

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/331175258>

Tráfego controlado de máquinas agrícolas: a experiência inglesa e perspectivas de adoção no Sul do Brasil 1

Article · February 2014

CITATIONS

2

READS

657

4 authors, including:



Vitor Girardello

Federal University of Technology - Paraná/Brazil (UTFPR)

3 PUBLICATIONS 33 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Paula Misiewicz

Harper Adams University

30 PUBLICATIONS 148 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Telmo Jorge Carneiro Amado

Universidade Federal de Santa Maria

261 PUBLICATIONS 3,704 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Soil electrical conductivity as a tool for delimitation of management zones in precision agriculture [View project](#)



Soil Carbon [View project](#)

Tráfego controlado de máquinas agrícolas: a experiência inglesa e perspectivas de adoção no Sul do Brasil¹

Vitor C. Girardello², Telmo J.C. Amado³, Paula Misiewicz⁴, Emily K. Smith⁵

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor no Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

²Doutorando em Engenharia Agrícola, UFSM, Bolsista CAPES.
E-mail: vitorgirardello@gmail.com

³Professor Titular no Departamento de Solos da UFSM, Bolsista CNPq.

⁴Professora do Departamento de Engenharia, Harper Adams University, Shropshire, Inglaterra.

⁵Doutoranda da Harper Adams University, Shropshire, Inglaterra.

O processo de modernização da agricultura vem ocorrendo com muita rapidez, gerando constantemente novos métodos e técnicas de manejo agrícola. Na vanguarda destes avanços tecnológicos, a indústria de máquinas agrícolas vem apresentando novos e sofisticados produtos, buscando atender a necessidade do aumento da produtividade das culturas, ao mesmo tempo que proporcionem aumento da eficiência do uso de insumos e dos recursos naturais. Atualmente, as máquinas agrícolas vêm equipadas com avançada tecnologia embarcada, que proporciona maior desempenho operacional, maior conforto para operadores, maior controle da operação, adaptada a longas jornadas e com rastreadibilidade das atividades. Todavia estes itens, geralmente, também são acompanhados pelo aumento do tamanho e peso das máquinas agrícolas (Tullberg et al., 2007; Trein et al., 2009).

O aumento de tamanho e de peso dos tratores é necessário para que se mantenha a relação entre o peso/potência adequado para suprir a necessidade de tração de equipamentos cada vez maiores, como semeadoras, graneleiros e distribuidores. Porém, quando o tráfego destas máquinas é realizado em solos com condições de umidade acima da ide-

al, a consequência é a compactação do solo, que ocasiona a redução na infiltração e da produtividade das culturas. De fato, a compactação do solo é um dos principais desafios da agricultura contemporânea mundial. Em áreas aonde não existe revolvimento do solo, como no plantio direto, sua ocorrência passa despercebida, sendo o decréscimo de produtividade geralmente atribuído a outros fatores.

A compactação influencia negativamente a qualidade do solo de diferentes formas, sendo que a mais reconhecida é a alteração das características físicas do solo (Figura 2). Assim, o solo quando submetido a carga elevada sofre um rearranjo das suas partículas na forma de lâminas, criando um ambiente menos propício às trocas gasosas, fluxo de água, atividade biológica, além do aumento da resistência à penetração radicular, gerando assim menor absorção de nutrientes pelas plantas e, por consequência, a redução na produtividade das culturas, especialmente em anos com ocorrência de déficit hídrico severo (Girardello et al., 2011).

Entre as alternativas para aliviar a compactação do solo destaca-se o uso da escarificação mecânica e o uso de culturas de cobertura com agressivo sistema radicular (escarifi-

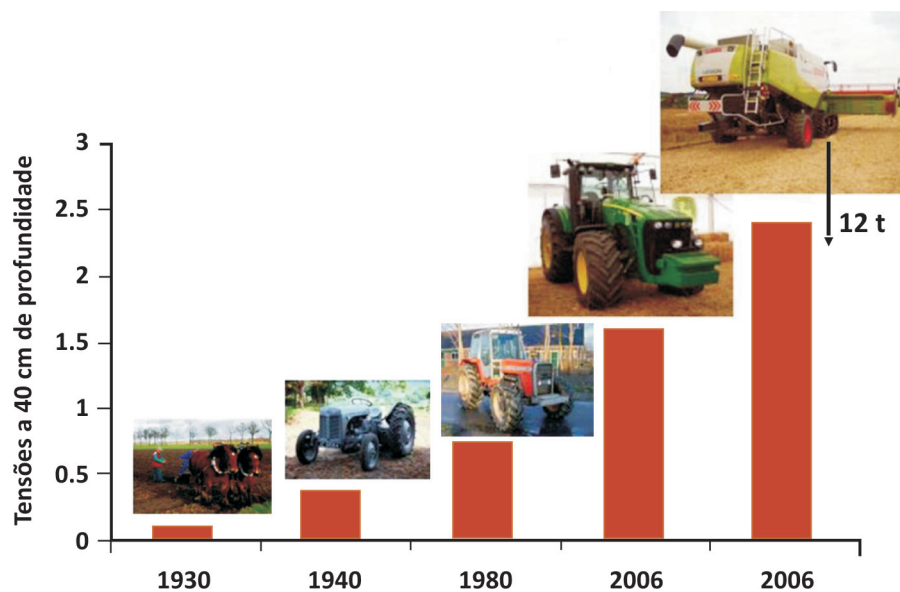


Figura 1. Evolução do tamanho e do peso de máquinas agrícolas desde o ano de 1930 até os dias atuais. Fonte: Trein, Apsul (2012).

