

Mesa Redonda 4 – 22/7/99 – 10h15min às 12h

## ESTUDOS DE AGROECOSSISTEMAS: TÉCNICAS E METODOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA UMA ABORDAGEM AGROMETEOROLÓGICA

Tatiana Deane de Abreu SÁ<sup>1</sup>

### INTRODUÇÃO

O maior objetivo da aplicação de técnicas agrometeorológicas a agroecossistemas deve ser, em princípio, o de contribuir à sua maior sustentabilidade, através da indicação de técnicas de manejo mais adequado de seus componentes, mediante a planejada manipulação de processos biofísicos que governam as suas trocas com o meio abiótico.

A pergunta objeto desta mesa redonda é: **Que técnicas e metodologias agrometeorológicas são disponíveis visando o estudo de agroecossistemas?**

A discussão buscará, assim, partindo de uma rápida conceituação de agroecossistemas e sustentabilidade agrícola, traçar linhas de pesquisa e desenvolvimento passíveis de serem seguidas nesta vertente, envolvendo uma abordagem agrometeorológica.

### AGROECOSSISTEMA E SUSTENTABILIDADE: ASPECTOS CONCEITUAIS

Como ponto inicial, é necessário explicitar conceitos associados a agroecossistemas (Hart 1980):

**Ecosistemas**- são sistemas de organismos vivos e o meio com o qual trocam matéria e energia. São sistemas dinâmicos, em que as interações entre componentes físicos e bióticos e a transformação de energia e o transporte de matéria ocorrem simultaneamente.

**Agroecossistemas**- são ecossistemas em que, pelo menos uma população tem utilidade agrícola. Diferem também dos ecossistemas

---

1. Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Tv. Enéas Pinheiro s/n, 66095-100, Belém, PA, E-mail: tatiana@cpatu.embrapa.br.

naturais, por terem seu desempenho regulado pela intervenção humana. Esta intervenção é em geral programada, com o propósito de fazer com que o sistema seja manejado seguindo um plano preconcebido que, teoricamente, lhe permite alcançar objetivos específicos. Ainda que não sejam exatamente ecossistemas naturais, os conceitos ecológicos que se aplicam e estes, também se aplicam aos agroecossistemas (e.g. fluxo de energia, ciclagem de materiais, interação entre componentes).

Em termos amplos, existem três tipos de agroecossistemas (Hart 1980): 1) os que têm um subsistema de cultivos (podem ser anuais, perenes, árvores florestais, etc.); 2) os que têm um subsistema de animais; e 3) os que têm cultivos e animais. Um agroecossistema é, assim, um subsistema de uma propriedade sendo, por sua vez, constituído de subsistemas (e.g. subsistemas de cultivos e subsistemas animais).

Também é importante situar sobre o significado de sustentabilidade em termos de agroecossistemas, para poder então avançar na avaliação de que técnicas/metodologias agrometeorológicas que podemos lançar mão para aumentar sua sustentabilidade.

No Congresso Brasileiro de Agrometeorologia anterior, Martins (1997) apresentou compreensiva revisão sobre a terminologia ligada à sustentabilidade agrícola, ao abordar o papel da Agrometeorologia ao desafio da agricultura sustentável. Pinçando algumas das características listadas por aquele autor, quanto aos atributos de uma agricultura sustentável, temos que esta deve: usar os recursos naturais segundo sua aptidão; reduzir a contaminação de origem agrária; conservar e melhorar o meio; manter as boas condições de segurança e higiene do agricultor e da população; promover estabilidade de renda; promover estabilidade da estrutura social.

Farshad e Zink (1993) também apresentam uma análise crítica da sustentabilidade agrícola, e das terminologias adotadas, concluindo que um dos principais problemas encontrados é de como determinar o estágio adequado de equilíbrio sustentável, entre o recurso natural e a sua exploração, para avaliar de modo o mais quantitativo possível o nível de sustentabilidade alcançado por um dado sistema agrícola, em um determinado momento, e para monitorar as mudanças que o afetam.

## **TECNOLOGIAS E METODOLOGIAS AGROMETEOROLÓGICAS: FERRAMENTAS PARA ALCANÇAR A SUSTENTABILIDADE DE AGROECOSSISTEMAS**

A Agrometeorologia pode intervir em vários níveis e escalas visando a sustentabilidade de agroecossistemas. Assim, para que possamos

melhor visualizar as ferramentas de que deveremos lançar mão para atingir este objetivo, é oportuno fazer este exercício associado a diferentes atividades/tópicos que caracterizam estes diferentes níveis e escalas. A Tabela 1 contém uma resenha de atividades/tópicos e respectivas técnicas/metodologias agrometeorológicas passíveis de serem usadas, na busca de uma agricultura sustentável.

