peso inferior, que resultam em menor poder germinativo e um crescimento de plântulas mais lento, permanecendo no lote apenas sementes com maior potencial fisiológico.

Esse melhor desempenho de plântulas originadas de sementes classificadas quanto à velocidade terminal pode se refletir em maior produtividade, uma vez que a formação de perfilhos originados do nó da primeira folha aos afilhos originados do nó da terceira folha se dá entre a emergência e a emissão da quinta folha (ALMEIDA *et al.*, 2000), refletindo em que sementes com maior densidade e portanto melhor qualidade, originem plântulas com

capacidade para produzir maior número de afilhos. Sementes de trigo mais vigorosas também favorecem o crescimento mais rápido e vigoroso de raízes de plântulas, favorecendo a absorção de nitrogênio principalmente entre 0,2 a 0,7 m das camadas iniciais do solo (LIAO *et al.*, 2006, 2007). Sementes mais pesadas apresentam maior absorção de Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} e P após seis semanas de crescimento (NIK *et al.*, 2011) e maior porcentagem de germinação e vigor de plântulas (FARAHANI *et al.*, 2011). Sementes de trigo de maior densidade apresentaram melhor estabelecimento de estande e melhor desempenho de plântulas e massa seca de parte aérea (BALL *et al.*, 2011). Assim fica evidente, a importância do uso de sementes de maior potencial fisiológico e a viabilidade da utilização do soprador contínuo na obtenção dessas sementes.

Ponto ótimo para limpeza e qualidade fisiológica

A utilização do soprador contínuo com fluxo de ar vertical no beneficiamento de sementes de trigo mostrou-se benéfica, entretanto, precisa ser feita com o máximo de eficiência, ou seja, retirar a maior porcentagem possível de impurezas e sementes de baixo potencial com o mínimo de perdas em sementes puras. Assim, existe uma velocidade do ar onde se obtém a maior eficiência no processo. Ao comparar é possível observar que as curvas do peso acumulativo de sementes e de impurezas se cruzam próximo a velocidade do ar de 11 m.s^{-1} (Figura 4.10), velocidade do ar que foi adotada como o ponto ótimo para limpeza de sementes.

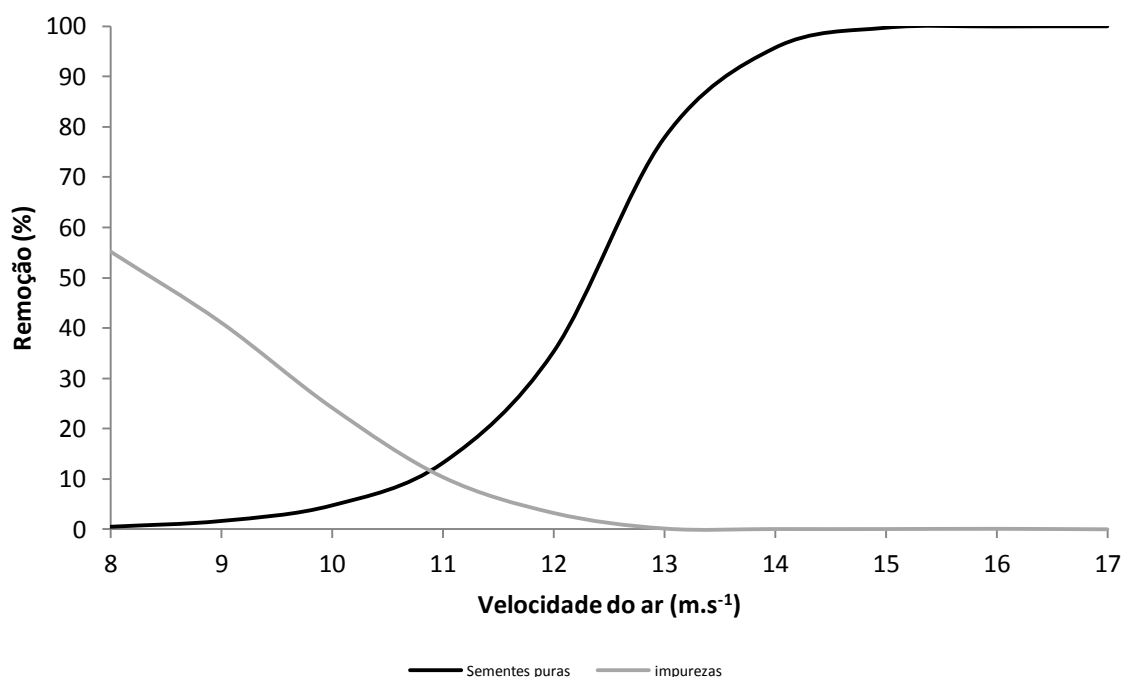


FIGURA 4.10 – Identificação do ponto ótimo para aprimoramento da qualidade de sementes de trigo. O ponto onde as curvas do peso acumulativo de sementes e impurezas se cruzam é equivalente ao ponto ótimo limpeza de sementes de trigo.