cação biológica). Embora, ressalta-se que a prevenção, neste caso, é sempre preferível a remediação. A escarificação mecânica deve ser utilizada, preferencialmente, em casos severos de compactação e mesmo assim de forma esporádica, uma vez que a sua operação tem elevado consumo de tempo e de combustível, elevada demanda de potência e de mão de obra. Além disso, seus resultados na melhoria dos atributos físicos do solo são de curta duração, notadamente em solos argilosos, e em muitos casos não se refletem no aumento da produtividade das culturas. A escarificação biológica pode ser utilizada em caso menos severos, através da inclusão de plantas de cobertura no programa de rotação de culturas. Estas plantas por possuírem sistema radicular agressivo, conseguem romper a camada compactada do solo, porém sua utilização demanda tempo, disponibilidade de sementes e um planejamento cuidadoso da rotação de culturas.

Neste contexto, prevenir a ocorrência generalizada da compactação ou confiná-la a locais específicos (zonas de tráfego) é uma estratégia que vem sendo avaliada em diver-

sos países do mundo, se destacando pela adoção do tráfego controlado a Austrália (Gassen, 2011), Canadá, Estados Unidos, Inglaterra e Nova Zelândia. Atualmente, a área com adoção do tráfego controlado mundialmente alcança mais de 2 milhões de ha, especialmente, em regiões onde a precipitação pluviométrica é restrita e existe a necessidade de elevada armazenagem de água no solo (Tulberg et al., 2007).

O sistema de tráfego controlado vem sendo investigado desde 1960, porém foi com advento das novas ferramentas da agricultura de precisão que a tecnologia ganhou um novo impulso. Este sistema visa a organização do sistema de tráfego de máquinas dentro da lavoura, tendo como pressuposto o confinamento de tráfego de máquinas e equipamentos em linhas pré-definidas que recebem o nome de "Tramlines", restringindo, desta forma, a compactação a locais específicos (Chamen et al., 1992; Tulberg et al., 2001; Gassen, 2011). Com isto, a área livre de tráfego de máquinas agrícolas é aumentado possibilitando a reestruturação do solo e o aprofundamen-

to do sistema radicular das culturas (Alba et al., 2011).

As modernas ferramentas da agricultura de precisão tais como sistema de piloto automático, SIG e localização geográfica com elevada acurácia (DGPS e RTK) possibilitam seguir com acurácia e precisão o planejamento prévio das linhas de semeadura (Bochtis & Vougioukas, 2008; Alba et al., 2011). Para que seja implantado corretamente o sistema de tráfego controlado demanda planejamento na utilização de máquinas, requerendo o ajuste da bitola de pneus, fazendo com que todas as máquinas tenham a bitola coincidente. Existem várias possibilidades para proceder este ajuste, sendo necessário um estudo prévio para identificar a melhor alternativa para o produtor interessado na implantação deste sistema. As máquinas disponíveis no mercado nacional permitem, em geral, a utilização de dois grupos em relação à largura de trabalho, a qual definiremos como módulos. Assim, é possível o uso de módulos de 3 ou 4 m. Detalhes dos ajustes necessários são apresentados na Figura 3.

