

Percurso da difusão da inovação tecnológica no agronegócio: o caso do plantio direto no Rio Grande do Sul*

*Debora Nayar Hoff***

Mestre em Economia Industrial pela Universidade Federal de Santa Catarina, Doutora em Agronegócios no Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Professora Pesquisadora da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) no RS

*Eugenio Avila Pedrozo****

Mestre em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Doutor em Doctorat En Gestion pela Institut National Polytechnique de Lorraine, Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

*André Santos Freitas*****

Mestre em Agronegócios pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Técnico em Agropecuária pela Escola Técnica de Agricultura (curso técnico profissionalizante)

*Aurélio Pavinato******

Mestre em Ciências do Solo pela UFRGS

Resumo

O propósito deste estudo é analisar a difusão do plantio direto no Rio Grande do Sul, a partir de uma estrutura analítica que é geralmente utilizada para examinar as características de inovações tecnológicas no setor industrial, principalmente a curva "S" de difusão usada para ilustrar o padrão de velocidade do espriamento

* Artigo recebido em mar. 2009 e aceito para publicação em jul. 2010.

** *E-mail:* deborahoff@unipampa.edu.br

*** *E-mail:* eapedrozo@ea.ufrgs.br

**** *E-mail:* andreagro2004@terra.com.br

***** *E-mail:* pavinato@slcagricola.com.br

da inovação dentro dos setores produtivos. No Rio Grande do Sul, o uso dessa tecnologia iniciou na década de 60, difundindo-se pelo País a partir desse período. As principais conclusões indicam que o plantio direto difunde-se dentro do padrão da curva “S” de difusão e que as tecnologias complementares têm um papel importante para impulsionar a difusão, podendo-se afirmar que, no campo dos agronegócios, a propagação de uma nova tecnologia segue a mesma conduta que é geralmente encontrada no progresso de tecnologias industriais.

Palavras-chave

Trajétórias tecnológicas; difusão tecnológica; plantio direto.

Abstract

This paper has the purpose to analyze the diffusion of “no-till” in the in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, within a theoretical framework which is generally used to analyze technological innovations characteristics of the industrial sector. Industrial technologic innovation and diffusion have been sofar characterized by the known sigmoidal curve. In Rio Grande do Sul the use of “no-till” started at the sixties and spillover all Brazil since then. In this study, the progress of the diffusion of the technology “no-till” follows a sigmoidal behavior, with the supporting technologies playing an important role in making this diffusion easier. Actually, more than 50% of the surface cultivated is using “no-till” technology. The conclusion is that, in the agribusiness fields, the diffusion of a new technology follows the same behavior as generally found in the evolution of the industrial technologies.

Key words

Technological trajectories; technological diffusion; No-Till.

Classificação JEL: o33.

1 Introdução

As discussões acerca dos processos de inovação tecnológica e, posteriormente, de difusão da tecnologia acompanham a evolução da teoria econômica, mas só assumem sua real importância dentro dos estudos de desenvolvimento econômico e da firma a partir das discussões propostas por Schumpeter. Essas discussões geralmente reportam aos processos de inovação e difusão tecnológica dentro da indústria, considerando processos de produção nessa atividade econômica.

Talvez em função dessa característica inicial, haja uma resistência entre os teóricos em observar possibilidades de inovação tecnológica dentro de processos que não sejam os ligados à indústria. Nesse sentido, segundo Silva (1995, p. 31), discussões acerca do progresso técnico dentro da agricultura remontam aos clássicos como Smith e Ricardo; porém, esses economistas “[...] não eram particularmente otimistas quanto às possibilidades de aumentar a produção por esta via”. Mais que isso, tanto Smith quanto Ricardo “[...] acreditavam que a indústria é o campo privilegiado das inovações tecnológicas e que no setor agrícola, devido a suas especificidades, a divisão do trabalho e as inovações teriam efeito limitado”.

Porém, os avanços nos processos de produção de diversas atividades, inclusive às ligadas ao setor agrícola, nas últimas décadas, demonstram que a inovação e a difusão tecnológica não se limitam aos processos industriais, mas avançam nas diversas atividades econômicas, contribuindo para ganhos de produtividade, redução de custos e ampliação da competitividade dos produtos resultantes desses processos. Esse contexto resulta no incremento da importância do agronegócio na economia brasileira, pois os ganhos de competitividade continuados na década de 90 tornam o País um “jogador global” no mercado agronegociai. Consequência disso, no início do século XXI, o agronegócio passa a ocupar posições importantes na pauta de exportação do País, onde responde por algo em torno de 40%, tendendo ao crescimento, e na formação do PIB nacional, para o que contribui com valores que variam de 30 a 35%, dependendo da fonte de informações utilizada.

Considerando a afirmativa de que a inovação tecnológica não se limita aos processos industriais, será que a difusão tecnológica dentro do setor agrícola tem o mesmo comportamento da indústria? As análises e modelos já estabelecidos para a difusão tecnológica na indústria explicam os processos que ocorrem na agricultura? Tendo por foco essas questões principais, este artigo objetiva fazer uma análise inicial sobre o processo de difusão tecnológica do plantio direto no Rio Grande do Sul, baseado na curva “S” de difusão tecnológica.

2 Inovação e difusão tecnológica

Apesar de Rogers (1976) apontar que os estudos acerca da dinâmica da difusão tecnológica tenham sido iniciados a partir da observação de eventos ligados ao agronegócio, as abordagens sobre inovação tecnológica são uma parte importante das discussões ligadas à evolução das firmas e a organização da indústria, expandindo-se também para a discussão do desenvolvimento e organização de outras atividades econômicas. Se tomados os estudos de Rogers (1976), Cassiolato (1994), Dosi (1982), Nelson e Winter (1982), percebe-se que o processo de difusão tecnológica não se limita à indústria, mas pode ser percebido em várias áreas, incluindo a agricultura e os serviços. Para Rogers (1976, p. 290), o artigo seminal de Ryan e Gross sobre difusão de sementes de milho híbrido entre produtores no Estado de Iowa (EUA), publicado em 1943, pode ser considerado como um paradigma revolucionário dentro da pesquisa sobre difusão tecnológica. Possas, Salles-Filho e Silveira (1994) argumentam que o conceito de trajetórias tecnológicas pode ser ampliado para o entendimento dos setores agrícolas desde que este seja considerado de forma mais ampla do que o de ser simplesmente um fornecedor dominado de insumos.

De acordo com as ideias de Schumpeter, “[...] é a inovação tecnológica que dispara o mecanismo que provoca mudanças no comportamento dos agentes econômicos, realoca recursos, destrói métodos de produção tradicionais e muda, qualitativamente, a estrutura econômica” (Silva, 1995, p. 44). Nesse sentido, a inovação pode provocar mudanças paradigmáticas. Para Stanton (2009), às vezes acontecem mudanças no progresso científico que não são apenas incrementais, mas representaram uma ruptura com o que se conhecia. Essa ruptura abre uma nova possibilidade de compreensão das coisas, implicando, inclusive, a reconstrução de teorias e a re-interpretação de observações experimentais antes realizadas. O autor indica que a ideia de mudança paradigmática, nesses termos, é formulada por Thomas Kuhn (1962). Pode-se dizer que, atualmente, a ideia é usada mais genericamente para descrever uma modificação profunda nos pontos de referência da sociedade ou da ciência.

As ideias de inovação e de mudança paradigmática são complementadas pela definição de difusão apresentada por Utterback (1971). Segundo o autor (Utterback, 1971, p. 79-83), difusão é o mecanismo de comunicação e uso crescente através do qual uma inovação vem a ter um impacto econômico significativo. A difusão não é apenas uma parte do processo de inovação, mas envolve o ambiente externo das empresas. Os resultados do estudo de Utterback (1971) dão suporte para a afirmativa de que inovação é mais do que o resultado da comunicação de uma necessidade seguida pela pesquisa por informações

sobre os meios técnicos para alcançar essa necessidade, que são depois sistematizadas.

