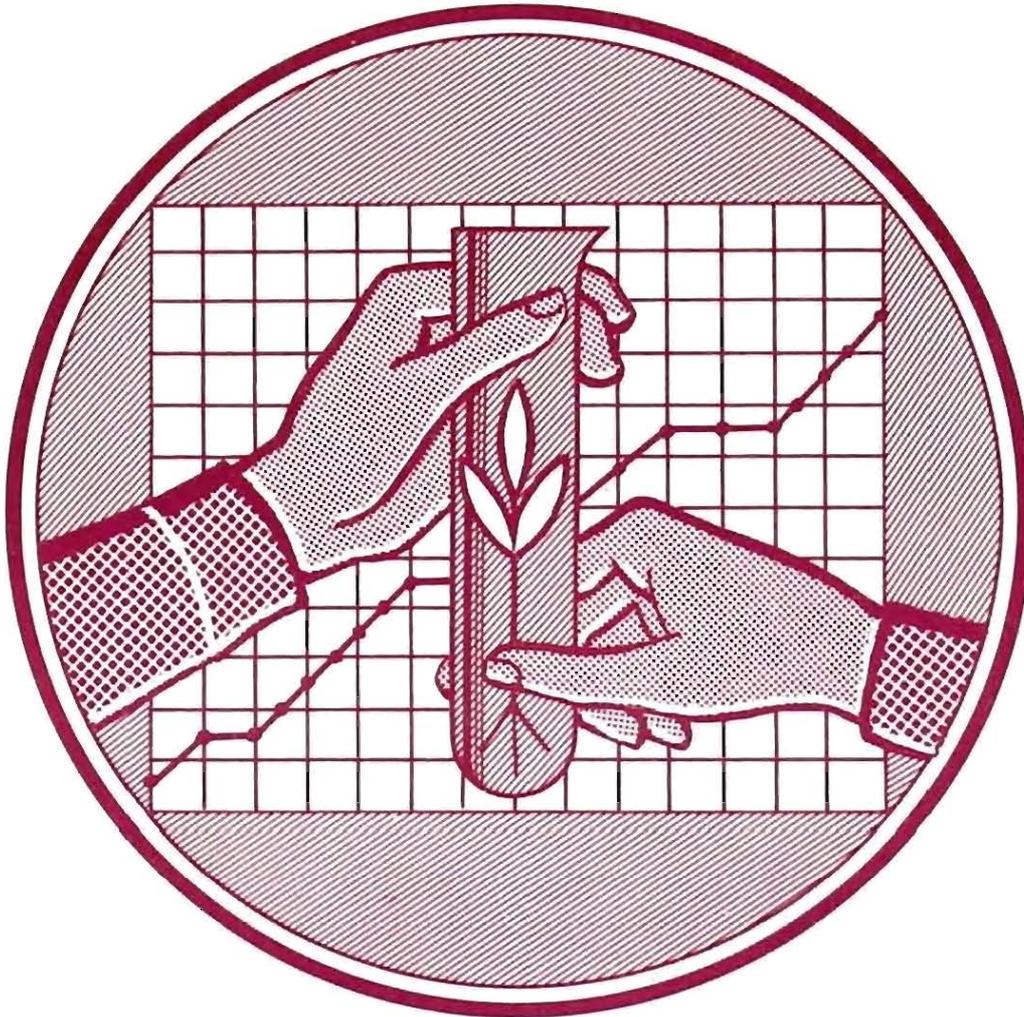




EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Departamento de Difusão de Tecnologia



**PROPOSTA PARA UM PROGRAMA DE PESQUISA
SOBRE A GERAÇÃO DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA**

**PROPOSAL FOR A RESEARCH PROGRAM ON THE
PRODUCTION OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY**

Ivan Sergio Freire de Sousa
Edward Gerald Singer



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Departamento de Difusão de Tecnologia

**PROPOSTA PARA UM PROGRAMA DE PESQUISA
SOBRE A GERAÇÃO DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA**

**PROPOSAL FOR A RESEARCH PROGRAM ON THE
PRODUCTION OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY**

EMBRAPA—DDT. Documentos, 16

**Exemplares desta publicação podem ser solicitados à
EMBRAPA/DDT**

SCS, Quadra 8, Bloco B, n.60

Supercenter Venâncio 2000, 4ª andar, s.440

Telefone: (061) 225-3870 R. 215

Telex: (061) 1620

Caixa Postal, 04-0315

70312 Brasília, DF

Sousa, Ivan Sergio Freire de

Proposta para um programa de pesquisa sobre a geração de tecnologia agropecuária, por Ivan Sergio Freire de Sousa e Edward Gerald Singer. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1984.

66p. (EMBRAPA-DDT. Documentos, 16).

1. Agropecuária - Tecnologia - Geração. 2. Agropecuária - Tecnologia - Programa. 3. Agricultura - Tecnologia - Geração. I. Singer, Edward Gerald, colab. II. Título. III. Série.

CDD: 630.72

APRESENTAÇÃO

Um dos propósitos da EMBRAPA e, conseqüentemente do Departamento de Difusão de Tecnologia, é o de estimular entre o seu corpo técnico o exercício de atividades relacionadas à criação de idéias, exercício este que, sem dúvida, é crucial para o sucesso da tarefa de pesquisa. Entre outras coisas, o pensamento criativo é aquele que é capaz de associar os elementos (físicos e/ou sociais) existentes na natureza em combinações novas objetivando o atendimento de alguma necessidade, seja esta prática ou teórica.

Nos últimos dez anos, a difusão de tecnologia dentro da EMBRAPA tem-se constituído num conjunto de ações que participa das diferentes etapas da atividade de pesquisa. Além dos seus aspectos técnico-agronômicos específicos, a difusão de tecnologia envolve uma atividade de articulação, uma atividade de programação e uma atividade de pesquisa. O trabalho de Ivan Sergio e Edward Singer é um passo importante da organização sistemática dessa atividade de pesquisa do Departamento de Difusão de Tecnologia (DDT). Fundamentalmente, o trabalho possui uma natureza prático-teórica, isto é, sem perder a dimensão global da problemática tecnológica, os autores oferecem alternativas concretas para o trabalho de pesquisa sobre o processo de geração de tecnologia agropecuária, apontando, inclusive, problemas concretos que estão em busca de respostas.

Escrito nos Estados Unidos em março de 1983, o trabalho traz, com esta publicação, também a sua tradução em português, para a qual muito contribuiu o colega Eduardo Carlos Garda, do DDT, ajudado posteriormente por Maria de Fatima Guerra de Sousa, Lois Martin Garda e Cyro Mascarenhas Rodrigues.

Esta publicação é principalmente destinada aos pesquisadores do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária, aos técnicos do Sistema Brasileiro de Assistência Técnica e Extensão Rural e aos estudiosos em geral preocupados com a temática da ciência e da tecnologia. O caráter bilingüe da publicação tem a função de facilitar o contato com os estudiosos de outros países, muitos dos quais têm encorajado o esforço da área de pesquisa do DDT para, em bases científicas, entender e explicar o processo de criação tecnológica destinada à agricultura. As referências bibliográficas do trabalho estão todas reunidas após o texto em inglês.

Estamos convencidos que a coleção Documentos do DDT dá, com esta publicação, mais um passo decisivo para o debate de idéias e para a difusão de conhecimentos tão caros à comunidade científica.

Ubaldino Dantas Machado
Chefe do Departamento de Difusão de Tecnologia.

FOREWORD

One of the purposes of EMBRAPA and of its Department of Diffusion of Technology is to stimulate, within its technical team, activities related to the development of ideas. Such activities are without a doubt crucial for the success of the research task. Among other things, creative thinking is that which is able to arrange elements existent in nature (physical and/or social) into new combination, with the purpose of fulfilling some practical or theoretical need.

During the past ten years, diffusion of technology within EMBRAPA has developed into a set of activities involved in the different stages of the research task. Aside from its specific technical/agronomical aspects, diffusion of technology involves three clearly defined types of activities: articulation, programming, and research. The work of Ivan Sousa and Edward G. Singer is an important step forward in the systematic organization of the research activities of the DDT. A fundamental characteristic of their work is its practical/theoretical nature. In other words the authors offer concrete alternatives for research on the process of production of agricultural technology and point to concrete problems in search of solutions, without losing the overall dimension of the technological issues at stake.

Written in the United States in March, 1983, this edition includes a translation into Portuguese, to which our DDT colleague Eduardo Carlos Garda greatly contributed, assisted by Maria de Fátima Guerra de Sousa, Lois Martin Garda, and Cyro Mascarenhas Rodrigues.

This publication is aimed mainly at researchers of the Cooperative System of Agricultural Research, at technicians of the Brazilian Technical Assistance and Rural Extension System, and to those concerned with the issues of science and technology. The purpose of this bi-lingual edition is to facilitate contact among scientists of different countries, many of whom have encouraged the research efforts of the DDT, to understand and explain, on a scientific basis, the process of technology production for agriculture. The bibliographical references are listed at the end of the English version.

We are convinced that the DDT Documents Collection, through this publication, is giving a decisive step forward in the debate of ideas, as well as for the dissemination of knowledge, so dear to the scientific community.

Ubaldino Dantas Machado
Head — Department of Diffusion of Technology

SUMÁRIO

Apresentação	3
Foreword	5
Proposta Para Um Programa de Pesquisa Sobre A Geração de Tecnologia Agropecuária	9
Introdução	9
Bases Prévias Para a Pesquisa	10
O Enfoque Psicológico	10
O Enfoque Econômico	11
O Enfoque Sociológico	14
Problema do Programa de Pesquisa	17
Em Busca de um Modelo Operacional Para a Produção de Pesquisa e Tecnologia Agropecuárias	18
Incentivos tecnológicos	20
O Estado e a Pesquisa Agropecuária	23
O Processo de Pesquisa	27
As Direções do Programa de Pesquisa	27
Objetivo da Pesquisa e Tópicos Para Discussão	28
Níveis de Análise	31
A Proposal For a Research Program on the Production of Agricultural Technology	35
Introduction	35
Previous Bases For Research	36
The Psychological Approach	36
The Economic Approach	37
The Sociological Approach	40
Posing the Problem of the Research Program	43
Toward an Operational Model For the Production of Agricultural Research Technology	43
Technological Incentives	45
The State and Agricultural Research	49
Research Process	52
Research Direction For The Program	52
The Research objective and Issues	53
Level of Analysis	56
References	59

PROPOSTA PARA UM PROGRAMA DE PESQUISA SOBRE A GERAÇÃO DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA¹

Ivan Sergio Freire de Sousa²
Edward G. Singer³

INTRODUÇÃO

Já foi dito que a tecnologia, não apenas a tecnologia agrícola, conduz a tantos problemas quanto resolve, e para obtermos os efeitos desejados da tecnologia temos que aceitar os seus efeitos perniciosos (Ellul 1954). Esta visão pessimista de tecnologia e mudança ainda permeia a literatura e tem aberto um caminho necessário para a investigação das conseqüências sociais da tecnologia.

Embora o conhecimento das conseqüências da tecnologia seja importante e se constitua uma necessária retroalimentação para os centros de pesquisa, ele não esclarece como as tecnologias são desenvolvidas, nem define os caminhos pelos quais se poderia trabalhar para restringir os efeitos perniciosos de uma tecnologia emergente. O programa de pesquisa aqui apresentado dirige atenção ao que já se conhece, total ou parcialmente, sobre os processos que tornam possível a tecnologia agrícola. Pretendemos apresentar uma proposta para cientistas de diferentes disciplinas. O intuito é o de abrir caminhos para a investigação do *como* e o que ocorre durante o processo de geração de novas tecnologias agrícolas. O programa proposto também abre caminho para a investigação do *porque* o processo de geração de tecnologia agropecuária assume uma forma definitiva, e *porque* ele se modifica.

- ¹. — As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade dos autores e não necessariamente da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) ou do Departamento de Sociologia Rural, da Universidade de Missouri. Agradecemos o apoio recebido de Ubaldino Dantas Machado, chefe do Departamento de Difusão de Tecnologia, da EMBRAPA, e as discussões com William L. Flinn, Lawrence Busch, Frederick H. Buttel e Maria de Fátima Guerra de Sousa. Foi também muito útil a apresentação feita por um dos autores (Ivan Sergio) no Departamento de Sociologia Rural, da Universidade de Cornell, em setembro de 1982. Esta foi a primeira oportunidade que tivemos de apresentar as idéias básicas aqui desenvolvidas para um público maior. Finalmente, agradecemos as revisões feitas a uma versão anterior por Lawrence Busch, Frederick H. Buttel, William L. Flinn, Jere L. Gilles, William H. Friedland, e Herbert F. Lionberger. As suas sugestões contribuíram em muito para o aprimoramento desta versão final. A argumentação básica, porém, permanece aquela dos autores.
- ². — Coordenador da Área de Pesquisa do Departamento de Difusão de Tecnologia (DDT), da EMBRAPA.
- ³. — Professor no Departamento de Sociologia Rural, da Universidade de Missouri, Columbia, EUA.

Inicialmente, revisaremos a literatura para mostrar que soluções diferentes e apenas parciais têm sido empregadas no problema do porque uma tecnologia é gerada e/ou porque ela se modifica. Em três disciplinas – psicologia, economia e sociologia – o principal paradigma de cada uma delas é examinado. Segue-se uma visão mais geral da mudança tecnológica, a qual se baseia tanto na discussão de paradigmas dominantes quanto nos desenvolvimentos recentes da teoria sociológica. A parte final propõe e justifica um estudo amplo da pesquisa tecnológica e apresenta objetivos e sugestões para diferentes direções de pesquisa.

Bases Prévias Para a Pesquisa

Grande parte das pesquisas sobre a geração de tecnologia agrícola foi realizada no contexto de uma das três abordagens aqui examinadas: a psicológica, a econômica e a sociológica (Sousa 1980). Um levantamento dos estudos desenvolvidos em cada abordagem proporciona uma fundamentação sobre os conhecimentos existentes, ou seja, oferece um contexto de interligações relevantes para o estudo do processo de geração de tecnologia agrícola. Esta fundamentação é também uma base para a identificação de algumas das dimensões necessárias para uma abordagem mais abrangente de novas linhas de pesquisa.

O Enfoque Psicológico

Enfatizando o indivíduo no processo de desenvolvimento científico, o enfoque psicológico tem-se preocupado com problemas de inteligência, personalidade, atitudes e os seus efeitos sobre a criatividade. O enfoque psicológico sobre criatividade tem considerado a **pessoa** (quem são as pessoas criativas), o **produto** (o que as pessoas fazem que possa ser considerado criativo) e o **processo** (como uma pessoa criativa faz o que faz).

Seja qual for o enfoque – pessoa, produto ou processo – existem sérios problemas metodológicos. A principal crítica dos estudos sobre indivíduos criativos é que se baseiam em estudos de caso pouco generalizáveis. Por outro lado, o emprego de fontes secundárias gera problemas de validade. Devido à falta de critérios consensuais para a caracterização do sujeito “criativo”, a utilização de julgamentos de especialistas afeta tanto a confiabilidade quanto a validade.

Situação semelhante ocorre quanto ao produto criativo. Como também inexistem critérios consensuais para caracterizá-lo, os problemas metodológicos persistem. Neste sentido, a criatividade tem sido avaliada de acordo com: a qualidade de um trabalho novo e a sua aceitação como útil num dado momento (Stein 1963); algo novo (Barron 1965); o grau pelo qual uma resposta ou idéia é nova ou estatís-

ticamente infreqüente (MacKinnon 1965); uma coisa que seja ao mesmo tempo ímpar e útil (Griffith 1976).

Guilford (1950, 1959, 1965 e 1967) tem oferecido contribuições importantes ao estudo do processo do pensamento criativo, mas esse processo também implica em problemas metodológicos, principalmente quanto à sua identificação e mensuração. Se o processo criativo for encarado como uma seqüência linear (Wallas 1926), cada "etapa" requer a especificação de indicadores. Quando do processo resulta um produto relacional novo (Rogers 1971), falta definir o que constitui um produto "novo".

Quase todos os problemas metodológicos implícitos no estudo da criatividade em geral estão, sem dúvida, presentes no estudo da criatividade científica na produção de tecnologia agrícola. Guilford (1963) toca num dilema teórico-metodológico ainda mais amplo quando escreve que "certas aptidões intelectuais determinam o que o cientista pode fazer. Sua motivação e suas oportunidades ambientais ajudam a determinar o que fará". Através das contribuições das outras correntes (econômica e sociológica) tem ficado cada vez mais evidente que os aspectos estritamente psicológicos da criação científica são somente uma parte da criatividade nas ciências e na tecnologia. Resumindo, um enfoque exclusivo sobre o indivíduo cria duas problemáticas: na metodologia, não existe nenhuma base para o desenvolvimento de uma definição de criatividade; na teoria, formas específicas de criatividade ficam completamente sem explicação. Uma tentativa de superar estas dificuldades foi feita por Usher (1954), um historiador⁴, e também por estudiosos de outras disciplinas.

O Enfoque Econômico

O enfoque econômico tem proporcionado um relato mais sistemático do processo de geração de tecnologias agrícolas, principalmente através de sua ala neoclássica. Geralmente, a economia trata a tecnologia como: (1) um fator autônomo que ocorre independentemente de eventos sócio-econômicos (Lewis 1954, Ranis & Fei 1961, Jorgenson 1961), e (2) um fator dependente que responde a pressões econômicas (Hicks 1932; Schumpeter 1949; Hayami & Ruttan 1971). Desse segundo tratamento econômico do problema tecnológico surgiu a "teoria da inovação induzida".