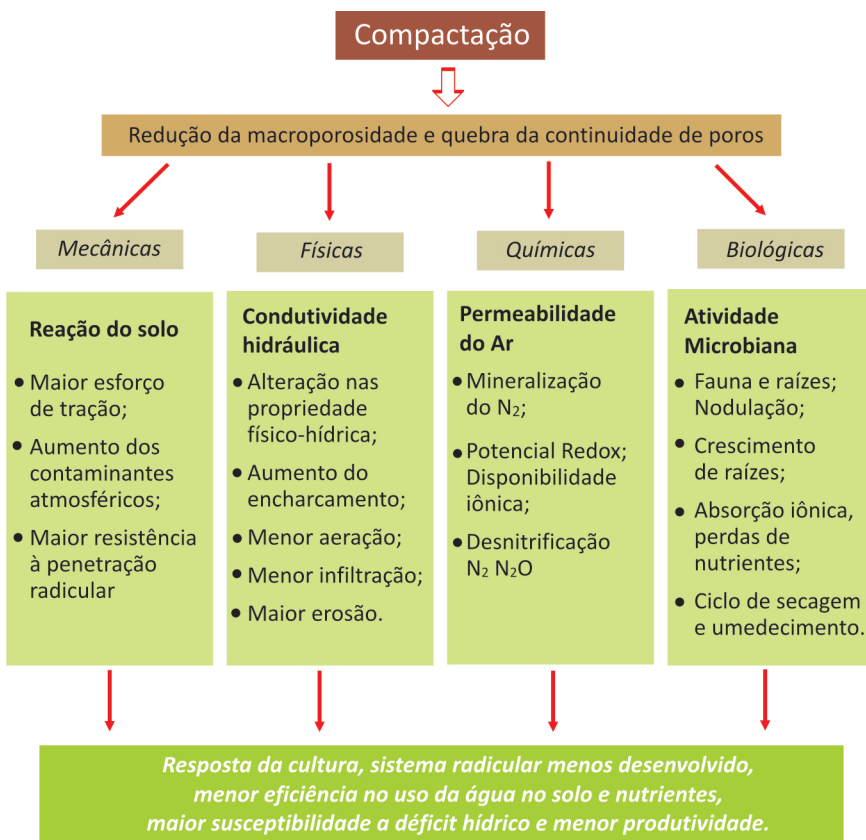


Figura 2. Esquema representativo da influência da compactação nas funções desempenhadas pelo solo. Adaptado de Boone (1986).

Vantagens e desvantagens do sistema de tráfego controlado

Em uma pesquisa envolvendo vários países da Europa, as principais vantagens reportadas do tráfego controlado foram: o aumento da produtividade em diversas culturas (beterraba, batata, trigo e cevada) e economia de energia requerida nas operações agrícolas (preparo do solo, semeadura, colheita e transporte). O aumento de produtividade das culturas variou entre 4 a 20% e a economia energética variou de 37 a 70% (Chamen et al., 1992).

Outro parâmetro estudado foi a distância percorrida pelas máquinas dentro da lavoura. Bochtis et al. (2010) reportaram uma redução na distância de transporte variando de

25 a 47%, gerando um incremento na eficiência das operações de 4,68 a 7,41 %. Esta redução decorre da minimização das manobras nas extremidades da lavoura e do melhor planejamento das linhas de tráfego dentro da área.

Pesquisas recentemente realizadas na Austrália, avaliando 16 propriedades agrícolas, totalizando 6.500 ha cultivados com as culturas de soja e milho, que migraram do sistema convencional (tráfego aleatório) para o sistema de tráfego controlado reportaram as seguintes vantagens: redução de custo de produção, redução da emissão de gases de efeito estufa, maior infiltração de água, aumento de produtividade, aumento da eficiência operacional, redução da mão de obra, possibilidade de jornada de trabalho mais extensa, entre outros.

Por outro lado, a implantação do sistema pleno de tráfego controlado requer investimento em máquinas com características específicas, treinamentos e operadores capacitados para executar a função e planejamento de longo prazo. A implantação do tráfego controlado pode ser oneroso em um primeiro momento, porém a médio e longo prazo torna-se viável (Bochtis & Sørensen, 2010).

De maneira geral, as vantagens e as desvantagens do sistema de tráfego controlado citadas por Tulberg et al. (2007); Trein et al. (2009) e Chamen (2011) são:

Vantagens:

- Menor área de solo agrícola produtivo que recebe a influência negativa de pressão do rodado das máquinas e equipamentos;

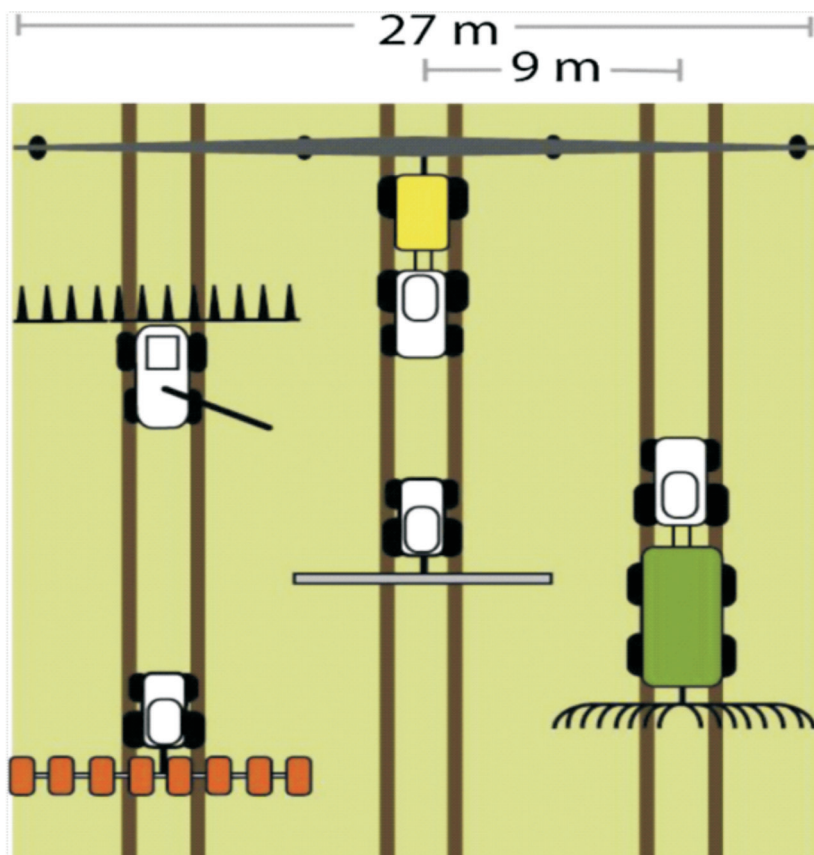


Figura 3. Modelo conceitual do sistema de tráfego controlado com módulos de 3 m. Fonte: Bochtis et al. (2010) .