De acordo com Pavitt (1984, p. 1), muito conhecimento tecnológico não se transforma em informação que possa ser amplamente aplicada e facilmente reproduzível, mas, sim, num tipo de informação que é de aplicação específica para as firmas, cumulativo no desenvolvimento, e que varia de fonte e direção entre os setores. Mas para o conhecimento que pode ser generalizado, existem alguns pontos que podem ser destacados, pois os mesmos irão provocar mudanças no ambiente econômico das firmas.

Cassiolato (1994, p. 270) aponta que o processo de mudança tecnológica é uma atividade caracterizada por um contexto seletivo que ocorre através de trajetórias, que são constantemente interrompidas por descontinuidades importantes, associadas com o surgimento de novos paradigmas tecnológicos. É importante destacar que os paradigmas tecnológicos, de acordo com Dosi (1982, p. 52), podem ser definidos como modelos ou características de solução de problemas tecnológicos, que se embasam em princípios selecionados derivados das ciências naturais e em outras tecnologias materiais. Assim, o paradigma vigente acaba determinando campos de pesquisa, problemas, procedimentos, respostas encontradas e decisões tomadas em uma economia, em um determinado período de tempo.

Andersen (1998, p. 11) complementa essas ideias quando afirma que a conduta da evolução das sociedades e das tecnologias são caracterizadas por regularidades que são específicas no tempo, espaço, setor econômico e campo tecnológico. Além disso, uma característica importante dos paradigmas tecnológicos ou tecno-econômicos está correlacionada com o fato de a direção de desenvolvimento tecnológico ocorrer dentro de certos caminhos de desenvolvimento. Mudanças tecnológicas e progresso ocorrem ao longo de *trade-offs* econômicos e tecnológicos definidos pelos economistas evolucionários como “trajetórias tecnológicas”. Algumas destas são mais seguidas do que outras, o que geralmente é definido pelo paradigma existente e pela acumulação de competência socioeconômica e corporativa. Os autores enfatizam que algumas trajetórias são específicas de uma tecnologia, produto ou indústria particular, distinguindo-se daquelas de importância geral.

Essas afirmativas remetem a uma comparação entre as análises que envolvem a inovação tecnológica e aquelas ligadas à teoria evolucionária. Nelson e Winter (1982) afirmam que a preocupação central da teoria evolucionária é com o processo dinâmico através do qual a conduta padrão das firmas e resultados de mercado são juntamente determinados ao longo do tempo. Já as afirmativas apresentadas até aqui envolvendo a inovação tecnológica apontam para o fato de este ser um processo dinâmico, que conta com a conjuntura instalada como um

meio propício ou não para o seu desenvolvimento. Ou seja, dependendo das condições encontradas no sistema econômico, pode-se ter maior ou menor facilidade para que a inovação tecnológica ocorra.

Nesse sentido, cabem as afirmativas de Cassiolato (1994, p. 285), o qual aponta que as novas tecnologias centrais nem sempre encontram o marco socioinstitucional adequado; assim, sua difusão pode demorar devido às limitações sociais do passado. As mudanças no capital social, o perfil de qualificação, a estrutura industrial e a organização social que exigem a introdução e a difusão das novas tecnologias revolucionárias são uma questão de anos ou até de décadas.

Mais que isso, existe um certo tipo de dependência da inovação da estrutura já instalada no sistema econômico. Dosi e Nelson (1994) chamam atenção para o processo de “*path dependence*” que está inter-relacionado com os processos de mudança e de organização das estruturas industriais, justamente porque essas dependem do caminho que foi trilhado ao longo do tempo e das estruturas já criadas, sejam estas físicas, culturais, sociais, ou de recursos materiais, técnicos ou humanos estabelecidos. Pode-se imaginar que uma tecnologia seja tão mais difícil de ser estabelecida, quanto mais radical é a mudança que ela exige nessas estruturas já existentes.

Neste sentido, Possas, Salles-Filho e Silveira (1994, p. 12) afirmam que um paradigma pode envolver muitas trajetórias (correspondendo a diferentes produtos e processos) através das quais se desenvolve e se reproduz, e cuja exaustão progressiva vai gerando sua transformação e eventualmente a sua substituição por outro paradigma. Durante as transições entre paradigmas tecnológicos, pode haver a coexistência entre ambos, especialmente quando o paradigma velho tem um volume de investimento alto não recuperável, que gere “*sunk costs*”, ou quando as incertezas e investimentos exigidos pelo novo paradigma são altos demais.

Essa ideia corrobora com a afirmativa de Nelson e Winter (1982), para quem uma das ideias chave do processo da teoria evolucionária é que a condição da indústria em cada período de tempo lança as sementes de sua condição no tempo seguinte, no mesmo sentido da “*path dependence*” apontada acima por Dosi e Nelson.

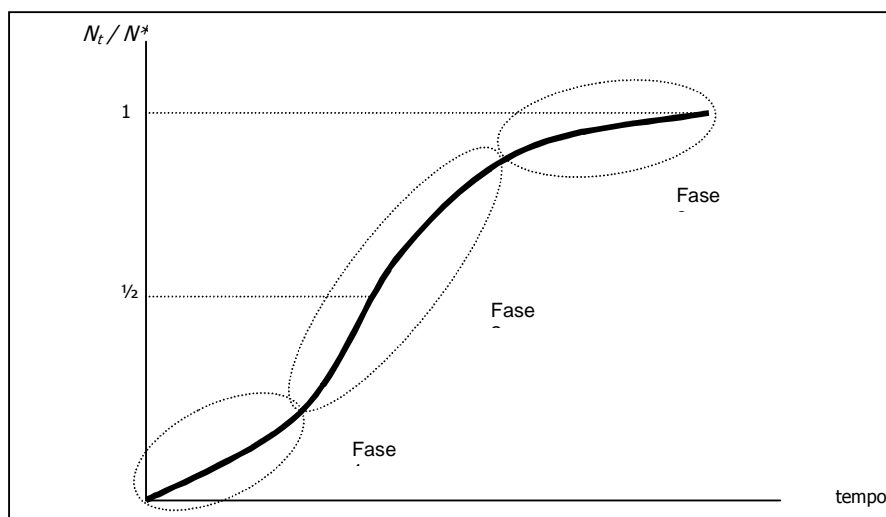
No mesmo sentido, Cassiolato (1994) menciona as dificuldades no processo de inovação tecnológica e sua difusão dentro do sistema econômico. Para esse autor, “[...] quanto mais radical a inovação, maior seu desconhecimento entre os usuários, após seu lançamento”, dificultando o processo de difusão da inovação (Cassiolato, 1994, p. 285). Ainda de acordo com Cassiolato (1994, p. 285), é provável que o êxito de uma inovação dependa, entre outras coisas, como a infraestrutura e as condições institucionais, da previsão de capacitação e

educação para os usuários, possivelmente com apoio de serviços técnicos por um longo período.

