

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

*Sistema Brasileiro de
Classificação de Terras para Irrigação
Enfoque na Região Semiárida*

2ª Edição

Convênio Embrapa Solos / CODEVASF

Editor Técnico
Fernando Cezar Saraiva do Amaral

Embrapa Solos
Rio de Janeiro, RJ
2011

Exemplares desta publicação podem ser obtidos na:

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024
CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ
Tel: (21) 2179-4500 Fax: (21) 2274-5291
E-mail: sac@cnps.embrapa.br
Site: <http://www.cnps.embrapa.br/sibcti>

CODEVASF

SGAN Quadra 601, Conjunto I – Edifício Manoel Novaes
70830-901 Brasília, DF
Tel: (61) 3312-4611 Fax: (61) 3312-4860
Site: <http://www.codevasf.gov.br>

Comitê Local de Publicações

Presidente: Daniel Vidal Pérez

Secretário-Executivo: Jacqueline Silva Rezende Mattos

Membros: Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro, Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos.

Supervisor editorial: Jacqueline Silva Rezende Mattos

Normalização bibliográfica: Cláudia Regina Delaia e Ricardo Arcanjo de Lima

Revisão de texto: André Luiz da Silva Lopes e Miriam Miguel Augusto da Cruz

Capa: Eduardo G. de Godoy

Fotografias: Adoildo da Silva Melo, Enio Fraga da Silva, Fernando Cezar S. Amaral, Silvio Barge Bhering, Roberto da Boa Viagem Parahyba

Ilustrações: Franklin Áglio

2ª edição

1º impressão (2011): 9.000 exemplares.

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Solos

A485s Amaral, Fernando Cezar Saraiva do.

Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação : enfoque na região semiárida / editor: Fernando Cezar Saraiva do Amaral. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011.

164 p.: il.

ISBN: 85-85864-36-1

Convênio Embrapa Solos / CODEVASF

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/> >.

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2011).

1. Irrigação. 2. Classificação de terras. 3. Região semiárida. 4. Brasil. I. Título. II. Embrapa Solos. III. CODEVASF.

CDD (21.ed.) 631.587

Autores

Adoildo da Silva Melo

Eng. Agr., Assistente A - Embrapa Solos

Aldo Pereira Leite

Assistente A - Embrapa Solos

Alexandre Hugo Cezar Barros

Eng. Agr., Doutor em Ciência do Solo, Pesquisador A - Embrapa Solos

Antonio Ramalho Filho

Eng. Agr., Doutor em Planejamento de Uso das Terras (Ciência do Solo). Pesquisador aposentado - Embrapa Solos

Daniel Vidal Pérez

Eng. Agr., Doutor em Química do Solo, Pesquisador A - Embrapa Solos

Danielle Oliveira de Andrade

Eng. Agrícola, Consultora

Enio Fraga da Silva

Eng. Agr., Doutor em Levantamento de Solos e Planejamento Ambiental, Pesquisador A - Embrapa Solos

Fábio Pereira Botelho

Mestre em Ciência da Computação (Redes e Sistemas Distribuídos), Analista A - Embrapa Solos

Fernando Cezar Saraiva do Amaral

Eng. Agr., Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador A - Embrapa Solos

Flávio Hugo Barreto Batista da Silva

Pesquisador A - Embrapa Solos (in memoriam)

Jesus Fernando Mansilla Baca

Eng. Cartógrafo, Doutor em Geoprocessamento,
Pesquisador A - Embrapa Solos

José Carlos Pereira dos Santos

Eng. Agr., Mestre em Pedologia, Fertilidade e Aptidão
Agrícola das Terras, Pesquisador B - Embrapa Solos

José Coelho de Araújo Filho

Eng. Agr., Doutor em Pedologia, Pesquisador A -
Embrapa Solos

Manoel Batista de Oliveira Neto

Eng. Agr., Mestre em Pedologia, Pesquisador B -
Embrapa Solos

Nestor Corbiniano Sousa Neto

Eng. Agr., Pesquisador II - Embrapa Solos

Roberto da Boa Viagem Parahyba

Eng. Agr., Mestre em Pedologia, Pesquisador B -
Embrapa Solos

Silvio Barge Bhering

Eng. Agr., Doutor em Geoprocessamento/
Planejamento e Gestão Ambiental, Pesquisador
A - Embrapa Solos

Silvio Roberto de Lucena Tavares

Eng. Agr., Doutor em Recuperação de Áreas Degrada-
dadas/Contaminadas e Manejo do Solo, Pesquisa-
dor A - Embrapa Solos

Thomaz Correa e Castro da Costa

Eng. Florestal, Doutor em Sensoriamento Remoto,
Pesquisador A - Embrapa Milho e Sorgo

Agradecimentos

Esta metodologia não teria sido estruturada sem o decisivo apoio dos muitos profissionais das diversas instituições: CODEVASF, DNOCS, Centros de Pesquisa da Embrapa, universidades, empresas privadas, consultores, enfim; diversos técnicos que contribuíram com seus conhecimentos técnicos e experiências de vida, sem os quais seria impossível a sistematização dos inúmeros parâmetros e suas respectivas interações, que serviram de base para a elaboração deste sistema.

Prestaram igualmente relevante contribuição os muitos agricultores irrigantes que com suas valiosas informações práticas, enriqueceram, substanciaram, calibraram e modelaram essa metodologia.

A todos esses, os autores deste trabalho externam seus sinceros agradecimentos.

Apresentação

Neste trabalho são apresentados o histórico, princípios e conceitos, bem como a estrutura da Segunda Versão do Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SiBCTI), com enfoque nos solos, culturas e manejo praticados na região semiárida.

Este aperfeiçoamento metodológico é fruto de mais uma parceria entre a CODEVASF e a Embrapa Solos e contou com a participação de diversas instituições como universidades, centros de pesquisa, consultores e agricultores de modo geral, sendo formulado basicamente com informações colhidas nas áreas de produção.

O sistema está estruturado através de quatro planos de informação, constituídos de variáveis pedológicas, aquelas relacionadas às necessidades e especificidades de várias plantas, à qualidade e custo de captação da água de irrigação e aquelas relacionadas aos principais sistemas de irrigação utilizados; de tal forma que a classificação é feita considerando as limitações do ambiente especificamente a cada cultura vegetal e a cada sistema de irrigação. A metodologia conta ainda com uma classificação generalizada, que se aplica muito bem aos estudos de pré-viabilidade e a levantamentos pedológicos de menor escala ou mais generalizados.

Acompanha o sistema um programa de computador desenvolvido em linguagem Java com interface web, acessível a partir de qualquer plataforma, que objetiva facilitar a obtenção da classificação do ambiente pelo usuário.

Os autores acreditam que esta metodologia, agora em sua segunda versão, vem aperfeiçoar a real interação entre todos os parâmetros envolvidos na correta classificação de terras para irrigação, contribuindo de maneira definitiva na avaliação da exploração sustentável dos recursos naturais, bem como na maximização do retorno econômico dos vultosos investimentos nessa área.

Disponível gratuitamente em: www.cnps.embrapa.br/sibcti



Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin
Chefe Geral da Embrapa Solos

Sumário

Introdução	11
Capítulo 1 – Base Metodológica	15
1.1 - Desenvolvimento da Metodologia	17
1.2 - Embasamento da Metodologia	22
1.2.1 - Definição de “Solo” e “Terra” Usados no SiBCTI	22
1.2.2 - Amostragem de Solo para Irrigação	23
1.2.3 - Densidade de Observações	24
1.2.4 - Padronização dos Dados	26
1.2.5 - A Questão da Drenagem	26
Referências Bibliográficas	30
Capítulo 2 – Caracterização e Conceitos do Sistema	31
2.1 - Desenvolvimento do Sistema Especialista (S.E.) do SiBCTI	33
2.2 - Características do SiBCTI	34
2.3 - Conceitos do SiBCTI	36
Referências Bibliográficas	42
Capítulo 3 – Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo	43
3.1 - Profundidade Efetiva	45
3.2 - Textura	47
3.3 - Capacidade ou Camada de Água Disponível	48
3.4 - Ca + Mg	51
3.5 - Valor T	52
3.6 - Alumínio Trocável	53
3.7 - pH em Água	54
3.8 - Saturação com Sódio Trocável	55
3.9 - Condutividade Elétrica	58
3.10 - Condutividade Hidráulica	62
3.11 - Velocidade de Infiltração Básica	65
3.12 - Profundidade da Zona de Redução	67
3.13 - Mineralogia da Argila	69
3.14 - Espaçamento entre Drenos	72
3.15 - Declividade	73
3.16 - Pedregosidade	73
3.17 - Rochosidade	74
3.18 - Posição da Paisagem	75
Referências Bibliográficas	76
Capítulo 4 – Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação	79
4.1 - Condutividade Elétrica	82
4.2 - Relação ou Razão de Adsorção de Sódio	85

4.3 - Cloreto	86
4.4 - Ferro	87
4.5 - Boro	88
4.6 - Diferença de Cota ou Altura de Recalque e Distância da Captação D'água	89
Referências Bibliográficas	90
Capítulo 5 – Culturas Perenes Componentes da Base de Dados – I	91
5.1 - Manga	93
5.2 - Goiaba	98
5.3 - Acerola	100
Referências Bibliográficas	102
Capítulo 6 – Culturas Perenes Componentes da Base de Dados – II	103
6.1 - Uva	105
6.2 - Banana	107
6.3 - Coco	109
Referências Bibliográficas	111
Capítulo 7 – Culturas Semiperenes e Anuais Componentes da Base de Dados - I	113
7.1 - Cana-de-Açúcar	115
7.2 - Cebola	117
7.3 - Melão	119
Referências Bibliográficas	120
Capítulo 8 – Culturas Semiperenes e Anuais Componentes da Base de Dados - II	121
8.1 - Melancia	123
8.2 - Milho	124
8.3 - Feijão	125
Referências Bibliográficas	126
Capítulo 9 – Classificação BUREC, Classificação SiBCTI - Produto Final	127
9.1 - Classificação Padrão do BUREC	129
9.2 - Classificação SiBCTI – Produto Final	130
9.2.1 - Subscrito Rentabilidade	132
9.2.2 - Classe	133
9.2.3 - Subscritos Representativos dos Parâmetros	134
Referências Bibliográficas	136
Capítulo 10 – Aplicando o SiBCTI	137
10.1 - Solos de Lenta Drenabilidade, Estudo de Caso (I)	139
10.1.1 - Descrição do Perfil	141
10.1.2 - Descrição Morfológica	142
10.1.3 - Dados Analíticos	143
10.1.4 - Inserção dos Dados	145
10.2 - Compatibilidade Sistema de Irrigação x Solo, Estudo de Caso (II)	150
10.2.1 - Descrição do Perfil	151
10.2.2 - Descrição Morfológica	152
10.2.3 - Dados Analíticos	153
10.2.4 - Inserção dos Dados	155
10.3- Comentários Finais, Impacto da Tecnologia	159
Referências Bibliográficas	164

Introdução

A agricultura irrigada é a atividade antropogênica que mais consome água. Sua participação no mundo corresponde a 17,8%, equivalendo a 40% de toda a produção (FAO, 1998). O Brasil está em desvantagem em relação ao mundo, uma vez que o percentual de suas terras irrigadas se aproxima apenas de 4,5% (CHRISTOFIDIS, 1999).

De todas as regiões brasileiras, a Nordeste é aquela que mais se destaca na necessidade de utilização da irrigação. Conforme recente aferição, aproximadamente 70% de suas terras encontram-se sob o regime semiárido, participando no entanto com apenas 17% da área irrigada nacional (RESENDE et al., 2003). Sua expressão ganha ainda mais destaque uma vez que a região com marcante deficiência hídrica engloba também o norte do Estado de Minas Gerais. Nessa condição climática desfavorável, a irrigação desempenha papel fundamental na sua exploração agrícola maximizada.

No Brasil, os projetos de irrigação, principalmente os públicos, implantados até o momento utilizaram como metodologia de classificação das terras a desenvolvida pelo Bureau of Reclamation – BUREC (ESTADOS UNIDOS, 1953, 1982). Essa aplicação, muitas vezes, ocorreu de modo simplificado, sem atentar, por falta de subsídios técnicos e em atendimento às urgências das políticas públicas para a agricultura irrigada, para as ações que poderiam contribuir para a degradação das terras e/ou baixa taxa de retorno econômico, que, em alguns casos, afetaram o pleno sucesso da exploração do projeto no longo prazo.

Por falta de uma classificação de terras para irrigação adaptada às condições brasileiras, em que as terras fossem classificadas de acordo com o seu real potencial para agricultura irrigada, tem se promovido ou uma superutilização das terras, induzindo seu desgaste, ou uma subutilização, abrindo mão da maximização do retorno econômico. Em ambos os casos, tais práticas podem resultar em utilização inadequada dos potencialmente escassos recursos hídricos e de solo de toda a região semiárida.

Melhorar os estudos do solo e desta forma poder gerenciar a água em bacias hidrográficas implica no aperfeiçoamento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), incluindo nesse a abordagem das características físico-hídricas do solo. Nesse contexto, deve-se enfatizar não apenas a importância, como também a necessidade de estudos sobre a sustentabilidade agrícola, pois, além de ser um enfoque imprescindível na elaboração de ordenamentos/zoneamentos, a correta

classificação das terras é um fator básico para o estabelecimento da “coerência ecológica”, ou seja, uso dos recursos naturais segundo sua aptidão, evitando assim a má utilização dos recursos naturais e a consequente degradação dos ecossistemas.

Ramalho Filho (1992) apresentou um procedimento metodológico para a avaliação física, social e econômica de terras para sistemas integrados de produção, considerando tecnologia intermediária em agricultura de pequena escala, enquanto para Olson (1974), a classificação utilitária de terras podia ser tão boa quanto fossem os dados básicos utilizados e a formulação de suas várias unidades. Beek (1978) advogou que a avaliação de terras desenvolve-se a partir da interpretação de levantamentos. Entretanto, levantamentos de solos podem ser interpretados de acordo com qualquer sistema de classificação técnica, seja ele de capacidade de uso, de aptidão de terras ou potencial de terras para irrigação.

A interpretação de levantamentos pode sugerir que o solo é o único fator do meio ambiente a ser considerado, quando se sabe que outros, a exemplo de clima, vegetação, topografia, hidrologia e condições socioeconômicas, também estão envolvidos no processo interpretativo. Portanto, parece mais razoável tratar de avaliação da aptidão das terras, como um procedimento que leva em conta a terra e seus atributos correlacionados. Bridges (1978) assinalou que a avaliação da aptidão das terras pode ser vista como um claro e direto exercício geográfico, com alguns valores práticos. Entretanto, há inúmeras combinações de condições biofísicas, ambientais, sociais e econômicas que a tornam complexa.

Vários sistemas de classificação do potencial das terras foram identificados por Vink (1960), que discutiu a avaliação da aptidão e seus aspectos quantitativos e afirmou que somente por meio da classificação da aptidão das terras, os resultados dos estudos de solos tornar-se-iam realmente úteis para as várias formas da atividade humana.

Verifica-se desta forma que a avaliação das terras e os diversos zoneamentos agrícolas realizados, como asseveraram Diepen et al., (1982), dependem basicamente de inventários e sistematização de dados sobre recursos naturais, técnicos e socioeconômicos, geralmente registrados e utilizados na forma de mapas temáticos e atualmente analisados sob poderosas ferramentas de geoinformação.

Assim, como consequência de estudos intensivos, concluiu-se que, para que as terras possam responder positivamente ao emprego da tecnologia de irrigação, faz-se necessária a existência de uma adequada classificação de suas potencialidades para o uso agrícola com irrigação. Essa classificação deverá avaliar as características dos nossos solos e se ajustar à realidade atual da tecnologia de irrigação, à estrutura do mercado agrícola, ser de fácil entendimento e operacionalidade e, acima de tudo, suscetível a modificações à medida que o conhecimento científico e tecnológico evoluir.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação deverá ter natureza dinâmica, porquanto são necessárias atualizações periódicas dos critérios adotados, notadamente quando parâmetros ainda não considerados, passarem a influenciar

os resultados obtidos. Esse sistema além de contemplar todo o “estado da arte”, deverá evidentemente ponderar com acurácia as principais características de nossos solos de modo a evitar danos ao meio ambiente quando sob uso intensivo.

Dessa forma, resumidamente, os principais pontos que motivaram o desenvolvimento de uma nova metodologia para a classificação de terras para irrigação bem como essa segunda versão, foram:

- incompatibilidade de algumas características dos solos do semiárido brasileiro com a classificação do BUREC;
- falta de padronização na definição dos parâmetros e na classificação;
- ocorrência de diversos problemas ambientais, destacando a salinização;
- descompasso entre a metodologia de classificação até então usada com o nível tecnológico atual da agricultura irrigada praticada no semiárido;
- dificuldades na correta classificação das terras para a irrigação;
- ajuste e calibração de parâmetros utilizados na Primeira Versão do SiBCTI;
- incorporação das diversas sugestões, que após ampla avaliação pelos usuários, tornam o Sistema mais racional e amigável.

Referências Bibliográficas

- BEEK, K. J. **Land evaluation for agricultural development**. Wageningen: ILRI, 1978. 333 p. (ILRI Publication, 23).
- BRIDGES, M. E. **World soils**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University, 1978. 128 p.
- CHRISTOFIDIS, D. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil**. Brasília: CDS-UnB, 1999. 34 p.
- DIEPEN, C. A. van. Evaluating land evaluation. In: ISM. **Annual Report 1982**. Wageningen, 1983. p. 13-29.
- ESTADOS UNIDOS. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. **Land classification techniques and standards: land suitability and water quality group**. Denver, 1982. 1 v. (US. Bureau of Reclamation Series, 510).
- ESTADOS UNIDOS. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. **Reclamation manual: irrigated land use: land classification**. Denver, 1953. 54 p., v. 5, part 2.
- FAO. **Production yearbook**. Volume 52, Roma, 1998. 233 p.
- OLSON, G. W. Land classifications. **Search Agriculture**, Ithaca, v. 4, n. 7, 1974. 34 p.
- RAMALHO FILHO, A. **Evaluating land for improved systems of small-scale farming with special reference to Northeast Brazil**. 1992. 288 f. (Ph.D Thesis) - University of East Anglia, School of Development Studies, Norwich, UK.
- RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.; COUTO, L. **A cultura do milho irrigado**. Embrapa Informação Tecnológica: Brasília, DF, 2003. 317 p.
- SISTEMA Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- VINK, A. P. A. Quantitative aspects of land classification. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE TRANSACTION, 7., 1960. Madison. [**Proceedings...**]. Madison: Elsevier, 1960. v. 5, p. 371-378.

Capítulo 1

Base Metodológica

Fernando Cezar Saraiva do Amaral
Antonio Ramalho Filho
Silvio Barge Bhering
Silvio Roberto de Lucena Tavares

1.1 - Desenvolvimento da Metodologia

A primeira etapa consistiu de uma criteriosa avaliação do “estado da arte” no que tange às diferentes metodologias de classificação de terras para irrigação, inclusive com a participação de diversos técnicos atuantes na área.

Como parte desta etapa, realizaram-se seminários tanto no Agricultural Research Service (ARS) localizado em Washington/DC quanto no Bureau of Reclamation (USBR), localizado em Denver (EUA), para um intercâmbio referente às linhas de atuação e estratégias que estavam sendo desenvolvidas ou a serem montadas, referentes aos avanços na metodologia de classificação de terras para irrigação (ESTADOS UNIDOS, 1953), até então amplamente empregada em todo o mundo.

Dos contatos mantidos no USBR, além da apresentação do projeto da Embrapa em andamento, efetuou-se a discussão dos principais problemas da classificação de terras para irrigação com a equipe técnica local, que permitiu delinear sucintamente o seguinte quadro:

Não houve um significativo avanço no desenvolvimento do sistema desenvolvido pelo USBR desde a publicação acima mencionada e a sua reedição ampliada (ESTADOS UNIDOS, 1982). A razão apresentada para esta constatação deve-se a um arrefecimento no ritmo de implementação de novos projetos de irrigação na sua jurisdição, o oeste americano, desde os anos oitenta.

Está se delineando um novo quadro de desenvolvimento do sistema, em decorrência da retomada por parte do USBR, do estudo dos problemas resultantes da prática da irrigação nos projetos antigos, que têm demandado reformulação de critérios e parâmetros a serem inseridos no sistema USBR (ESTADOS UNIDOS, 1982). Esta é uma situação comum à vivida nos projetos de irrigação implantados há alguns anos no nordeste do Brasil.

Na percepção da equipe técnica local, iniciar-se-á um projeto com esse propósito.

Há um consenso, entre os autores deste documento, de que os problemas de salinidade nos projetos de irrigação no nordeste brasileiro estejam relacionados aos parâmetros de drenagem do solo, que podem ter sido negligenciados durante a classificação das terras ou mesmo, no projeto de engenharia, que não tenha instalado o sistema de drenagem de acordo com as características do solo. O motivo para tal deve-se, certamente, à falta de experiência sobre os efeitos da irrigação nas condições físicas e químicas dos solos.

A principal contribuição do seminário no USBR foi a coletânea de recomendações formuladas pelos técnicos locais, com referência à implantação de novos sistemas de drenagem baseados nos parâmetros do solo e a racionalização da quantidade de água ministrada nos perímetros irrigados.

Já no Serviço de Conservação de Recursos Naturais – NRCS/USDA foram discutidos problemas de drenagem do solo com a equipe da Gerência de Águas que disponibilizou ainda uma vasta bibliografia e importantes relatórios relacionados ao tema.

O seminário no ARS concentrou-se em aspectos de natureza institucionais enquanto o Programa de Qualidade e Manejo de Água propiciou um entendimento sobre as ações em curso em diversas regiões do país e como a instituição está enfrentando os principais problemas técnicos e operacionais.

Numa segunda etapa, no tocante às atividades realizadas no Brasil, foram estruturados vários seminários com diversos técnicos de várias instituições atuantes nas áreas de pedologia, irrigação e drenagem em diversos locais (Rio de Janeiro, Petrolina, Recife, Bom Jesus da Lapa) para definição dos parâmetros e estrutura da metodologia que seria desenvolvida. Esses seminários foram fundamentais no desenvolvimento da estrutura básica do Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação.

Foram implementadas inúmeras viagens técnicas para coleta de dados de solos e socioeconômicos nos perímetros irrigados, não só públicos quanto privados, com posterior análise e críticas desses dados, visando à evolução dessa estrutura. As principais classes de solos que apresentaram problemas e que mereceram estudos mais pormenorizados foram os Vertissolos, Luvisolos crômicos, Neossolos quartzarênicos e Cambissolos háplicos carbonáticos vérticos.

Na fase seguinte, com a estrutura do sistema mais desenvolvida, foi organizada nova sequência de apresentações públicas com seminários, em vários locais, precedidos quando possível do envio do material com as últimas versões para os técnicos, objetivando não só recolher a crítica para o aperfeiçoamento do sistema, como também agregar novos colaboradores às discussões.