Para Schumpeter (1949 e 1939), a tecnologia reflete necessidades econômicas. Uma inovação é o que se cria sob pressão econômica e, uma vez produzida, afeta a economia. Porém Schumpeter não oferece uma teoria da inovação como tal.

Hicks (1932) forneceu a base para tal teoria. Ele mostrou que a mudança nos preços relativos dos fatores de produção resulta num “progresso tecnológico tendencioso”, onde a geração de tecnologia economiza o uso dos fatores mais caros (Hicks 1932). As invenções são classificadas como “economizadoras de mão-de-obra”, “neutras” ou “economizadoras de capital”. As “economizadoras de mão-de-obra” aumentam a proporção do produto marginal de capital em relação à mão-de-obra; as “neutras” não mudam essa relação; e as “economizadoras de capital” reduzem essa proporção. Porém, a grande maioria de inovações é, na verdade, “economizadora de mão-de-obra”. Salter (1966) argumenta, ao contrário, que os empresários tentam reduzir o custo total, em vez de custos específicos, tais como mão-de-obra.

Para Hayami & Ruttan (1971), inovações dependem das condições econômicas da macroeconomia. Seu enfoque macroeconômico ultrapassa as micro-considerações de Hicks, que giram em torno da empresa, e permite a análise da mudança tecnológica na sociedade como um todo. O modelo de Hayami & Ruttan afirma que: a mudança tecnológica é uma variável endógena no processo de desenvolvimento e depende de forças econômicas; há caminhos múltiplos ao desenvolvimento tecnológico; a tecnologia não é neutra nas suas características economizadoras de recursos; as mudanças técnicas têm o papel de facilitar a substituição de um recurso por outro (Hayami & Ruttan, 1971). Salvo poucas exceções (Sousa 1980, Oasa & Koppel 1982), as hipóteses de Hayami e Ruttan receberam poucas críticas dos economistas ou de outros cientistas. Igualmente, suas hipóteses têm exercido grande influência sobre os economistas e responsáveis por políticas nos programas de desenvolvimento agrícola nos Estados Unidos e nos países em desenvolvimento, como o Brasil. Devido à sua importância prática, as hipóteses de Hayami & Ruttan merecem um exame mais profundo. Esperamos que os pontos críticos discutidos a seguir chamem a atenção para essa necessidade.

Primeiro, Hayami & Ruttan mantêm a proposta de Schumpeter de que a inovação é a força central e o elemento determinante na economia. Esta forma de determinismo tecnológico enfatiza o lado da oferta no processo de desenvolvimento. Desta forma, as soluções para a estagnação agrícola são: (1) desenvolvimento tecnológico (a criação de novas tecnologias), e (2) o fornecimento de serviços de extensão e programas de crédito. Apesar da sua importância para o desenvolvimento econômico, a tecnologia é só uma contribuição entre outras. Além disso, os sociólogos por exemplo, Burawoy 1978, insistem em que a tecnologia está inextricavelmente ligada às relações sociais e, assim, a tecnologia em si é bastante complexa social e politicamente.

Em segundo lugar, seu conceito de “sociedade” esconde possíveis divisões que devem ser reconhecidas quando estão em jogo decisões referentes às “neces-

sidades da sociedade” ou aos “benefícios da sociedade”. Hayami & Ruttan (1971) escrevem que “é pouco provável que uma mudança institucional se mostre viável a menos que os benefícios à sociedade superem os custos”. Contribuições fornecidas pelo enfoque sociológico demonstram que o conceito de uma sociedade “não-diferenciada” é perigosamente enganador.

Uma terceira limitação resulta do seu enfoque exclusivo no mercado, às custas de outros fatores no desenvolvimento da tecnologia. A suposição de um “mercado livre” (por exemplo um sistema de preços que reflete a escassez de recursos) não leva em conta o envolvimento preponderante do Estado na economia. Desta forma, a possibilidade de generalizar tal modelo à sociedade brasileira (e a muitos outros casos, incluindo o dos Estados Unidos) é questionável. Na verdade, “monetaristas” como Schultz (1968) e Johnson (1967) chamam atenção para o caráter distorcido que resulta das intervenções públicas na ação livre das forças de mercado. A hipótese de inovação induzida de Hayami & Ruttan, porém, não considera tais distorções, nem especifica o papel do investimento público na pesquisa tecnológica. Para Hayami & Ruttan, a geração de tecnologia agrícola é uma resposta às forças do mercado (por exemplo, o aumento do custo da mão-de-obra) em lugar de uma resposta às forças sociais (por exemplo, o aumento do poder da mão-de-obra).

A relativamente recente interpretação de mudanças tecnológicas e institucionais como sendo endógenas ao sistema econômico (Binswanger & Ruttan 1978) marca um importante avanço para o modelo de inovação induzida. Anteriormente a esses avanços, o modelo da inovação induzida não poderia fazer mais do que assumir a relação entre o preço dos fatores relativos e o produto da pesquisa. Em resposta aos críticos e com um novo conjunto de dados históricos (por exemplo, o sucesso limitado da chamada Revolução Verde) cresceu, entre alguns economistas neoclássicos, a consciência de que as forças que dão forma à tecnologia agropecuária não são puramente econômicas, mas também sociais, veja, por exemplo, Sanders & Ruttan 1978, Janvry 1978. Uma consequência importante deste novo desenvolvimento foi uma preocupação maior pelo social e, além disso, o social passou a ser visto numa perspectiva diferente.

Antes do desenvolvimento da teoria de inovação induzida, a maioria dos economistas encarava a mudança tecnológica como sendo sujeita a influências intelectuais (veja o “Enfoque Psicológico”) ou sócio-culturais (por exemplo, invenções que surgem de conhecimentos existentes na cultura) que eram teorizadas por outros cientistas sociais. O impacto inicial do modelo de inovação induzida foi uma mudança de enfoque por parte dos economistas, que passaram a encarar a mudança tecnológica como ligada às forças econômicas, e não aos mecanismos

sócio-culturais gerais. Com os seus posteriores refinamentos e problemas persistentes, a teoria da inovação induzida tem mostrado a necessidade de se considerar as instituições sociais nos modelos de mudança tecnológica.

O Enfoque Sociológico

O enfoque sociológico tomou, pelo menos, três amplos caminhos na procura de uma teoria sistemática da produção de ciência e tecnologia, nenhum dos quais conseguiu resolver as diversas questões da mudança tecnológica. Um desses caminhos – o mais tradicional e talvez menos satisfatório – se preocupa em verificar até que ponto uma dada base cultural determina uma invenção particular, presumindo um nível constante de capacidade mental (Ogburn 1922, Ogburn & Nimkoff 1940, Ogburn & Thomas 1922, Kroeber 1944, Barnett 1953 e Gilfillan 1935a, 1935b).

Trabalhos mais recentes (Havelock 1971, Rogers & Shoemaker 1971) têm desenvolvido uma perspectiva denominada de “sistemas de informação”, a qual tem adicionado alguns refinamentos à explicação sócio-cultural. Outro caminho, amplamente creditado a Merton, pergunta “por-que” a maioria dos indivíduos, a maioria do tempo, acaba querendo fazer o que a sociedade ‘precisa’ que façam?” (Storer 1966). Apesar de ser mais forte, este caminho (Merton 1949, Ben-David 1960, Marcson 1960, Kornhauser 1962, Abrahamson 1964, Zuckerman 1967, Swatez 1970, Gaston 1970, Hagstrom 1971, Clement 1974) tem, porém, “se tomado cada vez mais envolvido com o procedimento interno do sistema social da ciência e cada vez menos interessado diretamente nas relações que existem entre a ciência e o ambiente sócio-político onde se desenvolve” (Skclair 1973). Apesar desta crítica, o caminho escolhido por Merton tem proporcionado uma “tendência à interação” (relativa às influências entre cientistas individuais) e uma “tendência institucional” (relativa às macroinfluências sobre a organização científica e o papel do cientista na sociedade).

A sociologia radical⁵ (Engels 1976, Bukharin 1971, Hessen 1971, Colman 1971, Bernal 1939, Sohn-Rethel 1975, Braverman 1974, Aronowitz 1978, Noble 1977, 1978 e Hodgkin 1976) oferece um terceiro caminho dentro do enfoque sociológico. Este se distingue pela ênfase na determinação social da substância (por exemplo ciência “capitalista” versus ciência “proletária”) da ciência e da tecnologia. Determinação social inclui claramente as dimensões econômicas e políticas da realidade social. Dois pontos de vista muito diferentes sobre a tecnologia

⁵ . – Vandermeer (1982) classifica a ciência radical como aquela que se deriva da perspectiva do trabalho. A sociologia radical é definida através dos mesmos critérios.

no desenvolvimento social dependem da primazia dada ou às forças produtivas (qualquer faculdade ou instrumento que contribui propositadamente à produção, Cohen 1978) ou às relações de produção (isto é, aquelas relações sócio-políticas através das quais se tira o excedente do produtor direto, Burawoy 1978).

O mérito da abordagem radical está na classificação da forma social do processo de apropriação do excedente (e não das contradições econômicas em si), o qual se constitui na base para a reprodução das classes sociais. A criação e a distribuição do produto excedente depende, portanto, não apenas da ciência e da tecnologia mas, sobretudo, das relações sociais que permitem o uso de novas formas tecnológicas. A pesquisa científica e as tecnologias são vistas como produtos de conflitos sociais resultantes da criação e distribuição do produto excedente.

Diferentemente da sociologia radical, o caminho sócio-cultural não especifica as forças sociais antagônicas que determinam a tecnologia. Este caminho nunca realmente apresentou um conjunto de proposições interligadas colocando os fatores culturais relacionados às inovações, nem nunca as suas proposições foram, de fato, verificadas. Em vez disso, este caminho chamou a atenção para o fato de que invenções estão interligadas com outras invenções, e que determinar o momento exato do surgimento de uma invenção é um problema constante. Contrário a um psicologismo tóxico, Ogburn (1922) dissocia “invenção” de “capacidade mental” no sentido de que esta por si só explica aquela. Dado que “mentes criativas” são determinadas socialmente, quais os fatores ou traços culturais que influenciam uma forma ou um conteúdo tecnológico específico? A pergunta nunca recebeu uma resposta consistente. Num dos mais conhecidos trabalhos empíricos deste tipo, Gilfillan (1935b) apresentou um resultado nebuloso: a invenção é parcialmente causada por fatores sociais; o número de patentes é uma medida questionável de invenção e não existem dados para as grandes descobertas. Além disso, em defesa do modelo de inovação induzida, Schmookler (1966) demonstrou que a ação das forças de mercado é mais importante do que a disponibilidade de conhecimento para induzir invenções.

A perspectiva de “sistemas de informações” argumenta que, com o desenvolvimento da sociedade, a geração e disseminação de informação tem-se tornado uma função de determinadas instituições de pesquisa e desenvolvimento. Geralmente, todas as tecnologias seguem uma seqüência que vai da teoria científica para a prática. O analista do “sistema de informações” está primariamente preocupado com a identificação de requisitos funcionais que facilitem a transição da teoria para a prática. A compreensão de requisitos funcionais tais como inovação, validação, disseminação, legitimação e integração, ver por exemplo, Lionberger

1982, é útil para o diagnóstico de problemas dentro do sistema. Embora uma variedade de sistemas propostos (Havelock 1971, Nagel 1979) demande capacidades melhoradas para a geração, transformação e difusão de informação, o que o sistema realmente faz, como ele é usado, para quem e por quem é uma matéria de como as **peças decidem usar o sistema**. É neste ponto onde reside a principal limitação da perspectiva do sistema de informações: o sistema funciona como ele **deve funcionar** somente quando a sociedade como um todo é indiferenciada quanto aos seus aspectos econômico, político e/ou social. Além disso, os analistas de sistemas, como os seus predecessores sócio-culturais, assumem a centralidade da geração de informação e, conseqüentemente, **super-enfatizam o impacto das instituições geradoras de informação sobre a mudança tecnológica**. Uma atenção crescente para o aspecto de como o sistema e a sua forma de operação afetam as tecnologias produzidas (Lionberger 1982) pode proporcionar **análises mais profundas das origens e natureza dos "sistemas de informação"** e isto se os seus defensores abandonarem a visão funcional e idílica que possuem da sociedade.

Apesar de sobrecarregado de sérias limitações, o enfoque sócio-cultural e a perspectiva dos sistemas de informação para a mudança tecnológica têm oferecido um importante desafio ao reducionismo psicológico além de colocar o problema das determinantes sociais da mudança tecnológica.

A visão mertoniana de ciência e a sociologia radical especificam várias dimensões sociais relevantes da mudança tecnológica. Estes trabalhos se regem por, pelo menos, três indagações básicas: (1) o que determina a natureza das perguntas que os cientistas tentam resolver?; (2) as tecnologias têm um caráter social que ultrapassa quaisquer propriedades físicas e racionalidade econômica?; e (3) por meio de quais processos e mecanismos o caráter social da tecnologia é transformado?

Questões relacionadas ao sistema social da ciência envolvem estudos sobre as relações entre cientistas (Crane 1969 e 1972, Hagstrom 1965), sobre as relações entre organizações (Aldrich 1974, Karpik 1978, Benson 1975) e sobre o impacto das organizações no trabalho dos cientistas (Busch 1982, Pelz & Andrews 1966). Muitos dos estudos que visam o sistema social da ciência tendem largamente a presumir uma independência das instituições científicas do seu ambiente sócio-político, por exemplo, Merton 1973, Zuckerman 1967. A ênfase é sobre a estrutura interna do sistema social da ciência que molda a produção científica.

Os sociólogos que contribuem para a compreensão das relações entre a ciência e seu ambiente sócio-político se concentram na questão da escolha de problemas no estabelecimento de pesquisa (Busch 1980, Busch & Lacy 1981, Lacy 1982a), na oferta e controle da mão-de-obra na agricultura (Friedland et al.

1981), na organização econômica da agricultura e o poder econômico de pequenas empresas agrícolas (Friedland et al. 1981), no papel do Estado (Fujimoto & Fiske 1975, Fujimoto & Kopper 1975, Sousa 1980, Dale 1981) e nas determinações estruturais (Sousa 1980, Busch 1980, Busch & Sachs 1981, Lewontin 1982).

Os avanços na engenharia genética (atualmente liderada pelo setor privado nos Estados Unidos, estão reformulando as relações institucionais e introduzindo ligações novas e mais desenvolvidas entre as instituições sociais e a ciência. Os altíssimos investimentos de capital necessários para a pesquisa e as enormes implicações sociais do controle e fins das novas tecnologias já começaram a atrair a atenção do sociólogo, por exemplo, Kenney et al. 1983, Rachie & Lyman 1981. Os iminentes avanços tecnológicos da engenharia genética – tais como a fixação de nitrogênio em cultivos não-leguminosos, o aumento da eficácia fotossintética, a resistência a pestes e doenças, e a tolerância ao sal, ao calor e à seca (Flinn & Buttel 1982, Graff 1982, Barton & Winston 1983, Chaleff 1983, Shepard et al. 1983, Borlaug 1983, Farnum et al. 1983 e Abelson 1983) – têm implicações muito grandes para os países em desenvolvimento.

Um levantamento de abordagens muito diferentes – a psicológica, a econômica e a sociológica – com relação ao problema de como e porque a tecnologia muda, proporciona uma visão mais ampla do problema. Os dois lados, tanto o da “demanda” (por exemplo, uma necessidade ou interesse específico por tecnologia) quanto o da “oferta” (por exemplo, adoção, retorno, sobre investimentos e as conseqüências sociais) devem ser considerados para que se tenha uma visão mais ampla da tecnologia. A prática científica é um empreendimento aberto do qual o produto, o conhecimento, sempre fica inacabado. As contribuições científicas, portanto, não chegam como conhecimento em forma completa, mas como conhecimento inacabado que cria novas perguntas. A revisão da literatura demonstra como se chega, de maneiras bem diferentes, às soluções do problema do desenvolvimento tecnológico. Além do mais, as diversas soluções, cada uma com validade parcial, sublinham a necessidade de um enfoque amplo no estudo de mudança tecnológica.