Isso justificaria a curva de difusão tecnológica mencionada por Rogers (1976) e apresentada por Lissoni e Metcalfe (1996) em seus estudos, como sendo um comportamento padrão da difusão. Rogers (1976) indica que a taxa de adoção da inovação agrícola segue uma curva do tipo “S”, curva normal quando observados dados acumulados ao longo do tempo. Lissoni e Metcalfe (1996) também indicam que a observação da velocidade do processo de difusão tecnológica tende a formar curvas tipo “S”, conforme pode ser observado na Figura 1. Nesse modelo de estudo, a velocidade inicial da difusão tecnológica seria menor (ver fase 1 da Figura) em virtude das barreiras existentes à difusão, como falta de estrutura e de capacitação dos recursos humanos para seu uso. Num segundo período (fase 2 da Figura), a velocidade da expansão se acelera, efeito decorrente da instalação das condições complementares para a difusão tecnológica e pela ampliação do conhecimento acerca da nova tecnologia. O terceiro momento é novamente de desaceleração, decorrente, principalmente, do fato de saturação do sistema produtivo no qual se insere a difusão.

Figura 1

A curva “S” difusão tecnológica



FONTE: LISSONI, F.; METCALFE, J. S. Diffusion of innovation ancient and modern: a review of the main themes. In: DODGSON, M.; ROTHWELL, R. **The handbook of industrial innovation**. UK: Edward Elgar, 1996.

Essa proposta analítica tem uso prático identificado, como os que Reyne (1987) apresenta acerca dos estudos feitos na França, que utilizaram a curva “S” de difusão tecnológica para identificar como se deu a expansão do uso de alguns tipos de eletrodomésticos nas residências francesas ao longo dos anos.

No momento em que se estabelece a fase 3, pode estar se cristalizando um paradigma tecnológico dominante. Possas (1989), ao analisar essas afirmativas, indica que

[...] o progresso técnico inerente a determinado paradigma tecnológico, denominado pelo autor (Dosi) de trajetória tecnológica, constitui o modo ou o padrão "normal" de realizar a formulação e solução de problemas específicos no interior daquele paradigma tecnológico.

Ou seja, nessas condições, estão estabelecidas as bases para um novo processo de inovação e difusão tecnológica. Mais que isso, Moraes (1997, p. 329) afirma que o paradigma dominante toma a forma de produtos novos ou conjunto de características novas, que passam a ser determinantes para o sucesso competitivo das empresas. Para esse autor, “[...] torna-se importante para as empresas a identificação, o mais cedo possível, da configuração de produto, dentre as existentes, que apresente reais possibilidades para se tornar dominante”.

Outro aspecto a ser considerado é o que Dosi e Nelson (1994, p. 338) apontam quando correlacionam a organização das estruturas industriais com os processos de desenvolvimento tecnológico. Segundo esses autores, o modelo básico da evolução das firmas e das estruturas industriais (o que é comumente chamado de ciclo de vida da indústria) segue o seguinte caminho: nos estágios iniciais da indústria, as firmas tendem a ser pequenas, e a entrada é relativamente fácil, refletindo a diversidade de tecnologias que começam a ser empregadas e suas rápidas mudanças. Quando um *design* dominante (ou um paradigma tecnológico) emerge, barreiras à entrada começam a surgir, estabelecendo novas escalas de produção e aumento no volume de capital necessário para o crescimento da competitividade na produção. Também, com o conhecimento tecnológico básico, a aprendizagem torna-se cumulativa, e as firmas estabelecidas passam a ter vantagens relativas perante os potenciais entrantes na indústria. Com o tempo, a estrutura da indústria passa a ser composta por um conjunto de grandes empresas.

Retomando as questões da difusão tecnológica, Possas (1989, p. 164) aponta que a “[...] difusão de uma inovação pode seguir habitualmente dois mecanismos: substituição, pela(s) empresa(s), do produto ou processo antigo pelo novo, aumentando progressivamente sua utilização; ou imitação por outras empresas”. Para esse autor, existem três pontos relevantes na seleção de uma inovação tecnológica pelas indústrias instaladas: (a) o nível de lucratividade considerado adequado à inovação pelas empresas do setor; (b) a influência das preferências dos consumidores e dos dispositivos regulatórios existentes; e (c)

os processos de investimento e imitação feitos pelas firmas que compõem a indústria. É a combinação desses pontos que determinará o curso e o ritmo do processo de difusão dentro do sistema econômico. Complementar a essa observação e resumindo alguns dos pontos já enfatizados, Deza (1995, p. 205) traz alguns elementos a serem ponderados no caso da difusão da inovação. Para esse autor, existem alguns fatores que devem ser observados durante o processo de difusão:

- a) a continuidade da atividade inventiva que permite o aperfeiçoamento da inovação. Para Deza (1995, p. 205), essas fases podem ter uma importância tão grande economicamente, como a invenção inicial, porque o aumento do conhecimento científico permite uma gradual redução do custo de inventos e inovações ao longo do tempo;
- b) o aperfeiçoamento dos inventos depois de sua introdução no sistema produtivo;
- c) o desenvolvimento das habilidades técnicas entre os usuários (*learning by using*);
- d) desenvolvimento de habilidade na fabricação de máquinas (*learning by doing*);
- e) grau de complementaridade entre diferentes técnicas dentro da atividade produtiva;
- f) aperfeiçoamento das velhas tecnologias e seu impacto no processo de substituição dela pela nova tecnologia;
- g) o contexto institucional no qual se dá o processo de difusão: variáveis sociais, legais, institucionais, econômicas, entre outras, podem atrasar ou dinamizar o processo de difusão.

Os autores Lissoni e Metcalfe (1996) fazem, em um estudo específico, uma releitura de abordagens referentes ao processo de difusão tecnológica, onde é mostrado que a rentabilidade da adoção cresce junto com o número de adotantes que podem intercambiar produtos intermediários compatíveis, componentes e especialização humana. Esse argumento reforça a visão de difusão em unidades geográficas como um processo no qual os últimos podem ser utilmente considerados como unidades de observação mais que aglomerações acidentais de empresas. Um conjunto de autores sustenta essa visão através da citação da literatura sobre *path-dependency* e padronização.

Correlacionando as ideias apontadas por Lissoni e Metcalfe (1996) com as dificuldades encontradas no processo de difusão da tecnologia, pode-se encontrar similaridades destas com as já apontadas neste texto. Assim, os autores afirmam que as primeiras inovações são introduzidas no sistema encontrando um conjunto maior de problemas, o que ocasiona um relativo atraso de inserção. Para eles, a maior causa de atrasos de difusão é a necessidade de superar os gargalos exis-

tentes no sistema para adoção das inovações. Tal problema não existe para as últimas inovações, que são suavemente impostas dentro de um já bem estabelecido novo regime tecnológico, que, durante o seu desenvolvimento, estabeleceu uma estrutura ampla que dá suporte à nova tecnologia.

Os estágios de difusão são condicionados por dois importantes fluxos de informação: um que segue um caminho hierárquico do centro mais importante para o secundário, e outro que toma lugar nas vizinhanças de todos os centros de adoção. Esses dois canais são identificados pelo tráfego de um número de meios de comunicação, como estradas e telefones. Alguns autores citados por Lissoni e Metcalfe (1996) apontam a necessidade de se preocupar com a difusão de um grande número de inovações: não só novos produtos e processos, mas também bens coletivos, dentro de uma geografia cultural, novas ideologias e hábitos sociais. Aponta-se, ainda, em outros estudos, a necessidade de levar-se em consideração a heterogeneidade das firmas e a estratégia dos fornecedores, além dos sistemas de informação.

3 Método

Trata-se de um estudo exploratório, de natureza qualitativa, usando dados quantitativos, baseado em dados secundários, documentais e bibliográficos e em entrevistas realizadas com especialistas na área do plantio direto no Rio Grande do Sul.