Essa fase contou ainda com o suporte de uma home page (<http://www.cnps.embrapa.br/sibcti>) onde as seguidas versões do sistema foram sendo disponibilizadas para uma ampla lista atualizada de técnicos que tiveram a oportunidade de efetuar downloads para suas máquinas e participar à comunidade técnico-científica e ao coordenador do sistema, suas críticas e sugestões visando o contínuo aperfeiçoamento do método.

Depois de organizada uma massa crítica de dados e informação, o Sistema foi intensamente testado, concluído e finalmente apresentada a Primeira Versão do Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação – Enfoque na Região Semi-árida (SiBCTI).

Para a Segunda Versão do SiBCTI, o procedimento foi semelhante. Foram incorporadas todas as observações arquivadas nesse período, desde o lançamento da Primeira Versão (2005). O software que permite a classificação automática foi atualizado e incorporadas várias evoluções.

Tabela 1 - Técnicos participantes dos seminários e lista de discussão que possibilitaram o aperfeiçoamento do SiBCTI.

NOME	INSTITUIÇÃO	ENDEREÇO ELETRÔNICO
Ademario Araujo Filho	Agrovale	aaaraujo@agrovale.com
Ademário de Almeida Silva	DIPOLO	ademario.silva@uol.com.br
Adoildo Silva Melo	Embrapa Solos	adoildo@cnps.embrapa.br
Aldo Pereira Leite	Embrapa Solos	aldo@uep.cnps.embrapa.br
Alexandre Marcolino	Embrapa Solos	alexandre.marcolino@cnps.embrapa.br
Antonio Alberto C. Tabosa	Dow Agrosociences	agtabosa@dow.com
Antônio Dias Leite	Amcham	adleite@amchamrio.com.br
Antonio Heriberto Teixeira	Embrapa Semiárido	heribert@cpatsa.embrapa.br
Ademar Barros da Silva	Embrapa Solos	ademar@uep.cnps.embrapa.br
Alberto Pinto	Embrapa Cerrados	alcapi@cpac.embrapa.br
Alexandre Hugo Barros	Embrapa Solos	alexandre@uep.cnps.embrapa.br
Almir Gomes de Souza	Ecotema	almir@antares.com.br
Antonio Cabral Cavalcante	ANA	cabral@cpatsa.embrapa.br
Antonio Ramalho Filho	Embrapa Solos	aramalhof@gmail.com
Ari Cavedon	Biodinâmica-Emp. Consul. (amb.)	cavedon@biodinamica.bio.br
Augusto César V. Getirana	UFRJ	augusto@hidro.ufrj.br
Carlos Augusto Villela	Agrosoft	villela@agrosoft.org.br
Celso Vainer Manzatto	Embrapa Meio Ambiente	cmanzatto@cnpma.embrapa.br
Clementino Coelho	CODEVASF-Sede	clementino.coelho@codevasf.gov
Clementino Marco Faria	Embrapa Semiárido	clementi@cpatsa.embrapa.br
Clesinaide A. Martins	CODEVASF	clesinaidemartins@bol.com.br
Daniel Vidal Pérez	Embrapa Solos	daniel@cnps.embrapa.br
Danielle Oliveira de Andrade	UFF	nielleandrade@ig.com.br
Diógenes Barbosa	Xilema Agronomia e Meio Ambiente	diogenes@xilema.com.br
Doracy Pessoa Ramos	UENF	doracy@uenf.br
Edgar Shinzato	CPRN - Serviço Geológico do Brasil	shinzato@rj.cprm.gov.br
Edjinaldo Ferreira	COHIDRO	
Edmar Ramos Siqueira	Embrapa Tabuleiros Costeiros	editar@cpatc.embrapa.br
Edson Diogo Tavares	Embrapa Tabuleiros Costeiros	diogo@cpatc.embrapa.br

Eduardo Barreto	COHIDRO	
Eloy de Souza Silva	CODEVASF/ 3º SR	eloyzsilva@bol.com.br
Enio Fraga da Silva	Embrapa Solos	enio@cnps.embrapa.br
Eno S. Fulber	Consultor/Produtor	aprovale@uol.com.br
Eriberto Corlett da Ponte	CODEVASF	eriberto@codevasf.gov.br
Fernando Cezar S. do Amaral	Embrapa Solos	fernando@cnps.embrapa.br
Fernando Dultra Cintra	Embrapa Tabuleiros Costeiros	fcintra@cpatc.embrapa.br
Flávio Hugo Barreto	Embrapa Solos	flavio@uep.cnps.embrapa.br
Flávio José Gomes Cabral	CODEVASF/ 3º SR	3ap@codevasf.gov.br
Francisco Bezerra Siqueira	CODEVASF-Sede	siqueira@codevasf.gov.br
Francisco de Assis F. Rosa	Autônomo	fassisrosa@inter.net
Heron Xaud	Embrapa Roraima	heron@cpafrr.embrapa.br
Humberto G. dos Santos	Embrapa Solos	humberto@cnps.embrapa.br
Iedo Bezerra Sá	Embrapa Semiárido	iedo@cpatsa.embrapa.br
Ilvo Meirelles	SUVALE/produtor	ilvo@uai.com.br
J. C. Cordeiro	UFPI	c.cordeiro@uol.com.br
Jesus F. Mansilla Baca	Embrapa Solos	jesus@cnps.embrapa.br
João Almir G. Freitas	CHESF/CEI	jalmirgf@chesf.gov.br
João Antonio de Barros Neto	CODEVASF/ 3º SR	3super@codevasf.gov.br
João Bosco de Rezende	CODEVASF/ 3º SR	3super@codevasf.gov.br
José Coelho de Araújo Filho	Embrapa Solos	coelho@uep.cnps.embrapa.br
Joselito Menezes	CODEVASF/ 6º SR	joselito.menezes@codevasf.gov.br
José Airton da Silva	CODEVASF/ 3º SR	jose.airton@bol.com.br
José Bezerra	CODEVASF/ 4º SR	codevasf-4ad@infonet.com.br
José Carlos P. Santos	Embrapa Solos	zeca@cnps.embrapa.br
José Costa	CODEVASF/ 3º SR	j-cbar@ig.com.br
José Maria Pinto	Embrapa Semiárido	jmpinto@cpatsa.embrapa.br
José Mario Piratello	Consultor	jmario22@hotmail.com
José Monteiro Soares	Embrapa Semiárido	monteiro@cpatsa.embrapa.br
José Novaes Carvalho	CODEVASF/ 3º SR	josenovaes@ig.com.br
José Ribamar Pereira	Soloagri	soloagri@bol.com.br
José Ronaldo Macedo	Embrapa Solos	jrmacedo@cnps.embrapa.br
Júlia Célia Mercedes Strauch	ENCE/IBGE	juliast@ibge.gov.br
Juvenilson R. Andrade	CODEVASF	juvenilsonr@hotmail.com
Keyla Soares Silva	SLP/PMJ	skeyla@ig.com.br
Lúcia Helena dos Anjos	UFRRJ	lanjos@ufrj.br
Luciano Flavio C. Nunes	CHESF	lflavio@chesf.gov.br
Luciano J.O. Accioly	Embrapa Solos	oaccioly@cnps.embrapa.br
Luis Henrique Basso	Embrapa Semiárido	lhbasso@cpatsa.embrapa.br

Luiz Augusto Costa	CODEVASF/SEDE	luizac@codevasf.br
Luiz Bezerra	Embrapa Solos	luizbo@hotmail.com
Luiz C. Cavalcanti	Consultor	luiz.cavalcanti@supranor.com.br
Luiz Gonzaga Jr.	CODEVASF/ 3º SR	gonzaga-junior@ig.com.br
Luiz Soares da Silva	ESAM	Isoares@esam.br
Magna Soares Moura	Embrapa Semiárido	magna@cpatsa.embrapa.br
Manoel Batista Oliveira Neto	Embrapa Solos	mneto@cnps.embrapa.br
Manuel de Jesus Batista	CODEVASF-sede	manuelj@codevasf.com.br
Marcelino Ribeiro	Embrapa Semiárido	marcelrn@cpatsa.embrapa.br
Marcos Bassi Ceddia	UFRRJ	ceddia@ufrj.br
Marcos Ramos Coutinho	CHESF	mramos@chesf.gov.br
Marcos Gervasio	UFRRJ	gervasio@ufrj.br
Maria da Penha Rodrigues	CODEVASF/ 3º SR	penha.maria@bol.com.br
Maria Sonia Lopes da Silva	Embrapa Solos	sonia@uep.cnps.embrapa.br
Mario Canevello	ANA	mario.canevello@ana.gov.br
Marta V. Ottoni	UFRJ	maro25@terra.com.br
Mateus Rosas Ribeiro	UFRPE	rosas@truenet.com.br
Mateus Rosas Ribeiro Filho	UFRPE	mrosas@depa.ufrpe.br
Mauro Carneiro dos Santos	UFRPE	mauromac@truenet.com.br
Morethon Resende	Embrapa Milho e Sorgo	resende@cnpms.embrapa.br
Muriel Batista de Oliveira	UFRJ	muriel@coc.ufrj.br
Nelson Fernandes	UFRJ	nelson@igeo.ufrj.br
Nestor Corbiniano Sousa	Embrapa Solos	ncorbiniano@uol.com.br
Nilson R. Pereira	Embrapa Solos	nilson@cnps.embrapa.br
Nivaldo Ferreira	Xilema Consultoria	nivaldo@creaba.org.br
Oswaldo Galdino Silva	CODEVASF/ 6ºSR	oswaldo.galdino@codevasf.gov.br
Patrícia Coelho Leão	Embrapa Semiárido	patricia@cpatsa.embrapa.br
Paulo Cardoso de Lima	Embrapa Solos	pclima@cnps.embrapa.br
Pedro Cunha	ANA	cunha@ana.gov.br
Pedro Lessa	CODEVASF/ 4º SR	codevasf-4ad@infonet.com.br
Ramon Souza de Oliveira	SLP/PMJ	ramonoliver@msn.com
Rebert Coelho Correia	Embrapa Semiárido	rebert@cpatsa.embrapa.br
Regolo Januzzi Cecchetini	Instituto Agropolos do Ceará	regolo@agropolos.org.br
Renivaldo A. Santos	CODEVASF/ 6ºSR	renivaldo.santos@codevasf.gov.br
Rita Ewerta Bandeira Silva	CODEVASF/ 6ºSR	rita.ewerta@codevasf.gov.br
Roberto Bezerra Leite	Funceme	bezerra@funceme.br
Roberto Boa Viagem Parahyba	Embrapa Solos	parahyba@uep.cnps.embrapa.br

Rodrigo Vieira	CODEVASF	dingovieira@terra.com.br
Ronaldo Souza Resende	Embrapa Tabuleiros Costeiros	ronaldo@cpatc.embrapa.br
Selma Cavalcanti C. de H. Tavares	Embrapa Solos	selma@uep.cnps.embrapa.br
Silvio Barge Bhering	Embrapa Solos	silvio@cnps.embrapa.br
Silvio Roberto de Lucena Tavares	Embrapa Solos	stavares@cnps.embrapa.br
Tamara Cláudia Gomes	Embrapa Semiárido	tamara@cpatsa.embrapa.br
Teresinha Albuquerque	Embrapa Semiárido	terealbu@cpatsa.embrapa.br
Theophilo B. Ottoni	UFRJ	drhima@civil.ee.ufrj.br
Thomaz Corrêa C. Costa	Embrapa Milho e Sorgo	thomaz@cnpms.embrapa.br
Valdimiro Lopes de Sá	CODEVASF	juniornununa@bol.com.br
Vicente de Paula	UFRPE	vicpaula@ufrpe.br
Valdemício Ferreira de Sousa	Embrapa Meio Norte	vfsousa@cpamn.embrapa.br
Wenceslau G. Teixeira	Embrapa Amazônia Ocidental	lau@cpaa.embrapa.br

1.2 - Embasamento da Metodologia

1.2.1 - Definição de “Solo” e “Terra” usados no SiBCTI

O conceito de solo usado no Sistema Brasileiro de Classificação das Terras para Irrigação (SiBCTI) é basicamente aquele utilizado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), (EMBRAPA, 1999), “o solo que classificamos é uma coleção de corpos naturais, constituídos de partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados de material orgânico e mineral. Ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza, onde ocorrem. Ocasionalmente podem ter sido modificados por atividades humanas”.

As alterações pedológicas que ocorrem no material do solo revelam contraste com o substrato rochoso ou seu resíduo mal decomposto, expressando diferenciação pedológica em relação ao pré-existente.

O solo tem como limite superior a atmosfera. Os limites laterais são os contatos com outras espécies de solos vizinhos, ou os contatos com afloramentos de rocha, material detrítico inconsolidado, aterros ou encontros com terrenos sob espelhos d’água permanente. O limite inferior do solo é difícil de ser definido. Comumente, o solo passa gradualmente no seu limite inferior para rocha dura ou material sapro-

lítico que não apresenta sinal de atividade animal, vegetal ou outras indicações de atividade biológica. O solo contrasta com o material subjacente pelo decréscimo de constituintes orgânicos, decréscimo de alteração e decomposição dos constituintes minerais, enfim, observa-se um ganho de propriedades mais relacionado ao substrato rochoso ou material de origem não consolidado.

Quando examinados a partir da superfície, consistem de seções aproximadamente paralelas, denominadas horizontes ou camadas, que se distinguem do material de origem, como resultado de adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria, tendo a habilidade de suportar o desenvolvimento do sistema radicular de espécies vegetais, em um ambiente natural.

Um dos principais componentes que embasa o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação é o perfil do solo que pode ser definido como a superfície que vai desde a superfície do solo até onde penetra a ação do intemperismo.

Nas condições de clima tropical úmido prevalescentes no Brasil, a atividade biológica e os processos pedogenéticos comumente ultrapassam profundidade maior que 200 cm. No entanto, foi esse o limite definido como representante da seção de controle para fins de descrição e coleta de perfis, pois nele as interações entre água/solo/raiz têm maior impacto na produção vegetal. Esse limite não prevalece quando:

- o horizonte A exceder a 150 cm de espessura. Nesse caso, o limite arbitrado é de 300 cm; ou
- no *sequum* estiver presente o horizonte E, cuja espessura somada a do horizonte A seja igual ou maior que 200 cm. Nesse caso o limite arbitrado é de 400 cm.

Alguns parâmetros do SiBCTI podem necessitar de informação até 240 cm, esta no entanto, quando possível, poderá ser obtida com o auxílio do trado.

O conceito de “terra” é mais amplo e refere-se a todo meio ambiente natural e cultural que sustenta a produção. É um termo mais abrangente do que solo. Além do solo, abrange vários atributos do meio físico, tais como: propriedade do substrato, drenagem, clima, abastecimento de água, topografia, cobertura vegetal, posição na paisagem, localização em relação aos centros de comercialização, povoados e outras terras ocupadas, tamanho dos lotes e área e benfeitorias (CARTER, 1993).

1.2.2 - Amostragem de Solo para Irrigação

Durante a execução de um levantamento pedológico, os solos são identificados no campo de acordo com suas características morfológicas, analíticas bem como de suas relações com feições da fisiografia local. Um levantamento pedológico é a estratificação da paisagem de acordo com unidades tridimensionais (pedons) homogêneas.

O exame de um perfil de solo é realizado em exposições de barrancos ou em trincheiras, suficientemente profundos para permitir uma visão abrangente dos mesmos (OLIVEIRA et al., 1992)

A intensidade da amostragem vai depender do objetivo, escala e tipo de levantamento pedológico (EMBRAPA, 1995). Desta forma, levantamentos mais generalizados revelam características utilizadas para classificação dos solos em alto nível categórico, enquanto levantamentos mais detalhados acumulam um grande número de características para individualização de classes de solos e níveis categóricos mais baixos.

Os levantamentos pedológicos são executados com o apoio de sistemas de classificação que propiciam os meios para identificação, nomenclatura e definição de limites entre unidades taxonômicas. O SiBCTI, metodologia para classificação das terras para irrigação, não prescinde do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, SiBCS (EMBRAPA, 1999). Ao contrário, procura aprofundá-lo no que tange ao enfoque das variáveis mais pertinentes à resposta que as terras sob irrigação devem apresentar no tocante à produção sustentável.

A unidade taxonômica para fins de irrigação terá a mesma conceituação daquela adotada nos levantamentos pedológicos tradicionais, ou seja, terá um conjunto de características e propriedades do solo, correspondente à unidade de classificação mais homogênea em qualquer nível categórico de sistemas taxonômicos. Será integrada por um conceito central, representada por um perfil de solo modal, que exhibe uma variabilidade das propriedades dentro dos limites determinados pela natureza de variável contínua (ESTADOS UNIDOS, 1953, 1982).

As unidades de mapeamento que compõem o levantamento de solos a serem interpretadas pelo SiBCTI devem, na medida do possível, ser designadas por unidades simples, evitando-se associações, principalmente quando compostas de unidades pertencentes a ordens diferentes (primeiro nível categórico do SiBCS). Eventualmente, pode-se esperar associações quando estas forem de individualização muito difícil para fins cartográficos e serem constituídas de unidades que correspondam à mesma classe de terras para irrigação.

Como a tecnologia da irrigação enseja um manejo intensivo do solo, os levantamentos pedológicos que lhe servem de base devem ser de alta intensidade com escalas grandes. Desta forma, os mais apropriados são os detalhados ou mesmo ultradetalhados.

1.2.3 - Densidade de Observações

A densidade de observações diz respeito ao número de observações visuais e registros de características locais feitas através de tradagens, verificações de cortes de estradas, barrancos, voçorocas e outras escavações existentes.

Não há consenso quanto à densidade de observações estabelecidas para levantamentos pedológicos. No entanto, são registrados por diversos autores, números que variam em média de 0,25 a 5 observações por centímetro quadrado de mapa.

Em se tratando de agricultura irrigada, sugere-se uma densidade de observações de 0,05 a 0,5 por hectare, dependendo do nível de detalhe e da escala do mapa. Dessa forma, a área seria separada em padrões utilizando-se o material básico disponível: fotografia aérea, restituição, entre outras. Se houver pequena variabilidade dentro dos padrões, a intensidade de observações poderá ser de 0,05 por hectare. Se houver grande variabilidade dentro dos padrões, com a ocorrência alternada de classes de solos diferentes no primeiro nível categórico (ordem), a intensidade dos exames poderá chegar até 5 observações por hectare considerando a escala de 1:10.000 (Tabela 2), com base em Embrapa (1995). Variabilidade intermediária teria proporcionalmente intensidade de amostragem intermediária.

Tabela 2 - Relações entre escala, área mínima mapeável (AMM), densidade de observações (D) e rendimento médio em área mapeável, nos levantamentos pedológicos destinados a áreas irrigáveis.

Escala	AMM (ha)	D - área homogênea	D - área heterogênea	Rendimento médio (ha)	Tipo de levantamento
1:500	0,001	1,5	6	1,5	ultradetalhado
1:1.000	0,004	1	5	1,8	
1:5.000	0,1	0,5	2	3,7	
1:10.000	0,4	0,15	0,5	15	detalhado
1:20.000	1,6	0,05	0,2	40	

Rendimento: número de hectares que um homem produz por dia, considerando 7,5 observações médias/dia (descrição e coleta de amostra).

Nos levantamentos para fins de irrigação, deverão ser utilizados como material básico mapas na escala 1:10.000 ou maior, eventualmente 1:20.000 se a área for mais uniforme, com curvas de nível de 0,25 a 1,00 metro, e estar georreferenciados todos os pontos de testes ou observações hidropedológicas. Com o avanço dos recursos tecnológicos, tais como geoprocessamento, modelagem, técnicas de geoestatística, qualidade de sensores, entre outros; haverá um aprimoramento contínuo da densidade de observações e frequência de amostragens (EMBRAPA, 1995).

Conforme observa Olson (1974), a classificação utilitária de terras pode ser tão boa quanto forem os dados básicos utilizados e a formulação de suas várias unidades.

1.2.4 - Padronização dos Dados

Como forma de obter classificações pedoambientais para irrigação confiáveis utilizando o SiBCTI, é fundamental que os dados alimentadores do sistema sejam padronizados e igualmente confiáveis. Portanto, os dados analíticos e morfológicos dos perfis de solo devem ser resultado de análises padronizadas segundo as mesmas rotinas laboratoriais, não importando a região onde seja feita. O mesmo procedimento deverá ser aplicado às análises da água para fins de irrigação.

Da mesma forma, os dados provenientes dos testes de campo, relacionados com a permeabilidade: condutividade hidráulica (**K**) e a velocidade básica de infiltração (**I**), deverão ser obtidos através de metodologias padronizadas.

A descrição de cada metodologia a ser empregada nos dados alimentadores do SiBCTI encontra-se no capítulo 3.

1.2.5 - A Questão da Drenagem

A salinidade do solo é um dos importantes fatores da degradação físico-química dos solos e que, portanto, afetam o rendimento dos cultivos. Em se tratando de regiões áridas e semiáridas irrigadas, constitui um sério problema, limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade das culturas a níveis anti-econômicos. Nessas regiões, caracterizadas por baixos índices pluviométricos e intensa evapotranspiração, a baixa eficiência da irrigação e a drenagem insuficiente contribuem para a aceleração do processo de salinização.

O monitoramento da salinidade requer a aplicação de técnicas rápidas e apropriadas de avaliação e análise de dados. A avaliação tem como objetivo identificar os fatores que contribuem e/ou estão contribuindo para aumentar o grau de salinidade, definir um sistema de amostragem adequado e classificar os resultados conforme a magnitude dos dados.

A salinização do solo pode desenvolver-se naturalmente, quando as condições do ecossistema são propícias, devido principalmente a altas taxas de evapotranspiração potencial, drenagem deficiente no perfil do solo, águas subterrâneas (lençol freático) enriquecidas por sais, posição do solo na paisagem, entre outros. Esse halomorfismo naturalmente induzido no solo é consequência de processos pedogenéticos específicos. A concentração salina da solução do solo, antes da ação antrópica, ou em um instante "t", é definida como salinização primária. A intensidade e efeitos da salinização primária dependem basicamente das condições pedoclimáticas. Por outro lado, a salinização, pode ocorrer também devido ao manejo inadequado do solo e da água, definida assim como salinização induzida ou salinização secundária.

Os processos de salinização e/ou sodificação secundária dos solos podem ocorrer em uma ou mais das seguintes condições:

- acumulação de sais provenientes de uma água de irrigação com alto teor de sais;
- elevação do nível de água subterrânea, que geralmente implica em aumento da salinidade das águas subterrâneas que se acumulam nas camadas profundas; elevação do lençol freático, transportando sais das camadas profundas às camadas superficiais e elevação do lençol freático, limitando a drenagem natural e dificultando a lavagem dos sais; e
- falta ou deficiência de sistemas de drenagem instalados nos solos irrigados.

