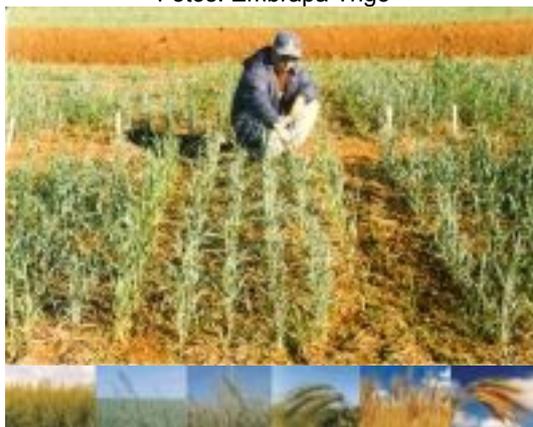


## Avaliação de genótipos de trigo e de outros cereais de inverno ao crestamento, em solo com e sem aplicação de calcário

Fotos: Embrapa Trigo



Marcio Voss<sup>1</sup>, Cantídio Nicolau Alves de Sousa<sup>2</sup>, Daniel Fernandes Mattos<sup>3</sup>



### Introdução

O crestamento apresenta-se como um problema para o trigo e outros cereais de inverno em regiões de solo ácido. O nome crestamento foi atribuído por Paiva (1942) ao conjunto de sintomas observados em algumas cultivares de trigo, quando plantadas em solo ácido, incluindo coloração violácea das folhas, queima das folhas e o definhamento da planta. Para o autor, o crestamento representava uma espécie de envelhecimento precoce das folhas. Em elevado grau de crestamento as plantas suscetíveis não produzem afixo e, se formam espigas, estas são pequenas (Sousa, 1996).

Em um período em que não se usava calcário ou adubo nas lavouras o crestamento era atribuível à falta de Ca, de Mg, de P e à toxidez de Al e de Mn, embora já em 1953, Araújo (1956) apontasse que o principal fator para a ocorrência de crestamento em solos ácidos deveria ser o alumínio trocável. Como atualmente as áreas de cultivo para culturas anuais são fertilizadas com P e corrigidas para Ca e Mg e como a tolerância de cereais de inverno ao Mn disponível é muito maior do que a tolerância ao Al (Scott, 1981), pode-se afirmar que o principal fator causador de crestamento é o alumínio trocável. A habilidade de alguns cultivares em tolerar a presença de alumínio solúvel reside em mecanismos de exclusão da entrada do alumínio na raiz e/ou mecanismos de inativação do alumínio absorvido (Kochian, 1995) determinando variação na tolerância ao alumínio/crestamento entre diversas espécies e entre genótipos de uma mesma espécie.

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, Passo Fundo, RS. E-mail: marciov@cnpt.embrapa.br.

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Trigo, aposentado.

<sup>3</sup> Engenheiro agrônomo.

De longa data essa variabilidade foi constatada em trigo no Brasil. Em artigo retrospectivo, Beckman (1954) relatou o destacado comportamento da cultivar de trigo Polyssú e linhagens chamadas Alfredo Chaves, em solos ácidos de Veranópolis, RS. Esse melhorista realizou cruzamentos entre as linhagens Alfredo Chaves (selecionadas no ano de 1922) e destas com Polyssú, que resultaram em importantes cultivares comerciais no Brasil e que constituíram fontes genéticas de resistência ao alumínio usadas em melhoramento de trigo. Entre esses estão PG 1 (seleção de Polyssú em 1924), Trintecinco (lançada em 1936, do cruzamento Alfredo Chaves 3-21/ Alfredo Chaves 4-21), Fronteira (lançada em 1932, do cruzamento Polyssú/Alfredo Chaves 6-21), Frontana (lançado em 1940, do cruzamento Fronteira/Mentana). Posteriormente foram lançadas a cultivar Toropi (em 1965), do cruzamento Petiblanco 8 // Frontana 1971-37 / Quaderna A), BH 1146 (em 1955), do cruzamento PG 1 // Fronteira / Mentana) e IAC 5-Maringá (em 1966), do cruzamento Frontana / Kenya 58 // PG 1). O destaque da reação de tolerância/resistência de antigas cultivares brasileiras de trigo é bastante documentado no Brasil e no exterior e entre as referências estão: Foy et al. (1965), Mesdag & Sloomaker (1969), Foy & Silva (1991), Scott (1981) e Sousa (1998).

De forma genérica, é conhecido o comportamento de cultivares de centeio, de aveia e de triticale como altamente tolerantes ao alumínio e o comportamento de cevada e trigo duro como sensíveis ao alumínio, como mostram resultados em hidroponia de Mugwira et al., (1976), de Floss (1992), de Camargo et al. (1984, 1991 e 1995), de Minella & Sorrels (1992) e de Sánches-Chacón et al., (2000). Na Embrapa Trigo tem sido sistematicamente observado, em condições de campo, o comportamento de cultivares de trigo (Sousa, 2000), e, eventualmente, de cevada (Árias & Sousa, 2000), e de triticale (Baier et al., 1998). Raramente, no entanto, esses e outros gêneros de cereais de inverno são comparados simultaneamente para tolerância à acidez de solo em condições de campo (Hughes, 1979).

O presente trabalho objetivou comparar diversos genótipos pertencentes a sete espécies de cereais de inverno, com ênfase na variação genotípica dentro de trigo comum, em condições de solo ácido e solo corrigido com calcário e analisar o efeito sobre várias características agrônômicas em relação aos genótipos estudados, com mais detalhamento em uma cultivar de trigo sensível e em outra tolerante ao crestamento em solo ácido.

## Material e métodos

Avaliou-se a resposta ao crestamento de 20 genótipos de cereais de inverno, sendo nove de trigo (*Triticum aestivum*), dois de trigo durum, também conhecido como trigo duro ou trigo para macarrão (*Triticum durum*), um de trigo sintético, dois de triticale (*X Triticosecale*), dois de centeio (*Secale cereale*), dois de cevada (*Hordeum vulgare*), um de aveia branca (*Avena sativa*) e um de aveia preta (*Avena strigosa*), conforme a Tabela 1.

Foram instalados dois ensaios em solo cultivado sob sistema plantio direto, sendo um em área com alto teor de alumínio tóxico e com ocorrência de sintomas de crestamento em cultivares suscetíveis de trigo, denominada área ácida, e outro em área adjacente, corrigida com calcário há mais de um ano, com baixo nível de acidez e praticamente sem crestamento, denominada área calcariada. As áreas pertenciam à mesma curva de nível e não aparentavam diferenças no tipo de solo.