### Diagnóstico:

Inicialmente, para que possamos realizar pesquisas aderentes à realidade de uma região, tanto do ponto de vista biofísico como socioeconômico, é fundamental que se faça um diagnóstico. Neste sentido, há várias abordagens metodológicas, com diferentes graus de complexidade (Kato et al. 1994).

No caso de agroecossistemas específicos, é possível aborda-los em áreas onde já são praticados, ou realizar um diagnóstico em áreas onde se quer implanta-los. A introdução de tópicos de cunho agrometeorológico em atividades desta natureza é fundamental, devendo ser feita com a participação efetiva de especialista, não apenas nas fases de levantamento de dados secundários, e elaboração de questionários, mas também nas atividades de levantamento de campo, onde visitas e estabelecimentos e entrevistas a agricultores são realizadas. A interpretação dos resultados, culminando com o diagnóstico, é também um momento que requer a sensibilidade de agrometeorologistas para que questões nesta linha sejam adequadamente percebidas e abordadas.

Tabela 1. *Técnicas e metodologias agrometeorológicas aplicáveis em um conjunto de atividades/tópicos enfocando agroecossistemas*

Atividade/Tópico	Técnica(s)/Metodologia(s)
• Diagnóstico	- metodologias de diagnóstico rural (Kato et al. 1994), com abordagem agrometeorológica
• Planejamento	- metodologias de planejamento de experimentos/ estudos agrometeorológicos visando a compreensão do agroecossistema em foco e seu adequado manejo (Minae et al. 1988)

(continua)

Tabela 1 (continuação)

Atividade/Tópico	Técnica(s)/Metodologia(s)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreensão de processos e mecanismos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monitoramento micrometeorológico/ biofísico de mecanismos/processos determinantes da produtividade/funcionalidade do agroecossistema em foco (Pearcy et al. 1989; Ong et al. 1996; Jackson et al. 1998)</li> <li>- modelagem de mecanismos/processos determinantes da produtividade do agroecossistema (van Noordwijk, Lusiana 1998; Jackson et al. 1998)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de avaliação da sustentabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- definição de critérios e indicadores de sustentabilidade (Prabhu et al. 1998 Rodrigues 1998; Vogt et al. 1999)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento da sustentabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- técnicas de monitoramento a nível de estabelecimentos e a nível regional, incluindo sensoriamento remoto e inteligência artificial (Stock; Rauscher 1996)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informação operacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uso de técnicas agrometeorológicas visando a geração de índices, coeficientes, e informações úteis a vários segmentos do setor agrícola (e.g. épocas de plantio mais adequadas; coeficientes técnicos para financiamentos incluindo margens de risco associadas a fenômenos meteorológicos; informações operacionais para sistemas de baixo uso de insumos)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuição ao ordenamento territorial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aplicação de conjunto de técnicas agrometeorológicas capazes de subsidiar o ordenamento territorial (e.g. zoneamento agrometeorológico para o agroecossistema em foco)</li> </ul>

Infelizmente, poucas têm sido as experiências de diagnóstico que têm incluído agrometeorologistas na equipe. Também, é ainda baixa a oferta de agrometeorologistas sensíveis a esta importante etapa na busca de melhoria de agroecossistemas.

### **Planejamento:**

Um momento crítico no processo de Pesquisa & Desenvolvimento, cuja prática têm aumentado recentemente, é de como, a partir de informações colhidas na unidade de produção, formular estudos e/ou experimentos na tentativa de reduzir ou eliminar as limitações detectadas, muitas vezes, em exercícios de diagnóstico (Minae et al. 1988).

A partir do conhecimento da realidade da situação, incluindo: o que já é sabido sobre o assunto; as características biofísicas e socioeconômicas da região alvo; que faixa de público é a interessada; e urgência da demanda, são tomadas decisões, dentre outras, quanto a se os experimentos serão orientados para pesquisa em condições de maior controle (campos experimentais; ambientes controlados) ou a nível de estabelecimentos de produtores.

A inclusão de uma abordagem agrometeorológica neste contexto requer uma preocupação concreta tentando caracterizar efeitos específicos de variáveis meteorológicas. Assim, é fundamental atentar para a aplicação de técnicas de avaliação de variabilidade espacial e temporal (Scheiner; Gurevitch 1993) e o desenho de experimentos que comportem o monitoramento de variáveis biofísicas e micrometeorológicas capazes de gerar informações sobre a interação entre componentes bióticos e abióticos, incluindo as estratégias de captura e utilização de recursos (Monteith 1994; Ong et al. 1996).