Embora a intemperização dos minerais primários seja a fonte principal de quase todos os sais solúveis no solo, a fonte direta desses sais em solos irrigados é a própria água usada na irrigação e/ou lençol freático (RICHARDS, 1954). Em muitas situações o problema tem origem no manejo da irrigação, haja vista que uma água considerada de boa qualidade com condutividade elétrica de $0,75 \text{ dS m}^{-1}$ (deci-Siemens por metro), intermediária entre as classes C1 e C2 de salinidade, quando aplicada num volume anual de $20.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, que corresponde ao requerido por culturas como acerola, deposita no solo cerca de 10 toneladas de sais por ano. Se o manejo é deficiente, se não existe fração de lavagem e se não há drenagem, naturalmente haverá um acúmulo de sais que a médio prazo pode comprometer a exploração das culturas irrigadas. Outro fator que pode acelerar o processo de salinização secundária é a utilização pelo produtor rural de fertilizantes com elevado índice salino, tais como cloreto de potássio, nitrato de sódio ou salitre do Chile e nitrato de amônio.

A utilização da irrigação na agricultura em regiões Semiáridas do Nordeste Brasileiro vem se intensificando nas últimas décadas, especialmente nos locais onde é possível contar com um manancial perene de água de boa qualidade. Desta forma, as áreas nas proximidades do rio São Francisco têm sido as que mais tem recebido investimentos, atingindo um grau de desenvolvimento crescente, onde há solos com potencialidades para irrigação.

Inicialmente na região foram exploradas com irrigação as faixas de solos aluviais que, logo foram degradados por uma salinização intensa, gerada pela falta absoluta de tecnologia. A necessidade de expansão de áreas irrigadas e a implantação de grandes projetos agroindustriais levaram a procura de solos profundos sem problemas de drenagem interna. Os Latossolos e Argissolos desenvolvidos principalmente na cobertura pedimentar que recobre o cristalino de grande parte do nordeste semi-árido, constituem hoje as maiores áreas de solos irrigados na região.

Aparentemente várias classes de solos consideradas de boa permeabilidade (drenabilidade) ao longo do perfil pedológico e irrigados com água do rio São Francisco de boa qualidade (C1S1), estão apresentando indícios de salinização secundária e elevação do lençol freático ao longo dos anos de manejo da irrigação.

Para manter uma agricultura permanente sob irrigação na região semiárida, é necessário o acompanhamento da evolução química dos solos submetidos a regime de irrigação intensiva, a fim de caracterizar o aparecimento dos problemas de sais e a adoção de práticas de manejo adequadas, visando uma produção sustentada para o empreendimento agrícola (EMBRAPA, 2004a).

Com base em Ayers e Westcot (1999), pode-se dizer que a adequação da água de irrigação não depende unicamente do teor total mas, também do tipo de sais. A medida em que o conteúdo total de sais aumenta, os problemas do solo e das culturas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, para manter rendimentos aceitáveis. Determina-se também a qualidade da água e/ou sua adaptabilidade à irrigação pela gravidade dos problemas que podem surgir depois do uso a longo prazo.

Desta forma, os problemas de solo mais comuns, segundo os quais se avaliam os efeitos da qualidade da água, são relacionados à:

- salinidade: os sais do solo e da água reduzem a disponibilidade da água para as plantas, a tal ponto que afeta os rendimentos;
- infiltração da água: teores relativamente altos de sódio, ou baixos de cálcio (aquilutados pela Relação de Adsorção de Sódio/RAS) no solo e na água, reduzem a velocidade com que a água de irrigação atravessa a superfície do solo. Esta redução pode alcançar uma magnitude tal que as raízes das plantas não recebem suficiente água entre as irrigações;
- toxicidade de íons específicos: certos íons (sódio, cloreto e boro principalmente) contidos no solo ou na água, acumulam-se nas plantas em concentrações suficientemente altas para causar danos e reduzir os rendimentos das culturas sensíveis;
- outros problemas: o excesso de nutrientes reduz os rendimentos das culturas e/ou sua qualidade. As manchas nas frutas ou na folhagem prejudicam a comercialização dos produtos. A corrosão excessiva dos equipamentos de irrigação aumenta os custos de manutenção e reparos;



Lençol freático

Figura 1 - Elevação do lençol freático pelo excesso de irrigação em Neossolo Quartzarênico profundo. (Projeto Apolônio Salles – Petrolândia/PE).

- desbalanceamento entre nutrientes: o excesso de alguns elementos pode ainda deprimir a absorção de outros, causando deficiências nutricionais e consequente queda de produtividade. Essa depleção tem como uma das causas a competição pelos mesmos sítios específicos de absorção.

Se a irrigação não obedece às doses recomendadas tecnicamente e se aplica quantidades bem maiores que a planta exige (superirrigação), o que infelizmente é prática comum para muitos agricultores atualmente, o processo ocorre com muito mais velocidade, chegando inclusive a formação de lençol em solo de boa drenabilidade natural como o Neossolo Quartzarênico profundo (Figura 1, EMBRAPA, 2004b).

Na estruturação do SiBCTI, foi atribuída importância muito grande à questão da drenabilidade natural dos ambientes, visando restringir ao máximo os riscos de salinização dos solos. Como consequência, em boa parte dos parâmetros elencados que fundamentam essa metodologia, existe uma ponderação muito grande nas interações relacionadas à drenagem.

Referências Bibliográficas

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1). Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V.
- CARTER, V. H. **Classificação de terras para irrigação**. Brasília, DF: Secretaria de Irrigação, 1993. 208 p. (Manual de Irrigação, 2).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Avaliação das alterações físico-químicas de argissolos sob irrigação do Projeto Senador Nilo Coelho**. 2004a. (Relatório técnico das atividades de campo e laboratório para atendimento do SiBCTI).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Estudo da drenabilidade de solos pouco profundos nos Projetos Brígida e Caraíbas e avaliação da potencialidade agrícola dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS explorados sob irrigação no Projeto Apolônio Salles**. 2004b. (Relatório técnico das atividades de campo e laboratório para atendimento do SiBCTI).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília, DF: Embrapa – Serviço de Produção de Informação, 1995. 101p.
- ESTADOS UNIDOS. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. **Land classification techniques and standards: land suitability and water quality group**. Denver, 1982. 1 v. (US. Bureau of Reclamation Series, 510).
- ESTADOS UNIDOS. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. **Reclamation manual: irrigated land use: land classification**. Denver, 1953. 54 p., v. 5, part 2.
- OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento** Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201 p.
- OLSON, G. W. Land Classifications. **Search Agriculture**, Ithaca, v. 4, n. 7, 1974. 34 p.
- RICHARDS, L. A. (ed) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC, US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).
- SISTEMA Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

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).

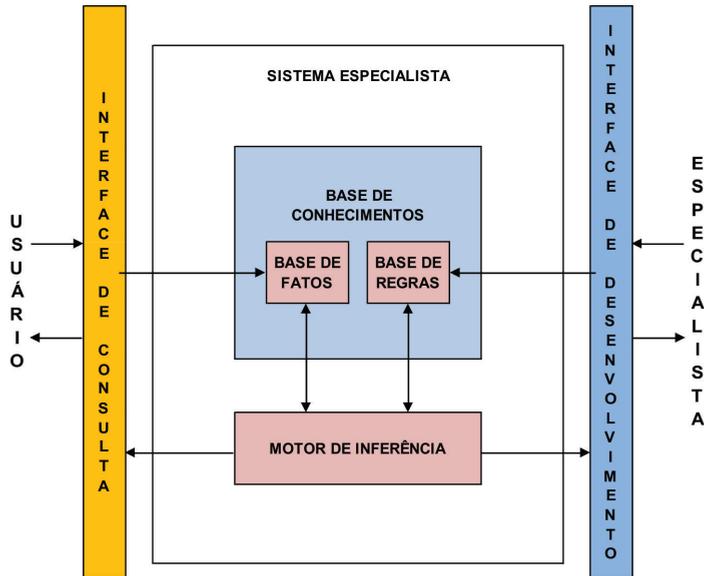
- **Base de conhecimentos:** contém todas as informações fornecidas que auxiliam na solução de um problema do usuário. Ela é formada por:
 - base de regras: modelada pelos técnicos e especialistas de uma determinada área, cuja forma é:

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.

- **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).

- **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.

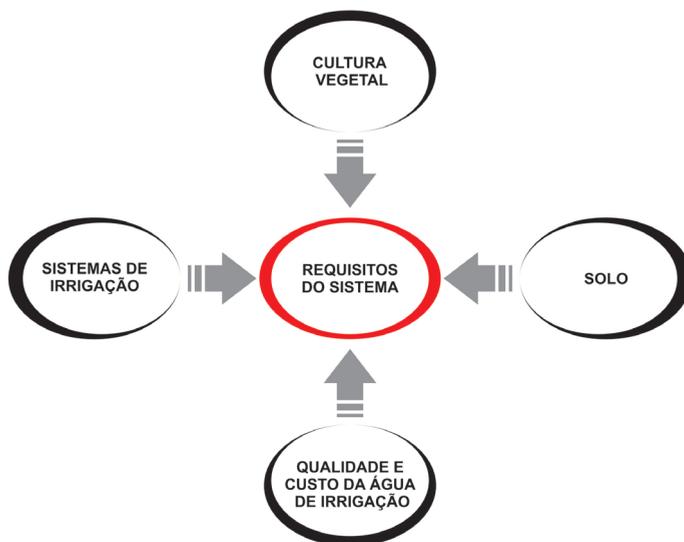
- **Interface de desenvolvimento com os especialistas:** o sistema é fechado, mas, por estar acoplado a uma base de dados, permitirá a evolução de acordo com o aprimoramento das variáveis básicas.

- **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:

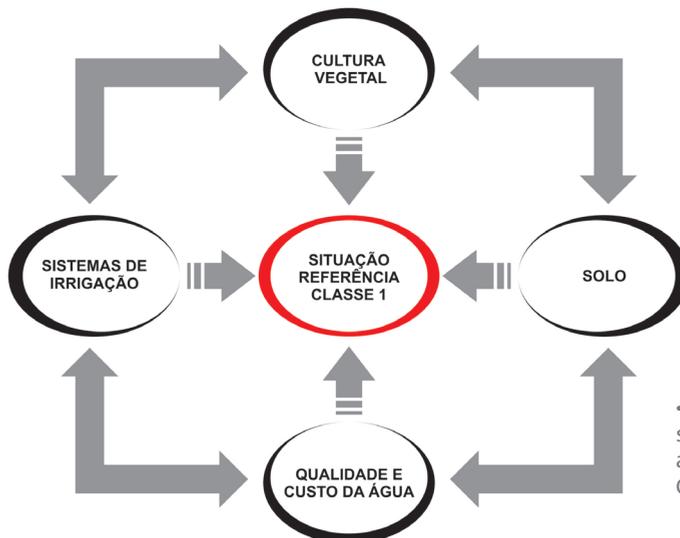
- influência do tipo de irrigação no manejo das culturas,
- influência do tipo de irrigação nas características da planta,
- influência do tipo de irrigação nas características no solo.

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%).



• Para esta situação foi atribuída a CLASSE 1.

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.

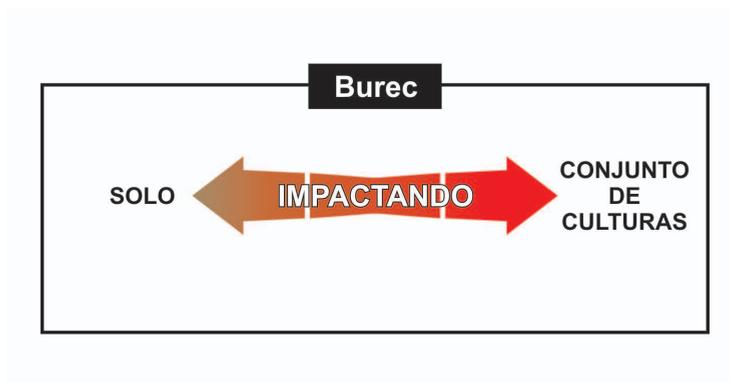
Adotou-se como paradigma da classe de irrigação o conceito da “Lei de Liebig”, também conhecida como “Lei do Mínimo” (MORAES, 1947).

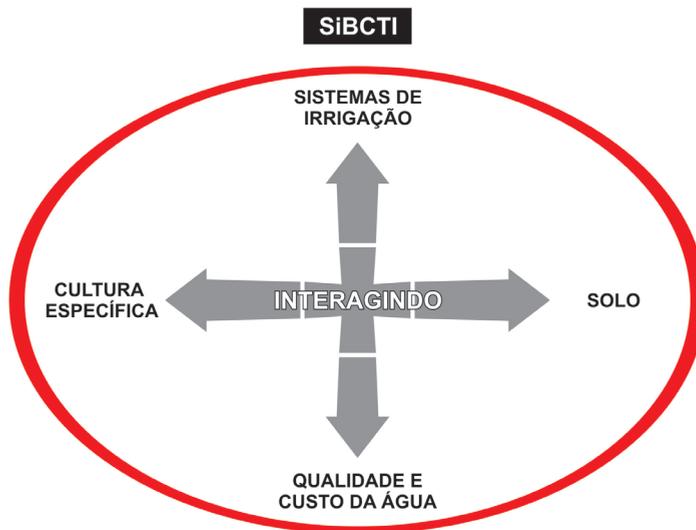
“O fator mais limitante define a classe”

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”.

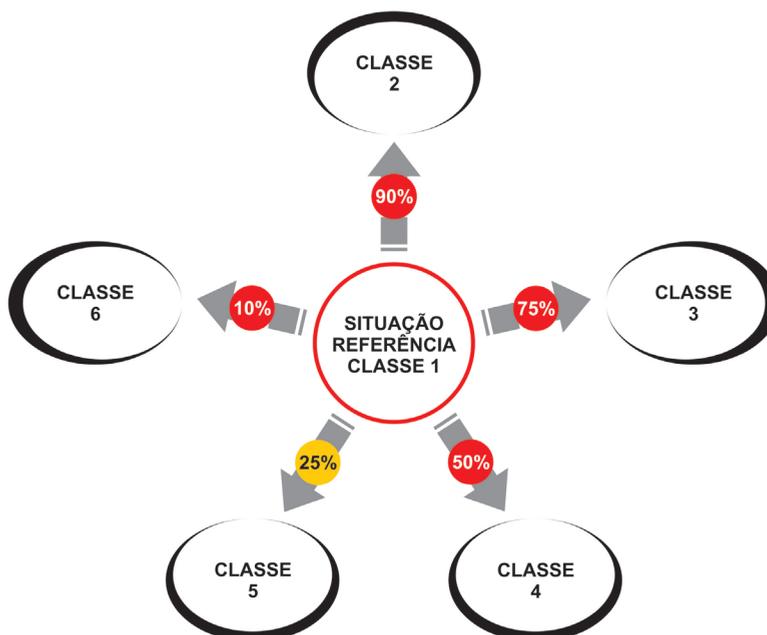
No SiBCTI, não se considera somente as características da “terra”, mas sua interação com o sistema de irrigação, cultura específica e qualidade e custo da água da irrigação, na forma de um SISTEMA ESPECIALISTA mais flexível e com mais variáveis de controle. Esta se constitui talvez na maior diferença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

BUREC X SiBCTI





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.



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.

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.

Capítulo 3

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Danielle Oliveira de Andrade
Fernando Cezar Saraiva do Amaral
Silvio Roberto de Lucena Tavares
Silvio Barge Bhering

3.1 - Profundidade (Z)

É a espessura do solo que se apresenta sem impedimento à livre penetração do sistema radicular. Esse impedimento pode ser causado por uma barreira física, em consequência da presença de rocha consolidada, duripã, fragipã, horizonte litoplântico, horizonte plântico, horizonte plântico ou elevado nível do lençol freático. Quanto maior a profundidade efetiva, maior o volume de solo passível de absorção de água e nutrientes, bem como de promover a sustentação física das plantas.

No SiBCTI, esse parâmetro é determinado em centímetros e considerado para duas situações: profundidade até a camada semipermeável: horizontes plântico ou plântico, fragipã e profundidade até a camada impermeável: rocha impermeável, horizonte litoplântico e duripã. Essa é uma variável de grande importância no manejo da agricultura irrigada, uma vez que influencia decididamente a altura do lençol freático e conseqüentemente, na propensão das terras à salinização.

A interação deste parâmetro com o tipo de irrigação a ser utilizado na avaliação traz conseqüências bastante diferenciadas. O sistema de irrigação por superfície por exemplo, por não dispor ao solo continuamente o teor de água necessário ao atingimento da máxima produtividade, tem impingido menores produtividades quando comparado aos sistemas por aspersão e principalmente ao localizado. Isto se deve não só à própria ineficiência intrínseca do sistema, como à contenção de despesa por parte do agricultor, que é induzido a aumentar o intervalo de rega.

Nas Figuras 1 e 2, pode-se observar irrigação por sulco com manga de 7 anos, variedade Kent, no perímetro Maniçoba, sobre Argissolo abruptico pedregoso com fragipã a aproximadamente 75 cm. Segundo informação dos agricultores, nos solos com fragipã a 60 cm a produtividade ($15-20 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) é aquela



Figuras 1 e 2 - Manga de 7 anos irrigada por sulco (Perímetro Maniçoba – Juazeiro/BA).

correspondente ao pagamento dos custos de produção. Ou seja, para a manga, nesse tipo de solo e com esse tipo de irrigação, a presença de fragipã a profundidades menores que 60 cm inviabiliza a exploração econômica.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas em detalhes a frutificação em mangueiras irrigadas por sulco. Pode-se perceber que nesse sistema de irrigação a produtividade é pequena e normalmente, menor do que a obtida pelo sistema localizado, como por exemplo o de microaspersão.



Figuras 3 e 4 - Detalhes da pequena carga de frutos das mangueiras irrigadas por sulco (Perímetro Maniçoba – Juazeiro/BA).

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 150 e 200 cm respectivamente até as camadas semipermeável e impermeável, para as culturas frutíferas que demandam maiores profundidades efetivas: acerola, manga, goiaba e coco. Já para a classe 6 foram inferiores a 40 e 50 cm respectivamente até as camadas semipermeável e impermeável, destinadas às culturas anuais: feijão, melancia, melão e cebola, que demandam menores profundidades efetivas do solo.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 150 e 200 cm respectivamente para as camadas semipermeável e impermeável para as culturas da acerola, manga, goiaba e coco. Por outro lado, para a classe 6 foram inferiores a 40 e 50 cm respectivamente para as camadas semipermeável e impermeável para as culturas da cebola, feijão, milho, melancia e melão.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 2 foram superiores a 130 e 150 cm respectivamente para as camadas semipermeável e impermeável para as culturas da manga, uva, goiaba, acerola, banana e coco, uma vez que a fruticultura perene não foi contemplada para a classe 1 nesse sistema de irrigação (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI). Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 50 e 60 cm respectivamente para as camadas semipermeável e impermeável para as culturas da melancia, melão, feijão e cebola.

3.2 - Textura (V)

A textura do solo diz respeito à distribuição das partículas de acordo com o tamanho, envolvendo conotações quantitativas e qualitativas. Quantitativamente, envolve as proporções relativas dos vários tamanhos de partículas num dado solo, cujas frações texturais básicas são a areia, o silte e a argila. Estas proporções relativas conferem denominações específicas aos diferentes solos. A textura é uma característica permanente, não sofrendo alterações expressivas no espaço abrangido por uma geração, determinando inclusive, o seu valor econômico.

Foram consideradas as classes gerais de textura, denominadas muito argilosa, argilosa, siltosa, média e arenosa; além das texturas binárias média/argilosa, média/muito argilosa, argilosa/muito argilosa, arenosa/média e arenosa/argilosa, nos casos de variação da textura com a profundidade.

Houve uma evolução marcante nos últimos anos no tocante à resposta econômica dos solos arenosos, resultado do desenvolvimento de um manejo especial, não só da fertilização, como da água de irrigação. Dessa forma, classes de solos como os Neossolos Quatzarênicos (Areias Quatzosas) que eram considerados praticamente inaptos para uso agrícola nas metodologias de classificação de terras para irrigação anteriores, hoje são consideradas de boas respostas econômicas, principalmente para fruticultura, tendo inclusive algumas vantagens comparativas em relação às classes de solos argilosos de baixa permeabilidade. Tem sua justificativa, uma vez que tanto o manejo da água por sistemas localizados, quanto a fertirrigação, são extremamente facilitados nesses solos arenosos, quando comparado com solos com mineralogia do tipo 2:1, Vertissolo, por exemplo. Pode-se considerar uma outra grande vantagem desses solos arenoquartzosos, que é a facilidade de drenagem natural, o que reduz sensivelmente os riscos de salinização, dependendo da situação, estes solos ganham um diferencial positivo.

Atualmente, a concepção que se tem é que esse tipo de solo acaba se comportando mais como um substrato físico para as plantas do que um solo em sua conceitualização clássica.

Desta forma, o enquadramento dos solos arenosos, com destaque para os Neossolos Quatzarênicos, foi melhorado nesta metodologia, só não alcançando as duas principais classes 1 e 2, por ainda apresentarem desvantagens intrínsecas (valores reduzidos de fertilidade, retenção de água, de cátions, entre outros) comparativas com solos de textura mais pesada e suas qualidades relacionadas.

A obtenção da textura para inserção no SiBCTI deverá ser feita segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo, proposto por Embrapa (1997).

A cultura vegetal que apresentou as maiores restrições para textura argilosa foi a melancia, enquanto o melão teve restrições para textura leve, considerando as classe de produtividade mais elevada (classe 1) nos três sistemas de irrigação.

3.3 - Capacidade de Água Disponível (C)

O conceito de água disponível é definido usualmente como o teor de água do solo compreendido entre a Capacidade de Campo (CC) e o Ponto de Murcha Permanente (PMP). A Capacidade de Campo é definida como o máximo de água que um solo pode reter quando o gradiente de potencial matricial é igual ao gradiente de potencial gravitacional no interior da massa de solo, ou seja, é o valor do conteúdo de água no reservatório do solo que o mesmo consegue reter, em função do equilíbrio das distribuições de potenciais (REICHARDT, 1987). Na prática é definida como sendo a quantidade de água que um solo pode reter depois de cessada a drenagem natural. A Capacidade de Campo é considerada o limite superior da disponibilidade da água no solo. Como é um valor que depende da estabilização do movimento de drenagem, é de difícil determinação, sendo influenciada pela textura, estrutura, profundidade e uniformidade do solo (VIEIRA, 1986). Em laboratório, pode-se calculá-la procurando correlacioná-la com a curva característica de retenção de água no solo (Figuras 5, 6, 7 e 8). Como é uma variável que depende muito da textura do solo, adota-se os seguintes pontos de pressão no aparelho extrator de Richards:

- 0,1 MPa para solos muito argilosos e orgânicos,
- 0,033 MPa para solos argilosos de uma maneira geral, e
- 0,01 MPa para solos siltosos e arenosos.

A Capacidade de Campo ocorre depois de uma chuva ou irrigação intensa ter cessado e a força ou potencial gravitacional ter deixado de predominar sobre os outros componentes energéticos da água do solo, o que faz com que o movimento da água decresça substancialmente no sentido vertical descendente. A Capacidade de Campo dificilmente se repete, considerando o mesmo determinador e o mesmo solo. Para avaliá-la, satura-se o solo a apreciável profundidade, evitando-se a evaporação superficial; e com o movimento vertical tornando-se irrelevante, o que ocorre, via de regra, após 2 a 3 dias; tem-se o teor de umidade do solo à Capacidade de Campo.

