

Sistemas de Suporte à Decisão em Produção Agroflorestal

Silva, F. C. da¹; Narciso, M. G.²; Bernardes, M. S.³ Moura, M.F³.

1. INTRODUÇÃO

Em reunião técnica, realizada no dia 25/11/98, no II Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais no Contexto da Qualidade Ambiental e Competitividade, foi apresentada uma proposta de diretrizes para a estruturação de sistemas de suporte à decisão que poderiam ser aplicadas aos sistemas agroflorestais, o que seria um ponto de partida para discussões sobre o tema. Este texto resume o que foi discutido naquela oportunidade e registra também opiniões relevantes para a melhoria da proposta. A equipe apresentou seqüencialmente cinco aspectos considerados estratégicos que deveriam ser considerados na organização de projetos futuros em Modelagem e Simulação (M&S) em sistemas agroflorestais.

Como aspectos iniciais, apresentou-se uma breve visão sobre sistemas de suporte à decisão e as ferramentas que, integradas, podem ser usadas para esta finalidade e conceitos envolvidos (sistemas de informação geográfica - GIS, ferramentas para modelagem e simulação, banco de dados).

O segundo aspecto, brevemente percorrido pela equipe, foi a definição de objetivos da pesquisa para Sistemas AgroFlorestais, SAF, utilizando-se de técnicas de modelagem e simulação. Enfocando-se a necessidade do estabelecimento dos processos chaves do ciclo de nutrientes e a calibragem de modelos de sistemas agroflorestais mais representativos.

Como terceiro aspecto, abordou-se sumariamente uma plataforma computacional mais ampla, cuja implementação estaria a cargo do CNPTIA, e suas vantagens. Este tópico compreende os aspectos de banco de dados, as ferramentas de software para simulação STELLA e DSSAT e a possibilidade de integração com GIS.

O quarto aspecto demonstrado foi um exemplo típico da aplicação da modelagem simples e restrita empregada em sistemas agroflorestais – SAFs, o qual trata da competição abaixo da superfície do solo entre a árvore da seringueira e a cultura de milho, quantificando-se os efeitos sobre o crescimento e produção de grão, baseado em dados de Bernardes [Bernardes et al., 1998].

¹ Eng., Dr., Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campus UNICAMP, C. Postal 6041, 13.083-970 Campinas - SP. Email: fcesar@cnptia.embrapa.br .Bolsista CNPq.

² Eng., Eletrônico, Dr., Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campus UNICAMP, C. Postal 6041, 13.083-970 Campinas - SP. Email: narciso@cnptia.embrapa.br

³Eng. Agr., PhD, Professor do Departamento de Agricultura, ESALQ/USP, C. Postal 9, 13.418-900 Piracicaba - SP. Email: msbernar@carpa.ciagri.usp.br

³Estatística, Ms, Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, C.Postal 6041, 13.083-970 Campinas - SP. Email: fernanda@cnptia.embrapa.br

Finalmente, como último aspecto, foram colocados uma série de passos necessários para a construção de um sistema de suporte a decisão, bem como os benefícios que este sistema possa trazer a Embrapa, ESALQ/USP, SNPA, e ao agricultor/ produtor.

2. SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO

Os sistemas de suporte à decisão são um conjunto de conhecimentos de especialistas formalizados como modelos, coerentes e integrados entre si, que possibilitam o estudo de sistemas reais complexos. Estes sistemas de suporte possibilitam a criação de cenários, estudos de previsão e avaliações condicionais de impacto de uso de recursos naturais.

Para se obter este conjunto, são necessários, além de modelos com integração coerentes, banco de dados contendo informações experimentais e climáticas mínimas requeridas pelo modelo a ser empregado.

Entretanto, a organização e implantação de um sistema de suporte à decisão têm seus pontos críticos que seriam:

1. **definição do objetivo:** equilíbrio entre o amplo e difícil e o restrito e fácil; pois, podem ocorrer objetivos como avaliar o impacto ambiental de um sistema de produção que tem suas necessidade e parâmetros a serem medidos ou enfocando a necessidade de aumento de produtividade e redução de custos da produção agrícola. Além disso, em ambos os casos (objetivos) tem-se uma abordagem interdisciplinar e na maioria das vezes inter-institucional;
2. **organização das informações:** e, dados mínimos que serão requeridos na montagem do modelo ou de seu uso, a exemplo do Modelo WaNuLCAS do ICRAF para sistemas Agroflorestais [Muetzefeldr et al., 1993];
3. **plataforma computacional:** são necessárias interfaces de comunicação que possibilitem os dados experimentais e climáticos sejam lidos pelo software de modelagem (Ex. Modelo WaNuLCAS para sistemas Agroflorestais no Software STELLA) e também a transferência de resultados para um planejamento regional via GIS; é fundamental uma avaliação criteriosa de ambiente computacional e uma análise do sistema como um todo;
4. **integração de modelos:** é fundamental que exista uma adequada complementaridade entre os modelos e a comunicação entre os seus dados; e,
5. **coerência de escala:** unidades, etc.