A velocidade do ar de 11 m.s^{-1} se destacou como o ponto ótimo para limpeza das sementes, com máxima porcentagem de pureza física com o mínimo de perdas em sementes. A pureza física nessa velocidade do ar foi de 99,7% com um descarte de sementes médio de 13,2%. Considerando a pureza inicial em 97,5%, houve a remoção de 2,2 % do peso em impurezas, o que indica o descarte de 6% de sementes puras, para cada 1% de impurezas removidas. Além da pureza física, observou-se que os valores para porcentagem de germinação e massa de matéria seca de plântulas, estes também indicam a velocidade do ar de 11 m.s^{-1} onde se verifica o descarte de sementes com porcentagem de germinação média de 92%, entretanto, como resultado, observa-se a permanência de sementes que apresentam melhor desempenho de plântulas. Esses resultados demonstram que, embora exista uma velocidade do ar que possa ser adotada como padrão para separação utilizando fluxo de ar vertical, há a necessidade de uma pré-avaliação do lote antes do beneficiamento, o que pode ser feito utilizando um soprador tipo *general blower*, ou outro soprador de bancada qualquer para identificar as partículas a serem separadas e a adoção de um teste rápido para avaliação da qualidade das sementes.

A velocidade do ar de $2,9 \text{ m.s}^{-1}$, identificada como ponto ótimo para soprar sementes (*Optimum blowing point*) de Festuca (*Festuca aundinacea* Schreb) em um soprador de sementes tipo *General Blower*, é descrita como a velocidade do ar onde é possível separar quase toda impureza com o mínimo de perda em sementes (GARAY *et al.*, 2009). Da mesma forma é possível dizer que no processo de beneficiamento de sementes utilizando fluxo de ar vertical é possível identificar três pontos: Ponto ótimo para limpeza de sementes (POL), identificada como o ponto onde se atinge a máxima pureza com o mínimo de perdas em sementes, ponto ótimo para germinação (POG), o ponto onde se obtém a máxima germinação com o mínimo de perdas e finalmente o ponto ótimo para aprimoramento da qualidade (POA), onde se obtém a máxima expressão de vigor do lote com o mínimo de perdas em sementes.

CONCLUSÃO

1 - É possível limpar e aprimorar a qualidade de sementes de trigo utilizando soprador contínuo com fluxo vertical de ar.

2 - A velocidade do ar de 11 ms^{-1} destacou-se como ponto ótimo para limpeza e aprimoramento da qualidade fisiológica de sementes de trigo com um descarte de sementes inferior a 14% .

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M.; SANGOI, L. Evocação de afilhos pela qualidade da luz em plantas de trigo cultivadas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12 , n.1, p.25-36, 2000.

AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Rules for testing seeds** Vol. 1: Principles and procedures. Ithaca, NY, 2010.

BAALBAKI, R.; MCDONALD, M. B.; ELIAS, S. G; MARCOS FILHO, J. **Seed vigor testing handbook**. Association of Official Seed Analysts. Contribution no. 32. 2009.

BALL, B.; MEHARRY, D.; BOTWRIGHT ACUÑ, T.L. Increases in seed density can improve plant stand and increase seedling vigour from small seeds of wheat (*triticum aestivum*). **Experimental Agriculture**, v. 47, n. 3, p. 445-457, 2011.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 25, de 16 de dezembro de 2005. Padrões para produção e comercialização de sementes de soja. Anexo XII. Disponível em: http://apassul.com.br/index.php?menu=dec_mostra&acao=mostrar&chave=172 Brasília, DF, 20 dez. 2005.

BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LUZ, C. L. As políticas brasileiras de fomento à cultura do trigo uma revisão histórica. **Desenvolvimento em questão**, v 2, n.3, p. 95-117, 2004.

ELIAS S.G.; BAALBAKI R.; MCDONALD, M. **Seed Moisture Determination: principles and procedures**. Handbook on Seed Testing, Contribution No. 40, Association of Official Seed Analysts. Stillwater, OK, USA, 2007.