PROBLEMA DO PROGRAMA DE PESQUISA

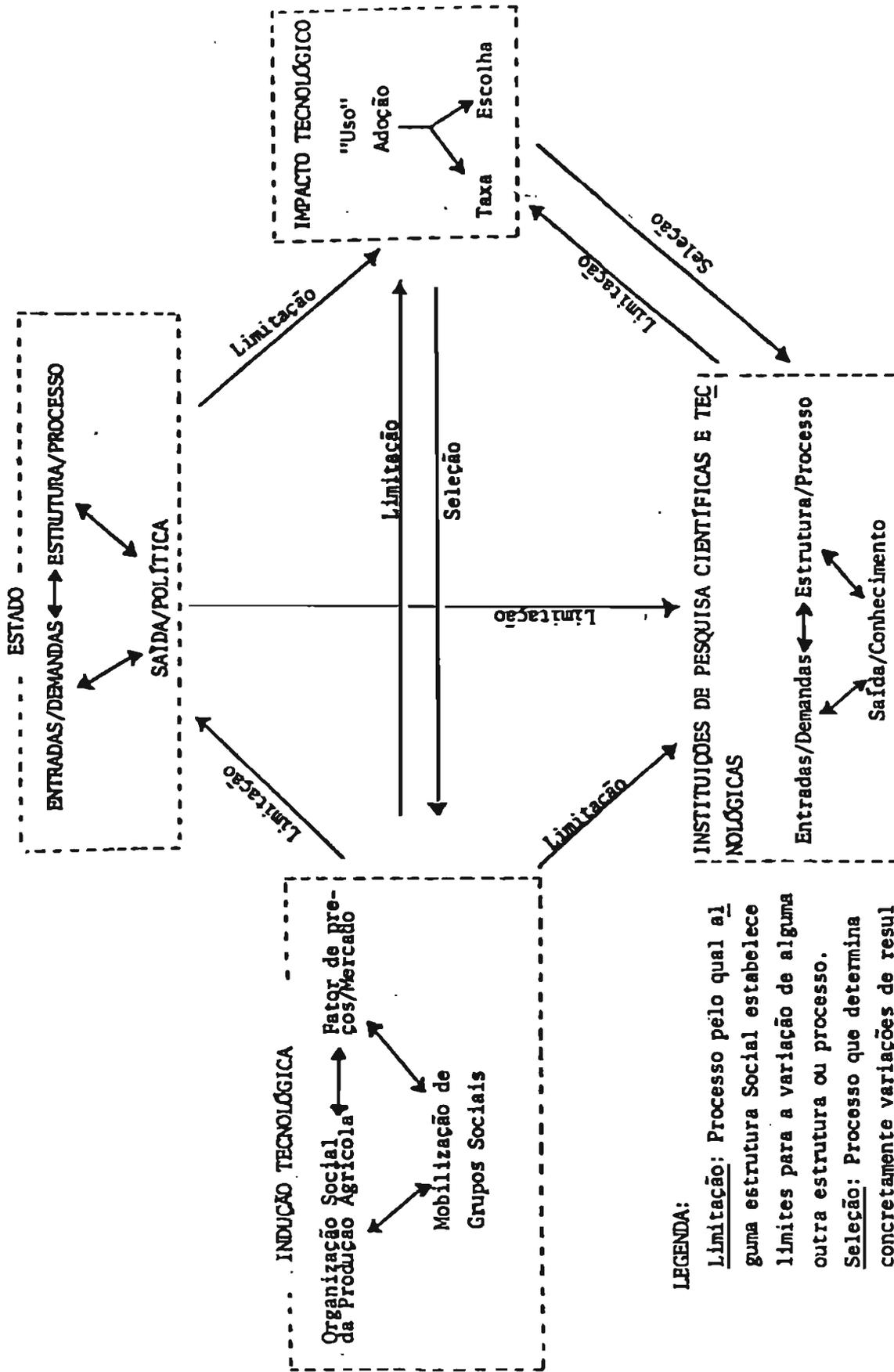
Esta proposta para um programa de pesquisa que tem como foco a produção de tecnologia agrícola, se baseia na seguinte pergunta: o que é que influencia a produção de tecnologias agrícolas? Geógrafos, antropólogos e até biólogos têm oferecido respostas diferentes, da mesma forma que mostramos as soluções diferentes de psicólogos, economistas e sociólogos. A racionalidade para um programa de pesquisa deriva da necessidade de respostas interdisciplinares ou multidisciplinares.

nares à mesma pergunta inicial. Um programa de pesquisa, tal como este, tem como meta a junção de soluções parciais para a avaliação multidisciplinar. Respostas à pergunta inicial, empiricamente baseadas, devem alimentar tanto as ações práticas quanto a teoria da produção científica e tecnológica.

EM BUSCA DE UM MODELO OPERACIONAL PARA A PRODUÇÃO DE PESQUISA E TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA

A Figura 1 apresenta um “modelo pleno” de determinação estrutural entre fatores socioeconômicos, o Estado, a produção de tecnologia agropecuária e sua aplicação. A determinação estrutural é a influência variável de estruturas diferentes (por exemplo, a econômica, a política, a social) sobre outras estruturas ou processos. Um “modelo pleno” incorpora as diversas soluções para a mudança tecnológica previamente introduzidas e aponta para um estudo amplo da produção de tecnologia. O propósito de utilizar teorias e trabalhos empíricos diferentes é o de sugerir um programa amplo de pesquisa em lugar de desenvolver uma síntese teórica. Precisa-se de mais pesquisa para poder propor uma teoria inclusiva de mudança tecnológica — uma teoria que poderia oferecer às instituições de pesquisa e aos cientistas os implementos necessários para uma avaliação cuidadosa da pesquisa atual e para uma escolha prudente de pesquisas futuras. Espera-se que este programa de pesquisa abra caminhos para a eventual construção de uma tal teoria.

Para começar, o modelo da Figura 1 faz uma distinção entre as estruturas determinantes (as sócio-econômicas e o Estado) e as estruturas determinadas (a organização da pesquisa agrícola). Aqui, estrutura refere-se a um nível de realidade que condiciona as relações sociais visíveis. Das relações entre as estruturas determinantes e determinadas, derivam-se cinco proposições gerais: (1) mudança tecnológica na agricultura é estimulada ou “induzida” pelas estruturas econômicas; (2) o Estado distorce ou “intermedeia” esses estímulos através de políticas de preços e comércio; (3) o Estado determina o alcance das possibilidades de pesquisa ou, em outras palavras, impõe limites nas instituições de pesquisa via alocação de recursos; (4) o impacto social de novas tecnologias modifica ou “seleciona” os objetivos contínuos das instituições de pesquisa; e (5) a estrutura organizacional e o caráter distinto do processo de produção científica “selecionam” produtos tecnológicos específicos dentro das restrições e do âmbito de possibilidades fornecidos pelo ambiente social (que contém as estruturas e processos já mencionados). Apesar de mais remotas, as relações entre as estruturas determinantes também sugerem impactos sobre o processo de produção tecnológica (e na sua estrutura determinada).



LEGENDA:

Limitação: Processo pelo qual alguma estrutura Social estabelece limites para a variação de alguma outra estrutura ou processo.

Seleção: Processo que determina concretamente variações de resultados ou resultados específicos.

FIGURA 1: Um Modelo de Determinação Estrutural entre Fatores Socioeconômicos, o Estado, a Geração de Tecnologia Agropecuária e sua Aplicação.

Incentivos tecnológicos

A economia e a sociologia demonstraram que um interesse ou uma indução de tecnologia provoca a sua criação por cientistas ou técnicos. Três estruturas ou processos sócio-econômicos influenciam decisivamente o interesse social ou a demanda de novas tecnologias: os fatores relativos de preços (Hayami & Ruttan 1971); a organização social da produção (Friedland et al. 1981, Thomas 1981) e a mobilização sócio-política de interesses (Vandermeer 1982, Sanders & Ruttan 1978). Estes processos não ocorrem independentemente um do outro, mas em conjunto, e se manifestam em qualquer formação de produção de mercadorias.

Os preços relativos dos fatores de produção tendem a refletir o patrimônio de recursos de diferentes países. Países com patrimônios em um ou outro extremo da escala têm desenvolvido tecnologias diferentes para poupar os fatores relativamente mais escassos ou caros. Por exemplo, quando a terra é abundante ou a mão-de-obra escassa (os Estados Unidos, 1880 – 1970, com a sua alta proporção entre terra e mão-de-obra), os países desenvolvem tecnologias que aumentam a produção por trabalhador, e são tipicamente chamadas de inovações “mecânicas”. Por outro lado, quando a terra é escassa ou a mão-de-obra é barata (Japão, 1880 – 1970 onde existiu uma baixa proporção terra/mão-de-obra), os países desenvolvem tecnologias que aumentam a produção por área de terra, e são chamadas de inovações “biológicas” (Hayami & Ruttan 1971).

Usando um modelo de inovações biológicas, mostramos a utilidade de uma análise do fator uso em relação ao fator preço na identificação do interesse potencial pelas inovações tecnológicas e maximização dos seus benefícios. O modelo sugere que na medida em que o preço da tecnologia biológica (por exemplo, os insumos fertilizantes e químicos) declina relativamente ao preço da terra, aumenta a sua aplicação por unidade de área. Mudanças no preço da mão-de-obra em relação ao preço da terra também afetam o nível de utilização de fertilizantes por unidade de área. Os herbicidas, por exemplo, podem substituir métodos mais intensivos na utilização de mão-de-obra para a proteção das lavouras. Os dados relativos aos anos de 1880 a 1965 mostram uma forte tendência para o aumento da utilização de tecnologias biológicas em todos os países estudados (Japão, Alemanha, Dinamarca, França, Grã-Bretanha e os Estados Unidos) quando o preço relativo da mão-de-obra ou da terra aumentou (Ruttan et al. 1978).

O modelo de inovação biológica sugere que aumentando o preço da terra em relação ao preço da mão-de-obra, aumenta o nível de tecnologias biológicas ou tecnologias incrementadoras de produção. Além do mais, para se alcançar um potencial ótimo de crescimento, a utilização de tecnologias incrementadoras de

produção deve aumentar. De um lado, se não se aumentar o nível de qualquer tecnologia, a produção não aumentará. Por outro lado, um aumento das inovações mecânicas sem um aumento igual nas inovações biológicas aceleraria a substituição de mão-de-obra por capital quando já existe uma abundância de mão-de-obra. Neste caso, surgiriam efeitos indesejáveis nos campos social e político.

Os preços relativos dos fatores são essencialmente incentivos de mercado usados como ponteiros para a identificação de interesses e/ou comportamentos esperados na predisposição para certas tecnologias entre os produtores. Embora os mecanismos do mercado produzam os comportamentos esperados entre alguns produtores, nem todos eles acompanham, como foi demonstrado (1) pela relutância de muitos pequenos produtores norte-americanos na adoção de tecnologias no passado (Danbom 1979), (2) pela predisposição para tecnologias mecânicas por parte dos fazendeiros brasileiros (Sanders & Ruttan 1978), e (3) pela difusão desigual da “Revolução Verde” na América Latina (Cloud 1973). A compreensão de como as unidades de produção condicionam a chamada resposta do fator uso em relação ao fator preço se obtém através de uma análise mais profunda da organização social da produção.

O estudo comparativo da organização social da produção de alface e tomate na Califórnia, realizado por Friedland et al. (1981), explica as mudanças tecnológicas através da elasticidade do controle da demanda/oferta de mão-de-obra, do poder econômico das empresas, e da interação destes fatores. Essa interação se refere à “maneira pela qual as empresas percebem ou antecipam que mudanças na oferta/controla da mão-de-obra será influenciada pelo seu poder econômico” (Friedland et al. 1981).

O fim do programa “bracero”⁶ impôs mudanças similares na oferta de mão-de-obra para produtores de alface e tomate, mas conduziu a respostas tecnológicas diferentes. Com o programa “bracero” sob forte crítica, foi desenvolvida pela Universidade da Califórnia uma colhedeira mecânica para tomates a ser adotada em 1961, muito embora não tenha sido facilmente aceita pelos produtores até o final do programa “bracero”, em 1964. Findo o programa, os produtores de tomate, sujeitos às exigências de produção dos beneficiadores e com um acesso limitado ao crédito, responderam aos aumentos bruscos e agudos nos custos da mão-de-obra com uma mecanização generalizada (Friedland et al. 1981). Os “produtores-transportadores” de alface, por outro lado, responderam aos aumentos nos custos de mão-de-obra com uma mudança gradual de tecnologia.

⁶. — Essencialmente, o programa “bracero” foi uma política federal visando assegurar uma constante oferta de trabalho migrante barato para os fazendeiros nos Estados Unidos.

Em contraste com os produtores de tomate, os produtores-transportadores de alface exercem o controle da produção, transporte e comercialização do seu produto, o que resulta em maior flexibilidade perante as flutuações de preço. Além disso, o financiamento interno se torna possível através da inserção da produção numa empresa maior (Thomas 1981). O maior controle sobre o mercado e a possibilidade de financiamento interno resultou em maior poder econômico dos produtores-transportadores. Estes, em vez de se mecanizarem rapidamente, absorveram os aumentos nos custos da mão-de-obra e se “empenharam na maximização dos lucros a longo prazo” (Friedland et al. 1981).

Friedland et al.(1981) e Friedland & Barton (1975) sublinham a importância da organização social da produção na “indução” de interesse na mudança tecnológica. Os estudos de caso da produção de alface e tomate – duas variantes de uma produção organizada de acordo com relações capitalistas de produção – mostram que, quando as unidades de produção capitalistas estão organizadas de maneiras diferentes, respondem de maneiras diferentes à mudanças similares no preço relativo dos fatores.

Podem-se prever maiores diferenças nos interesses tecnológicos latentes quando os insumos são de tipos diferentes, tais como trabalho assalariado, trabalho doméstico ou alguma outra forma de trabalho não assalariado. No modo capitalista de produção, o insumo mão-de-obra normalmente aparece sob a forma de mão-de-obra assalariada, e, isto implica em problemas completamente diferentes de recrutamento e controle de mão-de-obra do que quando o trabalho assume forma “doméstica” ou “pré-capitalista” (Sen 1975). É de se esperar que as mudanças nos preços relativos de diferentes fatores resultem em reações diferentes. Assim, por exemplo, os grandes fazendeiros do Brasil tinham interesses econômicos na mecanização e substituição da mão-de-obra quando estavam se defrontando com problemas relativos ao seu controle e oferta, os quais não afetavam os pequenos produtores que dependiam basicamente da mão-de-obra doméstica (Sanders & Ruttan 1978).

Enquanto que o interesse por mudanças tecnológicas de tipo e ritmo específicos é condicionado concomitantemente pelas estruturas de produção e pelas relações de mercado, a capacidade real de transformar a base de conhecimento existente em conhecimento novo e tecnologias novas depende, parcialmente, da mobilização sócio-política dos grupos envolvidos. Um grande avanço tecnológico numa determinada área requer, com frequência, avanços ou modificações em tecnologias conexas. Por exemplo, o desenvolvimento da colhedeira mecânica requereu a plantação uniforme dos tomateiros, o amadurecimento simultâneo da fruta, um tomate mais duro para poder suportar o tratamento mecânico, e as mudanças no transporte e no beneficiamento (Vandermeer 1982). A interdepen-

dência de mudanças tecnológicas, chamada de "seqüenciamento" (Rosenberg 1976), exige a mobilização de vários grupos diferentes. Nenhum indivíduo ou grupo social desprovido de poder é capaz de expressar, efetivamente, seus interesses tecnológicos. O problema em questão é o seguinte: que mecanismos sócio-políticos da estrutura sócio-econômica tendem a facilitar ou a obstruir a tradução de um interesse tecnológico num esforço real de pesquisa?

Friedland (1980) sugere que as descontinuidades no próprio processo de produção podem resultar no não atendimento de necessidades de mudanças tecnológicas. Por exemplo, em grande parte do setor agrícola, a ausência de integração vertical deixa os produtores isolados na produção, os distribuidores isolados no armazenamento, os beneficiadores isolados no beneficiamento, e assim por diante. A integração vertical, por outra parte, promoveria a coordenação de respostas aos interesses tecnológicos.

As descontinuidades no sistema agrícola, junto com o financiamento público da maioria das pesquisas agrícolas, carecem de uma base organizacional para manifestar interesses tecnológicos. Os produtores, fazendeiros e trabalhadores agrícolas individuais não fazem sua própria pesquisa, mas precisam criar organizações de pesquisa e/ou promover suas necessidades de pesquisa. De uma forma geral, reconhece-se que, na agricultura, os grandes fazendeiros e as grandes empresas agrícolas exercem a maior influência sobre as instituições de pesquisa patrocinadas pelos cofres públicos (Hightower 1973). De fato, já foi argumentado que o poder político desproporcional dos grandes fazendeiros foi o principal responsável pela escolha das políticas ineficientes de subsídio à mecanização agrícola no Brasil (Sanders & Ruttan 1978). Apesar dessas afirmações, existem poucos estudos sobre a capacidade variável de diferentes grupos de se organizarem em torno de um interesse tecnológico e sobre quais restrições e/ou possibilidades existem para os grupos menos privilegiados assegurarem influência real sobre as mudanças tecnológicas.

O ESTADO E A PESQUISA AGROPECUÁRIA

Aqui se entende o Estado e a tecnologia como o complexo total de atividades através das quais diversas entidades organizadas dentro e entre diferentes instituições sociais tentam, por meio da inovação tecnológica, ampliar, manter ou deter a perda de controle sobre o processo produtivo e o seu universo relevante. A seguir, serão enfatizados vários pontos através dos quais esta definição não só especifica um objeto de análise definido, como também capta o grau de envolvimento do Estado no desenvolvimento tecnológico.

Em primeiro lugar, as atividades do Estado são aquelas executadas através de meios coletivos (por exemplo as organizações). Portanto, as atividades competitivas de indivíduos fora das organizações, procurando vantagens para si mesmos, não se constituem em atividades “do Estado”. Em segundo lugar e em graus variáveis, as organizações (tipicamente frações de capital entre os países desenvolvidos) respondem não só às suas necessidades, como também a uma oposição emergente qualquer, de tal forma que o propósito pode ser muito mais o de deter uma potencial perda de controle, do que a luta pela sua ampliação. Em terceiro lugar, a reação a um meio incerto ou ameaçador constitui um “processo interacional” entre entidades organizadas. Deste processo resulta a formação de relações estruturadas (entre entidades organizadas) e arranjos institucionais (por exemplo, entre produtores, universidades e órgãos governamentais, por meio dos quais se atinge a uma distribuição determinada de recursos e poder. Em quarto lugar, como a tecnologia é a chave para maiores vantagens econômicas (isto é, controle) as entidades organizadas do setor produtivo tentarão acordos institucionais que lhes permitem controlar o processo de pesquisa e desenvolvimento.

O “processo interacional” onde ocorrem as atividades do Estado envolve três enfoques analíticos: (a) o processo de organização de forças e formação de interesses; (b) as relações estruturadas que selecionam alguns objetivos tecnológicos em prejuízo de outros; e (c) os resultados específicos para determinar quais grupos controlarão o ritmo e a direção da pesquisa e da tecnologia, como também o alcance desse controle.