Os ensaios foram instalados em 23 de junho de 1999. Os tratamentos foram genótipos de cereais de inverno, distribuídos em blocos ao acaso, com três repetições em cada área (ácida ou calcariada) em parcelas de duas linhas de três metros de comprimento

e distanciadas entre si de 0,20 metros. Ao lado de cada parcela, semeou-se a cultivar Anahuac 75, sensível ao crestamento. A outra variedade considerada testemunha para resistência, IAC 5-Maringá, foi plantada apenas no tratamento correspondente, em cada repetição. A semeadura foi realizada manualmente na densidade de 50 sementes/m, com o objetivo de facilitar as avaliações em relação ao crestamento.

**Tabela 1.** Genótipo, tipo de cereal, cruzamento e país de origem dos 20 cereais de inverno avaliados quanto ao crestamento em área ácida e em área calcariada em, Passo Fundo, RS, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Genótipo	Tipo de cereal	Cruzamento	País de origem
Anahuac 75	Trigo	II-12300 // Lema Rojo 64 /8156 /3 /Norteño 67	México
BRS 49	Trigo	BR 35 /PF 83619 //PF 858 /PF 8550	Brasil
Cotrirosa 3-78	Trigo	Desconhecido (1)	Brasil
IAC 5-Maringá	Trigo	Frontana /Kenya 58 //PG 1	Brasil
Ocepar 16	Trigo	Siskin Sib /Veery Sib	Brasil
PG 1	Trigo	Seleção de Polyssú	Brasil
Saikai 165	Trigo	Sumai 3 /Asakaze-Komugi	Japão
Trigo BR 26-São Gotardo	Trigo	Kavkaz /Buho Sib //Kalyansona /Blue bird /Veery Sib	Brasil (2)
Trigo BR 36-Ianomami	Trigo	Jupateco 73 *3 /Amigo	Brasil
Sord 3	Trigo durum	RTL //BR180 /WLS	México
Tuknnes	Trigo durum	-	
IPF 71392	Trigo sintético	Altar 84/Ae squarrosa	México
Triticale BR 1	Triticale	M2A/Camel	Brasil (2)
Triticale BR 4	Triticale	BGL/CTN//MUS	Brasil (2)
Centeio BR 1	Centeio		Brasil
Centeio Estefano Schneider.	Centeio	Centeio colonial coletado em Irati, PR.	Brasil
FM 404	Cevada	Sel. de Wisa WB	Brasil
MN 698	Cevada	MN 599 /MN 635	Brasil
UPF 15	Aveia branca	Coker 82-33 //IL 3776 /AO 38	Brasil
Aveia Preta Comum	Aveia preta	Aveia colonial do RS	Brasil

1 - Refere-se a amostra coletada em Santa Rosa em 1978 de cultivar de trigo conhecida como Peladinho que esteve recomendada no Rio Grande do Sul de 1978 a 2000.

2 - Introduzida do México e indicada para cultivo no Brasil.

As avaliações efetuadas são descritas a seguir:

### Análise química do solo

A coleta de amostras de solo para análise química foi realizada 30 dias após a semeadura. O solo foi coletado nas profundidades de 0 a 5 cm, de 5 a 10 cm e de 10 a 20 cm, nos caminhos entre as parcelas dos dois experimentos, totalizando 24 amostras. Cada amostra, retirada com trado de rosca helicoidal, foi composta por 4 subamostras.

### Reação ao crestamento na fase vegetativa e na fase reprodutiva dos cereais

Foram feitas avaliações visuais da parte aérea da planta conforme metodologia estabelecida por Sousa et al. (1984) e modificada por Sousa (1998), com atribuições de notas de 0,50 (altamente resistente) a 5,00 (altamente suscetível ao crestamento).

A média dessas notas constituiu o índice de suscetibilidade ao crestamento (ISC) que também varia de 0,5 a 5,0 (Tabela 2). De acordo com esse índice as cultivares foram classificadas quanto à reação ao crestamento (Tabela 2).

**Tabela 2.** Índice de Suscetibilidade ao Crestamento e Reação ao Crestamento.

Índice de Suscetibilidade ao crestamento (ISC)	Reação ao crestamento
0,50 – 0,80	Altamente resistente (AR)
0,81 – 1,50	Resistente (R)
1,51 – 2,50	Moderadamente resistente (MR)
2,51 – 3,50	Moderadamente suscetível (MS)
3,51 – 4,50	Suscetível (S)
4,51 – 5,00	Altamente suscetível (AS)

A seguir são apresentados os critérios para avaliação do crestamento durante a fase vegetativa (Tabela 3).

**Tabela 3.** Critério para avaliação do crestamento na fase vegetativa dos cereais de inverno.

Reação ao crestamento	Nota	Sintomas
AR	0,5	Comportamento destacada para resistência ao crestamento
R	1	Plantas com bom vigor e com perfilhamento normal
MR	2	Plantas normais e com menos vigor e/ou perfilhamento do que na reação anterior
MS	3	Plantas com tipo intermediário de desenvolvimento
S	4	Plantas deficientes e sem perfilhamento
AS	5	Plantas muito deficientes, sem perfilhamento e com provável morte da planta ainda no estágio vegetativo

A avaliação do crestamento na fase reprodutiva foi feita conforme tabela 4.

**Tabela 4.** Critério para avaliação do crestamento na fase reprodutiva dos cereais de inverno.

Reação ao crestamento	Nota	Sintomas
AR	0,5	Comportamento destacada para resistência ao crestamento
R	1	Bom desenvolvimento, com perfilhamento e espigas normais
MR	2	Pequena desvantagem no desenvolvimento, em relação ao grupo anterior
MS	3	Desenvolvimento deficiente da planta, porém formando espigas normais
S	4	Desenvolvimento muito deficiente, formando plantas não perfilhadas e de espigas pequenas
AS	5	Crescimento completamente deficiente, mortas no estágio vegetativo ou formando espigas muito pequenas, com poucas espiguetas.

Na área calcariada, a leitura foi realizada nessa condição como uma prova em branco para comparação com as avaliações feitas na área ácida.

### **Rendimento de grãos**

O material obtido de plantas colhidas em 2,5 metros da primeira linha da parcela, por ocasião da maturação, foi trilhado e o grão produzido foi pesado, sua umidade determinada e os dados transformados para kg/ha a 13% de umidade.

### **Peso da parte aérea**

Determinou-se o peso de 30 plantas coletadas aos 55 dias após sementeira. As plantas foram postas a secar até peso constante.

