

Capítulo 2

Características e Conceitos do Sistema

Fernando Cezar Saraiva do Amaral
Jesus Fernando Mansilla Baca
Silvio Barge Bhering
Thomaz Correa e Castro da Costa

2.1 - Desenvolvimento do Sistema Especialista (S.E.) do SiBCTI

O SiBCTI foi projetado para classificar a aptidão de terras para irrigação. É apropriado para auxiliar na decisão através do ordenamento desta terra em relação a uma referência, ou decidir qual sistema de irrigação é mais apropriado para as condições daquela terra ou, que cultura é mais apropriada, ou uma combinação de ambos, a partir de uma base de informação construída por meio de consultas a especialistas, informações de campo e de pesquisa bibliográfica.

Sistemas especialistas são empregados desde a década de 70 em várias áreas e projetos: na Química, o sistema DENDRAL; na Medicina, o MYCIN, um dos mais famosos, e muitos outros amplamente aplicados em muitas das áreas do conhecimento, o que mostra a potencialidade e riqueza dessa técnica (GENARO, 1987; HARMON; KING, 1988).

O sistema especialista adotado para o SiBCTI foi construído por meio de regras de decisão, similar à classificação por árvore de decisão, sendo que seus parâmetros foram previamente estabelecidos pelo critério especialista para cada classe. Foi desenhado a partir de tabelas e de um conjunto de regras construídas por conhecimento especialista, que permite a entrada (ou seleção) de dados (fatos) fornecidos para cada atributo, relativos à terra e à água, para efetuar a decisão de classificar uma determinada terra em classes de aptidão para irrigação, apontando suas respectivas limitações e potencialidades. Conceitualmente, essa é uma forma de organização de fatos e heurísticas relacionados à qualidade da terra para irrigação com base nos seus atributos. Os fatos caracterizam o conhecimento adquirido e as heurísticas são regras que permitem aos especialistas tomar decisões (HARMON; KING, 1988).

- **Base de conhecimentos:** contém todas as informações fornecidas que auxiliam na solução de um problema do usuário. Ela é formada por:

- base de regras: modelada pelos técnicos e especialistas de uma determinada área, cuja forma é:

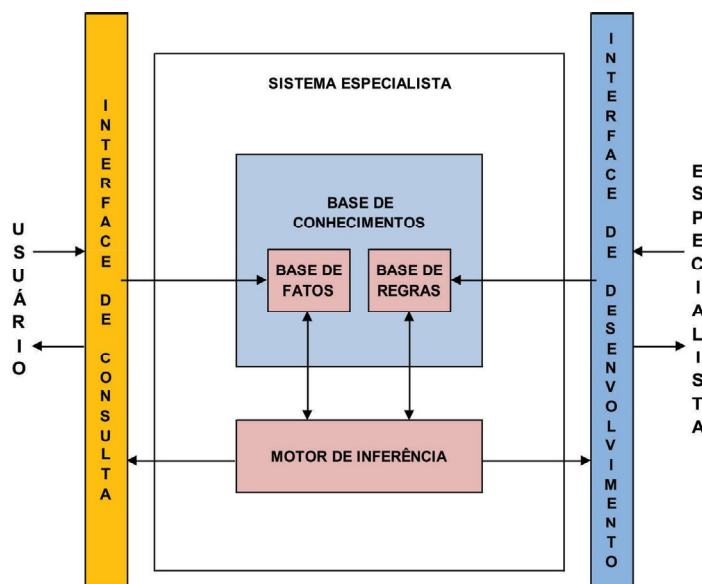
Regra X : SE n fatos ENTÃO m fatos ou respostas.

O domínio do sistema especialista para uma determinada situação ou problema é definido pelo conjunto de regras que formam a base de conhecimentos:

- **base de fatos:** apresentada pelos usuários do sistema especialista, esperando um conhecimento do sistema.

Características e Conceitos do Sistema

- **motor de inferência:** provê um mecanismo de manipulação desse conhecimento, pela resposta a determinados fatos, de acordo com a modelagem desenvolvida para uma área implementada através das regras que definem a solução.
- **interface de consulta:** ambiente que serve para os usuários interagirem com o sistema especialista.
- **interface de desenvolvimento:** ambiente empregado pelos especialistas e técnicos para interagirem com o sistema especialista, segundo componentes de Mansilla Baca (2002).