O processo de organização de forças e formação de interesses aponta para a necessidade de uma análise de como as entidades organizadas do setor de produção (tanto estatal como privado) definem seus interesses tecnológicos coletivos e lutam para modificar ou estabelecer novos relacionamentos com outras instituições (por exemplo, órgãos governamentais e universidades). Assim, nos E.U.A., no início do século XX, grandes grupos de fazendeiros e de comércio agropecuário procuraram a implantação de uma organização agropecuária que permitisse a união de interesses agrícolas e comerciais, com o intuito de criar um mercado para novas tecnologias agropecuárias. Órgãos governamentais e legalmente autorizados desempenharam um papel importante no estabelecimento de uma nova e poderosa organização agropecuária, denominada de “Farm Bureau” (Busch & Lacy 1983, McConnell 1953). O “Farm Bureau” foi o marco de um novo arranjo institucional entre a agropecuária, o comércio e o governo que se tornou a base para as políticas agropecuárias, a pesquisa organizada e o desenvolvimento de tecnologia.

As relações entre entidades organizadas têm o efeito de impor limitações estruturais na extensão de objetivos tecnológicos que podem ser perseguidos por

diferentes grupos. No Brasil, por exemplo, as relações padronizadas mudaram de uma aliança entre as classes proprietária tradicional e a industrial/empresarial emergente para uma aliança entre empresários de capital doméstico e aqueles de capital internacional. Esta aliança é uma característica mais proeminente da atual estrutura do Estado, e alimentou o problema crescente do balanço de pagamentos. Os deficits crescentes da balança comercial criaram, por sua vez, uma demanda urgente de aumento da produtividade agropecuária e são a base principal para tecnologias biológicas na agricultura. Os retornos variáveis da pesquisa também atuam como filtro sobre as demandas impostas ao Estado. Os retornos da pesquisa na área de inovações mecânicas são mais prováveis de serem incorporadas pela indústria do que os retornos da pesquisa na área de inovações biológicas (Janvry 1978). Portanto, os projetos de pesquisa menos lucrativos, porém úteis, acabam ficando a cargo do setor público.

Os "inputs"/demandas que penetram nos órgãos governamentais se transformam em materiais de um processo estruturado de tomada de decisões. Este processo de transformação, ou "formação de políticas", envolve os modos de tomada de decisões e a padronização de posições organizacionais (Therborn 1978). Block (1977) e Skocpol (1979) analisaram a contribuição singular do aparato estatal e dos modos de tomada de decisões para outras áreas de formação de políticas. Ambos os estudos prometem uma contribuição teórica e metodológica substancial para o entendimento dos aspectos políticos da política de tecnologia agrícola.

Além do processo de organização de forças e formação de interesses e das relações estruturais que selecionam alguns objetivos tecnológicos em detrimento de outros, o terceiro foco analítico do processo interacional é o resultado do controle e/ou a sua extensão em certos grupos. A extensão do controle é determinada pela capacidade de uma entidade organizada de direcionar o fluxo de dois recursos básicos: dinheiro e autoridade. Esta capacidade é, por sua vez, essencialmente determinada pelas relações interorganizacionais emergentes. É importante que entidades organizadas que lutam pelo controle tenham autoridade e recursos financeiros, desde que a autoridade legitima um determinado uso das finanças e confere o direito de realizar atividades de pesquisas específicas. Visto que uma grande parcela de autoridade é monopolizada pelo Estado, representado por órgãos governamentais, não é difícil entender porque as lutas mais importantes entre entidades organizadas da economia possuem um caráter eminentemente político.

Um estudo em andamento na Universidade de Cornell (Kenney et al. 1983, Buttel et al. 1983) sobre a luta para controlar a pesquisa em biotecnologia, ilustra a capacidade das organizações para direcionar a pesquisa de tecnologias agropecuárias através da criação de novas relações interorganizacionais. Os principais atores

são grandes corporações multinacionais (petroquímicas e farmacêuticas), "Land Grant" universidades, e órgãos governamentais (Buttel et al. 1983).

As grandes corporações estão se movimentando em duas frentes. Em primeiro lugar, incorporando pequenas companhias de sementes. Na medida em que a engenharia genética de plantas seja aplicada em bases comerciais, essas incorporações garantirão uma expansão de mercado e lucros maiores. Em segundo lugar, devido aos altos investimentos de capital necessários na área de biotecnologia e a não lucratividade da pesquisa básica para as empresas privadas, as corporações também começaram a pressionar as "Land Grant Universities" para que substituam a pesquisa aplicada pela pesquisa básica. Uma possível maneira de pressionar é através da modificação da atual estrutura de financiamento de pesquisa do "Land Grant System". Como resultado, órgãos governamentais ficariam diretamente envolvidos nos esforços para modificar acordos de financiamento existentes, os quais têm obstruído o apoio do setor público para a pesquisa básica na área de biotecnologia.

Novos relacionamentos entre entidades organizadas afetarão as prioridades de pesquisa (por exemplo "nacional" vs. "local", básica vs. aplicada), a alocação de recursos de pesquisa (por exemplo, montante e distribuição), e as relações de autoridade (por exemplo, o estabelecimento de novas normas de pesquisa para a legitimação de prioridades "nacionais" em detrimento das "locais"). Dentro destes amplos parâmetros, as organizações de pesquisa determinam concretamente a forma, e estrutura da pesquisa, a intensidade do espaço a ela dedicado, bem como os seus tipos de projetos.

As atividades do Estado que aparentemente não possuem relação com a pesquisa agropecuária e, muitas vezes, nem mesmo com a agricultura, podem modificar a maneira pela qual as estruturas ou processos sócio-econômicos impõem limites ao processo de pesquisa. O mesmo pode ser dito com relação às políticas protecionistas de comércio ou com os subsídios de insumos agrícolas. No Brasil, por exemplo, as políticas de mecanização, particularmente desde o início da década de 60, distorcem a tendência dos fatores de preço refletirem os fatores naturais (Sanders & Ruttan 1978).

Assim, as políticas estatais, na forma de alocação de recursos para a pesquisa estabelecem limites para os esforços de pesquisa, para os tipos de projetos, e para a forma da organização da pesquisa.

O PROCESSO DE PESQUISA

Os “inputs”/demandas sobre a organização de pesquisa derivam de duas fontes já descritas: (1) as estruturas e processos sócio-econômicos que “induzem” a mudança tecnológica e (2) as políticas estatais que “medeiam” aquelas induções e/ou fixam diretamente os limites da natureza e objetivos do processo de pesquisa. Uma terceira fonte vem do impacto das tecnologias. Dependendo tanto da natureza das tecnologias quanto das estruturas sociais existentes, as tecnologias têm, em certas circunstâncias, reforçado as relações sociais existentes (Taussig 1978) e, em outras circunstâncias transformado essas relações (Byres 1981). Em qualquer caso, as tecnologias e o processo social de produção criam novas relações sociais e, conseqüentemente, novos requisitos tecnológicos. Assim, a vantagem comparativa gozada entre os produtores mecanizados de cana-de-açúcar no sul do Brasil (Sanders & Ruttan 1978) conduziu a novos interesses tecnológicos e, com o aumento do poder econômico, veio também o incremento da eficiência na mobilização de interesses.

Dentre os limites impostos por estas fontes variadas, os pesquisadores nas instituições de pesquisa formulam e executam projetos específicos de pesquisa. Pesquisas anteriores sugerem que os mecanismos através dos quais se conduz a pesquisa agrícola em determinadas formas incluem: o treinamento científico e outras experiências sociais do pesquisador (Busch & Lacy 1981); os padrões de comunicação entre os cientistas (Busch 1980) e o contexto institucional do cientista (Busch 1982).

Além disso, as forças sociais de espectro mais amplo já mencionadas condicionam os mecanismos imediatos ou diretos que determinam o processo de pesquisa. Existe um número relativamente grande de publicações na área de organização, por exemplo, Ouchi 1977, Ouchi & MacGuire 1975, que analisa o processo de controle social sobre as organizações de pesquisa. As instituições de pesquisa, como outros tipos de organizações, são estabelecidas, mantidas e transformadas dentro do contexto do seu ambiente social (Benson 1975, Pfeffer & Salancik 1978). Assim, os tipos de arranjos interorganizacionais podem ser um fator crucial na moldagem dos mecanismos de controle organizacional e podem, eventualmente, em harmonia com os interesses tecnológicos emergentes de certos grupos sociais, traçar uma direção mais “eficiente” para o processo de pesquisa.

As direções do programa de pesquisa

A justificativa básica e prática para um estudo compreensivo da produção de tecnologia agrícola se fundamenta na necessidade e no desejo de se oferecer uma maior eficiência aos mecanismos que traduzem o conhecimento científico em pro-

dutos úteis e em processos produtivos. Dessa forma, a qualidade e a adaptabilidade da tecnologia agrícola será melhor assegurada se o processo de produção da tecnologia agrícola for entendido. Uma maneira promissora de estimular a inovação (e de aumentar a produtividade de diversas propriedades agrícolas) é a de combinar os conhecimentos existentes com o intuito de provocar avanços tecnológicos, tais como o aumento da resposta da planta à baixa fertilidade do solo ou o desenvolvimento de pesticidas biológicos.

Na medida em que o processo de geração da tecnologia agrícola se desmistifica através da integração de disciplinas tais como a psicologia, a economia e a sociologia, aumenta-se a capacidade organizacional dos cientistas e dos administradores de pesquisa para direcionar as suas agendas de investigação no desenvolvimento de tecnologias que sejam sócio e economicamente desejáveis. Os elos entre a pesquisa básica e a mudança tecnológica são freqüentemente muito sutis e indiretos, e podem ocorrer dentro de um longo período de tempo (Bok 1982). Estudos empíricos deveriam mostrar como tomar esses elos mais curtos e mais fortes.

Outra razão prática para o estudo do processo de produção de tecnologia agrícola é a de identificar a melhor estratégia para estimular, entre cientistas altamente especializados, a capacidade de reconhecer outras áreas de importância científica que possam se achar no centro de um problema social persistente. Isto não implica que a pesquisa científica básica e não direcionada não deva existir. Porém, argumentamos que a velha linha rígida entre a pesquisa básica e a pesquisa aplicada está desaparecendo na medida em que cada vez mais os problemas difíceis da vida cotidiana se traduzem em problemas básicos de pesquisa. O nosso argumento é o de que os estudos empíricos deveriam ajudar na localização de rotas recorrentes com relação à escolha do problema e orientar conscientemente as ações de acordo com uma visão mais ampla das necessidades e uso das tecnologias agropecuárias.

OBJETIVO DA PESQUISA E TÓPICOS PARA DISCUSSÃO

Sugerimos que as razões já enumeradas para a realização de um estudo compreensivo da produção de tecnologia agropecuária se traduzem no objetivo duplo de aumentar a eficiência e a qualidade de pesquisa nessa área. Brooks (1973) define a eficiência da pesquisa como uma preocupação com a maneira de “como organizar o pessoal e direcionar a procura de conhecimento de forma a se obter a maior taxa de progresso científico para um dado investimento em recursos humanos e materiais”. A eficiência, então, se refere a uma preocupação com a obtenção do mais alto nível de produtividade científica para uma dada quantidade de investimentos de pesquisa. Dessa forma, a eficiência se centra na quantidade de trabalhos científicos e/ou tecnológicos produzidos e não na natureza daqueles trabalhos.

Ao contrário do termo eficiência, falta ao termo “qualidade da pesquisa” uma definição a priori e sem ambigüidades. A preocupação com qualidade implica um interesse final na obtenção de produtos tecnológicos “úteis”. Porém, a palavra “útil” abre as portas para uma série de indagações não examinadas, tais como: útil a quem? Com que fins? e sob quais conseqüências? Claramente, todos os que participam do processo de geração de tecnologia agropecuária – produtores, cientistas, administradores governamentais e entidades de classe – ajudam a definir o que é uma tecnologia “útil”. Porém, as estruturas organizacionais determinam quais grupos terão uma participação maior, e quais grupos serão excluídos do processo de pesquisa. Enquanto que a preocupação com a qualidade da pesquisa chama a atenção para o complexo total de estruturas organizacionais necessárias para um plano completamente integrado de desenvolvimento agrícola, este programa de pesquisa demanda um enfoque mais claro e mais limitado, isto é, as estruturas da organização de pesquisa (e/ou aquelas diretamente relacionadas) que determinam a participação e, assim, a definição do que venha a ser uma tecnologia útil.

A eficiência e a qualidade da pesquisa devem ser vistas como os lados complementares de uma meta única no processo de pesquisa agropecuária. Uma preocupação excessiva com a eficiência, em detrimento da qualidade da pesquisa, poderia resultar em: (1) organização do trabalho científico se tornando independente das suas metas; (2) altos níveis de competição e uma tendência a uma maior especialização que provavelmente obstruirão a comunicação entre cientistas; e (3) escolha de um problema de pesquisa decidido menos pelas necessidades definidas do que pelas técnicas disponíveis para realizar o projeto com o menor investimento. Por outro lado, uma preocupação exagerada com a qualidade da pesquisa, em detrimento da eficiência, poderia resultar em: (1) baixa taxa de sucesso em tentativas de atingir metas definidas; (2) discussões excessivas entre o pessoal da pesquisa sem se chegar a um consenso sobre metas específicas; e (3) desperdício de recursos humanos e financeiros.

Medidas de eficiência podem ser obtidas nos documentos da organização (por exemplo, o custo por unidade de pesquisa produzida) e/ou através de avaliações dos participantes (por exemplo, o grau de atingimento das metas, nível de satisfação com o desempenho da pesquisa). A literatura da área de avaliação organizacional (Van de Ven & Ferry 1980, Lawler III et al. 1980) identifica várias dimensões de eficiência e procedimentos para medição. As influências sobre o pesquisador, a equipe, a unidade ou sobre a produtividade organizacional são preocupações da pesquisa. Tais influências podem variar de motivação e atitudes pessoais a características estruturais e contexto organizacional.

A discussão prévia sobre a qualidade da pesquisa (por exemplo, sua utilidade) sugere que a qualidade depende de se saber até que ponto a atividade de

pesquisa responde às necessidades do público alvo. Assim, a qualidade da pesquisa tem a ver com o conteúdo da pesquisa básica: os objetivos, o modo como eles são estabelecidos, os problemas específicos e sua seleção, bem como a formulação e a execução do projeto. Existem vários caminhos para a investigação da qualidade da pesquisa: quais estruturas da organização de pesquisa impedem/permitem atividades de pesquisa inovadoras; o que determina os objetivos organizacionais amplos formarem parte da estrutura que influencia as atividades de pesquisa; quais as ligações existentes entre a instituição de pesquisa e outros públicos que possam auxiliar na identificação de necessidades de pesquisa; quais modos de cooperação entre cientistas (por exemplo, equipe unidisciplinar, multidisciplinar ou interdisciplinar) contribuem para garantir a utilidade da tecnologia; e quais fatores determinam esses modos. Essencialmente, essas questões sobre pesquisa apontam para uma variedade de mecanismos envolvidos na definição de metas, problemas e atividades específicas de pesquisa. Uma consequência imanente da quebra desses mecanismos é a falta de coincidência entre (1) o método e o escopo da atividade de pesquisa e (2) a necessidade de pesquisa.

Entre organizações de pesquisa, a qualidade e a eficiência variam consideravelmente. A Tabela 1 condensa quatro resultados provenientes dessas variações.

Tabela 1 – Tipos de resultados para uma instituição de pesquisa agropecuária.

		Qualidade da Pesquisa	
		Alta	Baixa
Eficiência da Pesquisa	Alta	Uma instituição de pesquisa plenamente integrada e produtiva	Uma instituição de pesquisa produtiva, mas a pesquisa carece de utilidade
	Baixa	A pesquisa tem utilidade mas é mal executada. As metas são raramente atingidas e os projetos raramente concluídos.	A pesquisa não tem utilidade e é mal executada.

Uma organização de pesquisa com estrutura efetivamente participatória, de modo a permitir a influência de diferentes segmentos sociais na formulação de seus projetos de pesquisa, certamente tem assegurada a qualidade de seu trabalho, expressa na capacidade de utilização dos resultados por parte dos usuários. Se, além disso, esta organização é eficaz no cumprimento de seus objetivos ela é qualificada na Tabela 1 como “alta” tanto no que concerne à qualidade quanto à eficiência da pesquisa (cela superior esquerda da Tabela 1).

Às vezes, uma organização de pesquisa altamente eficiente mas com uma baixa absorção dos seus resultados de pesquisa (cela superior direita da Tabela 1) é tida como uma organização de sucesso por aqueles preocupados principalmente com a eficiência. Este tipo de organização mostra uma alta capacidade de produção de pesquisa. Os laços organizacionais com uma clientela serão ou muito ineficientes para todos os grupos sociais afetados ou altamente desenvolvidos para um grupo social particular às custas da exclusão de outros.

Algumas organizações de pesquisa podem ser ineficientes no atingimento de objetivos de pesquisa, porém capazes de identificar os objetivos de uma ampla clientela (cela inferior esquerda da Tabela 1). Este tipo de organização pode (1) estar carente de pesquisadores competentes, (2) não estar motivando-os de forma apropriada, ou, (3) simplesmente carecer dos recursos financeiros necessários para a realização das atividades de pesquisa.

Outras organizações de pesquisa podem possuir pesquisas de baixa qualidade e, ao mesmo tempo, de pouca utilidade (cela inferior direita da Tabela 1). Essas organizações precisam de mudanças significativas para melhorar tanto a eficiência quanto a qualidade.

