

Comunicado 358

Técnico

ISSN 1517-4964

Maio, 2016

Passo Fundo, RS

online

Foto: Edson Roberto Costenaro



Maximização da produção de soja: espaçamento reduzido

Osmar Rodrigues¹
Mauro César Celaro Teixeira²
Edson Roberto Costenaro³

Introdução

Cultivares de soja criadas e desenvolvidas pela Embrapa Trigo para o sistema de produção do Rio Grande do Sul, RS, destinam-se preferencialmente para época de semeadura em novembro (RODRIGUES et al., 2011). Nessa época tida como preferencial para o estado, a cultivar encontrará fotoperíodo/temperatura (RODRIGUES et al., 2006)

adequados e pelo seu arranjo no espaço (densidade de sementes x espaçamento entre linhas), terá um bom e rápido desenvolvimento foliar (índice de área foliar - IAF) que permitirá otimizar a interceptação de 95% radiação incidente (BOARD; HARVILLE, 1992) e estabelecer um elevado número de nós, em cujas axilas se diferenciam as estruturas reprodutivas estabelecendo uma condição de maior produtividade.

¹ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

² Engenheiro-agrônomo, Dr. em Fisiologia, ex-empregado da Embrapa Trigo, Johnston, Iowa, USA.

³ Químico Industrial, Dr. em Química, Analista da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Quando a interceptação de luz pelo dossel é máxima, o IAF para tal é considerado como "IAF crítico". Na cultura de soja, este valor pertence ao intervalo de 3,5 - 4,0, quando a cultura se encontra no estágio R1 (BOARD; HARVILLE, 1992). O tempo que a soja tem para atingir esse IAF crítico depende dos fatores de ambiente, principalmente fotoperíodo e temperatura. Há indicativos, dependendo da temperatura e de outras condições de crescimento, da necessidade mínima de 42 a 58 dias para que uma cultivar com hábito de crescimento determinado produza, no estágio R1 uma biomassa suficiente que proporcione um rendimento de grãos aceitável. Durações de fotoperíodos curtos provocam indução precoce à floração, limitando o número de nós, área foliar máxima, estabelecimento dos grãos e o acúmulo de matéria seca nas sementes (BOARD; SETTIMI, 1986; CAFFARO et al., 1988; HANSON, 1985).

Um melhor aproveitamento do IAF como ferramenta de potencialização do rendimento de grãos, pode ser obtido através do manejo de genótipos de diferentes grupos de maturação. Por outro lado, dentro de cada genótipo, o melhor IAF poderia ser obtido pelo manejo do espaçamento e da população (densidade de plantas). Várias estratégias têm sido usadas para aumentar o IAF, entre elas, a redução do espaçamento entre fileiras. Neste tipo de arranjo, o aumento da produção de grãos tem sido atribuído à maior interceptação de luz (SHIBLES; WEBER, 1966; TAYLOR et al., 1982), decorrente do aumento do IAF e/ou do aumento da interceptação da radiação por unidade de área (Eficiência do Uso da Radiação (EUR) devido a um arranjo espacial mais adequado das plantas (plantas equidistantes no espaço). Ainda, sob espaçamentos reduzidos, há um acúmulo de área foliar mais rápido do que sob espaçamentos mais amplos, e o IAF parece ser o fator principal para interceptação de luz (BOARD; HARVILLE, 1992). Nessa situação há um aumento na taxa de crescimento da cultura, no acúmulo de massa seca e na produção de grãos (ANDRADE et al., 2002; BULLOCK et al., 1998).

Por outro lado, estresses bióticos e abióticos têm sido apontados como fator de redução do benefício obtido na produção de soja em espaçamento reduzido. Assim, pode-se destacar o estresse hídrico (HEITHOLT et al., 2005), estresse de nitrogênio (COOPER; JEFFERS, 1984), estresse de doenças (GRAU et al., 1994), de plantas daninhas

(KNEZEVIC et al., 2003) e de nematóide cisto (PEDERSEN; LAUER, 2003).

A redução da densidade de sementes poderia ser usada em sistema de espaçamento reduzido para maximizar a utilização do espaço (WEBER et al., 1966) e obtenção de benefício econômico (BRUIN; PEDERSEN, 2008). Tal procedimento poderia gerar menos estresse no dossel das plantas, aumentando o benefício do espaçamento reduzido na produtividade de grãos. Contudo, as indicações técnicas para a cultura da soja no RS e SC (REUNIÃO..., 2014) que orientam os sojicultores, indicam de maneira geral a população de aproximadamente 300.000 plantas por hectare ou 30 plantas/m², independentemente do grupo de maturação das cultivares e do espaçamento utilizado. Assim, considerando que o espaçamento reduzido se aproxima mais da condição ideal de equidistância das plantas, reduzindo a competição inter e intrafleiras, a hipótese é que o espaçamento reduzido (25 cm) pode se constituir em uma ferramenta útil para maximizar a produção de soja, uma vez que vários estudos têm sido apontados (TOURINHO et al., 2002), caracterizando o melhor desempenho produtivo da soja quando as plantas possuem a mesma distância entre e dentro das linhas.