### **Estatura de plantas**

Estimou-se, com o auxílio de régua, a altura geral das plantas das parcelas, no final da fase reprodutiva e antes da colheita.

### **População inicial de plantas**

Procedeu-se à contagem de número de plantas uma semana após a emergência.

### **Número de espigas no final do ciclo**

Determinou-se o número de espigas produzidas na segunda linha da parcela.

### **Taxa de número de espigas por planta**

O número de espigas por planta foi obtido dividindo-se o número de espigas da segunda linha pela média do número de plantas inicial por linha de 3 metros após o plantio.

### **Peso de biomassa das raízes**

Foram coletadas plantas com as raízes de meio metro linear da parcela aos 54 dias após o plantio. As raízes foram lavadas cuidadosamente para a retirada do solo e postas a secar a 35 graus centígrados até peso constante. Os pesos foram divididos pelo número de plantas e sua média calculada.

As médias dos diversos parâmetros foram submetidas à análise estatística. A comparação entre os dados obtidos nas duas situações de crestamento foi realizada através da percentagem.

### **Avaliações adicionais em trigo Anahuac 75 e IAC 5-Maringá**

Para as cultivares de trigo Anahuac 75 e IAC 5-Maringá, usados como testemunhas sensível e resistente, respectivamente, nas avaliações de tolerância ao crestamento, foram adicionalmente avaliadas outras características a seguir relatadas:

**Comprimento das raízes:** Foram coletadas plantas com as raízes de meio metro linear da parcela aos 54 dias após o plantio. Foi feita a medição do comprimento máximo da raiz de cada planta e calculada a média dos valores.

**Comprimento da folha:** As folhas das plantas à época de colheita foram medidas em centímetros e calculada a média dos valores individuais.

**Comprimento da espiga:** Foi feita a medição de 30 espigas nas três repetições nas áreas com e sem crestamento, e depois calculada a média dos valores obtidos.

**Número de espiguetas por espiga:** Foi feita a contagem do número de espiguetas de 30 espigas nas três repetições nas áreas ácida e calcariada, e depois calculada a

média dos valores obtidos.

## Resultados e discussão

Os resultados apresentados e discutidos a seguir pertencem a dois ensaios separados, e embora individualmente tenham repetições e aleatoriedade, não podem ser tratados estatisticamente em conjunto. No entanto, o fato de terem sido conduzidos em áreas contíguas e contemporaneamente e de conterem os mesmos tratamentos, permite observações valiosas na comparação entre gêneros e espécies de cereais de inverno, em que pese não serem amparadas pela estatística. Por isso a discussão e as conclusões devem ser tomadas com essa ressalva.

### Solo

As análises químicas do solo são apresentadas na Tabela 5. O solo da área em que ocorre crestamento (área ácida) apresentou, na média, pH menor, teor de Al, de Mn e de P maiores, menos Ca e menor valor de V (% de saturação de bases) em comparação com a área calcariada. Com o aumento da profundidade, houve acréscimo da acidez e do teor de Al e de Mn, e diminuição dos teores de Ca, de P, de K, de matéria orgânica e do valor de V. No solo sem ocorrência de crestamento (área calcariada), verificou-se a tendência de aumento do teor de Al e diminuição dos teores de P e de K, com o aumento da profundidade, mas não houve alteração de Ca, Mn e V.

**Tabela 5.** Análise química de amostras de solo coletadas em três níveis de profundidade, em área de ensaio em solo ácido (com crestamento) e em área de ensaio em solo calcariado (sem crestamento) em Passo Fundo, RS, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Profundidade da amostra	Ocorrência de crestamento	Análise do solo (1)							
		pH	P	K	MO	Al	Ca	Mn	V
		água	mg/ dm <sup>2</sup>	mg/ dm <sup>2</sup>	g/dm <sup>2</sup>	mmolc/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	mg/dm <sup>2</sup>	%
cm	Com								
0 – 5		4,87	40,02	320,0	29,0	18,40	12,17	54,75	33,9
5 – 10		4,62	28,17	184,5	26,5	25,42	10,42	52,20	11,4
10 – 20		4,40	17,52	109,0	23,5	34,65	5,22	59,37	5,3
	Sem								
0 – 5		5,20	19,87	343,5	26,2	7,57	22,95	30,30	51,8
5 – 10		5,00	11,37	174,0	25,5	10,80	23,20	19,45	50,3
10 – 20		5,05	8,45	114,5	24,5	10,27	24,52	27,52	50,7
Média	Com	4,63	28,57	204,5	26,3	26,16	9,27	55,44	16,9
Média	Sem	5,08	13,23	210,7	25,4	9,54	23,56	25,76	50,9

(1) pH em água, fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica (MO), alumínio trocável (Al), cálcio (Ca), manganês (Mn) e % de saturação de bases (V %). (Média de 4 repetições).

Em média das 3 profundidades, os níveis de Al trocável foram de 26,2 e 9,5 mmol/dm<sup>2</sup> e os de Mn foram de 55,4 e 26,8 mg/dm<sup>2</sup>, para as áreas ácida e calcariada, respectivamente. Considerando que nas duas áreas os teores de P, K e Ca estiveram acima do nível crítico, e que a matéria orgânica apresentava níveis equivalentes, e, ainda, que a concentração de H<sup>+</sup> observada não afeta significativamente o desenvolvimento desses cereais, pode-se dizer que os maiores teores de Al e de Mn

foram os principais responsáveis pela ocorrência de crestamento.

Embora o solo calcariado seja menos ácido que o solo não calcariado, os parâmetros indicam que ambas as condições configuram acidez. Esse fato é comum nas lavouras implantadas em solos originalmente ácidos, em que pese a aplicação de calcário, especialmente em plantio direto, onde a quantidade de calcário aplicada é geralmente menor e mais superficial do que no sistema convencional de plantio. Por isso, no presente trabalho refere-se à área menos ácida como “área calcariada”, ao invés de área “corrigida” ou “sem crestamento”. A cultivar Anahuac 75, testemunha suscetível ao crestamento, semeada ao lado de cada parcela, indicou que a correção foi suficiente para permitir a comparação em condições com e sem crestamento evidente. Indicou, além disso, uniformidade das áreas quanto às condições para ocorrência ou não de crestamento.