A Tabela 1 procura fornecer uma ampla orientação para o estudo de organizações de pesquisa. A qualidade e a eficiência da pesquisa estão combinadas numa tabela de 2 x 2 para ressaltar o fato de que nenhuma delas, ou seja, a eficiência e a qualidade, podem ser ignoradas, seja qual for o problema de pesquisa considerado. A Tabela 1 tenta fornecer muito mais uma orientação, do que problemas concretos para a pesquisa. Esta orientação, porém, abre perspectivas mais amplas para se chegar a problemas específicos. Por exemplo, desde que os objetivos da pesquisa são muito mais o resultado de determinações sociais do que um efeito espontâneo de criatividade individual e/ou da situação econômica, qualquer pesquisa orientada a aspectos de eficiência deve levar em consideração que uma melhora na eficiência não altera a natureza da pesquisa. Da mesma forma, qualquer esforço no sentido de compreender os procedimentos que levam a uma melhoria da qualidade da pesquisa não fornece os meios para a execução da pesquisa.

Uma melhor compreensão do processo de pesquisa requer a identificação e mensuração da eficiência e qualidade da pesquisa. As medidas de eficiência podem ser obtidas, por exemplo, através dos registros e relatórios da organização.

Níveis de análise

O programa de pesquisa proposta visa uma maior compreensão dos fatores que resultam numa instituição de pesquisa de alta qualidade e eficiência. O pro-

blema geral é abordado em três níveis diferentes de pesquisa: (1) o individual interpessoal; (2) o intraorganizacional; e (3) o interorganizacional. Reconhecemos que cada um desses níveis de investigação possui a mesma validade. Todavia, como os três níveis são interdependentes, aqueles estudos desenhados para um tratamento integrado dos vários níveis são especialmente valiosos para uma melhor compreensão do problema. Ao mesmo tempo, muitos estudos identificados com um determinado nível (mencionados a seguir) não foram executados exclusivamente nesse nível.

No nível individual/interpessoal, a ênfase é sobre o processo total, através do qual os pesquisadores são socializados (Busch & Lacy 1981), e os canais de comunicação formais e informais nas ciências agropecuárias (Busch 1980, Lacy 1982b). Este nível oferece uma compreensão do que os cientistas como indivíduos trazem para a atividade de pesquisa (predisposições, motivações e a importância percebida das diferentes metas de pesquisa), e de como a comunicação influencia a escolha de problemas de pesquisa. Várias estratégias de pesquisa são adequadas para este nível (Cook & Campbell 1979, Dillman 1978).

O nível intraorganizacional focaliza as dimensões da estrutura organizacional (Hage 1980) tais como tamanho, centralização, especialização de tarefas e formalização; a natureza das tarefas executadas (por exemplo, rotineiras versus criativas) (Haraszthy & Szanto 1979); as relações entre o pessoal administrativo e os pesquisadores (Varga 1979); e o papel organizacionalmente limitado dos coordenadores de projetos de pesquisa (Aichholzer et al. 1979). Uma estratégia metodológica especialmente frutífera é a de análise organizacional comparativa, que se baseia em dados de levantamentos e dados secundários como, por exemplo, os registros da organização (Vroom 1967). Van de Ven & Ferry (1980) fornecem um guia compreensivo para o desenvolvimento de medidas de nível organizacional.

O nível interorganizacional focaliza: a direção do fluxo de recursos entre a organização de pesquisa e seus "grupos de clientes"; o efeito das relações interorganizacionais sobre a estrutura e modo de funcionamento dentro da organização de pesquisa; e o papel de diversas classes sociais na tentativa de manter relacionamentos existentes ou de criar novas formas interorganizacionais. Benson (1975) fornece uma excelente discussão sobre as dimensões relevantes e a dinâmica deste nível de investigação. Uma abordagem inicial para a operacionalização das relações interorganizacionais é apresentada por Van de Ven & Ferry (1980). Grande parte da análise, porém, deve basear-se em dados históricos e outras fontes secundárias. Os trabalhos de Buttell et al. (1983) Kenney et al. (1983), Busch (1982) e Busch & Lacy (1983) são exemplos da análise da pesquisa agropecuária a este nível.

A razão, pois, de se estimular análises que englobem esses três níveis de apresentação do fenômeno, junto com as suas interconexões, reside na crença de que a produção de tecnologia agropecuária não depende apenas do voluntarismo do indivíduo criativo, do dinamismo interno da organização ou do estoque de conhecimentos existentes. Processos estruturais também impõem limites e, portanto, dão direção à mudança tecnológica. Apesar de demandar esforços metodológicos bastante complexos, a análise simultânea dos diferentes níveis de manifestação do fenômeno, ao ampliar a explicação sobre a emergência de determinadas formas tecnológicas, oferece aos cientistas um potencial concreto para o entendimento dos fatores sociais que determinam a extensão e os limites da mudança tecnológica. Neste sentido, algo mais é adicionado aos modelos mais marcadamente econômicos de determinação do mercado, discutidos anteriormente. A análise simultânea desses diferentes níveis carrega o potencial teórico-metodológico para que a importância das relações de poder entre os diferentes grupos econômicos que afetam a mudança tecnológica, e, portanto, a geração de tecnologia, seja examinada.

A preocupação desta proposta para um programa de pesquisa sobre a geração de tecnologia agropecuária é a de possibilitar o surgimento de projetos de pesquisa específicos para o estudo detalhado de tecnologias específicas. A argumentação teórica do programa proposto aponta para a inutilidade de se estudar os efeitos da mudança tecnológica independentemente do contexto que orientou aquela mudança. Enfim, o que se defende e o que se discute neste trabalho é a necessidade e a urgência de um tratamento sistemático de todo o contexto orientador de mudança tecnológica.

A PROPOSAL FOR A RESEARCH PROGRAM ON THE PRODUCTION OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY¹

Ivan Sergio Freire de Sousa²
Edward G. Singer³

INTRODUCTION

It has been stated that agricultural technology, like other technology, leads to as many problems as it solves and to benefit from the desired effects of technology, we must also accept its bad qualities (Ellul 1954). This pessimistic view of technology and change still permeates the literature, and therefore has created a situation where the social consequences of technology must be investigated. Although knowledge of technology's consequences is important and is a necessary feedback for research centers, it does not clarify how technologies are made or how one could work to curb the potentially pernicious effects of an emergent technology. This proposed research program directs attention to what is known, or partially known, about the very process that makes agricultural technology possible. We intend this proposal for scientists from different disciplines to open ways for investigating how and what occurs during the process of creating new agricultural technologies. The proposed program also sets the stage for investigating why the process of agricultural technology production acquires a definite form and why it changes.

- ¹. — The views expressed herein remain those of the authors and may not be those of EMBRAPA (Brazilian State Corporation for Agricultural Research) nor of the Department of Rural Sociology at the University of Missouri. We are grateful for the support received from Ubaldino Dantas Machado, head of the Diffusion of Technology and Information Departments (DDT/DID) of EMBRAPA, and from discussions with William L. Flinn, Lawrence Busch, Frederick H. Buttel and Maria de Fatima Guerra de Sousa. We acknowledge a "brown bag" presented by one of the authors (Ivan Sousa) to faculty and graduate students of the Department of Rural Sociology at Cornell University in September 1982, as the first opportunity to present the basic ideas developed here to a larger audience. Finally, we gratefully acknowledge reviews of an earlier version given by Lawrence Busch, Frederick H. Buttel, William L. Flinn, Jere L. Gilles, William H. Friedland, and Herbert F. Lionberger. Any improvements in this version are traceable to their suggestions. The arguments nevertheless remain those of the authors.
- ². — Ivan Sergio Freire de Sousa is principal researcher for the Department of Diffusion of Technology (DDT) in EMBRAPA (Brazil).
- ³. — Edward G. Singer is a member of the faculty in the Department of Rural Sociology at the University of Missouri-Columbia, U.S.A.

First, we survey the literature to show that various (and only partial) conclusions have been reached for the problem: why technology is generated and/or why it changes. The major model within each of three disciplines – psychology, economics, and sociology – is examined. This review is followed by a more comprehensive view of technological change, which borrows from the previous research of the dominant models as well as from recent developments in sociological theory. The final section proposes and justifies a comprehensive study of technology research, a statement of objectives, and suggested research directions.

Previous bases for research

Much of the previous research on the production of agricultural technology was conducted using one of three basic approaches: psychological, economic, and sociological (Sousa 1980). A survey of the studies within each approach provides a groundwork of existing knowledge, or rather, a connecting framework that is relevant to studying the process of agricultural technology production. This groundwork of existing knowledge also becomes the basis for identifying some of the necessary dimensions of a more comprehensive approach to new lines of research.

The Psychological Approach

By stressing the individual in scientific development, the psychological approach has addressed issues of intelligence, personality, attitudes and their effects on creativity. A focus on creativity has varied from the person (who is the creator), the product (that which creative persons do that can be called creative), to the process (how a creative person functions).

Whichever element becomes the focus – person, product, or process – serious methodological problems exist. A major criticism of selecting creative individuals stems from a reliance on case studies and their low generalizability. Secondary sources, on the other hand, raise questions of validity. When experts are used, the lack of accepted criteria as to what a “creative” person is, undermines both reliability and validity.

Since there are also no accepted criteria as to what a creative product is, the problems are no less. Creativity has been assessed differently according to: the quality of a novel work and its acceptability as being useful at some point in time (Stein 1963); something new (Barron 1965); the degree to which a response

or idea is novel or statistically infrequent (Mackinnon 1965); uniqueness and usefulness (Griffith 1976).

Guilford (1950, 1959, 1965, and 1967) has made important contributions to an understanding of the process of creative thinking, but the process also invites methodological problems. The major problems are in identifying and measuring the process of creative thinking. If the creative process is viewed in a linear sequence (Wallas 1926), each "stage" requires indicators. When the process results in a novel resultant product (Rogers 1971), it remains to be determined what constitutes a "novel" product.

Virtually all methodological problems that plague the study of creativity in general are, needless to say, also present in the study of scientific creativity in agricultural technology. Guilford (1963) touches a broader theoretical-methodological dilemma when he writes, "certain intellectual abilities should determine what the scientist is able to do. His motivation and his environmental opportunities help to determine what he will do." Through contributions from other approaches (economic and sociological) it has become increasingly evident that the strictly psychological aspects of scientific creation are only a part of creativity in science and technology. In short, a focus exclusively on the individual gives rise to two dilemmas: for methodology, no basis exists on which to develop criteria for creativity, and, for theory, specific forms of creativity remain entirely unexplained. An attempt to overcome these dilemmas was made by Usher (1954), a historian⁴ and by contributors from other disciplines.

The Economic Approach

The economic approach has provided the most systematic account of the process of producing agricultural technologies, primarily through its neoclassical branch. Generally, economics treats technology as: (1) an autonomous factor that occurs independently of socioeconomic events (Lewis 1954, Ranis & Fei 1961, Jorgenson 1961), or (2) a dependent factor that responds to economic pressures (Hicks 1932, Schumpeter 1949, Hayami & Ruttan 1971). An "induced innovation theory" of technological change has evolved from posing the problem in the second manner.

For Schumpeter (1949 and 1939), technology reflects economic necessity. An innovation is what is created under economic pressure, and once in production,

⁴— An account of Usher's (1959) contribution is made by Ruttan (1959).

affects the economy. Schumpeter, however, did not offer a theory of innovation as such.

Hicks (1932) provided the basis for such a theory. He showed that a change in the relative prices of the factors of production leads to “biased technological progress” – where the generation of technology economizes the use of the most expensive factor(s) (Hicks 1932). Invention is classified as “labor saving”, “neutral”, or “capital saving.” “Labor saving” innovations increase the ratio of the marginal product of capital to that of labor, “neutral” innovations leave the ratio unchanged, and “capital saving” innovations reduce the ratio. Nevertheless, the vast majority of innovations are actually labor saving. Salter (1966) argues, to the contrary, that entrepreneurs attempt to reduce total costs rather than specific costs such as labor.

For Hayami & Ruttan (1971), innovations depend on economic conditions of the economy at large. Their macro-economic approach goes beyond Hick’s micro-considerations of the firm and permits analysis of technological change throughout a society. The Hayami & Ruttan model asserts that: technological change is an endogenous variable in the development process and dependent on economic forces; there are multiple paths to technological development; technology is not neutral in its resource saving characteristics; and technical change has the role of facilitating the substitution of one resource for another (Hayami & Ruttan 1971).

With few exceptions (Sousa 1980, Oasa & Koppel 1982), Hayami & Ruttan’s hypotheses have received no extensive criticisms from either economists or other scientists. At the same time, the hypotheses have exerted a major influence on economists and policy makers involved with agricultural development in the U.S. and in developing countries such as Brazil. Due to their practical importance, Hayami and Ruttan’s hypotheses warrant closer examination. We intend that the critical points discussed below draw attention to this need.

First, Hayami & Ruttan retain the Schumpeterian assumption that innovation is the central force and determinant element in the economy. This form of technological determinism emphasizes the supply side of development. Thus the solutions for agricultural stagnation are: (1) technological development (the creation of new technologies), and (2) the provision of extension service and credit programs. Although important to economic development, technology is only one contributor. Moreover, sociologists (e.g., Burawoy 1978) insist that technology is inextricably bound to social relations, and thus technology itself carries considerable social and political complexity.

Second, their use of "society" as a concept conceals possible divisions that must be recognized when decisions about "society's needs" or the "benefits to society" are at stake. Hayami & Ruttan (1971) write, "it is unlikely that institutional change will prove viable unless the benefits to society exceed the cost." Contributions from the sociological approach reveal the concept of an "undifferentiated" society as dangerously misleading.

A third shortcoming results from their exclusive focus on the market at the expense of other factors in technological development. The "free market" (i.e., a system of prices that reflects resource scarcity) assumption fails to consider the overwhelming reality of state involvement in the economy. Thus the generalizability of such a model to Brazilian society (as well as many other cases including the U.S.) is questionable. "Monetarists" such as Schultz (1968) and Johnson (1967) do call attention to the distorted character resulting from public interventions in the free operation of market forces. Hayami and Ruttan's induced innovation hypothesis, however, does not account for such distortions, nor specifically for the role of public investment in technology research. For Hayami & Ruttan the creation of agricultural technology is a response to market forces (e.g. the increasing cost of labor) rather than a response to social forces (e.g. the increasing power of labor).

The relatively recent interpretation of technical and institutional change as endogenous to the economic system (Binswanger & Ruttan 1978) marks an important step forward for the induced innovation model. Prior to these developments the induced innovation model could do no more than assume linkages between relative factor prices and research outcomes. In response to the critics and with new historical data (e.g., the limited success of the Green Revolution) an awareness grew among some neoclassical economists that the forces which shape agricultural technology are not purely economic but also social. (Sanders & Ruttan 1978, Janvry 1978). An important consequence of this new development is not only a greater concern for the "social", but that this social concern be seen in a different light.

Before development of the induced innovation theory, most economists viewed technical change as subject to either intellectual (see "Psychological Approach") or sociocultural influences (e.g. inventions evolving from existing knowledge in the culture) that were theorized by other social scientists. The initial impact of the induced innovation model was for economists to tie technological change to economic forces rather than to general sociocultural mechanisms. Induced innovation theory, with further refinements and nagging problems, has shown the necessity of introducing social institutions into a model of technological change.

The Sociological Approach

The sociological approach has taken at least three broad directions in pursuit of a systematic theory of the production of science and technology, but none has succeeded in resolving the many and diverse issues of technological change. One of these directions – the most traditional and perhaps the least satisfactory – is concerned with how far a given cultural base determines a particular invention, assuming a constant level of mental ability (Ogburn 1922, Ogburn & Nimkoff 1940, Ogburn & Thomas 1922, Kroeber 1944, Barnett 1953, and Gilfillan 1935a, 1935b). More recent works (Havelock 1971, Rogers & Shoemaker 1971) develop an “information systems” approach that adds refinements to the socio-cultural account. Another direction, largely credited to Merton, asks, “Why it is that most individuals, most of the time, come to ‘want’ to do what it is that society ‘needs’ them to do?” (Storer 1966). Although stronger, this direction (Merton 1949, Ben-David 1960, Marcson 1960, Kornhauser 1962, Abrahamson 1964, Zuckerman 1967, Swatez 1970, Gaston 1970, Hagstrom 1971 and Clement 1974) has, nevertheless, “become more and more bound up with the internal workings of the social system of science, and less and less directly interested in the relations that exist between science and the social and political environment in which it takes place” (Sklair 1973). Despite this criticism the Mertonian direction has focused attention on an “interactional tendency” (concerned with the relationships among individual scientists) and the “institutional tendency” (concerned with macro-influences on scientific organization and the role of the scientist in society).

Radical sociology⁵ (Engels 1976, Bukharin 1971, Hessen 1971, Colman 1971, Bernal 1939, Sohn-Rethel 1975, Braverman 1974, Aronowitz 1978, Noble 1977, 1978 and Hodgkin 1976) offers a third direction within the sociological approach. This direction is distinguished by a focus on the social determination of the substance (e.g. “capitalist v. proletarian” science) of science and technology. Clearly, social determination includes economic and political dimensions of social reality. Two very different views about technology in social development hinge on whether primacy is given to the forces of production (any facility or instrument that purposely contributes to production, Cohen 1978) or to the relations of production (i.e., those sociopolitical relations through which the surplus product is drawn from the direct producer, Burawoy 1978).

⁵. – In short, Vandermeer (1982) classifies radical science as that which derives from the perspective of labor. Radical Sociology is to be defined along the same line.

The merit of the radical approach is in clarifying the actual social form of the process of appropriating surplus (and not economic contradictions per se), which is the basis for the reproduction of social classes. The creation and distribution of a surplus product therefore depends on not only science and technology but rather, on social relations which permit the use of new technological forms. The actual scientific research that is conducted and the concrete technologies are viewed as outcomes of social struggles over the creation and distribution of the surplus product.