O objetivo do trabalho foi o de determinar a resposta da produção de soja de diferentes grupos de maturação, submetida a espaçamento reduzido (25 cm) com redução da densidade de sementes na época de novembro, que é preferencial para o RS.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, localizada na rodovia BR 285, no mês novembro de 2011. O solo da unidade experimental é classificado como latossolo vermelho distrófico típico. Foram avaliados 3 genótipos de soja transgênica (BRS 243 RR - GM 6.7; BRS Estância RR - GM 6.1 e BMX Energia RR - GM 5.3), submetidos a dois espaçamentos entre fileiras (0,25 m e 0,50 m) e duas densidades de semeadura (20 pl/m² e 30 pl/m²). O experimento foi estabelecido em sistema de semeadura direta realizada sobre resteva de aveia preta. As

sementes foram tratadas com fungicida/inseticida e inoculadas com estirpes específicas, antes da semeadura. Para a manutenção dos nutrientes do solo foram aplicados 300 kg/ha de adubo químico na fórmula 0-25-25 antes da semeadura, conforme indicações técnicas para a cultura da soja.

Ao longo do ciclo da cultura, foram realizadas irrigações para evitar a interferência negativa do déficit hídrico. O experimento recebeu uma suplementação total de 120 mm, divididos em 10 irrigações ao longo do ciclo da cultura. O controle de doenças, pragas e plantas daninhas foram realizados conforme as indicações técnicas para a cultura da soja.

Após a emergência das plântulas, foram realizadas leituras semanais da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura, em dias claros e ensolarados e próximo ao meio-dia, até o estágio em que aproximadamente 95% da radiação incidente fosse interceptada pela cultura, utilizando um ceptômetro linear Accupar da Decagon Devices.

Foram avaliadas as datas de ocorrência dos estádios fenológicos R1 (início da floração), R2 (floração plena), R5 (início do enchimento de grãos) e R8 (maturação plena). No estágio R2 e R8, a partir de uma amostra de 0,2 m², coletada em cada parcela experimental, foram determinados o peso seco de biomassa, particionada em colmos, hastes, folhas secas, folhas verdes e vagens. O rendimento de grãos e seus componentes (peso de mil grãos; vagens/m²; grãos/vagens; Índice de Colheita e grãos/m²), foram determinados em uma área de 4 m², colhida em cada parcela experimental.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas em três repetições. As parcelas principais foram constituídas pelos genótipos, as subparcelas pelos espaçamentos e as sub-subparcelas pelas densidades. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F, sendo a diferença entre as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Rendimento de grãos e componentes

Análise do rendimento de grãos entre as cultivares estudadas, demonstrou o desempenho superior da cultivar BMX Energia RR em relação as demais cultivares (Tabela 1). Tal desempenho deve-se ao fato dessa época (novembro) apresentar as melhores condições de crescimento para a soja, o que pode ter favorecido a cultivar de GM mais baixo (GM 5.3) a produção de uma biomassa adequada para melhor interceptação e/ou eficiência de conversão da radiação. Com relação aos componentes do rendimento responsáveis pela produtividade superior dessa cultivar, destaca-se o seu alto número de vagens e grãos/m² que também foram semelhantes a cultivar BRS 243 RR (Tabela 1). Em comparação a cultivar BRS Estância RR, ambas cultivares apresentaram elevado pesos de sementes.

Tabela 1. Médias de rendimento de grãos e componentes do rendimento das cultivares de soja, semeadas em 09/11/2011. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Cultivar	Rendimento de grãos ¹ (kg/ha)	Índice de colheita (%)	Peso de mil grãos (g)	Biomassa (kg/ha)	Vagem/m ²	Grão/vagem	Grão/m ²
BMX Energia RR (GM 5.3)	4.432 A	31,1 A	172 B	12.534 A	949 A	2,3 A	2.239 A
BRS 243 RR (GM 6.7)	3.279 B	29,5 A	121 C	9.682 A	1.096 A	2,2 A	2.371 A
BRS Estância RR (GM 6.1)	3.094 B	24,1 B	182 A	11.227 A	685 B	2,2 A	1.477 B
CV ² (%)	15,0	11,7	3,1	22,1	12,3	6,2	10,9

¹ Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

² CV = Coeficiente de variação.