### Índice de suscetibilidade ao crestamento e classes de reação ao crestamento

Conforme Tabela 6, na área ácida, o índice de Suscetibilidade ao Crestamento (ISC), variou de 0,5 a 5,0, e as classes de Reação ao Crestamento, baseado no ISC, variaram de AS a AR. A aveia preta (0,58) e o centeio (0,62) foram as espécies de cereais de inverno de menor ISC. O triticale e a aveia branca, com ISC médio de 1,12 e de 1,41, respectivamente, apresentaram maior resistência ao crestamento que o trigo, com 1,82. Entretanto, o trigo apresentou genótipos com reação desde AR (cultivar PG 1, com ISC 0,75), até S (cultivares Anahuac 75, com ISC 3,92) e Trigo BR 36 (ICS de 3,83). Reação MS foi atribuída à cevada (ISC 2,96) e ao trigo sintético (ISC 3,00). O trigo durum foi o cereal mais suscetível ao crestamento (ISC 4,91), correspondente à reação AS.

**Tabela 6.** Média do índice de suscetibilidade ao crestamento (ISC) e reação de genótipos de cereais de inverno ao crestamento na área ácida em Passo Fundo, RS, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Tipo de cereal	ISC do tipo de cereal	Genótipo	ISC do genótipo	Reação do genótipo
<b>Aveia preta</b>	0,58	Aveia Preta Comum	0,58	AR
<b>Centeio</b>	0,62	Centeio BR 1	0,50	AR
		Centeio E. Schneider	0,75	AR
<b>Triticale</b>	1,12	Triticale BR 4	0,75	AR
		Triticale BR 1	1,50	R
<b>Aveia branca</b>	1,41	UPF 15	1,41	R
<b>Trigo</b>	1,82	PG 1	0,75	AR
		BRS 49	1,00	R
		IAC 5-Maringá	1,00	R
		Ocepar 16	2,00	MR
		Trigo BR 26-São Gotardo	2,42	MR
		Cotrirosa 3-78	2,66	MS
		Saikai 165	2,66	MS
		Trigo BR 36-Ianomami	3,83	S
		Anahuac 75	3,92	S
<b>Cevada</b>	2,96	FM 404	2,67	MS
		MN 698	3,25	MS
<b>Trigo sintético</b>	3,00	IPF 71392	3,00	MS
<b>Trigo durum</b>	4,91	Sord 3	4,91	AS
		Tuknes	4,91	AS

Essa seqüência está de acordo com observações feitas por diversos autores, como Mugwira et al., (1976 e 1978); Aniol & Gustafson, (1984); Rout et al. (2001).

Na Tabela 7 se discrimina o ISC obtido nas duas fases de avaliação.

**Tabela 7.** Média do índice de suscetibilidade de genótipos de cereais de inverno ao crestamento nas fases vegetativa (FV) e reprodutiva (FR) em área calcariada e na área ácida e reação ao crestamento, em Passo Fundo, RS, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Genótipo	Índice de suscetibilidade ao crestamento						Reação ao crestamento
	Área calcariada			Área ácida			Área ácida (FV+FR)/2
	FV	FR	(FV+FR)/2	FV	FR	(FV+FR)/2	
<b>Aveia preta</b>							
Aveia preta comum	0,50	0,50	0,50	0,67	0,50	0,58	AR
<b>Centeio</b>							
Centeio BR 1	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	AR
C. E. Schneider	0,50	0,67	0,58	1,00	0,50	0,75	AR
<b>Triticale</b>							
Triticale BR 1	0,50	0,83	0,66	1,00	2,00	1,50	R
Triticale BR 4	0,50	0,50	0,50	0,83	0,67	0,75	AR
<b>Aveia branca</b>							
UPF 15	0,67	0,50	0,58	1,33	1,50	1,42	R
<b>Trigo</b>							
PG 1	0,83	0,50	0,66	1,00	0,50	0,75	AR
BRS 49	0,83	0,50	0,66	1,00	1,00	1,00	R
IAC 5-Maringá	0,67	0,83	0,75	0,83	1,17	1,00	R
Ocepar 16	1,00	0,83	0,92	2,00	2,00	2,00	MR
Trigo BR 26	1,00	1,17	1,08	2,67	2,17	2,42	MR
Saikai 165	1,17	1,83	1,50	2,33	3,00	2,66	MS
Cotrirosa 3-78	1,17	2,00	1,58	2,50	2,83	2,66	MS
Trigo BR 36	1,00	2,17	1,58	3,83	3,83	3,83	S
Anahuac 75	1,17	1,67	1,42	4,17	3,67	3,92	S
<b>Cevada</b>							
FM 404	0,83	0,83	0,83	2,67	2,67	2,67	MS
MN 698	0,67	1,17	0,92	3,17	3,33	3,25	MS
<b>Trigo sintético</b>							
IPF 71392	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	MS
<b>Trigo durum</b>							
Sord 3	1,67	0,67	1,17	5,00	4,83	4,91	AS
Tuknnes	1,33	1,00	1,16	5,00	4,83	4,91	AS

AR: Altamente resistente; R: Resistente; MR: Medianamente Resistente; MS: Medianamente Sensível; S: Sensível; AS: Altamente Sensível.

Na área ácida, o ISC da maioria dos materiais apresentou pequena variação entre uma fase e outra. Mudaram de classe de reação o triticale BR1, que passou de R, na fase vegetativa, para MR, na fase reprodutiva, o trigo comum PG1 e o centeio Estefano Schneider, que passaram de R, na fase vegetativa, para AR, na fase reprodutiva, os trigos Saikai 165 e Cotrirosa 3-78, que passaram de MR para MS e o trigo T-BR 26, que passou de MS na fase vegetativa para MR na fase reprodutiva.

Já na área calcariada, verificou-se que a maioria dos genótipos apresentou ISC correspondente à reação AR ou R nas duas fases. No entanto, em 4 cultivares de trigo comum apareceu reação MR (Anahuac 75, Cotrirosa 3-78, Saikai 165 e Trigo BR 36-lanomani), na fase reprodutiva, enquanto que a cultivar de trigo durum Sord 3 apresentou reação de MR na fase vegetativa.

Esses resultados evidenciam que na área calcariada ainda persistia algum grau de acidez, conforme detectado pela análise do solo (Tabela 5). Entretanto a maioria das cultivares avaliadas foi incluída nas classes R ou AR. Apenas as cultivares de trigo Cotrirosa 3-78 e Trigo BR 36-Ianomami, na média dos dados, apresentaram ISC maior do que 1,50 e abaixo de 2,50 sendo incluídas na reação MR. A causa pode ser a limitação da intensidade e profundidade da correção, limitação essa que pode ter sido acentuada com a ocorrência de período de estiagem durante o mês de agosto referente ao período de alongamento da planta no transcurso dos ensaios. Sabe-se que a correção de acidez de solo é mais efetiva nos primeiros 10-15 centímetros, limitando o desenvolvimento e aprofundamento de raízes de cultivares mais sensíveis e submetendo as plantas a restrições na obtenção de água e nutrientes em períodos mais secos.