EL FAWAL ,Y.A.; TAWFIK, M.A.; EL SHAL, A.M. Study on physical and engineering properties for grains of some field crops. **Misr Journal Agricultural Engineering**, v. 26, n. 4, p. 1933- 1951, 2009.

FARAHANI, H. A.; MOAVENI, P.; MAROUFI, K. Effect of Seed Size on Seedling Production in Wheat (*Triticum aestivum* L.). **Advances in Environmental Biology**, v. 5, n. 7, p. 1711-1715, 2011.

FARRAN, J. G.; MACMILLAN, R. H. Grain-chaff separation on a vertical air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 24, p.115-129, 1979.

GARAY, A.; ELIAS, S.; NOTT, H. How to prepare a máster calibration sample: procedure and applications using tall fescue as a model. **Seed technology**, v. 31, n. 2, p. 179-188, 2009.

GARAY, A.; ELIAS, S.; MEYER, D. J. L. Development of a uniform blowing procedure for grass seeds: principles, applications and benefits. **Ista News Bulletin**, n. 138, p. 26-32, 2009.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Aerodynamic properties of grain/straw materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 46, p. 257-290, 1990.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Separation of grain from straw in a vertical air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 48, p. 111-122, 1991.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Separation of grain from straw in a horizontal air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 49, p. 273-284, 1991.

GREGG, B. R.; BILLUPS G. L. **Seed Conditioning**. Volume 2A. Technology - Part B. Enfield, NH, USA: Science Publishers, 2010. 482 p.

GÜNER, M. Pneumatic conveying characteristics of some agricultural seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 904–913, 2007.

GÜRSOY , S; GÜZEL E. Determination of Physical Properties of Some Agricultural Grains. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, v. 2, n. 5, p. 492-498, 2010

HAUHOUOT-O'HARA, M.; CRINER, B.R.; BRUSEWITZ, G.H.; SOLIE, J.B. Selected physical characteristics and aerodynamic properties of cheat seed for separation from wheat.

Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development, v. 2, p. 1-14, 2000.

HUBBARD C. M., WELLER, C. L., JONES, D. D. Selected physical properties of *Aegilops cylindrica* host. (*Aegilops cylindrica* host.). **Applied Engineering in Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 747-750, 1997.

JIANG, S.; BILANSKI, W. K.; LEE, J. H. A. Analysis of the separation of straw and chaff from wheat by an air blast. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 26, n. 2, p. 181-187, 1984.

LIAO M.T., FILLERY I.R.P, PALTA J.A. Early vigorous growth is a major factor influencing nitrogen uptake in wheat. **Functional Plant Biology**, v. 31, p. 121–129, 2004.

LIAO M.T.; PALTA, J.A.; FILLERY I.R.P. Root characteristics of vigorous wheat improve early nitrogen uptake. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 57, p. 1097–1107, 2006.

KHOSHTAGHAZA, K.; R. MEHDIZADEH. Aerodynamic properties of wheat kernel and straw materials. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, v. 7, p. 1-9, 2006.

MACHADO, S. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S.; FIGUEIREDO FILHO, AFONSO; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de bractingais na região metropolitana de Curitiba. *Revista Árvore*, v.30, n.5, p.759-768, 2006.

NALBANDI, H.; SEHIEDLOU, S.; GHASSEMZADEH H.R. Aerodynamic properties of *Turgenia latifolia* seeds and wheat kernels. **International Agrophysics**, v. 24, p. 57-61, 2010.

NIK, M. M.; BABAEIAN, M.; TAVASSOLI, A.; ASGHARZADE, A. Evaluation of seed size and genotype on nutrient uptake and growth characteristic of wheat seedling. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 19, p. 4513-4521, 2011.

OSCS, Oregon Seed Certification Service. **Oregon seed certification service handbook**. Oregon State University Extension Service, 56 p. 2011.

PESKE, S. T., BAUDET, L. Beneficiamento de sementes. In.: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELO, G. E.; **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2 ed. Pelotas:Ed. Universitária/UFPel, 2012. 570p.

RAJABIPOUR, ALI; TABATABAEEFAR, A.; FARAHANI, M. Effect of moisture on terminal velocity of wheat varieties. **International Journal Of Agriculture & Biology**, v. 8, n. 1, p. 10-13, 2006

SAFDAR M.N.; NASEEM K.; AMJAD, M; MUMTAZ, A.; RAZA, S. Physiochemical quality assessment of wheat grown in different regions of Punjab. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v. 22, n. 1-2, p 18-23, 2009.