2.2 - Características do SiBCTI

- **Classes pré-definidas:** as classes nas quais os casos são classificados são estabelecidas previamente. Na terminologia de aprendizado de máquina isto se chama aprendizado supervisionado (BERNARDES, 2001).
- **Classes discretas:** esse requerimento diz respeito aos limites arbitrados para as classes, nos quais os fatos fornecidos pelo usuário são alocados. As classes foram delineadas de forma que um caso pertença ou não a uma determinada classe (BERNARDES, 2001).

Características e Conceitos do Sistema

- **Decisão considerando o parâmetro limitante:** considerando as regras baseadas em intervalos discretos definidos para as classes e em categorias também pré-definidas, os fatos fornecidos pelo usuário, para serem enquadrados em determinada classe, devem apresentar menor ou igual exigência para classe. Apenas um atributo com fato fora desta especificação leva a classificação para a próxima classe, de menor aptidão, executando-se novamente as regras, até que o sistema classifique a terra na classe que atenda a especificação mais limitante. Pode-se considerar, de forma análoga, a adoção da lei dos mínimos nesse processo, que caracteriza também um espaço de interseção para a classe, visto que cada classe terá seu espaço definido de parâmetros, categóricos e numéricos, sendo a de maior aptidão a mais restrita, e a de menor aptidão, a mais ampla.

- **Impessoalidade:** o programa foi baseado em classificação em árvore, com parâmetros em intervalo, de modo que o caráter subjetivo de cada interpretador em cada classificação foi eliminado. Desta forma, qualquer classificação de terras para irrigação em qualquer época e em qualquer condição ambiental será feita de forma semelhante e segundo os mesmos critérios disponíveis, padronizando os resultados.

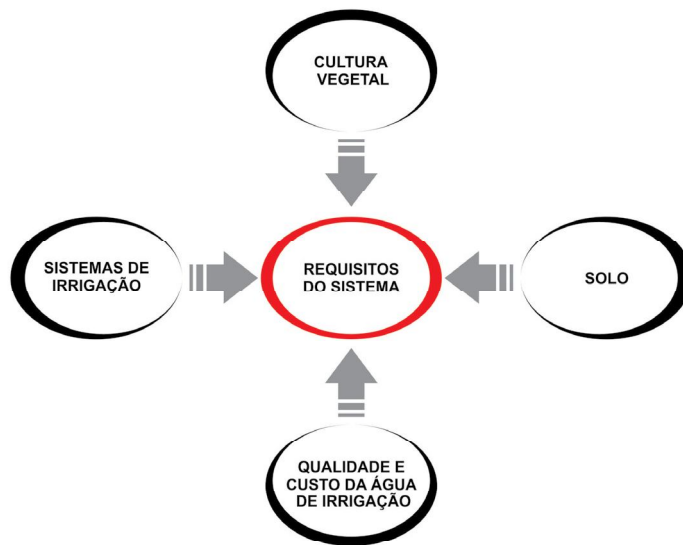
- **Interface de desenvolvimento com os especialistas:** o sistema é fechado, mas, por estar acoplado a uma base de dados, permitirá a evolução de acordo com o aprimoramento das variáveis básicas.

- **Conjunto de atributos considerados pelo SiBCTI:** a classificação final é composta pela interação de variáveis pedológicas + edafoclimáticas + hídricas + aquelas relacionadas aos sistemas de irrigação.

- **Flexibilidade do SiBCTI:** o Sistema dispõe de classificações de terras para irrigação, fixando a cultura ou o sistema de irrigação, ou mesmo dando a opção de classificação generalizada, sem considerar os diferentes tipos de irrigação nem os diferentes tipos de culturas. É um recurso do sistema para o usuário que deseja uma avaliação não específica, que se adequa perfeitamente aos estudos de pré-viabilidade.

- **Concepção do SiBCTI:** foi desenvolvido com base na estrutura do BUREC, acrescido do arcabouço de conhecimentos adquiridos pelos técnicos e agricultores no manejo de áreas irrigadas no semiárido brasileiro ao longo do tempo.

- **Interface com o usuário:** o sistema permite ainda facilidade de utilização através do auxílio de diversos níveis de ajuda (*help*).