### **Rendimento de grãos**

Os rendimentos médios de grãos/ha nas duas condições de acidez mostraram variação entre os genótipos (Tabela 8). A redução em rendimento de grãos da área sem calcário em relação à área calcariada chegou a 98,6 %, sendo maior quanto maior o ISC. Os genótipos de centeio, classificados como AR, destacaram-se por manterem rendimentos de grãos semelhantes nas duas áreas. Já as outras espécies estudadas, mesmo as classificadas como AR, mostraram menor adaptação à condição do solo ácido, onde diminuíram a produção em cerca de 40%.

Se por um lado os resultados obtidos em solo ácido demonstram que nessa condição há perda elevada de rendimento de grãos em todos os cereais de inverno testados, exceto em centeio, mesmo que se trate de genótipos considerados altamente tolerantes, como PG 1, ou tolerantes, como IAC 5-Maringá, que reduziram o rendimento em 43 e 66%, respectivamente, por outro lado, os rendimentos de grãos obtidos na área calcariada indicaram que também pode ocorrer perda significativa de rendimento em genótipos que não sejam AR ou R ao crestamento. Exemplificando com o trigo, enquanto, na área calcariada, cultivares AR/R produziram acima de 2.451 kg de grãos/ha (IAC 5-Maringá, BRS 49 e PG 1), os cultivares MR/MS proporcionaram rendimentos abaixo de 1263 kg/ha (Cotrirosa 3-78, Trigo BR 26, Ocepar 16 e Saikai 165) e os genótipos S produziram menos de 628 kg/ha (Trigo BR 36 e Anahuac 75).

Esses dados ressaltam a importância da incorporação de maior grau de tolerância possível aos cereais de inverno através do melhoramento vegetal, como garantia de produtividade em áreas com algum grau de acidez, condição comum em grande parte das áreas cultivadas no Brasil, especialmente sob sistema plantio direto.

**Tabela 8.** Rendimento de grãos e relação percentual de rendimento de grãos em área ácida e calcariada, em Passo Fundo, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Genótipo	Reação ao crestamento	Rendimento (kg/ha)		
		Área ácida	Área calcariada	%
<b>Aveia preta</b>				
Aveia Preta Comum	AR	1709	3391	50,4
<b>Centeio</b>				
Centeio BR 1	AR	4793	5085	94,3
Centeio Estefano Schneider	AR	4920	4985	98,7
<b>Triticale</b>				
Triticale BR 1	R	907	1853	48,9
Triticale BR 4	AR	1793	3531	50,8
<b>Aveia branca</b>				
UPF 15	R	1671	2956	56,5
<b>Trigo comum</b>				
PG 1	AR	2337	4087	57,2
BRS 49	R	1248	2807	44,5
IAC 5-Maringá	R	1333	2451	54,4
Ocepar 16	MR	540	963	56,1
Trigo BR 26	MR	380	1227	31,0
Cotrirosa 3-78	MS	693	1263	54,8
Saikai 165	MS	241	699	34,5
Trigo BR 36	S	39	491	7,9
Anahuac 75	S	145	627	23,1
<b>Cevada</b>				
FM 404	MS	243	3669	6,6
MN 698	MS	179	2940	6,1
<b>Trigo sintético</b>				
IPF 71392	MS	12	337	3,6
<b>Trigo durum</b>				
Sord 3	AS	10	697	1,4
Tuknnes	AS	5	307	1,6
<b>Média</b>		1159,9	2218,3	52,3

### Peso de parte aérea das plantas

Os dados sobre peso da parte aérea das plantas são mostrados na Tabela 9. Houve grande variação entre os genótipos e entre as áreas calcariada e ácida. Os maiores pesos de planta na área calcariada foram obtidos nos materiais AR e R, com exceção da cevada FM 404, que, embora classificada como MS, apresentou o segundo maior valor absoluto de peso da parte aérea. Todos os genótipos apresentaram diminuição de peso, na área mais ácida, de cerca de três vezes, em média, em relação ao peso na área calcariada. O centeio BR1 foi o que menos diminuiu peso dentre os genótipos testados, mas ainda assim a redução foi de aproximadamente 40%. A aveia preta, (AR), produziu na área ácida apenas 26% da biomassa da parte aérea obtida na área calcariada. Os materiais sensíveis (MS, S e AS) reduziram esse parâmetro em 5 a 10 vezes (cevada FM 404 e MN 698, trigo sintético IPF 71372, trigo comum Anahuac 75 e Trigo BR 36 – lanomami e trigo durum Tuknnes).

**Tabela 9.** Peso da parte aérea e relação percentual de genótipos de cereais de inverno em área ácida e em área calcariada, aos 55 dias após o plantio, em Passo Fundo, RS, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Genótipo	Reação ao crestamento	Peso da parte aérea (mg/pl)		
		Área ácida	Área calcariada	%
<b>Aveia preta</b>				
Aveia Preta Comum	AR	158	607	26,0
<b>Centeio</b>				
Centeio BR 1	AR	449	766	58,6
Centeio E.Schneider	AR	199	542	36,7
<b>Triticale</b>				
Triticale BR 1	R	290	648	44,8
Triticale BR 4	AR	222	748	29,7
<b>Aveia branca</b>				
UPF 15	R	157	336	46,7
<b>Trigo</b>				
PG 1	AR	276	632	43,7
IAC 5-Maringá	R	252	565	44,6
Ocepar 16	R	114	273	41,8
BRS 49	MR	183	595	30,8
Cotrirosa 3-78	MR	95	303	31,4
Trigo BR 26-São Gotardo	MS	97	308	31,5
Saikai 165	MS	101	412	24,5
Trigo BR 36	S	101	476	21,2
Anahuac 75	S	67	463	14,5
<b>Cevada</b>				
FM 404	MS	77	734	10,5
MN 698	MS	56	412	13,6
<b>Trigo sintético</b>				
IPF 71392	MS	54	407	13,3
<b>Trigo durum</b>				
Sord 3	AS	112	328	34,2
Tuknnes	AS	49	332	14,8
Média		155,45	494,35	31,44

### Estatura de plantas

Os valores médios de estatura de plantas da parcela (Tabela 10) apresentaram variação entre os genótipos dentro de cada ensaio e entre a área ácida e a área calcariada. Os genótipos com menos variação para estatura foram os centeios e a aveia Preta Comum que correspondem aos tratamentos mais tolerantes ao crestamento enquanto que os mais afetados foram os genótipos de trigo durum, AS, que tiveram a estatura diminuída em torno de 50% na área ácida. As médias da estatura das plantas dentro de cada grupo de reação ao crestamento indicaram que genótipos S e MS diminuíram cerca de 30%, os genótipos MR, entre 12 a 30%, os R, entre 12 a 21 %, os AR, entre 0 e 12%, confirmando a característica de restrição ao desenvolvimento dos materiais proporcionalmente à sua suscetibilidade ao crestamento.