A cultivar BRS Estância RR apresentou rendimento de grãos semelhante a BRS 243 RR, provavelmente decorrente do seu elevado peso de sementes, uma vez que o número de legumes e grãos por metro quadrado foi significativamente inferior a cultivar BRS 243 RR (Tabela 1). Observa-se também o baixo Índice de Colheita (IC) da cultivar BRS Estância RR em relação às demais cultivares, o que pode ser atribuído a baixa produtividade de grãos decorrente do reduzido número de grãos/m², uma vez que o peso de grãos foi o mais elevado e a produção de biomassa não foi significativamente diferente entre as cultivares.

Com relação ao efeito da densidade e do espaçamento no rendimento de grãos, observou-se ausência de interações entre os tratamentos com comportamento semelhante entre as cultivares estudadas (Tabela 2). De forma geral, a densidade de 20 plantas/m² obteve o mesmo desempenho do que a utilização de 50% mais plantas. Destaca-se ainda a maior produção de biomassa e número de grãos/m² apresentado pelo espaçamento de 25 cm em comparação ao espaçamento de 50 cm. Os demais componentes de rendimento não foram afetados pelos espaçamentos utilizados (Tabela 2).

A maior produção de biomassa e grãos/m² no espaçamento de 25 cm, pode ser atribuída a maior radiação interceptada (RI) nesse espaçamento, decorrente da melhor distribuição de plantas no espaço (Figura 1). Observa-se ainda que a radiação interceptada pelas cultivares, apresentaram efeito maior do espaçamento utilizado do que da densidade de plantas. Ou seja, a estratégia de aumentar

o número de destinos reprodutivos (grãos/m²) foi obtida pela redução do espaçamento e não pelo aumento da densidade.

Considerando que o rendimento de grãos, apresentado entre os tratamentos de densidade de sementeira (Tabela 2), a utilização de 20 plantas/m² implicaria em redução no custo de produção, sem o risco de redução significativa no rendimento de grãos. Assim, sementeiras na época de maior crescimento com redução da população de soja para 20 plantas/m², traria vantagem econômica significativa para a cultura na região. Por outro lado, o espaçamento reduzido (25 cm), aumentou significativamente a produtividade comparativamente ao espaçamento 50 cm, independente da cultivar utilizada (Tabela 2).

Considerando a interceptação de radiação (Figura 1), os dados confirmam que o espaçamento de 25 cm foi mais efetivo do que a densidade de plantas utilizada, independente da cultivar. Observou-se ainda, que no início da floração (R1), quando a cultura deveria interceptar 95% da RI para obter a condição de máxima conversão da radiação em biomassa, as cultivares BRS 243 RR e BRS Estância RR adquirem essa condição independente do espaçamento e da densidade de sementes utilizada (Figura 1). Contudo, até o estágio R1 foi evidenciado a superioridade do espaçamento reduzido na eficiência de RI, o que pode ter se refletido no desempenho produtivo da cultivar precoce (GM 5.3). Para as cultivares mais tardias (GM 6.1 e 6.7) houve um grau de crescimento maior, provocado pelo espaçamento

Tabela 2. Efeito da densidade e do espaçamento no rendimento de grãos e componentes do rendimento na média de três cultivares de soja, semeadas em 09/11/2011. Embrapa Trigo. Passo Fundo, RS.

Tratamento	Densidade (pl/m ²)	Rendimento de grãos ¹ (kg/ha)	Índice de colheita (%)	Peso de mil grãos (g)	Biomassa (kg/ha)	Vagem/m ²	Grãos/m ²	Grãos/vagem
Densidade	20	3.586 A	27,6 A	159 A	11.348 A	886 A	2.001 A	2,2 A
	30	3.617 A	28,9 A	158 A	10.948 A	934 A	2.057 A	2,2 A
Espaçamento (cm)	25	3.743 A	28,2 A	159 A	11.661 A	937 A	2.109 A	2,2 A
	50	3.460 B	28,3 A	158 A	10.634 B	883 A	1.949 B	2,2 A