Unlike radical sociology the sociocultural direction does not specify the opposing social forces that do determine technology. This approach never really presented a set of interrelated propositions positing cultural factors related to innovations, nor were its assertions ever really verified. Rather, this direction drew attention to the fact that inventions are tied together with other inventions, and that the timing of the emergence of an invention is a constant problem. Against a crude psychologism, Ogburn (1922) dissociates invention from mental ability in the sense that the latter alone cannot explain the former. Given that "creative minds" are socially determined, what are the cultural factors or traits that influence a specific technological form or content? The question never received a consistent answer. In one of the best known empirical works of this kind, Gilfillan (1935b) presented nebulous results: invention is partly caused by social factors; invention has wide social factors; patent statistics are questionable measures of invention and unavailable for major inventions. Moreover, in defense of the induced innovation model, Schmookler (1966) demonstrated that the availability of knowledge is less likely than the action of market forces to trigger inventions.

A more recent approach, called "information systems", observes that as society develops, the generation and dissemination of information has become the function of specific research and development institutions. All technologies generally follow a developmental sequence from scientific theory to practice. Information systems analysts are primarily concerned with identifying the functional requisites for facilitating the theory to practice developmental sequence. Understanding functional requisites, such as innovation, validation, dissemination, legitimation, and integration, (see, Lionberger 1982) is useful for diagnosing problems within the system. Although a variety of proposed systems (Havelock 1971, Nagel 1979) require improved capabilities for generating, transforming and diffusing information, what the system actually does, how it is used, for whom and by whom, is a matter of how people decide to use the system. Herein lies a major limitation on the information systems approach: the system works as it is "supposed to work" only when the larger society is undifferentiated along economic, political, and/or social strata. Moreover, the systems analysts, like

their sociocultural predecessors, assume the centrality of information generation and flow, and consequently overstate the impact of information generating institutions on technological change. A growing attention as to how the system and its management affects the technologies that are produced (Lionberger 1982) may lead to more penetrating analyses of the origins and nature of "information systems", if proponents are willing to abandon the functional and idyllic view of society.

Although having serious limitations, the sociocultural account and the information systems approach to technological change have offered a refreshing challenge to psychological reductionism and posed the problem of the social determinants of technological change. The Mertonian view of science and radical sociology specify several relevant social dimensions of technological change. These works are guided by at least three basic inquiries: (1) What determines the nature of the questions scientists pursue? (2) Do technologies have a social character over and above any inherent physical properties and economic rationality? and (3) By what process(es) and through which mechanisms is the social character of technology transformed?

Issues involved with the social system of science entail studies of the relations among scientists (Crane 1969 and 1972, Hagstrom 1965), the relations among organizations (Aldrich 1974, Karpik 1978, Benson 1975), and the impact of organizations on scientists' work (Busch 1982, Pelz & Andrews 1966). To a large extent many of the studies with a view to the social system of science assume the independence of scientific institutions from their sociopolitical environment (e.g., Merton 1973, Zuckerman 1967). Emphasis is on the internal structure of the social system of science that shapes scientific production.

Sociologists contributing to an understanding of the relationship between science and the sociopolitical environment focus on problem choice in the research establishment (Busch 1981, Busch & Lacy 1981, Lacy 1982a), agricultural labor supply and control (Friedland et al. 1981), the economic organization of agriculture and the economic power of farms (Friedland et al. 1981), the role of the state (Fujimoto & Fiske 1975, Fujimoto & Kopper 1975, Sousa 1980, Dale 1981), and structural determinations (Sousa 1980, Busch 1980, Busch & Sachs 1981, Lewontin 1982).

Advances in genetic engineering (currently led by the private sector in the U.S.) are rearranging institutional relationships and bringing new and more developed ties between social institutions and science. The very high capital requirements to conduct research and the major social implications of who will

control the new technologies and for what purposes, have begun to attract sociological attention (e.g., Kenney et al. 1983, Rachie & Lyman 1981). The approaching technical advances of genetic engineering such as nitrogen fixation in nonleguminous crops, increased photosynthetic efficiency, pest and disease resistance, and salt, heat, and drought tolerance (Flinn & Buttel 1982, Graff 1982, Barton & Winston 1983, Chaleff 1983, Shepard et al. 1983, Borlaug 1983, Farnum et al. 1983, Abelson 1983) have major implications for developing countries.

A survey of widely different approaches — psychological, economic and sociological — as to how and why technology changes, leads to a more comprehensive view of the problem. Both the “demand” (i.e., a specific interest or need for technology) and “supply” (i.e., adoption, diffusion, returns on investment and social consequences) sides must be considered for a broader view of technology. Scientific practice is an open-ended endeavor from which the product, knowledge, always has the quality of incompleteness. Scientific contributions, then, do not come as knowledge in a complete form, but rather, as incomplete knowledge from which we raise new questions. The literature review demonstrates how solutions to the problem of technological development are arrived at very differently. Moreover, the diverse solutions, each carrying partial validity, underscore the need for a comprehensive approach to the study of technological change.

POSING THE PROBLEM OF THE RESEARCH PROGRAM

This proposal for a research program, which centers on the production of agricultural technology, is based on the question: What influences the production of agricultural technologies? Geographers, anthropologists, and even biologists have offered different answers just as we earlier showed different solutions from psychologists, economists, and sociologists. The rationale for a research program derives from the necessity of interdisciplinary or multidisciplinary responses to the same initial question. A research program, such as the one suggested, has the intent of putting together partial solutions for multidisciplinary evaluation. Empirically grounded answers to the initial question should feed both practical actions and the theory of scientific and technological production.

TOWARD AN OPERATIONAL MODEL FOR THE PRODUCTION OF AGRICULTURAL RESEARCH AND TECHNOLOGY

Diagram 1 presents a “full model” of structural determination among socioeconomic factors, the state, the production of agricultural technology, and its application. Structural determination is the variable influence of different

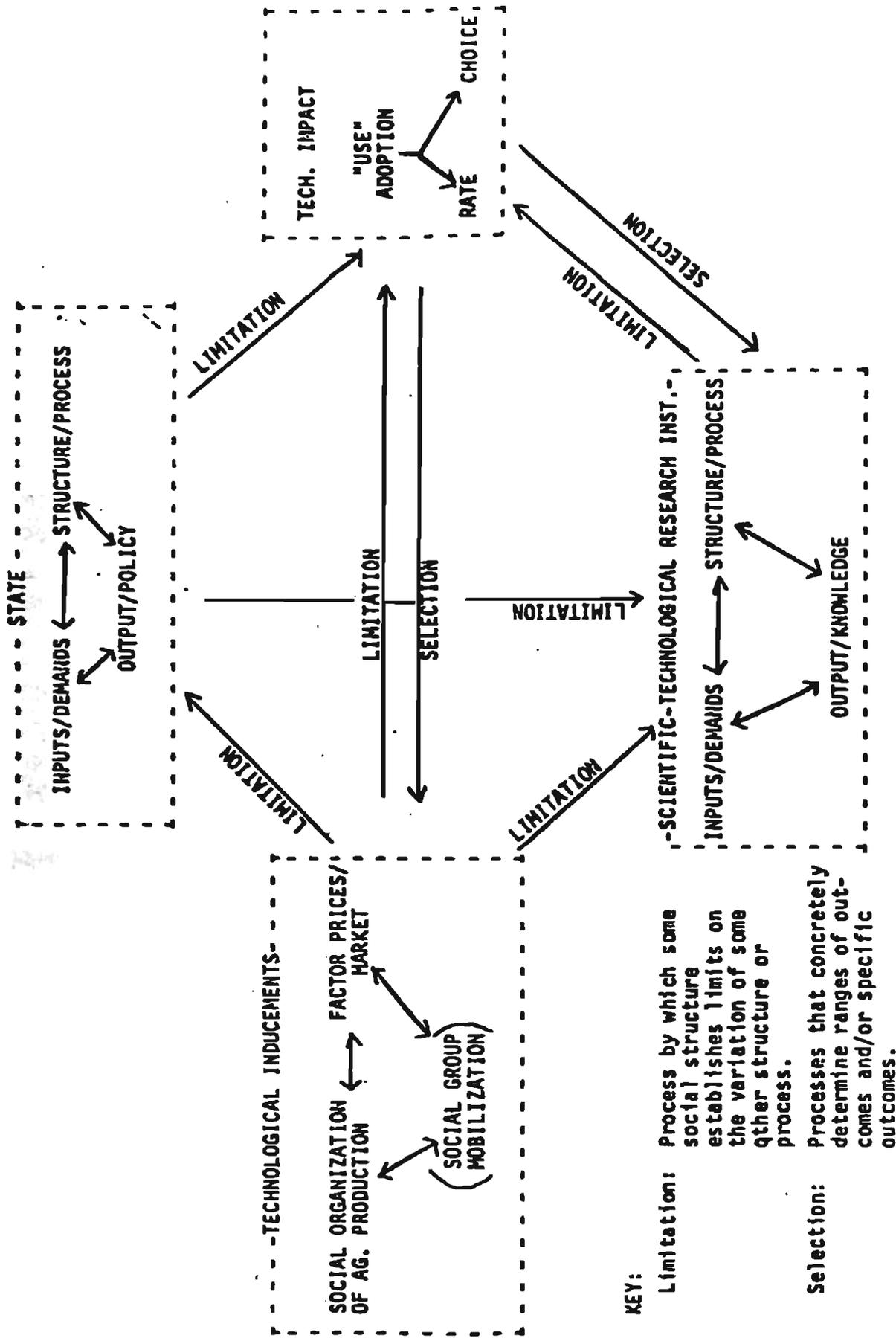


Figure 1: A Model of Structural Determination Between the Socioeconomic Factors, the State, the Production of Agricultural Technology and Its Application.

structures (e.g., economic, political, social) on other structures or processes. A "full model" incorporates the diverse solutions to technological change, which were previously introduced, and signals a comprehensive study of agricultural technology production. The purpose of drawing upon several different theories and empirical works is to suggest a comprehensive research program rather than to develop a theoretical synthesis.

More research is needed to advance an inclusive theory of technological change – one that provides research institutes and scientists with the necessary tools to carefully evaluate current research and prudently decide on future research efforts. Hopefully, this proposed research program opens avenues to the eventual construction of such a theory.

As a first approximation, the model in Diagram 1 distinguishes determinant structures (socioeconomic and the state) from the determined structure (agricultural research organization). Here, structure refers to a level of reality that conditions the visible social relations. We derive five broadly stated propositions from the relationships between the determined and determinant structures: (1) technological change in agriculture is stimulated or "induced" by socioeconomic structures; (2) the state distorts or "mediates" these inducements through pricing and trade policies; (3) the state determines a range of research possibilities, or rather, sets limits on research institutions via research allocation; (4) the social impact of new technologies modifies or "selects" on-going research objectives for research organizations; and (5) the organizational structure and the distinctive character of the scientific production process "selects" specific technological outputs within the constraints and range of possibilities provided by its social environment (which contains the stated structures and processes). Although more remote, relationships among the determinant structures also suggest impacts on the process of technological production (and its determined structure).

Technological Incentives

Economics and sociology have demonstrated that an interest in or an inducement of technology prompts its creation by scientists or technicians. Three socioeconomic structures or processes decisively influence the social interest or demand for new technologies: relative factor prices (Hayami & Ruttan 1971); the social organization of production (Friedland et al. 1981, Thomas 1981); and sociopolitical mobilization of interests (Vandermeer 1982, Sanders & Ruttan 1978). These processes do not occur independently of each other, but rather, occur jointly and are found in any commodity producing formation.

Relative factor prices tend to reflect the resource endowments of different countries. Countries with factor endowments at one extreme or another have developed different technologies to save the relatively scarce and expensive factors. For instance, when land is abundant or labor is scarce (the U.S., 1880-1970, with its high land/labor ratio), countries develop technologies that increase output per worker, and are typically called "mechanical" innovations. On the other hand, when land is scarce or labor cheap (Japan, 1880-1970, with its low land/labor ratio), countries develop technologies that increase output per land area, and are called biological innovations (Hayami & Ruttan 1971).

Using a model of biological innovations, we suggest how an analysis of the response of factor use to relative factor prices is helpful in identifying a potential interest in and optimum benefit of technological innovations. The model suggests that as the price of biological technology (e.g., fertilizer and chemical inputs) declines relative to the price of land, the biological application per unit of land increases. Changes in the price of labor relative to the price of land also affect the level of fertilizer use per unit of land. Herbicides, for example, can substitute more labor intensive methods of plant protection. Data from 1880-1965 showed a strong tendency to increase the use of biological technologies in all of the countries studied (Japan, Germany, Denmark, France, Britain, and the U.S.) when either the relative price of labor or land increased (Ruttan et al. 1978).

The model for biological innovation suggests that when the price of land is high relative to the price of labor, the level of biological or "yield increasing" technologies is expected to increase. Moreover, for optimum growth potential, the use of yield increasing technologies should increase. On one hand, failure to increase the level of any technology would prevent production increases. On the other hand, tipping the balance toward mechanical innovation would accelerate the substitution of capital for labor when there already exists an abundance of labor. Undesirable social and political effects would result.

Relative factor prices are essentially market incentives used as indicators for identifying the expected interests and/or behaviors resulting in technological bias among producers. Although market mechanisms are found to give rise to expected behaviors among some producers, not all producers react in this way, as shown by the past reluctance of many U.S. farmers to adopt new technologies (Danbom 1979), the mechanical bias of large farmers in Brazil (Sanders & Ruttan 1978), and the uneven diffusion of the Green Revolution throughout Latin America (Cloud 1973). An understanding of how production units condition the so-called factor use response to relative factor prices is obtained with a more thorough analysis of the social organization of production.

The comparative study by Friedland et al. (1981) of the social organization of lettuce and tomato production in California explains technological change by the elasticity of labor supply/labor control, the economic power of firms, and their interaction. Interaction refers to “the manner in which firms perceive or anticipate change in labor supply/control will be influenced by their economic strength” (Friedland et al. 1981). The end of the bracero program⁶ imposed similar changes on labor supply for tomato and lettuce growers, but led to different technological responses. With the bracero program under heavy criticism, a mechanical tomato harvester was developed at the University of California and ready for adoption in 1961, though not readily accepted by growers until after the bracero program ended in 1964. Once ended, tomato growers, subjected to the production requirements of their processors and with limited access to credit, responded to sudden and sharp increases in labor costs with widespread mechanization (Friedland et al. 1981). Lettuce “grower-shippers”, on the other hand, responded to rising labor costs with gradual change in technology.

In contrast to tomato growers, the grower-shippers of lettuce exert control over the production, shipping, and marketing of their product, thus providing greater flexibility over price fluctuations. Moreover, internal financing is possible by the inclusion of lettuce production in a larger corporation (Thomas 1981). Increased control of the market and internal financing yielded greater economic power to the grower-shippers. Grower-shippers, instead of rushing to mechanize, absorbed labor cost increases and “geared toward long term profit maximization” (Friedland et al. 1981).

Friedland et al. (1981) and his earlier work with Barton (1975) underscore the importance of the social organization of production in “inducing” an interest in technological change. The case studies of tomato and lettuce production – two variants of production organized according to capitalist relations – show that when capitalist production units are organized differently, they may respond differently under similar relative factor price changes.

Greater differences in latent technological interests are expected when the “factor inputs” are of different kinds, such as with wage labor, domestic labor, or some other form of nonwage labor. In the form of wage labor, the labor input typically appears with the capitalist form of production and implies altogether different problems of labor recruitment, supply, and control than when labor

⁶ . – Essentially, the bracero program was a federal policy designed to ensure a steady supply of cheap migrant labor to growers in the United States.

takes a "domestic" or "pre-capitalist" form (Sen 1975). Shifts in relative factor prices are expected to trigger different responses. Thus, for example, large Brazilian farmers had a vested interest in mechanization and labor substitution as they faced problems of labor control/supply not experienced by smaller farmers who rely primarily on domestic labor (Sanders & Ruttan 1978).

While an interest in technological change of a certain kind and pace is jointly conditioned by production structures and market relations, the real capacity to transform an existing knowledge base into new knowledge and technologies partly depends on sociopolitical mobilization of the groups involved. A technological breakthrough in one area frequently requires breakthroughs or modifications in related technologies. The development of the mechanized tomato harvester, for instance, required uniform plant growth, simultaneous ripening of the fruit, a sturdier tomato to withstand rough mechanical treatment, and shipping and processing changes (Vandermeer 1982). The interdependence of technical change, called sequencing (Rosenberg 1976) demands that several diverse groups are mobilized. No individual or social group lacking in power is capable of effective expression of technological interests. The issue at stake is: what sociopolitical mechanisms belonging to the socioeconomic structure tend to facilitate or obstruct the translation of a technological interest into actual research efforts?

Friedland (1980) suggests that discontinuities in the production process itself may leave an interest or need for technological change unattended. Throughout much of the agricultural sector, for instance, the absence of vertical integration leaves farmers concerned with production, distributors concerned with storage, processors responsible for processing, and so forth. In comparison, vertical integration is expected to promote the coordination of responses to technological interests.

Discontinuities in the agricultural system along with public support for much of agricultural research lack a built-in organizational basis within which to express technological interests. Individual farmers, growers, and farm laborers do not conduct their own technology research but must create organizations for research and/or promote research needs. It is generally accepted that within agriculture, large farmers and agribusinesses exert the most effective influence over publicly funded research institutions, e.g., Hightower 1973. In fact, it has been argued that the disproportionate political power of large farmers was a chief factor giving rise to the inefficient policy choices of subsidizing agricultural mechanization in Brazil (Sanders & Ruttan 1978). Despite these claims, few studies have been conducted on the variable capacities of different groups to organize for an expressed

technological interest and what constraints and/or possibilities exist for less privileged groups to secure real influence over technological change.