2.3 - Conceitos do SiBCTI

Nesta metodologia, uma determinada terra é considerada economicamente irrigável quando tem capacidade de reembolsar os custos alocados no projeto (sejam eles públicos ou privados) e de produzir benefícios contínuos para o irrigante.

Remuneração do trabalho e do capital é entendida como pagamento dos custos de produção inclusive a água e dos juros sobre o investimento, ou seja, o custo de oportunidade do capital, comparativamente a uma referência como a taxa de juro praticada pelo Governo Federal, conforme Carter (1993).

Desenvolvimento agrícola sob irrigação significa que a área a ser irrigada precisa produzir satisfatoriamente em bases permanentes.

A metodologia foi concebida considerando que o manejo da água será feito conforme as recomendações técnicas. Nesse caso, práticas como a superirrigação não estão contempladas neste documento.

As características edafológicas referem-se à interação entre as peculiaridades de cada espécie vegetal elencada na base de dados com os diferentes parâmetros, obtidas com base em investigações nos perímetros irrigados.

Relacionadas a solo:

- necessidade de profundidade efetiva,
- resistência à salinidade,

Características e Conceitos do Sistema

- resistência à sodicidade,
- resistência à deficiência de oxigênio, entre outros.

Relacionadas à água de irrigação:

- resistência à salinidade,
- resistência à sodicidade,
- resistência à fitotoxicidade de alguns elementos.

Relacionadas ao sistema de irrigação:

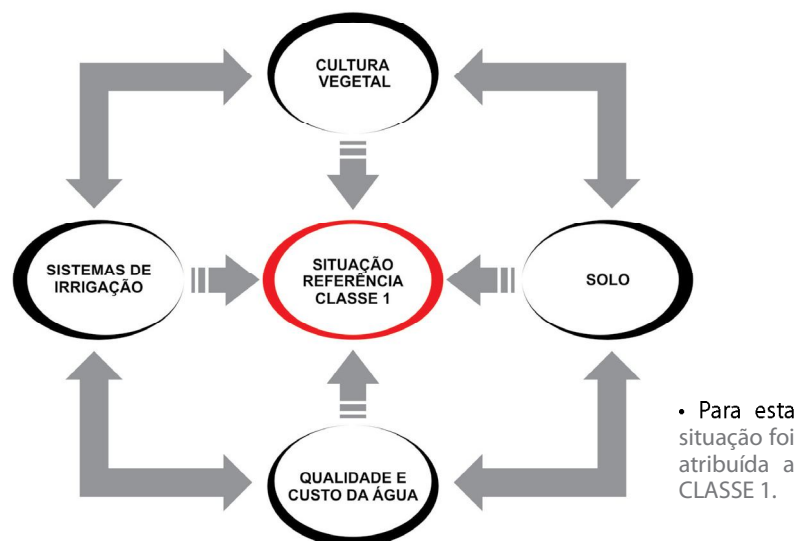
- influência do tipo de irrigação no manejo das culturas,
- influência do tipo de irrigação nas características da planta,
- influência do tipo de irrigação nas características no solo.

O SiBCTI foi estruturado para trabalhar com três sistemas de irrigação, de acordo com a eficiência energética na aplicação da água, interação com fitossanidade e interação com parâmetros do solo:

- localizada: microaspersão, gotejamento, jato pulsante,
- aspersão: convencional, pivô central, canhão hidráulico, entre outros,
- superfície: sulco, inundação, corrugação, entre outros.

Considerando o tipo de irrigação, a modalidade a ser adotada vai depender da cultura e do tipo de solo avaliado. Por exemplo, microaspersão ou gotejamento para o tipo localizado. Se o solo avaliado é arenoso, a indicação é para a modalidade microaspersão, devido à ausência de formação de bulbo nesse tipo de textura. Portanto, a opção gotejamento está descartada nesse caso.

A partir da definição de cada especificação ambiental e de manejo, foi identificada a situação de REFERÊNCIA, que permitia o alcance da máxima produtividade potencial (100%).



Características e Conceitos do Sistema

A partir da Situação Referência, definiu-se a estratificação em **6 (seis) classes**, por dois motivos:

- é uma categorização consolidada pelo uso pelos técnicos que trabalham nessa área;
- o volume e consistência das informações obtidas junto aos perímetros irrigados não permitiriam um detalhamento maior como, por exemplo, a adoção de 8 (oito) ou 10 (dez) classes.