¹ Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

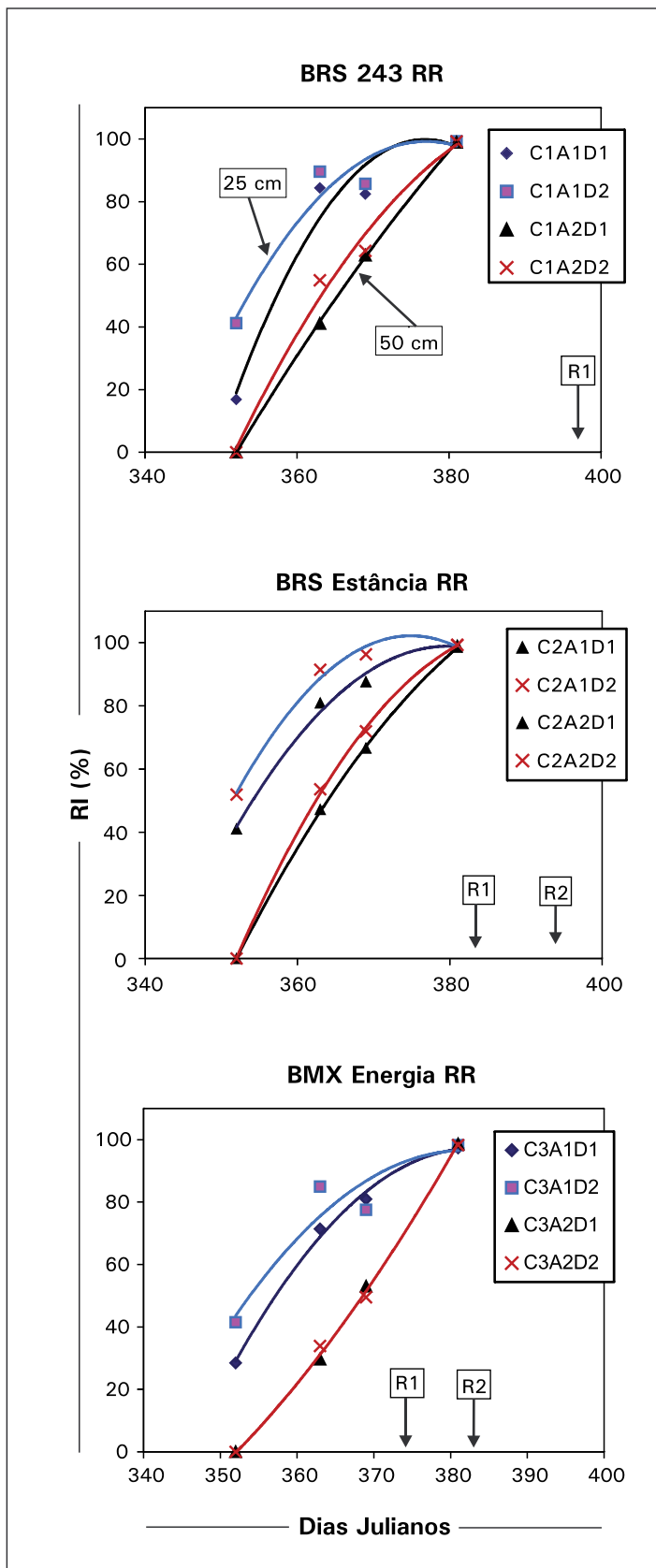


Figura 1. Radiação Interceptada (RI) durante o ciclo de desenvolvimento da soja. As curvas representam modelos quadráticos de correlação. Cultivar: C1: BRS 243 RR (GM 6.7); C2: BRS Estância RR (GM 6.1); C3: BRS Energia RR (GM 5.3); Espaçamento: A1: 0,25 m; A2: 0,50 m; Densidade: D1: 20 plantas/m²; D2: 30 plantas/m².

reduzido e IAF que ultrapassou os níveis críticos, causando auto sombreamento com prejuízo a produtividade (Figura 1). Com relação a cultivar precoce (BMX Energia RR), de hábito crescimento indeterminado, no estágio R1 a superioridade do espaçamento reduzido na RI foi marcante (Figura 1), atingindo cerca de 90% em comparação a cerca de 70% da RI no espaçamento 50 cm. Tal estratégia de crescimento vegetativo juntamente com crescimento reprodutivo (hábito indeterminado), apresentado pela cultivar BMX Energia RR, parece ser adequado na antecipação “no tempo” das condições ideais de ambiente (fotoperíodo e temperatura) para crescimento reprodutivo. Cabe destacar que para cultivares de baixo GM, a utilização de espaçamento e densidade reduzidas, pode representar condição de segurança, pelo menor risco de exposição às adversidades climáticas e pela possível redução de custos de produção.

Conclusões

Os dados indicam que a redução da densidade de sementes (20 plantas/m²) abaixo da densidade em recomendação (30 plantas/m²), são suficientes para suportar a produção de soja em espaçamento reduzido (25 cm), independentemente da cultivar utilizada.