SHELLARD, J. E.; MACMILLAN, R. H. Aerodynamic properties of threshed wheat materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 23, p. 273-281, 1978.

SIEMENS, M.C.; JONES, D. Segregation of soft white wheat by density for improved quality. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 3, p. 1035-1047, 2008.

SONG H., LITCHFIELD J.B. Predicting method of terminal velocity for grains. **Transactions of the ASAE**, v. 34, p. 225-231, 1991.

USDA. United States. Agricultural Marketing Service. Livestock, Meat, Grain & Seed Division. Seed Branch. State noxious-weed seed requirements recognized in the administration of the federal seed act. 123 p. 2010.

USDA (U.S. Department of Agriculture), Foreign Agricultural Service (FAS). **Grain: World markets and trade**. 54 p., 2011. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>>. Acesso em: 13 fev. 2012.

YENISH, J. P.; YOUNG, F. L. Winter wheat competition against *Aegilops cylindrica* host. (*Aegilops cylindrica*) as influenced by wheat plant height, seeding rate, and seed size. **Weed Science**, v. 52, p. 996–1001, 2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da uniformidade do fluxo de ar para uma mesma calibração do soprador demonstrou que há variação na velocidade do ar, provocada principalmente pela tensão, uma vez que houve correlação entre voltagem e velocidade do ar. Isso pode não ser problema para separação de sementes em velocidades do ar superiores a 7 m.s^{-1} , que vai estar em regulagens da velocidade do ventilador acima das que apresentaram correlação com a voltagem e, portanto, são mais suscetíveis a essa variação. Porém, isso pode se tornar um problema se houver necessidade de separar sementes com velocidades do ar muito baixas, pois o elevado coeficiente de variação observado nas regulagens da velocidade do ventilador abaixo de $300 \text{ giros.min}^{-1}$ pode incorrer em grande descarte de sementes, caso haja uma mudança brusca na tensão durante a operação. Esse problema pode ser resolvido com a utilização de um regulador de tensão. Verificou-se também que há um gradiente horizontal da velocidade do ar no tubo plástico onde se processa a separação, e que este gradiente, assim como a velocidade do ar é influenciado pelo uso ou não da peneira.

Embora tenha sido observado que há desuniformidade da velocidade do ar em relação à regulação do ventilador e há gradiente horizontal da velocidade do ar no tubo, uma vez que o soprador foi regulado para determinada velocidade, este não apresentou problemas para separação de sementes. O soprador mostrou-se capaz de fornecer um fluxo de ar homogêneo para proporcionar a separação entre sementes e impurezas para cevada e trigo. Da mesma forma, o soprador mostrou-se uma adequada ferramenta para retirar sementes com peso unitário inferior do lote, o que está diretamente relacionado à densidade, permanecendo assim ao final do beneficiamento sementes de elevado potencial fisiológico.

Contaminantes com comportamento aerodinâmico, como no caso de algumas sementes de plantas daninhas, pedras e torrões que se fizeram presentes no estudo mesmo em frações separadas em alta velocidade do ar junto com a maior proporção de sementes de alto potencial, devem ser separados por outros métodos ou, caso não exista método eficiente para separação, essa deve ser feita no campo, por meio de adoção de adequadas práticas de manejo, escolha de campos livres de plantas daninhas de difícil controle bem como o controle eficiente das invasoras presentes e eficientes práticas de colheita.

A limpeza de sementes para retirada de contaminantes, e de sementes de peso inferior, demonstrou que existe uma velocidade do ar para se obter a máxima pureza física, germinação e vigor, denominados no trabalho como ponto ótimo para limpeza (POL), ponto

ótimo para germinação (POG) e ponto ótimo para aprimoramento da qualidade (POA) os que em alguns casos podem coincidir. A intenção é, de propor a inclusão desses pontos no beneficiamento de sementes utilizando fluxo de ar vertical, mas não se trata porém da adoção de uma velocidade única para cada operação, mas sim de um ponto de referência, pois isso não exclui a necessidade de uma pré-análise do lote antes do beneficiamento para observar quais as reais necessidades durante o beneficiamento. Essa pré-análise poderia ser feita com o emprego de um soprador em escala de laboratório utilizado para análise de pureza (*General Seed Blower*, por exemplo), mas não sem antes se investigar se há relação entre as velocidades do ar para separação de sementes nos dois sopradores, uma vez que o fato das sementes encontrarem-se em repouso nesse tipo de soprador, caracteriza uma situação diferente de exposição ao fluxo de ar.