- Menor consumo de combustível e potência requerida para o deslocamento das máquinas agrícolas;
- Menor risco de compactação superficial e subsuperficial;
- Redução na perda de solo e de água por escoamento superficial;
- Menor distância total percorrida pelas máquinas;
- Maior eficiência na logística e no tráfego dentro da lavoura;
- Maior produtividade das culturas nos locais livres de trânsito de máquinas agrícolas;
- Melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo;
- Maior eficiência do uso de água armazenada no solo;
- Desenvolvimento inicial mais rápido das culturas;

- Maior eficiência na obtenção da população de plantas planejada;
- Menor efeito de déficits hídricos de curta duração na produtividade das culturas.

Desvantagens:

- Custo financeiro para a obtenção dos sistemas de localização geográfica com elevada acurácia (DGPS ou RTK);
- Necessidade de um SIG (Sistema de Informação Geográfica);
- Formato e topografia do talhão podem dificultar as operações de manejo, quanto mais regular à forma, mais fácil é o planejamento e implantação das linhas de semeadura e o funcionamento do sistema de tráfego controlado;

- Necessidade de ajuste das bitolas das máquinas agrícolas.

Procedimento para a implantação do sistema

Geração do Modelo Digital de Elevação (MDE)

A implantação do sistema de tráfego controlado deve obedecer algumas regras, fazendo-se necessário o levantamento planialtimétrico da área. Este levantamento é denominado de Modelo Digital de Elevação (MDE), servindo para orientação das linhas de semeadura, seguindo os princípios conservacionistas (Alba et al., 2011). O MDE é composto por coordenadas geográficas em três dimensões (X, Y e Z) e, para tanto faz-se necessário o sinal de pelo menos quatro satélites; ainda para se obter maior acurácia neste levantamento, é necessária a utilização de pelo menos DGPS que reduz o erro de posicionamento para aproximadamente 0,10 m.

Após a obtenção da cota real dos pontos que compõem o grid ("raster"), com auxílio do SIG, realiza-se a geração virtual das linhas de semeadura, bem como as linhas de trânsito (Tramlines).

Ajuste de bitolas

A operação que exige maior cuidado dada a sua complexidade é o ajuste da bitola dos rodados de todas as máquinas envolvidas no sistema. A bitola é definida como sendo a distância entre o centro das duas rodas, tanto as dianteiras como nas traseiras, e ela vai possibilitar que se forme um padrão uniforme de distâncias e de repetibilidade durante as operações agrícolas. A largura do ajuste de bitolas vai depender basicamente do tipo de maquinário disponível e da cultura que vai ser cultivada. Em geral opta-se por larguras de trabalho de 3 m ou 4 m, sendo

possível ainda usar múltiplas destas (Kroulík et al. 2010).

O ajuste de bitolas possibilita a melhoria do rendimento operacional das máquinas agrícolas, uma vez que o tráfego ocorre em área compactada, aumentando a eficiência de tração e melhorando a relação solo-máquina (Kingwell & Fuchsbi-chler, 2011), possibilitando ainda que sejam feitas operações agrícolas mesmo quando a umidade do solo for elevada. Este fato é relevante especialmente em se tratando do controle de pragas e doenças, que necessitam em alguns casos serem feitos imediatamente após eventos de precipitação. Fato semelhante, ocorreu recentemente no Paraná quando a colheita de soja foi feita, em condições de precipitação muito frequente, sendo praticamente impossível respeitar a umidade do solo ideal para o trânsito de máquinas, em função das perdas na colheita.

Uso do sistema de orientação e piloto automático

Uma ferramenta necessária para a execução do sistema de tráfego controlado é a utilização de um sistema de orientação de direção, de uma maneira mais simplificada, através da utilização do sistema de barra de luz, no qual o operador é parte ativa do sistema e deve tomar a decisão baseada em luzes instaladas em frente do seu campo de visão, que orientam o sentido e a intensidade da mudança de direção quando necessário.

Outra forma de atuação mais moderna e eficiente é fazer o uso do sistema de piloto automático, que representa uma grande evolução em relação ao sistema anterior. Neste sistema o operador apenas é responsável por manobras ao final da linha de semeadura ou em caso de emergência, bastando apenas um toque no volante para o operador reassumir o controle do equipamento. O sistema

de piloto automático vem ganhando cada vez mais adeptos mundo a fora, pelo fato que as operações de direção manual estão sujeitas a erros humanos que podem comprometer a eficiência da operação. Soma-se a isto a escassez de mão de obra e a necessidade de jornadas de trabalho extensas.

As principais vantagens do sistema de piloto automático são, de acordo com Cordesses et al. (2000) e Han et al. (2004), as seguintes:

- Menor impacto sobre o meio ambiente (redução da frequência de passagem de máquinas sobre o solo, redução de compactação aleatória do solo);
- Redução de custos operacionais;
- Aumento do rendimento operacional devido a trabalhar com maior velocidade e com possibilidade de atuar em turno noturno, em épocas de maior demanda de trabalho;
- Melhoria da qualidade de operação: o operador pode concentrar a atenção na operação que está sendo realizada;
- Redução da fadiga do operador possibilitando jornadas mais longas;
- Aumento da segurança de trabalho.