A utilização de modelos matemáticos para simulação permite a investigação de cenários alternativos e a análise de fatores importantes para o custo da produção, tais como: nutrientes (fertilizantes); água; preservação de recursos naturais; entre outros. Isto possibilita que os conhecimentos gerados em um local sejam aplicados às diferentes localidades através de simulação. E, ainda, permite estimar a produção, constituindo-se numa ferramenta para recomendação independente de localização, estação do ano, árvore, cultura, variedade ou manejo.

Sistemas baseados em modelos matemáticos de simulação e utilizados em conjunto com GIS (Geographic Information System) constituem-se numa ferramenta poderosa para tomada de decisão no planejamento regional.

3. Definição do Objetivo da Pesquisa e Desenvolvimento

Há alguns objetivos básicos, isolados ou associados, como: aumentar a produtividade do sítio; obter o menor impacto ambiental do sistema e/ou maior retorno econômico; entre outros.

Para desenvolver o potencial da utilização de modelos matemáticos integrados para simulação, na agricultura ou em sistema agroflorestais, associados a GIS e aos outros recursos computacionais, são necessários recursos computacionais e humanos. De forma geral, os modelos matemáticos para simulação são específicos (ex.: modelo WaNuLCAS do ICRAF para sistemas Agroflorestais; GROPGRO do DSSAT para crescimento de culturas), merecendo uma abordagem especial e focada nas suas necessidades.

Contudo, projetos de pesquisa na linha de modelagem e simulação apresentam muitos pontos em comum na representação de processos de plantas (fotossíntese, respiração, interceptação de luz, entre outros), os dados ambientais mínimos requeridos nos modelos, a organização do banco de dados, a georeferenciação ou não e outros recursos computacionais que podem, inclusive, ser integrado ou em parte compartilhados.

A título de discussão apresentou-se uma linha de modelagem matemática para simulação em sistemas agroflorestais e agrícolas, cujos objetivos poderiam ser:

1. o estabelecimento dos processos chaves do ciclo de nutrientes; e,
2. a calibragem de modelos de sistemas agroflorestais específicos usando o modelo Wanulcas do ICRAF. Entretanto, esta abordagem ampliaria o objetivo, tornando-o mais difícil de ser alcançado;

4. Plataforma Computacional

Uma infra-estrutura geral para armazenamento de dados experimentais em banco de dados visa garantir a integridade dos dados experimentais e facilitar sua recuperação e análise através de: (a) pacotes de análise estatística que suportem a comunicação com bancos de dados, e/ou (b) por meio de interface desenvolvida para comunicar o banco com o software de simulação. A Figura 1 apresenta-se um esquema inicial genérico do projeto. Note, na figura, que prevê-se a comunicação de dados via Internet, objetivando diminuir distâncias entre os coletores de dados e o banco físico.

