Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - MAARA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

MÉTODOS QUANTITATIVOS E QUALIDADE NA EMBRAPA

COM ENFOQUE NOS PRINCÍPIOS DA QUALIDADE TOTAL

Departamento de Pesquisa e Difusão Tecnológica

MÉTODOS QUANTITATIVOS E QUALIDADE NA EMBRAPA

COM ENFOQUE NOS PRINCÍPIOS DA QUALIDADE TOTAL

Volume II

Coletânea de artigos que abordam os métodos quantitativos na pesquisa agropecuária, com envolvimento na qualidade e nos princípios da qualidade total.

Enedino Corrêa da Silva
Editor

Brasília - 1996

EMBRAPA
Departamento de Pesquisa e Difusão de Tecnologia - DPD

EMBRAPA/SEDE
SAIN Parque Rural Final W/3/Norte
Caixa Postal 040315
70.770-901 - Brasília - DF

Tiragem: 200 exemplares
Capa: EMBRAPA - SPI

CIP - Brasil Catalogação - na publicação
Serviço de Produção de Informação (SPI) da EMBRAPA

Silva, Enedino Corrêa da. (Ed.).

Métodos quantitativos e qualidade na EMBRAPA com enfoque na qualidade total/Enedino Corrêa da Silva (Ed.); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Departamento de Pesquisa e Difusão de Tecnologia. - Brasília: EMBRAPA - DPD / EMBRAPA - SPI, 1996

100 - p

Coletânea de artigos que abordam os métodos quantitativos na pesquisa agropecuária, com envolvimento na qualidade e nos princípios da qualidade total.

1. Método Quantitativo - Coletânea. 2. Qualidade. 3. Qualidade Total. 4. Informação. I. EMBRAPA. Departamento de Pesquisa e Difusão de Tecnologia (Brasília, DF). II. Título

CDD 519.5

© EMBRAPA - 1996

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO v

1. A Informação e a Tecnologia da Informação na EMBRAPA. 11
   Enedino Corrêa da Silva - DPD/EMBRAPA
   Euclides Kornelius - DPD/EMBRAPA
   Veslei da Rosa Caetano - DPD/EMBRAPA
   Wenceslau J. Goedert - DPD/EMBRAPA

2. Auditoria da Qualidade Aplicada a Projetos de P&D na EMBRAPA 29
   Odon Pessoa Santana - DPD/EMBRAPA
   Emilson França de Queiroz - DPD/EMBRAPA
   Flávio Popinigis - DOD/EMBRAPA
   Adhemar Brandini - DPD/EMBRAPA

3. Consorciação de Culturas - Revisão e Métodos de Análise 43
   José Ruy Porto de Carvalho - CNPTIA/EMBRAPA

4. Controle Estatístico de Processo e Garantia da Qualidade de Produtos e Serviços 61
   Emilson França de Queiroz - DPD/EMBRAPA
   Flávio Popinigis - DOD/EMBRAPA
   Odon Pessoa Santana - DPD/EMBRAPA
   Adhemar Brandini - DPD/EMBRAPA

5. Productivity Change and Technology Transfer in the Brazilian Grain Sector 83
   Robert Evenson - Yale University/USA
   Antônio Flávio Dias Ávila - SEA/EMBRAPA

APRESENTAÇÃO

Os métodos quantitativos têm relação direta com todos os princípios da Qualidade Total. Sabemos que nas instituições de C&T, o aspecto qualitativo passa necessariamente pelos métodos quantitativos.

Em nosso primeiro volume desta coletânea (1995), foi abordado o tema métodos quantitativos e planejamento na EMBRAPA, que teve o intuito de mostrar que uma instituição de C&T em agricultura bem planejada, com abordagem sobre os cenários para a agricultura brasileira, passando pelo planejamento estratégico e chegando ao planejamento tático-operacional, obtém ganhos de qualidade e produtividade, incorporando novos métodos e processos, quantitativos e qualitativos.

Esta segunda coletânea faz uma abordagem dos métodos quantitativos, relacionados à qualidade da pesquisa, nas fases de execução e avaliação, culminando com a auditoria da qualidade e os impactos sócio-econômicos, em abordagem moderna, reunindo artigos de autores diretamente envolvidos com os métodos quantitativos, e ainda como repercussão do III Encontro de Métodos Quantitativos da EMBRAPA e do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA).

Colocamos, como destaque deste segundo volume, as características da pesquisa agropecuária, antes e agora quando se enfoca a sustentabilidade como paradigma essencial no desenvolvimento agrícola brasileiro. Também é colocada uma diagramação do "Sistema de Produção" na Pesquisa Agrícola em consonância com o Sistema EMBRAPA de Planejamento. Ambos aparecem como introdução à este segundo volume da coletânea, para reflexão sobre o assunto.

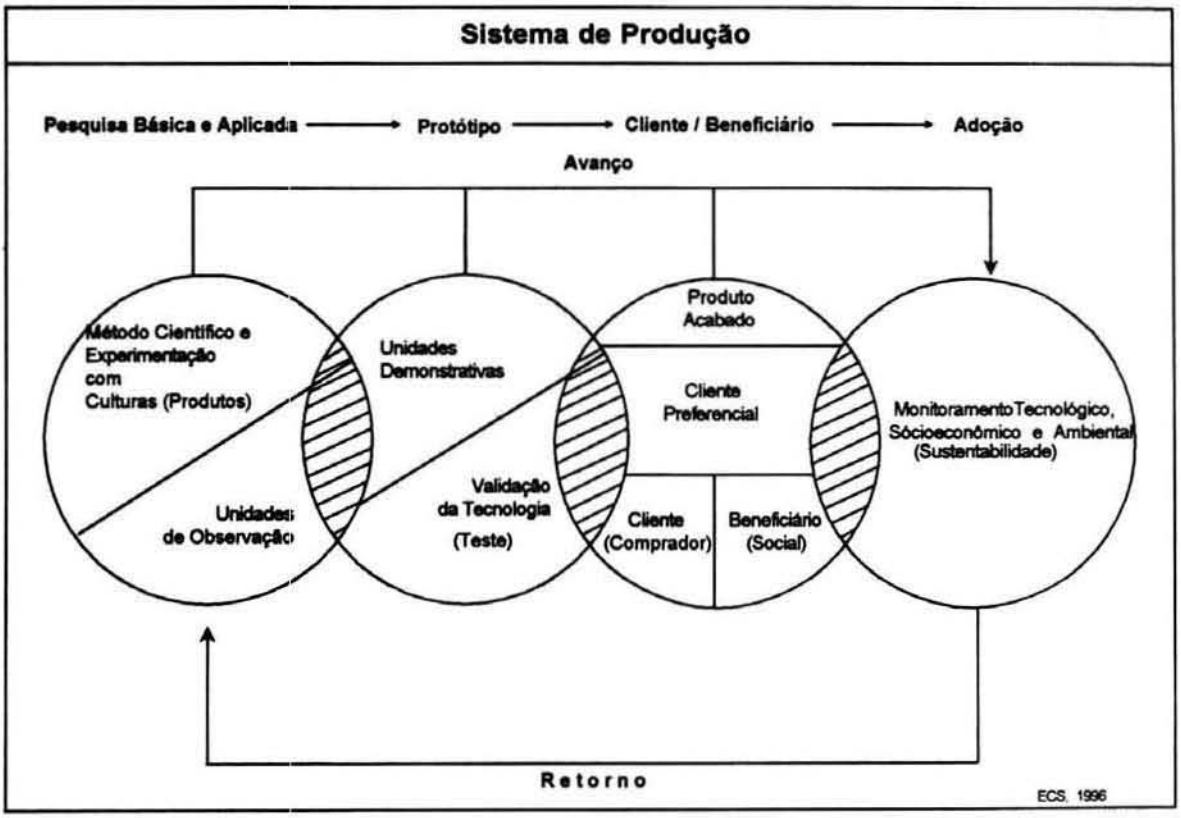
Esta coletânea é a segunda de uma série, no Projeto "Métodos Quantitativos para a Melhoria da Qualidade da Pesquisa na EMBRAPA e no SNPA", e que consta do Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento da Agropecuária (PRONAPA).

Enedino Corrêa da Silva
Editor

CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA AGROPECUÁRIA

EVENTOS E COMPONENTES	PERFIL NO PASSADO ANTES DA SUSTENTABILIDADE	PERFIL ATUAL NECESSÁRIO PARA ATINGIR A SUSTENTABILIDADE
1. Paradigma	Reducionista e mecanicista	Sistêmico ou holístico
2. Pesquisa científica	Excepcionalmente	Rotineiramente
3. Desenvolvimento experimental	Quase exclusivamente	Conjuntamente com a pesquisa científica
4. Forma de trabalho	Geralmente individual	Equipe transdisciplinar
5. Tipo de projeto	Aspectos parciais do agroecossistema	O Agroecossistema como uma totalidade indivisível
6. Tratamento das variáveis	Fenômenos biofísicos em forma independente dos sócio econômicos	Fenômenos biofísicos e sócio-econômicos simultaneamente em interação dinâmica
7. O cliente e seu grupo humano	Não é considerado como componente do agroecossistema	É o componente principal do agroecossistema
8. O ambiente	É considerado parcialmente	É considerado em forma integral
9. Planejamento e desenvolvimento de tecnologias	O cliente não participa	O cliente deve participar durante todo o processo
10. O conhecimento popular	Não é considerado como elemento aproveitável	Deve ser resgatado e utilizado
11. Desenvolvimento de tecnologias	Basicamente na estação experimental fora da realidade da fazenda	Basicamente na realidade da fazenda
12. Pesquisa científica em recursos naturais	Fazem pesquisa científica excepcionalmente	Devem fazer pesquisa científica rotineiramente
13. Sistemas, modelos e simulação	São utilizados excepcionalmente	Devem ser utilizados rotineiramente.

Orfeo, 96


Sistema de Produção
Pesquisa Básica e Aplicada
Protótipo
Cliente / Beneficiário
Adoção
Avanço
Método Científico e Experimentação com Culturas (Produtos)
Unidades de Observação
Unidades Demonstrativas
Validação da Tecnologia (Teste)
Produto Acabado
Cliente Preferencial
Cliente (Comprador)
Beneficiário (Social)
Monitoramento Tecnológico, Sócioeconômico e Ambiental (Sustentabilidade)
Retorno
ECS. 1996

A INFORMAÇÃO E A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NA EMBRAPA*

Enedino Corrêa da Silva/DPD - EMBRAPA
Euclides Kornelius/DPD - EMBRAPA
Veslei da Rosa Caetano/DPD - EMBRAPA
Wenceslau J. Goedert/DPD - EMBRAPA

1. INTRODUÇÃO

Uma instituição ou empresa, seja pública ou privada, com atividade em C&T tem que considerar a informação como uma força impulsionadora, fundamental para destacá-la pelos ganhos de qualidade e produtividade, na realização de sua missão.

Ao mesmo tempo, aquelas que automatizam suas rotinas de atividades, usando recursos de tecnologia da informação, sem exercer a reengenharia da informação, da mesma forma perdem em competitividade. Em vista disso, a tecnologia da informação tem sido pouco compreendida e muito mal utilizada, a ponto de se ter estatísticas pouco expressivas de ganhos com sua utilização no mundo, na área de C&T.

Isto se consegue contornar através de um sistema de informação, resultante de um processo de planejamento que estabeleça a estrutura e o fluxo da informação coerente com sua missão, objetivos e diretrizes estratégicas.

Assim, o sistema de informação, em uma instituição de C&T, se constitui no produto de duas fases fundamentais que o precedem: a do planejamento em todos os níveis, e a do processo de acompanhamento e avaliação; estes fatos o transforma em um importante instrumento de gestão.

Nesse artigo, procura-se descrever como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), vinculada ao Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, realizou a reengenharia da informação, e agora procura utilizar a tecnologia da informação, como habilitadora do processo de informatização de seu sistema de planejamento.

---

* Trabalho encaminhado para apresentação no XIX Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica - PACTO/FIA/FEA - USP, São Paulo.

2. A CENTRALIZAÇÃO E A DESCENTRALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO PARA A TOMADA DE DECISÃO

Todos os órgãos, entidades e grupos se defrontam com o dilema da centralização e descentralização das decisões. Demasiada centralização cria uma sobrecarga na tomada de decisões no nível diretivo e uma falta de iniciativa e capacidade no nível operacional (SILVA, 1995).

A EMBRAPA ao centralizar acentuadamente as ações técnicas e administrativas em sua sede, deu pouca autonomia às suas Unidades de Pesquisa. Porém, a própria evolução histórica da Instituição, detectada no planejamento estratégico, conduziu a um processo de descentralização, sem que se perdesse a coesão organizacional.

A literatura sobre a gestão proporciona um marco útil que ajuda a entender como o processo de tomada de decisões afeta a centralização e a descentralização. Pode-se entender o processo de tomada de decisões como uma série de ações e passos, no contexto do planejamento estratégico (Figura 1) e que a EMBRAPA tratou de exercer.

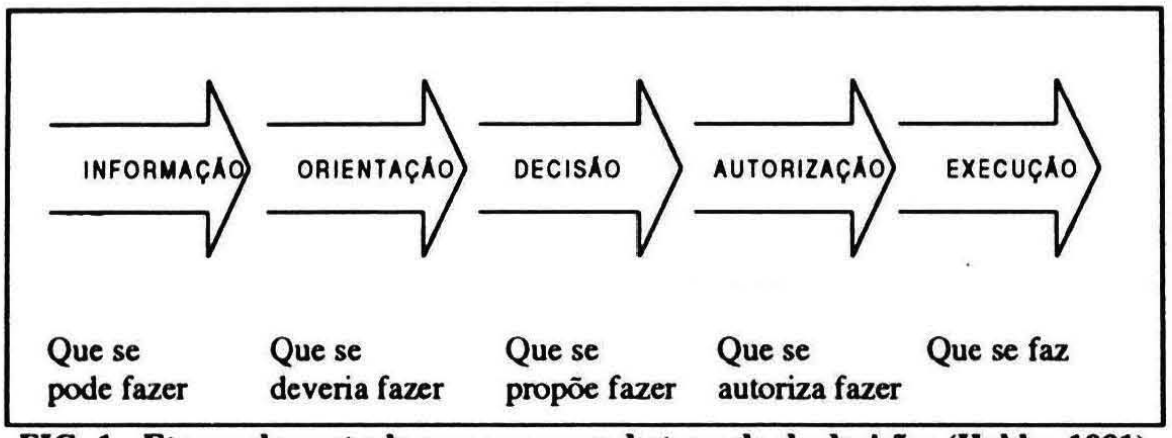


FIG. 1 - Etapas de controle em processos de tomada de decisões (Hobbs, 1991)

Portanto, pode-se dizer que o processo de tomada de decisões está composto por cinco etapas:

1. Reunir informações para tomar decisões, através da análise do ambiente externo e ambiente interno da organização.

2. Processar a informação para proporcionar análise e assessoramento na tomada de decisões, através dos Planos Diretores da Instituição e de suas Unidades.

3. Tomar as decisões, através da Diretoria Executiva (DE) e Chefias de Unidades em processo participativo, gerenciar seu Sistema de Planejamento.

4. Autorizar o uso de recursos para implementar as decisões, através da Diretoria Executiva.

5. Executar as decisões, através das Unidades Centrais e Descentralizadas.

A influência sobre o poder de decisão pode ser percebido como um incremento paulatino de descentralização sobre os três níveis seguintes:

1. O poder reside em um só indivíduo devido a seu cargo.

2. O poder passa a ser dos "analistas" mediante os "sistemas de informação" .

3. O poder passa aos "experts", especialmente em organizações onde os operadores são especialistas, em virtude de seus conhecimentos.

Desta maneira, o primeiro nível favorece a centralização e o terceiro nível leva à descentralização.

O ideal seria estabelecer uma dosagem que leve ao equilíbrio entre estes níveis, estabelecendo que o sistema tem certa predominância sobre os indivíduos, sem, contudo, tolir a criatividade dos especialistas. Os sistemas de informação precisam ser bem gerenciados, e se constituem em importante instrumento de gestão.

Através do planejamento estratégico, encontra-se um relativo equilíbrio entre centralização e descentralização, em virtude de se constituir em processo participativo, onde a informação é compartilhada por todos os segmentos da Instituição.

Assim, existe a centralização das decisões, mas o poder encontra-se disperso entre muitos indivíduos. As decisões são homologadas pela Alta Administração a partir de um processo participativo, onde os níveis mais altos da direção delegam competência e autoridade aos executivos de níveis inferiores, para participar do processo de decisões.

No Sistema de Planejamento, se realiza a reengenharia da informação e o seu fluxo constante propicia a atividade e gestão por projeto. Isto deve acontecer incentivando o trabalho em equipe multi e interdisciplinar, com ampliação de sua abrangência, o atendimento as demandas, de forma priorizada, com ênfase ao enfoque de P&D e ao enfoque de sistema, a busca na obtenção de produtos, tecnologias e serviços acabados e competitivos, o incentivo ao trabalho de parceria multinstitucional, e a usual busca dos impactos sociais, econômicos e ambientais. É aí que se sobressai a descentralização da informação sendo o projeto a célula do sistema, e o elemento mais importante da Instituição (EMBRAPA, 1993).

Contudo, mesmo nos projetos a avaliação, o acompanhamento e o controle da informação é exercido. Isso acontece de forma descentralizada e distribuida através de três níveis de gerências intermediárias: a do Líder do projeto, nos Comitês Técnicos Internos das Unidades (CTIs) e nas Comissões Técnicas de Programas (CTPs), que permeiam as diferentes Unidades de Pesquisa.

Portanto, como se percebe na Figura 1, a informação entra no sistema de pesquisa, nos diferentes níveis de descentralização, onde é processada, e sua saída deve proporcionar impactos sociais, econômicos e ambientais positivos de forma desconcentrada. Isso acontece devido a variedade de condições ecológicas, de características sócio-econômicas e de sistemas de produção.

3. A REENGENHARIA DA INFORMAÇÃO

A EMBRAPA, ao realizar a sua reengenharia de processos (SILVA, 1995), realizou em consequência, a reengenharia da informação.

Com este objetivo, ela optou, inicialmente, por dois macro processos: o processo de cenários alternativos para a agricultura brasileira e o processo de planejamento estratégico da instituição.

Este foi o marco de seu processo de mudanças, que originou outros dois processos fundamentais: o processo de mudanças no seu modelo institucional e o processo de mudanças no seu sistema de planejamento.

Estas mudanças, que se constituem verdadeiramente em uma reengenharia de processos, pois, modificações radicais foram efetuadas no seu sistema de planejamento, na estrutura e no fluxo da informação gerada pela instituição, não só em seu ambiente interno, mas fundamentalmente para com o seu ambiente externo, conduziu à uma identificação e seleção de outros processos, tais como os de Pesquisa e Desenvolvimento, de Marketing e Satisfação da Clientela, de Apoio Técnico e Administrativo aos Projetos de P&D, etc.

É no Sistema EMBRAPA de Planejamento (SEP) que se deu verdadeiramente a reengenharia da informação, onde o ambiente interfuncional está descortinado na Empresa. A descentralização deve fazer parte agora da melhoria de processos, em especial no acompanhamento, na avaliação e no controle, que deve ser realizado de baixo para cima, envolvendo todas as gerencias intermediárias e culminando no controle estratégico de sua alta administração.

Estes aspectos são contemplados em sistemas de informação, no item 8 deste artigo.

4. A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO COMO HABILITADOR DA REENGENHARIA DA INFORMAÇÃO

Como é ao mesmo tempo extremamente importante e pouco compreendida por muitos administradores, deve ser abordada a tecnologia da informação como um habilitador específico da reengenharia de processos e da informação (DAVENPORT, 1994). A tecnologia da informação começou a modificar radicalmente o trabalho - sua localização, rapidez, qualidade e outras características-chave, na década de 1950, quando os computadores ligaram-se estreitamente à maneira pela qual o trabalho é realizado.

Mas, em vários estudos da maneira pela qual as empresas adotaram estas tecnologias, encontra-se intervalos de várias décadas entre a adoção inicial e o momento em que a tecnologia provocou mudanças significativas no "Sistema" ou nos processos de organização. O que ocorre, em grande parte, é uma mudança gradual. Uma das causas, é que os executivos usuários dedicam pouco tempo à sua compreensão.

O desejo de construir sistemas de informação que superem limites funcionais também não é novo. "Uma outra desvantagem de preocupar com organogramas é que se torna difícil ultrapassar os limites departamentais ao se desenvolver um tipo de sistema de informação que una os diferentes departamentos e divisões". Estes sistemas interfuncionais levam a importantes mudanças nos processos empresariais.

Para que a tecnologia da informação surta efeito é necessário o aproveitamento total da capacidade da tecnologia de mudar a maneira pela qual o trabalho é feito, e isso leva tempo.

Na EMBRAPA, a melhoria de processos e a reengenharia de processos, e consequentemente, a reengenharia da informação, são a melhor esperança que se tem de obter maior valor dos nossos gastos com tecnologia da informação, e não obstante, os administradores e usuários não se concentraram rigorosamente na mudança dos processos como intermediária entre as iniciativas ou investimentos de tecnologia da informação e os seus resultados econômicos e sociais.

Contudo, a EMBRAPA tem o pressuposto implícito de que a tecnologia da informação permite que os processos existentes sejam executados mais depressa, ou com menos recursos.

Um outro fator positivo na EMBRAPA, é que seus administradores parecem começar a compreender as vantagens da tecnologia da informação, ao refletir sobre a mudança de processos como o fator de mediação entre a iniciativa de tecnologia de informação e o retorno econômico e social. Isto pode levar a uma mudança radical de perspectiva.

Assim, os administradores que buscam um retorno para os investimentos em tecnologia da informação devem fazer com que as mudanças de processos se realizem. Se nada mudar em relação à maneira pela qual o trabalho é feito e o papel da tecnologia da informação for simplesmente o de automatizar um processo existente, as vantagens econômicas serão, provavelmente, mínimas.

A mudança deve ser administrada em níveis múltiplos da organização a partir do trabalho de indivíduos até os processos de grupos e as iniciativas estratégicas da empresa-"da computação pessoal ao sistema de informação gerencial".

5. A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E AS OPORTUNIDADES DE REENGENHARIA DA INFORMAÇÃO

Na EMBRAPA, as oportunidades para apoiar a reengenharia da informação com a tecnologia da informação se enquadram em pelo menos nove categorias diferentes (ver Figura 2), que pressupõem um objetivo predominante de redução de custos, eliminação de tempo, etc...

Impacto	Efeito
Automacional	Eliminação do trabalho humano de um processo
Informacional	Captação da informação com o objetivo de compreensão
Sequencial	Modificar a sequência, ou possibilitar o paralelismo.
De acompanhamento	Monitoração rigorosa da situação e objetos da informação.
Analítico	Melhorar a análise da informação e tomada de decisão.
Espacial	Coordenação da informação à distância.
Integrativo	Coordenação entre funções e processos.
Intelectual	Captação e distribuição de dados intelectuais
Desintermediação	Eliminação de intermediários da informação.

FIG. 2 Impacto da Tecnologia da Informação sobre a Reengenharia da Informação.

A Tecnologia da Informação, através de um Sistema de Informação bem estruturado, que esteja em consonância direta com a reengenharia da informação, resulta em notáveis ganhos de qualidade e produtividade, em qualquer organização.

Isto é esperado na EMBRAPA, à médio e longo prazos, já que, como dito anteriormente, isto não é imediato.

A literatura mostra a lentidão com que são notados os impactos da tecnologia da informação na qualidade e produtividade das empresas.

6. GERENCIAMENTO DA INFORMAÇÃO

Dada a importância da informação para os processos e a importância dos processos de informação para a Empresa, como se deve começar a gerenciar as informações no contexto de um processo? As práticas de gerenciamento das informações devem ser radicalmente mudadas nesta era de processamento de informações e de organizações baseadas na informação, como é o caso da EMBRAPA.

Um aspecto-chave do gerenciamento das informações é a estrutura das unidades organizacionais que têm a responsabilidade desse gerenciamento - a administração superior e as gerências intermediárias. Na maioria dos casos, embora a tecnologia da informação tenha sido muito gerenciada, o gerenciamento das informações, no sentido que se examina, foi esquecido. Isto não surpreende, levando-se em conta a concepção de muitos gerentes de alto nível de que a aquisição, análise e distribuição da informação é trabalho melhor administrado por subordinados. Vê-se pouca concentração da alta gerência na própria informação.

As razões dessa situação são complexas. Algumas nascem da concepção de que os sistemas e a tecnologia da informação constituem, pela sua própria natureza, assuntos menores que são melhor administrados pelo pessoal técnico. Isto deixa as decisões sobre informação nas mãos desse pessoal, ou dos que ocupam cargos com função de geradores de informação.

Esse enfoque na tecnologia e não na informação provoca, não só na EMBRAPA, uma reação contrária às questões relacionadas com a informação.

No entanto, um relatório recente sobre "unidades de informação competitiva" observa que quanto mais essas unidades se aproximam dos processos administrativos importantes, como planejamento estratégico, por exemplo, maior a sua possibilidade de sucesso organizacional.

Assim, na EMBRAPA talvez seja mais eficiente atribuir a área de informação a responsabilidade e direção de executivos-chave. Isso se constitue em estímulo aos mesmos em gerenciarem a informação, pois, assim estarão melhor administrando a instituição. Seriam executivos "hibridos" - com conhecimento dos negócios, da tecnologia e da informação - para comandar tais iniciativas.

Assim, sistemas de informação gerenciais, como é o caso do SIGER na EMBRAPA (PAEZ, 1994), deverão ser gerenciados e manipulados pela sua alta administração, em primeiro lugar, e por suas gerências intermediários, na medida em que as competências são delegadas. Não resta dúvida de que o contrôle do planejamento estratégico, ou seja o contrôle estratégico, deve ser realizado por sua alta administração.