Para aplicar a estrutura, foi selecionada uma tecnologia específica, o plantio direto no Rio Grande do Sul, que começou a ser implementando ainda na década de 70 no Estado. A escolha do Rio Grande do Sul deu-se em função do seu pioneirismo na implantação da tecnologia, pelas significativas áreas agrícolas manejadas com o sistema de plantio direto e pelo desenvolvimento de pesquisas científicas complementares ao processo de difusão, que permitiram um corpo de informações confiáveis para análise.

Além disso, pelo período de início da difusão, que criou uma série histórica com dados secundários representativos de mais de 20 anos de processo, e porque alguns dados iniciais coletados indicavam que esta seria uma tecnologia próxima da maturidade. Os dados secundários foram obtidos, principalmente, em informações disponibilizadas pela Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (Febrapdp) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Também foram coletados dados primários através de entrevistas feitas com *experts* em plantio direto no Rio Grande do Sul. As entrevistas serviram, principalmente, para ratificar alguns fatos que apareciam de forma muito sutil nos documentos pesquisados. Para se definir quais deveriam ser os *experts* a

serem entrevistados, foi contatado um professor pesquisador da UFRGS, atuante na área de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em agronomia, que forneceu diretrizes sobre quem seriam os *experts* a serem consultados sobre plantio direto: Senhor José Eloir Denardin, dirigente da Embrapa-Trigo, Professor João Mielniczuck e Professor Luiz Carlos Federizzi, ambos pesquisadores da UFRGS, o primeiro ligado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo e o segundo ligado ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. A essas três entrevistas foram adicionadas mais duas: uma feita com a BUNGE Fertilizantes, que hoje engloba as empresas que, ao longo do tempo, contribuíram com o desenvolvimento de fertilizantes específicos para a tecnologia em estudo; e outra feita com o professor Renato Levien, da UFRGS, responsável pela disciplina de Manejo e Conservação de Solos.

O roteiro de entrevista foi elaborado a partir da pesquisa feita sobre o histórico do desenvolvimento do plantio direto no Rio Grande do Sul. Nesse processo, pode-se perceber que alguns fatos não apresentavam elementos suficientes para que se fizesse uma clara análise da adequação dos mesmos ao padrão que se buscava identificar. O roteiro continha cinco questões principais, e o contato com os entrevistados foi feito pela *internet*, com uso de correio eletrônico (*e-mail*). Retornadas as respostas, foram encaminhados novos *e-mails* sobre os pontos mais controversos, a fim de reforçar as afirmativas feitas. Foram trocados, em média, três *e-mails* com cada entrevistado. A opção pelo contato via correio eletrônico deu-se pela dificuldade de agendar as entrevistas pessoalmente com os *experts*, que se mostraram confortáveis com o uso desse tipo de tecnologia.

Os resultados das entrevistas foram analisados pela convergência das respostas, o que ocorreu na maioria dos aspectos observados. Tanto os dados secundários quanto os dados primários foram analisados e interpretados à luz do referencial teórico adotado e elaborado a partir de pesquisa bibliográfica. Esse referencial teórico possibilitou a criação de uma estrutura de análise para o estudo do processo de difusão tecnológica na agricultura, a qual considera:

- a) que a velocidade de difusão da tecnologia deve apresentar o formato de uma curva tipo "S", ou seja, demonstra baixa velocidade de difusão no período inicial, um processo de aceleração acentuada no segundo período e redução de velocidade no período de maior maturidade da tecnologia (Rogers, 1976; Cassiolato, 1994; Lissoni; Metcalfe, 1996);
- b) que se deve perceber uma continuidade da atividade inventiva ao longo do processo, bem como o aperfeiçoamento dos inventos depois de sua introdução no sistema produtivo (Cassiolato, 1994; Deza, 1995);
- c) que, possivelmente, ocorra o desenvolvimento das habilidades técnicas entre os usuários (*learning by using*), bem como o desenvolvimento de

- habilidade na fabricação de máquinas (*learning by doing*) (Cassiolato, 1994; Deza, 1995);
- d) deverá estar presente um alto grau de complementaridade entre diferentes técnicas dentro da atividade produtiva ao longo do processo de difusão da tecnologia (Nelson; Winter, 1982; Dosi; Nelson, 1994; Cassiolato, 1994; Deza, 1995);
 - e) o contexto institucional no qual se dá o processo de difusão, considerando variáveis sociais, legais, institucionais, econômicas, irá demonstrar barreiras e facilitações ao processo de difusão (Nelson; Winter, 1982; Dosi; Nelson, 1994; Cassiolato, 1994; Deza, 1995);
 - f) confirmado que a difusão tecnológica já se encontra na fase 3, buscar indicativos do estabelecimento de um paradigma tecnológico dominante (Rogers, 1976; Possas, 1989; Lissoni; Metcalfe, 1996).

Os dados coletados permitiram observar quais dos padrões estiveram ou não presentes no processo de difusão do plantio direto no Rio Grande do Sul.

4 Análise e discussão dos dados

4.1 Desenvolvimento do Sistema de Plantio Direto

De acordo com a Embrapa (2004, p. 2), o plantio direto compreende um conjunto de técnicas integradas que visam melhorar as condições ambientais (água-solo-clima) para explorar, da melhor forma possível, o potencial genético de produção das culturas. É um sistema que exige adaptação local da técnica, mas que, basicamente, respeita três requisitos mínimos: “[...] não revolvimento do solo, rotação de culturas e uso de culturas de cobertura para formação de palhada, associada ao manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas”.

O plantio direto na palha foi introduzido primeiramente nos estados do Sul do Brasil por volta da década de 70, numa tentativa de minimizar as perdas de solo, fertilizantes, corretivos, sementes, combustível e trabalho, sem considerar os custos ambientais e as perdas de rendimentos das culturas provocadas, principalmente, pela erosão hídrica, pelo relevo ondulado e pelo mau gerenciamento das propriedades. Segundo Borges (1993), em 1971, são feitas as primeiras experiências com plantio direto de trigo, em Londrina, no Paraná. O pioneirismo na adoção do plantio direto é fonte de controvérsias na literatura pesquisada: há os que consideram pioneiro o Estado do Paraná, e outros que remetem esse acontecimento para o Rio Grande do Sul. O fato é que ambos os Estados desenvolvem a tecnologia no mesmo período do tempo.

De acordo com Farias e Ferreira (2000), para conter o empobrecimento dos agricultores e dos recursos naturais, o Sistema de Plantio Direto (SPD) surge como uma alternativa sustentável de agricultura capaz gerar, no longo prazo, maior rentabilidade para o agricultor. Como principais contribuições do sistema à agricultura, destacam-se: diminuição do trabalho requerido, economia em combustível, aumento da capacidade de infiltração de água no solo, aumento da produtividade no longo prazo, redução no uso de maquinários, diminuição na compactação do solo, entre outros fatores.

Ainda para Farias e Ferreira (2000), até 1993, sucederam-se 20 anos de agricultura sem que tenha ocorrido expansão significativa na área cultivada com plantio direto. Esse fato ocorreu porque todas as incursões realizadas foram feitas de forma isolada e independente. As entidades de pesquisa, de extensão e a iniciativa privada atuavam de forma segmentada nos diversos aspectos do sistema. Foi só a partir de 1993, mediante uma parceria formada entre pesquisa, extensão, iniciativa privada e produtores rurais, conforme será observado a seguir, principalmente no exemplo do Estado do Rio Grande do Sul, que se passou a discutir o SPD como um sistema integrado de práticas, tornando-se possível desencadear ações concretas e provocar a expansão qualitativa e quantitativa do mesmo. Ainda nesse sentido, Mielniczuk (1999) salienta que, como qualquer processo que requer mudança de mentalidade, os resultados aparecem de forma vagarosa, e, muitas vezes, são de difícil quantificação.