O uso de cultivares precoces, à exemplo da cultivar BMX Energia RR (GM 5.3), pode conferir melhora no desempenho produtivo, independente do espaçamento e da densidade de planta utilizada. Nesse estudo, a cultivar do GM 5.3 destacou-se pelo elevado número de grãos/m² e peso de grãos, comparativamente às cultivares do GM 6.1 (BRS Estância RR) e 6.7 (BRS 243 RR), respectivamente.

Referências

- ANDRADE, F. H.; CALVINO, P.; CIRILO, A.; BARBIERI, P. Yield responses to narrow rows depend on increase radiation interception. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 5, p. 975-980, 2002.
- BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanation for greater light interception in narrow-vs. Wide-row soybean. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.
- BOARD, J. E.; SETTIMI, J. R. Photoperiod effect before and after flowering on branch development in determinate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 6, p. 995-1002, 1986.
- BULLOCK, D.; KHAN, S.; RAYBURN, A. Soybean yield response to narrow rows is largely due to enhanced early growth. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 4, p. 1011-1016, 1998.
- BRUIN, J. L.; PEDERSEN, P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 3, p. 704-710, 2008.
- CAFFARO, S. V.; MARTIGNONE, R. A.; TORRES, R.; NAKAYAMA, F. Photoperiod regulation of vegetative growth and meristem behavior toward flower initiation of an indeterminate soybean. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 149, n. 3, p. 311-316, 1988.
- COOPER, R. L.; JEFFERS, D. L. Use of nitrogen stress to demonstrate the effect of yield limiting factors on the yield response of soybean to narrow row systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 2, p. 257-259, 1984.
- GRAU, C. R.; OPLINGER, E. S.; ADEE, E. A.; HINKENS, E. A.; MARTINKA, M. Planting date na row width effect on severity of brown stem rot and soybean productivity. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 3, n. 3, p. 347-351, 1994.
- HANSON, W. D. Association of seed yield with partitioned lengths of the reproductive period in soybean genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 3, p. 525-529, 1985.
- HEITHOLT, J. J.; FARR, J. B.; EASON, R. Planting configuration x cultivar effects on soybean production in low – yield environments. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 5, p. 1800-1808, 2005.
- KNEZEVIC, S. Z.; EVANS, S. P.; MAINZ, M. Row spacing influences the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max.*). **Weed Technology**, Champaign, v. 17, n. 3, p. 666-673, 2003.
- PEDERSEN, P.; LAUER, J. G. Corn and soybean response to rotation sequence, row spacing and tillage systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 1, p. 965-971, 2003.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 40., 2014, Pelotas. **Indicações técnicas para a cultura da soja do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, safras 2013/2014 e 2014/2015**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 124 p.
- RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; BERTAGNOLLI, P. F.; COSTENARO, E. R.; PIASECKI, C. **Avaliação das cultivares BRS Estância RR, BRS Tordilha RR e duas linhagens de soja em Sistema Tardio de Semeadura (STS)**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. 15 p. html. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 307). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co307.htm>.
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; TEIXEIRA, M. C. C.; GUARESCHI, R. **Efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração e na taxa de crescimento de grãos de soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 28 p. html. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 35). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp35.htm>.
- SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Interception of solar of solar radiation and dry matter production by various soybean-planting patterns. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 55-59, 1966.
- TAYLOR, H. M.; MASON, W. K.; BENNIE, A. T. P.; ROWSE, H. R. Response of soybean to two rows spacing and two soil water levels. I. An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 1-4, 1982.

TOURINHO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADORI, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

WEBER, C. R.; SHIBLES, R. M.; BYTH, D. E. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 99-102, 1966.

Comunicado Técnico, 358



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na: **Comitê de Embrapa Trigo**

Endereço: Rodovia BR 285, km 294
Caixa Postal, 3081
99050-970 Passo Fundo, RS
Fone: 54 3316-5800
Fax: 54 3316-5802
<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

1ª Edição

Versão on-line (2016)

Comitê de Publicações

Comitê de Publicações da Unidade
Presidente: Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi
Vice-presidente: Leila Maria Costamilan

Membros:
Anderson Santi, Genei Antonio Dalmago,
Paulo Roberto Valle da Silva Pereira,
Sandra Maria Mansur Scagliusi,
Tammy Aparecida Manabe Kiihl,
Vladirene Macedo Vieira

Expediente

Editoração Eletrônica: Fátima Maria De Marchi
Normalização bibliográfica: Maria Regina Martins