Resumindo, a tecnologia da informação, em toda a sua potencialidade, deve estar disponível na reengenharia da informação, e os processos-chave da instituição e o seu sistema de informação devem ser gerenciados, em primeiro lugar, por sua alta administração. Este é o caso dos dois grandes processos da Empresa:. o processo do planejamento estratégico, e o processo do sistema de planejamento, que se complementam com o acompanhamento, avaliação e controle, exercidos por todos os níveis de gerência da Empresa.

7. HABILITADORES ORGANIZACIONAIS E DE RECURSOS HUMANOS NA MUDANÇA

Concentrar-se apenas na informação e tecnologias associadas como veículos da mudança de processo é desconhecer outros fatores no mínimo igualmente fortes, ou seja, a estrutura organizacional e a política de recursos humanos (DAVENPORT, 1994). De fato, a informação e a tecnologia da informação raramente são suficientes para provocar mudanças nos processos. A maioria das inovações são possibilitadas por uma combinação da tecnologia da informação, a informação e as mudanças de recursos organizacionais e humanos.

Dos muitos tipos de mudanças, as estruturais podem facilitar novos comportamentos baseados em processos, e um dos mais vigorosos envolve a estruturação do desempenho do processo por equipes. Os conhecimentos interfuncionais facilitam interfaces e atividades de planejamento paralelas. Alem disso, um conjunto de conhecimentos e perspectivas amplo aumenta a probabilidade de que o produto atenda a exigências multifuncionais.

A tarefa mais difícil no replanejamento de novos processos é fazer com que os gerentes seniores trabalhem como uma equipe. Eles têm de tirar a camisa funcional e vestir em lugar delas a camisa da empresa, a fim de pensar

interfuncionalmente. No entanto, a versão ocidental das equipes de gerenciamento, advoga que se deve combinar uma orientação voltada para o grupo com a liberdade de pensar de modo independente e criativo.

Em geral, os empregados que se saem bem como indivíduos tendem a ter bom desempenho como membros da equipe. A utilização, nas equipes, de empregados que tenham bom desempenho contribuirá para a produtividade, e, coletivamente, eles devem ter experiência funcional, o conhecimento e habilidade necessários ao processo que está sendo inovado; caso contrário, a equipe não terá probabilidade de sucesso.

Uma relação clara com a estrutura funcional em termos não só de relações de subordinação e avaliação de desempenho e recompensas, mas nas ênfases relativas ao processo versus atividades funcionais também é importante para o sucesso da equipe. Na EMBRAPA, o Sistema de Acompanhamento e Avaliação de Desempenho (SAAD), procura considerar estas questões.

Contudo, deve ser dada ênfase às relações sinergísticas entre os habilitadores tecnológicos e humanos/organizacionais dos processos, e estão surgindo tecnologias para facilitar o trabalho em equipes. As tecnologias que apoiam estruturas de equipe deram origem a formas totalmente novas de software. Uma delas, denominada "groupware" apóia várias atividades que visam facilitar o trabalho de grupo, incluindo:

- Brainstorming, tomada de decisão e discussão estruturada
- Comunicação em grupo via teleconferência, correio eletrônico e BBS.
- Preparo de documentos em grupo.
- Esquematização de reuniões e instalações em grupo.
- Acesso do grupo a bancos de dados.
- Análise de processo de grupo.

As vantagens potenciais desses tipos de funções de groupware está na redução do tempo de reunião e da frequência de reuniões, reduzindo as falhas de comunicação, os atrasos de projetos, e permitindo um fluxo maior de informações e decisões mais rápidas.

Assim, as mudanças mais recentes na cultura organizacional penderam para uma maior delegação de poderes e participação nas decisões, e comunicações mais abertas, menos hierárquicas, onde a informação flui de forma mais harmônica.

8. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Em sistemas de informação, já se pode afirmar que a informação, a sua estrutura e o seu fluxo, vem antes da tecnologia da informação.

As metodologias dos sistemas de informação mais úteis à inovação são as modelagens de processos e dados. A modelagem de processos, que pode tomar várias formas, como a decomposição da diagramação e do fluxograma, visa ao atendimento das atividades e tarefas que compreendem uma função empresarial e como os dados fluem entre as unidades de trabalho. A modelagem de dados emprega, em geral, a diagramação das relações entre entidades para representar e definir dados usados dentro da área em estudo. Outra técnica útil, o diagrama em associação, envolve o uso de matrizes para mostrar as inter-relações entre os vários componentes, como organizações, entidades e processos. Todas essas abordagens são mais eficientes num contexto de reengenharia, se forem usadas moderadamente, sem se entrar em muitos detalhes.

O sistema de informação, no aspecto de sua informatização, é mostrado na Figura 3 (EMBRAPA, 1993; SILVA, 1994).

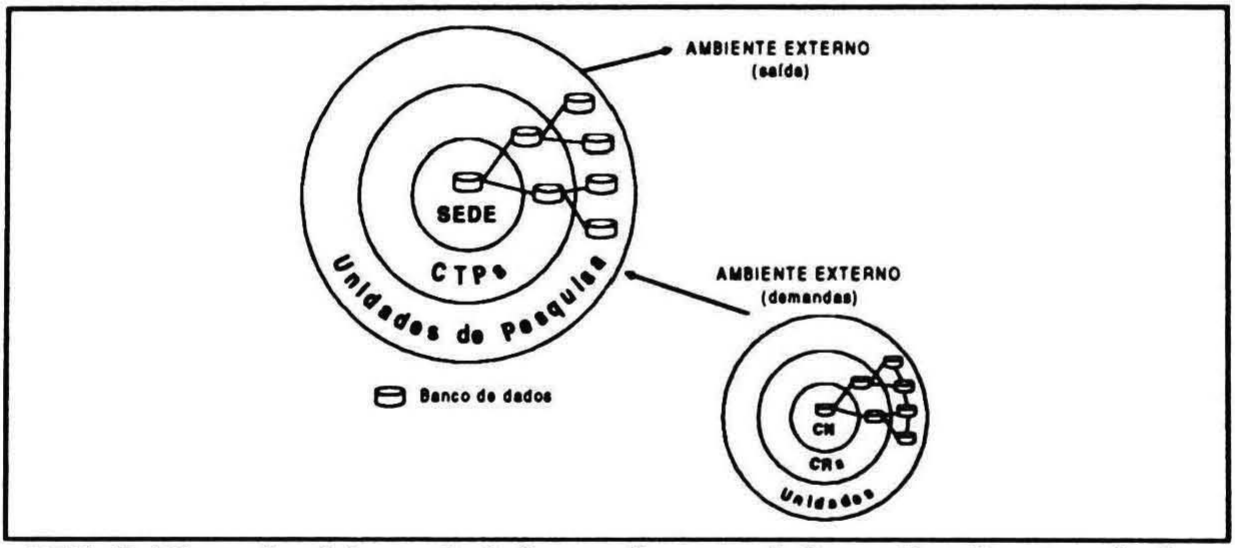


FIG. 3. Fluxo do sistema de informação - sua informatização através dos bancos de dados

As CTPs representam o nível intermediário, entre o estratégico e o operacional, e se constituem no "fórum" programático, descentralizando as decisões da sede, e aglutinando a programação das Unidades de Pesquisa, em atendimento às demandas que advêm do ambiente externo, constituindo a oferta de tecnologias, produtos e serviços, no âmbito regional e nacional.

No aspecto da entrada do sistema (demandas da sociedade), o processo começa também nas Unidades de Pesquisa que, integradas regionalmente, passam pelos Conselhos Assessores Regionais (CRs), e se agregam no Conselho Assessor Nacional (CN).

A saída do sistema de informação se dá para as diferentes instâncias, tais como: órgãos do governo, usuários, agentes financiadores, ... , e a sociedade como um todo, e para a comunidade científica, nacional e internacional.

O sistema, portanto, é constituido por bancos de dados, onde se deve considerar:

. a entrada de dados
. a formatação
. a recuperação
. a análise e a avaliação
. a emissão de relatórios/difusão

Para cada uma dessas partes da base de dados, deve-se contar com "software" apropriado. Na Figura 4 é mostrada a configuração de uma base de dados.

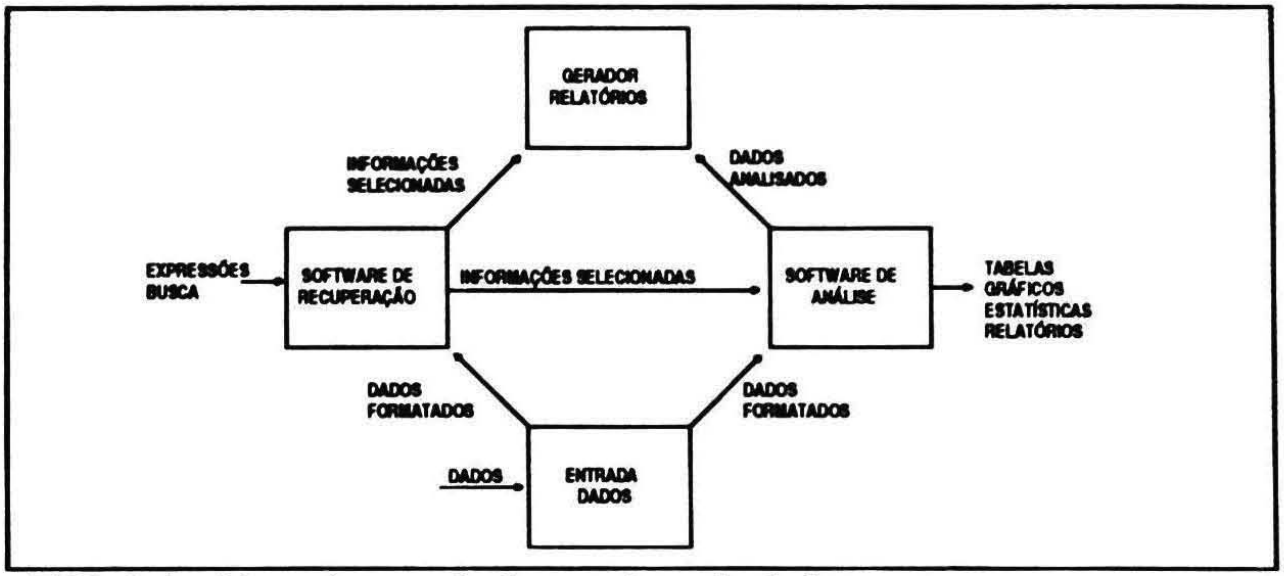


FIG. 4. Ambiente integrado de uma base de dados

A base de dados (Figura 4), que se pode constituir numa estação de trabalho ("workstation") em seu nível mais avançado, deve considerar a existência de "software" apropriado para a consistência da integração do sistema de informação, e também quanto à qualidade de seu desempenho, individualmente. Não se deve desvincular a política de informática, em uma instituição, da política de "software", na operacionalização do sistema de informação. Assim, existem "software" para recuperação da informação, para a análise da informação, "software" gerador de relatórios, etc.

O estabelecimento de redes de informação, ou seja, do processamento em rede, permite que o processo de consulta/resposta seja imediato e interativo.

A EMBRAPA aos poucos está entrando nesse tipo de processamento "on line", o que, sem dúvidas, permitirá uma maior agilidade do sistema de informação e de seus componentes, no processo de acompanhamento e controle, em todos os níveis.

Aí, o estabelecimento de padrões de formatos, de "software" e de "hardware" são pré-requisitos para a fase de desenvolvimento do sistema de informação, para que as diferentes bases de dados se comuniquem entre si.

A EMBRAPA, baseada em seu processo de planejamento, a reengenharia de seu planejamento, usa uma matriz muito simples, a matriz das dimensões institucional e programática do Sistema EMBRAPA de Planejamento (SEP), para a construção de seu sistema de informação (Figura 5).

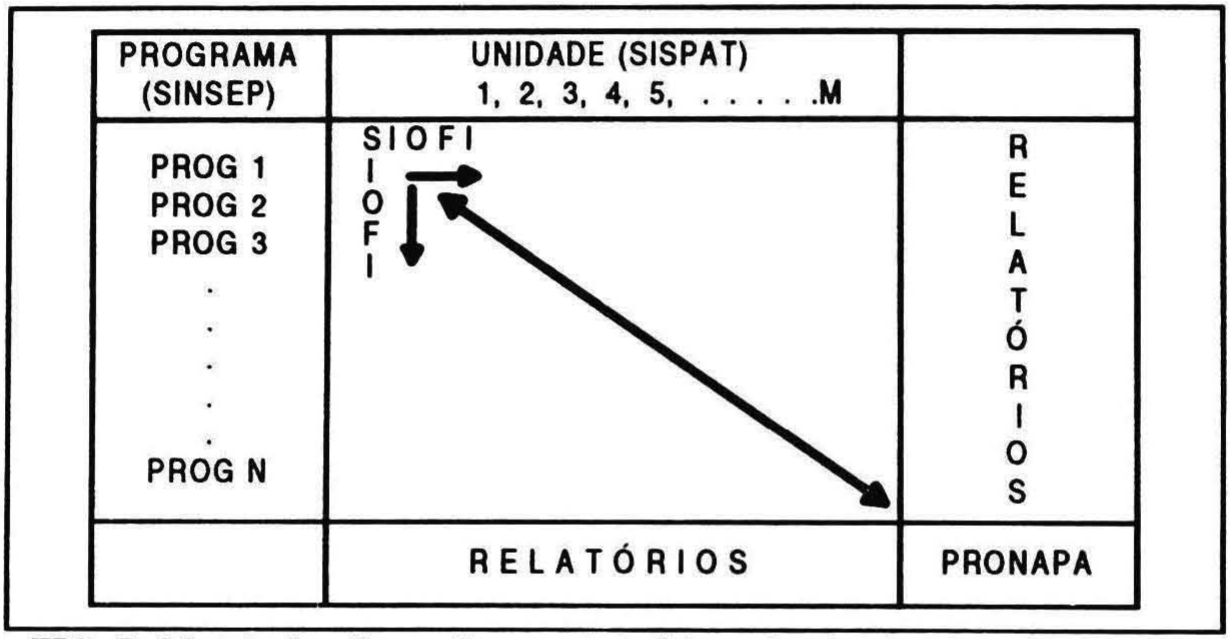


FIG. 5. Matriz das dimensões programática e institucional que integra os subsistemas

Na dimensão programática está o Sistema de Informação do SEP (SINSEP), e na dimensão institucional está o Sistema dos Planos Anuais de Trabalho (SISPAT).

Na tridimensionalidade da matriz está o Sistema de Informação Orçamentário e Financeiro (SIOFI), o qual é comum aos dois sistemas anteriores. A resultante vai originar o Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento da Agropecuária (PRONAPA).

Estes três sistemas são componentes que, quando integrados, constituirão o SIGER (Sistema de Informação Gerencial), e apresentam as seguintes características:

SINSEP: Sistema de Informação do SEP

Objetiva reunir as informações relativas as figuras programáticas do SEP, e envolve todos os projetos e subprojetos, relativos à programação técnico-administrativa da EMBRAPA e demais instituições participantes do SNPA. Os projetos e subprojetos são elaborados nas Unidades de Pesquisa e analisados pelos seus Comitês Técnicos Internos (CTIs), e são avaliados, priorizados e aprovados nas Comissões Técnicas de Programas (CTPs). Os programas e projetos são agregados na sede, originando o Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento da Agropecuária (PRONAPA).

Isto pode ser interpretado na Figura 3, ou seja, na base do funil (circulo maior), as Unidades, com projetos e subprojetos, na parte intermediária as CTPs, com programas, projetos e síntese dos subprojetos, e no bico do funil a Sede, com o PRONAPA.

Portanto, é um subsistema que permite o acompanhamento e controle, de baixo para cima, culminando com o controle estratégico, por parte da alta administração, no enfoque da qualidade técnica de sua programação, e do grau de utilidade de seus resultados e seus impactos sociais, econômicos e ambientais.

SISPAT: Sistema de Informação dos Planos Anuais de Trabalho

Os Planos Anuais de Trabalho já vêm sendo monitorados do ponto de vista gerencial, desde 1991, quando se implantou um sistema automatizado de informação contendo o planejamento, a programação anual e o acompanhamento da mesma, no âmbito de todas as Unidades de Pesquisa da EMBRAPA e instituições do SNPA. O tratamento da informação é institucional e vinculado aos Planos Diretores. Não entra no nível de subprojeto ou projeto, como o SINSEP, em sua versão atual. Além disso, dá um tratamento diferenciado daquele do SINSEP, na questão de custos, e inclui um diversificado conjunto de informações não disponíveis ao nível de subprojeto ou projeto.

O sistema fornece informações para a Diretoria Executiva, às unidades centrais (SEA, DEC, ACS, DOD, DRM, etc) e ao ambiente externo (Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária; Tribunal de Contas da União; BID; Banco Mundial; etc) sobre os planos diretores, a programação anual e os resultados obtidos (metas e tecnologias geradas).

O Relatório Anual de Atividades, antes elaborado a partir de informações coletadas no final do ano, de forma desordenada e agregada das mais diferentes formas, agora é totalmente elaborado com base nas informações contidas no sistema PAT.

Da mesma forma, o sistema PAT fornece hoje informações quantificadas sobre metas físicas realizadas nas mais diferentes áreas (difusão

de tecnologia, informação e documentação, produção de sementes, produção de publicações, etc), sobretudo na área de desenvolvimento de tecnologias e produtos (cultivares, processos, máquinas e equipamentos, software, etc). A intersecção do SISPAT com o SINSEP está na programação anual e nos seus resultados no nível institucional.

SIOFI: Sistema de Informação Orçamentário/Financeiro do SEP

Objetiva atender as demandas orçamentárias/financeiras no nível das figuras programáticas, fontes de financiamento, rubrica, natureza de despesa, contemplados pelo SEP.

O sistema é composto pelas entidades externas, processos, fluxos e relatórios, permitindo uma maximização nas informações.

Como sistema de controle externo do Governo Federal, tem-se o SIAFI (Sistema Integrado de Administração Financeira), que objetiva agilizar e melhor operacionalizar a utilização de recursos do Tesouro Nacional.

O sistema de informação, ainda composto por bases de dados temáticas de administração (ex.: RH e Patrimônio) e por bases de dados temáticas de recursos naturais (ex.: solos, clima) e por bases de dados de experimentos e levantamentos (desenvolvimento tecnológico), tem a sua derivação para o Sistema EMBRAPA de Informação (SEI). Portanto, se constitui num sistema que vai desde a computação pessoal até o aspecto do gerenciamento técnico, administrativo e financeiro da instituição.

A Figura 6 mostra um esboço deste sistema de informação, agora em maior detalhe, e que está ainda em fase experimental de desenvolvimento (SILVA, 1995). As bases de dados temáticas e as bases de dados de experimentos e levantamentos se constituem em suporte técnico-logístico ao sistema de informação.

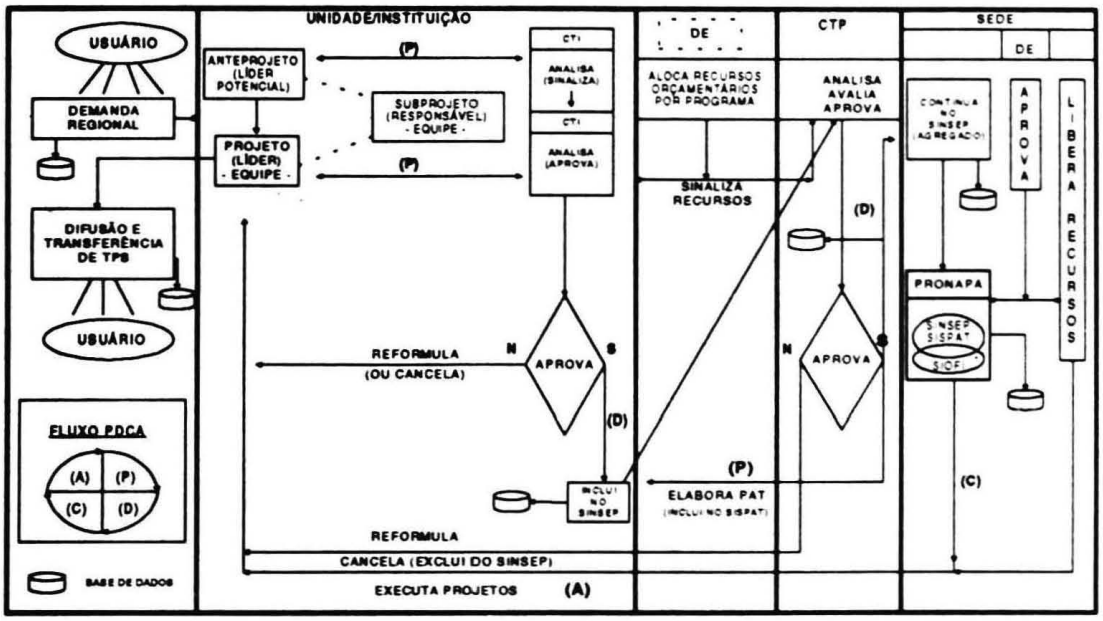


FIG. 6. Fluxograma Técnico/Administrativo/Financeiro do Processo do SEP/EMBRAPA - Sistema de Informação/Base de Dados[1]

[1] Ciclo PDCA advém do Sistema de Qualidade, onde P = Planejamento, D = Execução, C = Controle e A = Ação (SILVA, 1994).

Contudo, como foi dito, o sitema de informação não pode ser desenvolvido, sem que se estude a arquitetura dos dados, uma representação da informação usada pela totalidade da empresa, e que orienta o desenvolvimento e projeto dos bancos de dados.

Assim, antes de desenvolver os sistemas de informação, a EMBRAPA fez um estudo da modelagem de dados, através do Sistema de Acompanhamento e Avaliação da EMBRAPA (SIAVE) (PAEZ, 1994). Este sistema proporciona as diretrizes para a concepção e desenvolvimento do sistema de informação, o que é feito através da tecnologia da informação.

9. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A EMBRAPA, uma instituição de ciência e tecnologia, voltada para o desenvolvimento econômico e social autosustentado da agricultura brasileira, parece ter se antecipado às mudanças que ocorrem no mundo. Isto se tornou evidente quando no limiar da década de 1990, a empresa começou a perceber as mudanças que ocorriam no seu ambiente externo.

As mudanças se tornaram não só necessárias, mas prementes em função da sua própria sobrevivência. Este processo de mudanças, iniciado ainda num campo altamente teórico, já que um modelo conceitual era preciso ser delineado, hoje começa a se tornar realidade.

A reengenharia de processos e da informação, ainda pouco conhecida e experimentada em instituições como a EMBRAPA, foi se descortinando, de forma rápida e eficaz, e hoje se consolida com a busca de sua melhoria, a qual deve ser gradual e contínua, interfuncional, de baixo para cima, através de mecanismos de acompanhamento, avaliação e contrôle, ajudada pela tecnologia da informação.

A sequência de eventos na EMBRAPA parece bastante lógica e, indubtávelmente, está em consonância com o que diz a mais moderna literatura mundial. A reengenharia é, certamente, a adoção de alguma coisa inovadora, e isto a EMBRAPA está fazendo.

No entanto, a melhoria de processos e da informação deve agora envolver o aspecto técnico-econômico, onde a pesquisa agrícola tem sido muito compartimentalizada e assim continua, apesar dos esforços para a reorientação de seu enfoque (SILVA, 1995). A adoção de resultados da pesquisa obviamente requer que qualquer componente do sistema agrícola que esteja sob exame seja encarado como parte do sistema agrícola global. Frequentemente, as implicações de alterações são muito amplas, de modo que as consequências sociais, econômicas e ambientais devem ser consideradas em um contexto muito mais amplo do que a parte individual sob pesquisa.

Certamente, o método científico tem que oferecer contribuições para o estudo do sistema agrícola global, distintas daquelas que estão disponíveis para a pesquisa de pequenas partes do sistema, relevantes para experimentos individuais. Tais contribuições seriam relevantes para a construção de modelos, para o planejamento de experimentos para testes de modelos e para a derivação de referências dessas pesquisas.

Quanto à tecnologia da informação, o advento da computação eletrônica, na década de 1950, juntamente com os inventos anteriores da telecomunicação e de instrumentos para observação e registro e análise, tornou possível a observação, comunicação e manipulação de dados. Sua organização sistêmica tornou viável a mecanização, ou seja, a automação. Desde então, surgiram, também, outras disciplinas relacionadas à matemática aplicada, decorrentes do desenvolimento da computação eletrônica. Entre elas, a informática, as teorias da comunicação, da informação e da decisão, a cibernética e as ciências do comportamento e da administração. Todos estes aspectos, se bem conduzidos, podem contribuir para a melhoria da informação, após a sua reengenharia na EMBRAPA, tendo como derivação, o Sistema EMBRAPA de Informação, o qual deve ter o envolvimento direto de sua alta administração.

Em geral, a EMBRAPA deve considerar no aspecto operacional, que instituições de pesquisa de países desenvolvidos têm resolvido essas questões de diversas maneiras. Entretanto, elas constituem problemas sérios ainda não solucionados em muitos países em desenvolvimento, como o Brasil e que têm tido impacto negativo para o desenvolvimento científico e tecnológico desses países. Esses problemas decorrem da deficiência e isolamento das instituições de pesquisa, objetivos imediatistas que implicam na execução massiva de pesquisas, sem a necessária atenção para a qualidade e eficácia da informação, falta de recursos financeiros e falta de profissionais especializados no mercado de trabalho. É o momento de a EMBRAPA repensar essas questões, como consequência de sua reengenharia, para não ficar no meio do caminho, e entrar no terceiro milênio no cumprimento de sua missão maior, ou seja, o seu novo paradigma institucional, que direciona a pesquisa para o mercado e para o desenvolvimento econômico e social autosustentado da agricultura brasileira.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

DAVENPORT, T.H. Reengenharia de Processos. 4ª Edição. Editora Campus, 1994. Rio de Janeiro.