Experiência Gaúcha

Na safra de 2010/11 a equipe do projeto Aquarius (www.ufsm.br/projetoaquarius) implantou um experimento na cidade de Não Me Toque (RS), situada na região do planalto, em um talhão da lavoura pertencente a Fazenda Anna, que é manejada sob o sistema de agricultura de precisão por longo prazo (Alba et al., 2011). O talhão escolhido é denominado de Schimidt com 132 ha; para o experimento utilizou-se 15 ha. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (Em-

brapa, 2006), com textura muito argilosa, e altitude média de 471 m. O clima local é do tipo Cfa subtropical, segundo a classificação de Köppen, e precipitação média de 1700 mm.

Para o desenvolvimento deste projeto, instalou-se na extremidade mais elevada da lavoura uma base para a correção em tempo real do posicionamento das máquinas (RTK). Com a instalação deste sistema consegue-se uma elevada acurácia, de até 0,025m (Renschler et al., 2002). O raio de alcance desta torre é de 5 km, mas quando instalado em locais mais altos como torre de silos de armazenagem, torres de comunicação podem alcançar até 30 km.

Os equipamentos utilizados foram um trator de 170 cv, semeadora de 11 linhas espaçadas 0,50 m e com peso de 10.640 kg, pulverizador autopropelido com barras de 25 m e peso de 7.500 kg, a colhedora com plataforma de milho de 11 linhas espaçadas 0,50 m e com peso de 15.270 kg. Todas as máquinas foram ajustada para bitola de 3 m. A partir da instalação do experimento no mês de novembro de 2010, todas as máquinas utilizaram o sistema de piloto automático System 150 com precisão centimétrica utilizando para isso uma estação base RTK.

Os tratamentos investigados neste experimento foram: (1) Sem tráfego de máquinas ou com ausência de pressão de pneus (ST); (2) Tráfego do pulverizador (TP); (3) Tráfego com pressão de pneus do conjunto trator-semeadora (TT) e (4) Tráfego máximo, acumulando passagens de pneus do pulverizador e do conjunto trator-semeadora (TM). As avaliações realizadas foram as propriedades físicas do solo (densidade, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, resistência à penetração), sistema radicular do milho e da soja, componentes de rendimento das culturas, infiltração de água e produtividade de grãos.

Os resultados obtidos neste experimento com o confinamento das linhas de tráfego em lavoura de grãos no sul de Brasil foram animadores, sendo possível fazer todo o planejamento das linhas de semeadura, mantendo os princípios da conservação do solo, linhas em curva (perpendicular a pendente do terreno) nas áreas superiores a 6% de declividade, representando 43% do talhão e no restante da área, as linhas de semeaduras foram retas, com áreas de manobras minimizadas. Para tanto, foi utilizado o programa computacional Campeiro 7.0. Ainda, foi possível estabelecer um raio de manobra adaptado a largura dos equipamentos ao final da linha de semeadura que reduziu a necessidade de manobras nas extremidades da lavoura. Nestes locais, a velocidade de operação é reduzida e a demanda operacional pode ser mais do que o dobro do restante da área.

Quanto às propriedades físicas do solo, os resultados são apresentados na Tabela 1. O tráfego intenso de máquinas, foi responsável pelo aumento da densidade do solo em 15%, ainda ocasionou redução da infiltração de água variando de 5 – 15 vezes, quando comparado aos locais livre do trânsito. Estas mudanças na estrutura do solo influenciaram fortemente a produtividade das culturas do milho e da soja com reduções de 24,0 e 42,6%, respectivamente, no tratamento com tráfego mais intenso em relação ao livre de trânsito.

Experiência Inglesa

Um dos países Europeus em que o sistema de tráfego controlado está mais avançado é a Inglaterra. No sistema de tráfego convencional adotado pelos agricultores ingleses, o talhão recebe, durante o ano agrícola, mais de 100% de tráfego de máquinas, uma vez que o sistema de cultivo é composto por múltiplas e frequentes operações, tais como:

Tabela 1. Propriedades físicas do solo, infiltração de água e produtividade das culturas sob diferente intensidade de tráfego de máquinas. Não Me Toque, RS, 2012.

Trat.	Densidade do solo	Macro-porosidade	RP máx.	Infiltração	Produtividade	
	kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³			Milho	Soja
			MPa	mm h ⁻¹	----- kg ha ⁻¹ -----	
ST	1,34	0,11	2,26	104,87	13.010 a	4.242 a
TP	1,49	0,08	3,34	21,09	11.784 a	2.783 b
TT	1,39	0,10	2,64	9,58	12.418 a	4.802 a
TM	1,53	0,06	4,05	4,58	9.890 b	2.370 b

Onde: ST = Sem Tráfego, TP = Tráfego Pulverizador, TT = Tráfego Trator-semeadora, TM = Tráfego Máximo. RP máx. = Resistência a penetração máxima determinada por penetrometria digital. Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey. Teste F significativo (p < 0,05).

aração, gradagem, semeadura, pulverização, colheita e transporte. Devido a má drenagem da maioria dos solos ingleses, muitas vezes estas operações são realizadas com elevada umidade do solo. Com isto, os problemas de compactação do solo são frequentes neste sistema de cultivo, além de ocasionar maior consumo de combustível, maior distância percorrida pelas máquinas e menor eficiência operacional (Chamem et al., 1992).