O Ponto de Murcha Permanente é um valor arbitrado de 1,5 MPa no aparelho extrator de Richards, que corresponde ao mínimo teor de água no solo em que as plantas ainda permanecem murchas, não se recuperando mesmo que o ar do ambiente que as envolve esteja saturado de vapor d'água. Portanto, o PMP é atingido quando a água do solo está retida com uma força superior a de sucção das raízes.

Vários fatores afetam a retenção de água no solo. O principal deles é a textura, pois ela determina as proporções de poros de diferentes tamanhos. A forma que as

partículas do solo estão arranjadas (estrutura) também é importante para a retenção da água. Além do arranjo textural (estrutura) e da classificação textural (tamanho das partículas), a composição e formato cristalográfico destas partículas (principalmente das argilas), são importantíssimos para a capacidade de retenção de água no solo, juntamente com as partículas orgânicas coloidais, que também apresentam boas propriedades de retenção de água.

Um grande percentual dos solos ocorrentes próximo dos maiores mananciais de água no semiárido é constituído de solos com baixa Capacidade (camada) de Água Disponível. Esses solos são basicamente Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média. Como esse parâmetro tem um grande peso nas classificações de terras para irrigação usadas até o momento, muitas dessas classes de solo foram descartadas quando da instalação de perímetros irrigados. Atualmente, devido à evolução não só dos sistemas de irrigação, em que a água passa a ser fornecida em menores e mais frequentes lâminas de reposição, quanto pela própria evolução dos cálculos de balanço hídrico, assim como pela evolução dos conjuntos de motobombas utilizados, esse parâmetro perdeu importância relativa nos sistemas de classificação de terras para irrigação. Esta nova maneira de ponderar os parâmetros importantes na classificação de terras para irrigação abre a possibilidade da incorporação portanto, de imensas áreas outrora relegadas ao processo produtivo, via agricultura irrigada.

Desta forma, foi dada atenção especial na calibração dos limites da Capacidade de Água Disponível para os Neossolos Quartzarênicos no SiBCTI, não só devido à abrangência desta classe de solos no semiárido, principalmente no vale do rio São Francisco, quanto pelo manejo especial aplicado. Os principais motivos dessa diferenciação foram a maior presença de frações de minerais de constituição mais expansiva, a maior participação de areia fina em detrimento da areia grossa e a elevada aplicação de material orgânico para aumentar a Capacidade de Água Disponível; fazendo com que esses solos tenham um comportamento diferenciado de Neossolos Quartzarênicos encontrados e manejados em outras regiões. A importância da matéria orgânica se destaca, tanto pela grande contribuição no que tange ao armazenamento hídrico, quanto pela maior participação na retenção de cátions.

Vieira (1986) concluiu que os Neossolos Quartzarênicos dos perímetros do polo Petrolina/Juazeiro, têm apresentado valores em torno de 8% para água disponível, em concordância com aqueles encontrados para uma ampla gama de solos arenosos.

Enquanto trabalhos como os de Cavalcanti (1994) concluíram que nos solos arenosos do semiárido, os valores de 6 kPa estão mais apropriados que os de 10 kPa como limite superior para a água disponível ("Capacidade de Campo"), equivalendo ao acréscimo de uma lâmina maior que 12 mm de água nos primeiros 30 cm de solo.

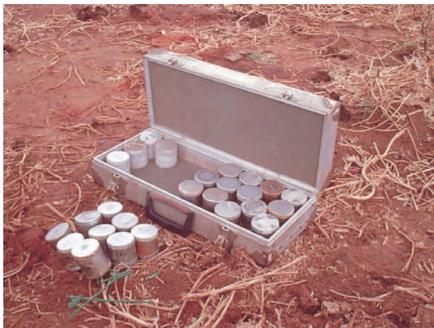
Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

As informações referentes à Capacidade de Água Disponível deverão ser fornecidas em milímetros e para três camadas: 0-20, 0-60 e 0-120 cm, propiciando que o sistema gere a classificação final da terra avaliada. Esse parâmetro será obtido através da seguinte fórmula:

$$C_z = (CC\% - PMP\%) DZ / 100$$

Onde:

- C = Camada ou Capacidade ou Lâmina de Água Disponível para a camada Z;
- CC = teor de água na Capacidade de Campo ou Umidade Equivalente, dependendo da textura do solo;
- PMP = teor de água no Ponto de Murcha Permanente;
- D = Densidade do Solo; e
- Z = camada considerada (20, 60 ou 120 cm).



Figuras 5, 6, 7 e 8 - Coleta de amostras indeformadas para obtenção da curva característica de retenção de água e posteriormente a água disponível (Projeto Nilo Coelho – Petrolina/Estado de Pernambuco).

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 30 mm para a camada 0-20 cm para a cultura da banana, superiores a 78 mm para a camada 0-60 cm para a cultura do melão e superiores a 118 mm para a camada 0-120 cm para a cultura da banana. Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 2 mm para a camada 0-20 cm para as culturas do coco, milho, uva, manga, melancia, cana-de-açúcar, goiaba e acerola e menores que 3 mm para camada 0-60 cm e 0-120 cm para a cultura da cana-de-açúcar.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 26 mm para a camada 0-20 cm para a cultura da banana, superiores a 77 mm e 104 mm respectivamente para as camadas 0-60 cm e 0-120 cm para a cultura do melão. Por outro lado, os menores na classe 6 foram inferiores a 1 mm para a camada 0-20 cm para as culturas da acerola, goiaba, manga, melancia, uva, cebola, feijão, milho, coco e cana-de-açúcar e inferiores a 2 mm para as camadas de 0-60 cm e 0-120 cm para as culturas do coco e melancia.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a 36 e 72 mm respectivamente para as camadas de 0-20 e 0-60 cm para as culturas do feijão, milho, melão, melancia, cebola e cana-de-açúcar e superior a 135 mm para a camada 0-120 cm para as culturas do milho e cana-de-açúcar, uma vez que as fruteiras perenes não foram contempladas para a classe 1 nesse sistema de irrigação (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI). Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 5 mm para a camada 0-20 cm para todas as culturas exceto banana, inferiores a 13 mm para camada 0-60 cm para a cultura da cultura do milho, melão, melancia, cebola, feijão e cana-de-açúcar e inferiores a 13 mm para a camada 0-120 cm para as culturas do feijão, milho, cebola, cana-de-açúcar, melancia e melão.

3.4 - $Ca + Mg (Y)$

São dois dos mais importantes cátions trocáveis absorvidos pela planta para desenvolver suas atividades metabólicas. Nas classificações até então vigentes, influenciadas principalmente pela metodologia do BUREC, essa variável tinha elevado peso na classificação das terras, uma vez que a fertilidade natural do solo tinha grande impacto na rentabilidade das culturas. Hoje em dia, com o avanço da tecnologia de adubação e com novos produtos ofertados no mercado com diferentes formulações, tanto para adubação diretamente no solo como para fertirrigação, além de um melhor manejo dos adubos aplicados na agricultura irrigada, levando a um menor desperdício no solo, a variável $Ca + Mg$ perdeu grande parte de sua importância. Informações coletadas junto aos técnicos e irrigantes comprovam que, atualmente, a participação da adubação na planilha de custos gira em torno de apenas 15%.

Um grande percentual dos solos ocorrentes próximo dos mananciais no semiárido é constituído de solos com baixa fertilidade natural. Esses solos são basicamente Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média. Juntamente com a Capacidade de Água Disponível, a grande importância que se dava à variável Ca + Mg contribuiu para que esses solos fossem descartados para a aplicação da irrigação. Atualmente, devido à evolução não só dos sistemas de irrigação em que a água passou a ser fornecida junto com os fertilizantes em menores e mais frequentes doses, esse parâmetro perdeu importância relativa nos sistemas de classificação de terras para irrigação. Esta nova maneira de ponderar os parâmetros importantes na avaliação do ambiente, abre a possibilidade da incorporação de imensas áreas ao processo produtivo, via agricultura irrigada.

As informações referentes a variável Ca + Mg deverão ser fornecidas em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo métodos de análise de solo recomendados por Embrapa (1997).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, os maiores valores para Ca + Mg na classe 1 foram superiores a $2 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$, $1,5 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e $1 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ respectivamente para as camadas 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm para todas as culturas. Por outro lado, os menores valores foram iguais a zero na classe 5 para as camadas 0-20 e 20-60 cm para todas as culturas e na classe 4 para a camada 60-120 cm para as culturas do melão e coco. Desta forma o sistema impede que esse parâmetro defina a classificação final como classe 6 (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI).

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para Ca + Mg na classe 1 foram superiores a $3 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$, $2,5 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e $2 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ respectivamente para as camadas de 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm para as culturas da cebola, melão, melancia e feijão, enquanto o menor valor foi igual a zero $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ na classe 5 para as camadas 0-20 e 20-60 cm e na classe 4 para a camada de 60-120 cm para todas as culturas exceto feijão não permitindo portanto que esse parâmetro defina a classificação final na classe 6 (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI).

3.5 - Valor T (T)

É a quantidade total de cátions retida por unidade de peso do solo e representa o poder que o solo tem de reter em sua matriz os cátions necessários ao desenvolvimento da planta, impedindo a perda por lixiviação profunda. Nas classificações até então vigentes, influenciadas principalmente pela metodologia do BUREC, essa variável tinha grande importância uma vez que a fertilidade natural do solo tinha elevado impacto na rentabilidade final das culturas. Da mesma maneira do parâmetro anterior, essa variação perdeu grande parte de sua importância devido aos mes-

mos fatores anteriormente descritos. Atualmente, considerando a cultura da manga como exemplo, a partir do quarto ano, insumos como indutores florais têm uma participação muito maior na planilha de custo do que a correção da fertilidade do solo.

As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, os maiores valores para **T** na classe 1 foram superiores a $2,2 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$, $1,7 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e $1,5 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para as camadas 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm respectivamente para todas as culturas. Por outro lado, o menor valor na classe 5 foi igual a $0 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para as camadas de 0-20 e 20-60 cm para todas as culturas e na classe 4 para a camada de 60-120 cm para a cultura do melão, feijão e coco, não permitindo portanto que esse parâmetro leve a classificação final para a classe 6 (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI).

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 1 foram superiores a $4 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada de 0-20 cm para as culturas do melão, melancia e feijão, $3 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada de 20-60 cm para as culturas do melão, melancia, cebola e feijão e $3 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada de 60-120 cm para as culturas do melão, melancia e feijão. Por outro lado, que os menores valores na classe 6 foram inferiores a $0,1 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada 0-20 cm para todas as culturas exceto melão e cebola, e na classe 5 igual a $0 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada 20-60 cm para as culturas do coco, milho e cana-de-açúcar e na classe 4 valor igual a $0 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada 60-120 cm para a cultura do feijão, não permitindo que esse parâmetro leve a classificação final para a classe 6 (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI).

3.6 - Alumínio Trocável (M)

O alumínio é o principal elemento fitotóxico natural em solos tropicais e se não for corrigido através da calagem, pode ocasionar elevadas perdas de produtividade. Nas classificações até então vigentes, influenciadas principalmente pela metodologia do BUREC, a variável Alumínio Trocável tinha grande importância uma vez que a fertilidade natural do solo tinha elevado impacto na rentabilidade das culturas. Com o avanço da tecnologia na implementação da calagem e sulfatagem, com a capacidade de aumentar o valor **T** dos solos, com o avanço nos cálculos de adubação e correções diminuindo os desperdícios. Informações coletadas junto aos técnicos e irrigantes, comprovam que atualmente, a participação da calagem na planilha de custos gira em torno de 5%, diminuindo a importância relativa dessa variável na classificação de terras para irrigação.

As informações referentes a variável Alumínio Trocável deverão ser fornecidas em $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e para três profundidades: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Essa variável deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Para os **sistemas de irrigação localizada e aspersão**, os valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $1,8 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$, $1,6 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e $1,5 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ respectivamente para as camadas 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm para a cultura do melão, enquanto os maiores na classe 6 foram superiores a $9 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada 0-20 cm e $8,1 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para as camadas 20-60 cm e 60-120 cm para todas as culturas exceto melancia, melão e feijão.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $2,0 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$, $1,8 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e $1,5 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para as camadas 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm para a cultura da cebola respectivamente, enquanto os maiores valores na classe 6 foram superiores a $9 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a camada 0-20 cm e $8,1 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para as camadas 20-60 cm e 60-120 cm para todas as culturas exceto melancia, melão e feijão.

3.7 - pH do Solo medido em Água (H)

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução ou dispersão. No caso do solo, a faixa de pH considerada normal vai de 5,0 a 7,0. Valores fora dessa faixa podem criar desequilíbrios de nutrição ou induzir a elevação da concentração de íons tóxicos.

As mudanças do pH do solo, ocasionadas pela água, são bastante lentas. Um pH adverso pode ser corrigido mediante a aplicação de corretivos na água de irrigação, no entanto é uma prática pouco usual, pelo que se prefere a correção do pH diretamente no solo. Utiliza-se comumente o calcário para corrigir o baixo pH, enquanto para se corrigir um pH alto, são utilizados o enxofre ou outras substâncias de reação ácida. O gesso, por outro lado, tem muito pouco efeito para controlar a acidez no solo nas faixas usuais, porém é eficaz para reduzir pH maior que 8,5, causado por um alto teor de sódio trocável. A correção do pH na faixa ácida é bem mais fácil e de menor custo que a correção do pH na faixa alcalina.

A mesma justificativa para a redução da importância relativa do alumínio trocável nas metodologias de classificação de terras se aplica ao pH, quando causador da acidez nociva ou saturação por alumínio no complexo de troca. A importância atual do pH em um sistema de classificação de terras para irrigação se justifica mais como indicador dos solos com problema de alcalinidade ou excesso de sódio

e todas as suas consequências para a planta, principalmente toxicidade e enraizamento ou o solo, principalmente a drenagem, do que sua influência indireta na fertilidade do solo.

As informações referentes ao parâmetro pH em água deverão ser fornecidas em forma adimensional e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Essa variável deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, os valores menos limitantes de pH na classe 1 foram entre 5 e 8 para as camadas de 0-20 cm e 20-60 cm respectivamente para todas as culturas e entre 4,8 e 8,2 para a camada 60-120 cm para todas as culturas exceto coco. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram maiores que 10,2 para as camadas de 0-20 cm e 20-60 cm e 10,7 para a camada 60-120 cm para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para o pH em água na classe 1 foram entre 5 e 8 para a camada 0-20 cm e 20-60 cm e de 4,8 a 8,2 para a camada 60-120 cm para as culturas do feijão, milho, cebola, melão, melancia e cana-de-açúcar. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 10,2 para as camadas de 0-20 cm e 20-60 cm e 10,7 para a camada 60-120 cm para a cultura do coco.

3.8 - *Saturação por Sódio Trocável (S)*

O sódio é um elemento muito importante na agricultura irrigada, tanto pela fitotoxicidade quando presente na solução do solo, quanto pela capacidade destruturante, ou seja, agindo como um agente desfloculador das unidades pedológicas do solo, o que confere ao solo propriedades físicas extremamente desfavoráveis à penetração da água e das raízes. A fitotoxicidade pode ser remediada tanto pela presença de “bases” fortes; cálcio e magnésio principalmente, acompanhada da lixiviação intensa também conhecida como “lavagem do perfil”; quanto pela resistência natural de cada espécie vegetal.

É uma variável de suma importância para indicar presença de solos salinosódicos ou sódicos. Esses solos têm um elevado custo de recuperação e dependendo da intensidade da sodicidade, podem ser descartados, à luz do nível tecnológico atual, para o aproveitamento com irrigação.

Segundo Ayers e Westcot (1999), pesquisas recentes têm indicado que o efeito depressivo se deve principalmente à menor participação relativa do cálcio que a elevada participação do sódio no complexo sortivo do solo. Desta forma, uma das

maneiras de ser contornar o problema é a aplicação de cálcio no solo, via gesso, nitrato de cálcio ou outro veículo de baixo custo.

Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 são apresentadas a paisagem, espécies dominantes e o respectivo perfil de LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico solódico sálico (plíntico) A moderado textura média relevo plano, coletado na parte baixa da topossequência. No fundo da trincheira, pode-se observar água proveniente da drenagem das partes mais altas da paisagem. Essas áreas próximas da drenagem, apresentam maior tendência natural à salinização, que pode ter seu processo acelerado devido à superirrigação (aplicações de lâminas d'água acima do recomendado) nas partes mais altas da paisagem.



Figuras 9, 10, 11 e 12 - Parte baixa da topossequência apresentando a paisagem, o perfil de LUVISSOLO CRÔMICO solódico e a vegetação, destacando a palma (*Nopalea cochenillifera*) e chifre-de-sal (*salicornia spp*), planta típica de ambiente salino/sódico. (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE).

Uma das classificações da concentração de sódio mais utilizadas é a do Laboratório de Salinidade dos EUA (Tabela 1). Essa classificação é muito rígida pois trabalha apenas com valores maiores ou menores que 15.

Tabela 1 - Classificação de Solos segundo a condutividade elétrica (E) a percentagem de saturação por sódio trocável (S) e o pH (H).

Solos	E	S	H
Normais	< 4	< 15	< 8.5
Salinos	> 4	< 15	< 8.5
Salinos-sódicos	> 4	> 15	< 8.5
Sódicos	< 4	> 15	> 8.5

Onde E é a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo medida em dS m^{-1} , S é a percentagem de saturação por sódio em relação ao Valor T, equivalendo a 100Na T^{-1} e H é o pH.

Já na tabela 2, Pizarro (1978) enquadrou de forma mais detalhada os solos de acordo com a concentração de sódio.

Tabela 2 - Classificação dos solos segundo a percentagem de saturação por sódio trocável (S).

Classe	S
Não Sódicos	< 7
Ligeiramente Sódicos	7 - 10
Mediamente Sódicos	11 - 20
Fortemente Sódicos	21 - 30
Excessivamente Sódicos	> 30

S é a percentagem de saturação por sódio em relação ao Valor T, equivalendo a 100Na T^{-1} .

Com relação às culturas componentes do Banco de Dados, trabalhos como Pearson (1960) e Abrol (1982) enquadraram o feijão e o milho como sensíveis à elevada concentração de sódio na solução do solo (S menor que 15) e cana-de-açúcar e cebola como semitolerantes (S entre 15 e 40). No entanto, constatações em alguns perímetros irrigados do semiárido indicaram que cana-de-açúcar e cebola possam ser enquadradas em faixas superiores.

As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em percentagem por sódio trocável ($\text{PST} = 100 \text{Na T}^{-1}$) e para quatro camadas: 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final do ambiente. Deverá ser avaliada e obtida segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Para o sistema de irrigação por aspersão, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 2%, 3%, 4% e 4% respectivamente para as camadas

0-20 cm para a cultura do feijão, 20-60 cm para as culturas do feijão, uva e banana, 60-120 cm para as culturas da uva e banana e 120-240 cm para a cultura da uva e banana. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores 21%, 23%, 26% e 35% respectivamente para as camadas 0-20, 20-60 cm para a cultura do coco, 60-120cm para a culturas do coco e cebola e 120-240 cm para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 3%, 3%, 4% e 4% para as camadas 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm respectivamente para as culturas banana e uva. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 23%, 25%, 29% e 56% para as camadas 0-20, 20-60 cm para a cultura do coco, 60-120 cm para a cultura da cana-de-açúcar e coco e 120-240 cm para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 2%, 3%, 4% e 6% para as camadas 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do feijão. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 19%, 21%, 25% e 33% respectivamente para as camadas de 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do coco.

3.9 - Condutividade Elétrica (E)

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo é uma medida indireta da salinidade do meio, estando relacionada aos constituintes iônicos totais na solução, ou seja, com a soma de cátions ou ânions determinados quimicamente e com os sólidos dissolvidos.

É uma variável de grande importância para o SiBCTI uma vez que, complementada pela saturação com sódio trocável e pH do solo, fornecerá informações sobre a natureza do solo quanto a sua salinidade ou sodicidade respectivamente, bem como das situações transicionais como costuma acontecer. As informações referentes ao impacto dessa variável nas produções agrícolas foram obtidas com os técnicos da extensão rural, dos especialistas nas culturas específicas, nas observações e correlações com as medições de campo, bem como da literatura.

Foi constatado por exemplo que, ao contrário do que assinala a literatura internacional, a manga quando comparada com outras culturas exploradas sob irrigação, apresenta uma resistência à salinidade do solo bastante razoável. Essa maior resistência comparativa pode ser devido aos porta-enxertos (AYERS; WESTCOT, 1999) utilizados no Brasil.¹

Constatações de campo como essa foram muito importantes para a estruturação de uma metodologia de classificação de terras para irrigação realmente compatível com as condições de manejo e solos brasileiros.

¹ Alberto Pinto, comunicação pessoal.

O melhoramento genético, para que determinadas espécies vegetais de alto valor econômico possam ter maior resistência à salinidade, é uma linha de pesquisa que poderá trazer grandes benefícios. No entanto, é um perigo supor que determinada variedade “mágica” poderá conviver com qualquer nível de salinidade ou mesmo, diminuir a aplicação obrigatória da drenagem do solo bem como a utilização de práticas de irrigação que evitem a salinidade progressiva. Portanto, deve-se ter sempre em mente que nenhuma espécie, mesmo as mais adaptadas (Figuras 13 e 14) resistirá a uma salinidade crescente no solo e que os cuidados para evitá-la deve ser sempre uma atitude permanente.



Figuras 13 e 14 - *Atriplex nummularia*, planta halófito extremamente resistente à salinidade do solo e da água de irrigação. Em área experimental da Embrapa Semiárido, com $E = 12,7 \text{ dS m}^{-1}$ consequência da irrigação com rejeito de dessalinizador com condutividade elétrica (e) de $11,4 \text{ dS m}^{-1}$, ainda produz 26 t ha^{-1} de biomassa, retirando do solo $1.145 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de sal (PORTO FILHO et al., 2000).

O enquadramento das classes de terras na avaliação para irrigação foi ponderado de acordo com a maior ou menor susceptibilidade do solo salinizar com base na peculiaridade do sistema de irrigação. Desta forma, quando todas os parâmetros foram semelhantes, o sistema de irrigação por superfície foi prejudicado por ter maior susceptibilidade intrínseca à salinização, uma vez que a salinidade média da água no solo, em determinado intervalo de tempo é maior em solos que são irrigados com menor frequência, quando se mantém outros fatores constantes (RHOADES; MERRILL, 1976).

As figuras a seguir apresentam uma topossequência em uma paisagem com Argissolo abruptico no Perímetro Nilo Coelho, mostrando a goiaba da parte alta (Figuras 15 e 16) sem problema de salinidade com produtividade em torno de 40 t ha^{-1} e da parte baixa, com clara indicação de salinidade no solo (Figuras 17 e 18) através da necrose marginal, apresentando produtividade em torno de 19 t ha^{-1} . Foram instalados vários poços de observação do lençol freático (Figuras 19 e 20) com leituras diretas no campo e posterior confrontação com leituras em laboratório, onde os dados se mostraram similares (EMBRAPA, 2004a).