EMBRAPA. Resolução Normativa nº 018/92. Manual de Procedimentos do Sistema EMBRAPA de Planejamento (SEP). Boletim de Comunicações Administrativas. 1993. Brasília, DF.

HOBBS, S. H. Problemas y Soluciones para Descentralizar los Sistemas Nacionales de Investigacion Agropecuaria. 1991. ISNAR.

PAEZ, M. L. D'ÁPICE, et all. Sistema Integrado de Informação Gerencial em C&T: Acompanhamento e Avaliação. Gestão de Ciência e Tecnologia - Pesquisa Agropecuária (Livro). SPI/EMBRAPA, 1994. Brasília, DF

SILVA, E. C. DA. et all. Sistema de Informação. Gestão em Ciência & Tecnologia - Pesquisa Agropecuária (Livro). SPI/EMBRAPA. 1994. Brasília, DF.

SILVA, E. C. DA et all. Planejamento e Avaliação de Programas e Projetos na EMBRAPA. Anais do XVIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. 1994. São Paulo.

SILVA, E. C. DA. O Planejamento Estratégico, a Centralização e Descentralização, a Concentração e Desconcentração e o Processo de Tomada de Decisão. DPD/EMBRAPA. 1995. Brasília, DF.

SILVA, E. C. DA. A Reengenharia de Processos, a Melhoria de Processos e a Tecnologia de Informação na Pesquisa Agropecuária - o caso da EMBRAPA. Coletânea/livros SPI-EMBRAPA. 1995. Brasília, DF.

SILVA, J. G. C. DA.. Um Programa de Capacitação e Reciclagem de Pesquisadores Agrícolas. Anais do III Encontro Nacional de Métodos Quantitativos. EMBRAPA. 1995. Brasília, DF.

AUDITORIA DA QUALIDADE APLICADA A PROJETOS DE P&D NA EMBRAPA*

Odon Pessoa Santana/ DPD - EMBRAPA
Emilson França de Queiroz/DPD - EMBRAPA
Flávio Popinigis/DOD - EMBRAPA
Adhemar Brandini/ DPD - EMBRAPA

1. INTRODUÇÃO

Empresas governamentais, nos últimos anos, estão sendo freqüentemente submetidas a regulamentações ou restrições, muitas vezes severas. Isto torna a competitividade entre suas congêneres cada vez mais intensa, em busca de recursos que assegurem às empresas a excelência no cumprimento de sua missão institucional.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), consciente dessa realidade, busca se adequar às mudanças externas, ganhando agilidade e eficiência para melhor aplicação dos limitados recursos públicos destinados ao custeio da pesquisa e do desenvolvimento para o setor agropecuário.

A Empresa, como instituição pública de Ciência e Tecnologia e preocupada com a plena operacionalização de seu projeto institucional para o cumprimento de sua missão, objetivos e diretrizes, em nível de qualidade compatível com as expectativas do negócio agrícola, deu início à implantação de Gestão pela Qualidade Total.

Para assegurar qualidade, sobretudo na sua atividade-fim, isto é, geração e transferência de tecnologias para o setor agropecuário, a EMBRAPA reconhece a necessidade de avaliar constantemente seus planos, programas, sistemas, processos e produtos, de forma a assegurar melhoria da qualidade e da produtividade em todas as áreas de conhecimento da Empresa. Esta melhoria é fundamental para garantir a sua credibilidade e a obtenção de apoio financeiro que assegurem a sua sustentabilidade institucional, em elevado nível de qualidade.

---

* Trabalho encaminhado para apresentação no XIX Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica - PACTO/FIA/FEA - USP, São Paulo.

Entre as ações implementadas para preservar a eficiência do Sistema EMBRAPA de Planejamento, foi instituído o programa de auditorias internas da qualidade, com o objetivo de investigar as ações de qualidade pelas quais devem ser alcançados os objetivos pretendidos pela Empresa.

O processo de auditoria implantado obedece à disciplina do ciclo do PDCA, no qual a ênfase é o aperfeiçoamento contínuo de todas as atividade que podem afetar a qualidade da produção de conhecimento científico e tecnológico da Empresa, além de proporcionar meios para um efetivo monitoramento das ações técnico-científicas visando a total satisfação dos clientes.

São abordados neste trabalho questões relacionadas com treinamento e capacitação de auditores, realização de auditorias internas da qualidade, suas constatações, resultados e conclusões sobre sua utilização em projetos de P&D como um mecanismo ágil e adequado para detectar desvios de rumos na programação e disciplinar as ações de acompanhamento e avaliação das atividades de P&D desenvolvidas pela EMBRAPA.

2. APLICAÇÃO DA GQT NA EMBRAPA

A EMBRAPA iniciou um processo de modernização institucional, em 1989, pela construção de cenários futuros, avaliação interna e externa e Planejamento Estratégico, com elaboração de Planos Diretores de cada uma de suas 39 Unidades Descentralizadas, culminando com o estabelecimento, em 1992, de um Plano Diretor da Empresa.

Em novembro de 1990, o Governo Federal lançou o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade - PBQP, ao qual a EMBRAPA aderiu, preparando propostas de Projetos, enviando alguns técnicos para Congressos e participando em reuniões promovidas pelo Programa.

Em dezembro de 1991, a EMBRAPA teve seu projeto "Desenvolvimento e Implantação do Sistema de Qualidade Total" aprovado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e pelo Projeto de Especialização em Gestão da Qualidade (PEGQ), do Ministério da Ciência e Tecnologia, cujo objetivo é possibilitar a criação e consolidação de competência em Gestão pela Qualidade Total (GQT) em entidades capazes de disseminar os conceitos, metodologia e técnicas da GQT para empresas e outras organizações.

A introdução da GQT na EMBRAPA seguiu a orientação do PEGQ, cuja metodologia compreendeu a realização de um diagnóstico da qualidade, o treinamento e a capacitação de multiplicadores e facilitadores internos, e a internalização e implantação da gestão pela qualidade em todas as unidades organizacionais da Empresa.

Essa primeira fase contou com o apoio decisivo do Instituto Brasileiro da Qualidade Nuclear (IBQN), entidade reconhecida pelo PEGQ e sua parceira no fornecimento de suporte técnico especializado para a implantação da GQT. Suplementarmente, a EMBRAPA contou com o apoio de consultores independentes e de outras instituições fornecedoras de cursos de sensibilização e de treinamento em GQT, com destaque ao Centro de Estudos Estratégicos (CEE) da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

O objetivo da EMBRAPA foi internalizar os conceitos, as metodologias e as técnicas da Gestão pela Qualidade Total, capacitando-se para, eventualmente, tornar-se uma entidade multiplicadora dos mesmos para apoiar sua adoção pelas instituições do setor agropecuário.

Foi implantada, pela Empresa, uma Política de Gestão pela Qualidade alicerçada na adoção de dez Princípios da Qualidade (ABNT, 1990), bem como implantado um sistema de Normalização, baseado nas diretrizes da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (Flores, 1992). Para coordenar o sistema da qualidade, foi adotado um sistema de comitês dirigido por um Comitê Diretor Central, apoiado em Comitês Diretores das Unidades e em Comitês Operacionais de Análise e Melhoria de Processos.

Ao final da primeira fase do Programa, haviam sido realizados 2278 treinamentos individuais, para a formação de facilitadores e multiplicadores. Em outubro de 1993, foi realizada uma avaliação, tendo sido constatados os progressos alcançados e recomendadas diretrizes para a continuidade e ampliação do programa.

A partir dessa avaliação, foram definidas, em uma segunda fase, as categorias de ações necessárias à continuação da implantação de GQT, quais sejam:

a) ações estratégicas; b) internalização; c) capacitação; d) desenvolvimento; e e) suporte.

O estabelecimento de **ações estratégicas** teve como objetivo básico nortear todo o processo de implantação da GQT na EMBRAPA.

Foi definido que a organização deverá ter na gerência de processos o seu referencial maior com definição dos grandes processos empresariais, dos quais serão extraídos os processos de nível gerencial, e destes os de nível operacional - subprocessos, e atividades e tarefas, respectivamente. Esta foi uma diretriz básica a partir da qual se pretendia internalizar e aplicar os princípios de gestão pela qualidade total na Empresa. Embora, na EMBRAPA, a atividade-fim, ou seja, as ações de P&D tenham, no passado, sido definidas através de projetos de P&D, a administração era feita predominantemente pelas áreas funcionais até a implantação, em 1992, do Sistema EMBRAPA de Planejamento (SEP). A partir de então, está sendo dada ênfase na gerência por processos, sendo o "projeto" o processo básico para o qual as áreas funcionais dão apoio e contribuição.

As **ações de internalização** têm como objetivo básico dar continuidade ao processo iniciado na primeira fase de implantação da GQT e vêm sendo desenvolvidas com base no diagnóstico periódico das necessidades em nível local de Unidades da Empresa, como a implantação dos princípios da qualidade, ou a instituição de processos de reconhecimento que garantam a persistência na busca de objetivos da GQT de mais longo prazo.

A continuidade das **ações de capacitação** em gestão pela qualidade total se constituem na base fundamental para a implantação da GQT na Empresa. Estas ações estão previstas nos subprojetos de cada unidade organizacional, como forma de atender às suas necessidades específicas, de modo a aumentar a competência dos facilitadores internos e multiplicadores.

As **ações de desenvolvimento** estão voltadas para o desenvolvimento e aplicação de metodologias de análise, melhoria, gerenciamento e automação de processos, no contexto organizacional específico da EMBRAPA.

As **ações de suporte** são aquelas que visam apoiar as Unidades da Empresa na implantação da GQT. Compreendem, primordialmente, a divulgação da GQT na Empresa, bem como orientação e assessoramento no que tange a conceitos e práticas da GQT.

Em 1994, com a assessoria da IBM, a EMBRAPA capacitou um grupo de multiplicadores nos conceitos da gestão por processos. Foram identificados e definidos, pela Diretoria Executiva, os grandes processos empresariais e selecionados dois, para servir de protótipos da aplicação e prática da metodologia de análise e melhoria desses grandes processos, com vistas a seu aprendizado e adoção da gestão por processos na Empresa.

Também a partir de 1994, foi iniciado um programa de Auditorias Internas da Qualidade, que começou nos grandes processos da atividade-fim da Empresa, que são os Programas de Pesquisa e Desenvolvimento.

Ao final de 1995, foi iniciado novo processo de avaliação da GQT na EMBRAPA, com o objetivo de determinar o grau de sucesso na sua implantação e subsidiar a Diretoria Executiva sobre as eventuais correções de rumo e ações a serem incrementadas a partir de 1996.

3. NORMALIZAÇÃO

A preocupação inicial da Empresa foi dar cumprimento ao disposto no Manual de Procedimentos sobre a "Elaboração de Normas da EMBRAPA". Sua elaboração foi baseada na Norma ABNT NB-0 (ABNT, 1990) e nas Normas ISO Série 9000 (NBR ISO 9000, 9001, 9004-1990), no tocante à forma e conteúdo, respectivamente.

Por ser a normalização uma das bases para implantação da qualidade total, foi implementado um sistema interno próprio de normalização, integrando as atividades técnicas e administrativas, através de um conjunto de normas e procedimentos, definindo a forma mais racional e eficiente de executar as atividades no âmbito de cada área ou função, orientando inclusive a relação entre elas, para a plena consecução de todos os processos.

Para dar ordenamento à numeração das normas no âmbito da EMBRAPA, estabeleceu-se a Norma "Codificação de Normas da EMBRAPA" (EMBRAPA, 1994). Tal Norma agrupa as atividades da Empresa em nove áreas funcionais, e cada área funcional, por sua vez, dividida em subatividades. (MARTIN, 1990).

Convencionou-se dar o título da atividade ao respectivo manual, o qual é composto de normas sobre suas subatividades. A elaboração das normas tem seguido o princípio das prioridades de cada área funcional e de suas respectivas atividades.

Para diferenciar normas aplicáveis no âmbito geral da Empresa, ou no âmbito específico de uma unidade organizacional, usou-se, no sistema de codificação, dígitos que contemplam cada unidade organizacional ou a Empresa como um todo.

Desta forma, após o início da implantação da Gestão pela Qualidade Total em 1992, a EMBRAPA já tem, aprovadas e registradas em um órgão da Sede, cerca de 80 normas, das quais, ao longo dos últimos quatro anos, foram revisadas mais de 30 normas. As revisões têm ocorrido, sempre, em decorrência de análise e melhoria de processo a ser normalizado. Parte significativa das normas atuais basearam-se em regulamentos normativos que foram implantados desde 1973, com a criação da Empresa e com as adaptações que se fizeram necessárias.

Atualmente, está em execução uma revisão no sistema de normalização da Empresa, principalmente em relação à norma básica "Elaboração de Normas da EMBRAPA", para atender às alterações introduzidas pela Diretiva Parte 3 (ABNT ISO/IEC Diretiva - Parte 3: 1994) que trata da "Redação e apresentação de Normas Brasileiras", e do Guia 2 (ABNT ISO/IEC Guia 2: 1993), que trata dos "Termos Gerais e suas definições relativas à normalização e atividades correlatas".

4. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZADA NAS AUDITORIAS

Na seleção da documentação de referência é exercido um controle para assegurar que somente documentos pertinentes sejam utilizados. Basicamente, nas auditorias internas da qualidade, executadas em programas e projetos de P&D, têm sido utilizados o **Plano Diretor da EMBRAPA (PDE)**, os **Planos**

Embrapa
MEMÓRIA
AI/SEDE

Diretores de Unidade (PDUs), o **Manual de Procedimentos do Sistema EMBRAPA de Planejamento (SEP)**, Norma "**Auditorias Internas da Qualidade**", **Atas** das Comissões Técnicas de Programa (CTPs); **Atas** dos Comitês Técnicos Internos (CTIs) e **Atas** das Reuniões dos Conselhos Assessores Regionais (CRs).

a) Plano Diretor da EMBRAPA

O Plano Diretor da EMBRAPA é o instrumento de planejamento estratégico que define o rumo futuro da Empresa no cumprimento de sua missão. É, portanto, um instrumento básico no qual estão explicitados, além da missão, os objetivos, as diretrizes e as estratégias da Empresa (EMBRAPA, 1992a , EMBRAPA, 1992b).

- **Objetivo:**

Para o cumprimento de sua missão institucional, e considerando a natureza de suas atividades, a EMBRAPA definiu como objetivo máximo, gerar, promover e transferir conhecimento e tecnologia para o desenvolvimento sustentável dos setores agropecuário, agroindustrial e florestal, de modo que toda a sociedade brasileira seja o beneficiário final do trabalho da Empresa (EMBRAPA, 1992).

b) Planos Diretores de Unidade

Os Planos Diretores das Unidades de Pesquisa são o marco de referência para a implementação das ações de pesquisa e desenvolvimento, marketing e transferência de tecnologia por aquelas Unidades. Esses Planos resumem os resultados da análise dos ambientes externo e interno, baseada nos conceitos e métodos preconizados pelo planejamento estratégico, cuja finalidade foi fornecer subsídios para o dimensionamento das necessidades de cada Unidade de Pesquisa, comparando o passado e o presente com o futuro almejado (EMBRAPA, 1992b).

- **Objetivos e Diretrizes**

Os objetivos e diretrizes propostos para cada Unidade de Pesquisa em seu Plano Diretor foram classificados nas seguintes categorias: a) **Técnico-programáticos e avanços do conhecimento**; b) **Organizacionais e institucionais** e c) **Apoio técnico e administrativo** (EMBRAPA. 1992c).

Objetivos **técnico-programáticos** entendidos como aqueles ligados à execução das atividades-fins de cada Unidade de pesquisa.

Avanços do conhecimento referem-se às atividades de cada Unidade de Pesquisa que não têm relação imediata com as demandas de mercado, mas que além de contribuir para o conhecimento científico, contribuem também para o aumento da eficiência da pesquisa.

Os objetivos e diretrizes **organizacionais e institucionais**, explicitados nos PDUs, referem-se às intenções de desenvolvimento da estrutura e funções da instituição, com vistas a adequá-la e capacitá-la para o cumprimento de sua missão.

Os objetivos e diretrizes relacionados ao **apoio técnico e administrativo** reportam-se às propostas que visam dar suporte às atividades-fins de cada Unidade de Pesquisa no que se refere à difusão de conhecimento, treinamento de pessoal de apoio, administrativo e gerencial, informações, finanças, etc..

c) Manual de Procedimentos do Sistema EMBRAPA de Planejamento (SEP)

O Manual de Procedimentos, instituído por deliberação da Diretoria (EMBRAPA, 1992b), é constituído por um elenco de normas contendo instruções para enquadramento da programação anual da Empresa (EMBRAPA, 1995).

Componentes do Sistema

O **Sistema EMBRAPA de Planejamento** tem na dimensão programática três figuras básicas: Programa, Projeto e Subprojeto.

- **Programa**

Os programas refletem os grandes temas/áreas estratégicas e prioritárias para o desenvolvimento da agropecuária, agroindústria e florestas do País. Portanto, o programa é a figura que define a política institucional, em geral de abrangência nacional, envolvendo ações tipicamente multiinstitucionais.

- **Projeto**

O projeto é a figura que envolve ações com vistas a resolver problemas prioritários, com enfoque de Pesquisa e Desenvolvimento. O projeto agrega um conjunto de ações que visam solucionar um problema relevante, em geral detectado pelos usuários e clientes da pesquisa.

- **Subprojeto**

É a figura programática através da qual o pesquisador ou a equipe de pesquisadores ordena as atividades a serem desenvolvidas com o objetivo de solucionar problemas específicos e relevantes dentro de cada projeto.

d) Norma "Auditorias Internas da Qualidade"

Esta norma estabelece regras e padrões que estão sendo adotados na realização de auditorias internas da qualidade nos diversos setores, sistemas, processos, programas, projetos, subprojetos, atividades ou produtos das Unidades da Empresa (EMBRAPA, 1993).

e) Atas das Comissões Técnicas de Programa

Cada programa, principalmente aqueles de caráter técnico-científico, tem uma Comissão Técnica responsável pelo planejamento e montagem do programa, bem como pela análise, acompanhamento e avaliação dos projetos integrantes de cada programa. O conteúdo de suas reuniões, relatado em atas, é utilizado nas auditorias internas da qualidade.

f) Atas dos Comitês Técnicos Internos

Cada Unidade de Pesquisa tem um Comitê Técnico Interno, para prover assessoramento técnico à Chefia no que se refere à formulação, ao acompanhamento e à avaliação, em nível interno, de seus próprios projetos e subprojetos. As atas desses Comitês são utilizadas como referenciais na realização das auditorias da qualidade.

g) Atas dos Conselhos Assessores Regionais

Entre os mecanismos de articulação, os Conselhos Assessores Regionais, órgãos de caráter consultivo e de assessoramento no processo de definição das prioridades, detectadas junto aos usuários, clientes e beneficiários da pesquisa, têm provido um referencial de uso freqüente nas auditorias, através das atas de suas reuniões.

5. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A sistemática utilizada nas auditorias internas da qualidade realizadas em programas e projetos de P&D (SANTANA et. al., 1994), obedeceu, de modo geral, a metodologia preconizada para esse tipo de auditoria (ISO 10.011-1, 1990; ISO 10.011-3, 1991; BS 7229, 1989). A seguir, são destacados alguns tópicos relevantes para o processo de auditoria em Unidades de Pesquisa da EMBRAPA.

a) Lista de Verificação (LV)

Para a elaboração das listas de verificação foi utilizada a documentação componente do Manual de Procedimentos do SEP, bem como os programas e projetos de P&D que foram avaliados. Além disto, para a elaboração dessas LVs foram consultados pesquisadores titulares das especialidades objeto das análises.

Assim, a LV foi um dos principais instrumentos de adequação da metodologia proposta pela ISO às características específicas da pesquisa agropecuária.

b) Critérios para Composição da Amostra dos Documentos

Nas auditorias de Programas, procedeu-se uma amostragem dos projetos, a serem auditados, que variou de 52 a 70% do total de projetos componentes de cada Programa. O total de documentos referenciais que compõe a amostra de cada auditoria variou em função da finalidade de cada programa e da atividade-fim da Unidade de Pesquisa que foi sede de auditoria.

c) Composição das Equipes Auditoras

Para a seleção do grupo de auditores, levou-se em consideração a especialidade de cada membro da equipe em função das diversas áreas submetidas à auditoria, bem como a independência dos mesmos em relação as atividades auditadas.

6. IMPLANTAÇÃO DAS AUDITORIAS DA QUALIDADE

A implantação das atividades de auditoria na EMBRAPA obedeceu as fases descritas a seguir:

a) Normalização das Auditorias da Qualidade

Uma das primeiras providências para a implantação do processo de auditoria da qualidade na Empresa foi a elaboração e aprovação de norma específica. (EMBRAPA, 1993).

Esta Norma fixa diretrizes e procedimentos, estabelece regras e padrões a serem seguidos na realização de auditorias internas da qualidade nos diversos setores, processos, programas, projetos, atividades, serviços ou produtos.

b) Treinamento em Auditorias da Qualidade

Na fase seguinte, foi realizado o treinamento de pessoal para a execução das auditorias. Num primeiro momento foi selecionado e treinado um grupo de pesquisadores do Quadro da Empresa com longa experiência em execução e gerência de pesquisa que recebeu treinamentos em organizações brasileiras, inclusive em instituições reconhecidas pelo Sistema Britânico de Credenciamento de Auditores da Qualidade (NACCB).

Estes pesquisadores foram incumbidos de organizar e ministrar um curso interno de auditoria da qualidade com o objetivo de treinar pesquisadores, técnicos e administradores, abrangendo as Unidades da Empresa, dispersas no território nacional.

c) Sensibilização de Recursos Humanos

Com o objetivo de disseminar em toda a Empresa as informações consideradas essenciais sobre o processo de auditoria, foram realizadas palestras de sensibilização para as diversas categorias funcionais do Quadro da EMBRAPA. Estas palestras, divulgando a função e os propósitos das auditorias, facilitaram a troca de informações e propiciaram um ambiente favorável à credibilidade e aceitação do processo de auditoria da qualidade.

d) Programação das Auditorias

A EMBRAPA, com a implantação da GQT em 1992, procurou estabelecer, no ano seguinte, um programa de auditorias internas da qualidade. Inicialmente, adotou-se a opção de auditar programas, envolvendo principalmente projetos e subprojetos, cuja execução se estendia por diversas unidades do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA).

Dos 16 programas que integram as atividades da Empresa, foram auditados, até o presente momento, 5 programas envolvendo as áreas vegetal, animal e gerencial.

Para cada programa a ser auditado, foram realizadas amostragens de projetos, levando-se em consideração o número de projetos por Unidade da Empresa e o volume de recursos envolvidos. Este procedimento assegurou que as auditorias fossem dirigidas para os pontos de maior concentração das atividades do programa, resultando num elevado percentual de projetos auditados e alta eficiência financeira das auditorias. O percentual de projetos auditados, por programa, variou de 52 a 70%.

Essa experiência inicial de auditoria de programa teve como principal objetivo verificar a conformidade das atividades dos projetos e respectivos subprojetos em relação ao Manual de Procedimentos do SEP.

Com base nesta experiência, a programação de auditorias, a partir de 1996, será dirigida principalmente para resultados das atividades de pesquisa. Além disto, a dimensão institucional (Unidade) será plenamente contemplada nas auditorias.

7. DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO

Auditorias da Qualidade aplicadas a programas e projetos de P&D na área biológica é algo novo. O processo, na EMBRAPA, necessitou de adaptações e de um trabalho de sensibilização junto aos pesquisadores, sobretudo visando o entendimento do processo e seu objetivo como instrumento construtivo e de promoção e apoio à melhoria da qualidade dos programas e projetos.

As principais dificuldades encontradas na implantação foram:

a) Chegar ao consenso dos especialistas envolvidos quanto à definição dos itens das listas de verificação aplicáveis à auditoria.

b) Convencer os auditores para que se limitassem a comentar ou questionar apenas itens que constavam da lista de verificação, de modo a não perder de vista o objetivo da auditoria e a se limitar ao escopo previamente estabelecido.

c) Dirimir resistência de pesquisadores ao processo de auditoria, quando não se atingiu o necessário equilíbrio entre itens de natureza puramente administrativa e itens diretamente relacionados com a qualidade técnico-científica do projeto.

d) Selecionar, na fase de composição da equipe de auditores, profissionais especializados que conhecessem e aceitassem a metodologia utilizada na auditoria.

8. RESULTADOS OBTIDOS

Como principais resultados obtidos, pode-se mencionar:

a) Maior compreensão do Manual do SEP pelos líderes de projetos e pesquisadores, principalmente em função das listas de verificação que tiveram origem preponderantemente nas normas do SEP. Esse melhor entendimento das normas do SEP pelos pesquisadores também contribuiu para "apagar" a concepção errônea e freqüente de que, em geral, normas aplicadas à atividade de pesquisa constituem fator de inibição da criatividade.

b) Alta receptividade das chefias de Unidade da Empresa, líderes de projetos, secretários executivos de Comissão Técnica de Programa e pesquisadores, ao processo de auditorias da qualidade.

c) Constatação de relação positiva e direta entre a atividade do Comitê Técnico Científico (CTI) da Unidade auditada e a qualidade técnico-científica dos projetos e subprojetos de pesquisa. Ou seja, quanto mais atuante o CTI, mais alta a qualidade das atividades de pesquisa.

d) O conhecimento insuficiente sobre os objetivos, métodos e procedimentos das auditorias da qualidade, por alguns pesquisadores, foi um dos fatores que contribuiu para a ocorrência de alguns casos de resistência ao processo. Isto poderia ser decorrente de falhas no processo de divulgação das auditorias.

e) As auditorias, em alguns casos, despertaram maior interesse de pesquisadores pelo aprofundamento da análise do mérito técnico-científico dos projetos.

f) O enfoque de P&D e o uso da metodologia preconizados pelo SEP foram efetivamente internalizados pelos pesquisadores, conforme observados em grande parte dos projetos auditados.

g) A identificação e a priorização de demandas tecnológicas de programas mostraram-se pouco adequadas, evidenciando a necessidade de aprimoramento da metodologia para este fim. Com efeito, demandas excessivamente abrangentes dificultam a análise da qualidade dos projetos e sua priorização, dentro dos programas. Isto é, demandas muito genéricas permitem abrigar projetos que nem sempre atendem às necessidades específicas dos clientes.

h) A estimativa de impacto econômico, social ou ambiental nem sempre é possível de ser feita em projeto de P&D. Entretanto, identificaram-se situações nas quais esta estimativa não foi feita, ainda que fosse perfeitamente possível.

i) Falta de coerência, em alguns projetos, entre tópicos tais como: **objetivos, metas, metodologia, resultados esperados e estimativa de impacto.**

j) As não conformidades mais comuns, detectadas em alguns programas e em tópicos de projetos e subprojetos de P&D, dizem respeito a:

- Demandas excessivamente abrangentes.
- Revisão de literatura desatualizada e incompleta.
- Material e método pouco adequado às especificações do SEP.
- Estratégia de ação incompleta, sem explicitar o envolvimento e a responsabilidade de cada instituição participante de projetos e subprojetos.
- Repercussão dos resultados esperados da pesquisa não foi estimada em alguns projetos nos quais isto era previsto.
- Banco de dados sobre demandas do ambiente externo não atualizado e nem informatizado.