The State and Agricultural Research

Here, we understand the state and technology as the entire complex of activities with which various organized entities within and among different social institutions aim to either extend, maintain, or halt a loss of control over the production process and its relevant environment through technological innovation. Below, several points are highlighted by which this definition specifies a definite object of analysis as well as broadly captures the extent of the state's involvement in technological development.

First, the activities of the state are those accomplished through collective means (i.e., organized entities). Hence, individuals acting outside organized entities for purposes of securing competitive advantages for themselves do not constitute "state" activities. Second, in varying from case to case, the organized entities (typically fractions of capital among the developed countries) respond not only to their own collective needs, but to an emergent opposition such that the purpose may be to stop a potential erosion of control rather than to merely extend control. Third, responding to an uncertain or threatening environment constitutes an "interactional process" among organized entities. This process results in the formation of structured relations (among organized entities) and institutional arrangements (e.g., among producers, universities, and government bodies) whereby a determined distribution of resources and power is accomplished. Fourth, since technology is a key to securing greater economic advantage (i.e., control), organized entities of the productive sector will look to forge institutional arrangements that enable control over the research and development process.

The "interactional process" within which state activities occur, involves three analytic foci: (1) the process of organizing forces and interest formation; (2) structured relationships that select some technology objectives while ruling out (or de-prioritizing) others; and (3) specific outcomes for determining which groups will control the pace and direction of research and technology, and what will be the extent of that control.

The process of organizing forces and interest formations signals an analysis of how organized entities of the production sector (either state or private) define their collective technology interests and struggle to modify relationships with other institutions (e.g. government bodies, universities) or seek to establish new ones. Thus, in the early twentieth century large farm and agribusiness groups in the U.S. sought the establishment of a farm organization that would unite farm and business

interests to create a market for new farm technologies. Public funded and legally authorized government bodies were instrumental in establishing the new and powerful farm organization called the Farm Bureau (Busch & Lacy 1983, McConnell 1953). The Farm Bureau signalled a new institutional arrangement between the farm, business, and government which became the basis for farm policy, organized research, and technology development.

The relations among organized entities have the effect of imposing structural constraints on the range of technology objectives that can be pursued by the separate groups. For example, in Brazil the patterned relationships shifted from an alliance between the traditional landlord class and an emergent industrial-entrepreneurial class to one between entrepreneurs of domestic and international capital. This alliance, a more prominent feature of the current state form, fueled the growing balance of payments problem. Rising trade deficits have in turn contributed to the urgent demand for increased agricultural productivity, and are the principal basis for biological (i.e., yield increasing) technologies in agriculture.

Variable returns from research also filter technological demands of the state. Returns from research on mechanized innovations are more likely to be captured by the manufacturing firm than are returns on biological innovations (Janvry 1978). The least profitable but economically useful research endeavors are thus left in large measure to the public sphere.

Inputs/demands, which do enter governmental bodies, become material for a structured decision making process. This transformation process, or "policy formation", involves the modes of decision making and the patterning of organizational positions. Therborn (1978), Block (1977) and Skocpol (1979) have analyzed the unique contribution of the state apparatus and modes of decision making on other areas of policy formation. These studies promise a substantial theoretical and methodological contribution to understanding the politics of agricultural technology policy.

The outcome of control and/or the extent of control by certain groups is a third focus of the interactional process. The extent of control is determined by the capacity of an organized entity (singular or network) to direct the flow of two basic resources: money and authority. This capacity is, in turn, essentially determined by the emergent interorganizational relations. It is important that organized entities which struggle for control, have authority and financial resources since authority legitimizes a particular use of finances and confers the right to carry out specific research activities. With much of authority monopolized by the

state as represented in government bodies, it is not difficult to see why significant struggles among organized entities of the economy are eminently political.

An ongoing study at Cornell University (Kenney et al. 1983, Buttel et al. 1982) on the struggle to control biotechnology research illustrates the capacity of organizations to direct agricultural research technology by forging new interorganizational relations. The principal social actors are large multinational corporations (petrochemical and pharmaceutical), the Land Grant Universities, and government bodies (Buttel et al. 1983).

The large corporations are moving on two fronts. The takeover of smaller, independent seed companies is already underway. Once plants are genetically engineered on a commercial basis, these mergers will assure an expanded market and enhanced profits. Due to extraordinary capital requirements of biotechnology and the unprofitability of basic research by private enterprise, corporations have also begun to apply pressure on Land Grant Universities to abandon applied research for basic research. A probable way to apply pressure is through modifying the existing public research funding patterns of the Land Grant System. Government bodies will then become directly involved in efforts to modify existing funding arrangements which have obstructed public support for basic research in biotechnology.

New relationships among the organized entities will affect research priorities (e.g., "national" versus "local", basic versus applied), the allocation of research monies (i.e., the amount and distribution), and authority relations (e.g., to establish new research norms for legitimizing "national" over "local" priorities). Within these broad parameters, research organizations concretely determine the form and structure of the research organization, the types of projects and the amount of research effort.

State activities that are seemingly unrelated to agricultural research or even to agriculture may also modify the ways in which socioeconomic structures or processes impose limits on the research process. Protectionist trade policies or subsidization of agricultural inputs can alter or mediate the way in which socioeconomic structures or processes impose limits on the research process. For example, Brazil's mechanization policies, particularly since the early 1960s, have distorted the tendency for factor prices to reflect factor endowments (Sanders & Ruttan 1978). State policies in the form of resource allocations for research set limits on the amount of research effort, the types of projects initiated, and the form of research organization (e.g., centralized versus decentralized).

Research Process

Inputs/demands on the research institute derive from two previously described sources: socioeconomic structures and processes that “induce” technological change, and state policies that either “mediate” those inducements and/or directly set limits on the general nature and scope of the research process. A third source is from the social impact of the technologies. Depending on the nature of the technologies as well as on existing social structures, technologies have either reinforced (Taussig 1978) or transformed existing social relations (Byres 1981). In either case, technologies and social production processes create new social relations and, consequently, new technological requirements. Thus, the comparative advantage that sugarcane production received in the south of Brazil by mechanical innovations (Sanders & Ruttan 1978) has led to new technological interests, and with increased economic power came a greater effectiveness in mobilizing interests.

Within the limits imposed by these varied sources, researchers within research institutions formulate and carry out specific research projects. Previous research suggests that the mechanisms by which agricultural research is conducted in determined ways include: scientific training and other social background experiences (Busch & Lacy 1981), communication patterns among the scientists (Busch 1980), and the scientists’ institutional context (Busch 1982).

Moreover, broader social forces, which were previously delineated, condition the immediate or direct mechanisms determining the research process. A substantial body of organizational literature (e.g., Ouchi 1977, Ouchi & MacGuire 1975) analyses the social control processes of research organizations. Research institutions, not unlike other organizations, are established, maintained and transformed within the context of their social environments (Benson 1975, Pfeffer & Salancik 1978). Thus, the type of interorganizational arrangements may be a crucial factor in shaping organizational control mechanisms, and can ultimately lead to a more “efficient” direction of the research process in step with the emerging technological interests of certain social groups.

Research Directions for the Program

The basic, practical justification for a comprehensive study of agricultural technology production rests on the need and desire to provide greater efficiency to the mechanisms that translate scientific knowledge into useful products and production processes. We expect that the quality and adaptability of agricultural technology will be better secured if the process of producing agricultural technology is understood. One promising way to stimulate innovation, and

ultimately to enhance productivity of diverse (types and sizes of) farms, is to combine existing knowledge to make technological breakthroughs such as increasing plant responsiveness to low fertility or developing bacterial pesticides. As the process of producing agricultural technology becomes demystified through an integration of major disciplines (e.g., psychology, economics and sociology), the organizational capabilities of scientists and administrators of research institutes to direct research toward socially and economically desired technologies are enhanced. The links between basic research and technological change are often subtle and indirect, and can occur over extended periods of time (Bok 1982). Empirical studies should show where and how to make these links shorter and stronger.

Another reason of practical importance for studying the agricultural technology production process is in identifying the best strategy for enabling highly specialized scientists to recognize other areas of scientific importance that may be found at the heart of a persistent social problem. This does not suggest that nondirective, basic scientific inquiry has no reason to exist. Rather, we argue that the old, rigid line between pure and applied research is vanishing as more and more pressing problems of everyday life are translated into basic research problems. Again, empirical studies should help to locate recurrent routes to problem choice and consciously orient actions in accordance with a broader view of the need for and use of agricultural technologies.

The Research Objective and Issues

We suggest that the above mentioned reasons for a comprehensive study of agricultural technology production translate into a dual objective of greater research efficiency and quality. Brooks (1973) defines research efficiency as a concern for "how to organize staff and direct the search for knowledge so as to obtain the greatest rate of scientific progress for a given investment of human and material resources".

Unlike efficiency, "research quality" lacks an unambiguous, a priori definition. Concern for quality signals an ultimate interest in obtaining "useful" products of technology. "Useful" however, opens a floodgate of unexamined questions such as: useful for whom? for what purposes? and with what consequences? Clearly, all participants of the agricultural research process – farmers, scientists, public officials, and farm related groups – help to define what a "useful" technology is. Organizational structures, however, determine which groups may obtain greater participation than others and which groups are excluded from participation in the research process. While a concern for research quality draws attention to the entire complex of organizational structures required for a

fully integrated agricultural development plan, this research program demands a clearer and more limited focus – the organizational structures of and/or directly pertaining to the research organization itself which determine participation, and hence what is a useful technology.

Research efficiency and quality should be considered complementary sides to a single aim in the agricultural research process. Excessive concern with efficiency at the neglect of research quality may result in: (1) the organization of research work becoming independent of the aims of research; (2) high levels of competition and a trend toward greater specialization will likely obstruct communication among scientists; and (3) the choice of the research problem is decided less on the basis of a defined need and more on the basis of available techniques for doing the project with the least amount of resource investment. On the other hand, too much concern with research quality while ignoring efficiency may result in: (1) a low success rate for achieving defined goals; (2) excessive discussion among the research staff without agreement on specific goals; and (3) a waste of human and financial resources.

Efficiency measures can be obtained from organizational records (e.g., costs per unit of research output) and/or from value judgments of the participants (e.g., degree of goal attainment, level of satisfaction with research performance). The organizational assessment literature (Van de Ven & Ferry 1980, Lawler III et al. 1980) identifies several efficiency dimensions and measurement procedures. Influences on researcher, team, unit, or organizational productivity are concerns of research. These influences may range from personal motivation and attitude, to structural characteristics and organizational context.

The previous discussion on research quality – i.e., its usefulness – suggests that quality is dependent upon the extent that the research activity responds to the needs of its intended clientele. Thus, research quality has to do with the content of the basic research: the basic goals of research, how they are established, what are the specific research problems, and their selection, formulation and mode of project execution. Several avenues for investigating research quality are: which structures of the research organization inhibit/permit innovative research activities; what determines the extent to which broadly defined organizational goals form part of the structure determining actual research tasks; what linkages exist between the research organization and other clientele to help identify research needs; what modes of cooperation among scientists (e.g., unidisciplinary, multidisciplinary and interdisciplinary team) help to assure the usefulness of the technology and which factors determine these modes. Essentially, all of these research issues point to a variety of mechanisms involved in defining research goals, problems, and specific

research tasks. An immanent consequence of the breakdown of these mechanisms is a lack of coincidence between the method and scope of the research activity and the research need (i.e., the object of investigation).

Among research organizations, quality and efficiency will vary considerably. Table 1 summarizes four general outcomes derived from these variations.

Table 1: Types of outcome for an Agricultural Research Organization

		Research Quality	
		High	Low
Research efficiency	High	a fully integrated and productive research organization	a productive research organization, but research lacks intended usefulness
	Low	Research has intended usefulness but is poorly executed, goals are rarely attained and projects seldom finished	Research lacks intended usefulness and is poorly executed

A research organization that has effective participatory structures to offer opportunity for many different social groups to influence the research objectives will help to ensure the quality (usefulness) of the research activity. One that is also effective in meeting the objectives is defined in Table 1 (upper left) as “high” on both quality and efficiency.

Occasionally a research organization with high efficiency but low product usefulness (see upper right of Table 1) is mistaken for a successful research organization by those with a singular concern for efficiency. This type of research organization will show high research competence. Organizational ties with a clientele, however, will either be ineffective for all the affected social groups, or highly developed for a select social group at the expense of the exclusion of others.

Some research organizations may be ineffective in attaining research goals but nevertheless capable of identifying the goals of a broad clientele (lower left of Table 1). This type of organizations could be lacking in competent researches, failing to motivate researches, or simply lacking the financial resources to carry out research tasks.

A few research organizations may have low research quality and low usefulness (see lower right of Table 1). These organizations are needing major changes to enhance efficiency and quality.

Table 1 presents a broad orientation for the study of research organizations. Research efficiency and quality are combined in a 2 x 2 table to show that neither can be ignored regardless of the specific research problem. Table 1 offers an orientation rather than real problems for research. This orientation, nevertheless, encourages a broader perspective for deriving specific problems. For example, since research goals are largely a social determination rather than spontaneous effects of individual creativity and/or the economy, any research with a focus on efficiency aspects must recognize that improving efficiency will not enhance the nature of the research. Likewise efforts to understand how to enhance the quality of research will not provide the means to execute the research.

A greater understanding of the research process requires identifying and measuring the efficiency and quality of research. Efficiency measures can be obtained from organizational records.

Levels of Analysis

The proposed research program aims for a greater understanding of what makes an efficient and high quality research organization. The general problem is approached from three different levels of investigation: (1) the individual/interpersonal; (2) intraorganizational; and (3) interorganizational. We recognize each level of investigation as having equal validity. Since these levels are interdependent, however, studies designed to move back and forth between levels are especially valuable for a more complete understanding of the problem. As well, many of the studies identified with a certain level and cited below were not exclusively done at that level.

At the individual/interpersonal level emphasis is on the entire process by which researchers are socialized (Busch & Lacy 1981), and on formal and informal channels of communication in the agricultural sciences (Busch 1980, Lacy 1982b). This level offers an understanding of what scientists as individuals bring to the research activity (predispositions, motivations, and perceived importance of different research goals), and how communication influences the choice of research problems. Appropriate for this level are various research strategies (Cook & Campbell 1979, Dillman 1978).

The intra-organizational level focuses on dimensions of organizational structure (Hage 1980) such as size, centralization, task specialization, and formalization; the nature of the tasks performed (e.g., routine versus creative) (Haraszthy & Szanto 1979); relations between staff and researchers (Varga 1979); and the organizationally constrained role of research project leaders (Aichholzer et al. 1979). Relying on survey data and secondary sources (e.g., organization records) comparative organization analysis (Vroom 1967) is an especially fruitful methodological strategy. Van de Ven & Ferry (1980) provide a comprehensive guide to developing organizational level measures.

The interorganizational level focuses on: the direction of flow of resources between the research organization and its "client groups"; the effect of the interorganizational relations on the structure and mode of operation within the research organization; and the role of various social classes in attempting to maintain existing relationships or forging new interorganizational forms. Benson (1975) provides an excellent discussion of the relevant dimensions and dynamics at this level of investigation. An initial approach to operationalizing interorganizational relations is given by Van de Ven & Ferry (1980). Much of the analysis, however, must rely on historical data and other secondary sources. Buttel et al. (1983), Kenney et al. 1983, and Busch (1982), and Busch & Lacy (1983) are examples of the analysis of agricultural research conducted at this level.

Thus, the reason for stimulating analyses which cover these three levels on which the phenomenon presents itself, together with their interconnections, resides in the belief that the production of agricultural technology does not depend only on the will of the creative individual, on the internal dynamism of the organization, or on the stock of existing knowledge. Structural processes also pose limits and therefore set the course of technological change. Although demanding rather complex methodology, the simultaneous analysis of the different levels of manifestation of the phenomenon offers scientists a concrete potential for understanding the social factors which determine the extent or limits of technological change. Thus, something more is added to the more markedly economic, market-oriented models discussed above. The simultaneous analysis of these different levels has the theoretical and methodological potential to examine the importance of power relationships among the different economic groups who affect technological change.

The idea behind this proposal for a research project on the creation of agricultural technology is that it will make possible the appearance of specific research projects for the detailed study of specific technologies. The theoretical basis for the program points out the futility of studying the effects of technological

change independently from the context which oriented that change. Finally, the project defends and discusses the necessity for and urgency of a systematic treatment of the whole context which orients technological change.

REFERENCES

- ABELSON, P.H. Biotechnology: an overview. *Science*, 219(4585): 611-3, 1983.
- ABRAHAMSON, M. The integration of industrial scientists. *Adm. Sci. Q.*, 208-18, 1964.
- AICHHOLZER, G. MITTERMEIV, R & WALLEES, G. On the differential importance of human – relations – aspects for research activities: a comparison between academic and industrial research units. In: FARKAS, J. *Sociology of science and research*. Budapest, s.ed., 1979.
- ALDRICH, H.E. *The environment as a network of organizations: theoretical and methodological implications*. Toronto, Canada, s.ed., 1974. Trabalho apresentado no ISA, Toronto, Canada.
- ARONOWITZ, S. Marx, Braverman, and logic of capital. *Insurg. Sociol.*, 8(2/3): 126-46, 1978.
- BARNETT, H.G. *Innovation: the basis of cultural change*. New York, McGraw Hill, 1953.
- BARRON, F. The psychology of creativity. In: HOLT, R. & WINSTON, J.B. *New directions in psychology*. New York, 1965. p. 3-134.
- BARTON, K.A. & WINSTON, J.B. Prospects in plant genetic engineering. *Science*, 219(4585): 671-6, 1983.
- BEN-DAVID, J. Scientific productivity and academic organization in the 19th century medicine. *Am. Sociol. R.*, 25: 828-43, 1960.
- BENSON, J.K. The interorganizational network as a political economy. *ASQ*, 20: 229-49, 1975.
- BERNAL, J.D. *The social function of science*. London, Routledge & Kegan Paul, Ltd., 1939.
- BINSWANGER, H.P. & RUTTAN, U.W. *Induced innovation*. Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1978.
- BLOCK, F. The ruling class does not rull. *Soc. Revol.*, 33: 6-28, May/June, 1977.
- BOK, D. Balancing responsibility and innovation. *Change*, 16-25, Sept. 1982.
- BORLAUG, N.E. Contributions of conventional plant breeding to food production. *Science*, 219(4585): 689-93, 1983.
- BRAVERMAN, H. *Labor and monopoly capital*. New York, Monthly Review Press, 1974.
- BROOKS, H. Knowledge and action: the dileme of science policy in the 1980's. *Daedalus*, 102(2): 125-44, 1973.
- BUKHARIN, N.I. Theory and practice from the standpoint of dialectical materialism. *Sci. Cross Roads*, 11-40, 1971.
- BURAWOY, M. Toward a marxist theory of the labor process: Braverman and Beyond. *Politics and Society*, 8(3/4): 247-312, 1978.