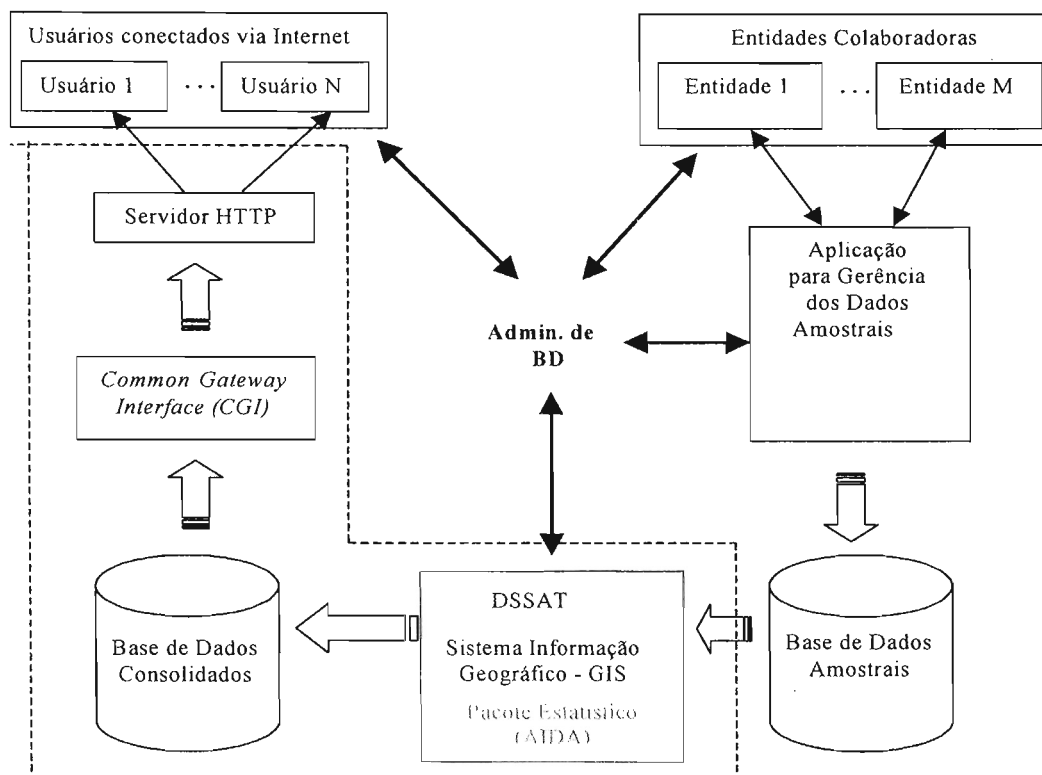


Figura 1. Arquitetura lógica de um sistema de gerenciamento do banco de dados e suas interfaces com outros produtos de software na estação de trabalho central (Silva et al, 1998).

O uso de modelos matemáticos preditivos para o crescimento e a produtividade das culturas, que sofrem competição com árvores, deve considerar *a priori* os aspectos climáticos e de solo. Na evolução do modelo deve-se agregar aspectos das dinâmicas de carbono e nutrientes. Todavia, dado o modelo, para que se obtenha estimativas confiáveis e seguras, é fundamental obter os valores medidos no campo, que melhor associam os conhecimentos dos processos biogeoquímicos dos elementos nos compartimentos ambientais e a integração de informações.

Não deve ser esquecido que tais modelos são simplificações do sistema real e utilizam-se de linguagem matemática, constituídos por componentes de sistema, variáveis, parâmetros estruturais e relações funcionais. Entretanto, é necessário que sempre se considere que a eficiência do modelo é função direta de dados medidos com precisão para sua perfeita calibragem e, ainda, do conhecimento dos limites de validade de cada parâmetro e as associações entre as variáveis. Portanto, não adianta muito para a organização do conhecimento em SAFs apenas colecionar dados sem considerar o modelo que se pretende usar e/ou construir.

Um modelo de SAF que se encontra no software Stella, possui como grande vantagem a simplicidade de uso das relações diretas entre os componentes dos sistemas, o que ocorre de forma intuitiva. Porém esse software não exporta suas saídas para sistemas de informação geográficos.

A vantagem da associação de modelagem e simulação (embutida no software DSSAT) com GIS comercial demonstra ser uma ferramenta valiosa na análise de consistência de dados

georeferenciados e o mapeamento de variáveis de interesse agrícola e agroflorestal. A integração do software de simulação DSSAT e um GIS é muito conveniente para planejamento regional

5. Exemplo de Modelagem de Sistemas Agroflorestais

No trabalho de Bernardes et. al. (1998), que enfocou as interações abaixo da superfície do solo em Sistema Agroflorestal de Seringueira e Milho, apresentado no citado congresso (II Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais no Contexto da Qualidade Ambiental e Competitividade), tem-se um exemplo de modelagem de sistemas agroflorestais, assim como as considerações sobre suas limitações.

O sistema agroflorestal (SAF) é uma forma de uso da terra no qual árvores crescem em associação com outras culturas perenes ou anuais e/ou animais em várias disposições, tanto em espaço como no tempo, através do uso de práticas de manejo compatíveis com o nível tecnológico dos agricultores envolvidos nesta prática, ocorrendo interações ecológicas e econômicas entre as árvores e as outras culturas, resultando em algumas vantagens comparativas a outros sistemas produtivos.