9. CONCLUSÕES

As auditorias, na EMBRAPA, têm sido importante ferramenta para o aperfeiçoamento do sistema de qualidade, como fatores de motivação e monitoração das atividades de pesquisa.

As etapas propostas para que se otimize o emprego das auditorias levam, entre outras, as seguintes conclusões:

a) A disseminação dos objetivos, métodos e procedimentos das auditorias da qualidade, em Unidades de Pesquisa, resultou em alta receptividade ao processo, principalmente, pelos auditados.

b) Com as devidas adaptações, o processo de auditoria da qualidade, aplicado à EMBRAPA, é perfeitamente passível de ser implantado em outras instituições de ciência e tecnologia.

c) De modo geral, a análise dos projetos evidenciou que as Unidades que sediaram sede auditorias já internalizaram, em elevado grau, o enfoque de P&D e a metodologia previstos no Manual de Procedimentos do SEP.

d) As auditorias da qualidade comprovaram que o Comitê Técnico Interno de Unidade é um eficiente instrumento de promoção e controle da qualidade dos projetos, subprojetos e atividades de P&D.

e) Os resultados obtidos justificam plenamente o prosseguimento das atividades de auditoria como instrumento retroalimentador do SEP, capaz de assegurar meios de controlar, manter e melhorar as atividades de pesquisa na Empresa, na busca da excelência em qualidade de seus produtos e serviços.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT: NB-0 - Elaboração de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, Agosto. 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT: NBR ISO 9000. Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade - Parte 1: Diretrizes para Seleção e Usos, Rio de Janeiro, Junho,1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT: NBR ISO 9001. Sistema da qualidade - Modelo para garantia da qualidade em projetos/desenvolvimento, produção, instalação e assistência técnica. Rio de Janeiro, Junho, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT: NBR ISO 9004. Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade - Diretrizes. Rio de Janeiro, Junho, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT: ABNT ISO/IEC Diretiva. Parte 3: 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT: ABNT ISO/IEC Guia 2: 1993.

BS 7229, 1989. Britsh Standard Guide to Quality Systems Auditing.

EMBRAPA. Resolução Normativa nº 20/94 de 18.07.94. Manual de Procedimentos - Codificação de Normas da EMBRAPA. **Boletim de Comunicações Administrativa**, Brasília, nº 28, 1994.

EMBRAPA. **Workshop de Avaliação Global da EMBRAPA**: Relatório da Missão Externa. Brasília: EMBRAPA, 1992.

EMBRAPA. **II Plano Diretor da EMBRAPA**: 1993/97, Versão Preliminar. Brasília: EMBRAPA - SEA, 1992a. 64p.

EMBRAPA. Deliberação nº 016/92 e Anexo - Documento Orientador, de 24.08.92. **Boletim de Comunicações Administrativas**, Brasília, N. 38, 1992b.

EMBRAPA. Roteiro do Plano Diretor da Unidade - PDU2 - Versão Final: EMBRAPA-SEA, 1992c. 8p.

EMBRAPA. Resolução Normativa nº 023/93 de 23.09.93. Manual de Procedimentos - Auditorias Internas da Qualidade. **Boletim de Comunicações Administrativas**, Brasília, nº 41, 1993.

EMBRAPA. Resolução Normativa nº 05/95 de 09.02.95. Manual de Procedimentos do Sistema EMBRAPA de Planejamento (SEP). **Boletim de Comunicações Administrativas**, Brasília, nº 08, 1995. 133 p.

FLORES, Murilo X. Recomendações para Internalização da Gestão pela Qualidade Total na EMBRAPA. 1992. Brasília, DF., 8 p.

ISO 10.011-1, 1990. Guidelines for Auditing Quality Systems - Part 1. Auditing.

ISO 10.011-3, 1991. Guidelines for Auditing Quality Systems - Part 3 - Management of Audit Programmes.

MARTIN, J. Information Engineering. Book II - Planning and Analysis. Prentice Hall, New York, p. 45-51, 1990.

SANTANA, Odon P. et al.. Auditoria da Qualidade. In: **Gestão em Clência e Tecnologia: Pesquisa Agropecuária**/Editores Wenceslau J. Goedert, Maria Lúcia D'Ápice Paez, Antônio Maria Gomes de Castro; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. - Brasília: EMBRAPA- SPI, p. 281-297, 1994.

CONSORCIAÇÃO DE CULTURAS - REVISÃO E MÉTODOS DE ANÁLISE

José Ruy Porto de Carvalho/CNPTIA - EMBRAPA

1 - INTRODUÇÃO

Consorciação de culturas é uma técnica utilizada já faz muito tempo. De acordo com PINCHINAT, SORIA & BALZAN (1976), esta técnica começou a ser usada pelos Mayas na América Central e pelos Incas na América do Sul, quando eles plantaram na mesma área, feijão e milho. Somente nas últimas duas décadas, devido ao grande impulso na agricultura tropical, é que a atenção a culturas consorciadas tem deixado o estádio onde a pesquisa era meramente descritiva e não muito conclusiva, para o estádio onde há uma proliferação de pesquisa científica, tanto nos aspectos agronômicos da consorciação como nas suas vantagens biológicas.

A decisão de um fazendeiro quando escolhe uma determinada cultura é influenciada por fatores físicos, sociais, econômicos e políticos. A produção potencial de uma cultura é afetada por fatores físicos, tais como, condições de clima e de solo. Sua decisão é claramente dependente dos fatores sociais, tais como, tradição, nível de tecnologia e de preferência da comunidade a qual ele pertence e fatores econômicos, tais como, estabilidade política, retorno monetário. Entretanto, a produção para consórcios tem sido observada como mais estável quando comparada com culturas solteiras, isto é, o risco de que a produção seja menor do que um razoável nível de subsistência é menor para consórcio do que para culturas individuais ou solteiras. Esta é umas das grandes razões pela qual os produtores preferem consorciar suas culturas [FRANCIS & SANDERS (1978), RAO & WILLEY (1980)].

2 - DEFINIÇÃO E IMPORTÂNCIA DE CONSORCIAÇÃO

2.1 - Definição

Devido a complexidade de sistemas de culturas múltiplas e devido a diferente formação dos diversos pesquisadores que trabalham com estes sistemas, freqüentemente tem sido feita alguma confusão com respeito a terminologia apropriada para descrever a associação de mais de uma cultura na mesma área. Consorciação é definida como plantar duas ou mais culturas simultaneamente na mesma área, durante toda ou parte de seu crescimento. O sistema onde diferentes culturas tem seu período de crescimento correlacionado por um pequeno espaço de tempo ou mesmo nenhum espaço, é chamado de Culturas Revesadas (Relay Cropping). Outras terminologias, tais como culturas mistas, culturas em linhas ou em faixas devem ser consideradas como desvios da definição acima.

2.2 - Importância

Existem inúmeras combinações de consorciação reportadas pelo mundo. Entretanto, são nos países tropicais onde as mais diferentes combinações são encontradas, sendo a combinação cereal com legume a mais comum. Por exemplo, milho associado com feijão ou caupi é muito comum na América do Sul e na América Central. Nas Filipinas, a combinação de arroz de sequeiro com milho é aplicada com sucesso. Na China, o sorgo é plantado com ervilhas. Na África o sorgo é plantado com batatas ou caupi. Embora em muitos países tropicais não existem estatísticas oficiais sobre a quantidade de produção obtida de sistemas consorciados, existe na literatura algumas referências sobre a importância desses sistemas, normalmente em termos de proporção de área plantada a qual são consorciadas.

Como MEAD & RILEY (1981) apresentaram, baseado em levantamentos realizados na literatura, 98% da área de caupi na África, 90% da área de feijão na Colômbia, 73% de feijão na Guatemala, 80% de feijão no Brasil e 60% de milho na América Latina, são combinados com outra cultura. Somente no Brasil, 70% do caupi plantado nas Regiões Norte e Nordeste são consorciados com outras culturas e 40% da mandioca é plantada principalmente com cacau. Nas regiões Sul e Sudeste, 60% da área de sorgo é associada com feijão e 50% do café com arroz de sequeiro. Esta grande percentagem de área de culturas consorciadas esta relacionada a uma série de vantagens, dentre elas, controle de insetos, de ervas daninhas, estabilidade e melhor uso dos recursos naturais.

3 - MÉTODOS DE ANÁLISE

A estrutura de um sistema consorciado é muito mais complexa do que um sistema de culturas solteiras. Como conseqüência, existe na literatura uma variedade enorme de métodos de análise e mostra que recentemente tem havido um rápido aumento de pesquisa relacionada a este tema. Assim sendo, uma grande quantidade de dados tem sido acumulados. Infelizmente, é praticamente impossível achar um método único e ideal de análise para ser usado.

MEAD & RILEY (1981) introduziram uma revisão sobre as diversas análises usadas em consorciação, com recomendações. Vantagens e desvantagens de cada análise foram discutidas e ilustradas com aplicações numéricas. WIJESINHA, FEDERER, CARVALHO & PORTES (1982) aplicaram análises univariadas e multivariadas na produção de feijão e milho e nos seus respectivos componentes, e concluíram que é impossível identificar uma análise estatística ideal nesta área de pesquisa. Segundo CARVALHO (1988) um resumo dos possíveis métodos de análise são apresentados a seguir.

3.1 - Análise Univariada

Em consorciação de culturas, onde duas ou mais culturas estão plantadas juntas, existem parcelas experimentais com culturas solteiras e com culturas consorciadas, sendo portanto, a estrutura dos dados mais complexas do que em monocultura. Esta complexidade na estrutura dos dados sugere por si só o uso de diferentes análises como um bom ponto de partida para tratar com dados consorciados. Preliminarmente, uma análise individual deve ser definida para as variáveis de cada cultura, para as variáveis envolvendo a cultura consorciada e para a combinação das duas situações.

Se as pressuposições do modelo matemático para a análise univariada são satisfeitas, nenhum problema deve surgir, com exceção para as variáveis quando a cultura solteira e consorciada estão combinadas, principalmente devido a variância do erro que normalmente são diferentes. Essa diferença na variância do erro se deve, possivelmente, a influência do sistema ambiental causado por plantar mais de uma cultura na mesma parcela experimental.

FISHER (1979) trabalhando com um experimento consorciado de feijão e milho, observou grandes diferenças na variância do erro no feijão quando solteiro e consorciado e sugeriu o uso de análise de variância separadas para cultura solteira e consorciada.

Entretanto, análise de variância separadas não refletem o que acontece na pratica, visto que os agricultores usam uma combinação das duas situações para definir a quantidade produzida e o lucro a ser retornado. Assim, se torna necessário analisar uma combinação das variáveis observadas. Muitas combinações são possíveis e algumas delas são descritas abaixo:

3.1.1 - Índice da Produção Combinada

As funções de Produção Combinadas tem sido usada a muito tempo nos estudos de competição entre genótipos. Somente recentemente, eles tem sido utilizados na comparação entre sistemas consorciados. O pesquisador pode ter o interesse de combinar as produções de tal forma que a quantidade de proteína total, calorias, lucro, área utilizada, recursos hídricos sejam maximizados.

A primeira função é a ***Produção Total***, a qual é definida como a adição simples da produção das culturas isto é, produção solteira e consorciada da primeira cultura mais produção solteira e consorciada da segunda cultura, para cada tratamento dentro de cada bloco. Esta função só é possível se os tratamentos usados no experimento tem uma produção similar para a cultura solteira e consorciada.

WILLEY (1979), estudando as vantagens na produção de uma série de experimentos usando índice de produção combinada, definiu três possíveis resultados que podem acontecer quando comparou a produção atual com a produção esperada, isto é, assumindo que a cultura solteira e a consorciada acuparam 50% da área plantada:

a) Inibição Mútua, onde ambas as culturas teve menor produção do que a esperada;
b) Mútua Cooperação, quando ambas as produções resultaram melhor do que a esperada;
c) Compensação, onde uma produção é maior do que a esperada e a outra é menor.

Estas definições tem um valor prático muito limitado, desde que a produção total normalmente é proveniente de diferente proporções da área plantada para a cultura solteira ou consorciada. Para evitar erros devido a diferença na proporção, WILLEY & OSIRU (1972), sugeriram o uso das áreas requeridas para cada cultura solteira para se ter a mesma produção que a cultura obteria quando consorciada, como uma medida da eficiência do consórcio.

WILLEY (1979) sugeriu o ***Índice da Razão de Equivalência da Terra*** (LER, Land Equivalent Ratio) como o mais apropriado para o estudo das vantagens em produção de ambos os sistemas. MEAD & WILLEY (1980) apresentam uma extensiva discussão sobre o LER, o qual será detalhado na próxima seção.

A segunda função, e a mais importante no ponto de vista do agricultor é o valor monetário das produções. Neste caso, os lucros do consórcio são comparados com a cultura solteira individualmente, e pode ser escrito como:

$$P_t = P_1 Y_1 + P_2 Y_2,$$

onde P_1 e P_2 são os preços da primeira e segunda cultura por unidade de produção e Y_1 e Y_2 são as correspondentes produção do consórcio.

FRANCIS & SANDERS (1978) apresentaram um estudo conduzido durante os anos de 1975 e 1976 no CIAT - Colômbia, sobre a lucratividade e riscos de vinte experimentos incluindo três sistemas de cultivo: feijão solteiro, milho solteiro e consórcio. Com os custos calculados em pesos Colombianos para 3.200 Kg/ha de milho solteiro, 1.900 Kg/ha de feijão solteiro e 3.200 Kg/ha de milho mais 800 Kg/ha de feijão em consórcio, este estudo indicou uma vantagem para o feijão solteiro apesar de apresentar uma razão de preços menor. Esta vantagem é associada a um grande risco para o agricultor devido a grande variabilidade de estação para estação. Apesar de um retorno menor em média, eles indicaram o consórcio como o melhor sistema para o agricultor devido aos riscos e os níveis do custo de produção serem reduzidos.

3.1.2 - Índices de Competição

O índice LER brevemente mencionado na seção anterior, é idêntico ao ***Índice de Produção Total Relativa***, o qual foi introduzido por DE WIT & VAN DEN BERG (1965), o qual foi usado por muitos anos em estudos de competição baseado na proporção da produção solteira alcançada pelo consórcio, mas não em bases de área de terra como o LER.

A função LER é definida como a área relativa de terra requerida pela cultura solteira para se ter a mesma produção que no consórcio. Ela é definida como:

$$LER = L_1 + L_2 = Y_1/S_1 + Y_2/S_2$$

onde S_1 e S_2 são as produções solteiras, Y_1 e Y_2 são as produções do consórcio e L_1 e L_2 os LER para as culturas individuais.

MEAD & WILLEY (1980) e OYEJOLA (1983) apresentaram algumas vantagens e desvantagens no uso do LER. Algumas vantagens são:

a) Representa uma medida da eficiência biológica de duas culturas quando elas estão crescendo juntas dentro de um ambiente específico;
b) Diferentes culturas podem ser comparadas dentro da mesma base;
c) Quando os LER individuais L_1 e L_2 são usados, são observados os efeitos competitivos o qual dão indicações da vantagem da produção (WILLEY, 1979).

As desvantagens são:

a) Em muitas pesquisas, uma cultura é considerada mais importante do que a outra e esta situação não é refletida na função LER;
b) Comparar diferentes LER é sempre difícil, principalmente quando seus valores são obtidos de diferentes proporções plantadas da cultura;
c) Falta de conhecimento estatístico da sua distribuição;
d) As pressuposições da analise da variância nem sempre são satisfeitas quando mais de duas culturas são usadas ao estimar o índice LER.

Tentando eliminar algumas de suas desvantagens, foram desenvolvidos o Efetivo LER e a Razão de Equivalência Básica da Terra. O ***LER Efetivo***, introduzido por MEAD & STERN (1979) e detalhado em MEAD & WILLEY (1980), foi introduzido com o propósito de fazer o LER comparável para qualquer proporção da produção da cultura. Seja K a proporção da área plantada com dois consórcio (1 e 2), e seja (1-K) a proporção da área plantada com a cultura solteira número 1. Definimos então a Produção Total Padronizada (TSY = Total Standardized Yield) como:

$$TSY = K\ (L_1 + L_2) + (1 - K)\ C_1$$

onde L_1 e L_2 são os valores das culturas individuais do LER ou Produção Padronizada das culturas 1 e 2. C_1 é o valor do LER da cultura 1 plantada como cultura solteira com a intenção de modificar as proporções da colheita. Como MEAD & WILLEY (1980) sugeriu, a proporção do consórcio K para uma desejada proporção P da cultura solteira 1 pode ser obtida como:

$$K = \{C_1 (1 - P)\} / \{P L_2 - (1 - P) L_1 + (1 - P) C_1\}$$

Desta forma o LER Efetivo é obtido pela substituição de K na expressão de TSY e resulta:

$$\text{LER Efetivo} = L_2 C_1 \; / \; \{(C_1 - L_1) + (\text{LER} - C_1) P\}$$

para

$$\{ L_1 \; / \; (L_1 + L_2)\} \leq P \leq 1.$$

Desta maneira o LER Efetivo pode ser usado como uma medida da eficiência biológica de um sistema consorciado, onde a proporção da produção é definida a prior.

CHETTY & REDDY (1984) introduziu e REDDY & CHETTY (1984) detalhou o ***LER Básico***. A pressuposição de que sob o ponto de vista do agricultor é mais importante definir o nível de produção mínima da cultura principal no consórcio do que definir a razão de produção definida a prior, objetivou a definição deste índice. Entretanto, este índice foi definido em termos da razão de uma produção requerida por unidade de área Y_1' e a produção da cultura solteira S_1, isto é, a padronização é feita pela correspondente cultura solteira. RILEY (1985) apresentou o mesmo índice com uma pequena diferença de conceito, fazendo a padronização para diferentes produções de culturas solteiras S_1'e S_2'. Com este processo de padronização, uma maior flexibilidade é permitida na escolha do sistema de plantio. Desta maneira, o LER Básico é definido por:

$$\text{LER Básico} = \text{LER} - \{(C_1 L_1' - L_1) (\text{LER} - C_1) \; / \; (C_1 - L_1)\}$$

onde $L_1' = Y_1' \; / \; S_1$ e $C_1 = S_1 \; / \; S_1'$. Embora ambos os índices apresentem diferentes curvas de LER, estas curvas são equivalentes quando $P = L_1'$ (para os valores máximos do LER Efetivo e Básico).

OYEJOLA (1983), usando três distribuições não negativas (Gamma, Lognormal e Weibull) como base de comparação com a distribuição Normal para as variáveis originais usadas na definição do LER, verificou pelo teste de ajustamento χ^2 depois de ajustar estas distribuições para o resíduo destas variáveis (isto é, depois de remover os efeitos de blocos e tratamentos) que a distribuição Gamma se ajusta melhor aos dados do que as outras. Entretanto, ele concluiu que devido a falta de boas tabelas e melhor base teórica, o seu uso não é recomendável.

OYEJOLA & MEAD (1982) e OYEJOLA (1983) comparou seis métodos de padronização para examinar aos pressuposições da Análise da Variância. Os seis métodos alternativos para a escolha da produção da cultura solteira foram definidos como:

a) L_1 - média de todos tratamentos para todos os blocos;
b) L_2 - média de cada tratamento para todos os blocos;
c) L_3 - média do melhor tratamento para todos os blocos;
d) L_4 - média de todos os tratamentos em cada bloco;
e) L_5 - média de cada tratamento em cada bloco;
f) L_6 - média do melhor tratamento em cada bloco.

Depois de definir os critérios de normalidade do resíduo, precisão de comparação provenientes da análise da variância e vícios relativos das médias, usados para a formação do LER na análise da variância, OYEJOLA & MEAD (1982) examinaram estes critérios para oito conjunto de dados experimentais e observaram a ineficiência de haver deferentes padronização para cada bloco. Em geral, o uso de divisores para os diferentes métodos de padronização (L_2, L_4, L_5 e L_6) trouxeram preocupações em relação a validade da pressuposição em relação a distribuição Normal para a análise da variância. Eles também concluíram que, os métodos de padronização os quais usam o mesmo divisor para todos os blocos (L_1 e L_3) apresentaram pequena vantagem em termos de normalidade e precisão. Como esta vantagem é muita pequena, eles advertem que a mesma pode mudar se diferentes conjuntos de dados forem usados.

OYEJOLA (1983) testou a validade do uso dos valores de LER, usando os mesmos seis métodos de padronização definidos acima, na análise da variância examinando as estimativas dos parâmetros do modelo linear para o LER teórico, simulado e dados experimentais. Ele usou cinco critérios de julgamento para os efeitos dos diferentes métodos de padronização no LER:

i) normalidade do resíduo. O resíduo dos valores do LER são calculados depois de ajustar os efeitos de blocos e tratamentos e os coeficientes de assimetria e curtose foram usados como medida da não normalidade;
ii) precisão da comparação provenientes da análise da variância. Os erros padrões da diferença de tratamentos foram padronizados pela média geral para obter o coeficiente de variação. Esta padronização se torna necessária desde que os divisores usados para calcular o LER são de diferentes magnitudes;
iii) percentagem do erro quando diferentes métodos de padronização são usados:

$$\text{percentagem do erro} = (\mu_v - K) / K$$

onde μ_v é a média das razões e K é a razão da média do numerador e divisor. Foi usado somente para o estudo de simulação, visto que a média teórica da razão (consórcio sobre cultura solteira), não é conhecida para os dados experimentais;

iv) homogeneidade da variância foi examinada para os diferentes métodos de padronização. Se as variâncias dos tratamentos usados para obter a produção no consórcio são constantes, é possível que as estimativas das variâncias para os diferentes tratamentos variem. O Teste Estatístico de Bartlett para testar a igualdade das variâncias para diferentes tratamentos foi usado;
v) os efeitos principais são aditivos. A não aditividade no modelo aleatório de blocos ao acaso usado foi examinado pelo uso do Teste Estatístico de Tukey para não aditividade.

Sua recomendação recai sobre a média de cada tratamento para todos os blocos (L_2) como a melhor escolha para a produção da cultura solteira na formação do LER. Esta recomendação é baseada principalmente nos resultados obtidos para os critérios i, iv e v. Os critérios ii e iii apresentaram o coeficiente de variação e a percentagem do erro com valores muito altos. Em resumo, métodos de padronização o qual usam deferentes divisores para cada bloco (L_4, L_5 e L_6) na formação do LER, resultam em valores irreais quanto a pressuposição da normalidade do resíduo na análise da variância.

Algumas razões agronômicas foram usadas na escolha do método de padronização. Suponha que um experimento seja conduzido com o objetivo de predizer a vantagem do consórcio quando comparado com cultura solteira. Para o cálculo do LER, é desejável usar a média da produção de todas as culturas solteiras (L_1) obtidas em diferentes situações. Entretanto, para experimentos cujo objetivo é obter a melhor combinação de população de plantas e espaçamento, o LER deve ser calculado usando o melhor tratamento da cultura solteira (L_3). O método L_2 de padronização é usado em ocasiões onde o experimentador esta interessado em determinar a eficiência biológica da combinação. Nesta situação, um tratamento particular da cultura solteira deve ser usado para comparação.

OYEJOLA (1983) também examinou um sistema de transformação o qual deve ser aplicado para os valores de LER calculados usando a padronização L_2, quando as pressuposições de variância e não aditividade dos efeitos principais na estrutura do delineamento em blocos ao acaso não são satisfeitas. Ele definiu λ como o poder do LER (isto é LER^{λ}) variando de -2,0 até -0,05 e de 0,05 até 2,0 para os dados simulados e de -2,0 até -0,01 e 0,01 até 2,0 para os dados experimentais. Tendo examinado estes λ valores, ele concluiu que para $\lambda = 0,5$, a transformação raiz quadrada é a melhor transformação possível a ser aplicada aos valores do LER, principalmente em relação a heterogeneidade de variâncias e não aditividade dos efeitos principais.

Finalmente, nossa revisão sobre vantagens e desvantagens do LER termina com um resumo sobre o LER Combinado. RILEY (1984) propôs o índice ***LER Combinado*** para sistemas de plantio o qual usam dois consórcios para diferentes proporções da produção. Se o primeiro consórcio é plantado na proporção K da área, resultando em produções padronizadas L_{11} e L_{12}, e o segundo consórcio é plantado na proporção (1 - K) de área, dando L_{21} e L_{22} produção padronizada, o LER Combinado é definido como segue:

$$\text{LER Combinado} = \{L_{12} L_{21} - L_{11} L_{22}\} / \{(L_{21} - L_{11}) + P' (LER_1 - LER_2)\}$$

onde $LER_1 = L_{12} + L_{12}$ e $LER_2 = L_{21} + L_{22}$.

$$P' = \{ K L_{11} + (1 - K) L_{21} \} / \{ K LER_1 + (1 - K) LER_2 \}$$

é a produção da primeira cultura como proporção da produção total colhida. O LER, LER Efetivo e LER Básico são índices definidos para sistemas o qual combinam áreas consorciadas e solteiras. O LER Combinado, embora definido para dois consórcios, pode ser estendidos para diferentes sistemas consorciados.