A população urbana inglesa vem pressionado os produtores para que, além de obterem produtividades competitivas, apresentem elevado grau de controle de poluentes e

contaminantes ambientais gerados durante o processo produtivo. Neste contexto, o sistema de tráfego controlado de máquinas permite reduções significativa na energia requerida, no consumo de combustível, maior eficiência na operação de máquinas, maior controle da erosão, menor perdas de sedimentos, menor perdas de água por escoamento entre outros fatores da produção agrícola inglesa.

A Harper Adams University, localizada na cidade de Newport, condado de Shropshire, no centro-oeste inglês implantou em outubro de 2011 um experimento de tráfego controlado com duração prevista de

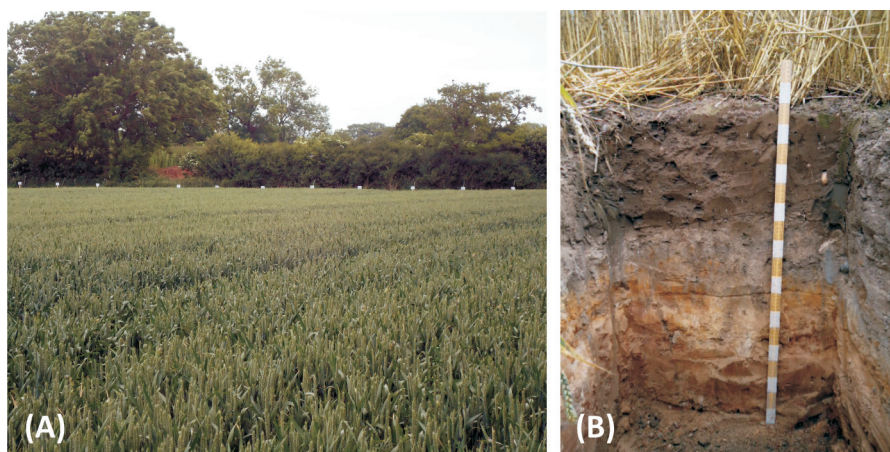


Figura 4. Experimento de tráfego controlado na Harper Adams University (Newport, Shropshire, Inglaterra) com a cultura do trigo (A) e solo do local do experimento (B). Foto: Girardello, 2013.



Figura 5. Trator tracionando o cultivador de solo antes da semeadura. Harper Adams University, Shropshire, Inglaterra. Foto: Girardello, 2013.

10 anos (Figura 4a). O experimento possui uma área de 8,5 ha, situados sob as coordenadas 52° 46,78' N e 02° 25,52' O. O solo local apresenta textura franco arenoso (Figura 4b), com altitude média de 68 m acima do nível do mar e clima temperado.

A precipitação pluviométrica anual é de 697 mm (dados locais). Devida a má drenagem natural do solo, em setembro de 2011, foi necessário a instalação de um sistema de drenagem artificial composto por canos, instalados a cerca de 0,70 m de profundidade que tem elevada capacidade de drenagem necessária, principalmente no início da primavera, após o degelo da neve acumulada durante o inverno.

Diferentemente do experimento em Não Me Toque, a implantação do sistema de tráfego controlado na Inglaterra foi feito com módulos de 4 m. Neste caso, todas as máquinas tiveram ajuste de bitola (2,1 m) e trabalharam com largura de operação de 4 m (semeadora e colhedora), o pulverizador possuía uma largura de barras de 24 m.

O experimento inglês investigou a combinação de sistemas de preparo (3) e sistemas de tráfego (3). O delineamento experimental foi composto por 4 blocos totalizando 36 parcelas de 4 x 100 m com os seguintes tratamentos: 1) Tráfego aleatório com preparo convencional do solo (TAPC); 2) Tráfego aleatório com cultivo mínimo (TACM); 3) Tráfego aleatório com plantio direto (TAPD); 4) Baixa pressão de pneus com preparo convencional (BPPC); 5) Baixa pressão com cultivo mínimo (BPCM); 6) Baixa pressão com plantio direto (BPPD); 7) Tráfego controlado com preparo convencional (CTPC); 8) Tráfego controlado com cultivo mínimo (TCCM); 9) Tráfego controlado com plantio direto (TCPD).

O trator utilizado na variação do número de passadas foi Massey Ferguson modelo 8480 DYNA-VT com pneus dianteiros 16.9R 30 na frente e 18.4R 46 na parte traseira. O peso deste trator em situação de operação é 9.239 kg. O cultivador de solo utilizado foi um VÅDESTAD TD 400 com 6.200 kg composto de quatro partes sendo: 1ª corta e mistura, 2ª afrouxa e mistura, 3ª nivelamento e 4ª consolidação, sua largura útil de trabalho é de 4 m, sendo tracionado pelo trator Challenger MT 765D (Figura 5). O mesmo trator foi o responsável, posteriormente, pelo tracionamento da semeadora.