Os resultados obtidos nas separações, a facilidade de regulagem em relação a outros equipamentos como a mesa de gravidade, por exemplo, e a possibilidade da utilização de um único equipamento para operações de limpeza e aprimoramento da qualidade fisiológica de lotes de sementes demonstram grande potencial para utilização do equipamento, dentre eles: a substituição da mesa da gravidade em algumas UBS's como máquina de acabamento devido à facilidade de manuseio e calibração; pesquisas com vigor de sementes, uma vez que a uniformidade visual das plântulas observadas, excluiria a necessidade da seleção de plantas de alto e baixo vigor nos ensaios e reduziria a subjetividade do pesquisador; ferramenta para produção de sementes para produtores com baixos recursos, uma vez que a ação de limpeza e aprimoramento da qualidade pode ser feita empregando um único equipamento; e utilização imediata no melhoramento de plantas, ou produção de sementes de hortaliças ou medicinais que trabalha com pequenos volumes, dentre outras. O equipamento também tem potencial para utilização em sementes pequenas e de grande valor, como de híbridos de hortaliças e flores.

Os benefícios e a praticidade da utilização do soprador contínuo com fluxo vertical de ar no beneficiamento de sementes são evidentes, e as possibilidades de utilização são várias, porém, ainda há necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas, e parâmetros como velocidade de alimentação, altura da coluna de ar e espécies potenciais.

CONCLUSÃO GERAL

1- É possível limpar sementes de cevada e trigo e aprimorar a qualidade dos lotes, utilizando soprador contínuo com fluxo vertical de ar.

2- As velocidades do ar 9, 10 e 11 m.s⁻¹ foram adequadas para a limpeza e aprimoramento da qualidade de sementes de cevada, trevo encarnado e trigo respectivamente em soprador contínuo com fluxo vertical de ar, considerando a pureza física, germinação e o vigor, e porcentagem de descarte de sementes aceitável.

3- Ocorre um gradiente horizontal da velocidade do ar no tubo plástico do soprador contínuo.

4- A voltagem interfere na velocidade do ar no tubo plástico vertical em baixas velocidades do ventilador em soprador contínuo com fluxo vertical de ar.

REFERÊNCIAS

ADAM K. M.; MISRA M. K. E; THORESON D.R. Removal of Ergot from Barley by Density Separation, **Applied Engineering in Agriculture**, v 20, n.1, p. 39-43, 2004.

ADEWUMI B. A.; ADEMOSUN, O. C.; OGUNLOWO, A.S. Preliminary Investigation on the distribution and Spread Pattern of Cowpeain a Cross Flow Grain Separator. **Agricultural Engineering International (CIGR Ejournal)**, v. 8, p. 1 - 12, 2006a.

ADEWUMI, B. A.; OGUNLOWO, A. S; ADEMOSUN, O. C.2006b. Investigating particle trajectory as a parameter for selecting the dimensions of cross flow classifier. **Agricultural Engineering International (CIGR Ejournal)**, v. 8, p. 1 - 19, 2006b.

ADEWUMI, B. A.; SATHYENDRA RAO , B. V.; KIRAN KUMAR , N. L.; PRATAPE , V. M. e SRINIVAS, A. Grain classification using aerodynamic principles. **African Crop Science Conference Proceedings**, v. 8. p. 1799-1801. 2007.

AHRING, R. M.; FRANKS, H. Establishment of eastern gamagrass from seed and vegetative propagation. *Journal of Range Management*, v. 21, p. 27-30, 1968.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M.; SANGOI, L. Evocação de afilhos pela qualidade da luz em plantas de trigo cultivadas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12 , n.1, p.25-36, 2000.

AOSA. **Rules for testing seeds**. Association of Official Seed Analysts, Ithaca, NY, USA 2008.

AOSA. Association of Official Seed Analysts.**Rules for testing seeds** Vol. 1: Principles and procedures. Ithaca, NY, 2010.

ARAF, G. K.; EBAID, M.T.; EL-GENDY, H. A. Development of a local machine for winnowing and grading flax seeds. **Misr Journal Agricultural Engineering**, v. 26, n. 1, p. 343- 358, 2009.

ATIS, I.; ATAŞ, M.; CAN, E.; MAVI, K. Seed coat color effects on seed quality and salt tolerance of red clover (*Trifolium pratense*). **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 13, n. 3, p. 363–368, 2011.