Alguns outros índices de competição estão disponíveis na literatura e um resumo destes índices é dado a seguir.

Coeficiente Relativo Populacional (C), introduzido por DE WIT (1960) e detalhado em HALL (1974), o qual foi usado como medida da competição entre culturas.

Sejam

$$C_1 = \{ Y_1 / (S_1 - Y_1) \} \{ (1 - P_1) / P_1 \}$$

e

$$C_2 = \{ Y_2 / (S_2 - Y_2) \} \{ (1 - P_2) / P_2 \}$$

os coeficientes populacionais para culturas um e dois respectivamente, onde P_1 e P_2 são as respectivas proporções de área plantada com consórcio.

Se C_1 é igual a 1, a produção do consórcio é igual a produção esperada, se C_1 é maior ou menor do que 1, a produção é maior ou menor do que a produção esperada. A cultura dominante é aquela com o maior coeficiente. Para obter uma medida da vantagem ($C > 1$) ou desvantagem ($C < 1$) da produção, o produto $C = C_1 C_2$ foi definido. Se $C = 1$, C_1 ou C_2 é maior do que 1, resultando que esta cultura é mais competitiva do que a outra. Se C é diferente de 1, o coeficiente

populacional somente indica uma subjetiva competição entre as culturas. Ele não dá uma medida quantitativa da habilidade competitiva.

O LER e o Coeficiente Relativo Populacional são usados como medida de vantagem ou desvantagem da produção. O Coeficiente de Agressividade e a Razão de Competição definidas abaixo, são usados em relação a dominância de uma cultura sobre a outra. Eles são normalmente usados para estudos de séries de reposição em vês de situações gerais de consorciação.

O *Coeficiente de Agressividade* (G) foi introduzido por McGILCHRIST (1965) e definido como:

$$G_1 = (Y_1 / S_1 P_1) - (Y_2 / S_2 P_2) = L_1 / P_1 - L_2 / P_2$$

para cultura 1, e $G_2 = - G_1$ para cultura 2, onde L_1 e L_2 são os LER individuais para cultura 1 e 2 e P_1 e P_2 suas respectivas proporções de área plantada com consórcio. Para culturas com a mesma habilidade de competição, G_1 é igual a zero. Cultura 1 é dominante se G_1 é maior do que zero. Dominância da cultura 1 se $G_1 > 0$ é mais um resultado matemático do que uma definição biológica.

Para demonstrar a desvantagem deste método, foi usado o resultado apresentado por WILLEY & RAO (1980). Seja $P_1 = P_2 = 0,5$ e os valores individuais do LER definidos como 0,6 : 0,4 e 0,8 : 0,6 ($L_1 : L_2$). Para ambas as situações $G_1 = 0,4$, e se torna muito difícil argumentar que a cultura 1 tem uma habilidade competitiva constante em relação a cultura 2 para as duas situações.

O *Coeficiente da Razão de Competição* (CR) sugerido por WILLEY & RAO (1980) é usado para avaliar a competição entre duas culturas baseado na razão da variação em vez da diferença entre elas. Ele foi proposto principalmente para corrigir a ineficiência do coeficiente de agressividade como uma medida da habilidade de competição entre culturas. Este índice é corrigido pela proporção na qual as culturas são inicialmente plantadas e dá o número de vezes que uma cultura é mais competitiva do que a outra. Ele é escrito como:

$$CR = (Y_1 / S_1 P_1) / (Y_2 / S_2 P_2) = (L_1 / P_1) / (L_2 / P_2) .$$

Usando o mesmo exemplo definido acima, CR = 1,5 e CR = 1,33 indicando que a cultura 1 é 1,5 e 1,33 vezes mais competitiva do que a cultura 2, respectivamente.

Todos os índices apresentados tem seus méritos, dependendo das questões a serem respondidas. WILLEY (1979) apresentou os resultados de uma série de experimentos de consórcio de sorgo e milho e comparou as vantagens e desvantagens dos coeficientes Relativo Populacional, Agressividade e LER. Este experimento consistia de 4 genótipos de milho e 4 de sorgo disposto em blocos ao acaso e conduzido no Instituto Internacional de Pesquisa Agrícola para os Trópicos Semi-áridos (ICRISAT), localizado na Índia em 1977. Ele mostrou que os 3 índices foram capazes de detectar o genótipo dominante e o dominado. O coeficiente de Agressividade não mostrou a vantagem de produção, enquanto que o LER e o coeficiente Populacional mostraram. Somente o LER foi capaz de assessar quantitativamente a vantagem em termos de produção do consórcio em relação a cultura solteira.

3.2 - Análise Bivariada

Desde que estamos trabalhando com consórcio onde duas ou mais culturas estão crescendo juntas, provavelmente elas não são independentes. O uso de índices para reduzir um problema essencialmente multivariado em um univariado, sempre reduz a informação que os dados originais contém. Assim, é importante que a análise escolhida examine a relação entre duas ou mais variáveis medidas das duas culturas.

Esta relação entre as produções das duas culturas é representada pela correlação, que pode ser positiva ou negativa. Correlação negativa aparece quando uma cultura apresenta uma performance melhor para um determinado tratamento em uma parcela do que a outra. Este é o efeito da competição entre as culturas, a qual é normalmente esperado quando as duas culturas estão plantadas na mesma parcela.

Alternativamente, correlação positiva aparece, não considerando a blocagem, quando as culturas tem a mesma resposta ao tratamento aplicado em parcelas aparentemente idênticas, resultando em uma considerável variação entre parcelas dentro de cada bloco. Correlação zero não significa independência entre as culturas ao nível de variação aleatória, embora o caso contrário seja verdadeiro.

Usando análise univariada de variância, sem considerar a relação entre culturas, pode levar a erros padrões altos para as médias dos tratamentos e as comparações de tratamentos podem não mostrar as verdadeiras diferenças entre eles. A análise bivariada de variância examina as variações das duas culturas ao mesmo tempo e pode ser usada como um procedimento padrão para interpretação

destes tipos de dados. A técnica bivariada foi proposta por STEEL (1955), quando ele aplicou este método estatístico para a produção total da parcela de 25 variedades de alfafa plantadas em um experimento de blocos ao acaso com 4 repetições em 1949 e 1950. Ele definiu a estatística:

$$L = (E_{11} E_{22} - E_{21} E_{12}) / \{(E_{11} + T_{11})(E_{22} + T_{22}) - (E_{21} + T_{21})(E_{12} + T_{12})\}$$

como um critério para testar a hipótese de nulidade que o efeito de variedade é zero para a produção de alfafa para os dois anos. E_{ij} e T_{ij} ($i = 1,2$ e $j = 1,2$) são a soma de quadrado e produto para o resíduo e tratamento, respectivamente.

Duas variáveis canônicas (combinação linear e não correlacionada das produções especificadas acima) foram calculadas de L para estudar a estrutura da relação entre produção. Como duas variáveis canônicas foram requeridas, ele usou uma análise bivariada canônica de variância com o objetivo de achar a variedade que foi boa nos dois anos. Depois de examinar os resultados obtidos para a média dos tratamentos de alfafa, ele sugeriu que essas médias não eram tão importantes como a significância da diferença dos tratamentos.

FINNEY (1956) contestou as conclusões obtidas por STEEL e afirmou " Falta de um resultado significativo em um particular experimento é usualmente um comentário da técnica experimental do que uma adição sobre o conhecimento das variedades". Seguindo as idéias de STEEL, PEARCE & GILLIVER (1978) introduziu a análise bivariada de variância para a produção de duas culturas. Uma revisão geral, com aplicações, desta técnica pode ser vista em DEAR & MEAD (1983) e CARVALHO (1988).

Análise Bivariada de Variância tem a mesma estrutura que a tradicional análise de variância e covariância. Enquanto na análise de covariância um variável menos importante é usada para aumentar a precisão da variável principal, na análise bivariada ambas as variáveis são tratadas com a mesma precisão. Análise Bivariada consiste na análise de variação da produção para culturas 1 e 2, subdivididas em componentes para blocos, tratamentos e resíduo, e uma análise de covariância para o produto das duas culturas. A significância para blocos, tratamento e resíduo na análise de variância pode ser medida usando a estatística F bivariada como sugerida por RAO (1952) e PEARCE (1983).

Na análise bivariada onde testes de significância são usados, intervalos de confiança e erros padrões construídos baseados no quadrado médio do erro, as mesmas 3 pressuposições da análise univariada são requeridas:

i) tratamento e efeitos ambientais são aditivos - a diferença de tratamentos deve ser a mesma sobre os blocos;

ii) erros experimentais são normalmente distribuídos - pressuposição que se aplica particularmente para teste de significância. Se a distribuição é não simétrica, o componente do erro de um tratamento tende a ser função da média do tratamento;

iii) erros experimentais tem variância comum - O componente do erro que contribui para todas as diferenças de tratamentos devem ser todos estimativas de uma variância comum populacional

Em adição, o coeficiente de correlação entre a produção das duas culturas deve ser a mesma para todos os tratamentos. Esta última pressuposição é difícil de ser verificada, desde que para demonstrar que o coeficiente de correlação é o mesmo para todos os tratamentos, nós temos que estimá-lo para cada um. Um teste razoável só pode ser conduzido somente se um grande experimento com 10 ou mais repetições estiver disponível (sem blocagem). A dificuldade em assessar estatísticamente a última pressuposição associada com a não familiaridade dos métodos bivariados, resultam na maior objeção para o uso desta técnica.

3.3 - Interpretação Gráfica

Desde que diferenças significativas foram estabelecidas, é necessário determinar a fonte dessa diferenças através da representação gráfica das médias de tratamento. Examinação gráfica dos dados tem sido sugerido por estatísticos como uma poderosa técnica e é considerado como um pré-requisito essencial para a análise de dados.

FISHER (1946) sumarizou a necessidade de representação gráfica com a seguinte afirmação: " O exame preliminar de muitos conjuntos de dados é facilitado pelo uso de diagramas. Diagramas não provam nada, mas trazem diretamente aos olhos os aspectos importantes dos dados; eles não são substitutos para testes críticos que podem ser aplicados aos dados, mas são valiosos em sugerir estes testes e explicar as conclusões tiradas deles."

Quando um problema univariado é apresentado, não temos grande dificuldade em apresentar graficamente as médias de tratamento, os eixos normais são usados e a melhor média de tratamento é aquele com a maior ou menor valor. Mas, quando duas variáveis estão envolvidas, como por exemplo, produção de feijão e de milho, alguns problemas de escala aparecem devido as diferentes covariâncias e o coeficiente de correlação entre produções.

Se um diagrama bidimensional é usado para representar as médias de tratamento, com um variável em cada eixo, as conclusões podem ser mal interpretadas; as produções teriam uma tendência em mostrar uma correlação positiva ou negativa. Assim, seria necessário para representar as médias de tratamento, preocupar-se com a correlação. Isto pode ser feito com a construção de eixos não perpendiculares.

PEARCE & GILLIVER (1978, 1979) introduziram a maneira de construir eixos não perpendiculares. Através do uso de uma transformação bivariada aplicada para as produções, novas variáveis foram encontradas de tal forma que elas tem variância residual unitária e covariância residual zero, isto é, com a correlação removida da interpretação visual.

Detalhadas informações sobre a construção de eixos não perpendiculares com um nível residual pode ser encontrada em DEAR & MEAD (1983) e CARVALHO (1988). Para a construção dos eixos não perpendiculares quando temos dois níveis de variação residual como em parcelas subdivididas, informações podem ser obtidas em CARVALHO (1988) e CARVALHO e MEAD (1990).

4 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, J.R.P.de **Bivariate analysis in intercropping with two levels of error variation**. Reading, University of Reading, 1988. Tese. Ph.D.

CARVALHO, J.R.P. de & MEAD, R. Representação gráfica de dados de experimentos de consorciação com dois níveis de variação do erro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 25(10):1407-1414, 1990

CHETTY, C.K.R. & REDDY, M.N. Analysis of intercrop experiments in dryland agriculture. **Expl. agric.**, 20:31-40, 1984.

DEAR, K.B.G & MEAD, R. **The use of bivariate analysis techniques for the presentation, analysis and interpretation of data.** Statistics in Intercropping. Department of Applied Statistics, Reading University, Reading, 1983.(Technical Report, 1)

de WIT, C.T. On competition. **Versl. landbouwk. onderzoek.**, 66(8):1-82, 1960.

de WIT, C.T. & VAN DEN BERGH, J.P. Competition among herbage plants. **Neth. j. agric. sci.**, 13:212-221, 1965.

FINNEY, D.J. Multivariate analysis and agricultural experiments. **Biometrics**, 12:67-71, 1956.

FISHER, R.A. **Statistical methods for research workers**. Oliver amd Boyd, Edinburgh, 20th edition, 1946.

FISHER, N.M. Studies in mixed cropping III. Further results with maize-bean mixtures. **Expl.agric.** 15:49-58, 1979.

FRANCIS, C.A. & SANDERS, J.H. Economic analysis of bean and maize systems: monoculture versus associated cropping. **Field crops research**, 1:319-335, 1978.

HALL, R.L. Analysis of the nature of interference between plants of different species. 1-Concepts and extension of the De Wit analysis to examine effects. **Aust. j. agric. res.**, 25:739-747, 1974.

McGILCHRIST, C.A. Analysis of competition experiments. **Biometrics**, 21:975-985, 1965.

MEAD, R. & STERN, R.D. Statistical considerations in experiments to investigate intercropping. **In proc. int. workshop on intercropping**, ICRISAT, Hyderabad, India, 1979.

MEAD, R. & WILLEY, R.W. The concept of a Land Equivalent Ratio and advantagens in yields from intercropping. **Expl. agric.**, 16:217-228, 1980.

MEAD, R. & RILEY, J. A review of statistical ideas relevant to intercropping research. **J. r. statist. soc. A** 144:462-509, 1981.

OYEJOLA, B.A. & MEAD, R. Statistical assessment of different ways of calculating land equivalent ratio (LER). **Expl. agric.** ,18:125-138, 1982.

OYEJOLA, B.A. **Some statistical considerations in the use of the land equivalent ratio to assess yield advantages in intercropping.** Reading, University of Reading, 1983, Tese, Ph.D.

PEARCE, S.C. & GILLIVER, B. The statistical analysis of data from intercropping experiments. **J. agric. sci.** , Cambridge, 91:625-632, 1978.

PEARCE, S.C. & GILLIVER, B. Graphical assessment of intercropping methods. **J. agric. sci.**, Cambridge, 93:51-58, 1979.

PEARCE, S.C. **The agricultural field experiment. A statistical examination of theory and practice.** John Wiley & Sons Ltd. Chichester, 1983.

PINCHINAT, A.M., SORIA, J. & BAZAN, R. Multiple cropping in tropical america. In Multiple cropping, **Amer. soc. agron. spec. publ.** 27:51-61, 1976.

RAO, C.R. **Advanced statistical methods in biometric research.** John Wiley & Sons Inc, New York, 1952.

RAO, M.R. & WILLEY, R.W. Evaluation of yield stability in intercropping: studies on sorghum/pigeonpea. **Expl. agric.**, 16:105-112, 1980.

REDDY, M.N. & CHETTY, C.K.R. Staple land equivalent ratio for assessing yield advantage from intercropping. **Expl. agric.**, 20:171-177, 1984.

RILEY, J. Examination of the staple and effective land equivalent ratios. **Expl. agric.**, 21:369-376, 1985.

STEEL, R.G.D. An analysis of perennial crop data. **Biometrics**, 11:201-212, 1955.

WIJESINHA, A., FEDERER, T., CARVALHO, J.R.P. & PORTES, T.A. Some statistical analyses for a maize and beans intercropping experiment. **Crop Science**, 22:660-666, 1982.

WILLEY, R.W. & OSIRU, D.S.O. Studies on mixtures of maize and beans (Phaseolus vulgaris) with particular reference to plant population. **J. agric. sci.**, Cambridge, 79:519-529, 1972.

WILLEY, R.W. Intercropping - its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. **Field crop abs.**, 32:1-10, 1979.

WILLEY, R.W. & RAO, M.R. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. **Expl. agric.**, 16:117-125, 1980.

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO E GARANTIA DA QUALIDADE DE PRODUTOS E SERVIÇOS

Emilson França de Queiroz - DPD/EMBRAPA
Flávio Popinigis - DOD/EMBRAPA
Odon Pessoa Santana - DPD/EMBRAPA
Adhemar Brandini - DPD/EMBRAPA

1. INTRODUÇÃO

A implantação da Gestão Pela Qualidade Total (GQT) numa instituição exige a execução de dois ramos de atividades e esforços. De um lado, ocorre a aplicação dos conhecimentos das Ciências Humanas, com o objetivo de conhecer as expectativas dos clientes e de conquistar a adesão dos funcionários da empresa aos princípios, métodos e procedimentos da GQT ou TQC (Total Quality Control), o que constitui o lado humano do programa de qualidade. De outro lado, é necessário que as expectativas e necessidades dos clientes sejam traduzidas em especificações técnicas que controlem a execução do serviço ou a fabricação do produto, abrangendo processos técnicos da empresa e constituindo o ramo tecnológico da GQT. A administração dos processos que operam dentro do grande processo que é a própria empresa, somente pode ser realizada objetivamente através de um rigoroso controle dos mesmos. Este controle, na rotina diária de uma empresa, para ser objetivo, deve ser baseado em dados numéricos que são continuamente analisados através da utilização e aplicação dos conhecimentos da Estatística, constituindo o Controle Estatístico de Processo. Assim, o principal objetivo deste trabalho é apresentar o Controle Estatístico de Processo como ferramenta indispensável para a conquista do estágio mais elevado de garantia da qualidade de produtos e serviços.

2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Inicialmente, serão apresentados alguns conceitos e definições de qualidade vigentes na literatura e nos ambientes nos quais o tratamento conceitual do assunto é relevante e cuja abordagem, neste trabalho, é considerada indispensável .

2.1 - Qualidade

A "International Organization for Standartization" (ISO), através da Norma ISO 8402, que é seu o vocabulário oficial de termos relacionados com a qualidade, define a qualidade como a totalidade das propriedades e características de um produto ou serviço que lhe confere a aptidão para

satisfazer às necessidades implícitas ou explícitas dos clientes. A Norma Brasileira NB - 8541, define a qualidade como o grau de adequação de um item ou serviço à finalidade a que se destina. A ASQC (American Society For Quality Control) define a qualidade como a totalidade dos requisitos e características de um produto que estabelecem a sua capacidade de satisfazer a determinadas necessidades .

Para JURAN (1992) "qualidade é a adequabilidade para o uso". FEIGENBAUM (1983) define a qualidade mais detalhadamente, como um conjunto de propriedades resultantes de condições de projeto, fabricação e uso, condições essas determinantes do grau de satisfação que o material proporciona ao seu usuário durante o período de emprego.

A Primeira Ministra Britânica, Margaret Tatcher, em sua campanha em prol das teses neo-liberais, apresenta uma definição bastante comercial quando define qualidade como "Qualidade são clientes que voltam e produtos que não voltam". Uma definição de CROSBY (1984), porém com as características da Engenharia, entende que "Qualidade é o atendimento às especificações".

Apesar da diversidade das definições acima apresentadas, existem dois traços que estão explícita ou implicitamente presentes na maioria delas e que são o atendimento às especificações as quais, por sua vez, são oriundas da vontade do cliente e definem o processo de fabricação ou de realização do serviço.

Para que se tenha um controle efetivo sobre o atendimento às especificações e sobre os custos, é praticado, durante o processo, o controle estatístico de processo. JURAN (1992) define o controle estatístico de processo como a adoção de técnicas estatísticas para medir e avaliar a variação dos processos. Finalmente, o controle estatístico da qualidade é definido por JURAN (1992) como a aplicação de técnicas estatísticas para medir e aprimorar a qualidade dos processos incluindo instrumentos de diagnóstico, planos de amostragem e outras técnicas estatísticas.

Os conceitos acima apresentados indicam que a Estatística ocupa uma posição central em qualquer esforço de melhoria e controle de qualidade de produtos e serviços, pois a mesma atua diretamente no controle dos processos, que são a essência da vida da empresa.

2.2 - Dimensões da Qualidade

CAMPOS (1992), em seu estudo sobre o controle da qualidade total, apresenta a Qualidade Total como todas aquelas dimensões que afetam a satisfação das necessidades das pessoas e, por conseguinte, a sobrevivência das empresas. Estas dimensões têm os significados abaixo apresentados.

2.2.1 - Qualidade Intrínseca

Esta dimensão está diretamente ligada à satisfação dos clientes, sejam eles internos ou externos. A medida desta dimensão da qualidade é feita através das características dos produtos ou serviços finais ou intermediários da empresa.

A qualidade do produto ou serviço apresenta, por sua vez, as seguintes dimensões :

a) Qualidade do produto, ou seja, a ausência de defeitos e a presença das características que irão agradar ao consumidor satisfazendo às suas necessidades e expectativas.

b) Qualidade da rotina da empresa, que inclui o controle, previsibilidade e confiabilidade em todas as operações e processos.

c) Podem ainda ser citadas várias outras dimensões como, por exemplo, a qualidade do recrutamento e do treinamento de pessoal, qualidade das informações internas e externas da empresa, da administração, do planejamento e do próprio sistema da qualidade da empresa.

2.2.2 - Custo

O custo deve ser visto não só como o custo final do produto ou serviço, mas também os custos intermediários. O preço deve refletir a qualidade e representa o que pode ser razoavelmente cobrado pelo valor agregado ao produto ou serviço.

2.2.3 - Atendimento

No atendimento, estão, muito caracteristicamente, incluídas não só as exigências de caráter técnico e lógico do cliente, mas, principalmente, as exigências de caráter psicológico. Uma empresa que venda excelentes produtos, mas que tenha funcionários ou uma administração que produzam um mau atendimento, certamente terá muito menor competitividade em relação a uma outra que, além de oferecer produtos de excelente qualidade, oferece também um excelente atendimento.

Sob a dimensão do atendimento estão incluídos não só o instante das negociações para a venda, mas também todos os outros contatos até a entrega do produto na data, local e quantidade combinada com o cliente e sem defeitos ou danos provocados pelo transporte.

Para a medida da qualidade do atendimento são levantados, por exemplo, índices de atraso na entrega, erros de local e quantidade, devolução de produtos por terem sido danificados no transporte. O entendimento e a utilidade destes índices somente se tornam efetivos com o uso do controle estatístico de processo.

2.2.4 - Moral

Esta dimensão tem o objetivo de avaliar o nível médio de satisfação das pessoas que trabalham na empresa, ou seja, dos funcionários. Obviamente que esta é a dimensão mais difícil de ser traduzida em números, por envolver aspectos puramente psicológicos. Entretanto, mesmo neste caso, a satisfação dos funcionários pode ser traduzida em números. Medindo, por exemplo, os índices de pontualidade, assiduidade, reclamações trabalhistas e produtividade dos funcionários, obtem-se indicadores bastante seguros do nível de satisfação dos funcionários da empresa.

2.2.5 - Segurança

Nesta dimensão estão englobadas a segurança dos empregados, durante a execução de todos os processos da empresa e também a segurança dos produtos e serviços da empresa para os usuários.

Para que todas estas dimensões e processos sejam controlados, é imprescindível o uso dos conhecimentos, recursos, procedimentos e métodos da Estatística no controle da qualidade.

Diante de qualquer resultado que esteja fora do valor desejado, executa-se a identificação das causas de desvio e orienta-se a atenção para que as mesmas sejam eliminadas.

2.3 - Gestão pela qualidade total

A Gestão pela Qualidade Total é uma forma de gestão de uma organização, centrada na qualidade, baseada na participação de todos os seus membros, visando o sucesso a longo prazo, através da satisfação dos clientes e beneficiários (ISO - 8402).

2.4 - Processo .

O processo é entendido como qualquer combinação específica de máquinas, materiais, ferramentas, tecnologias e pessoas empregadas para gerar um produto ou serviço.

2.5 - Controle de Processo

O controle de processo ocupa uma posição central no controle da qualidade e é constituído pelas três ações fundamentais a seguir apresentadas.

2.5.1 - Estabelecimento de padrões

A primeira ação é o estabelecimento da diretriz de controle, intimamente ligada ao planejamento da qualidade. A diretriz é estabelecida sobre os fins e meios de um processo e consta de :

a) Meta - é o nível de controle, ou seja, a faixa de valores na qual se deseja que o item de controle se situe.

b) Métodos - são os procedimentos (meios) necessários para se atingir a meta.

Esta fase é chamada estabelecimento de padrões.

2.5.2 - Manutenção de padrões

Estabelecido o nível de controle e iniciada a produção, é necessário mantê-lo, pois, se todos os padrões estabelecidos na etapa anterior forem mantidos, se atingirá o nível de qualidade padrão em todas as suas dimensões: qualidade intrínseca, custo, atendimento, moral e segurança. Portanto, sempre que ocorrerem desvios do padrão estabelecido, adota-se o seguinte procedimento:

a) atuar no resultado para recolocar o processo, imediatamente, em seu nível normal de operação, ou seja, dentro do nível de controle estabelecido;

b) atuar na causa do desvio ou problema para evitar e prevenir o seu reaparecimento. Esta fase é chamada de manutenção de padrões.