O SAF de seringueira e milho é extensivamente adotado no Brasil, apresentando diversas vantagens em termos de produtividade e retorno econômico, porém os processos fisiológicos envolvidos na interação entre as duas espécies não estão devidamente compreendidos. O sombreamento pelas seringueiras é a principal causa de redução da demanda de transpiração em razão do sombreamento ou da redução da velocidade do vento, ou de maneira prejudicial, pela competição da água disponível no solo. Assim, a competição pela água do solo, exercida pelo componente arbóreo, pode suprimir seus efeitos benéficos.

Em seu trabalho Bernardes et al (1998) visou a compreensão do efeito da competição abaixo da superfície do solo pelas árvores de seringueira no crescimento e produção do milho, no qual quantificou-se o grau de interferência da biomassa radicular das árvores e do próprio sombreamento sobre a produção de grãos. O estudo do efeito da competição abaixo da superfície foi feito usando-se uma modelagem simplificada e simulação do sistema Agroflorestal de Seringueira e Milho.

6. Futuras Articulações

Em reunião realizada em 28/11/98, foi considerada prioritária a implementação de uma lista de discussão, com a possibilidade da formação de um grupo de interesse, do tema Modelagem e Simulação Aplicadas a Sistemas Agroflorestais. Visando a estruturação de um futuro projeto, o pesquisador Jeferson L.V. de Macedo, do CPAA/EMBRAPA, foi indicado, pelo grupo reunido naquela oportunidade, para ser o responsável pela articulação da área de experimentação agroflorestal; o CNPTIA ficaria como responsável pela áreas de M&S e bancos de dados.

Este tema (modelagem e simulação aplicadas a sistemas agroflorestais) foi considerados prioritário pelo grupo reunido naquela oportunidade e que deve nortear um Workshop específico no próximo congresso sobre SAF.

Para atingir as metas e promover os benefícios desta ação global, em modelagem e simulação aplicada ao segmento agroflorestal, é fundamental um maior comprometimento das instituições de pesquisa e ensino. Espera-se, com isto, obter os benefícios da modelagem e simulação com a implementação dos passos que são necessários para atingi-los:

1. organização de dados experimentais;
2. ampliação e síntese do conhecimento da dinâmica de carbono e nutrientes no sistema solo-planta para oferecer diretrizes para o manejo em sistemas agroflorestais;
3. tornar disponíveis aos diversos Centros de Pesquisa da Embrapa, ESALQ/USP e do SNPA produtos de software de baixo custo, com interface amigável e configuráveis as suas necessidades de pesquisa. Para isto, seria necessário:
 - organização de informações experimentais agroflorestais, agrícolas e florestais e suas respectivas condições edafoclimáticas,
 - organização e gerenciamento de informações georeferenciadas de recursos naturais, onde se tem implantado ou irá se instalar um sistema agroflorestal, visando ofertar um sistema de suporte à decisão,
 - especificar a modelagem de produção de culturas associadas às árvores em SAFs, visando a utilização de modelos já existentes ou a construção de um novo;
 - tornar disponível um produto de software para planejamento regional que possa ser aplicado aos sistemas agroflorestais, de forma a contribuir para o aumento da qualidade e redução dos custos dos produtos da cadeia produtiva.

7. Referências Bibliográficas

- BERNARDES, M.S; FÚRIA, L.R.R.; TERAMOTO, E.R. & BERNARDO, K.T. Interações Abaixo da Superfície do solo em Sistema Agroflorestal de Seringueira (*Hervea Brasiliensis*) e Milho (*Zea mays*). In: **CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2.**, Bélem, PA. No Contexto da qualidade ambiental e competitividade: resumos expandidos, Belém; Embrapa-CPATU, 1998. p. 14-16.
- SILVA, F.C. da; NARCISO, M.; HIGA, R.H.; LUCENA, I. Aplicabilidade de Sistemas de Suporte à Decisão em Sistemas Agroflorestais. In: **CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2**, Bélem, PA. No Contexto da qualidade ambiental e competitividade: resumos expandidos, Belém; Embrapa-CPATU, 1998. p. 109-113.
- MUETZEFELD, R.I.; SINCLAIR, F.L. Ecological modelling of agroforestry systems. **Agroforestry Abstracts**. v. 6, n. 4, 1993. p. 207-247.

8. Agradecimentos

Aos colegas Jeferson Luis V. de Macedo da Embrapa Amazônia Ocidental, Tatiana Deane de Abreu de Sá da Embrapa Amazônia Oriental , Roberto H. Higa e Ivan Lucena da Embrapa Informática Agropecuária pelas sugestões e críticas ao presente texto.