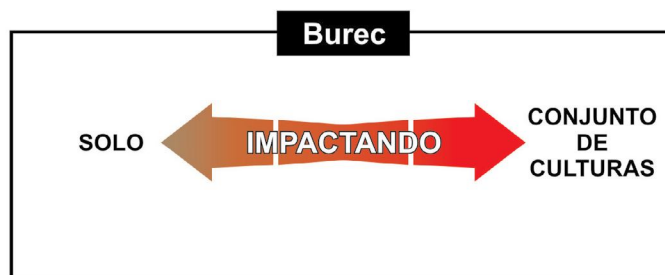
Adotou-se como paradigma da classe de irrigação o conceito da “Lei de Liebig”, também conhecida como “Lei do Mínimo” (MORAES, 1947).

“O fator mais limitante define a classe”

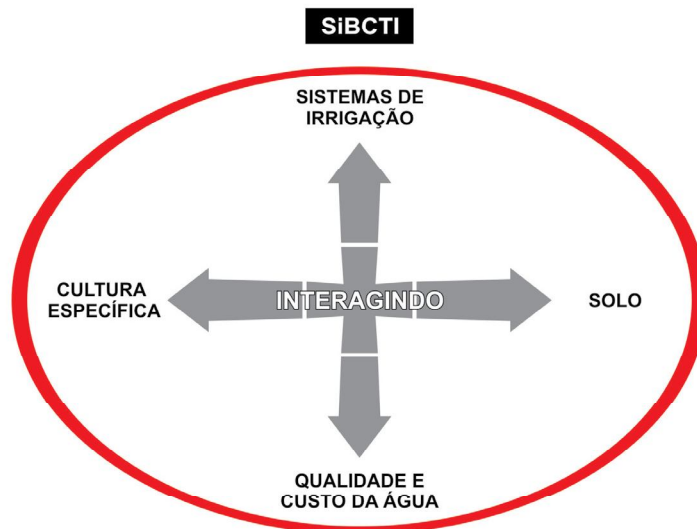
Não se entrou no mérito se essa Lei é ainda pertinente ou não, tal como é aplicada no campo da fertilidade do solo. O propósito de sua citação refere-se ao fato do SiBCTI ter sido ajustado de modo que os valores dos parâmetros mais limitantes fossem de tal forma, que definissem o intervalo de produtividade esperada para a cultura e o sistema de irrigação escolhido, à semelhança do que se convencionou “Lei do Mínimo”.

No SiBCTI, não se considera somente as características da “terra”, mas sua interação com o sistema de irrigação, cultura específica e qualidade e custo da água da irrigação, na forma de um SISTEMA ESPECIALISTA mais flexível e com mais variáveis de controle. Esta se constitui talvez na maior diferença para a metodologia do BUREC, em que as classes são definidas para grupos de culturas similares: grãos, culturas perenes, pastagem, etc.