2.5.3 - Melhoria de padrões

Em terceiro lugar, é executada a atualização da diretriz de controle, que corresponde a uma melhoria, com o objetivo de se aproximar cada vez mais das exigências dos clientes, das mudanças nas expectativas dos mesmos ou do aparecimento de novos materiais ou tecnologias

2.6 - Controle da Qualidade

O controle da qualidade tem o objetivo de eliminar as causas fundamentais dos problemas que ocorrem ao longo dos processos. Ele se inicia por uma análise de processo que, por sua vez, tem o objetivo de identificar as causas fundamentais dos problemas. Identificada a causa fundamental do problema, determina-se um novo procedimento que garanta que a sua causa seja eliminada. Quando este procedimento é estendido a todos os casos similares, está sendo conduzida uma padronização. A padronização elimina ou aprisiona a causa fundamental do problema e impede a sua ulterior ocorrência ou manifestação. A fase posterior ao estabelecimento de padrões, é a operação de seus itens de controle. Com efeito, esta fase tem objetivo de, através dos itens de controle, monitorar as causas fundamentais dos problemas e gerar a certeza de que as mesmas foram eliminadas ou estão inertes.

O controle da qualidade, centrado no controle de processos, consta , naturalmente, das mesmas três fases acima citadas :

a) Estabelecimento de padrões : é o planejamento da qualidade para o atendimento às especificações, as quais, por sua vez, traduzem as expectativas do cliente.

b) Manutenção de padrões : é a atividade que visa impedir que os padrões de qualidade dos processos se deteriorem e que resulta na eliminação dos desvios ocasionais ou crônicos e das causas fundamentais dos problemas.

c) Melhoria de padrões : esta fase é a aplicação do princípio da melhoria contínua e consta da permanente melhoria dos padrões, no sentido de atender às novas exigências dos clientes e incorporar novas conquistas tecnológicas que melhorem os processos e que sejam úteis e facilitem o atendimento às exigências dos clientes, mantendo a competitividade e a sobrevivência da empresa.

Na Figura (01) , adaptada de CAMPOS (1992), estão apresentadas auto-explicativamente, os objetivos do controle de qualidade, na rotina de uma empresa. Vale ressaltar, entretanto, o papel indispensável da Estatística no mesmo. Com efeito, nas duas partes da figura é claro o objetivo de monitoramento e redução da variabilidade do processo. Ou seja, a confiabilidade do processo e, conseqüentemente, a qualidade do produto, são inversamente proporcionais à variabilidade apresentada pelos itens de controle do processo.

2.7 - Controle da Qualidade Total

O controle da qualidade total é um modelo gerencial centrado no controle de processo e que tem como meta a satisfação das necessidades dos clientes internos e externos de cada processo em execução na empresa, ou seja, é o exercício do controle sobre todas as dimensões da qualidade.

2.8 - Garantia da Qualidade

Garantia da Qualidade é uma função da empresa que tem o objetivo de confirmar se todas as atividades da qualidade estão sendo conduzidas de forma a se obter o completo atendimento das expectativas dos clientes de forma superior ao que está sendo feito pelo concorrente (CAMPOS, 1992).

A garantia da qualidade é um estágio avançado de uma empresa que praticou o controle da qualidade em cada projeto e em cada processo e, além disso, conseguiu manter um sistema confiável de produção ou prestação de serviço, de forma a satisfazer totalmente às necessidades e expectativas de seus clientes (CAMPOS, 1992).

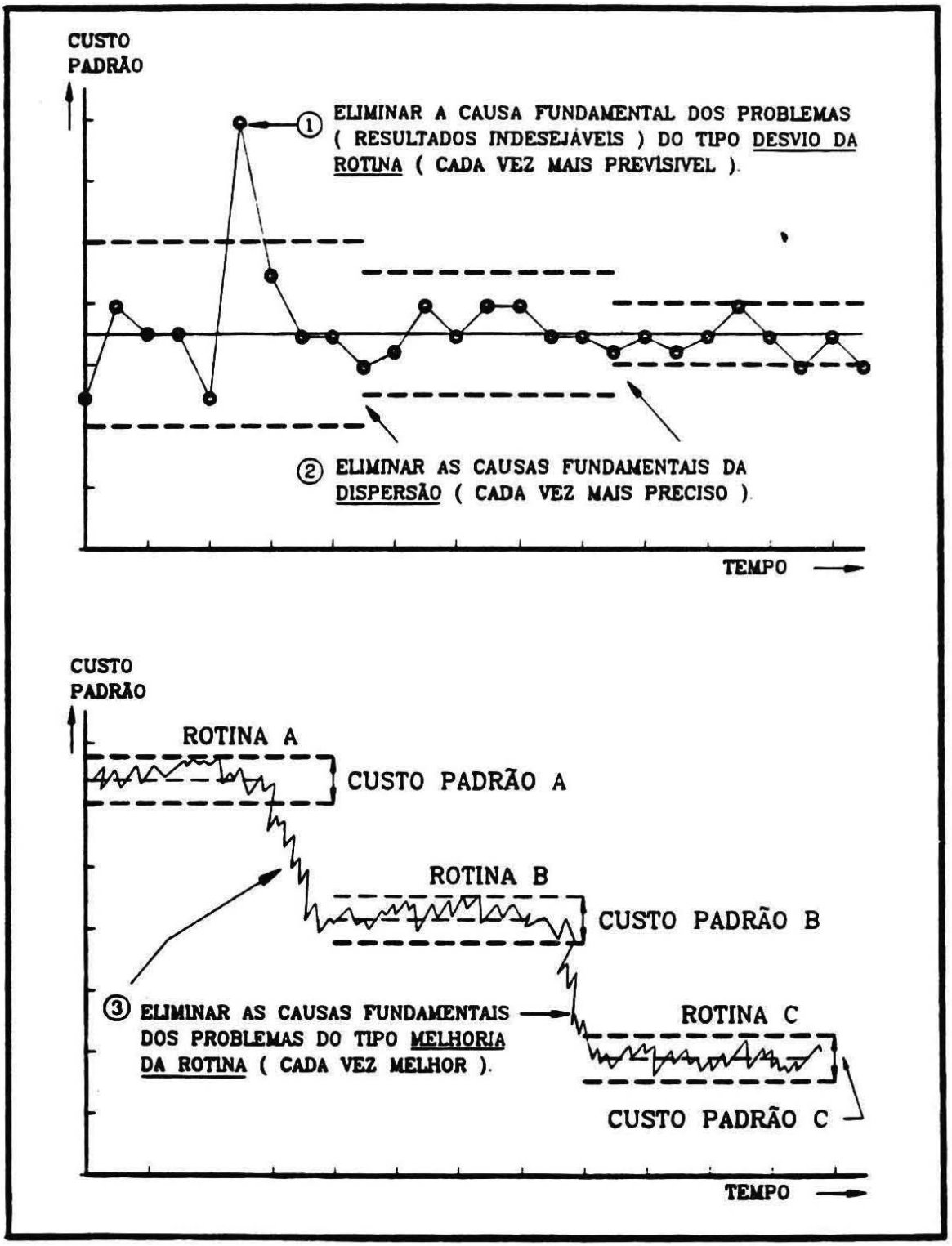


Figura (01) - Objetivos do Controle da Qualidade na rotina. (Adaptado de CAMPOS, 1992).

3. EVOLUÇÃO DA GARANTIA DA QUALIDADE

A garantia da qualidade passou por diversas etapas no decorrer do tempo:

a) garantia da qualidade orientada pela inspeção ;

b) garantia da qualidade orientada pelo controle de processos;

c) garantia da qualidade com ênfase no desenvolvimento de novos produtos.

3.1 - Inspeção

Neste modelo, a inspeção é realizada sobre o produto acabado, por um departamento de inspeção que possui grande autoridade conferida e que é independente da produção. Este modelo apresenta como inconveniente a dificuldade de ser aplicado, por amostragem estatística, quando as empresas buscam índices de defeito ao nível de ppm (partes por milhão), por exemplo. Nos casos de montagens complexas, nas quais a qualidade somente será conhecida com o uso, a qualidade não pode ser garantida somente pela inspeção.

Uma outra dificuldade da garantia da qualidade baseada na inspeção é que, sendo o departamento de inspeção separado da produção, há um grande atraso no fornecimento e na análise de informações sobre a qualidade. Desse modo, quando a inspeção acontece, o processo de fabricação já atingiu o seu estágio final, resultando em retrabalho ou perda parcial ou total de componentes ou de equipamento.

3.2 - Controle de processo

Assim, o controle da qualidade se deslocou para o processo, viabilizando que:

a) as correções sejam realizadas antes que se atinja o estágio final de fabricação do produto ou de prestação do serviço;

b) o controle, deixando de ser feito por um departamento separado da produção, passe a envolver cada um dos executores do processo, tornando cada um dos mesmos responsável pela qualidade. Neste caso há grande redução de custos os quais aumentam rapidamente quanto mais tarde, no processo, é detectado o desvio e adotada a ação corretiva.

Para que, de fato, se possa gerenciar cada processo, é necessário medir seus efeitos. Os itens de controle de um processo são índices mensuráveis, estabelecidos sobre os efeitos de cada processo, para medir a sua qualidade. Portanto, cada processo é gerenciado através de seus itens de controle, que medem as dimensões da qualidade anteriormente apresentadas e que aqui repetimos : qualidade intrínseca, custo, atendimento, moral e segurança. Por outro lado, os itens de verificação do processo são os índices numéricos estabelecidos sobre as principais causas que afetam determinado item de controle.

Em resumo, os itens de verificação atuam sobre as causas dos problemas e os itens de controle atuam sobre os efeitos. Os itens de controle são instrumentos para vigiar as causas fundamentais dos problemas e confirmar que as mesmas não voltarão a se manifestar, ou foram eliminadas.

3.3 - Desenvolvimento de novos produtos

Entretanto, pode haver processos perfeitos fabricando produtos sem defeitos, mas cujas especificações não atendam às necessidades dos consumidores. Ou seja, alguns problemas de qualidade podem ter origem no projeto, no desenvolvimento do produto ou na especificação da vontade do cliente. Assim, no estágio atual, a ênfase do controle de qualidade se deslocou para a qualidade de projeto e do desenvolvimento de novos produtos. Em resumo, o controle de qualidade deve ser estendido a todo o ciclo produtivo, desde o estabelecimento da demanda, passando pelo processo de fabricação e atingindo a venda e a assistência técnica no uso do produto.

No conceito da garantia da qualidade com ênfase no desenvolvimento de novos produtos, a qualidade terá que ser conquistada em cada projeto, em cada processo e por cada pessoa envolvida na fabricação do produto ou na prestação do serviço.

Um ponto importante a ser lembrado é que as necessidades dos clientes mudam com o tempo, fazendo com que a identificação da demanda e a elaboração de novos projetos, para a obtenção de novos produtos, seja uma atividade contínua.

Como conseqüência, a empresa deverá estar continuamente atenta a conhecer a demanda e a tecnologia disponível o que, em outros termos, será a voz do cliente e a voz do processo, respectivamente.

A voz do cliente comunica à organização as exigências, expectativas e necessidades de seus clientes. A voz do processo é um produto final real, resultante das ações do projeto e deve traduzir a voz do cliente em especificações técnicas . Assim, o desenvolvimento de novos produtos deve estar continuamente orientado pela voz do cliente e pela voz do processo (GOEDERT et al., 1994).

4. O CICLO DE DEMING

O controle de processo, conforme conceituado em CAMPOS (1992), é exercido através do ciclo do PDCA de controle de processos ou ciclo de Deming.

A Figura (02) mostra o Ciclo do PDCA, que é composto das quatro fases básicas do controle : planejar, executar , verificar e atuar corretivamente. A sigla PDCA é composta das iniciais destas palavras em inglês : Plan (P), Do (D), Check (C) e Action (A).

4.1 - Planejar

O planejamento (P) consiste em :

a) estabelecer metas sobre os itens de controle;

b) estabelecer o método , o caminho ou o procedimento para se atingir as metas propostas.

Esta é a fase do estabelecimento da diretriz de controle.

4.2 - Executar

A execução (D) abrange a execução das atividades conforme previsto no plano, incluindo a coleta de dados para verificar e controlar os processos. Nesta etapa, é essencial o treinamento para o trabalho que vai ser executado.

4.3 - Controlar

O controle (C) é realizado a partir dos dados coletados na execução e permite a comparação do resultado alcançado com a meta planejada.

4.4 - Corrigir

A ação corretiva (A) é a etapa na qual são tomadas ações para corrigir os desvios do executado em relação ao planejado. Estas ações atingirão plenamente ao seu objetivo quando eliminarem as causas fundamentais dos problemas de modo que os mesmos não voltem a ocorrer.

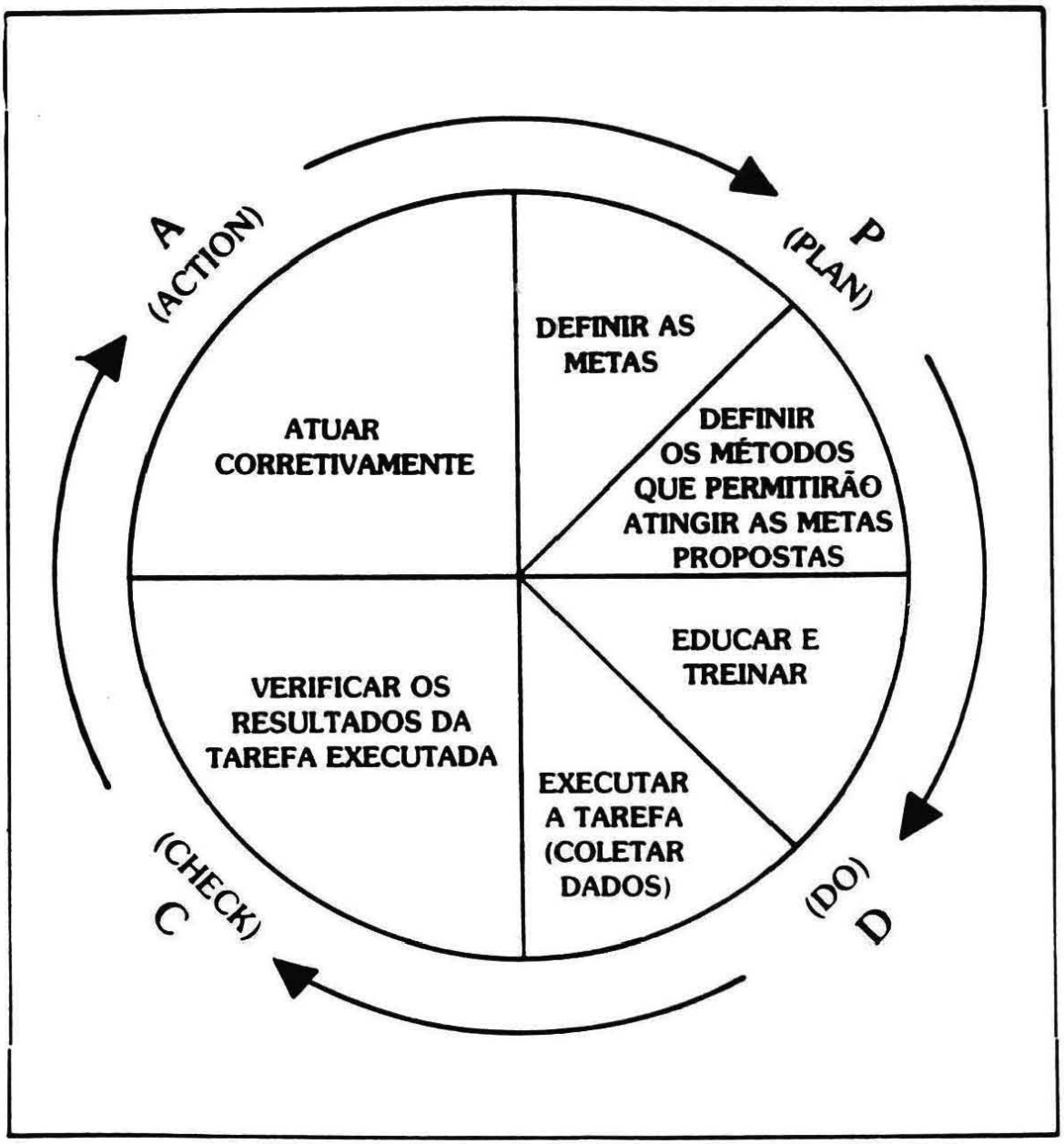


Figura (02) - Ciclo PDCA de controle de processos. (Adaptado de CAMPOS, 1992)

5. CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

JURAN (1992) definiu o controle estatístico de processo como a adoção de técnicas estatísticas para medir e avaliar a variação dos processos.

Os fundamentos do controle estatístico de processo foram lançados nos anos 20. SHEWHART, citado por JURAN (1992), concluiu que a variação existente nos processos é composta por uma componente inerente ao processo e que somente pode ser eliminada com mudanças básicas no mesmo. A outra componente é oriunda de causas estranhas ao processo, que podem ser identificadas e eliminadas por um programa de diagnóstico.

A variação de qualquer característica da qualidade pode ser quantificada através de amostragem do resultado do processo e através da estimativa dos parâmetros de uma distribuição estatística apropriada. As mudanças na distribuição podem ser monitoradas por gráficos nos quais os parâmetros são variáveis dependentes e o tempo é a variavel independente. Operacionalmente são construídos gráficos de controle, através dos quais o operador monitora a qualidade do processo.

Os gráficos de variáveis são, geralmente, baseados em amostras de 4 a 10 indivíduos. Os gráficos de atributos têm amostras variando de 50 até centenas de indivíduos.

Os limites de controle são estabelecidos para a média mais ou menos 3 desvios padrão.A faixa entre os limites de controle refere-se à variação devida ao processo. Os pontos de fora dos limites de controle indicam a existência de uma ou mais causas determináveis de variação. A Figura (03), mostra um exemplo de gráfico de controle para média e amplitude. A ocorrência de muitos pontos fora dos limites de controle indica a existência de causas extrínsecas ao processo. Por outro lado, um processo com pontos dentro dos limites está sob controle estatístico.

Quando se introduz uma melhoria no processo, através da utilização do Ciclo do PDCA ou de DEMING, são calculados novos limites, mais rigorosos, sempre considerando as repercussões econômicas, reduzindo cada vez mais a variação do processo e, conseqüentemente, aumentando o nível de qualidade dos produtos.

O trabalho de SHEWHART (1931), que é o livro Economic Control of Quality of Manufatured Products, condensa os seus trabalhos sobre o controle estatístico da qualidade

Estes métodos passaram a ser usados em grande escala na década de 40 como resultado dos esforços de produção durante o período de guerra, tendo produzido grandes aumentos de qualidade e produtividade onde foram aplicados.

No fim dos anos 50, houve um esforço para simplificar os procedimentos e ampliar a aplicação dos métodos de SHEWHART que resultou no aparecimento do pré-controle. O pré-controle é um algoritmo simples que dá ao operador um controle direto sobre o processo.

A faixa de tolerância é dividida em três zonas, ou seja, uma zona alvo circundada por duas zonas de atenção. Na prática, o operador mede um par de itens periodicamente. Se ambos caem na zona de atenção, ou fora da zona de tolerância, o operador ajusta o processo imediatamente. Caso contrário o processo permanece inalterado.

Este esforço para saber se a distribuição está nos limites de tolerância ou deslocou-se fornece um alerta que permite ao operador proceder ao ajuste do processo antes que ocorra uma discrepância em relação ao que deve ser produzido. Portanto, o pré-controle não exige cálculos de médias ou outras estatísticas descritivas da distribuição, facilitando o trabalho do operador e antecipando as ações corretivas a serem tomadas diante das discrepâncias do processo.

O trabalho de SHEWHART já tornou-se convencional e clássico para muitos profissionais que, atualmente, se dedicam ao controle de qualidade. Entretanto, os conceitos de aperfeiçoar o processo, a partir da análise de sua variação e da execução de um programa vigoroso para eliminar esta fonte de variação, continua a ser o ponto central para os métodos de controle estatístico da qualidade.

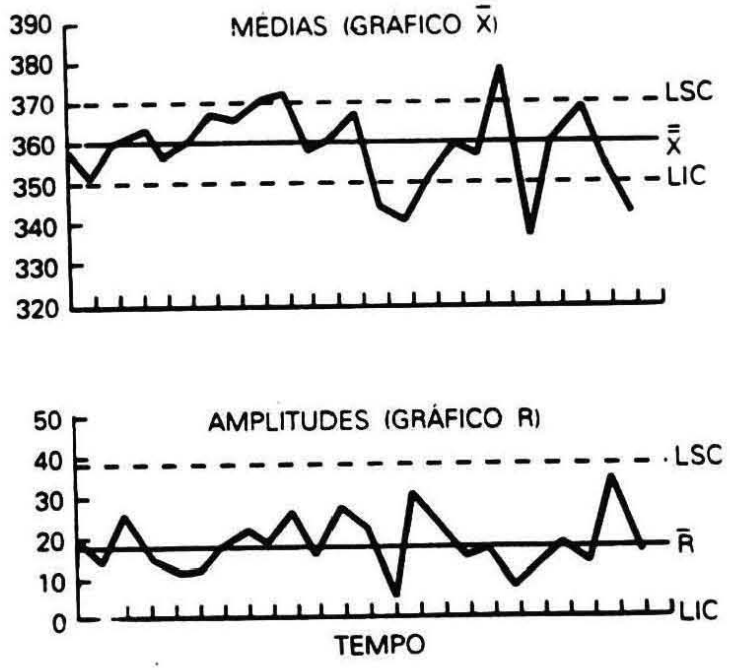


Figura (03) - Gráfico de controle para largura de linha-processo de impressao de proximidade foto-resistente. (Adaptado de JURAN, 1992).

5.1 - Gráficos de controle

Os gráficos de controle são usados, comumente, para :

a) atingir um estado de controle estatístico do processo que permite saber, por exemplo, se todas as médias e amplitudes dos subgrupos estão dentro dos limites de controle estabelecidos ;

b) monitorar o processo;

c) determinar a aptidão do processo.

5.2 - Tipos de gráficos de controle

Os gráficos de controle podem envolver variáveis com medidas em escala contínua (comprimento, peso, resistência) ou gráficos de atributos que representam características discretas dos objetos sob controle. Na conjuntura atual, em muitas industrias, o nível de competitividade por qualidade tornou-se tão alto que os gráficos de atributos são muito pouco usados.

5.2.1 - Controle da média e da amplitude

Este gráfico é útil para processos nos quais predomina o uso de máquinas. É calculada a média X e a amplitude R de cada amostra e, posteriormente, calculada a média de todas as amostras, a amplitude média. Os limites de controle são calculados para 3 (três) vezes o desvio padrão usando :

Linha central para X :

$$LC = X'$$

Limite superior de controle para X :

$$LSC = X' + A2\,R$$

Limite inferior de controle para X :

$$LIC = X' - A2\,R$$

Linha central para R :

$$LC = R$$

Limite superior para R:

$$LSC = D4\,R$$

Limite inferior para R:

$$LIC = D3\,R$$

Os valores de A e D dependem do tamanho da amostra, n, e são fornecidos em tabela específica para cálculo das linhas do gráfico de controle. Finalmente, é construído o gráfico com base nos valores calculados para X' e R' e são plotados os valores operacionais observados de X e R. A Figura (04) mostra um exemplo de gráfico de controle de médias e amplitudes.

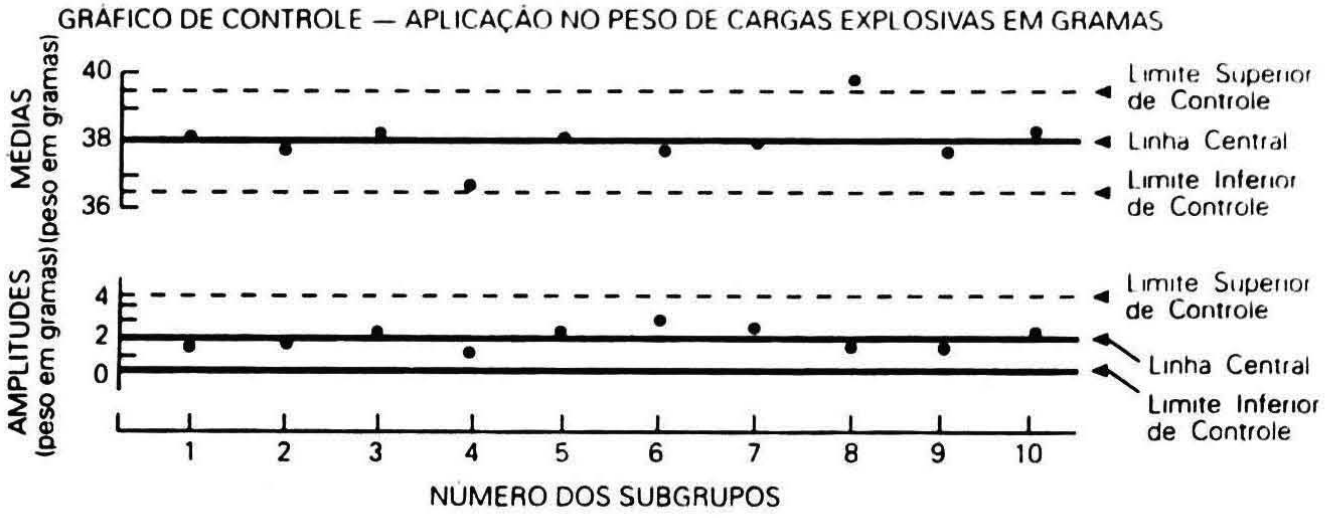


Figura (04) - Exemplo de gráfico de controle de X e R (Adaptado de JURAN, 1992).