Figuras 15 e 16 - Goiaba da parte alta da topossequência sem problemas de salinidade no solo, $E = 0,4 \text{ dS m}^{-1}$ com o respectivo poço de observação, indicando condutividade elétrica = $0,3 \text{ dS m}^{-1}$.



Figuras 17 e 18 - Goiaba da parte baixa da topossequência com problemas de salinidade no solo, apresentando $E = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, evidenciando a necrose marginal das folhas.



Figuras 19 e 20 - Poço de observação do lençol freático posicionado na parte baixa da topossequência, indicando condutividade elétrica = $4,1 \text{ dS m}^{-1}$.

Landon (1984) agrupou as culturas em termos de resistência à salinização do extrato de saturação do solo. Apesar de ter contribuído para um melhor entendimento do comportamento das espécies em relação a esse importante parâmetro da agricultura irrigada, o trabalho foi parcialmente prejudicado por não apresentar as resistências específicas de cada espécie vegetal (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito na planta a diferentes níveis de condutividade elétrica no extrato de saturação do solo (E).

E a 25° C (dS/m)	Resposta das plantas
0,0 a 2,0	Os efeitos da salinidade são geralmente negligenciáveis
2,0 a 4,0	A produtividade de culturas muito sensíveis à salinidade pode ser reduzida
4,0 a 8,0	A produtividade de culturas sensíveis à salinidade é reduzida
8,0 a 16,0	Somente culturas tolerantes à salinidade produzem satisfatoriamente
>16,0	Somente poucas culturas muito tolerantes à salinidade produzem satisfatoriamente

Segundo informações de alguns extensionistas atuantes no Perímetro Nilo Coelho, dentre as culturas comumente exploradas nesta área, a ordem de resistência à salinidade, em dS m^{-1} , a partir da qual haveria impacto na produtividade seria a seguinte:

COCO > > 4,0	MANGA > até 4,0	GOIABA > 3-3,5	ACEROLA > 2,0-2,5	BANANA > 1,5-2,0	UVA 1,0-1,5
-----------------	--------------------	-------------------	----------------------	---------------------	----------------

As informações relacionadas à variável Condutividade Elétrica deverão ser fornecidas em dS m^{-1} e para quatro camadas: 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997), ou seja, a medição direta no extrato de saturação. É uma medida difícil pois embute um grau de subjetivismo, quando da obtenção do momento do “espelhamento” da amostra. Cogita-se em nova versão do SiBCTI, substituir todas as determinações feitas no extrato da pasta de saturação pela determinação direta da solução do solo obtida por centrifugação ou mesmo, leitura direta no campo por sensor.

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 1; 1,1; 1,3 e 1,6 dS m^{-1} respectivamente para as camadas 0-20 cm para as culturas da uva e feijão, 20-60 e 60-120 cm para a cultura do feijão e 120-240 cm para as culturas do feijão e milho. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 9; 10; 11,5 e 13 dS m^{-1} para as camadas 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm respectivamente para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 1,1; 1,5; 1,7 e 2,0 dS m^{-1} respectivamente para as camadas 0-20 cm para as culturas do melão e melancia, 20-60 cm para as culturas

da uva, melancia, cana-de-açúcar, feijão e banana, 60-120 cm para a cultura da cana-de-açúcar, milho e feijão e 120-240 cm para as culturas da uva e banana. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 9; 10; 11,5 e 13 dS m^{-1} respectivamente para as camadas 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 0,8; 0,9; 1 e 1 dS m^{-1} respectivamente para as camadas de 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do feijão. Por outro lado, os maiores valores na classe 6 foram superiores a 5,3; 5,9; 6,5 e 7,5 dS m^{-1} respectivamente para as camadas de 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para a cultura do coco.

3.10 - Condutividade Hidráulica (K)

A condutividade hidráulica pode ser definida como o volume de água que atravessa por unidade de tempo uma determinada área do solo impulsionada por uma diferença de potencial. Isso permite concluir que a condutividade é um coeficiente que expressa a facilidade com que um fluido, a água, é transportada através do meio poroso, o solo, e que depende portanto, tanto das propriedades do solo como das propriedades da água (REICHARDT, 1987).

Dentre as propriedades do solo, pode-se destacar a distribuição de tamanho e forma de suas partículas, a tortuosidade, a superfície específica, a porosidade, ou seja, todas as propriedades que têm reflexo na geometria porosa do solo.

Essa habilidade em transmitir água constitui uma das mais importantes propriedades hidráulicas dos solos e sua estimativa é de fundamental importância em estudos de degradação ambiental, de planejamento de uso do solo, de investigação de processos erosivos e geotécnicos, de irrigação e drenagem, entre outros.

Em termos práticos, pode-se classificar a condutividade hidráulica em muito lenta (menor que $0,4 \text{ cm h}^{-1}$), lenta (entre $0,4$ e 2 cm h^{-1}), moderada (entre 2 e 8 cm h^{-1}), rápida (entre 8 e 12 cm h^{-1}) e muito rápida (maior que 12 cm h^{-1}).

No SiBCTI o limite da classe muito lenta foi considerada, na maioria dos casos, como definidora da classe 4 a 6, dependendo da cultura, do sistema de irrigação escolhido e da camada considerada; uma vez que dados colhidos no campo indicaram que nas condições naturais, uma grande concentração de solos que apresentavam valores de condutividade nesta faixa, salinizaram quando irrigados, mesmo que drenados artificialmente.

A variável Condutividade Hidráulica se reveste de capital importância uma vez que está relacionada com a susceptibilidade dos solos à salinização, ou seja, quanto

menor a condutividade e conseqüentemente pior a drenabilidade, maior a chance do processo de salinização do solo se manifestar com o tempo. As delimitações não só qualitativas mas também em termos de limites das classes de condutividade hidráulica foram fartamente obtidas nas contínuas investigações de campo ao longo das averiguações desse parâmetro. A questão da salinização sempre foi uma preocupação constante dos técnicos que atuam na irrigação e drenagem dos solos agrícolas da região semiárida.

As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em cm h^{-1} e para três camadas: 0-60, 60-120, e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final da terra.

Deverá ser avaliada e obtida no campo através do Método do Furo do Trado em Presença de Lençol Freático e na ausência desse, através do método de Porchet (BATISTA et al., 1999); próximo do local do perfil de solo selecionado, com repetição e, quando a camada de solo permitir, precedida do teste de infiltração com duplo anel (BERNARDO, 1986).

Normalmente os valores obtidos pelo método Winger são, em média, de 25% a 47% mais baixos que os obtidos pelo método do furo do trado em presença de lençol, excetuando aqueles de elevadíssima permeabilidade. Quando os valores são muito baixos, um percentual disto é praticamente desprezível.

Testes de condutividade hidráulica feitos pelo método Porchet nos Projetos Icó Mandantes e Senador Nilo Coelho, em condições de saturação e em solos de textura leve, basicamente arenoso e franco arenoso, resultaram em valores semelhantes aqueles obtidos pelo teste do furo do trado em presença de lençol, ao se trabalhar com valores de "h" ou altura da lâmina d'água superior a 10 vezes o raio do furo do trado.²

As Figuras 21, 22, 23, 24, 25 e 26 apresentam uma seqüência de imagens ilustrando um teste de condutividade hidráulica na ausência de lençol freático. É uma área no Perímetro Cruz das Almas (Estado da Bahia) enquadrada anteriormente como classe 6, mas que ainda apresenta produções razoáveis com a cultura da cebola. Esta área se encontra em processo de salinização, dentre outros motivos pela posição na parte baixa da paisagem e uma drenagem natural pouco eficiente na retirada dos sais recebidos por fluxo lateral. A cebola está começando a apresentar sintomas fisiológicos devidos aos níveis crescentes de sais no solo. No entanto, por ser uma cultura relativamente resistente à salinidade, ainda consegue atingir níveis de produtividade razoáveis, da ordem de 20 t ha^{-1} , enquanto que, a título comparativo, a produtividade no mesmo ambiente sem o impacto da salinidade está na faixa de 37 a 42 t ha^{-1} .

O teste de condutividade tem início com a abertura do furo com trado. Após a escarificação das bordas do furo, passa-se à introdução da bóia sucedida pela saturação do solo com água de boa qualidade. O furo feito pelo trado permite a visua-

² Manuel Batista, comunicação pessoal.

lização da água que está a 40 cm. O K apresentou valores próximos a $1,42 \text{ cm h}^{-1}$ na camada 37-85 cm. Uma barreira para a penetração do trado constituída basicamente por cascalhos foi encontrada a partir de 85 cm, que normalmente nessa área tem acusado valores de $0,5 \text{ cm h}^{-1}$. Esse solo, segundo técnicos atuantes na área, é o de menor condutividade hidráulica na região. No SiBCTI, ele não seria excluído apenas por esse parâmetro.

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre $1,3$ e 20 cm h^{-1} para a camada 0-20 e entre 1 e 20 cm h^{-1} para a camada 20-60 cm para a cultura do coco, e entre 0 e 20 cm h^{-1} para a



Figuras 21, 22, 23, 24, 25 e 26 - Obtenção da condutividade hidráulica (K) através do Teste do Furo do Trado. (Perímetro Cruz das Almas – Casa Nova/BA).

camada 60-120 cm para a cultura da melancia. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram inferiores a $0,3 \text{ cm h}^{-1}$ para a camada 0-20 cm para as culturas do milho, melão, cebola, feijão, cana-de-açúcar e banana, igual a zero na classe 4 para a camada 20-60 cm para as culturas melancia, melão, feijão e cebola, e igual a zero para a camada 60-120 cm para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre $1,3$ e 20 cm h^{-1} para a camada 0-20 cm, entre 1 e 20 cm h^{-1} para a camada 20-60 cm e entre 0 e 20 cm h^{-1} para a camada 60-120 cm para a cultura da melancia. Por outro lado, os valores mais limitantes foram inferiores a $0,2 \text{ cm h}^{-1}$ para a camada 0-20 cm para a cultura da uva, na classe 4 e igual a zero para a camada 20-60 cm para as culturas cana, cebola, feijão, milho, melancia e melão e igual a zero para a camada 60-120 cm para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre 1 e 7 cm h^{-1} para a camada 0-20 cm e entre $0,8$ e 7 cm h^{-1} para a camada 20-60 cm para a cultura da cana-de-açúcar e entre 0 e 7 cm h^{-1} para a camada 60-120 cm para as culturas do melão, melancia, cebola e feijão. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram maiores que 18 cm h^{-1} para as camadas 0-20, 20-60 e 60-120 cm para todas as culturas ou menor que $0,2 \text{ cm h}^{-1}$ para a camada 0-20 cm para a cultura da banana e igual a 0 cm h^{-1} para a camada 20-60 cm para as culturas cana-de-açúcar, cebola, melão, melancia, milho e feijão e para a camada 60-120 cm para todas as culturas respectivamente.

3.11 - Velocidade de Infiltração Básica (I)

É uma determinação complementar à condutividade hidráulica (permeabilidade), consistindo na aferição da velocidade de entrada da água no solo. Os resultados são fundamentais para a escolha do método de irrigação a ser empregado, bem como, no caso da irrigação por superfície, permitir o cálculo do comprimento e espaçamento entre os sulcos de irrigação, cálculo da lâmina de água, bem como subsidiar estudos de drenagem. Na irrigação por aspersão, a velocidade de infiltração básica determina a precipitação do sistema, que deve ser menor que a mesma.

Um grande percentual dos solos ocorrentes no nordeste como Argissolos abruptos plânticos ou fragipânicos, Luvisolos crômicos, Cambissolos vérticos, entre outros, apresentam ou pequena profundidade efetiva para a rocha subjacente ou horizontes subsuperficiais de elevada densidade (cimentados), constituindo verdadeiras barreiras físicas próximo da superfície do solo. Estas barreiras restringem não apenas o crescimento das raízes mas também o movimento vertical total (duripã) ou parcial (fragipã) da água, limitando a drenagem profunda e se constituindo em uma das causas básicas do grave processo de salinização desses solos.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

O incremento da concentração dos sais na solução do solo pode ainda interferir no movimento da água, seja facilitando através da alta salinidade, seja dificultando devido à baixa salinidade ou elevada concentração de sódio em relação a cálcio e magnésio.

Além do impacto referente ao acúmulo de sais, a drenagem lenta tem um efeito direto sobre a produtividade devido à condição anaeróbica no ambiente radicular. Cada vegetal tem sua adaptabilidade à falta de oxigênio. Considerando o milho, por exemplo, espera-se uma queda de produção correspondente a 30% para três dias de encharcamento do solo, 55% em seis dias e 75% em nove dias (CRUCIANI, 1985). Desta forma, considerando uma profundidade útil do solo de 50 cm, para um período de três dias de anaerobiose a condutividade do solo (K) seria igual a $0,69 \text{ cm h}^{-1}$. Ou, de outra forma, considerando a velocidade mínima comumente aceita como enquadramento em classe drenável que é de $0,24 \text{ cm h}^{-1}$, em três dias a profundidade drenada corresponderia a 17 cm, sem se considerar o efeito da franja capilar.

A obtenção dos dados deverá ser feita através do método de duplo anel concêntrico com lâmina de água constante (BERNARDO, 1986), conforme exemplificado nas Figuras 27, 28, 29, 30 e 31.



Figuras 27 e 28 - Vista dos anéis de infiltração sendo abastecidos. (Perímetro Formoso A – Bom Jesus da Lapa/BA).



Figura 29 - Detalhe da régua de leitura. (Perímetro Formoso A – Bom Jesus da Lapa/BA).



Figuras 30 e 31 - Teste de infiltração na camada que apresenta barreira física. Percebe-se que as raízes grossas não penetram nessa camada. (Perímetro Formoso A – Bom Jesus da Lapa/BA).

Recomenda-se a realização dos testes em locais próximos aos perfis coletados quando do levantamento de solo, com três repetições simultâneas, tendo-se o cuidado de evitar áreas com rachaduras no solo (Figura 32), pedras, formigueiros, cupinzeiros e raízes grossas em decomposição. Os testes que devido a interferências, como as citadas, apresentem resultados díspares em valores superiores a 30% devem ser descartados.

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os valores menos limitantes para a Velocidade de Infiltração Básica na classe 1 foram entre 1,2 e 20 cm h⁻¹ para as culturas da cebola e do melão.

Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram inferiores a 0,3 cm h⁻¹ para as culturas da banana, milho, cebola, feijão, cana-de-açúcar e melão.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os valores menos limites para esse parâmetro na classe 1 foram entre 1,0 e 15 cm h⁻¹ para a cultura do melão. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram inferiores a 0 cm h⁻¹ para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre 1,3 e 5 cm h⁻¹ para as culturas do melão e cebola. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram inferiores a 0,3 ou maiores que 15 cm h⁻¹ para as culturas da banana, cebola, melão, milho, feijão e cana-de-açúcar.



Figura 32 - Detalhe em perspectiva das rachaduras no solo seco. Quando há essa ocorrência, o teste tem que ser repetido em outro local que não apresente caminhos preferenciais para o movimento da água. (Perímetro Formoso A – Bom Jesus da Lapa/BA).

3.12 - Profundidade da Zona de Redução (*W*)

É uma variável que tem como um de seus principais indutores a variação da altura do lençol freático. Este pode ser definido como a superfície superior de uma zona de saturação, onde a massa de água subterrânea não é confinada por uma formação impermeável sobrejacente. Quanto mais próxima da superfície do solo, mais prejudicial é para a maioria das plantas cultivadas. A ascensão do lençol freático está intimamente ligada à geometria dos poros do solo (tamanho e arranjo), o que conduz ao fenômeno da capilaridade na matriz do solo. Em poros com 1 mm de diâmetro, a altura da ascensão da franja capilar pode chegar a 3 cm. Para 0,1 mm de diâmetro a altura pode chegar a 30 cm e para 0,01 mm de diâmetro pode chegar a 300 cm (SOUSA PINTO, 2000).

Segundo Ayers e Westcot (1999), muitos dos problemas de salinidade estão associados à presença de nível freático a pouca profundidade, correspondendo aos primeiros dois metros da superfície. Os sais acumulados no lençol freático, ascendem acima da zona radicular e constituem fonte adicional de sais, razão porque o controle do nível freático é prática essencial para controlar a salinidade e se manter com êxito a agricultura irrigada.

A profundidade da zona indicadora de ambiente redutor (anaerobiose) tem tanta importância quanto a Velocidade de Infiltração Básica, mas no entanto não são similares, uma vez que determinado tipo de solo pode ter boa porosidade, mas apresentar lençol freático elevado e conseqüentemente, elevado risco de salinização. Um exemplo dessa situação pode acontecer em decorrência da posição do solo na paisagem, como uma depressão ou mesmo no terço inferior de encosta, ou em conseqüência da presença de uma barreira em subsuperfície. Uma outra possibilidade é a elevação do lençol em conseqüência da superirrigação, fato que infelizmente tem sido registrado com certa frequência em muitos lotes dos perímetros irrigados. Neste caso, é uma condição não natural, conseqüência de um manejo incorreto da irrigação e portanto, de mais fácil solução.

A constatação da variação do lençol freático ou do excesso de água no perfil pode ser percebida, em condições naturais, pela presença de cores de redução, associadas ou não a mosqueados comuns ou abundantes e distintos ou proeminentes ou mesmo plintita (LEMOS; SANTOS, 1996). Essa formação é conseqüência da variação do lençol freático ou mesmo uma condição de constante saturação por conta de irrigações praticamente ininterruptas devido ao turno de rega mal calculado ou não obedecido. É mais frequente em solos argilosos que apresentem condição de ascensão capilar ou má drenagem natural. A presença na vegetação natural de espécies como jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), carqueja (*Calliandra depauperata*), canela de ema, miroró (*Bauhinia spp.*) indica normalmente ambiente de má drenagem³ (Figuras 33 e 34).



Figuras 33 e 34 - Detalhes da vegetação natural destacando a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e a carqueja (*Calliandra depauperata*).

Essa foi uma condição frequentemente observada nos lotes visitados, devido principalmente ao manejo incorreto da irrigação.

³ Manuel Batista, comunicação pessoal.

Para o monitoramento do lençol freático ao longo do ano, um bom procedimento é a instalação de vários poços de observação. Esta estrutura facilita ainda a coleta para posterior análise em laboratório de importantes parâmetros como pH, Relação de Adsorção de Sódio, Condutividade Elétrica e a presença e proporção dos cátions na solução.

A ocorrência dos indicadores da zona de redução deverá ser fornecida em centímetros para que o sistema gere a classificação final da terra avaliada.

Para os **sistemas de irrigação localizada e aspersão**, os maiores valores para a Profundidade da Zona de Redução na classe 1 foram superiores a 110 cm para as culturas da acerola, manga, goiaba e coco. Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 30 cm para as culturas do feijão, melancia, melão e cebola.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os maiores valores para esse parâmetro na classe 2 foram superiores a 110 cm para as culturas da banana, acerola, goiaba, manga, uva e coco (para maior esclarecimento consulte item 2.3 Conceitos do SiBCTI). Por outro lado, os menores valores na classe 6 foram inferiores a 40 cm para as culturas da melancia, melão, feijão, milho, cana-de-açúcar e cebola.

3.13 - Mineralogia da Argila (A)

As argilas de atividade alta, também conhecidas como do tipo 2:1, têm grande importância no manejo dos solos, principalmente em relação a drenagem interna, mecanização, retenção de água e capacidade de retenção de cátions ou ânions.

É uma variável importante porque fornece informações para a aferição do comportamento principalmente físico do solo e conseqüentemente, expectativas quanto a condutividade hidráulica, drenagem, adaptação a diferentes tipos de sistemas de irrigação e respostas potenciais das culturas vegetais.

Variável percebida em alguns perímetros de irrigação basicamente pela observação dos mapas de solos e na falta desses pela análise do tipo de material originário dos solos ou mesmo, pela observação da morfologia do solo como a presença de *slickensides*, rachaduras entre outras evidências, em trincheiras ou mesmo barrancos.

A presença de argila com mineralogia do tipo 2:1 não implica necessariamente na exclusão da área para a irrigação. Pelo contrário, há inúmeras experiências bem sucedidas de exploração desses solos com irrigação. A aceitação de solos com argilas expansivas vai depender de outras características como profundidade, presença de pedras na superfície e na massa do solo, presença de camadas endosódicas, ocorrência em área abaciada, entre outras. Mesmo que irrigáveis, o manejo desses solos no entanto precisa de especial atenção, principalmente no tocante à manutenção de teor de água no solo. Esse teor não pode ser alto, pois o solo, se encharcado, não aceita mecanização, e, se seco, demora a permitir a infiltração da água no solo.

Os Vertissolos têm grande representatividade no ambiente semiárido. Por suas características intrínsecas, destacadamente a presença de argilas expansivas, necessitam de um manejo todo especial. Por serem essencialmente argilosos, esses solos ainda apresentam produtividades razoáveis com irrigação superficial, exemplificada pela irrigação por sulcos. No entanto, as experiências utilizando fruticultura perene (coco, manga, uva, goiaba, entre outras) nos Vertissolos típicos do Projeto Mandacaru, apresentaram diversos problemas. As culturas que ainda permitem produtividades econômicas são as anuais (Figuras 35 e 36), ou mesmo aquelas que perenes, tenham sistema radicular adaptado a esse tipo de solo, como por exemplo a pimenta (Figuras 37 e 38).



Figuras 35 e 36 - Detalhes da adução de água para os sulcos em Vertissolo cultivado com pimentão. (Projeto Mandacaru – Juazeiro/BA).



Figuras 37 e 38 - Pimenta apresentando boa produtividade irrigada por sulco. (Projeto Mandacaru – Juazeiro/BA).

Os lotes irrigados nos perímetros nordestinos, de modo geral, não apresentam drenagem subterrânea. O tipo mais comum de drenagem artificial é um grande canal lateral para escoamento de todo o lote. Naqueles em que houve início de salinização, foi contornado com drenagem subterrânea associada a aplicação de gesso, complementando com farta aplicação de água (lavagem do perfil).

Contrapondo-se ao Vertissolo profundo mostrado anteriormente, observa-se um solo também de argila 2:1, só que extremamente raso. Trata-se de um Luvisolo ou

Bruno Não-Cálcico A fraco textura média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado, com classificação BUREC simplificada **6st** (Figuras 39 e 40). Os Luvisolos apresentam grande extensão no Perímetro Califórnia e mostram-se com extremas limitações. São solos rasos, pedregosos, argila de atividade alta, alta erodibilidade e baixa drenabilidade natural.

Em determinados locais desse perímetro de irrigação, a produtividade da cultura é muito baixa devido à pequena profundidade efetiva do solo, em torno de 20 cm, elevada pedregosidade e baixa condutividade hidráulica (Figuras 39 e 40).



Figuras 39 e 40 - Produção de quiabo em Luvissolo raso, já apresentando erosão. Tradagem de 20 cm mostrando rocha fragmentada. (Projeto Califórnia – Canindé do São Francisco/SE).