É interessante resgatar aqui o que Possas (1989) aponta sobre fatores que motivam a adoção de uma inovação: lucratividade esperada, preferências dos consumidores, dispositivos regulatórios, processos de investimento e imitação. Se tomado o histórico do desenvolvimento do plantio direto, pode-se dizer que a inexistência inicial desses fatores contribuiu como um óbice à expansão da tecnologia.

Conforme aponta Borges (1993), além dos resultados produtivos e conservacionistas superiores ao sistema convencional, o plantio direto se consolida cada vez mais no Brasil através da criação de clubes, tais como o Clube Amigos da Terra, a Cooperativa dos Agricultores de Plantio Direto (Cooplantio), os endereços eletrônicos especializados, as revistas especializadas, os encontros regionais e nacionais, e o órgão máximo, a Febrapdp, sediada em Ponta Grossa (PR), que foi instituída em julho de 1992.

O Brasil vem em uma escala crescente na adoção do SPD. No ano de 2004, o SPD ocupava quase 22 milhões de hectares dos 42,5 milhões de hectares destinados à produção de grãos no Brasil, segundo os dados estimados pela Febrapdp (2004). Em 2007, segundo Rocher (2009), este número chegou a 26 milhões de hectares, mais de 50% do total plantado no País. A expansão das áreas exploradas sob o SPD teve um crescimento, da safra 1992/1993 para a

safras 2003/2004, de mais de 1000%, o que permite inferir que as áreas sob o sistema ainda possuem uma taxa de crescimento positiva.

Segundo dados ainda da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (2004), os Estados pioneiros na difusão do SPD, Rio Grande do Sul e Paraná, são também os Estados com a maior área de adoção do SPD, respectivamente, 3.593 mil hectares e 4.961 mil hectares, no período 2000-01, seguidos, na ordem, por Mato Grosso do Sul (1.699 mil ha), São Paulo (1.017 mil ha) e Santa Catarina (986 mil ha). Os Cerrados, e especificamente Mato Grosso do Sul, são os que apresentaram a maior taxa de crescimento da área em SPD: cerca de 20% entre as safras 1999/2000 e 2000/2001, sendo estas as áreas de maior possibilidade de ampliação na adoção do sistema, mas que ainda dependem de uma maior intensificação da pesquisa centrada nas plantas de cobertura que possam resistir aos períodos secos. O Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) vem tendo destaque na consolidação SPD no Paraná e no Brasil. Uma das linhas de pesquisa desta instituição está voltada para a pequena propriedade, desenvolvendo equipamentos que utilizam tração animal.

4.2 Difusão do plantio direto no Rio Grande do Sul

De acordo com as informações de Farias e Ferreira (2000), o uso do SPD no Rio Grande do Sul iniciou em 1972, a partir dos trabalhos da Embrapa-CNPT, Secretaria de Agricultura e Abastecimento e ICI-Cia Imperial. Essa afirmativa é contraposta pela afirmativa de Borges (1993), que aponta o ano de 1969 como o marco inicial dessa atividade, a partir das atividades da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Esta, a partir do Convênio MEC-USAID, havia importado uma semeadora de plantio direto fabricada nos Estados Unidos (a primeira da qual que se tem notícia no Brasil) e feito uma primeira incursão de semeadura direta ainda no ano de 1969, no município de Não-Me-Toque. Apesar das contradições quanto à data dos primeiros plantios em âmbito de pesquisa no SPD no Rio Grande do Sul, Farias e Ferreira (2000) apontam que datam de 1973 as primeiras iniciativas de agricultores quanto ao uso do SPD na região do Planalto e das Missões.

Apesar das iniciativas pioneiras do Rio Grande do Sul, em âmbito nacional, a expansão real da área cultivada ocorreu aproximadamente 20 anos após os primeiros plantios. Esse fato é apontado por Borges (1993), Farias e Ferreira (2000), Denardin e Kochhann (2004), Embrapa (2004) e Denardin, Ciprandi e Kochhann (1997) e pode ser observado na Figura 2. Esta figura enfatiza a curva de crescimento da área cultivada acentuando-se a partir de 1992 e destaca o momento em que as ações planejadas no Projeto Metas começam a ser efe-

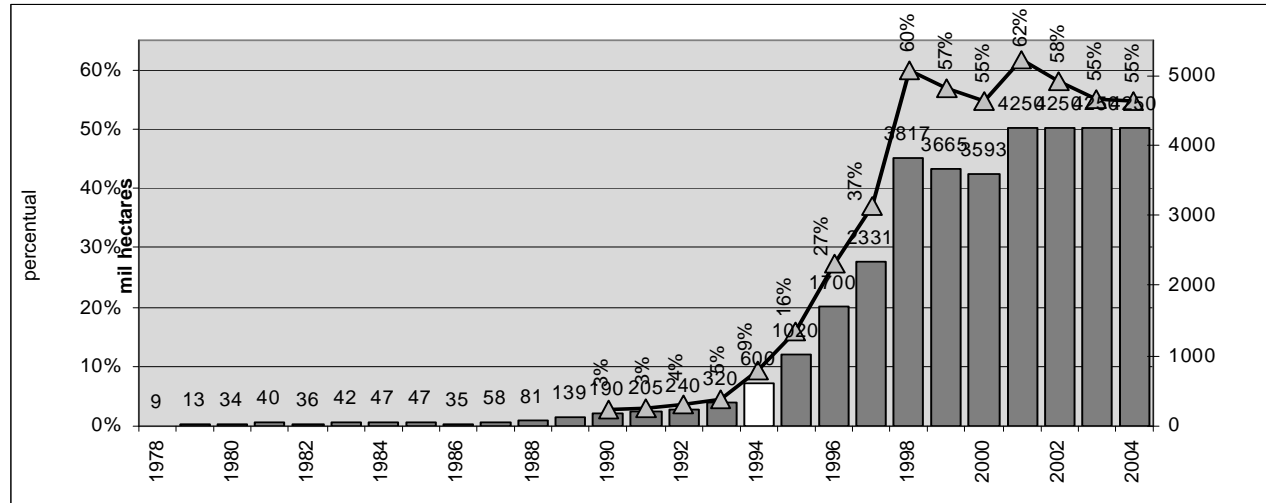
tivadas (o detalhamento deste projeto será feito mais adiante). O avanço no total de hectares plantados é acompanhado pelo avanço crescente desse tipo de sistema de plantio, quando observado o percentual que representa dentro de toda a área cultivada no Estado do Rio Grande do Sul.

Observando-se, especificamente, o percentual da área total plantada, este avança de 3% em 1990 (primeira estimativa apontada na Figura 2, visto que, nos anos anteriores, este valor era irrelevante) para 60% em 1998, tendo pequena queda nos dois anos subsequentes (57% em 1999 e 55% em 2000). O volume em área cresce, no ano de 2003, para 4.250 mil hectares, mantendo-se neste patamar a partir de 2003, de acordo com informações de Denardin *et al.* (2005). Essa estabilização da área manejada em plantio direto faz com que, paulatinamente, caia o percentual de área total de plantio manejado nesse sistema — de 62% em 2001 para 55% em 2004. As três culturas de maior destaque em plantio direto no RS são soja, milho e trigo e, em segundo plano, com menor área, aveia, triticale e centeio (Bastos Filho *et al.*, 2007). De acordo com informações de Federizzi (2009) sobre a produção agrícola rio-grandense, tirando-se a área de plantio de arroz, “[...] onde o sistema de plantio direto é pouco utilizado a área plantada restante é praticamente 100% feita com plantio direto”.