A semeadora utilizada foi da marca VÅDESTAD RDA 400S com uma largura útil de 4 m, com 23 linhas espaçadas 17 cm. A colhedora utilizada foi uma Class Dominator 85 com plataforma de corte de 4 m e peso de 6.600 kg, equipada com sensor de rendimento Ceres 8000 (instalado no elevador de grãos limpos) e sistema GPS com antena receptora Trimble. Nos tratamentos com baixa pressão (BP) a pressão de insuflação foi de 1,4 PSI nos pneus traseiros e 0,7 PSI nos pneus dianteiros. As máquinas (trator, cultivador, semeadora e colhedora) são as mes-

mas em todos os tratamentos utilizando os mesmos pneus. A pressão normal de insuflação nos tratamentos sem baixa pressão foi de 1,5 PSI.

Os resultados de infiltração de água no solo (Figura 6) e da produtividade da cultura de trigo (Tabela 2) obtidos na safra 2012 serão discutidos a seguir. A infiltração de água no solo após a primeira passagem do trator apresentou a maior redução (80%) em relação a ausência de tráfego. Posteriormente, os demais trânsitos do trator tiveram pequeno efeito adicional na redução da infiltração. Este processo também tem sido verificado em experimentos conduzidos no Brasil.

A produtividade da cultura do trigo foi influenciada pelos tratamentos investigados (Tabela 2). Devido a compactação existente quando da implantação do experimento, o preparo do solo incrementou ligeiramente a produtividade em relação ao plantio direto. A redução na pressão de pneus também se mostrou, independente do sistema de preparo, mais eficiente do que o sistema tradicional. O sistema de insuflação nos pneus do trator, ocasiona o aumento da área específica de contato dos pneus com o solo, dissipando, em parte, o peso das máquinas e reduzindo o risco de compactação do solo. Porém, as maiores produtividades foram obtidas com o sistema de tráfego controlado, ressaltando a

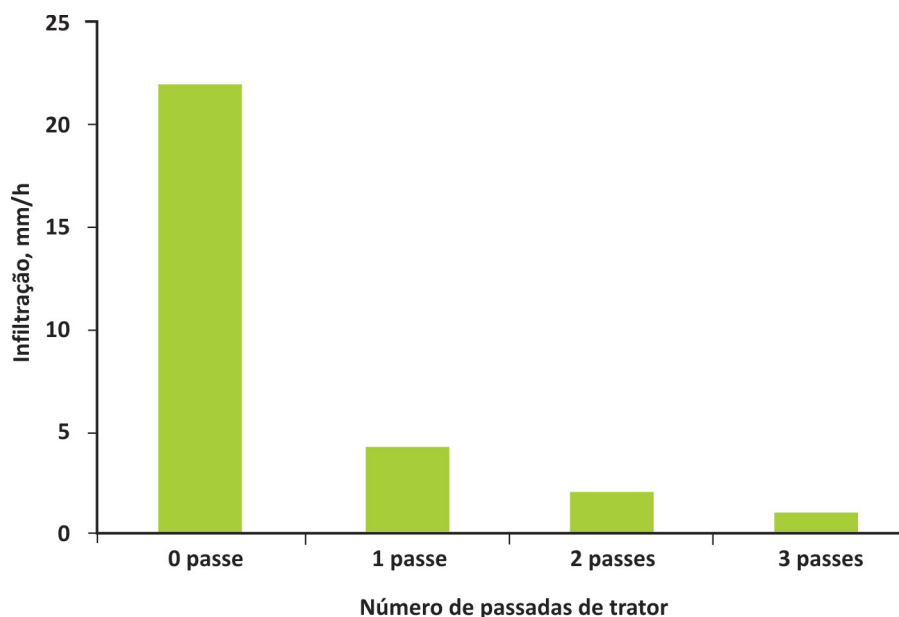


Figura 6. Infiltração de água no solo com diferente intensidade de tráfego do trator. Harper Adams University, Shropshire, Inglaterra, 2012. Fonte: Chyba, 2012.

potencialidade desta tecnologia em aprimorar o sistema de produção agrícola. Uma ressalva que deve ser feita, é que as produtividades de trigo na Inglaterra, são normalmente mais elevadas do que as brasileiras.

Considerações Finais

O sistema de tráfego controlado é uma alternativa moderna para minimizar a ocorrência, cada vez

mais frequente, de compactação do solo nas lavouras comerciais mecanizadas. Entre os principais benefícios desta estratégia de manejo destacam-se a melhoria das propriedades físicas do solo, a redução das perdas de água e o incremento na produtividade das culturas. Em adição, o sistema de tráfego controlado aumenta o rendimento operacional das máquinas agrícolas, favore o desenvolvimento e o aprofundamento do

Tabela 2. Produtividade da cultura de trigo em diferentes sistemas de preparo e de tráfego de máquinas agrícolas. Harper Adams University, Shropshire, Inglaterra, 2013.