No entanto, quando o mesmo solo descrito anteriormente apresenta maior profundidade, esse pode ser irrigado com risco bem menor. Isto se deve ao fato dos Luvisolos ocorrentes nesta região terem uma drenagem interna bem melhor do que outros Luvisolos típicos ocorrentes em outras regiões, não obstante a constatação de algumas áreas salinizadas (GOMES et al., 2003). Isto prova duas coisas: em primeiro lugar que não se pode estruturar uma classificação de terras para irrigação com base apenas numa base de dados assentada tão somente sobre a classificação dos solos e a outra é a confirmação da importância dos testes hidropedológicos (taxas de infiltração e permeabilidade) para uma melhor caracterização das terras para irrigação. A Figura 41 apresenta o plantio de quiabo na porção mais profunda do mesmo solo.



Figura 41 - Plantio de quiabo em Luvissolo com profundidade de 40 cm e boa produtividade (Projeto Califórnia – Canindé do São Francisco/SE).

A Mineralogia da Argila será obtida conforme Embra-pa (1999).

3.14 - Espaçamento entre Drenos (D)

Essa variável está diretamente relacionada à necessidade de implementação de obras de drenagem subterrânea e conseqüentemente de sua economicidade. Quanto menor a condutividade hidráulica de um solo, menor o espaçamento exigido entre drenos. Isso pode encarecer o projeto de irrigação a tal ponto, tornando-o inviável economicamente. Em muitos casos, para se evitar que a franja capilar atinja grande parte do sistema radicular das plantas que serão exploradas sob irrigação, prejudicando a produtividade, aprofunda-se o dreno de tal maneira que em muitos pontos ele fica implantado dentro da própria barreira (Figuras 42, 43 e 44), uma vez que a variação de sua profundidade no solo não é uniforme. Isso traz conseqüências para a eficiência da drenagem como um todo (EMBRAPA, 2004b).



Figuras 42 e 43 - Detalhes de drenos entupidos instalados na camada barreira, mostrando a consequente elevação do lençol freático. Projeto Brígida – Santa Maria da Boa Vista/PE.

O cálculo do espaçamento entre drenos pode ser obtido por tabelas previamente preparadas ou pela fórmula de Hooghoudt (BATISTA et al., 1999). Normalmente, trabalha-se com o valor limite de 20 metros para esse parâmetro. No entanto, diversos técnicos atuantes na área de projetos de drenagem já estavam constatando a pertinência de usar o valor de 15 metros, já que os custos de drenagem vêm caindo ao longo do tempo e o aumento da produtividade das



Figura 44 - Mais um detalhe do dreno na camada barreira (Projeto Brígida – Santa Maria da Boa Vista/PE).

Dreno entubado

culturas exploradas com irrigação vêm aumentando e conseqüentemente, melhorando a rentabilidade. Desta forma, para a formulação do SIBCTI, adotou-se o valor de 15 metros como limite para o espaçamento entre drenos.

O espaçamento entre drenos deve ser informado em metros.

A situação menos limitante foi aquela correspondente à classe 1 em que o solo possuía boa drenagem natural não requerendo portanto a drenagem artificial. Por outro lado, a situação mais limitante é aquela que correspondeu à classe 6, na qual o espaçamento entre drenos foi inferior a 15 metros, para todos os sistemas de irrigação.

3.15 - Declividade (G)

A declividade ou gradiente do terreno pode afetar os sistemas de irrigação de diferentes formas, sendo sua importância maior no sistema de irrigação de superfície, podendo afetar tanto a distribuição da lâmina d'água aplicada, quanto causar erosão, dependendo da textura do solo.

É uma variável que impacta os custos de instalação dos diferentes sistemas de irrigação, principalmente o sistema por superfície, na modalidade gravidade ou sulco, a ponto de inviabilizá-lo dependendo da declividade considerada; pois maiores declividades significam menores comprimentos dos sulcos ou demasiada potência instalada nos propulsores de água, ocasionando elevado custo energético no projeto durante toda a vida útil.

A unidade requerida pelo sistema é a declividade expressa em percentagem.

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1, foram entre 0 e 8% e 0 e 10% para todas as culturas respectivamente. Por outro lado, os valores mais limitantes, na classe 6 foram maiores que 35% e 50% respectivamente para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram entre 0 e 3% para as culturas do feijão, cebola, milho e cana-de-açúcar. Já para as frutíferas perenes, a faixa variou entre 3% e 8% (classe 2) (Esses valores foram destinados apenas a projetos de gravidade por nivelamento, nunca na pendente). Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram maiores que 25% para todas as culturas.

3.16 - Pedregosidade (P)

A pedregosidade diminui o volume útil explorável pelas raízes e pode aumentar os custos de desenvolvimento do projeto de irrigação, pela necessidade de retirada das pedras, dependendo da intensidade. A pedregosidade também afeta a uniformidade da lâmina d'água aplicada.

É uma variável que normalmente pode ser contornada, dependendo do grau de intensidade. Afeta de forma diferenciada as culturas, particularmente aquelas que necessitam de preparo de solo frequente (culturas anuais). A pedregosidade é frequentemente encontrada nos solos geralmente pouco intemperizados ou erodidos, como por exemplo os Luvisolos crômicos do semiárido. Os custos para contornar esse problema já estão inclusos no sistema.

Em diversas regiões semiáridas irrigadas no mundo, por exemplo Portugal, Espanha, França, EUA, Israel, Jordânia, Egito, Austrália, Argentina, entre outras; é muito comum a instalação de sistemas localizados (gotejamento, microaspersão, jato pulsante) para fruteiras. A retirada do local ou ordenamento das pedras (matacões) se justifica principalmente em culturas de maiores retornos econômicos. Na região do Agropolo Mossoró-Açu, Estado do Rio Grande do Norte, essa é uma prática comum, até em culturas anuais, como é o caso do melão.

As informações referentes à variável Pedregosidade devem estar de acordo com (LEMOS; SANTOS, 1996).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, a situação menos limitante foi aquela em que o solo não apresentou pedregosidade, considerando todas as culturas, exceto o coco que aceita a condição ligeiramente pedregoso ainda na classe 1. Por outro lado, a situação mais limitante foi aquela que correspondeu à classe 6 na qual o solo era extremamente pedregoso para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, a situação menos limitante foi aquela em que o solo não possuía pedregosidade (classe 1), considerando todas as culturas, exceto para as frutíferas (ver item 2.3 Conceitos do SiBCTI). Por outro lado, a situação mais limitante foi aquela que correspondeu à classe 6 na qual o solo era extremamente pedregoso considerando-se todas as culturas.

3.17 - Rochosidade (R)

A rochosidade diminui o volume útil explorável pelas raízes e interfere no uso de implementos agrícolas, afetando sobremaneira a irrigação de superfície, na medida em que dificulta a uniformização da lâmina d'água aplicada.

É uma variável não contornável e, dependendo do grau de intensidade, pode inviabilizar as culturas anuais bem como aquelas exploráveis sob irrigação por sulcos. As informações referentes à variável Rochosidade devem estar de acordo com Lemos e Santos (1996).

Para os **sistemas de irrigação por aspersão e localizada**, a situação menos limitante foi aquela em que o solo não apresentou rochosidade, considerando todas as culturas exceto coco que aceitou a condição ligeiramente rochoso para a classe 1. Por outro lado, a situação mais limitante foi aquela que correspondeu à classe 6 na qual o solo era extremamente rochoso considerando-se todas as culturas.

Para os sistemas de irrigação por superfície, a situação menos limitante foi aquela em que o solo não apresentou rochosedade para todas as culturas. Por outro lado, a situação mais limitante foi aquela que correspondeu à classe 6 na qual o solo era rochoso considerando-se todas as culturas.

3.18 - Posição na Paisagem (B)

Terras relacionadas com áreas abaciadas, depressões (Figuras 45 e 46), onde não existe possibilidade de drenagem natural que permita a retirada do excesso de sais carreando para rios ou lagos posicionados em cota inferior, foram enquadradas na classe 6, independentemente dos valores dos outros parâmetros. Esse procedimento se justifica uma vez que tais áreas têm um elevado risco de salinização, caso venham a ser incorporadas ao processo produtivo mediante uso da irrigação.



Figuras 45 e 46 - Detalhes de duas áreas abaciadas (depressões) onde a irrigação, se praticada, apresenta elevado risco de salinização (municípios de Casa Nova e Juazeiro – Estado da Bahia).

Referências Bibliográficas

ABROL, I. P. Technology of chemical, physical and biological amelioration of deteriorated soils. In: PANEL OF EXPERTS MEETING ON AMELIORATION AND DEVELOPMENT OF DETERIORATED SOILS, 1982, Cairo. **Proceedings...** Cairo: Agricultural Affairs and Fish Resources, 1982.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB. 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1). Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V.

BATISTA, M. de J.; NOVAES, F. de; SANTOS, D. G. dos; SUGUINO, H. H. **Drenagem de solos no combate a desertificação**. Brasília, DF: MMA- SRH, 1999. 203 p. (Série Informes Técnicos).

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV, 1986. 596 p.

CAVALCANTI, A. C. **Melhoramento de Solos arenosos por adição de material argilo-mineral de alta atividade. Fertilidade, movimento e retenção de água** – UNESP, 1994. 106 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CRUCIANI, D. E. Caracterização agrônômica do coeficiente de drenagem para elaboração de projetos com cultura de milho (*Zea mays*, L.). **Ítem – irrigação e tecnologia moderna**, Brasília, DF, n. 22, p. 28, 1985.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Avaliação das alterações físico-químicas de argissolos sob irrigação do Projeto Senador Nilo Coelho**. 2004a. (Relatório técnico das atividades de campo e laboratório para atendimento do SiBCTI).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Estudo da drenabilidade de solos pouco profundos nos Projetos Brígida e Caraíbas e avaliação da potencialidade agrícola dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS explorados sob irrigação no Projeto Apolônio Salles**. 2004b. (Relatório técnico das atividades de campo e laboratório para atendimento do SiBCTI).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. ver. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife, 1977-1979. 2 v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 52; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 10).

GOMES, C. C. S. ; AGUIAR NETO, A. O. ; CAMPECHE, L. F. S. M. ; BLANCO, F. F. . Salinização do solo no perímetro irrigado Califórnia, SE: propriedades físicas e químicas do solo.. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2003, Juazeiro. **Anais..** Juazeiro: ABID, 2003.

- LANDON, J. R. (Ed). **Booker tropical soil manual**. London : Booker, 1984. 450 p.
- LE MOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 83 p.
- PEARSON, C. A. **Tolerance of crops to exchangeable sodium**. Washington, DC, 1960, 4 p. (USDA. Information bulletin, 216).
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madri: Ed Agrícola Espanhola, 1978. 520 p.
- PORTO FILHO, F DE Q.; MEDEIROS, J. F. DE; SOUZA NETO, E. R.; GHEYI, H. R. Viabilidade da utilização de águas salinas nas diferentes fases do melão na região produtora de Mossoró-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12, 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002. 4 p. CD Rom.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.
- RHOADES, J. D.; MERRILL, S. D. Assessing the suitability of water for irrigation: Theoretical and empirical approaches. In: PROGNOSIS OF SALINITY AND ALKALINITY. Rome, FAO, 1976. p. 69-110. (FAO Soils bulletin, 31).
- RICHARDS, L. A. (ed) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC, US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).
- SISTEMA Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p
- SOUSA PINTO, C. **Curso Básico de Mecânica de Solos**, São Paulo: Oficina de Textos, 2000, 247 p.
- VIEIRA, D. B. Característica hídrica do solo. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Curso geral de irrigação. Brasília, 1986. cap. 3, 53 p.

Capítulo 4

Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

Antonio Ramalho Filho
Daniel Vidal Pérez
Fernando Cezar Saraiva do Amaral
Silvio Roberto de Lucena Tavares

No Brasil, de maneira geral, até bem pouco tempo atrás, quando se tratava de análise de água para fins agrícolas, sempre vinha em mente uma abordagem de coleta simples, visando exames puramente físico-químicos, que respondessem de imediato se a água amostrada atenderia os requisitos da planta, as propriedades físico-químicas do solo e se sua qualidade não comprometeria o equipamento de irrigação. Os fatores de poluição das fontes de água utilizadas e, conseqüentemente, suas influências sobre o meio ambiente, sempre foram desconsiderados ou relegados ao segundo plano.

Tal negligenciamento se deve, em parte, à cultura brasileira da abundância, já que o país possui a maior reserva de água doce do mundo, com aproximadamente 12% da disponibilidade mundial e em parte, a inexistência de uma preocupação pretérita da potencialidade das práticas agrícolas que veiculam água em seus processos, de poluírem o ambiente e contaminarem o homem.

A qualidade da água exigida pelos diversos usos é diferenciada. Assim sendo, determinada fonte de água pode ser considerada de boa qualidade para lazer e recreação, mas não para consumo humano ou irrigação. E ainda, dentro dos usos específicos a exigência também é diferenciada, por exemplo, outra fonte de água pode ser considerada de boa qualidade para ser utilizada em um determinado sistema de irrigação (aspersão), e por causa de sedimentos, ser inaceitável para sistemas de irrigação do tipo localizado (microaspersão e gotejamento).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água (AYERS; WESTCOT, 1999). No entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água eram abundantes e de boa qualidade, além da fácil utilização. Todavia, esta situação está se alterando drasticamente em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade de superfície, implica que, mantido esse desperdício, num futuro próximo, tanto nos projetos novos como nos antigos, que requerem águas adicionais, terá que recorrer a água de qualidade inferior ou a utilização das de subsuperfície. Para evitar problemas subseqüentes, deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade.

Não só as variáveis de solo devem ser consideradas em um sistema de classificação de terras para irrigação, mas também aquelas referentes ao principal insumo que é a água, bem como a interação entre elas, uma vez que de nada adianta a existência de solos de boa aptidão se a água não apresenta a mesma qualidade ou que apresente alto custo de captação. Portanto, o sistema de classificação de terras deve ser entendido como um ente único, em que as características da água fazem parte do todo.

O enquadramento referente à qualidade das águas no sistema, numa primeira etapa, foi feito a partir das informações provenientes dos trabalhos de irrigação re-

alizados em todo o mundo (RICHARDS, 1954; RHOADES; CLARCK, 1978; AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992) e, preferencialmente, daquelas referentes à água disponíveis em trabalhos realizados no semiárido brasileiro. Na etapa final, foi priorizada a obtenção de informação de campo que possibilitasse o ajuste conforme as variedades e manejo praticados atualmente nessa região.

No tocante ao custo de captação d'água, utilizou-se informação empírica recorrentemente utilizada nos projetos de irrigação, não apenas de empresas privadas, como também de órgãos, alguns normatizadores, como a CODEVASF, DNOCS, CHESF e ANA.

4.1 - Condutividade Elétrica (e)

A determinação da condutividade elétrica é uma maneira indireta de inferir a quantidade de sais presentes em uma solução. Quanto maior a condutividade, maior a concentração. A adequação da água para fins de irrigação não depende apenas do teor total dos sais dissolvidos, mas também dos tipos presentes. À medida que o conteúdo total dos sais aumenta, os problemas no solo e nas plantas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, objetivando manter a produtividade das culturas em níveis aceitáveis. As águas de alta salinidade requerem lixiviação contínua, a fim de que não ocorra risco de nível freático alto, tornando praticamente impossível manter por longo prazo a agricultura irrigada, sem a instalação de adequado sistema de drenagem. Se a drenagem for suficiente, o controle da salinidade exigirá apenas bom manejo para assegurar a água necessária às culturas e à lixiviação dos sais dentro dos limites de tolerância das plantas.

A manifestação da salinidade na planta se dá através da chamada "seca fisiológica", ou seja, mesmo existindo água no solo a planta não tem condições de absorvê-la devido ao excesso de sais (pressão osmótica). Esses sais são geralmente provenientes dos processos de intemperização das rochas, ou podem ser acumulados a partir dos sais contidos na água de irrigação, por fluxo lateral de áreas posicionadas em cota superior ou por ascensão do lençol freático.

Um dos vários exemplos de experiências com irrigação que apresentaram problemas devido à qualidade da água é o do Perímetro Vale do Fidalgo (Estado do Piauí). Segundo relato dos técnicos locais e agricultores atuantes no projeto, variedades de banana como nanica e nanicão apresentaram boas produções no passado, bem como a cultura do algodão. No entanto, com o passar do tempo, as culturas passaram a apresentar produtividade decrescente, principalmente a banana, sendo atribuída essa queda de produtividade à salinização (Figuras 1 e 2) do solo acentuada pela significativa presença de enxofre na água de irrigação (classificação C3-S1). Essa água é proveniente de poço e captada a 80 metros de profundidade aproximadamente.



Figuras 1 e 2 - Bananal irrigado por sulco e o detalhe da salinização de coloração esbranquiçada na superfície do solo (Projeto Vale do Fidalgo – Simplício Mendes/PI).

Acúmulo de sais (CaSO_4)

A tabela 1 apresenta os resultados do exame dessas águas coletadas e analisadas em agosto de 2004. Os resultados confirmaram que a água utilizada nesse perímetro possui características desafiadoras para uso com irrigação, principalmente nesses solos, que de modo geral, não possuem boa drenabilidade natural. Devido aos elevados teores de enxofre / sulfatos pareados com cálcio (negrito), o manejo nesta condição (água + solo + cultura + sistema de irrigação) requer muito cuidado visando obter produções aceitáveis e sustentáveis ao longo do tempo.

Tabela 1 - Resultados das análises de duas amostras da água de irrigação (Projeto Vale do Fidalgo – Simplício Mendes/PI).

Determinação	Unidade	Amostra 01	Amostra 02
Ca	mg L ⁻¹	225	230
Mg	mg L ⁻¹	31,9	32,7
Na	mg L ⁻¹	20,6	21,0
K	mg L ⁻¹	14,3	14,7
B	mg L ⁻¹	3,53	3,76
Mn	mg L ⁻¹	0,053	0,052
Fe	mg L ⁻¹	traço	traço
Zn	mg L ⁻¹	0,003	0,002
Cu	mg L ⁻¹	0,002	0,001
Cr	mg L ⁻¹	traço	traço
Co	mg L ⁻¹	traço	traço
Ni	mg L ⁻¹	traço	traço
Al	mg L ⁻¹	traço	traço
Cd	mg L ⁻¹	traço	traço
Pb	mg L ⁻¹	traço	traço
Mo	mg L ⁻¹	traço	traço
Fluoreto	mg L ⁻¹	0,30	0,31
Cloreto	mg L ⁻¹	22,19	21,78
Nitrito	mg L ⁻¹	traço	traço
Brometo	mg L ⁻¹	0,20	0,21
Nitrato	mg L ⁻¹	traço	traço
Fosfato	mg L ⁻¹	traço	traço
Sulfato	mg L ⁻¹	757,73	768,81
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	1,2	1,2
pH		7,34	7,39

Como a irrigação é feita basicamente por sulco, o processo de salinização é acelerado pela elevada quantidade de água aplicada. Desta forma, culturas sensíveis como a banana (Figuras 3 e 4), têm sua produção decrescente ao longo do tempo a uma taxa aproximada de 40% a 50% consequência da elevação gradativa do teor de sais no solo, até tornar-se inviável economicamente, o que tem acontecido após 3 a 5 anos.



Figuras 3 e 4 - Bananal com produção decrescente devido à irrigação por sulcos, utilizando água de elevado teor de sulfato de cálcio (Projeto Vale do Fidalgo – Simplício Mendes/PI).

A determinação do nível de salinidade se faz a partir da medição da condutividade elétrica da amostra da água de irrigação. Essa variável permitirá inferir a sustentabilidade que o solo terá em relação à salinização, principalmente se ele apresenta propensão para o desenvolvimento do processo: baixa profundidade, baixa condutividade hidráulica e baixa posição na paisagem. Permitirá igualmente, avaliar o grau de resposta que cada cultura em função de sua resistência intrínseca, não só à salinidade do solo, mas também à resistência fisiológica de seus tecidos aos sais, principalmente se o sistema de irrigação escolhido for o de aspersão. A condutividade elétrica também tem importância por afetar potencialmente a eficiência e durabilidade das tubulações metálicas e do conjunto motobomba.

Os perímetros do semiárido irrigados com água dos rios das grandes bacias, como o São Francisco e Parnaíba não apresentam risco para esta variável devido à sua excelente qualidade, com valores baixos, na ordem de $0,05 \text{ dS m}^{-1}$. No entanto, geralmente águas provenientes de poços artesianos ou pequenos reservatórios superficiais no cristalino nordestino têm apresentado águas de péssima qualidade (C3S3 ou C3S4).

A condutividade elétrica da água de irrigação deve ser determinada conforme Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997), devendo ser expressa em dS m^{-1} .

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ para a cultura do feijão. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ para as culturas da banana, acerola, melão, feijão e uva. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ para a cultura do coco.

Para o sistema de irrigação por superfície, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ para a cultura do feijão. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ para a cultura do coco.

4.2 - Relação ou Razão de Adsorção de Sódio (*s*)

Da mesma forma que é estruturado para as determinações do solo, essa variável expressa o risco que o alto teor de sódio na água de irrigação poderá trazer não só ao solo (sodificação), como nesse caso, também às plantas cultivadas, principalmente se o sistema de irrigação considerado for o de aspersão, bem como poderá trazer danos ao próprio sistema de irrigação.

Teores relativamente altos de sódio em relação aos de cálcio e magnésio na água de irrigação, normalmente superiores a 3:1, ou mesmo baixos valores absolutos de cálcio no solo, tendem a prejudicar suas propriedades físico-químicas, desequilibrando-o estruturalmente e, por fim, reduzindo sua permeabilidade. Esse impacto geralmente ocorre de forma mais intensa nas camadas superficiais.

Contrastando com os sintomas típicos da toxicidade do cloreto, que se inicia no ápice das folhas, os sintomas típicos do sódio se apresentam em forma de queimadura ou necrose ao longo das bordas, evoluindo para a região internervural das folhas (AYERS; WESTCOT, 1999).

Os perímetros do semiárido irrigados com água dos rios das grandes bacias como o São Francisco e Parnaíba, não apresentam risco para esse parâmetro devido a sua excelente qualidade (C1S1).

Pode-se considerar que, em geral, a concentração de sódio na solução do solo não é maior que duas a três vezes a concentração na água de irrigação nos 30 cm superficiais. O solo, no entanto, tem sua solução variável na concentração motivada por fatores como o tempo, a planta, a água recebida por irrigação e por precipitação natural, a localização no perfil, entre outros. Se a água de irrigação apresentar concentração e composição constantes e as condições de drenagem forem boas, a percentagem de sódio trocável variará muito pouco de ano para ano em zonas áridas.

Uma das formas de se corrigir a Relação de Adsorção de Sódio (*s*) nos sistemas de irrigação consiste em misturar a água com elevada (*s*) com água de boa qualidade. Desta forma, pode-se trazer o valor final da mistura para uma faixa que seja menos limitante para a cultura explorada. Evidentemente, a mistura das águas de irrigação vai depender da economicidade de se incorporar a água de boa qualidade ao sistema, ou seja, ela deverá ter baixo custo de captação (distância e altura) além de possuir volume suficiente durante todo o ano. Outra maneira de se conviver com água de irrigação com valor elevado (*s*) é a seleção de plantas menos sensíveis.