Cabe, aqui, uma explicação para a redução de área plantada observada entre 1999 e 2000. Isso ocorreu, em parte, pela redução no uso de herbicidas e, em grande parte, como consequência das dúvidas que o produtor tinha em relação à produtividade das culturas em sistemas de plantio direto na fase intermediária de sua utilização. O plantio direto possui três fases de estabelecimento. Fase inicial (um a três anos), quando ocorre gradativo processo de adensamento do solo e pode haver redução de produtividade. Fase intermediária (quatro a seis anos): é a fase mais crítica; se as técnicas auxiliares, como rotação de cultura e cobertura de solo, não forem utilizadas adequadamente, pode haver redução no potencial produtivo. E a fase de estabilização, quando os maiores benefícios em termos de estruturação do solo e aumento de produtividade são conseguidos. Muitos produtores reduziram o plantio direto na fase intermediária, mas rapidamente perceberam os problemas do preparo convencional e voltaram a fazer plantio direto.

Figura 2

Curva “S” de expansão da área cultivada em plantio direto com identificação do início do Projeto Metas no Rio Grande do Sul — 1978-04



FONTE: CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: maio 2006.
 DENARDIN, J. E. et al. **Manejo de enxurrada em sistema plantio direto**. Porto Alegre: Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. p. 25.
 DENARDIN, J. E.; CIPRANDI, M. A. O.; KOCHHANN, R. Projeto METAS: viabilização e difusão do sistema plantio direto no Rio Grande do Sul. **Revista Plantio Direto**, p. 45, set./out. 1997.
 FARIAS, A. D.; FERREIRA, T. N. Sistema de plantio direto no Rio Grande do Sul. **Informativo da EMATER-RS**, v. 18, n. 7, 13 nov. 2000.
 FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 7 dez. 2004.
 MELO, I. J. D. Evolução do sistema plantio direto na pequena propriedade no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 9, Chapecó, 2004.

Conforme mencionado anteriormente e de acordo com os estudos de Farias e Ferreira (2000), o hiato do início do processo até sua real alavancagem decorre do fato de todas as incursões realizadas na primeira fase terem sido feitas de forma isolada e independentes umas das outras, esbarrando em um conjunto de barreiras à difusão tecnológica, entre elas, a questão do desenvolvimento dos insumos e equipamentos e a capacitação técnica de usuários e extensionistas. Essa afirmativa é corroborada por um dos especialistas entrevistado, quando este aponta que o insucesso da expansão do plantio direto na década de 70 decorreu, principalmente, da falta de tecnologia adequada. Essa tecnologia inadequada estava expressa nas máquinas agrícolas, no sistema de controle das plantas daninhas e na falta de variedades de grãos adequadas, com bom potencial de rendimento, que pudessem ser inseridas no sistema de rotação.

Foi a partir de 1993 que se observaram as parcerias mais sólidas formadas entre entidades de P&D, iniciativa privada e produtores rurais, as quais passam a discutir o SPD como um sistema integrado de práticas, tornando-se possível desencadear ações concretas e provocar a expansão qualitativa e quantitativa do mesmo. Essa constatação está presente nas afirmativas de Farias e Ferreira (2000), Denardi e Kochhann (2004), Embrapa (2004) e Denardin, Ciprandi e Kochhann (1997).

Assim, de acordo com Mielniczuk (1999), dentre as várias ações desenvolvidas acerca das pesquisas e posterior difusão de novas práticas em manejo de solo, pode-se destacar: Projeto Saraquá, nas encostas basálticas do Rio Grande do Sul, coordenado pelo DS/UFRGS, a partir de 1980; o Programa de Microbacias Hidrográficas, coordenado pela Emater, a partir de 1984; e o Projeto Metas, coordenado pelo CNPTrigo-Embrapa, que incentivou a adoção da semeadura direta no Estado a partir de 1992. O Projeto Integrado de Uso e Conservação do Solo (PIUCS) e a Operação Tatu foram um marco de transformação na agricultura do Rio Grande do Sul (Mielniczuk, 1999). Esses projetos desenvolveram a consciência de que o produtor deveria reduzir o preparo do solo, pois a perda de solo, de nutrientes e de defensivos das lavouras e o assoreamento dos rios atingiram proporções insustentáveis.

Numa primeira fase de adoção da nova tecnologia, os agricultores passaram a utilizar o cultivo mínimo (operação de preparo do solo somente com escarificação, sem utilização de gradagem), enquanto as tecnologias de suporte ao plantio direto eram desenvolvidas, como plantadeiras adequadas e herbicidas seletivos às culturas comerciais. Os problemas de erosão que o preparo convencional causa tinham atingido proporções tão elevadas, que gerou descontentamento generalizado dos produtores, sendo um fator de estímulo à consciência coletiva para a busca de uma solução. Os especialistas consultados apontam que a percepção sobre a ampliação dos problemas ambientais ocasiono-

nados pelas práticas tradicionais de cultivo e a tendência a rendimentos decrescentes na produção foram importantes fatores motivadores para a adoção da nova tecnologia.

Dentre esses projetos e iniciativas, pode-se dizer que o Projeto Metas merece um destaque especial no incentivo ao uso da nova tecnologia em questão. Segundo as informações de Denardin, Ciprandi e Kochhann (1997), em 1992, a Embrapa-Trigo e a Monsanto do Brasil realizaram um levantamento objetivando verificar quais eram os motivos que impediam a adoção do SPD no Planalto do Rio Grande do Sul. O diagnóstico apontou para três grandes entraves: (a) necessidade de ajustes regionais de algumas tecnologias; (b) indisponibilidade de sementeiras adequadas à estrutura fundiária dominante (pequenas propriedades rurais); (c) falta de domínio pleno do sistema pelos técnicos de empresas prestadoras de serviço de assistência técnica e de fornecimento de insumos e de equipamentos, para orientar a sua prática.

Ainda de acordo com os dados de Denardin, Ciprandi e Kochhann (1997, p. 44), foi com base nesse diagnóstico que a Embrapa-Trigo formulou o projeto Viabilização e Difusão do Sistema de Plantio Direto no Planalto do Rio Grande do Sul (Projeto Metas), que tinha como principal objetivo

[...] ajustar tecnologias às peculiaridades regionais, adaptar e desenvolver sementeiras adequadas à estrutura fundiária da região do planalto do Rio Grande do Sul e aprimorar o conhecimento técnico de extensionistas e de fornecedores de insumos e equipamentos.

Através dessas medidas, o que se queria era criar as condições necessárias para a difusão do SPD, ou seja, difusão de uma inovação tecnológica específica.

Farias e Ferreira (2000), apesar de não citarem especificamente o Projeto Metas, apontam que foi a partir de 1993 que ocorreu o desencadeamento de ações concretas que provocaram a expansão quantitativa e qualitativa do SPD, em função da parceria formada entre pesquisa, extensão, iniciativa privada e produtores rurais. Já Denardine Kochhann (2004) aponta que as justificativas para o sucesso do Projeto Metas estão correlacionadas ao enfoque sistêmico que é dedicado ao SPD, tanto no “[...] processo de pesquisa e desenvolvimento como nos processos de adoção e de condução envolvidos neste sistema”.

Para Denardin, Ciprandi e Kochhann (1997, p. 45), a detecção dos gargalos e o sucesso obtido pelo Projeto Metas indicaram que havia um processo de pesquisa paralisado em função da não transformação do conhecimento existente em tecnologia aplicável ao ambiente específico e pela indisponibilidade de acesso aos meios necessários para que os usuários pudessem usar o sistema em desenvolvimento. Para os autores, foram as parcerias que possibilitaram a

[...] continuidade ao processo de pesquisa, transformando os conhecimentos em tecnologias prontas para uso, validando e difundindo essas tecnologias

e disponibilizando no mercado, de forma acessível, os meios para que os usuários pudessem adotar e praticar o sistema de plantio direto.