BAALBAKI, R.; MCDONALD, M. B.; ELIAS, S. G.; MARCOS FILHO, J. **Seed vigor testing handbook**. Association of Official Seed Analysts. Contribution no. 32. 2009.

BALL, B.; MEHARRY, D.; BOTWRIGHT ACUÑ, T.L. Increases in seed density can improve plant stand and increase seedling vigour from small seeds of wheat (*triticum aestivum*). **Experimental Agriculture**, v. 47, n. 3, p. 445-457, 2011.

BAUDET, L.; MISRA, M. Atributos de qualidade de sementes de milho beneficiadas em mesa de gravidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, n.2, p.91-97, 1991.

BILANSKI, W. K.; COLLINS, S. H; CHIU C. L. The behavior of seed grains in a Vertical wind tunnel. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 5, n. 1, p. 29-31, 1963.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 60 de 10 de dez. de 2009. **Diário Oficial da União**. 11 de dez. 2009, Seção 1, Página 16. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=21236>. Consulta em: 16 de jan. de 2011.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 25, de 16 de dezembro de 2005. Padrões para produção e comercialização de sementes de soja. Anexo XII. Disponível em: http://apassul.com.br/index.php?menu=dec_mostra&acao=mostrar&chave=172 Brasília, DF, 20 dez. 2005.

BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LUZ, C. L. As políticas brasileiras de fomento à cultura do trigo uma revisão histórica. **Desenvolvimento em questão**, v 2, n.3, p. 95-117, 2004.

CHING T.M. Adenosine triphosphate content and seed vigor. **Plant Physiology**, v. 51, n. 2, p. 400-402, 1973.

CONAB - (Companhia Nacional do Abastecimento). **Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 27 de dez. 2010.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 3. ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.

DOUGLAS J. L.; GRABOWSKI J. M.; KEITH B. C. A comparison of seed cleaning techniques for improving quality of eastern gamagrass seed. **Seed Science and Technology**, v. 28, p. 163-167, 2000.

EL FAWAL ,Y.A.; TAWFIK, M.A.; EL SHAL, A.M. Study on physical and engineering properties for grains of some field crops. **Misr Journal Agricultural Engineering**, v. 26, n. 4, p. 1933- 1951, 2009.

ELIAS S.G.; BAALBAKI R.; MCDONALD, M. **Seed Moisture Determination: principles and procedures**. Handbook on Seed Testing, Contribution No. 40, Association of Official Seed Analysts. Stillwater, OK, USA, 2007.

EVERS, G.W. Seedling growth comparison of arrowleaf, crimson, rose, and subterranean clovers. **Crop Science**, v. 39, p. 433–440, 1999.

FARAHANI, H. A.; MOAVENI, P.; MAROUFI, K. Effect of Seed Size on Seedling Production in Wheat (*Triticum aestivum* L.). **Advances in Environmental Biology**, v. 5, n. 7, p. 1711-1715, 2011.

FARRAN, J. G.; MACMILLAN, R. H. Grain-chaff separation on a vertical air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 24, p.115-129, 1979.

GARAY, A.; ELIAS, S.; MEYER, D. J. L. Development of a uniform blowing procedure for grass seeds: principles, applications and benefits. **Ista News Bulletin**, n. 138, p. 26-32, 2009.

GARAY, A.; ELIAS, S.; NOTT, H. How to prepare a master calibration sample: procedure and applications using tall fescue as a model. **Seed technology**, v. 31, n. 2, p. 179-188, 2009.

GASPAR, C. M.; NAKAGAWA, J. Influência do tamanho na germinação e no vigor de sementes de milho (Pennisetum americanum (L.) Leeke). **Revista brasileira de sementes**, v. 24, n. 1, p. 339-244, 2002.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Aerodynamic properties of grain/straw materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 46, p. 257-290, 1990.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Separation of grain from straw in a vertical air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 48, p. 111-122, 1991a.

GLORIAL, B. Y.; O'CALLAGHAN, J. R. Separation of grain from straw in a horizontal air stream. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 49, p. 273-284, 1991b.

GREGG, B. R.; BILLUPS G. L. **Seed Conditioning**. Volume 2. Technology - Part A. Enfield, NH, USA: Science Publishers, p. 1-482, 2010.

GREGG, B. R.; BILLUPS G. L. **Seed Conditioning**. Volume 2. Technology - Part B. Enfield, NH, USA: Science Publishers, p. 483-976, 2010.