A ocorrência de valores de X fora dos limites de controle evidencia uma mudança que afetará todas as peças que serão fabricadas depois de que a primeira amostra apresentou um valor fora do limite. Por outro lado, a ocorrência de valores de R fora dos limites de controle indica que a uniformidade do processo mudou. NELSON (1984 e 1985) oferece oito testes para detectar padrões anômalos de gráficos de controle, usando limites de controle iguais a três vezes o desvio padrão (Figura 05)

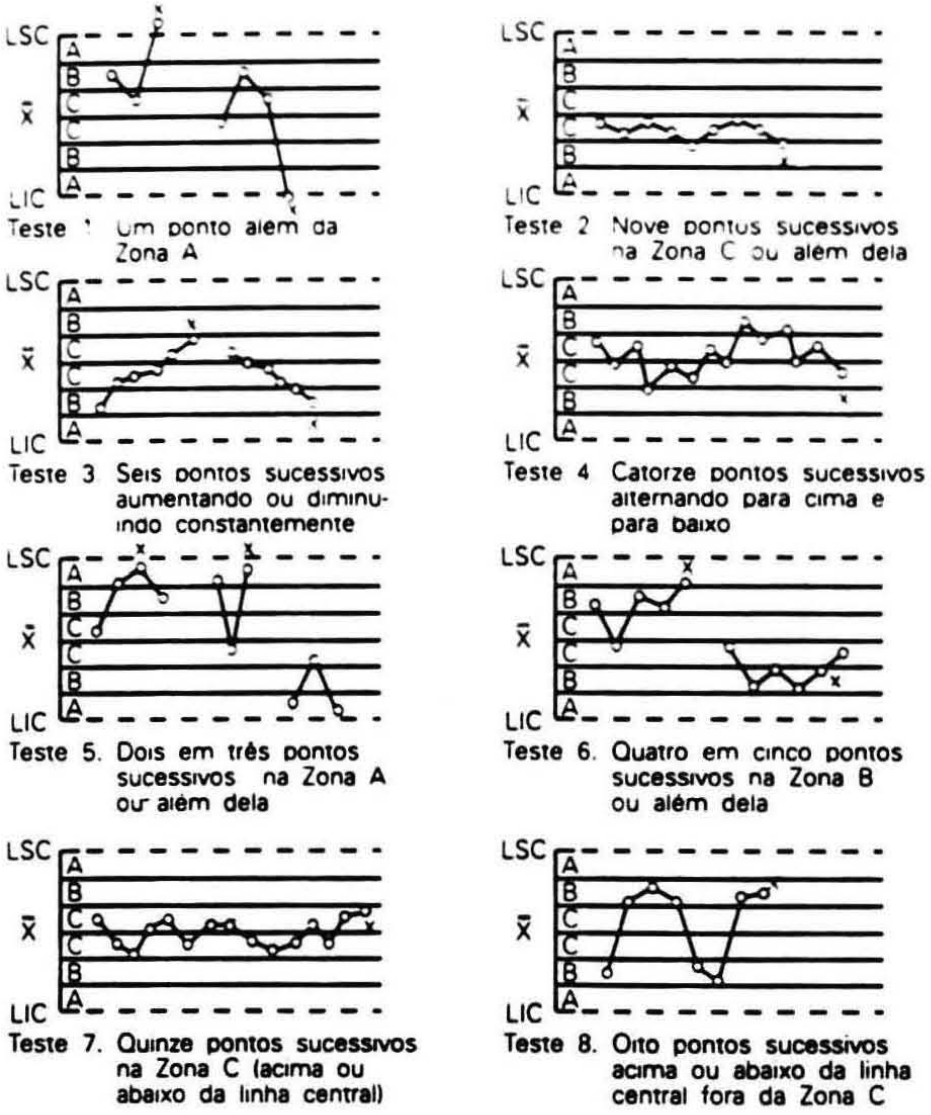


Figura (05) - Ilustrações de teste para causas especiais aplicadas a gráficos de controle X (Adaptado de NELSON, 1984).

5.2.2 - Gráficos de controle da soma acumulada

Um registro da soma acumulada dos desvios das médias das amostras, a partir de um valor de referência, é particularmente útil na detecção de mudanças abruptas na média.

Cada ponto do gráfico contém informações de todas as observações anteriores e incluindo a medida em questão. Os gráficos de controle da soma acumulada, como os outros gráficos de controle discutidos anteriormente, são interpretados pela comparação dos valores registrados com os limites críticos. Um exemplo de gráfico de soma acumulada é apresentado na Figura (06), a qual exibe uma máscara em forma de V que é colocada sobre o gráfico, com a sua origem sobre o último ponto registrado. Os pontos cobertos pela máscara são uma indicação de que o processo sofreu uma mudança. A Figura (06) mostra o gráfico de controle da soma acumulada com a máscara localizada na amostra 17. A máscara foi deslocada da esquerda para a direita com o ponto zero da mesma colocado sobre cada ponto do gráfico. Para os primeiros 16 pontos, a máscara não cobriu quaisquer dos pontos. Isto indica que não houve mudança no nível do processo. No ponto 17, a máscara detectou uma mudança e indicou que ela começou, aproximadamente, no momento que a amostra 10 foi tomada. Na verdade ela começou na amostra 11 .

A Figura (06) também mostra o gráfico da média. O gráfico da média não detectou a mudança no ponto 11 , onde o problema realmente começou, mas somente no ponto 17, pela ocorrência de cinco pontos sucessivos fora da zona B (limite) ou além dela.

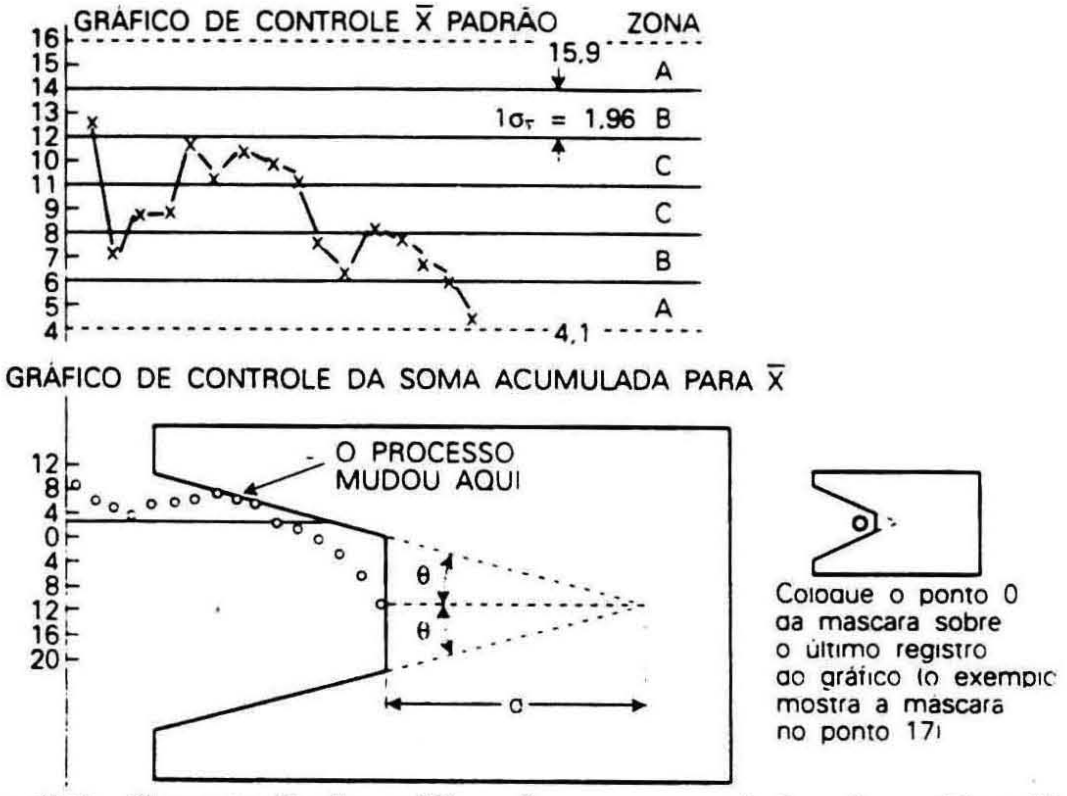


Figura (06) - Comparação dos gráficos de soma acumulada e dos gráficos X e R (Adaptado de JURAN, 1992).

5.3 - Confiabilidade

O termo confiabilidade é usado para expressar o grau de confiança no qual um item ou sistema funcionará com sucesso, num determinado ambiente e por um período específico de tempo. É tambem usado para indicar a probabilidade de operação livre de falha, por um período de tempo maior ou igual a um tempo (t) especificado.

A confiabilidade pode ser prevista com base na distribuição exponencial :

$$Ps = R = e^{-t/u} = e^{-ty}$$

onde:

Ps = R = probabilidade de operação livre de falhas por um período de tempo igual ou maior que t;

e = base do logarítmo neperiano = 2,718

t = período especificado para operação livre de falhas;

u = tempo médio entre falhas

y = taxa de falhas (recíproco de u)

O exemplo a seguir ilustra a aplicação desta equação. A experiência anterior mostra que o tempo médio entre falhas de um determinado radar é de 240 horas. Supondo-se que esta taxa de falhas seja constante, qual a probabilidade de se operar o radar por 24 horas sem a ocorrência de falha ?

$$R = e^{-t/u}$$

$$R = e^{-24/240} = e^{-0,1} = 0,90$$

Portanto, haverá uma chance de 90 % de ocorrer 24 horas ou mais de operação do radar livre de falhas.

5.4 - Previsão da confiabilidade

Quando não se pode aceitar a suposição de que a taxa de falhas é constante, pode-se utilizar a distribuição de WEIBULL para prever a confiabilidade. Num primeiro estágio utiliza-se a distribuição de WEIBULL, gráfica ou analíticamente, para prever a confiabilidade para o período específico e para cada componente. Num segundo estágio, pode-se combinar as confiabilidades dos componentes, usando a regra do produto (Ps = P1. P2 . P3. .... Pn) para se obter a previsão da confiabilidade do sistema (Ps).

LUSSER (1958) propôs o uso de margens de segurança em especificações para produtos críticos como, por exemplo, mísseis teleguiados. LUSSER (1958) sugeriu margens de segurança para resistência e tensão . Especificamente o limite de confiabilidade (tensão máxima) deveria ser definido como seis desvios-padrão de tensão, acima da tensão média. A resistência média seria, pelo menos, cinco desvios-padrão da resistência, acima do limite de confiabilidade. Estes valores mínimos da margem de segurança foram sugeridos para produtos que exigem confiabilidade extremamente alta . Este exemplo está ilustrado na Figura (07).

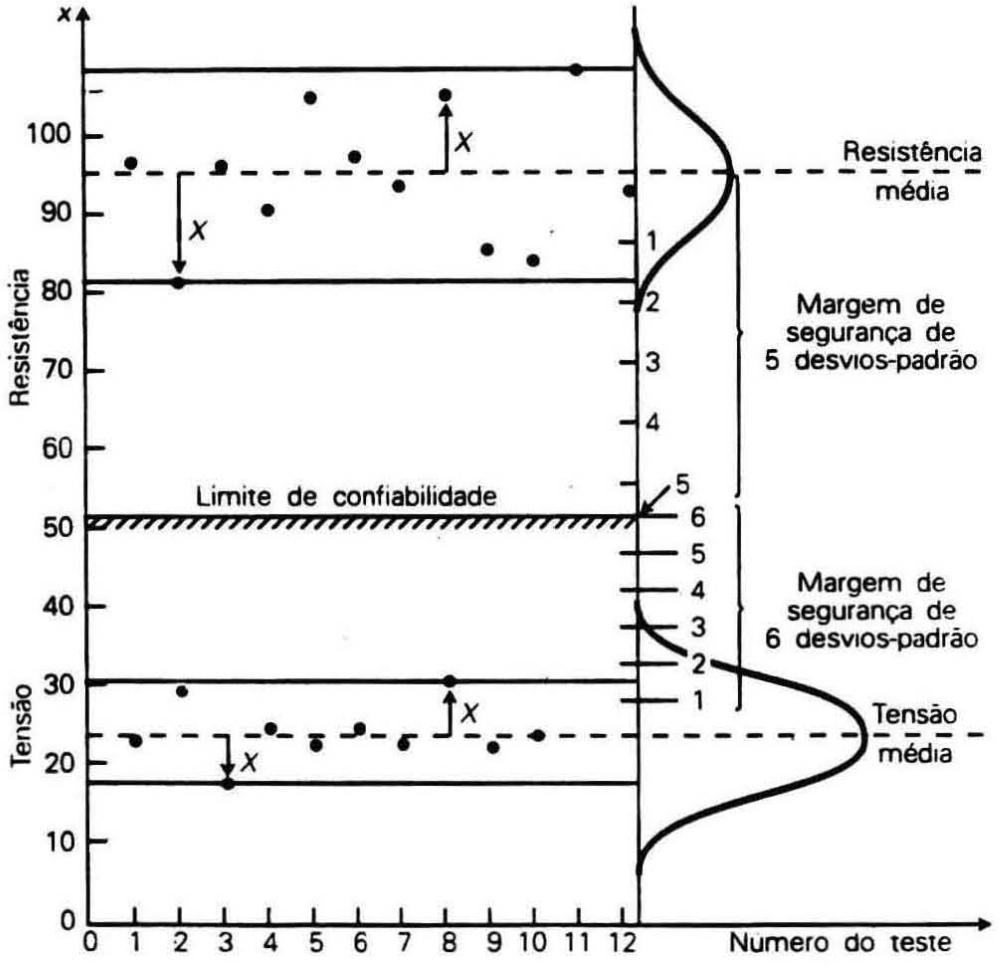


Figura (07) - Ilustrando como faixas dispersas de tensões e resistências devem ser separados por um limite de confiabilidade. (Adaptado de JURAN, 1992).

5.5 - Agrupamento e discriminação

Um problema típico no qual a análise multivariada é usada no controle de qualidade, ocorre em situações nas quais várias espécies de mau funcionamento, dentro de uma unidade de produção, fazem com que o produto fique fora dos limites especificados. O agrupamento pode ajudar a se identificar as causas através dos fatores comuns aos agrupamentos. Ou seja, a análise multivariada permite se formular a seguinte pergunta " O que os casos de cada tipo de mau funcionamento têm em comun?" . A resposta a esta pergunta e os passos subseqüentes levam à identificação da causa ou causas do problema.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. O Controle Estatístico de Processo, sendo uma eficiente ferramenta de controle da qualidade sobre os produtos e serviços gerados pela empresa, contribui, decisivamente para aumentar a sua eficiência e competitividade ;

2. Para alcançar e manter níveis de excelência, a empresa necessita gerenciar seus processos, estabelecer sistemas de medida que produzam indicadores numéricos da qualidade dos processos e, posteriormente, implementar o controle e a melhoria continua desses processos com a aplicação do controle estatístico de processo.

3. Recomenda-se que os conhecimentos do Controle Estatístico de Processo, sejam divulgados e aplicados na EMBRAPA, a nível das Unidades Centrais e Descentralizadas, onde for adequado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, V. F. (1992) TQC : Controle de qualidade no estilo japonês. 2. ed. Belo Horizonte MG.: Fundação Christiano Ottoni,Escola de Engenharia da UFMG, Rio de Janeiro. Bloch Ed., 1992 . 220p.

CROSBY, P. B. (1984) Qualidade É Investimento. José Olímpio Editora, Rio de Janeiro.

FEIGENBAUM, A. V. (1983) Total Quality Control. McGraw-Hill Book Company, New York.

GRYNA, F. M. Garantia da Qualidade. In : JURAN, J. M., GRYNA, F. M. Controle da Qualidade : Componentes Básicos da Função Qualidade. 4. ed. São Paulo: Ed. McGraw Hill Makron, 1991. V.II. Cap. 9.

GOEDERT, W.J., PAEZ, M.L.A. E CASTRO, A.M.G. 1994. Gestão em Ciência e Tecnologia: Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. Brasília - DF. 392p.

HUTCHINS, G. ISO 9000 : Um Guia Completo para o Registro, as Diretrizes da Auditoria e a Certificação Bem Sucedida. Makron Books do Brasil Editora Ltda. São Paulo - SP. 280

LUSSER, R. (1958). Reliability through Safety Margins. United States Army Ordnance Missile Command, Redstone Arsenal, Al.

NELSON, L. S. (1984). The Shewhart Control Chart-tests for Special Causes. Journal of Quality Technology, Vol. 16, nº 4, outubro, p. 237 - 239.

SHEWHART, W. A. (1931) Economic Control of Quality of Manufactured Product. Divan Nortrand, Nova York

PRODUCTIVITY CHANGE AND TECHNOLOGY TRANSFER IN THE BRAZILIAN GRAIN SECTOR

Robert Evenson - Yale University/USA
Antonio Flavio Dias Avila - SEA/EMBRAPA

I. INTRODUCTION

The grain sector in Brazil is served by two public research agencies, each charged with developing improved crop varieties, improved crop protection techniques, and improved management activities. At the state level, state-funded research center have established experiment stations with a mandate to serve the state's grain producers. At the federal level the Brazilian Corporation for Agricultural Research (EMBRAPA), funded by the federal government, has established national program experiment stations for each major grain commodity. In addition, regional centers established by EMBRAPA, undertake research on grains. The EMBRAPA research units were established in the late 1970s. Most of the state research units are older, but they too have been strengthened in the 1970s and 1980s.

This paper has three objectives. The first is to determine whether these research programs have had an impact on the productivity of grain producers. The second is to estimate the interstate transfer of research outcomes from the state research programs. The third is to estimate the complementarily between EMBRAPA and state programs in producing productivity enhancing technology.

In a companion study based on agricultural census data for 1970, 1975, 1980 and 1985, (Avila et al., 1994) estimates of sources of total factor productivity growth, including EMBRAPA and state research programs, were obtained[1]. This study, based on state production data for the 1978-82 period, complements the census study. We do not have sufficient data to compute total factor productivity measures. To overcome these data limitations we develope a yield-acreage empirical specification. This enables us to estimate research impacts on productivity for each of the five major grains produced in Brazil (soybeans, maize, beans, rice and wheat) and to do so for more recent periods than afforded by census data.

The 1978-1992 period in Brazil has been a period of general macroeconomic mismanagement. It is of particular policy interest to

determine whether the major investments in agricultural research in Brazil in the 1970 (and 1980s) have actually paid off during this period of mismanagement. The "transfer" estimates are also of policy interest, not only for research system design improvements in Brazil, but given the increased importante of international market integration in the Southern Cone countries of Latin America, for international competition as well.

Part II of this paper describe of the methodology required for estimation of the productivity impacts and the transfer-coefficients. Part III sumarizes the data. Estimates of the model are reported in Part IV. The final section discusses the economic policy implications of the estimates.

2. METHODS

The analysis of economic impact in cases where complete data for inputs matched to outputs is no available presents special methodological problems. In addition, the specification of the timing and spatial or transfer dimension of technology requires a specific methodology[2].

2.1. Impact Measurement with Incomplete Input Data

The standard procedures for impact measurement are:

a) Meta-production function analysis
b) Total Factor Productivity (TFP) decomposition analysis
c) Meta-product supply - factor (input) demand systems

The meta-production function (a) and TFP decomposition (b) methods require matching output-input data. That is, for each observation, data on the inputs producing the outputs are required. This is usually achieved by aggregating several outputs into a single aggregate measure so that inputs (not available for specific outputs, but available for all outputs) match outputs. In the meta-production funcion method, meta variables (research, extension, schooling, infraestructure, policy) are included in a production funcion specification. In the TFP decomposition method, a TFP index (output/input) is regressed on meta variables[3].

These methods are not available to us in this study because we wish to analyze specific commodities (i.e., we do not wish to aggregate) and we do not have commodity specific input data (other than land). The meta product supply-factor demand system method is used when several outputs and serveral non-matching inputs can be onserved. This method, based on the maximized profits function, consists of a system of output supply functions

(for each output) and factor demand equations (for each factor) each including the meta variables. The method does not take advantage of the fact that land data matching outputs are available. Nor does it consider dynamic adjustment costs.

For this study we adopt a modified version of the commodity supply - factor demand model. We characterize the ultimate production outcome as occuring in three stages:

a) Desired (i.e., with costless adjustment) acreage allocation decisions are made by farmers prior its planting time.

b) Actual acreage allocations taking dynamic adjustment costs into account are realized.

c) Actual yields per acre are realized as expected yields modified by weather (which does not affect acreage decisions).

Acreage decisions affect yields for several reasons. First, desired acreage is itself determined by expected yields and these reflect expected technology availability. Second, changes in acreage from year to year imply that the inherent average "quality" of the land base for each crop will change. Typically we expect that because of selectivity for comparative advantage each crop is planted on land best suited to its natural requirements. An expansion of land area then would result in a decline in average land quality. However, it is possible that a crop normally planted on low quality land (where it has a comparative advantage) may experience a rise in average land quality under expansion.

First consider the basic decision on desired acreage. This decision is based on profit maximization. Suppose that we have a farm producing multiple products, Y_1, ...Y_n, using variables inputs X_1, ... X_k, and fixed inputs F, subject to a vector of "meta" variables (research, extension, etc, M). The farm's transformation function is:

(1) $G(Y_1, \ldots Y_n, X_1, \ldots, X_k, F, M) = 0$

Maximized Variable Profits Π, are:

(2) $\Pi^* = P_1Y_1^* + P_2Y_2^* + \ldots P_nY_n^* - R_1X_1^* - R_2X_2^* - \ldots R_kX_k^*$

where $P_1, \ldots P_n$ are farm harvest prices for products and $R_1 \ldots R_k$ are prices for variable inputs. The variables, $Y_1^*, \ldots Y_n^*$ and $X_1^*, \ldots X_n^*$ are the profit maximizing levels of products and inputs.

Note that we can rewrite this profits equation as:

(3) $\Pi' = P_1A_1{*}Y_1{*} + P_2A_2{*}Y_2{*} + \ldots P_nA_n{*}Y_n{*} - R_1(A_1{*}X_{11}{*}+A_2{*}X_{21}{*}+ \ldots A_nX_{n1}) -$

$- R_2(A_1{*}X_{12}{*}+A_2{*}X_{22}{*} + \ldots An^{*}Xn^{*}2) - R_k(A_1{*}X_{1k}{*}+A_2{*}X_{2k}{*}+ \ldots A_n{*}X_{nk}{*})$

where $A_1{*}$, $A_2{*}$ $\ldots A_n{*}$ are the profit maximizing acreage allotments, $Y_1{*}, Y_2{*}$ $\ldots Y_n{*}$ are profit maximizing yields per acre and $X_{11}{*}$, $X_{12}{*}$, etc., are profit maximizing inputs per acre planted to each crop.

The first order conditions for profit maximization indicate that the profit maximizing levels of products $Y_1{*}$, $\ldots Y_n{*}$ and inputs $X_1{*}$, $\ldots$ $X_k{*}$ can be expressed as functions of product prices, P_1, $\ldots P_n$ input prices, R_1, $\ldots R_k$, fixed factors, F, and the meta variables M. Hence (2) can be written as (4)

(4) $\Pi = \Pi\ (P_1, \ldots P_n, R_1, \ldots R_k, F, M)$

Since $A_1{*}$, $\ldots A_n{*}$, $Y_1{*}$, $\ldots Y_n{*}$ and $X_{11}{*}$ $\ldots$ $X_{kn}{*}$ are also functions of these prices

(3) can also be written as (4)

Hotelling's Lemma can be applied to (2) and (4) to obtain product supply and factor demand functions:

(5) $\partial\Pi/\partial P^i = Y_i = Y_i\ (P_1, \ldots P_n, R_1, \ldots R_k, F, M)$

$\partial\Pi/\partial R_j = X_j = X_j\ (P_1, \ldots P_n, R_1, \ldots R_k, F, M)$

Using the formulation in (3) we can also derive the acreage decisions and yields using the same procedure. This yields a set of acreage decisions contigent on expected yields.

(6) $A_1{*} = A_1(P_1, \ldots P_n, R_1, \ldots R_k, F, M)$

$A_2{*} = A_2(P_1, \ldots P_n, R_1, \ldots R_k, F, M)$

•

$A_n{*} = A_n(P_1, \ldots P_n, R_1, \ldots R_k, F, M)$

It also yields a set of expected yields contingent on expected acreage:

(7) $Y_1^* = Y_1(P_1, ...P_n, R_1, ...R_k, F, M, A_1^*)$

$Y_2^* = Y_2(P_1, ...P_n, R_1, ...R_k, F, M, A_2^*)$

•

$Y_n^* = Y_n(P_1, ...P_n, R_1, ...R_k, F, M, A_n^*)$

In addition a set of input per hectare demand equations can be derived.

(8) $X^*_{11} = X_{11}(P_1, ...P_n, R_1, ...R_k, F, M)$

$X^*_{12} = X_{12}(P_1, ...P_n, R_1, ...R_k, F, M)$

•

$X^*_{kn} = X_{kn}(P_1, ...P_n, R_1, ...R_k, F, M)$

As noted above, we do not have data to estimate the input per hectare demand system (8). Fortunately, we do not need to estimate (8) to estimate systems (6) and (7)[4]. The yield equation system (7) can be used to compute meta variable impacts on crop productivity if adequate price data are available.

Systems (7) and (8) are "linked", however, because of heterogeneous land quality distribution on farms. In a given equilibrium, we expect crop acreage to be allocated to land according to the principle of corporative advantage, i.e., land best suited to corn or soybeans will be planted to those crops, etc. Accordingly, when acreage allocation changes it will produce a change in the average quality of land planted to the crop (it may be increased or decreased). This effect on yields is not captured in prices.

To take this into account we estimate the following system:

(9) $A_1^* = A_1(P_1, ...P_n, R_1, ...R_1, F, M_1, ...M_n)$

•

$A_n^* = A_n(P_1, ...P_n, R_1, ...R_1, F, M_1, ...M_n)$

$Y_1^* = Y_1(A_1^*, P_1, Rn, F, M_1, W)$

$Y_2^* = Y_2(A_2^*, P_2, R_1, ...R_k, F, M_2, W)$

•

$Y_n^* = Y_n(A_n^*, ...P_n, R_1, ...R_n, F, M_n, W)$

Thus we treat the acreage decision as being made first. This decision takes all product prices into account. It also takes all product-specific meta variables into account. Acreage decision are not affected by weather (W), but yields are.