### **Compreensão de processos e mecanismos:**

A grande tônica nesta linha refere-se à compreensão de processos e mecanismos que governam as trocas entre os componentes dos agroecossistemas e o ambiente. Inclui, assim, a necessidade do monitoramento desses processos e mecanismos ao nível de agroecossistemas.

A literatura recente mostra vários exemplos de estudos desta natureza envolvendo, em sua maioria, balanços de água, de energia e de radiação, em agroecossistemas (Ong et al. 1996, Jackson et al. 1998), onde um conjunto de técnicas de monitoramento micrometeorológico, físico de solo e de variáveis biológicas (estrutura vegetal; acúmulo de

biomassa; atributos fisiológicos, etc.) (Pearcy et al. 1989) é aplicado de modo integrado.

Outra ferramenta bastante útil neste contexto, é a da modelagem, que vem tendo uso crescente em estudos desta natureza, permitindo, dentre outros, identificar lacunas de conhecimento; ampliar o conhecimento dos processos e mecanismos; dar suporte a modelos de simulação de alterações no uso da terra (Jackson et al. 1998; van Noordwijk e Lusiana 1998).

### ***Crêterios de avalia o da sustentabilidade:***

Com a preocupa o sobre a sustentabilidade no uso da terra, surge a necessidade de oferecer cr terios e indicadores desta sustentabilidade, assunto que vem merecendo crescente interesse, ainda que, muito restrito, até o momento, a ecossistemas naturais (Prabhu et al. 1998 Rodrigues 1998; Vogt et al. 1999).

A abordagem agrometeorológica aplicada a agroecossistemas tem alto potencial de contribuir neste esforço, atuando de forma integrada com disciplinas complementares, como Hidrologia, Física de Solos e Ecofisiologia.

### ***Monitoramento da sustentabilidade:***

Todo o processo descrito nos t picos anteriores, dando suporte a agroecossistemas desenhados visando a sua sustentabilidade, não estaria completo se não incluísse também estratégias que garantam o acompanhamento dos agroecossistemas, revelando o quanto estão se mostrando sustentáveis.

Os avanços quanto a técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informa o, incorporando também técnicas de inteligência artificial (Stock; Rauscher 1996), certamente, desempenharão papel relevante na abordagem agrometeorológica nesta linha.

### ***Informa o operacional:***

A gera o, transferência e difusão de informa es agrometeorológicas de cunho operacional a respeito de agroecossistemas,   uma linha que deverá ser crescentemente perseguida, para que o uso dos progressos no manejo e manipula o e agroecossistemas sejam incentivados e respaldados por políticas públicas.

Assim, vários coeficientes técnicos deverão ser gerados para serem

incluídos em linhas de financiamento de tecnologias que incluam, por exemplo, técnicas de manejo e manipulação do microclima (e.g. sombreamento; uso de cobertura morta; uso de quebra-vento).

Acompanhando os avanços nas técnicas de monitoramento e de transmissão de informação, é fundamental oferecer informações operacionais em tempo compatível com as operações agrícolas e os meios de comunicação.

### **Contribuição ao ordenamento territorial:**

A Agrometeorologia pode também contribuir ao adequado ordenamento territorial de regiões, procurando apontar, a luz dos estudos de comportamento de agroecossistemas, e da manutenção de sua sustentabilidade, áreas com diferentes níveis de potencialidade à sua implantação.

## **NOVOS DESAFIOS E MUDANÇAS DE POSTURA ENFOCANDO A SUSTENTABILIDADE**

Antes do foco da pesquisa agrícola ser centrado na busca da sustentabilidade, a grande preocupação era associada à produtividade a curto prazo, o que levava a que, um elenco de técnicas fosse lançado mão, para garantir suporte a maximizar a captura e uso de recursos de modo a garantir elevada produtividade.

Uma rápida leitura em periódicos e em anais de reuniões científicas com foco em agrometeorologia, editados nas décadas anteriores, mostra a esmagadora maioria de trabalhos seguindo esta abordagem, centrada na produtividade.

A palavra de ordem da sustentabilidade nos leva a estratégias mais complexas, e a desafios maiores, uma vez que, continuamos com as preocupações de aperfeiçoar a captura e uso dos recursos, mas também temos que nos preocupar com aspectos de sustentabilidade social, econômica e ecológica, que exigem além do uso de ferramentas, muitas das quais desconhecidas ou pouco usadas por agrometeorologistas em décadas anteriores, envolve algo ainda mais difícil, a mudança de postura.