GREGG, B. R.; BILLUPS G. L. **Seed Conditioning**. Volume 3. Crop seed conditioning. Enfield, NH, USA: Science Publishers, 370 p, 2010.

GÜNER, M. Pneumatic conveying characteristics of some agricultural seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 904–913, 2007.

GÜRSOY, S; GÜZEL E. Determination of Physical Properties of Some Agricultural Grains. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, v. 2, n. 5, p. 492-498, 2010.

HAUHOUOT-O'HARA, M.; CRINER, B.R.; BRUSEWITZ, G.H.; SOLIE, J.B. Selected physical characteristics and aerodynamic properties of cheat seed for separation from wheat. **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development**, v. 2, p. 1-14, 2000.

HEMMAT A.; EMAMY, M.; RAZAVI, S. J.; MASOUMI A. A. Terminal velocity of chopped corn silage and its separate fractions as affected by moisture content. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 9, p. 15-23, 2007.

HUBBARD C. M., WELLER, C. L., JONES, D. D. Selected physical properties of *Aegilops cylindrica* host. (*Aegilops cylindrica* host.). **Applied Engineering in Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 747-750, 1997.

JIANG, S.; BILANSKI, W. K.; LEE, J. H. A. Analysis of the separation of straw and chaff from wheat by an air blast. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 26, n. 2, p. 181-187, 1984.

KASHAYAP, M. M.; PANDYA, A. C. A qualitative theoretical approach to the problem of winnowing. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 10, n. 4, p. 348-354, 1965.

KASHAYAP, M. M.; PANDYA, A. C. Air velocity requirements for winnowing operations. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 11, n. 1, p.24-32, 1966.

KHOSHTAGHAZA, K.; R. MEHDIZADEH. Aerodynamic properties of wheat kernel and straw materials. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, v. 7, p. 1-9, 2006.

LIAO M.T., FILLERY I.R.P, PALTA J.A. Early vigorous growth is a major factor influencing nitrogen uptake in wheat. **Functional Plant Biology**, v. 31, p. 121–129, 2004.

LIAO M.T.; PALTA, J.A.; FILLERY I.R.P. Root characteristics of vigorous wheat improve early nitrogen uptake. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 57, p. 1097–1107, 2006.

MACHADO, S. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S.; FIGUEIREDO FILHO, AFONSO; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de bractingais na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.759-768, 2006.

MACMILLAN, R. H. **The mechanics of fluid - particle systems**: with special reference to agriculture, University of Melbourne, 2007a. 156 p.

MACMILLAN, R. H. **Trajectory plotter systems**: version 1.2 user' manual, University of Melbourne, 1^o edition, 2007b. 19 p.

MACMILLAN, R. H. The mechanics of fluid - particle systems. **Agricultural Engineering International**: the CIGR Ejournal, v. 10, n. 4, p. 1-7, 2008.

MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p.176-7. 1962.

MARKOWSKI, M.; MAJEWSKA, K.; KWIATKOWSKI, D.; MALKOWSKI, M.; BURDYLO, G. Selected geometric and mechanical properties of barley (*hordeum vulgare* l.) grain. **International Journal of Food Properties**, v. 13, p. 890–903, 2010.

MUNCK, L. Advances in barley quality. Experiences and perspectives. **Options Mediterraneennes. Serie A: Seminaires Mediterraneens**, n.20, p. 9-18, 1991.

NALBANDI, H.; SEIIEDLOU, S.; GHASSEMZADEH H.R. Aerodynamic properties of *Turgenia latifolia* seeds and wheat kernels. **International Agrophysics**, v. 24, p. 57-61, 2010.

NIK, M. M.; BABAEIAN, M.; TAVASSOLI, A.; ASGHARZADE, A. Evaluation of seed size and genotype on nutrient uptake and growth characteristic of wheat seedling. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 19, p. 4513-4521, 2011.

OSCS, Oregon Seed Certification Service. **Oregon seed certification service handbook**. Oregon State University Extension Service, 56 p. 2011.

PADUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANCA NETO, J. de B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista brasileira de sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010.

PERES, É. R.; SOLARI, B; PARODES, C.; MONTARDO, D. P. Avaliação da produção de forragem de trevos anuais na região da campanha do rs. Revista Congrega Urcamp. 9^o Jornada de Pós Graduação e Pesquisa. V.3 – ISSN 1982 – 2960. p. 1-8 Bagé – RS, 2011.