A determinação dos elementos componentes da Relação de Adsorção de Sódio (s) na água de irrigação deve ser feita da seguinte forma: Através de Fotometria de Chama, Ca e Mg através de métodos espectrofotométricos (ICP ou AAS), conforme FEEMA (1979) ou, na impossibilidade, através de Titulação Complexométrica, de acordo com Rump (1999). Os teores de Na, Ca e Mg devem ser calculados em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ enquanto a Relação de Adsorção de Sódio em $\text{mmol}_c^{1/2} \text{L}^{-1/2}$.

4.3 - Cloreto (c)

Variável importante por originar a toxicidade mais frequente em água de irrigação. É um elemento tóxico para boa parte das plantas cultivadas quando presente em grande quantidade, principalmente se o sistema de irrigação considerado for o de aspersão. A toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação, uma vez que no solo este ânion não causa maiores problemas.

Como o cloreto não é adsorvido pelas partículas, ele se desloca facilmente através da solução do solo, sendo absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula sob o efeito da transpiração. Se sua concentração excede a tolerância da planta, produzem-se danos com seus sintomas característicos, como necroses e queimaduras nas folhas (AYERS; WESTCOT, 1999). Normalmente as espécies frutíferas são mais sensíveis que as culturas anuais, principalmente as produtoras de grãos e estas mais sensíveis que as espécies forrageiras. Esta ordem concorda com Maas (1984) que dentre as culturas componentes desta metodologia, atribuiu injúria foliar devido à presença de sódio ou cloreto na água de irrigação ($10\text{-}20\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) para o milho e somente $5\text{-}10 \text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ para a uva, devido a sua maior sensibilidade.

Os perímetros do semiárido irrigados com água dos rios das grandes bacias, como São Francisco e Parnaíba, não apresentam risco para esse parâmetro, uma vez que a água desses rios possui baixos valores de cloro dissolvido.

A determinação do cloreto na água de irrigação deve ser feita por Cromatografia Iônica e na impossibilidade, por Argentometria (Método de Mohr), de acordo com FEEMA (1979) ou Rump (1999). A unidade requerida pelo sistema é mg L^{-1} .

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os valores mais limitantes para o cloreto na água de irrigação na classe 1 foram inferiores a 65mg L^{-1} para a cultura do feijão, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 750mg L^{-1} para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 100mg L^{-1} para as culturas da banana e uva, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 980mg L^{-1} para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 80mg L^{-1} para a cultura do feijão, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 900mg L^{-1} para a cultura do coco.

4.4 - Ferro (f)

Variável que tem sua importância relacionada mais à distribuição de água no sistema de irrigação do que pela sua fitotoxicidade propriamente dita. Ainda assim, seu maior impacto está restrito ao sistema de irrigação do tipo localizado, porque pode obstruir os emissores e formar incrustações nas tubulações devido à baixa velocidade do fluxo de água nesse sistema, não tendo praticamente influência nos sistemas convencionais.

A qualidade da água de irrigação, com relação a esta variável, é influenciada pela natureza dos solos das áreas de captação, naturalmente ricos em ferro, destacando-se os Latossolos e Espodossolos ferrocárbicos, compondo a bacia hidrográfica ou mesmo, se a água de irrigação é proveniente de represas e açudes com muita matéria orgânica em decomposição, oriunda de capins, taboa (*Typha latifolia*), junco (*Cyperus giganteus* ou *Papyrus radiatus*) e aguapés (*Eichhornia crassipes*) principalmente, normalmente ricos em ferro.

Segundo Ayers e Westcot (1999), o limite para o teor de ferro na água de irrigação, de forma genérica, é de 2 mg L^{-1} . Como o impacto desse parâmetro está fortemente ligada ao sistema de irrigação, além de ter relativamente baixo custo de correção, seus valores definidores de classes no SiBCTI foram ampliados.

Atualmente o procedimento de melhor relação custo/benefício para a retirada do ferro na água de irrigação é através da oxigenação para precipitá-lo e retirá-lo posteriormente por filtração. Apesar dessa estrutura não ser representativa na planilha de custo de um sistema de irrigação do tipo localizado, esse custo deverá ser atentado se o teor final desse elemento na água de irrigação for representativo.

A determinação do teor de ferro na água de irrigação deve ser feita por Métodos Espectrofotométricos (ICP ou AAS), de acordo com FEEMA (1979). A unidade requerida pelo sistema é mg L^{-1} .

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ para a cultura da manga, enquanto os maiores valores na classe 6 foram superiores a $9,5 \text{ mg L}^{-1}$ para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $1,3 \text{ mg L}^{-1}$ para a cultura da manga, enquanto os maiores valores na classe 6 foram superiores a 9 mg L^{-1} para todas as culturas, excetuando a manga.

Para o sistema de irrigação por superfície, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a $1,9 \text{ mg L}^{-1}$ para a cultura do feijão, enquanto os maiores valores na classe 6 foram superiores a 10 mg L^{-1} para todas as culturas, excetuando manga e feijão.

4.5 - Boro (b)

O boro é um elemento essencial para a nutrição vegetal embora seja requerido em quantidades diminutas (0,03 a 0,04 mg L⁻¹). Porém, em concentrações um pouco maiores, pode ser muito fitotóxico. Logicamente o nível de concentração que o torna tóxico varia de acordo com a espécie vegetal.

Dependendo da quantidade, pode afetar as culturas quando presente no solo nos três sistemas de irrigação contemplados no Sistema, e não apenas no de aspersão, como salientado para as variáveis anteriores.

Os sintomas aparecem, em geral, como manchas amarelas, em processo de necrose, nas bordas e ápices das folhas mais velhas. À medida em que o boro se acumula, os sintomas se estendem pelas áreas internervurais até o centro das folhas.

As águas superficiais raramente apresentam boro em concentração tóxica. Quando ocorre toxicidade, esta é mais frequente em águas residuais ou mesmo de lençol freático, onde ocorre acúmulo de ácidos orgânicos.

Os sintomas na maioria das culturas aparecem quando a concentração foliar de boro excede 250 a 300 mg kg⁻¹ de matéria seca, mas nem todas as culturas sensíveis acumulam o boro em suas folhas. As fruteiras de caroço e algumas rosáceas são facilmente afetadas por boro, mas não o acumulam em quantidade suficiente em suas folhas para que a análise foliar permita um diagnóstico confiável. Nesses casos, há que se confirmar a sua toxicidade mediante análises da água e do solo e por meio de observações dos sintomas e das características do crescimento vegetativo (AYERS; WESTCOT, 1999).

No tocante à sensibilidade ao boro, não foi possível constatar níveis de injúrias nos perímetros visitados. Dentre as culturas componentes da base de dados, a literatura sequencia como mais tolerantes o coco e a cebola; semitolerantes o melão, a melancia, o milho e o feijão e mais sensível a uva (RICHARDS et al., 1954). No entanto, Maas (1984) classificou a cebola e o feijão no mesmo grupo de sensibilidade da uva.

A determinação da concentração de boro na água de irrigação deverá ser feita pelo método Azometina de acordo com Rump (1999). A unidade requerida pelo sistema é mg L⁻¹.

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 0,5 mg L⁻¹ para as culturas do feijão e uva, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 3,1 mg L⁻¹ para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 0,6 mg L⁻¹ para a cultura da uva, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 4,6 mg L⁻¹ para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 0,6 mg L⁻¹ para a cultura do feijão, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 4,5 mg L⁻¹ para a cultura do coco.

4.6 - Diferença de Cota (h) e Distância da Captação D'água (d)

Variáveis importantes não só pelo aspecto da sustentabilidade do sistema solo x planta x qualidade da água x sistema de irrigação, mas também por questão de economicidade. Dessa forma, de nada adianta haver um solo de elevado potencial agrícola ou mesmo água para irrigação de boa qualidade, se o custo de captação for elevado. É uma variável difícil de se ponderar, pois com o barateamento do maquinário e da energia, tarifas diferenciadas por horário e agricultor, a economicidade da captação torna-se extremamente dinâmica, variando de acordo com o tempo e com a região considerada.

Um exemplo bastante didático da importância da qualidade e custo de captação de água para o sucesso de um projeto de irrigação é o Projeto Vale do Fidalgo, também conhecido como Morro dos Cavalos, localizado no Estado do Piauí. Nesse projeto, a irrigação é feita com água de poço captada a uma profundidade de 80 a 100 metros (Figuras 5 e 6), uma vez que o principal rio da região (Jatobá) não é perene. A receita gerada pela produção agropecuária praticamente não cobre os custos de produção, principalmente os relacionados à tarifa de energia e a manutenção do sistema



de captação da água de irrigação, atacados pela constante corrosão devido ao elevado teor de enxofre/sulfatos na água de irrigação.

Figuras 5 e 6 - Captação de água com elevado teor de enxofre a 80 metros de profundidade. (Projeto Vale do Fidalgo – Simplício Mendes/PI).

A unidade requerida é em metros para a diferença de cota e quilômetros para a distância de captação.

Para os sistemas de irrigação por aspersão, localizada e por superfície, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 40 m e 20 km respectivamente para diferença e distância da captação d'água para todas as culturas. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 120 m e 60 km respectivamente para diferença e distância da captação d'água para todas as culturas.

Referências Bibliográficas

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standards methods for the examination of water and wastewater**. 15. ed. Washington, DC, APHA-AWWA-WPCF, 1992. 1268 p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB. 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1). Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. ver. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FEEMA **Metodos de analise fisico-quimica da água**. Rio de Janeiro: DICOMT, 1979. 3 v. (Cadernos FEEMA. Serie didática, 14/79).
- MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B.R. (ed.) **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton, Florida. CRC Press, 1984. p. 57-75
- RHOADES, J. D.; CLARCK, M. **Sampling procedures and chemical methods in use at the United States Salinity Laboratory for characterizing salt-affected soils and waters**. Riverside, US Salinity Laboratory, 1978. p. 116-151.
- RICHARDS, L. A. (ed) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC, US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).
- RUMP, H. H. **Laboratory manual for the examination of water, waste water and soil**. 3. ed. rev. Weinheim: Wiley-VCH, 1999. 225 p. English translation by Elisabeth Grayson.

Capítulo 5

Culturas Perenes Componentes da Base de Dados - I

Fernando Cezar Saraiva do Amaral

Foram abordadas nesta metodologia as principais culturas perenes exploradas nos perímetros irrigados do semiárido brasileiro, dando-se preferência àquelas que possuíam informações edafológicas e econômicas em qualidade e quantidade suficientes, que embasassem esse trabalho com a segurança aceitável. Por estar se confirmando cada vez mais como aptidão para exploração no semiárido, como agricultura irrigada, o cultivo de espécies perenes e semiperenes, destacadamente a fruticultura e a cana-de-açúcar, estas permitiram uma maior riqueza na obtenção de informações de campo.

Os órgãos de pesquisa atuantes na região semiárida, destacadamente a Embrapa Semiárido, mantêm programas contínuos e intensos de investigação, testando e adaptando diversas espécies vegetais de valor comercial para serem exploradas economicamente nessa região de características tão peculiares. É um trabalho demorado uma vez que muitas dessas espécies provem de regiões e climas bastante diferenciados.

À medida que essas novas opções entrantes obtenham o “batismo” cultural e geograficamente representativos, elas serão incorporadas à base de dados do SiBCTI.

5.1 - Manga (*mangifera indica L*)

Dentre as culturas atualmente exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, a manga é uma das mais abrangentes geograficamente. Permite duas colheitas por ano com a utilização de indutores florais. Hoje, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação tipo localizada e bom manejo: fertirrigação, podas, controles sanitários, mudas de boa qualidade e variedades produtivas, a produtividade tem oscilado em torno de 45 t ha⁻¹ ano⁻¹, com duas colheitas.

A influência do tipo de irrigação utilizado na produção da manga é muito importante. Desta forma, foi constatado nas averiguações de campo que em situações semelhantes em relação ao tipo de solo, manejo e variedade, diferindo apenas o sistema de irrigação, se obtém na irrigação localizada uma produtividade que em muitas vezes representa o dobro da produtividade obtida com irrigação por superfície, geralmente a modalidade sulco (Figuras 1 e 2).



Figuras 1 e 2 - Manga irrigada por sulco com baixa produtividade.

Uma das principais causas dessa diferença é que na irrigação por superfície, devido à baixíssima frequência de reposição hídrica observada nos perímetros que utilizam essa modalidade de irrigação, essa prática acaba conduzindo a uma superdosagem da lâmina de água nos dias de reposição, seguida de déficit hídrico por aumento do turno de rega. Como os custos da água mais energia têm maior participação na irrigação por superfície, o agricultor, já apertado pela baixa margem, irriga em excesso apenas uma vez por semana. Com isso, a planta fica um pequeno período em ambiente saturado e no restante do período, em estresse hídrico. O impacto na produtividade dessa flutuação do teor de água no solo é evidente (vide item 2.3 Conceitos do SiBCTI).

No tocante a resistência à salinidade no solo, entre as espécies cultivadas costumeiramente nos perímetros de irrigação da região semiárida, a manga pode ser considerada uma das mais resistentes. Constatou-se através de observações de campo no Perímetro Nilo Coelho, Estado de Pernambuco, que em alguns talhões posicionados próximos da drenagem principal, a ocorrência de valores de condutividade elétrica da ordem de $8,2 \text{ dS m}^{-1}$ no poço de observação do lençol freático a uma profundidade aproximada de 70 cm (Figura 3). A este ponto, correspondeu uma condutividade elétrica (E) no extrato de saturação do solo, equivalente a $4,5 \text{ dS m}^{-1}$.



Figura 3 - Plantas adultas de mangueira na parte baixa da paisagem com necrose marginal das folhas indicando neste ponto o impacto da salinidade no solo.

Confrontando a estas observações, a condutividade elétrica (E) no solo na parte alta do talhão (sem problema de salinização) girava em torno de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Desta forma, ao se correlacionar estes dois parâmetros, foram encontrados valores de queda de 50% na produção em condições de salinidade no solo da ordem de 4 a 5 dS m^{-1} , enquanto autores como Ayers e Westcot (1999) e Maas (1990) encontraram o mesmo impacto na produção com condutividades elétricas no extrato de saturação variando de 3 a 4 dS m^{-1} . Esses autores no entanto, classificaram a manga como sensível, na mesma categoria do feijão. Esta maior resistência à salinidade encontrada nos lotes do semiárido deveu-se às variedades e principalmente porta enxertos empregados nesta região, bem mais resistentes, devido provavelmente a maior adaptação osmótica, que aquelas variedades utilizadas em outros países.¹ Esta maior resistência devida aos porta enxertos foi também aventada por Ayers e Westcot (1999).

¹ Alberto Pinto, comunicação pessoal.

Nas Figuras 4 e 5 podemos ter uma avaliação comparativa da resistência à salinização entre a manga e a banana. A Figura 4 mostra um talhão de mangueiras com seis meses em solo com salinização em torno de 3 dS m^{-1} ; enquanto a Figura 5 mostra um outro talhão de bananeiras com 11 meses, na mesma posição na paisagem e com a mesma salinidade no solo. Percebe-se claramente que enquanto a bananeira apresenta indicadores como necrose marginal devido à salinização, a manga aparentemente não sentir essa elevação da concentração de sais no solo, confirmando também nesse caso, a maior resistência para esse importante limitador da produção em áreas irrigadas.



Figuras 4 e 5 - Comparativo entre a resistência à salinização do solo entre mangueira e bananeira.

Com relação à textura do solo, a cultura da mangueira conduzida nos lotes irrigados tem apresentado excelentes respostas mesmo quando conduzida em solo extremamente arenoso. O mesmo não acontece nos solos argilosos com predominância de mineralogia do tipo 2:1, onde a produtividade decresce bastante. No projeto Mandacaru (Estado da Bahia), culturas perenes de grande porte e sistema radicular profundo, cultivadas inicialmente em Vertissolos, foram todas posteriormente abandonadas devido à incompatibilidade desse tipo de cultura com a mineralogia da argila desse tipo de solo. Em uma parte do perímetro em que ocorre uma transição do Vertissolo típico para um intergrade menos argiloso e com melhor drenagem, já se permite o cultivo de fruticultura perene, como a mangueira irrigada por aspersão (Figuras 6 e 7). Mesmo assim, a produtividade, em torno de $23 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, fica um pouco a desejar, quando se compara com outras classes de solo arenosos ou de mineralogia 1:1, ou mesmo oxídicas, presentes na região.



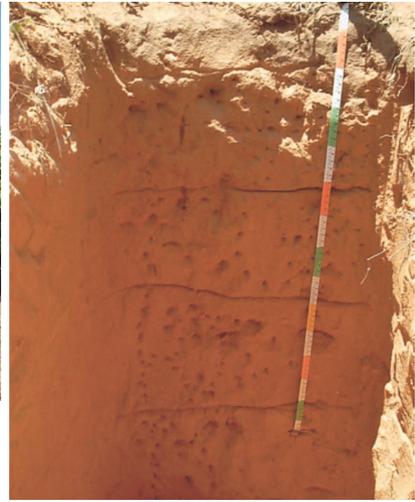
Figuras 6 e 7 - Mangueiras de produtividade mediana cultivadas em intergrade para Vertissolo (Perímetro Mandacaru – Estado da Bahia) e em Luvisso (Perímetro Cruz das Almas – Casa Nova/BA).

Com relação à profundidade do solo, entre as perenes, é uma das mais exigentes e não poderia deixar de ser, uma vez que em condições naturais é uma árvore frondosa com o sistema radicular atingindo grandes profundidades quando não encontra impedimentos considerados “barreiras” ao crescimento radicular.

Um exemplo bastante elucidativo desta influência é a topossequência registrada no Perímetro Nilo Coelho (Estado de Pernambuco) apresentada a seguir. O primeiro registro é um talhão com mangueira de 16 anos em Argissolo textura média com fragipã (camada “barreira”) a aproximadamente 180 cm de profundidade (Figuras 8 e 9), a produtividade informada tem a mesma ordem de grandeza ($40 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em duas colheitas) de outro talhão da mesma propriedade e com o mesmo solo, tendo no entanto fragipã a aproximadamente 120 cm (Figuras 10 e 11). Ou seja, até essa profundidade, 120 cm, não há indício de impacto significativo do fragipã na produtividade da cultura.



Figuras 8 e 9 - Mangueira de 16 anos em Argissolo textura média com fragipã a 180 cm de profundidade e produtividade de $40 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em duas colheitas.



Figuras 10 e 11 - Mangueira de 12 anos em Argissolo textura média com fragipã a 120 cm e produtividade de 40 t ha⁻¹ ano⁻¹ em duas colheitas.

Na parte baixa da encosta, próximo à drenagem, o fragipã se aproxima bastante da superfície do solo, sendo encontrado a aproximadamente 40 cm (Figuras 12 e 13). Nesse ponto, o aspecto geral do talhão acusa o impacto do pequeno volume do solo, com a produtividade média atingindo 20 t ha⁻¹ ano⁻¹. Segundo informação do proprietário, nessa condição em que a cultura alcança apenas 50% da produtividade da parte alta, mal paga os custos de produção (break-even).



Figuras 12 e 13 - Mangueira de 12 anos localizada na parte baixa da paisagem com fragipã a 40 cm de profundidade.

Por essa condição do sistema radicular e pela própria fisiologia da planta, comparativamente, a mangueira tem pouca resistência ao pequeno volume útil de solo e encharcamento do solo por longos períodos.

Em termos de balanço hídrico, pelo porte arbóreo e elevada biomassa, mesmo quando exigida para a obtenção de elevada produtividade é uma planta que apresenta demanda comparativa mediana de água. Nos dias de maior evapotranspiração, em solos arenosos, a taxa de aplicação d'água tem alcançado 230 litros por planta por dia, em duas aplicações.

5.2 - Goiaba (*Psidium guajava* L.)

Dentre as culturas atualmente exploradas nos perímetros irrigados do semiárido é uma das mais lucrativas. Hoje, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação localizada e bom manejo: fertirrigação, podas, controles sanitários, mudas de boa qualidade e variedades produtivas, a produtividade tem encostado nas 55 t ha⁻¹ ano⁻¹ com duas colheitas por ano.

No tocante a resistência à salinidade no solo, entre as espécies cultivadas costumeiramente nos perímetros, pode ser considerada com uma das mais resistentes, à semelhança da mangueira. Obteve-se constatações no perímetro Nilo Coelho (Estado de Pernambuco) de talhões posicionados tanto na parte alta da paisagem, sem impacto da salinidade (Figura 14), quanto na parte baixa, com impacto da salinidade, apresentando o mesmo nível de produtividade, em torno de 0,7 caixa/pé para goiabeiras com um ano e três anos.

Goiabeira da parte média da encosta. A condutividade elétrica no extrato de saturação na camada 40-60 cm acusou valor de 0,58 dS m⁻¹ comprovando que nesse ponto ainda não há elevação da salinidade no solo (Figura 15).

As Figuras 16 e 17 mostram a cultura da goiaba na parte baixa da paisagem apresentando nítidos problemas de salinização, eviden-



Figura 14 - Goiabeira da parte alta da paisagem com $E = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$.



Figura 15 - Goiabeira da parte média da topossequência.



Figuras 16 e 17 - Goiabeira da parte baixa da paisagem e dreno sobre fragipã.

ciada pelo elevado número de falhas nas linhas de plantio, apesar da goiaba ser uma das espécies menos sensíveis à salinização quando comparada às demais cultivadas na região. A condutividade elétrica no extrato de saturação na camada 40-60 cm informada é da ordem de $9,00 \text{ dS m}^{-1}$, muito alto, portanto, evidenciada pela correlação com a condição geral do talhão.

Detalhe da folha com necrose marginal como consequência da salinidade no solo das plantas posicionadas na parte baixa da encosta, próximas à drenagem, ao fundo (Figura 18).



Figura 18 - Detalhe da folha com necrose marginal indicando acúmulo de sais no solo.

A cultura da goiabeira conduzida nos lotes irrigados tem apresentado excelentes respostas mesmo quando conduzida em solo extremamente arenoso, comportando-se melhor do que em solos extremamente argilosos com argilas expansivas de mineralogia do tipo 2:1 (Luvisolos e Cambissolos vérticos, principalmente), onde a produtividade tem ficado aquém de áreas similares com solos argilosos com mineralogia 1:1 ou oxídicos ou mesmo arenosos (Figura 19).



Figura 19 - Goiabeira de 7 anos sobre solo com argila 2:1 e produtividade relativamente baixa, em torno de 25 t ha^{-1} (Projeto Califórnia – Canindé do São Francisco/SE).

Em contrapartida, no Perímetro Nilo Coelho, constatou-se em solo arenoso, goiabeiras com 6-7 anos de idade com excelente produtividade, próxima a 50 t ha⁻¹ em duas colheitas por ano (Figuras 20 e 21).