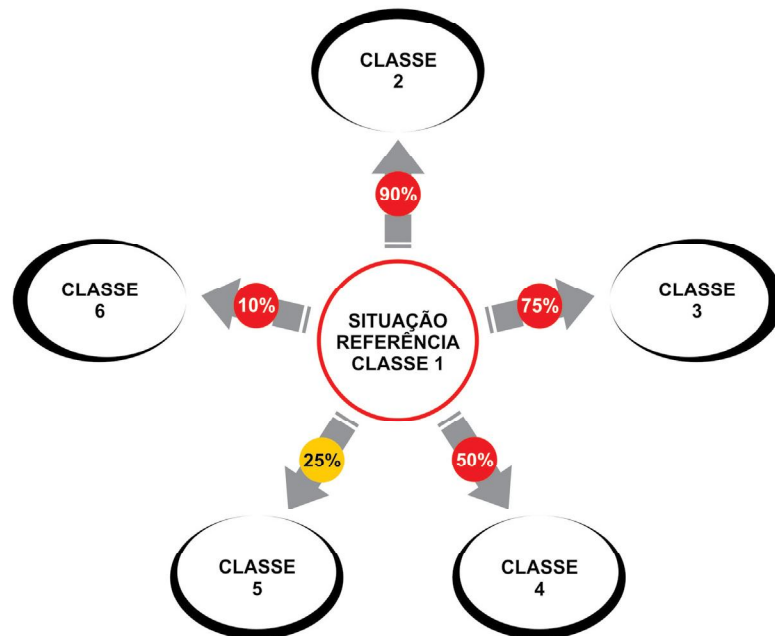
BUREC X SiBCTI



Características e Conceitos do Sistema



A definição conceitual das chamadas produtividades relativas (em relação à referência = 100) de 90%, 75%, 50%, 25% e < 10% foi feita com base em uma clássica conceituação dos impactos na produtividade vegetal devido à intensidade de salinização do solo ou água de irrigação, segundo Maas e Hoffman (1976). Esse conceito foi extrapolado para a interação solo x sistema de irrigação x cultura vegetal x qualidade e custo de captação da água.



Características e Conceitos do Sistema

Classe 1: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta a mais alta produtividade sustentável e baixo custo de produção. **É a situação de referência.**

Classe 2: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 90% da situação de referência.

Classe 3: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 75% da situação de referência.

Classe 4: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 50% da situação de referência.

Classe 5: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 25% da situação de referência. São terras que requerem estudos complementares para avaliação de seu aproveitamento sustentável sob irrigação.

- Na metodologia do BUREC, a classe 5 é definida como classe provisória ou pendente, ou seja, onde são enquadradas terras que precisam de estudos complementares para definir se são irigáveis ou não.
- No SiBCTI, a classe 5 é uma sequência natural, posicionada entre as classes 4 e 6, uma vez que o SISTEMA é ESPECIALISTA e define para cada situação específica: solo x sistema de irrigação x cultura vegetal e qualidade e custo da água; um intervalo de produtividade esperada, baseado em informações de campo, complementados ou não com bibliografia. Todavia, a classe 5 ainda mantém o conceito de classe provisória, por conter muitas vezes, arranjos ambientais que requerem avaliações complementares para definição da sua viabilidade e sustentabilidade de produção sob irrigação.

Classe 6: terra que, mesmo explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que implicam em uma produção não sustentável e/ou gravosa, correspondendo a uma produtividade média equivalente a 10% da situação de referência.

Para a definição das classes e por conseguinte delimitação dos desvios de produção, considerou-se valores médios obtidos com amplo tempo de recorrência.

Características e Conceitos do Sistema

Os parâmetros de solo **Ca + Mg (Y)** e **Valor T (T)** que em determinada avaliação sejam os mais limitantes, mesmo apresentando hipoteticamente valores iguais a “zero”, o SiBCTI não permite que essa terra seja classificada na classe 6.

Devido a mais baixa produtividade e/ou rentabilidade comparativa do sistema de irrigação por superfície para a fruticultura perene, em relação aos sistemas de irrigação localizado e aspersão, o SiBCTI não permite a classificação dessa condição na classe 1.

A aparente pequena diferença entre as classes 1 e 2 (10%) deve-se a parâmetros de pequeno impacto relativo na produtividade final, mas que não podem ser desconsiderados quando da comparação entre terras classificáveis como classes 1 e 2. Um exemplo é a correção de alumínio trocável (**M**), parâmetro que impacta a produção mas que tem relativamente baixo custo de correção.

Referências Bibliográficas

- BERNARDES, R. M. **C4.5: Um recurso para geração de árvores de decisão**. Instruções Técnicas 7. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, Dezembro, 2001. 8 p.
- CARTER, V. H. **Classificação de terras para irrigação**. Brasília, DF: Secretaria de Irrigação, 1993. 208 p. (Manual de Irrigação, 2).
- GENARO, S. **Sistemas especialistas: O conhecimento artificial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1987. 192 p.
- HARMON, P.; KING, D. **Sistemas especialistas**. Rio de Janeiro: Editora Campus. 1988. 304 p.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop soil tolerance evaluation of existing data. In: INTERNATIONAL SALINITY CONFERENCE, 1976, Lubbock, Texas. **Proceedings...** 1976. p. 187-198.
- MANSILLA BACA, J. F. **Dinâmica da Paisagem: Métodos analíticos e modelos de classificação e simulação prognóstica, sob a ótica geocológica**. 2002. 184 p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Deptº de Geografia, Rio de Janeiro.
- MORAES, J. **Determinação da necessidade de adubação – método de Mitscherlich**. Piracicaba, 1947. Mimeog.