Em seu estudo, Denardin, Ciprandi e Kochhann (1997, p. 45) correlacionam a mudança na curva de expansão da área plantada em SPD com os resultados do Projeto Metas, conforme pode ser observado na Figura 2. Além disso, os estudos de Denardin *et al.* (2005) fazem todo um resgate detalhado dos processos que caracterizaram cada fase da evolução da difusão do plantio direto no Rio Grande do Sul, enfatizando o desenvolvimento de técnicas e conhecimentos complementares.

Buscando-se detalhar quais foram os elementos mais importantes para que o plantio direto se difundisse no Rio Grande do Sul, as entrevistas ajudam a ratificar alguns dos pontos já abordados. Um aspecto que é enfatizado pelos especialistas correlaciona-se com a sensibilização dos produtores para os efeitos nocivos das técnicas de manejo de solo tradicionalmente usados e que se refletiam nas quedas de produtividade e na degradação do ambiente. Esse processo foi complementado com a difusão intensa dos resultados obtidos pelo uso da nova tecnologia. Em relação a este último ponto, ocorreu um investimento intenso em publicidade, financiado por empresas interessadas na expansão do plantio direto, porque isso acarretaria incremento de insumos específicos que passaram a serem desenvolvidos para sustentar esse tipo de plantio.

Federizzi (2009) destaca que o plantio direto não deu certo no início, porque era feito com a rotação entre trigo e soja. Plantava-se trigo no inverno e soja no verão, sem rotação de outras culturas, o que deixava pouca palha no sistema. A mudança identificada no início dos anos 90 ocorreu em função da inclusão de outras culturas no sistema, fazendo com que restasse mais palha entre um cultivo e outro. Além disso, foram melhoradas as máquinas de plantio e apareceram os herbicidas com melhor controle das ervas daninhas. Para Federizzi (2009), “[...] quando estas coisas apareceram juntas o sistema emplacou de forma dominante”.

As ponderações de um dos especialistas mostram-se importantes para o entendimento da relevância do processo de aprendizagem que acompanha a difusão do plantio direto. Segundo o especialista, “[...] os eventos mais importantes para a expansão do sistema de plantio direto no Rio Grande do Sul foram aqueles estruturados para a transferência de tecnologia e não apenas para difusão de tecnologia”. No caso, o pesquisador está focando especificamente a capacitação propiciada aos produtores para que pudessem adotar a nova tecnologia. De acordo com ele,

[...] o sucesso na adoção de uma tecnologia de natureza complexa, como é o sistema plantio direto, é atingido mediante treinamentos sistematizados em módulos contínuos, ao longo de uma série de anos, e com mais de um

evento por ano, abordando temas seqüenciais e complementares e comprometendo o treinando com o método aprender-fazendo e com a prática da retro-informação, num processo evolutivo da construção do conhecimento e da aprendizagem.

Há uma convergência da opinião dos entrevistados sobre as tecnologias complementares. Todos os especialistas entrevistados apontam para a importância da adaptação das máquinas ao processo e para o desenvolvimento de herbicidas específicos como facilitadores do processo de difusão da tecnologia. Um dos entrevistados ainda aponta para o desenvolvimento de variedades adequadas de grãos, as quais apresentam um bom potencial de rendimento face ao novo procedimento de manejo do solo. A introdução da soja Randup Ready pode ser considerada como uma tecnologia complementar de relevância, pois facilitou o manejo químico de plantas resistentes aos herbicidas seletivos, com redução de custos em relação à tecnologia tradicional, o que converge para as afirmativas de Federizzi (2009).

Por fim, ainda podem ser enfatizados outros motivos que levam o agricultor a adotar a sistemática de plantio e que estão correlacionados com a facilidade no manejo da terra, redução de custos, aumento de produtividade, redução de impactos ambientais negativos e existência de apoio institucional para capacitação dos produtores. Todos os entrevistados têm um mesmo posicionamento sobre a importância desses elementos para que o produtor passasse a adotar a nova tecnologia.

Os ganhos proporcionados pela nova tecnologia e que impulsionam o produtor a adotá-la podem ser resumidos, segundo os especialistas, da seguinte forma: (a) ocorre uma redução do consumo de óleo diesel em cerca de 59,4 l/ha/ano; (b) o uso de mão de obra reduz-se em cerca de 4,8 h/ha/ano; (c) o tempo de máquina na lavoura reduz-se em cerca de 5,3 h/ha/ano; (d) há uma importante redução de perdas de nutrientes no solo, da ordem de 13,8 kg/ha/ano de nitrogênio, de 9,6 kg/ha/ano de fósforo e de 13,6 kg/ha/ano de potássio; (e) o sistema de manejo amplia a rapidez na operação de semeadura, permitindo que o produtor observe as melhores épocas de plantio, minimizando inclusive os períodos de entressafra; (f) a redução de tempo de uso de máquina diminui o desgaste e aumenta a vida útil dos equipamentos, o que vai causar um impacto positivo na redução dos custos fixos do estabelecimento rural. Mesmo com a adoção de equipamentos e insumos especializados, o resultado final indica uma diminuição geral dos custos de produção.

As entrevistas com os especialistas ratificam o que foi mencionado anteriormente: que as tecnologias complementares se mostram como elementos fundamentais para que a tecnologia principal consiga expandir-se. Os pesquisadores entrevistados concordam que a difusão da tecnologia a leva para

próximo de uma condição de paradigma tecnológico dominante, apesar de não afirmarem isso com veemência.

4.3 Síntese dos resultados observados

O confronto do que foi apresentado nesta seção com a estrutura de análise proposta permite as afirmativas a seguir elencadas.

a) Velocidade de difusão da tecnologia: a tecnologia em análise tende a apresentar o formato de uma curva tipo “S” na análise referente ao Rio Grande do Sul, conforme pode ser observado na Figura 2, ou seja, demonstra baixa velocidade de difusão no período inicial e um processo de aceleração acentuada no segundo período. Percebe-se, a partir de 2003, a estagnação da expansão da área plantada nesse sistema de manejo, o que pode estar indicando que o paradigma já está na fase madura de sua difusão e que está ocorrendo a saturação no uso da tecnologia.

b) Atividade inventiva e aperfeiçoamento dos inventos: percebe-se uma continuidade da atividade inventiva ao longo do processo, enfatizando-se aspectos como a adaptação de insumos, equipamentos e técnicas complementares, principalmente em função da necessidade de adaptação da tecnologia aos locais de aplicação e do desenvolvimento de equipamentos e insumos para o processo. Também se percebe o aperfeiçoamento dos inventos depois de sua introdução no sistema produtivo, ressaltando-se o período após 1993, quando ocorrem ações institucionalizadas visando à difusão da tecnologia. A participação de instituições de P&D no processo de desenvolvimento e implantação da técnica também corrobora essa afirmativa. Fica evidente, também, a preocupação de pesquisadores envolvidos com o tema quanto à continuidade do aperfeiçoamento da técnica visando sua aplicação em novas áreas e a otimização dos resultados possíveis.

c) Desenvolvimento das habilidades técnicas entre os usuários: percebe-se a ocorrência do desenvolvimento dessas (*learning by using*), bem como o desenvolvimento de habilidade na fabricação de máquinas (*learning by doing*), enfatizado pelos processos de capacitação de usuários, fornecedores e assistência técnica e pelo desenvolvimento de equipamentos específicos, abordados na experiência do Rio Grande do Sul, principalmente dentro do Projeto Metas.

d) Complementaridade entre as técnicas desenvolvidas: está presente um significativo grau de complementaridade entre diferentes técnicas dentro da atividade produtiva ao longo do processo de difusão da tecnologia. Há indicativos, no texto abordado, de que o SPD é um processo sistêmico, necessitando desse

tipo de complementaridade. Fica evidente, também, que a primeira fase de difusão da técnica, que ocorreu de forma vegetativa, esbarrou justamente na falta de tecnologias complementares.

e) Contexto institucional: percebe-se que o contexto institucional criou facilidades ao processo de difusão tecnológica, principalmente devido ao empenho e envolvimento de instituições de P&D e iniciativa privada no processo de desenvolvimento e difusão da tecnologia e de criação e melhoria dos meios necessários a esses processos.

f) Estabelecimento de um paradigma tecnológico dominante: o fato de não se conseguir ainda definir se a difusão tecnológica se encontra na terceira fase de evolução, podendo ainda haver capacidade para expansão da área plantada no SPD no Rio Grande do Sul, leva a ponderar que essa tecnologia tende a configurar-se como um paradigma tecnológico dominante, podendo ser a base para novas inovações tecnológicas nos próximos anos. Essa tendência precisará ser confirmada com o acompanhamento do processo de difusão da tecnologia.