Then yields can be modelled as responding to acreage decisions (which reflect all price and meta variable effects as well as land quality effects), and prices and meta variables for that product only. They also respond to weather effect W.

System (9) is the specification for desired acreage. The actual acreage decisiion takes costs of adjustment into account. We specify this in the following cost of adjustment model:

Let desired acreage be determined by (9).

We suppose that from one period to the next the actual change in acreage from period t-1 to period t is a fraction β of the difference between desired acreage in period t and actual acreage in period t-1[5].

$$(10) \qquad A_{it} - A_{it-1} = \beta(A_{it}^{d} - A_{it-1})$$

The actual acreage will then be:

$$(11) \qquad A_{it} = \beta(A_{it}^{d}) + 1-\beta)A_{i,t-1}$$

We utilize this modification to system (9) for the acreage equations.

2.2 Specifying Research Spill-in and Timing

1. Time weights

We require a research variable that is consistent with the service flow of new technology to the units of observation in the study. Consider the yield equations in (9). Because we are including state dummy variables in the specification, (see below), the crop yield effectively becomes a yield index cumulated over the 1979 to 1992 period. Because of this our research variable is also cumulated, because productivity gains created in 1979 are contained in the yields in later years.

There is a time lag between research spending and research impact. We have used the same time weights as used in the census study (Avila, et al. 1994) to construct our research variable. These are:

$$(12) \qquad RS_c = .2R_{t-4} + .4R_{t-5} + .6R_{t-6} + .8R_{t-7} + \text{cumulations from 1970.}$$

2. Spatial transfer weights

For our transfer or spatial spillin specificatins we have utilized the procedure first developed by Evenson and da Cruz (1989). The research variable for state i is defined as:

$$(13) \qquad RS_1 = \sum_{j}^{\alpha} D_{ij} RS_j$$

where D_{ij} is a "technology distance" index between regions i and j, α is a parameter to be estimated, and RS_j is the research conducted in state j. The D_{ij}^{α} weights can be considered "spillin" weights in that they measure the proportion of research in other states that is relevant to state i.

We require a D_{ij} matrix in order to estimate these weights. For this purpose we have utilized a modified version of the original Evenson-da Cruz matrix. Table 1 reports this matrix. The concept underlying the matrix is shown in (15).

$$(15) \qquad D_{ij} = C_{ii}/C_{ij}$$

where C_{ii} is the minimized cost of producing a crop unit in region i using the best technology available to region i. C_{ij} is the minimized cost of producing the crop unit in region i, when producers are constrained to use the technology that is "best" fo region j. (See Evenson and Westphal, 1994 for a fuller development.)

Given the D_{ij} matrix, we can simply iterate on alternative values of α to scale the D_{ij} matrix for each crop into spilling units.

2.3 Complementarity-Substitutability between EMBRAPA and State Research

We have two research programs serving Brazilian grain farmers. Each state has a state research program. EMBRAPA has national research programs for each grain comunity. These national EMBRAPA programs are generally located so as to best serve the farmers. We want to ask whether either or both programs actually have a productivity impact. We also wish to know whether the two programs complement one another (i.e., where an expansion in one program raises the marginal product of the other) or whether they are net substitutes, (i.e., where an expansion in one program lowers the

marginal product of the other). To estimate these effects we include an EMBRAPA research stock variable, a state research stock variable (with spillin weights) and an interaction variable. A positive sign on the interaction variable coefficient indicates complementarity. A negative sign indicates that the programs are net substitutes[6].

Table 1: Base Spill-in Weights: Brazil Agriculture

States	Receiving State						
	Goiás	Mato Grosso do Sul	Minas Gerais	São Paulo	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul
Goiás	1	.8	.7	.6	.4	.4	.4
Mato Grosso Sul	.8	1	.8	.6	.5	.4	.4
Minas Gerais	.7	.8	1	.5	.4	.4	.4
São Paulo	.6	.6	.5	1	.7	.6	.5
Paraná	.4	.5	.4	.7	1	.8	.7
Santa Catarina	.4	.4	.4	.6	.8	1	.8
Rio Grande do Sul	.4	.4	.4	.6	.7	.8	1

3. DATA AND VARIABLES

Table 2 summarizes the yield trends by crop and state for the study. We are studying 5 grain crops: maize, beans, rice, wheat and soybeans. We have observations on area, yield and other variables for seven states as noted. We estimate the area-yield system (9) utilizing these data except for wheat where we estimate the system using data for 5 states. Mean yield levels are also reported in parentheses.

The table reports yield trends estimated as the coefficient b in:

(16) $\ln(\text{yield}) = A + b(\text{year}) + c\,W$

The weather index, W, is created as the weighted deviations from trend for other grain yields in the state. This index is also used in the yield regressions. (See table 3.)

We note from the yield trend estimates that significant positive yield trends are estimated for almost all state-grain cases. The exceptions are for beans in 4 of the seven states. Average yields have risen most rapidly in wheat and rice, bu show substantial increases in other crops including beans.

Table 2: Yield Trends (Levels) 1978-92 by State

State	Minas Gerais	São Paulo	Paraná	Santa Catarina	Rio G. do Sul	Mato G. do Sul	Goiás	(All)
Maize	.0287	.0196	.0194	.0145	.0258	.0527	.0450	.0230
	(1930)	(2481)	(2219)	(2291)	(1797)	(2153)	(2401)	
Beans	.0070	.0345	-.0138	.0024	.0053	.0187	.0401	.0135
	(483)	(715)	(594)	(698)	(610)	(564)	(420)	
Rice	.0284	.0431	.0387	.0485	.0255	.0634	.0371	.0406
	(1418)	1518	(1459)	(3208)	(4254)	(1298)	(1254)	
Wheat	.0708*	.0460	.0436	.0525*	.0613	.0304	.0502*	.0507
	(2076)	(1297)	(1373)	(991)	(1199)	(1050)	(1448)	
Soybean	.0185	.0112	.0068	.0242	.0089	.0272	.0246	.0173
	(1765)	(1873)	(1945)	(1277)	(1385)	(1773)	1754	

* Indicates minor area
Levels are kg per hectare (mean of 1977-91)

Table 3: Variables Definition and Means: Grain Acreage - Yield Model: Brazilian State Data, 1979-19992

	Means by Grain				
	Soybeans	Maize	Beans	Rice	Wheat
I. Endogenous Variables					
AREA: Hectares (000) planted in state	1,210,298	1,281,106	357,276	446,277	675,227
YIELD: kgs per hectare	1,683	2,192	584	2,057	1,230
II. Exogenous Variables					
AREA (L): Lagged hectares (000) planted in state	1,205,142	1,270,846	360,526	458,659	696,233
PRICE/WAGE: Ratio of grain prices to wages of permanent workers (FERT/WAGE mean = 5.08)	.0029	.0017	.0078	.00289	25.17
PRICE/FERT: Ratio of grain prices to the price of nitrogen sulphate per ton	.00058	.00034	.00155	.00061	.00064
RESEARCH (STATE): State Agricultural Research for grain incorporating time and spill-in weights (million 1990 cz)	11,752	8,206	6,848	7,267	11,212
RESEARCH (EMBRAPA): EMBRAPA National Program Research Stock incorporating time weights (million 1980 ca)	62,004	56,077	56,152	59,429	54,208
WHEATER: Wheater index constructed as area weighted deviation from Yield Trend for other grains	.027	.258	-.006	.138	1.011

Table 3 summarizes the important variables used in the systems estimated. A brief description of each variable and means by grain crop are provided. It is worth noting that EMBRAPA research expenditures for all crops are considerably higher than state research stocks.

4. ESTIMATES

4.1 Estimate of Spill-in Weights

Table 4 reports mean square errors (MSE) tests for estimates of the parameters α in the weights, D_{ij}^{α}. We accept the minimum MSE for alternative α weights in the yield equation to be our best estimate of α. (as indicated by asterisks).

Table 4: Mean Square Error Tests for Spill-in Weights

	Spill-in Weights Alternatives					
Commodity	$\alpha = 0$	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	$\alpha = 3$	$\alpha = 4$	$\alpha = 5$
Soybeans	35,489	25,602	15,398*	26,899	28,557	29,910
Maize	88,486	81,760	78,690*	79,311	81,279	82,854
Beans	14,812	14,789*	15,282	15,989	16,654	17,145
Rice	126,160	114,740	113,094	111,020	109,564	108,786*
Wheat	71,263*	71,372	71,532	71,615	71,642	71,646

For soybeans and maize our estimate is that $\alpha = 2$. This means that the spill-in (D_{ij}) weights in Table 1 are squared. Accordingly, two states with low technological distance, e.g., Paraná and Santa Catarina, enjoy a high level of mutual spillin ($.8^2 = .64$). Two states that have high technological distance, e.g., Paraná and Goiás, have very little mutual spillin ($.4^2 = .16$).

For beans we estimate $\alpha = 1$, so the D_{ij} weights in Table 1 directly apply. This is a relatively high degree of spillin.

For rice, on the other hand, we estimate $\alpha = 5$ implying a very low degree of spillin for state research. As a practical matter this means that the irrigated rice research in the state of Rio Grande do Sul (IRGA) does not spill into other states ($.8^5 = .33$) at a high rate. (Note below that we find both EMBRAPA and state research impacts for rice indicating that EMBRAPA serves upland rice and IRGA serves irrigated rice.)

For wheat, we estimate $\alpha = 0$. This means full spillin ($D_{ij} = 1$), but since wheat production if mostly in Rio Grande do Sul, with lower production in neighboring states, this does not actually indicate a high degree of spillin.

Actual spillin depends not only on the parameter α but on whether the research in question has a significant impact of productivity.

4.2 Acreage and Yield Estimates

Table 5 reports three stage least squares parameter estimates of the acreage equations for each of the grain crops[7]. Table 6 reports parameter estimates for the counterpart yield equation. Each set of acreage-yield estimates is estimated using the minimum MSE based estimates for spillin weights. For the acreage equation cross-equation restriction for both the price terms and the state research terms were imposed. The wheat estimates are from a reduced data set for 4 states. Dummy variables for states were included in both acreage and yield equations.

A. The Acreage Estimates

There are three minimum requirements for parameter estimates that should be met if these estimates are to have credibility. They are:

1) Coefficients on the lagged acreage variable ($1-\beta$) should be positive, and between 0 and 1. Actually they should not be too close to one because this indicates very low adjustment coefficients.

2) Own price elasticities of supply (the coefficient on own prices variables) should be positive).

3) Fertilizer price effects should be negative.

Inspection of the estimates will show that these three minimum requirements are met. Estimates of β, the adjustment coefficient range from a relatively low .18 for soybeans to quite reasonable levels of .6 or so for maize, beans and wheat. All own price effects on acreage are positive (though of very marginal significance for rice). Fertilizer price effects are negative.

Table 5: Estimates of Acreage Equations in Supply-Yield Model: Brazilian State Data, 1979-1992

	Dependent Variables: Area Planted				
	Soybeans	Maize	Beans	Rice	Wheat
Variables					
Area (Lagged)	.824 (13.4)	.426 (4.41)	.422 (5.19)	.668 (11.66)	.369 (3.04)
Year ($x10^{-6}$)	-107,698 (1.936)	-70,684 (1.31)	66,141 (2.43)	-11.639 (1.47)	675,035 (1.34)
Price/Wage Ratio (Lagged)					
Soybeans	115.9 (6.70)	-40.9 (2.18)	-10.0 (2.47)	-10.88 (1.08)	44.84 (1.84)
Maize	-40.9 (2.18)	107.9 (1.88)	13.4 (2.75)	48.81 (2.50)	-19.54 (.20)
Rice	-11.2 (1.12)	52.26 (2.71)	-.89 (.28)	15.10 (1.03)	-4.52 (.20)
Wheat	44.8 (1.84)	-19.54 (.52)	-2.17 (.20)	-4.52 (.20)	83.69 (1.63)
Fertilizer	-.025 (1.77)	-.067 (4.39)	-.005 (.81)	-.031 (3.44)	-.008 (1.95)
State Research (Stocks)					
Soybeans	-4.58 (.72)	10.96 (1.35)	-11.73 (2.85)	-10.69 (2.40)	-75.73 (1.40)
Maize	10.96 (1.35)	7.68 (.44)	.58 (.07)	-2.70 (.26)	-6.48 (.03)
Beans	-8.67 (2.65)	-2.73 (.41)	-8.90 (1.53)	10.27 (3.26)	-26.02 (.23)
Rice	-10.66 (2.20)	-15.21 (1.37)	12.79 (2.02)	20.07 (2.65)	109.55 (.48)
Wheat	-17.74 (1.51)	-6.48 (.03)	-26.02 (.23)	109.55 (.48)	-8.98 (.31)
EMBRAPA National Program Stocks					
Soybeans	28.77 (2.11)	.58 (.06)	-7.75 (1.56)	-8.25 (1.18)	-17.63 .31
Maize	.58 (.06)	-.03 (.003)	3.02 (.72)	5.45 (1.00)	58.97 (2.69)
Beans	-.6.99 (1.44)	2.52 (.62)	-4.99 (.90)	7.39 (1.29)	-.92 (.04)
Rice	-.842 (1.21)	(4.79) (.86)	6.81 (1.06)	-3.83 (.34)	64.06 (2.04)
Wheat	-32.02 (2.40)	58.96 (2.69)	-.92 (.05)	64.07 (2.56)	-171.57 (2.05)
System R^2	.9709	.9709	.9714	.9708	.9700

Table 6: Estimates of Yield Equations in Supply-Yield Model

Brazilian State Data, 1979-1992

Independent Variables	Dependent Variable: Yield (kg/ha)				
	Soybeans	Maize	Beans	Rice	Wheat
Area (Endogenous) (E-3)	-.0359 (1.86)	-.0885 (2.16)	.001 (.01)	.624 (5.67)	.175 (2.78)
Crop/Fertilizer Price Ratio	310634 (1.63)	45069 (1.09)	-22347 (.82)	508214 (2.25)	829497 (3.32)
Stae Crop Research (Stock)	.0162 (8.71)	.0265 (3.54)	.0270 (3.39)	.0451 (3.74)	.0095 (2.78)
EMBRAPA Research (Stock)	.0040 (2.44)	.0076 (3.58)	-.0094 (4.67)	.0082 (4.85)	.0048 (.82)
State x EMBRAPA Stock Interation (E-6)	-.111 (2.64)	-.188 (2.57)	-.0019 (.28)	-.222 (1.74)	.0028 (.45)
Wheater Index	15.32 (7.44)	19.11 (8.52)	2.23 (2.30	6.98 (2.88)	8.94 (3.40)
Irrigation Index				2831 (35.97)	
System R^2	.9709	.9709	.9714	.9708	.9700

Cross-price effects are generally expected to be negative except where the crops complement on another. Is is reasonable to consider wheat and soybeans to be complements. Rice and maize are less obvious complements.

We would also expect most of the "own" research impacts on supply to be positive if research is effective is lowering the cos of production. (A ten percent reduction in the cost of production is equivalent to a ten percent increase in price in terms of profits) unless product demand is inelastic. We do not have strong results here, although we do find such evidence for soybeans and wheat (EMBRAPA) and rice (state). We find somewhat stronger evidence in the cross-effects where a number of negative coefficients are indicating that research in other crops is reducing acreage in the crop (soybeans and wheat). But, on the whole, we do not find strong differential research impacts on acreage.

B. The Yield Estimates

Yield equation estimates are reported in Table 6. For credible interpretation of these estimates we expect:

1) The crop/fertilizer price ratio coefficients to be positive.
2) Research impacts coefficients to positive.
3) Weather index coefficients to be positive.

Except for the crop/fertilizer coefficient for beans, these conditions are met.

The effect of area is uncertain because the area variable contains two effects. It contains the cross-price and cross-research effects from Table 5. We expect these effects to be positive. That is, factors that lead farmers to expand acreage will generally lead them to increase yields. However, the acreage heterogeneity for crops that have a natural comparative advantage on "high quality" will be negative, because land expansion will take place on lower quality land. This explains the coefficients on soybeans and maize. For other crops, the land expansion effect may be positive as the expanded land is of higher quality than average. The estimates for rice and wheat could be explained on these grounds.

The crop/fertilizer price ratios are generally positive except for beans where little fertilizer is used. Since we are relying on this variable (and the acreage variable) to reflect input use (especially fertilizer) this is encouraging.

Now consider the state and EMBRAPA research coefficients. Since there is an interaction variable, the total effect of each research variable must be computed holding the interacted variable constant.. In the next section we show that all state research impacts are indeed positive and that all EMBRAPA research effects are positive (though not significant for wheat) except for beans.

We note that the interaction variable coefficients are negative for soybeans, maize and rice and not significant for beans and wheat (where the EMBRAPA impacts themselves are not significant). Thus we do not find a net complementary relationship between the two research programs. We find instead that they are net substitutes. An increase in one program lowers the marginal contribution of the other.

Is this a serious issue? We think not. EMBRAPA research program are intended to complement state research by engaging in more strategic or "basic" research of a "pretechnology" type than are the more applied state programs. But they also engage in a considerable amount of applied research where EMBRAPA research programs have objectives very similar to those for state programs. The chief difference is that EMBRAPA programs have a broader national focus than do the state programs. Thus it is not suprising that there is evidence for considerable substitutability. Nor is it an indication of a lack of effectiveness or productivity.

5.ECONOMIC IMPLICATIONS

Table 7 reports several economic calculation based on the coefficient estimates for the yield equations reported in Table 6. The first set of calculations is the estimated marginal product of an additional expenditure of 1 million 1980 cruzeiros. This is calculated from the estimated derivative of yields with respect to the research stock (computed at the mean of the interaction variable) multiplied by mean acreage affected by the research. For

EMBRAPA research, spillin is complete for all states. For state research the estimated spillin weights were used. We note that EMPs are similar except for beans where EMBRAPA research was estimated to have a negative impact.

The second set of EMPs converts tons/million cz to cz/cz. The estimated marginal product elasticities show the percent change in production relative to a percent change in research. Note that for maize the EMPs of .059 divided by .01, the approximate ratio of research expenditure to crop value, (considering overhead research) yields the EMP of 5.9.

The estimated marginal benefit/cost ratio is calculated as (15)

$$EM(B/C)=EMP(.2/(1.1)^4+.4/(1.1)^5+.6/1.1^6+\beta/(1.1)^7+1.0/(1.1)^8 \text{ EMP} \quad (5.9)$$

This is based on the time weights for .2, .4, etc. and a discount rate of ten percent. (Note that in period 8 the discounted value of a permanent income stream of 1 is equal to 10 (i.e. 1/.0). These benefit-cost ratios indicates high returns on investment.

The estimated marginal internal rate of returns (EMIRR) is the rate solving:

16) $$EMP = (.2/ (1+r)^4 + .4/(1+r)^5 + .6/(1+r)^6 + .8/(1+r)^7 + (1/4) /1+r)^8$$

This is the rate of return on investment realized over long periods of time. These EMIRRs are high. Appendix A reports a summary of EMIRRs estimated in other studies for Brazil.

Table 7: Estimated Marginal Product (EMP), Marginal Product Elasticity (EMP), Marginal Benefit/Cost Ratios (EM/ (B/C)) and Marginal Internal Rate of Return (EMIRR), Grain Data

	Soybean	Maize	Beans	Rice	Wheat
EMP (Tons/million 1980 cz)					
State Research	34.3	62.2	42.5	22.9	28.8
EMBRAPA research	22.9	54.3	NEG	20.4	22.8
EMP (cz/cz)					
State Research	3.3	5.9	4.0	2.2	2.7
EMBRAPA Research	2.2	5.1	neg	1.9	2.2
EMPE					
State Research	.065	.059	.315	.113	.088
EMBRAPA Research	.010	.154	neg	.118	.212
EM(B/C)					
State Research	63	34	23	12	15
EMBRAPA Research	12	29	NEG	51	12
EMIRR					
State Research	46	62	54	40	42
EMBRAPA Research	40	58	neg	37	40

The evidence presented here shows that the agricultural research system in Brazil has been remarkably resilient to the economic shocks associated with the macroeconomic mismanagement of the 1980s. This macroeconomic mismanagement effectively halted the rapid growth process that had been underway from the mid 1960s to the early in 1980s in Brazil for all sectors of the Brazilian economy except for the agricultural sector. Interestingly, the agricultural sector also weathered the oil price shocks of the 1970 as well.

This agricultural growth performance has been in large part due to the agricultural research system in Brazil, In the early 1970s the Brazilian government made a major commitment to expansion and strengthening of agricultural research. The EMBRAPA system was built during the 1970s and early 1980s. Large investments were made in overseas training and in the national experiment stations. During the 1970s ti was anticipated that the EMBRAPA program would produce a broad national pattern of productivity growth in most commodities and that this in turn would support and reinforce the expected continuation of rapid economic growth in Brazil during the 1980s and 1990s.

We know have evidence that in spite of the economic mismanagement 1980s and early 1990s, the investment in EMBRAPA and in state research programs in grain improvement has paid of for the Brazilian farmers, consumers and taxpayers.

REFERENCE

1. Total factor productivity is the ratio of output per unit of aggregate input. When properly measured it is an index of the average cost of producing a unit of output at constant input prices.

2. See Evenson 1987 for a discussion of methods.

3. Avila et al. 1994 apply this method to census data for Brazil.

4. There may be efficiency gains from doing so, but estimates of systems (6) and (7) are not biased if system (8) is excluded from the estimates.

5. This is the standard "adjustment cost" model widely used in supply analysis.

6. Complementarity means that an expansion of one activity causes an increase in the marginal product of effectiveness of the other.

7. The full system of acreage and yield equations utilizes the 3-stage least squares Seemingly Unrelated Regression Estimates method.

6.BIBLIOGRAPHY

AVILA, A.F.D. & AYRES, CH.S. Productivity-based expost studies of Brazilian agricultural research impact. In: EVENSON, R.E.; CRUZ, E.R. da; AVILA, A.F.D.; PALMA, V. (eds.) **Economic Evaluation of Agricultural Research: Methodologies and Brazilian Applications.** New Haven, EMBRAPA, 1987. Yale University, Economic Growth Center, 1987, Chapter VII.

AVILA, A.F.D. **Impact of Public Agricultural Research in Brazil: Ex-post evaluation and technological spill-over analysis**. Paper presented at the 1993, Fall Seminar at The University of Connecticut, December 1st, 1993.

AVILA, A.F.D. & EVENSON, R.E. **Total Factor Productivity Growth in Brazilian Agriculture and the Role of Agricultural Research:** An Analysis by Sector and Agro-ecological Zones, EMBRAPA/EGC - Yale University, Brasília, August 1994, 45p.

AYRES, C.H.S. **The Contributions of Agricultural Research to Soybeans Productivity in Brazil**. St. Paul, Minnesota Univ., 1985 (PhD Dissertation).

CRUZ, E.R. da, PALMA, V. & AVILA, A.F.D. **Rates of return on EMBRAPA's investments: total investments and physical capital**. Brasília, 1982, 48 pp. (EMBRAPA/DDM. Documentos, 19).

EVENSON, R.E. Observations of Brazilian agricultural research and productivity. **R. Econ. Rural**. 20(3):357-401, 1982.

EVENSON, R.E. & CRUZ, E.R. da (a). Technology transfer (spillover) methods of analysis with examples from Brazil. In: **II Encontro sobre Metodologias de Avaliação Sócio-econômica da Pesquisa Agropecuária.** Bento Gonçalves, EMBRAPA, 1989(a).

EVENSON, R.E. & CRUZ, E.R. da (b). **The Impacts of technology PROCISUR Program: An International Study**. New Haven (USA), II CA/BID/PROCISUR, 1989 (b), 70p.

HUFFMAN, W.E. & EVENSON, R.E. **Science for Agriculture: a long-term perspective**. Iowa State University Press, Ames, 1993.

PINNAZA, A.H.; GEMENTE, A.C. & MATSUOKA, S. Retorno social dos recursos aplicados em pesquisa canavieira: o caso da variedade NA-56-79. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, 21. Anais.... Brasília, SOBER, 1983, pp. 67-70.

SILVA, G.L.S.P. da. **Produtividade agrícola, pesquisa de extensão rural**, São Paulo. FIPE/USP, 1984 (Ensaios Econômicos, 40).

SILVA, G.L.S.P. da. Contribuição da pesquisa e da extensão rural para a produtividade agrícola: observação no caso de São Paulo. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, 22 Salvador. 1984, Anais... Brasília, SOBER, 1984, vOL. 2, PP. 343-78.

SILVA, G.L.S.P. da., VICENTE, J.R. & CASER, D.V. Mudança tecnológica e produtividade do milho e da soja no Brasil. **R. Bras. Econ.** 47(20):281-303, abr./jun., 1993.

VICENTE, J.R. **Influência da educação, pesquisa e assistência técnica na produtividade da agricultura brasileira na década de setenta**. Piracicaba, ESALQ/USP. 1989, 193p. (Dissertação de Mestrado)

APPENDIX A

Brazilian Experience on Economic Impact Evaluation of the Agricultural Research.

Table 1 - Summary of Marginal Internal Rate of Returns Estimated in Brazil

Author(s)	Specif. Area	Product	Period	MIRR (%)
Evenson (19882)	Brazil	Aggregated	1966/79	69
Silva (1984)	Brazil	Aggregated	1970/80	60
Pinazza et al (1983)	São Paulo	Sugarcane	1972/82	35
Ayres (1985)	Brazil & States: Paraná, São Paulo, Santa Catarina Rio G. do Sul	Soybeans	1955/83	46 51 23 31 53
Evenson & Cruz (1989a)	Brazil	Wheat Maize Soybeans	1966/88	39 30 50
Evenson & Cruz (1989b)	PROCISUR Region*	Wheat Maize Soybeans	1969/88	110 191 179

* - PROCISUR Region, includes Brazil, Argentina, Uruguay, Bolivia, Chile and Paraguay.

Impressão: EMBRAPA-SPI