- BUSCH, L. The organization context of United States Public Agricultural research. California, s.ed., 1982. Trabalho apresentado no encontro da Sociedade de Sociologia Rural em São Francisco.
- BUSCH, L. Structure and negotiation in the agricultural sciences. *Rural Sociol.*, 45(1): 26-48, 1980.
- BUSCH, L. & LACY, W.B. *Science, agriculture and the politics of research* Boulder. Colorado, Westview Press, 1983.
- BUSCH, L. & LACY, W.B. Source of influence on problem choice in the agricultural sciences: the new atlantis revisited. In: BUSCH, L. *Science and agricultural development*. New Jersey, Allanheld Osmun and Co. Publishers, Inc., 1981. p. 113-28.
- BUSCH, L. & SACHS, C. The agricultural sciences and the modern world system. In: BUSCH, L. *Science and agricultural development*. New Jersey, Allanheld Osmun and Co. Publishers, Inc. 1981. p. 131-56.
- BUSCH, L.; LACY, W.B. & SACHS, C. *Research policy and process in the agricultural sciences: some results from a national study*. Lexington, Kentucky, University of Kentucky, Department of Sociology, 1980.
- BUTTEL, F.H.; KENNEY, M.; KLOPPENBERG JUNIOR, H. & COWAN, T.J. Problems and prospects of agricultural research: the winrock report. *The Rural Sociologist*, 3(2): 67-75, 1983.
- BYRES, T. The new technology, class formation and class action in the Indian Countryside. *Journal of Peasant Studies*, 8(4): 406-54, July 1981.
- CHALEFF, R.S. Isolation of agronomically useful mutants from plant cell cultures. *Science*, 219(4585): 676-82, 1983.
- CLEMENT, F. Early career determinants of research productivity. *Am. J. Sociol.*, 79: 409-19, 1974.
- CLOUD, W. After the green revolution. *The Sciences*, 13(8): 6-12, Oct. 1973.
- COHEN, G.A. *Karl Marx's theory of history: a defense*, Princeton, N.J., Princeton University Press, 1978.
- COLMAN, E. The present crisis in the mathematical sciences and general outline for their reconstruction. In: ———. *Science at the cross roads*. London, Frank Cass and Co. Ltd., 1971. p. 215-29.
- COOK, T. & COMPBELL, D. *Quasi-experimentation*. Chicago, Raud MacNally, 1979.
- CRANE, D. *Invisible colleges: diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago, University of Chicago Press, 1972.
- CRANE, D. Social structure in a group of scientists: a test of the invisible college hypothesis. *American Sociological Review*, 34: 345-52, 1969.
- DALE, C. Agricultural research and state intervention. BUSCH, L. *Science and agricultural development*, New Jersey, Allanheld, Osmun and Co. Publishers Inc., 1981.

- DANBOM, D.B. *The resisted revolution*. Ames, Iowa, Iowa State University Press, 1979.
- DILLMAN, D. *Mail and telephone surveys: the total design method*. New York, John Wiley & Sons, 1978.
- ELLUL, J. *La technique: l'enjeu du siècle*. Paris, Librairie Armand Colin, 1954.
- ENGELS, F. *Anti-dubring*. New York, International Publishers, 1976.
- FLINN, W.L. & BUTTEL, F.H. *Sociocultural constraints in technology transfer and adoption*. s.e., s.ed, 1982. Trabalho apresentado na Conferência de Perspectivas Sociais e Econômicas na Transfêrneica de Tecnologia Alimentar para as Nações em Desenvolvimento, na Universidade de Auburn.
- FARNUM, P.; TIMMIS, R. & KULP, J.L. *Biotechnology of forest yield*. *Science*, 219(4585): 694-702, 1983.
- FRIEDLAND, W.H. *Technology in agriculture: labor and the rate of accumulation*. In: BUTTEL, F.H. & NEWBY, H. *The rural sociology of the advanced societies*. Montclair N.Y. Allanheld Osmun, 1980.
- FRIEDLAND, W. & BARTON, A. *Destalking the wily tomato: a case study in social consequences in California agricultural research*. Davis, University of California, Department of Applied Behavioral Sciences, 1975. (Research Monograph, 15).
- FRIEDLAND, W.H.; BARTON, A. & THOMAS, R.J. *Manufacturing green gold*. New York Cambridge University Press, 1981.
- FUJIMOTO, I. & FISKE, E. *What research gets done at a land grant college: internal factors at work*. Davis, University of California Department of Applied Behavioral Science, 1975.
- FUJIMOTO, I. & KOPPER, W. *Outside influences on what research gets done at a land grant school: impact of marketing orders*. s.l., s.ed. 1975. Trabalho apresentado no Encontro da Sociedade de Sociologia Rural.
- GASTON, J. *The reward system in Bristish science*. *American Sociological Review*, 35: 718-32, 1970.
- GILFILLAN, S.C. *Inventory the ship*. Chicago, Follet Publishing Co., 1935a.
- GILFILLAN, S.C. *The sociology of invention*. Chicago, Follet Publishing Co., 1935b.
- GRAFF, G. *Plant tissue culture*. *High Technology*, 2(5): 67-77, 1982.
- GRIFFITH, D.R. *Creative potential versus propensity to respond creatively: an analysis of the creative/intelligence distinction and an attempt to enhance creative responding*. Columbus, Ohio, the Ohio State University, 1976. Tese.
- GUILFORD, J.P. *Creativity*. *American Psychologist*, 5: 444-54, 1950.
- GUILFORD, J.P. *Creativity: yesterday, today and tomorrow*. *The Journal of Creative Behavior*, 1(1): 3-14, Winter, 1967.

- GUILFORD, J.P. Intellectual resources and their values as seen by scientists. In: TAYLOR, C.W. & BARRON, F. *Scientific creativity*. New York John Wiley and Sons Inc., 1963. p. 101-18.
- GUILFORD, J.P. *Personality*. New York, McGraw-Hill Book Company Inc., 1959.
- GUILFORD, J.P. A psychometric approach to creativity. In: ANDERSON, H.H. *Creativity in childhood and adolescence*. Palo Alts, Science and Behavior Books, 1965.
- HAGE, J. *Theories of organizations*. New York, John Wiley & Sons, 1980.
- HAGSTROM, W.O. Inputs outputs and the prestige of university science departments. *Sociology of Education*, 44: 409-19, 1971.
- HAGSTROM, W.O. *The scientific community*. New York, Basic Books Inc., 1965.
- HARASZTHY, A. & SZANTO, L. On the planning activity of research units. In: FARKAS, J. *Sociology of Science and Research*. Budapest, Hungary, 1979.
- HAVELOCK, R.G. *Planning for innovation through dissemination and utilization of knowledge*. Michigan, University of Michigan, 1971.
- HAYAMI, Y. & RUTTAN, V.W. *Agricultural development: an international perspective*. Baltimore, the John Hopkins Press, 1971.
- HESSON, B. The social and economic roots of Newton's 'principia'. In: ———. *Science at the cross roads*. London, Frank Cass and Co., 1971.
- HICKS, J.R. *The theory of Wages*. London, MacMillan and Co., 1932.
- HIGHTOWER, J. *Hard tomatoes, hard times*. Cambridge, Massachusetts, Schenkman, 1973.
- HODGKIN, L. Politics and physical sciences. *Radical Science Journal*, 4: 29-60, 1976.
- JANVRY, A. de. Social structure and biased technical change in Argentina. In: BINSWANGER, H.P. & RUTTAN, V.W. *Induced innovations technology institutions and development*. Baltimore, John Hopkins University Press, 1978. p. 297-323.
- JOHNSON, H.G. *Economic policies toward less developed countries*. Washington, The Brookings Institution, 1967.
- JORGENSON, D.W. The development of a dual economy. *Economic Journal*. June 1961.
- KARPIK, L. *Organizations, institutions and history*. ———. *Organization and environment: theory, issues and reality*. London, Sage, Publications, 1978.
- KENNEY, M.; BUTTEL, F.H.; COWAN, J.T. & KLOPPENBURG JUNIOR, J. *Genetic engineering and agriculture: exploring the impacts of biotechnology on industrial structure, industry-university relationships, and the Social Organization of U.S. Agriculture*. Cornell, N.Y., Cornell University, 1983.
- KENNY, M.; KLOPPENBURG JUNIOR, J.; J. BUTTEL, F.H. & COWAN, J.T. *Genetic engineering and agriculture: socioeconomic aspects of biotechnology R+D in developed and developing countries*. In: WORLD CONFERENCE

- AND EXHIBITION ON THE COMMERCIAL APPLICATIONS AND IMPLICATIONS OF BIOTECHNOLOGY. 1. Paper presented at biotech 83. London, Wembley Conference Centre, 1983.
- KORNHAUSER, W. *Scientists in industry*. Berkeley, University of California Press, 1962.
- KROEBER, A.L. *Configurations of culture growth*. Berkeley, University of California Press, 1944.
- LACY, W.B. *Informal scientific communication in the agricultural sciences*. California, s.ed., 1982b. Trabalho apresentado no Encontro da Sociedade de Sociologia Rural em São Francisco.
- LACY, W.B. Profile of U.S. agricultural scientists in the public sector: analysis of their origins and nature of their work. *The Rural Sociologist*, 2(2): 85-9, Mar. 1982a.
- LAWLER III, E. NADLES, D.A. & CAMMANN, C. *Organizational assessment*. New York, John Wiley and Sons, 1980.
- LEWIS, W.A. Economic development with unlimited supplies of labour. *Manchester School of Economics and Social Studies*, 22: 139-91, May 1954.
- LEWONTIN, R. Agricultural research and the penetration of capital. *Science for the People*, 12-7, Jan/Feb. 1982.
- LIONBERGER, H.F. Toward an idealized systems model for generating and utilizing information in modernizing societies. In: *CONFERENCE ON KNOWLEDGE UTILIZATION: THEORY AND METHODOLOGY*, Proceedings, Honolulu Hawai Communication Institute, 1982.
- MACCONNEL, G. *The decline of agrarian democracy*. Berkeley, California, University of California Press, 1953.
- MACKINNON, D.W. Personality in the realization of creative potential. *American Psychologist*, 20: 273-81, 1965.
- MARCSON, S. *The scientist in american industry*. New York, Harper and Row Publishers, 1960.
- MERTON, R.K. *Social theory and social structure*. Illinois, The Free Press, 1949.
- MERTON, R.K. *The sociology of science*. Chicago, The University of Chicago Press, 1973.
- NAGEL, U.J. Institutionalization of knowledge flows: an analysis of the extension role of two agricultural universities in India. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 30 (Special Series), 1979.
- NOBLE, D.F. *America by design*. New York, Alfred A. Knopf, 1977.
- NOBLE, D.F. Social choice in machine design: the case of automatically controlled machine tools, and a challenge for labor. *Politics and Society*, 8(3/4): 313-47, 1978.
- OASA, E. & KOPPEL, B. *The ideology of induced innovation theory and its application to agricultural development*. California, s.ed., 1982. Trabalho

- apresentado no encontro anual da Sociedade de Sociologia Rural em São Francisco.
- OGBURN, W.F. **Social change with respect to culture and original nature.** New York, The Viking Press, Inc., 1922.
- OGBURN, W.F. & NIMKOFF, M.F. **Sociology.** Cambridge, Massachusetts, The Riverside Press, 1940.
- OGBURN, W.F. & THOMAS, D. Are inventions inevitable? **Political Science Quarterly**, 37: 38-98, 1922.
- OUCHI, W.G. The relationship between organizational structure and organizational control. **Administrative Science Quarterly**, 22: 95-133, Mar. 1977.
- OUCHI, W.G. & MACGUIRE, M.A. Organizational control: two functions. **Administrative Science Quarterly**, 20: 559-69, Dec. 1975.
- PELZ, D.C. & ANDREWS, F. **Scientists on organizations.** New York, John Wiley, 1966.
- PFEFFER, J. & SALANCIK, G.R. **The external control of organizations: a resource dependence perspective.** New York, Harper and Row, 1978.
- RACHIE, K.O. & LYMAN, J. **Genetic engineering for crop improvement.** New York, Rockefeller Foundation, 1981.
- RANIS, G. & FEI, J.C.H. A theory of economic development. **American Economic Review**, 51: 533-65, Sept. 1961.
- ROGERS, C.R. Toward a theory of creativity. In: HOLSINGER, R. et al. **The creative encounter.** Glenview, Scott, Foresman and Company, 1971.
- ROGERS, E.M. & SHOEMAKER, F. **Communication of innovations.** New York, The Free Press, 1971.
- ROSENBERG, N. The directions of technological change: inducement mechanisms and focusing devices. In: ———. **Perspective in Technology.** Cambridge, Cambridge University Press, 1976.
- RUTTAN, V.W. Usher and schumpeter on invention, innovation and technological change. **The Quarterly Journal of Economics**, 73(4): 596-605, Nov. 1959.
- RUTTAN, V.W.; BINSWANGER, H.P.; HAYAMI, Y.; MADE, W.W. & WEBER, A. Factor productivity and growth: a historical interpretation. In: BINSWANGER, H.P.; RUTTAN, V.W. et al. **Induced innovation: technology, institutions and development.** Baltimore, John Hopkins University Press, 1978. p. 44-87.
- SALTER, W.E.G. **Productivity and the technical change.** Cambridge, Cambridge University Press, 1966.
- SANDERS, J.H. & RUTTAN, V.W. Biased choice of technology in Brazilian agriculture. In: BINSWANGER, H.P. & RUTTAN, V.W. **Induced innovation: technology, institutions and development.** Baltimore, John Hopkins University Press, 1978. p. 276-98.
- SCHMOOKLER, J. **Invention and economic growth.** Cambridge, Harvard University Press, 1966.

- SCHULTZ, T.W. **Economic growth and agriculture**. New York, McGraw-Hill Book Co., 1968.
- SCHUMPETER, J.A. **Business cycles**. New York, McGraw-Hill, 1939. v.1.
- SCHUMPETER, J.A. **The theory of economic development**. Cambridge, Harvard University Press, 1949.
- SEN, A. **Employment technology and development**. Oxford, Clarendon Press, 1975.
- SHEPARD, J.F.; BIDNEY, D.; BARSBY, T. & KEMBLE, R. Genetic transfer in plants through interspecific protoplast fusion. *Science*, 219(4585): 683-8, 1983.
- SKLAIR, L. **Organized knowledge**. London, Paladin, 1973.
- SKOCPOL, T. **Political response to capitalist crises: neo-marxist theories of the state and the case of the new deal**. Toronto, University of Toronto and McMaster University, 1979. (Working Paper Series, 8).
- SOHN – RETHEL, A. Science as alienated consciousness. *Radical Science Journal*, 2/3: 65-101, 1975.
- SOUSA, I.S.F. de. **Accumulation of capital and agricultural research technology: a brazilian case study**. Columbus, Ohio, The Ohio State University, 1980. Tese Doutorado.
- STEIN, M.I. A transitional approach to creativity. In: TAYLOR, C.W. & BARRON, F. **Scientific creativity**. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1963.
- STORER, N.W. **The social system of science**. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1966.
- SWATEZ, G.M. The social organization of a university laboratory. *Minerva*, 8(1): 1970.
- TAUSSIG, M. Peasant economies and the development of capitalist agriculture in the Cauca. Valley, Columbia. *Latin American Perspectives*, 5: 62-91, Summer, 1978.
- THERBORN, G. **What does the ruling class do when it rules?** London, New Left Books, 1978.
- THOMAS, R.J. The social organization of industrial agriculture. *The insurgent sociologist*, 10(3): 5-20, Winter, 1981.
- USHER, A.P. **A history of mechanical inventions**. Cambridge, Harvard University Press, 1954.
- VANDERMEER, J. Science and class conflict: the role of agricultural research in the midwestern tomato industry. In: ROWE, W.L. **Studies in labor theory and practice**. Minneapolis, Marxist Educational Press, 1982. p. 41-57.
- VAN DE VEN, A.H. & FERRY, D. **Measuring and assessing organizations**. New York, John Wiley and Sons, 1980.
- VARGA, K. Action research in a research and development organization. In: FARKAS, J. **Sociology of science and research**. Budapest, Hungary, 1979.

VROOM, V.H. Methods of organizational research. s.l., University of Pittsburgh Press, 1967.

WALLAS, G. The art of thought. New York, Harcourt, Brace, 1926.

ZUCKERMAN, H. Nobel Laureates in science: patterns of productivity collaboration and authorship. American Sociological Review, 32: 391-403, 1967.