**Tabela 10.** Estatura de planta de genótipos de cereais de inverno, em área ácida e área com calcário, em Passo Fundo, RS, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Genótipo	Reação ao crestamento	Estatura de planta (cm)		
		Área ácida	Área calcariada	%
<b>Aveia preta</b>				
Aveia Preta Comum	AR	133	127	104,7
<b>Centeio</b>				
Centeio BR 1	AR	140	140	100,0
Centeio Estefano Schneider	AR	143	142	100,7
<b>Triticale</b>				
Triticale BR 1	R	68	77	88,3
Triticale BR 4	AR	91	103	88,3
<b>Aveia branca</b>				
UPF 15	R	85	100	85,0
<b>Trigo comum</b>				
PG 1	AR	93	103	90,3
IAC 5-Maringá	R	75	87	86,2
Trigo BR 26-São Gotardo	R	60	68	88,2
BRS 49	MR	67	85	78,8
Cotrirosa 3-78	MR	58	73	79,4
Saikai 165	MS	47	62	75,8
Ocepar 16	MS	53	75	70,7
Trigo BR 36- lanomami	S	43	65	66,2
Anahuac 75	S	47	65	72,3
<b>Cevada</b>				
FM 404	MS	63	100	63,0
MN 698	MS	55	83	66,3
<b>Trigo sintético</b>				
IPF 71392	MS	58	90	64,4
<b>Trigo durum</b>				
Sord 3	AS	40	75	53,3
Tuknnes	AS	32	70	45,7
<b>Média</b>		<b>72,7</b>	<b>89,5</b>	<b>81,2</b>

### População de plantas e número de espigas

A população de plantas e o número de espigas por planta também foram afetados pelo crestamento (Tabela 11), apresentando diferenças entre genótipos e entre áreas. As aveias não foram avaliadas para número de espigas. A média de redução de número de espigas na área ácida foi em torno de 40%. Os genótipos de trigo durum, de reação AS ao crestamento apresentaram a maior variação, pois praticamente não espigaram na área ácida e produziram 2,4 espigas por planta na área calcariada. Os genótipos S, de trigo, apresentaram taxa de 0,58 no solo ácido e 1,84 no solo calcariado. Os quatro genótipos conceituados como MR ou MS, de trigo, com média de 0,97 espigas por planta na área ácida, apresentaram aumento substancial passando para taxa de 2,43 na área calcariada. Por sua vez, os sete genótipos de cereais de inverno, exceto aveias, conceituados como AR ou R foram menos afetados, apresentando taxa média de 3,15 espigas por planta na área ácida, passando para 3,77 na área calcariada. No entanto, houve diferença entre as espécies desse grupo de reação. Os 2 centeios e os 2 triticales produziram o mesmo número de espigas em ambas as situações, enquanto que os 3 genótipos de trigo classificados como R e AR

apresentaram cerca de metade do número de espigas/planta na área ácida em relação à área calcariada, demonstrando a maior susceptibilidade do trigo ao crestamento. Em geral, menor produção de espigas significa menor afilhamento, mas nas cultivares mais sensíveis nem houve afilhamento e muitos colmos não chegaram a completar o desenvolvimento e emitir espigas, gerando uma taxa de espigas por planta inferior a 1. Como componente de produção, o número de espigas por planta correlacionou-se com os de rendimento de grãos.

**Tabela 11.** Número de plantas por linha após a semeadura (Estande inicial), número de espigas antes da colheita (Número de espigas), taxa de número de espigas por estande inicial e relação entre as taxas de número de espigas por estande inicial de genótipos de cereais de inverno entre as áreas sem e com calcário, em Passo Fundo, RS, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Genótipo	Estande inicial	Espigas número	Espigas/estande inicial n/pl	Área calcariada			Espigas/estande inicial %
				Estande inicial planta	Espigas número	Espigas/estande inicial n/pl	
<b>Aveia preta</b>							
A. Preta Comum	105,0			125,6			
<b>Centeio</b>							
Centeio BR 1	93,3	474	5,08	94,3	489	5,18	96,9
C. E. Schneider	51,6	317	6,14	101,3	522	5,15	119,3
<b>Triticale</b>							
Triticale BR 1	78,6	169	2,15	118,0	248	2,10	102,4
Triticale BR 4	88,6	177	2,00	104,6	256	2,45	81,6
<b>Aveia branca</b>							
UPF 15	80,3			91,6			
<b>Trigo comum</b>							
PG 1	56,6	179	3,16	59,0	318	5,39	58,6
IAC 5-Maringá	67,6	124	1,83	96,0	266	2,77	66,1
BRS 49	76,6	130	1,70	100,3	336	3,35	50,7
Ocepar 16	58,0	69	1,19	64,0	167	2,61	45,6
Cotrirosa 3-78	69,0	68	0,99	67,0	169	2,52	39,3
Anahuac 75	63,6	49	0,77	62,4	123	1,97	39,8
Trigo BR 26	77,0	71	0,92	77,6	197	2,33	39,1
Saikai 165	80,0	63	0,78	84,6	192	2,27	32,8
Trigo BR 36	72,3	29	0,40	94,4	162	1,72	23,2
<b>Cevada</b>							
FM 404	77,6	63	0,81	97,3	375	3,85	21,0
MN 698	108,3	62	0,57	115,6	307	2,66	21,4
<b>Trigo sintético</b>							
IPF 71392	92,6	40	0,43	100,0	144	1,44	29,9
<b>Trigo durum</b>							
Sord 3	23,3	1	0,04	56,0	133	2,37	0,02
Tuknnes	24,0	5	0,21	42,6	104	2,44	8,5

Nota: os genótipos de aveia (UPF 15 e Aveia Preta Comum) não foram avaliados para número de espigas.