PESKE, S. T., BAUDET, L. Beneficiamento de sementes. In.: PESKE. S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELO, G. E.; **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2 ed. Pelotas:Ed. Universitária/UFPel, 2012. 570p.

PESKE, S. T., E BARROS, A. C. S. A. Produção de sementes. In.: PESKE. S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A.; **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2 ed. Pelotas:Ed. Universitária/UFPel, 2006. 470p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p

RAJABIPOUR, ALI; TABATABAEEFAR, A.; FARAHANI, M. Effect of moisture on terminal velocity of wheat varieties. **International Journal Of Agriculture & Biology**, v. 8, n. 1, p. 10-13, 2006.

RAJALA, A.; NISKANEN, M.; ISOLAHTI, M.; PELTONEN-SAINIO, P. Seed quality effects on seedling emergence, plant stand establishment and grain yield in two-row barley. **Agricultural and Food Science**, v. 20, n. 3, p. 228-234, 2011.

RAMENOFKY , A. F.; STANDIFER, L. C.; WHITMER, A. M.; STANDIFER, M. S. A New Technique for Separating Flotation Samples. **American Antiquity**, v. 51, n. 1, p. 66-72, 1986.

REIS, J.C.L. **Origem e características de novos trevos adaptados ao Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27p. (Embrapa Clima Temperado, Circular Técnico, 184).

RISSE, J.; MISRA, M; KNAPP, A; BERN. C. Conditioning Shriveled Seed: Part 1. Variation in Physical Properties. **Transactions of the ASAE**, v. 34, n. 2, p. 481-486, 1991.

SAFDAR M.N.; NASEEM K.; AMJAD, M; MUMTAZ, A.; RAZA, S. Physiochemical quality assessment of wheat grown in different regions of Punjab. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v. 22, n. 1-2, p 18-23, 2009.

SCHOLL, J.M. Competição entre novas cultivares de trevo vermelho, trevo branco, e outros trevos anuais de ressemeadura natural. In: REUNIÃO ANUAL DA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 10; CONGRESSO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS, 1, Porto Alegre. **Resumos**. Porto Alegre: SBZ, p. 408-413, 1973.

SHELLARD, J. E.; MACMILLAN, R. H. Aerodynamic properties of threshed wheat materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 23, p. 273-281, 1978.

SIEMENS, M.C.; JONES, D. Segregation of soft white wheat by density for improved quality. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 3, p. 1035-1047, 2008.

SONG H., LITCHFIELD J.B. Predicting method of terminal velocity for grains. **Transactions of the ASAE**, v. 34, p. 225-231, 1991.

TAN Z. ZHANG Y. WANG X. Mechanism study of particle separation in an aerodynamic air cleaner. **Transactions of the ASAE**, v. 48, n. 4, p. 1553-1560, 2005.

TUNES, L. M.; BARROS, A. C. S. A.; BADINELLI, P. G.; OLIVO, F. Teste de vigor em função de diferentes épocas de colheita de sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, p.321-326, 2008.

USDA. United States. Natural Resources Conservation Service. Crimson clover. **Plant fact Sheet**. *Trifolium incarnatum* L. 2 p. 2009.

USDA. United States. Agricultural Marketing Service. Livestock, Meat, Grain & Seed Division. Seed Branch. **State noxious-weed seed requirements recognized in the administration of the federal seed act**. 123 p. 2010.

USDA (U.S. Department of Agriculture), Foreign Agricultural Service (FAS). **Grain: World markets and trade**. 54 p., 2011. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>>. Acesso em: 27 dez 2011.

USDA (U.S. Department of Agriculture), Foreign Agricultural Service (FAS). **Grain: World markets and trade**. 54 p., 2011. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>>. Acesso em: 13 fev. 2012.

VANZOLINI, S.; TORRES, R.M.; PANIZZI, R.C. Efeito do tamanho, da densidade e do tratamento fungicida sobre a qualidade de sementes de amendoim. **Revista Ceres**, v.47, n. 274, p.603-612, 2000.

WERBY, R. A. Performance cleaning unit for clover seeds affecting some physical and mechanical properties. **Misr Journal Agricultural Engineering**, v. 27, n. 1, p. 266-283, 2010.

YENISH, J. P.; YOUNG, F. L. Winter wheat competition against *Aegilops cylindrica* host. (*Aegilops cylindrica*) as influenced by wheat plant height, seeding rate, and seed size. **Weed Science**, v. 52, p. 996–1001, 2004.