Sistema de Tráfego	Sistema de Preparo		
	Convencional (0,25m prof.)*	Mínimo (0,10m prof.)*	Plantio Direto
	----- t/ha -----		
Tráfego Aleatório	7,56	7,58	6,79
Baixa Pressão	7,62	7,84	6,94
Tráfego Controlado	7,84	8,29	6,94

* Profundidade de operação.

sistema radicular no solo, incrementa a eficiência no uso da água pelas plantas, além de reduzir o risco de erosão e de contaminação ambiental com agroquímicos.

As perdas de água em sistema plantio direto sem a presença de terraços, situação frequentemente observada no RS, pode ser reduzida pela combinação de práticas com a baixa insuflação dos pneus, semeadura em contorno, escarificação mecânica localizada nas extremidades da lavoura, escarificação biológica durante a entressafra e o tráfego controlado. Estas práticas podem contribuir para amenizar o efeito de deficits hídricos de curta duração na produtividade das culturas de grãos, que é um dos principais desafios da agricultura gaúcha.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos parceiros de projeto Aquarius (Stara, Massey Ferguson, Yara, Cotrijal, Pioneer, Fazenda Anna) pela cessão dos equipamentos, cedência da área experimental e pela colaboração durante a atividade de pesquisa, especialmente aos funcionários da fazenda (Toco e Kleder). Ainda um agradecimento a Capes pela cedência da bolsa de estudo que possibilitou o intercâmbio internacional e a Harper Adams University pelo apoio e acolhimento ao primeiro autor.

Referências Bibliográficas

- ALBA, P.J.; AMADO, T.J.C.; GIRARDELLO, V.C.; SCHOSSLER, D.S.; HORBE, T.A.N. & TRINDADE, B.S. Tráfego controlado em culturas de grãos no RS: princípios, desafios e resultados preliminares. **Revista Plantio Direto**, 112, 2011.
- BOCHTIS, D.D. & VOUGIOUKAS, S.G. Minimising the non-working distance travelled by machines operating in a headland field pattern. **Biosystems Engineering**, 101: 1–12, 2008.
- BOCHTIS, D.D.; SØRENSEN, C.G.; GREEN, O.; MOSHOU, D. & OLESEN, J. Effect of controlled traffic in field efficiency. **Biosystems Engineering**, 106: 14-25, 2010.
- BOCHTI, D.D. & SØRENSEN, C.G. The vehicle routing problem in field logistics: part II. **Biosystems Engineering**, 105: 180-188, 2010.
- BOONE, F.R. Towards soil compaction limits for crops grows. **Neth. J. Agric. Sci.**, 34: 349-360, 1986.
- CHAMEN, W.C.T.; VERMEULEN, G.D.; CAMPBELL, D.J. & SOMMER, C. Reduction of traffic-induced soil compaction: a synthesis. **Soil and Tillage Research**, 24: 303-318, 1992.
- CHAMEN, W.C.T. The effects of low and controlled traffic systems on soil physical properties, yields and the profitability of cereal crops on a range of soil types 2011, 305 f. (**PhD Thesis**) School of Applied Sciences, Cranfield University, 2011.
- CHYBA, J. **The influence of traffic intensity and soil texture on soil water infiltration rate**. MSc diss. Harper Adams University, Department of Engineering. 2012.
- CORDESSES, L.; CARIOU, C. & BERDUCAT, M. Combine harvester control using real time kinematic GPS. **Precision Agriculture**, 2: 147–161, 2000.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**, 2a ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006.
- GASSEN, D. Tráfego controlado como alternativa para reduzir a compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, 2011.
- GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R.S. HORBE, T.A.N.; FERREIRA, A.O.; TABALDI, F.M. & LANZANOVA, M.E Alterações nos atributos físicos de um latossolo Vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: 2115-2126, 2011.
- HAN, S.; ZHANG, Q.; NI, B. & REID, J.F. A guidance directrix approach to vision-based vehicle guidance systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, 43: 179–195, 2004.
- KINGWELL, R. & FUCHSBICHLER, A. The whole-farm benefits of controlled traffic farming: an Australian appraisal. **Agricultural Systems**, 104: 513-521, 2011.
- KROULIK, M.; KVIZ, Z.; KUMBHALA, F.; HULA, J.; LOCH, T. Procedures of soil farming allowing reduction of compaction. **Precision Agriculture**, 12: 317-333, 2011.
- RENSCHLER, C.S.; FLANAGAN, D.C.; ENGEL, B.A.; KRAMER, L.A & SUDDUTH, K.A. Site-specific decision-making based on RTK GPS survey and six alternative elevation data sources. **Watershed topography and delineation Society** 45:1883-1895, 2002.
- TULLBERG, J.N.; ZIEBARTH, P.J. & LI, Y. Traffic and tillage effects on run-off. **Australian Journal of Soil Research**, 39: 249–257, 2001.
- TULLBERG, J.N.; YULE, D.F. & MCGARRY, D. Controlled traffic farming: from research to adoption in Australia. **Soil and Tillage Research**, 97: 272-281, 2007.
- TREIN, C.R.; MACHADO, A.P. & LEVIEN, R. Compactação do solo por rodados, podemos evitá-la. **Revista Plantio Direto**, 114, 2009.