### Peso de raízes

A acidez do solo inibiu o desenvolvimento de raízes, produzindo, em média, cerca de 45% a menos de biomassa, no período amostrado, o que pode ser devido em grande

parte ao menor crescimento de raízes (Tabela 12). A inibição do crescimento radicular é amplamente conhecido e base de muitos métodos laboratoriais para estudos de níveis de tolerância ao alumínio em plantas (Voss et al. 2006). As diversas espécies mostraram a mesma tendência de menor biomassa na área ácida em comparação com a obtida na área calcariada, mesmo nos casos em que as características da parte aérea dos genótipos levassem à classificação de AR ou R. Por exemplo, a Aveia Preta Comum e o centeio E. Schneider de reação AR, que na área ácida atingiram menos de 45% da biomassa radicular obtida na área calcariada. No caso desse genótipo de aveia houve correspondência com os dados de rendimento de grãos, que foi 50% menor na área ácida. O centeio BR 1, (AR), mostrou biomassa radicular semelhante às da cultivar de trigo IAC 5 (R) e do trigo sintético IPF 71392, (MS), respectivamente, mas, enquanto os genótipos de trigo, incluindo o trigo sintético, tiveram grande diminuição de rendimento de grãos na área ácida, o centeio manteve o rendimento de grãos em ambas as áreas. O mesmo aconteceu com o centeio E. Schneider. Os centeios mostram que devem ter outras diferenças fisiológicas que o tornam menos afetado pela acidez do solo do que as demais espécies estudadas, independentemente da diminuição da biomassa radicular.

**Tabela 12.** Peso das raízes de cereais de inverno, aos 55 dias após a semeadura, em área ácida e área calcariada, em Passo Fundo, RS, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Genótipo	Reação ao crestamento	Peso de raiz (mg/pl)		
		Área ácida	Área calcariada	%
<b>Aveia preta</b>				
Aveia Preta Comum	AR	20	50	40
<b>Centeio</b>				
Centeio BR 1	AR	35	48	72,9
Centeio E. Schneider	AR	18	41	43,9
<b>Triticale</b>				
Triticale BR 1	R	25	50	50,0
Triticale BR 4	AR	31	52	59,6
<b>Aveia branca</b>				
UPF 15	R	20	35	57,1
<b>Trigo</b>				
PG 1	AR	29	46	63,0
BRS 49	R	26	43	60,5
IAC 5-Maringá	R	35	44	79,5
Ocepar 16	MR	17	18	94,4
Trigo BR 26	MR	15	29	51,7
Cotrirosa 3-78	MS	12	20	60,0
Saikai 165	MS	18	34	52,9
Trigo 36-Ianomami	S	21	34	61,8
Anahuac 75	S	14	33	42,4
<b>Cevada</b>				
FM 404	MS	24	42	57,1
MN 698	MS	20	52	38,5
<b>Trigo sintético</b>				
IPF 71392	MS	18	36	50,0
<b>Trigo durum</b>				
Sord 3	AS	13	44	29,5
Tuknnes	AS	20	30	66,7
<b>Média</b>		21,55	39,05	55,2

A cultivar de trigo Ocepar 16 apresentou desenvolvimento radicular reduzido nas duas áreas, sendo que em ambas o rendimento ficou aquém de 1000 kg. Provavelmente

esse resultado ocorreu devido à menor adaptação às condições do ensaio, pois se trata de cultivar indicado para o Estado do Paraná. A biomassa radicular relativa entre as duas áreas não se correlacionou com a classificação de reação ao crestamento.

### Resultados comparativos entre Anahuac 75 e IAC 5-Maringá.

Outros dados das duas cultivares usadas como testemunha dos ensaios são apresentados na tabela 13. Alguns dados pertencentes a tabelas anteriores foram adicionados à tabela 13 para facilitar a comparação das duas cultivares. Observa-se que Anahuac 75 teve menores valores em todas as características consideradas, especialmente no comprimento da espiga, folha e raiz. Associando a esses dados os dados de altura de planta na colheita e número de espiguetas, a redução média foi de 45% nos valores comparando os obtidos na área ácida com os obtidos na área calcariada. Já na cultivar IAC 5-Maringá, essa redução foi de cerca de 8%, devido a reduções no comprimento da folha e na altura da planta mas não houve redução nos componentes de rendimento avaliados.

**Tabela 13.** Avaliações realizadas nas cultivares de trigo Anahuac 75 e IAC 5-Maringá em área ácida e área calcariada, em Passo Fundo, RS, em 1999. Embrapa Trigo, 2007.

Avaliações	Anahuac 75			IAC 5-Maringá			
	Área ácida	Área calcariada	%	Área ácida	Área calcariada	%	
Número de espiguetas por espiga	6,87	8,90	77	15,46	15,50	100	
Comprimento da espiga (cm)	4,3	4,3	17,0	25	8,1	8,4	96
Comprimento da folha (cm)	14,0	28,5	49	23,2	31,2	74	
Altura de plantas na colheita (cm)	46,7	65,0	72	75,0	86,7	86	
Comprimento da raiz (cm) (1)	6,53	11,80	55	13,83	13,60	102	
Índice de suscetibilidade ao crestamento – FV (2)	4,17	1,17		0,83	0,67		
Índice de suscetibilidade ao crestamento – FR (3)	3,67	1,67		1,17	0,83		
Rendimento de grãos (kg/ha)	145	627	23	1.333	2.451	54	
Nº de espigas/m linear	16,4	41,1	40	41,2	88,6	46	
Estande inicial/m linear	21,2	20,8	102	22,5	32	70	
Nº espigas/ planta	0,77	1,97	39	1,83	2,77	66	

1 – FV: Fase vegetativa (aos 55 dias após semeadura)

2 – FV: Fase vegetativa (aos 54 dias após semeadura)

3 – FR: Fase reprodutiva (aos 122 dias após semeadura)

### Considerações finais

As considerações abaixo resultam de observações conjuntas dos diversos parâmetros analisados nos ensaios de crestamento em 20 cereais de inverno:

As condições dos ensaios permitiram categorizar os genótipos de cereais de inverno testados quanto à reação ao crestamento. O centeio e a aveia preta reagiram como as espécies mais resistentes (AR), seguidos pelo triticale (AR/R) e pela aveia branca (R). As cevadas e o trigo sintético se mostraram como medianamente suscetíveis (MS)

enquanto os trigos durum foram os mais sensíveis ao crestamento (AS). O trigo, cuja média de reação ao crestamento o posicionou entre aveia branca e cevada, apresentou diversos graus de resistência, conforme o genótipo, indo de altamente resistentes, como o triticales (AR/R), a menos resistentes que a cevada e o trigo sintético, apresentando genótipos sensíveis ao crestamento (S).

Houve correspondência entre os dados fenotípicos obtidos e a classificação de reação ao crestamento, exceto para a biomassa radicular.