5 Considerações finais

Com os elementos pesquisados, pode-se afirmar que a expansão do plantio direto no Rio Grande do Sul comporta-se de acordo com a curva “S” de difusão tecnológica e de acordo com outros elementos característicos dos processos de difusão tecnológica estudado para a indústria, considerando-se a estrutura analítica proposta: atividade inventiva e aperfeiçoamento dos inventos, desenvolvimento das habilidades técnicas entre os usuários, complementaridade entre as técnicas desenvolvidas, contexto institucional e estabelecimento de um paradigma tecnológico dominante.

No entanto, deve ser considerado que o trabalho tem algumas limitações, dentre as quais cabe destacar a necessidade de se prolongar o acompanhamento dessa por mais alguns anos, visando à confirmação do pressuposto de que essa já é uma tecnologia madura e configura-se como um paradigma tecnológico dominante.

Outros estudos que seriam possíveis, ou que se mostraram interessantes a partir dessa linha de análise, seriam: (a) a identificação do sistema de expansão geográfica da tecnologia em análise; (b) a busca de dados mais contundentes que permitam a identificação do SPD como um paradigma tecnológico dominante; (c) a expansão do estudo para outras tecnologias, a fim de confirmar se o padrão encontrado para o SPD se repete; (d) identificar se a adoção SPD é um dos fatores responsáveis pela competitividade dos agronegócios brasileiros em função

dos múltiplos efeitos positivos que gera; (e) quais seriam os múltiplos impactos diretos e indiretos que a adoção dessa tecnologia ocasiona e que não são observáveis no curto prazo, e que a uma observação mais superficial não teriam relação de causa e efeito com a tecnologia em análise (como seria, por exemplo, a quebra da resistência à adoção de outras tecnologias); (f) analisar se o SPD seria uma tecnologia orientada pela lógica do desenvolvimento sustentável; (g) observar se ocorrem adaptações regionais no uso da tecnologia e se estas provocam diferenciações nos resultados observados; (h) observar como se dá sua utilização em diferentes culturas agrícolas, diferenciando-se culturas de grãos daquelas voltadas à produção de pastagem.

Referências

ANDERSEN, Birgitte. The evolution of technological trajectories 1890-1990. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 9, p. 5-34, 1998.

BASTOS FILHO, Guilherme et al. Rally da safra 2007: uma avaliação do plantio direto no Brasil. **Revista Plantio Direto**, n. 101, set./out., 2007. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=823>. Acesso em: 19 maio 2009.

BORGES, G. O. **Resumo histórico do plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993.

CASSIOLATO, J. Innovacion y cambio tecnológico. In: MARTINEZ, E. (Ed.). **Ciência, tecnologia y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas**. Chile: Nova Sociedad, 1994.

CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: maio 2006.

DENARDIN, J. E. et al. **Manejo de enxurrada em sistema plantio direto**. Porto Alegre: Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. p. 25.

DENARDIN, J. E.; CIPRANDI, M. A. O.; KOCHHANN, R. Projeto METAS: viabilização e difusão do sistema plantio direto no Rio Grande do Sul. **Revista Plantio Direto**, p. 45, set./out. 1997.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. **Sistema de produção em plantio direto**. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br>>. Acesso em: 7 dez. 2004.

DERPSCH, R.; MORIYAK. Sustainable land use: furthering cooperation between people and institutions. **Advances in Geocology**, n. 31, v. II, p. 1179-1186, 1998.

DEZA, X. V. **Economia de la innovación y del cambio tecnológico**. Espanha: Siglo XXI, 1995.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, n. 11, 1982.

DOSI, G.; NELSON, R. An introduction to evolutionary theories in economics. **Journal of Evolutionary Economics**, n. 4, 1994.

EMBRAPA. **Sistema plantio direto**: plataforma plantio direto. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 7 dez. 2004.

FARIAS, A. D.; FERREIRA, T. N. Sistema de plantio direto no Rio Grande do Sul. **Informativo da EMATER-RS**, v. 18, n. 7, 13 nov. 2000.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 7 dez. 2004.

FEDERIZZI, L. C. **Detalhes do plantio direto no RS**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <deborahoff@unipampa.edu.br> em 27 maio 2009 (correspondência).

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS — IAC. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2004.

LISSONI, F.; METCALFE, J. S. Diffusion of innovation ancient and modern: a review of the main themes. In: DODGSON, M.; ROTHWELL, R. **The handbook of industrial innovation**. UK: Edward Elgar, 1996.

LOPES A. S. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004.

MELO, I. J. D. Evolução do sistema plantio direto na pequena propriedade no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 9, Chapecó, 2004.

MIELNICZUK, J. Manejo do solo no Rio Grande do Sul: uma síntese histórica. **Revista Agronômica**, v. 12, n. 2, p. 1118-1119, 1999.

MORAES, C. A. C. Inovação tecnológica e estratégia da empresa inovadora. In: ENANPAD, 20, Rio de Janeiro, 1997.

NELSON, R.; WINTER, S. Introduction. In: NELSON, R.; WINTER, S. **A evolutionary theory of economic change**. New York: Harvard, 1982.

PAVITT, Keith. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

POSSAS, M. L. Em direção a um paradigma microdinâmico neo-schumpeteriano. In: AMADEO, E. (Org.). **Ensaio sobre a economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico**. São Paulo: Marco Zero, 1989.

POSSAS, Mario Luiz; SALLES-FILHO, Sergio; SILVEIRA, José Maria da. An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 11, n. 1/3, p. 9-31, 1994.

REYNE, M. **Les choix technologiques pour l'entreprise: diagnostic technique, analyse de l'environnement économique**. Paris: Tec&Doc Lavoisier, 1987.

ROCHER, José. Paraná: plantio direto cobre 80% da área de grãos do estado. **Gazeta do Povo**. Disponível em: <http://www.paginarural.com.br/noticias_detalhes.php?id=75603>. Acesso em: 19 maio 2009.

ROGERS, Everett. New product adoption and diffusion. **Journal of Consumer Research**, v. 2, p. 290-301, March 1976.

SILVA, C. R. L. da. **Inovação tecnológica e distribuição de renda: impacto distributivo dos ganhos de produtividade da agricultura brasileira**. São Paulo: IEA, 1995.

STANTON, M. Mudanças de paradigma. Disponível em: <<http://www.paradigma.com.br/leiamais/leiamais0008/view>>. Acesso em: 19 maio 2009.

UTTERBACK, J. The process of technological innovation within the firm. **Academy of Management Journal**, v. 14, p. 75-88, mar. 1971.