Nesta luta, várias ferramentas novas vão sendo incorporadas em ritmo frenético, ditado pela rapidez dos avanços tecnológicos.

A interdisciplinariedade é outro aspecto crescente para alcançar os objetivos de sustentabilidade. Como consequência, o próprio perfil do agrometeorologista tem que sofrer metamorfoses. Outra vez, um bom

exercício para aquilatar este fato é a leitura de números recentes de revistas especializadas ou anais de reuniões científicas desta natureza.

Um amplo campo se abre às futuras gerações de agrometeorologistas que, cada vez mais, poderão orientar de um modo mais efetivo a interferência humana nos agroecossistemas, de modo a que estes sistemas de uso da terra se encaixem o mais possível nos atributos que caracterizam a agricultura sustentável.

A busca de agroecossistemas sustentáveis com baixo uso de insumos (Pimental et al. 1989) é, certamente, um dos muitos desafios a enfrentar.

## **BIBLIOGRAFIA**

FARSHAD, A.; ZINCK, J. A. Seeking agricultural sustainability. **Agriculture, ecosystems and environment**, 47: 1-12, 1993.

HART, R. D. Agroecossistemas: conceitos básicos. CATIE, Turrialba, 1980. 211p.

JACKSON, N. A.; SMITH, D. M.; ROBERTS, J. M.; WALLACE, J. S.; ONG, C. K. Water balance of agroforestry systems on hillslopes. Department for International Development-Forestry Research Programme, Research Project R6364- Final Report, 1998. 65p.

KATO, M. do S. A.; SÁ, T. D. de A.; GATO, R. Diagnóstico e desenho (D&D): princípios básicos e procedimentos. Embrapa, Brasília, 1994. 35p.

MARTINS, S. R. A agrometeorologia e os desafios da agricultura sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Piracicaba, 1997, Anais..., Piracicaba, 1997. p. 739-744.

MINAE, S.; KAUMI, S.; AVILA, M.; OKARIO, J.; KABONEKA, J.; GHAHAMANYI, A. Agroforestry research project proposal for the coffee based system in the bimodal highlands, central and eastern provinces, Kenya, ICARF, Nairobi, 1988. 59p.

MONTEITH, J. L. Principles of resource capture by crop stands. In: J. I. MONTEITH; R. K. SCOTT; M. H. UNSWORTH Resource capture by crops. Nottingham University Press, 1994. p. 1-15.

ONG, C. K.; HUXLEY, P. Tree-crop interactions: a physiological approach.

- ICRAF, Nairobi, 1996. 386p.
- PEARCY, R. W.; EHLERINGER, J.; MOONEY, H. A.; RUNDEL, P. W. Plant physiological ecology- field methods and instrumentation. Chapman & Hall, London, 1989. 457p.
- PIMENTEL, D.; CULLINEY, T. W.; BUTTLER, I. W.; REINEMANN, D. J.; BECKMAN, K. B. Low-input sustainable agriculture using ecological management practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 27: 3-24, 1989.
- PRABHU, R.; RUITENBEEK, H. J.; BOYLE, T. J. B.; COLFER, C. J. P. Between voodoo science and adaptative management: the role and research needs for indicators of sustainable forest management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDICATORS FOR SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT. IUFRO/CIFOR/FAO, Melbourne, 1998, Draft Papers and Statements..., Melbourne, 1998. p. 3-17.
- RODRIGUES, G. S. Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico agropecuário-fundamentos, princípios e introdução à metodologia. Embrapa-CNPMA, Jaguariúna, 1998, 66p.
- SCHEINER, S. M.; GUREVITCH, J. Design and analysis of ecological experiments. Chapman & Hall, London, 1993. 445p.
- STOCK, M. W.; RAUSCHER, H. M. Artificial intelligence and decision support in natural resources management. **New Zeland J. Forestry Science**, 26: 145-157, 1996.
- VAN NOORDWIJK, M.; LUSIANA, B. WaNuLCAS 1.1 Backgrounds of a model of water, nutrient and light capture in agroforestry systems. ICRAF, Bogor, 1998. 86p.
- VOGT, K. A.; PALMIOTTO, P. A.; FANZERES, A.; TYRRELL, M.; VOGT, D. J.; WARGO, P.; BERRY, J.; PATEL-WEYNAND, T.; LARSON, B.; JOHNSON, K. H.; CUADRADO, E.; COTY, J. The legacy framework: a new integrative ecosystem framework for evaluating natural resource uses. 46p.