Os valores de rendimento de grãos dos cereais de inverno testados foram afetados pela acidez do solo, com exceção do centeio.

O número de espigas por planta, o estande inicial e a estatura das plantas foram afetados pela acidez do solo nos genótipos de reação R, MR, MS, S e AS ao crestamento. Nos genótipos de reação AR, somente a biomassa da parte aérea e das raízes foi afetada.

Dos parâmetros analisados apenas nos genótipos Anahuac 75 (testemunha sensível ao crestamento) e em IAC 5-Maringá (testemunha resistente ao crestamento), foram afetados negativamente pela acidez do solo: o número de espiguetas, o comprimento da espiga e o maior comprimento da raiz na cultivar de reação S. O comprimento da folha foi menor tanto na cultivar de reação S como na cultivar de reação R ao crestamento.

### Agradecimentos

Especial agradecimento ao laboratorista Volmar de Paula Silva pelo grande auxílio na obtenção dos dados.

### Referências bibliográficas

ANIOL, A.; GUSTAFSON, J. P. Chromosome location of genes controlling aluminum tolerance in wheat, rye and triticales. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa, v. 26, p. 701-795, 1984.

ARAÚJO, J. E. G. O alumínio trocável, possível causa do crestamento do trigo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 1953, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1956. p. 329-337.

ÁRIAS, G.; SOUSA, C. N. A. de. Reação de genótipos de cevada ao alumínio tóxico a campo, resultados preliminares em 1998. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 19., 1999, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 74-84.

BAIER, A. C.; SOUSA, C. N. A. de; WIETHÖLTER, S. Tolerância do triticales aos solos ácidos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRITICALES, 6., 1998, Chapecó. **Anais...** Chapecó: EPAGRI-CPPP, 1998. p. 57-59.

BECKMAN, I. Sobre o cultivo e melhoramento do trigo (*Triticum vulgare*, Vill) no sul do Brasil. **Agronomia Sulriogradense**, Porto Alegre, v. 1, p. 64-72, 1954.

CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C. Tolerância de cultivares de trigo, triticales e centeio em diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 1, p. 9-16, 1984.

- CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P. Triticale: tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 2, p. 323-330, 1991.
- CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; FREITAS, J. G. de; FERREIRA FILHO, A. W. P. Trigo duro: tolerância à toxicidade de alumínio, manganês e ferro em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 371-383, 1995.
- FLOSS, E. L. **Avaliação da toxicidade do alumínio em genótipos de aveia**. 1992. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 269 p.
- FOY, C. D.; ARMIGER, W. H.; BRIGGLE, L. W.; REID, D. A. Differential aluminum tolerance of wheat and barley varieties in acid soils. **Agronomy Journal**, Madison, v. 57, p. 413-417, 1965.
- FOY, C. D.; SILVA, A. R. da. Tolerances of wheat germplasm to acid subsoil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 14, p. 1277-1295, 1991.
- HUGHES, J. L. Screening of triticale, wheat and rye germoplasm for aluminum tolerance in soil and nutrient solution. In: INTERNATIONAL WHEAT GENETICS SYMPOSIUM, 5., 1978, New Delhi. **Proceedings...** New Delhi: Indian Society of Genetics & Plant Breeding, 1979. v. 2, p. 1241-1253.
- KOCHIAN, L. V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v. 46, p. 237-260, 1995.
- MESDAG, J.; SLOOTMAKER, A. J. Classifying wheat varieties for tolerance to high soil acidity. **Euphytica**, Wageningen, v. 18, p. 36-42, 1969.
- MINELLA, E.; SORRELS, M. E. Aluminum tolerance in barley: genetic relationships among genotypes of diverse origin. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 593-598, 1992.
- MUGWIRA, L. M.; ELGAWHARY, S. M.; PATEL, K. I. Differential tolerances of triticale, rye and barley to aluminum in nutrient solution. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 782-783, 1976.
- MUGWIRA, L. M.; ELGAWHARY, S. M.; PATEL, S. U. Aluminum tolerance in triticale, wheat and rye as measured by root growth characteristics and aluminum concentrations. **Plant and Soil**, The Hague, v. 50, p. 681-690, 1978.
- PAIVA, O. Notas sobre fisiologia e seleção de trigo. **Revista Agrônômica**, Porto Alegre, v. 6, p. 535-536, 1942.
- ROUT, G. R.; SAMANTARAY, S.; DAS, P. Aluminum toxicity in plants: a review. **Agronomie**, Paris, v. 21, p. 3-21, 2001.
- SANCHES-CHACON, C. D.; FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S. C. K.; PACHECO M. T. Variabilidade genética e herança à toxicidade do alumínio em aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1797-1808, 2000.
- SCOTT, B. Plants and varieties for acid soils. Disponível em: <<http://www.regional.org.au/au/roc/1981/roc198161.htm>>.
- SOUSA, C. N. A. de. Classification of Brazilian wheat cultivars for aluminium toxicity in acid soils. **Plant Breeding**, Berlin, v. 117, p. 217-221, 1998.
- SOUSA, C. N. A. de. Reação de cultivares de trigo do Cerrado à acidez do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados**: anais. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 346-349.

SOUSA, C. N. A. de. **Reação de cultivares de trigo em recomendação na região tritícola centro-sul brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 50). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/c\\_co50.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/c_co50.htm)>.

SOUSA, C. N. A. de; MOREIRA, J. C. S.; DEL DUCCA, J. A.; SCHEEREN, P. L. Reação de cultivares estrangeiras de trigo ao crestamento em condições de campo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo apresentados na XIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1984, p. 212-214. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).

VOSS, M.; SOUSA, C. N. A. de; BAIER, A. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, A.; BOFF, T. **Método de avaliação de tolerância à toxidez de alumínio em trigo, em condições de hidroponia, na Embrapa Trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 16 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 67). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do67.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do67.htm)>.



Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento



Comitê de Publicações da Unidade Presidente: **Leandro Vargas**

Ana Lídia V. Bonato, José A. Portella, Leila M. Costamilan, Márcia S. Chaves, Maria Imaculada P. M. Lima, Paulo Roberto V. da S. Pereira, Rita Maria A. de Moraes

Expediente Referências bibliográficas: Maria Regina Martins

Edição eletrônica: Márcia Barrocas Moreira Pimentel

VOSS, M.; SOUSA, C. N. A. de; MATTOS, D. F. **Avaliação de genótipos de trigo e de outros cereais de inverno ao crestamento, em solo com e sem aplicação de calcário**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 22 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 76). Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do76.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do76.htm)