Figuras 20 e 21 - Goiabeiras com excelente produtividade em solo arenoso. (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE).

Com relação à profundidade do solo, entre as perenes, é uma das mais exigentes e não poderia deixar de ser, uma vez que em condições naturais o sistema radicular atinge grandes profundidades quando não encontra barreiras ao crescimento.

Por esta condição do sistema radicular e pela própria fisiologia da planta, comparativamente, a goiabeira tem pouca resistência ao encharcamento do solo por longos períodos.

Em termos de balanço hídrico, pelo porte arbóreo e elevada biomassa, mesmo quando exigida para a obtenção de elevada produtividade, a goiabeira é uma planta que demanda quantidade mediana de água, girando em torno de 60 m³ ha⁻¹ dia⁻¹.

5.3 - Acerola (Malpighia glabra L.)

Dentre as culturas exploradas nos perímetros irrigados do semiárido é considerada de média lucratividade. Atualmente, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação localizada e bom manejo: fertirrigação, podas, controle sanitário, mudas de boa qualidade, variedades produtivas, entre outros, a produtividade tem encostado nas 53 t ha⁻¹ ano⁻¹.

No tocante a resistência à salinidade do solo, a aceroleira, entre as espécies cultivadas costumeiramente nos perímetros, pode ser considerada como apresentando mediana resistência, através de constatações no campo, não obstante o fato de Gurgel et al. (2003) a considerarem como resistente.

A cultura da aceroleira conduzida nos lotes irrigados tem apresentado excelentes respostas mesmo quando conduzidas em solos extremamente arenosos. Já no quesito profundidade do solo, essa cultura, mesmo perene, é considerada exigente.

Por esta condição do sistema radicular e pela própria fisiologia da planta, comparativamente, tem pouca resistência ao encharcamento do solo por longos períodos.

Em termos de balanço hídrico, pelo porte comparativamente reduzido e menor área foliar em relação a outras fruteiras, quando exigida para a obtenção de elevada produtividade é uma planta que exige menor quantidade de água, girando em torno de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Referências Bibliográficas

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB. 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1). Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V.

GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Índices fisiológicos e de crescimento de um porta-enxerto de aceroleira sob estresse salino **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.7, n.3 p. 451-456, 2003.

MAAS, E. V. Crop salt tolerance. In: TANGI, K. K. (Ed.) **AGRICULTURAL SALINITY ASSESSMENT AND MANAGEMENT MANUAL**. New York: ASCE, 1990. p. 262-304.

Capítulo 6

Culturas Perenes Componentes da Base de Dados - II

Fernando Cezar Saraiva do Amaral
Nestor Corbiniano Sousa Neto

6.1 - Uva (*Vitis vinifera* L)

Dentre as culturas atualmente exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, a uva é uma das mais lucrativas, superando a manga e com perspectivas de ampliar essa rentabilidade, principalmente pela possibilidade de exploração do mercado de vinho. Permite cinco colheitas a cada dois anos com a utilização de indutores florais, no entanto, os agricultores têm preferido restringir em duas colheitas por ano para não provocar estresse nas plantas. Hoje, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação localizada e bom manejo: fertirrigação, podas, controles sanitários, mudas de boa qualidade e variedades produtivas, a produtividade tem encostado nas 52 t ha⁻¹ ano⁻¹.

No tocante a resistência à salinidade no solo, entre as espécies cultivadas costumeiramente nos perímetros, pode ser considerada como uma das mais sensíveis, principalmente a variedade Cardinal (MAAS, 1984). Obteve-se constatações de perda total da produção em alguns talhões no Perímetro Nilo Coelho, Estado de Pernambuco, posicionados próximos da drenagem principal, com valores de condutividade elétrica no extrato de saturação (E) da ordem de 4,5 dS m⁻¹ e no poço de observação do lençol freático a 70 cm de profundidade da ordem de 8,2 dS m⁻¹ (Figura 1); enquanto a condutividade do solo na parte alta da paisagem, sem problema de salinização, girava em torno de 0,5 dS m⁻¹. A título comparativo, um talhão explorado com coco na mesma posição na paisagem e com os mesmos valores de elevada condutividade elétrica no extrato de saturação não apresentava nenhum indicativo de dano na planta (Figura 1).

Avaliando o efeito da salinidade em uva, Ayers (1977) apresentou valores em torno de 6,7 dS m⁻¹ para o mesmo impacto na produtividade, ou seja, perda total, enquanto Ayers e Westcot (1999) enquadraram o gênero *Vitis* como moderadamente sensível, com 50% de queda na produtividade em valores próximos a 8,0 dS m⁻¹. No entanto, as observações de campo em alguns perímetros de irrigação do semiárido brasileiro conduzem a concordar com Ayers (1977), dando conta de uma grande sensibilidade da uva, podendo-se enquadrá-la como uma das mais sensíveis entre as espécies perenes comumente cultivadas nesta região.



Figura 1 - Talhão de uva perdido devido à elevada salinidade do solo e ao fundo coco sem problemas. (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE).

No tocante à textura do solo, têm-se obtido excelentes produtividades mesmo em parreirais implantados em lotes irrigados sob solo extremamente arenoso (Figura 2).

Isto se deve, entre outros motivos, ao parcelamento das lâminas de água possível com a irrigação localizada, além do correto manejo da fertilidade, com a fertirrigação. Outro fator positivo do manejo é a elevação da matéria orgânica do solo, seja pela adição direta de material orgânico, seja pelo plantio de espécies de cobertura nas entrelinhas. (Figura 3).

Já no parâmetro profundidade do solo, entre as perenes, a uva é uma das menos exigentes, apresentando boas produtividades em solos relativamente mais rasos, principalmente naqueles com elevado teor de cálcio.

Apesar desta condição, devido à fisiologia da planta, comparativamente, tem pouca resistência ao encharcamento do solo por longos períodos.

Em termos de balanço hídrico, pela arquitetura do parreiral (Figura 4), quando exigida para a obtenção de elevada produtividade é uma planta que exige, comparativamente, quantidade mediana de água. A demanda média gira em torno de $58\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$.



Figura 2 – Parreiral em formação sobre solo muito arenoso (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE).



Figura 3 – Plantio de cobertura nas entrelinhas em talhão cultivado com uva. (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE).



Figura 4 – Arquitetura do parreiral. (Perímetro Nilo Coelho - Petrolina/PE).

6.2 - Banana (*Musa spp.*)

A bananeira é considerada uma cultura de média lucratividade, dentre aquelas exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, permitindo colheita contínua durante o ano. Atualmente, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações, e sob irrigação localizada e bom manejo: fertirrigação, controle sanitário, mudas de boa qualidade, variedades produtivas, entre outros, a produtividade tem encostado nas 52 t ha⁻¹ ano⁻¹.

No tocante a resistência à salinidade do solo, entre as espécies cultivadas costumemente nos perímetros de irrigação, pode ser considerada com uma das mais sensíveis. Uma dessas constatações foi obtida em uma topossequência de um solo argiloso no Perímetro Nilo Coelho. Na parte superior foi encontrada a banana sem problema aparente de salinização (Figuras 4 e 5), com produtividade superando em três vezes a produtividade da parte baixa, impactada pela salinização do solo.



Figuras 5 e 6 – Solo e respectivo bananal posicionados na parte alta da paisagem, sem problema de salinidade (Perímetro Nilo Coelho - Petrolina/PE).



As Figuras 7 e 8 mostram a bananeira na parte baixa da paisagem, sobre solo com elevado nível de salinização. O bananal, variedade pakovan,



Figuras 7 e 8 - Bananeira na parte baixa da paisagem onde o solo apresenta concentração elevada de sais, evidenciada pela necrose marginal da folha (Perímetro Nilo Coelho- Petrolina/PE).

apresenta péssimo aspecto, com plantas de menor porte, folhas com necrose marginal e alto nível de falhas nas linhas de plantio. Como não poderia deixar de ser, a produtividade está seriamente afetada, atingindo somente um terço da correspondente à parte alta.

A cultura da bananeira conduzida nos lotes irrigados tem apresentado excelentes respostas mesmo quando explorada em solo pouco profundo ou moderadamente drenado. Em relação à profundidade do solo, entre as perenes, é uma das menos exigentes. No Projeto Caraíbas (Estado de Pernambuco), pode-se observar bananal com boa produtividade sobre solo com lençol freático a 45-50 cm. A Figura 9 mostra um *stand* com banana da variedade pakovan apresentando alta produtividade. O solo tem nesse ponto aproximadamente 70 cm até uma camada pedregosa com $K = 1,42 \text{ cm h}^{-1}$. Apresenta má drenagem apesar de toda a área dispor de dreno tipo vala a 60 cm de profundidade. Portanto, neste exemplo, a drenagem e a baixa profundidade efetiva parecem não se constituir em fortes impedimentos para a produção desta espécie.

Da mesma forma, observou-se nos projetos Formoso A e Rodelas, solos rasos em que na mesma posição na paisagem, a banana ainda produzindo mesmo que de forma prejudicada e o coco, comparativamente, sem nada produzir.



Figura 9 - Bananal com excelente aspecto, variedade pakovan, em solo com má drenagem superficial. (Perímetro Cruz das Almas – Casa Nova/BA).

As Figuras 10 e 11 mostram detalhe de bananal em terço médio de encosta conduzido sobre ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico latossólico A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado, apresentando uma camada espessa de cascalho e concreções a aproximadamente 70 cm de profundidade.

Por essa condição do sistema radicular e pela própria fisiologia da planta, a bananeira tem maior resistência ao encharcamento do solo por longos períodos, em comparação às outras espécies perenes comumente cultivadas nos perímetros irrigados.

Em termos de balanço hídrico, pelo porte e elevada biomassa e área foliar, quando exigida para a obtenção de elevada produtividade é uma planta que exige, comparativamente a outras frutíferas do semiárido, maior quantidade de água. Nos dias

de maior evapotranspiração, em solos arenosos, a taxa de aplicação d'água tem alcançado $67 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, em duas aplicações.



Figuras 10 e 11 - Bananal e perfil de solo correspondente apresentando algum impacto na produção devido a camada barreira mais superficial. (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE)

*6.3 - Coco (*Cocos nucifera* L.)*

Apesar de permitir colheita durante todo o ano, o coqueiro é atualmente, entre o grupo das fruteiras exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, aquela com rentabilidade mais desafiadora. Nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação localizada e bom manejo: fertirrigação, controles sanitários, mudas de boa qualidade, variedades produtivas, entre outros, a produtividade oscila em torno dos $200 \text{ frutos planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

No tocante a resistência à salinidade e sodicidade no solo, entre as espécies comerciais cultivadas costumeiramente nos perímetros do semiárido, pode ser considerada como a mais resistente. Essa constatação foi confirmada por vários autores entre eles Ferreira Neto et al. (2001), que encontraram redução da produtividade do coco de 12% para uma E de 5 dS m^{-1} , de 17% para uma E de 10 dS m^{-1} e de apenas 26% para uma E de 15 dS m^{-1} , concentração que praticamente inviabiliza qualquer cultura comercial hodiernamente cultivada nessa região.

A cultura do coqueiro explorada nos lotes irrigados tem apresentado excelentes produtividades mesmo quando conduzida em solos extremamente arenosos (Figuras 12, 13, 14 e 15).



Figuras 12, 13, 14 e 15 - Coqueiros em Neossolo Quartzarênico (Projetos Brígida – Santa Maria da Boa Vista/PE e Apolônio Salles – Petrolândia/PE).

Quanto à profundidade do solo, entre as perenes, a cultura do coqueiro é uma das mais exigentes e não poderia deixar de ser, uma vez que em condições naturais o sistema radicular atinge grandes profundidades quando não encontra barreiras ao crescimento. Em contrapartida, aceita um nível pequeno de pedregosidade no solo sem queda significativa da produtividade.

Por esta condição do sistema radicular e pela própria fisiologia da planta, comparativamente, tem pouca resistência ao encharcamento do solo por longos períodos.

Em termos de balanço hídrico, pelo porte arbóreo e sistema radicular vigoroso, quando bem manejada, é uma planta que exige comparativamente a outras frutíferas, maior quantidade de água. No entanto, os amplos espaçamentos escolhidos pelos proprietários rurais, reduzem a lâmina de irrigação por hectare. Nos dias de maior evapotranspiração, em solos arenosos, a taxa de aplicação d'água tem alcançado $62 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, em duas aplicações.

Referências Bibliográficas

AYERS, R. S. Quality of water for irrigation. **Journal of the Irrigation and drainage division**, New York, v. 103, n. 2, p. 135-154, 1977.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB. 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1). Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V.

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B. R. (ed.) **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton, Florida. CRC Press, 1984. p. 57-75

FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. H.; HOLANDA, J. S.; MEDEIROS, J. F. Avaliação da qualidade da água de coco verde em função da salinidade da água de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2001. 6 p.

Capítulo 7

Culturas Semiperenes e Anuais Componentes da Base de Dados - I

Enio Fraga da Silva
Fernando Cezar Saraiva do Amaral

Procurou-se abordar nesta metodologia as principais culturas semiperenes e anuais exploradas nos perímetros irrigados do semiárido brasileiro, dando-se preferência àquelas que possuíam informações edafológicas e econômicas em qualidade e quantidade suficientes, que pudessem embasar o SiBCTI com a segurança aceitável.

Novas opções de culturas desse agrupamento serão incluídas na base de dados do SiBCTI, quando o tempo de recorrência de sua exploração sob irrigação no semiárido permitir a confiabilidade necessária para o manuseio de seus dados.

7.1 - Cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.)

Dentre as culturas exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, a cana-de-açúcar é considerada de alta lucratividade quando se considera o retorno proveniente de todos os seus produtos (açúcar ou álcool) e subprodutos (bagaço, energia, alimentação de ruminantes, etc). Atualmente, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação localizada e bom manejo: fertirrigação, controle sanitário, toletes de boa qualidade, variedades produtivas, entre outros, a produtividade média entre todos os cortes tem encostado nas 180 t ha⁻¹ ano⁻¹.

No tocante a resistência à salinidade no solo, entre as espécies cultivadas costumadamente nos perímetros, segundo a literatura, pode ser considerada como uma das mais resistentes. Ayers e Westcot (1999) encontraram valores de **E** de 10,0 dS m⁻¹ como responsáveis por uma queda de 50% na produção. No entanto, constatações de campo nos perímetros irrigados do semiárido demonstram que existem impactos de mesma ordem na produtividade a partir de valores de **E** equivalentes a 3,0 dS m⁻¹.

A cultura da cana-de-açúcar explorada nos lotes irrigados tem apresentado excelentes respostas mesmo quando conduzidas em solos extremamente argilosos, mesmo naqueles com argila com predominância de mineralogia do tipo 2:1. É o caso da empresa agrícola Agrovale, com produção de mais de 15 anos em Vertissolos irrigados por superfície. Quanto à profundidade do solo, entre as perenes/semiperenes, é uma das menos exigentes.

Nas Figuras 1 e 2 a seguir são mostradas a utilização de tubo janelado para a irrigação por sulco em cana-de-açúcar. Esses tubos são flexíveis e retirados quando da colheita. Antes, na irrigação por sulco sem a utilização do tubo janelado, um homem manejava 14 ha e com o tubo janelado, 87 ha. Os tubos têm baixo custo pois boa parte do material é reciclado. No entanto, quando se utiliza a irrigação por gotejamento subsuperficial para o mesmo tipo de solo e manejo, a produtividade é superior com menor consumo de água quando comparado com a irrigação por sulco (Figuras 4 e 5).

Apesar da baixíssima condutividade hidráulica, da ordem de $0,03 \text{ cm h}^{-1}$, não foi constatada a formação de lençol freático, o que evidencia o correto manejo da irrigação, calibrado para a drenagem lenta e contínua desse tipo de solo.



Figuras 1 e 2 - Detalhes da utilização de tubo janelado (Fazenda Agrovale – Juazeiro/BA).



Figuras 3 e 4 - Detalhes da frente de molhamento e da rebrota da soca de 8 anos em vertissolo irrigado por gotejamento subsuperficial (Fazenda Agrovale – Juazeiro/BA).

Pela condição do sistema radicular e pela própria fisiologia da planta, a cana-de-açúcar tem boa resistência ao encharcamento do solo por longos períodos, quando comparada a outras espécies cultivadas na região.

Em termos de balanço hídrico, pelo fato de ser planta do tipo C4, ou seja, com alta eficiência fotossintética e portanto elevada produção de biomassa, quando ma-

nejada para a obtenção de alta produtividade, é uma planta que demanda, comparativamente, elevada quantidade de água, correspondendo a $70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

7.2 - Cebola (*Allium cepa*)

A cultura da ceboleira é considerada como possuindo baixa lucratividade, entre as culturas atualmente exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, estando relegada à exploração por pequenos produtores com irrigação por superfície, no caso, sulco (Figuras 5 e 6). Normalmente é cultivada para a obtenção de duas colheitas por ano. Hoje, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação por superfície e bom manejo: controle sanitário, sementes ou bulbilhos de boa qualidade, variedades produtivas, entre outras; apesar do sistema de irrigação ter baixa eficiência, devido às propriedades do solo, a produtividade em áreas sem salinização tem encostado nas $52 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.



Figuras 5 e 6 - Cebola irrigada por superfície (sulco e quadros). (Perímetro Cruz das Almas – Casa Nova/BA).

No tocante a resistência à salinidade no solo, entre as espécies cultivadas costumemente nos perímetros, pode ser considerada com uma das mais resistentes, conseguindo ainda produzir onde outras opções de cultivo não são mais exequíveis. Enquanto Ayers e Westcot (1999) e Maas (1984) a classificam como sensível, Ayers (1977) especifica valores de E próximos a $4,3 \text{ dS m}^{-1}$ como responsáveis por uma queda de 50% na produtividade. Observações de campo feitas em alguns perímetros do semiárido brasileiro constataram que as variedades de cebola comumente utilizadas são bastante resistentes à salinidade, produzindo razoavelmente bem em talhões com E da ordem de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Nas figuras a seguir, pode-se perceber um comparativo entre a maior resistência relativa da cebola a este parâmetro do solo. Em um talhão sem apresentar processo de salinização embasado por uma excelente condutividade hidráulica (K) em torno de 8 cm h^{-1} , a cebola em ponto de colheita possuía produtividade média em torno

de 40 t ha⁻¹. Nas áreas em que foi constatada princípio do processo de salinização, a produtividade caiu para 20 t ha⁻¹ e o K se aproximou de valores da ordem de 0,7 cm h⁻¹ (Figuras 7 e 8). Na mesma área e com mesma posição na paisagem, observam-se a cultura da uva apresentando queda acentuada de produção (Figura 9) bem como a banana, nesse ponto com o talhão completamente abandonado (Figura 10), devido ao impacto do processo de salinização do solo. (Perímetro Cruz das Almas – Casa Nova/BA).



Figuras 7, 8, 9 e 10 - Comparativo visual da resistência à salinidade do solo das culturas cebola, uva e banana. (Perímetro Cruz das Almas – Casa Nova/BA).

A cultura da cebola conduzida nos lotes irrigados tem apresentado excelentes respostas mesmo quando explorada em solos extremamente argilosos, mesmo naqueles apresentando argila com predominância de mineralogia do tipo 2:1. Já em relação à profundidade do solo, é pouco exigente.

Por esta condição do sistema radicular e pela própria fisiologia da planta, comparativamente, tem mediana resistência ao encharcamento do solo por longos períodos.

Em termos de balanço hídrico, pela produção de biomassa e pelo metabolismo, quando conduzida para a obtenção de elevada produtividade é uma planta que, comparativamente, exige elevada quantidade de água, girando em torno de 75 m³ ha⁻¹ dia⁻¹.

7.3 - Melão (*Cucumis melo* L.)

Dentre as culturas exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, é uma das mais lucrativas. Permite de duas a três colheitas (cultivos) por ano. Atualmente, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação localizada e bom manejo: fertirrigação, controle sanitário, sementes de boa qualidade, variedades produtivas, entre outros, a produtividade do melão se aproxima das 45 t ha⁻¹ ano⁻¹.

No tocante a resistência à salinidade no solo, entre as espécies cultivadas costumeiramente nos perímetros, a cultura do meloeiro pode ser considerada com de média resistência. Essas observações não concordam com Ayers (1977) que atribuiu valores elevados de E , da ordem de 9,1 dS m⁻¹ como responsáveis pela redução de 50% na produção, concordando com Maas (1984) que a enquadrou como moderadamente sensível, algo em torno de $E = 8,2$ dS m⁻¹ como responsável por 50% na queda da produtividade.

Porto Filho et al. (2002) encontraram redução de aproximadamente 10% para cada incremento correspondente a 1,0 dS m⁻¹ na condutividade elétrica da água de irrigação (e).

A cultura do meloeiro explorada nos lotes irrigados tem apresentado excelentes respostas mesmo quando conduzidas em solos extremamente argilosos, mesmo naqueles com predominância de argilas com mineralogia do tipo 2:1, aliás, foi constatado que além da boa produtividade, a qualidade dos frutos nesses solos é superior aos frutos produzidos em solos arenosos. Já no quesito profundidade do solo, é uma das menos exigentes, apresentando boas produtividades mesmo em solos de 40-60 cm de profundidade (Figura 11).

Por essa condição do sistema radicular e pela própria fisiologia da planta, comparativamente, tem mediana resistência ao encharcamento do solo por longos períodos.

Em termos de balanço hídrico, quando manejada para a obtenção de elevada produtividade, é uma planta que demanda, comparativamente, maior quantidade de água, com valores em torno de 75 m³ ha⁻¹ dia⁻¹.



Figura 11- Melão cultivado em solo raso. (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE).

Referências Bibliográficas

AYERS, R. S. Quality of water for irrigation. **Journal of the Irrigation and drainage division**, New York, v. 103, n. 2, p. 135-154, 1977.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB. 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1). Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V.

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B. R. (ed.) **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton, Florida. CRC Press, 1984. p.57-75

PORTO FILHO, F DE Q.; MEDEIROS, J. F. DE; SOUZA NETO, E. R.; GHEYI, H. R. Viabilidade da utilização de águas salinas nas diferentes fases do melão na região produtora de Mossoró-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12 n., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002. 4p. CD Rom.

Capítulo 8

Culturas Semiperenes e Anuais Componentes da Base de Dados - II

Adoildo da Silva Melo
Alexandre Hugo Cezar Barros
Fábio Pereira Botelho
Fernando Cezar Saraiva do Amaral
José Carlos Pereira dos Santos
José Coelho de Araújo Filho
Manoel Batista de Oliveira Neto

8.1 - Melancia (*Citrullus vulgaris*)

Dentre as culturas exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, a cultura da melancia pode ser considerada de média rentabilidade. Permite duas a três colheitas (cultivos) por ano. Atualmente, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação localizada e bom manejo: fertirrigação, controle sanitário, sementes de boa qualidade e variedades produtivas, principalmente, a produtividade por ciclo tem girado em torno das 60 t ha⁻¹ ano⁻¹.

No tocante a resistência à salinidade do solo, entre as espécies cultivadas costumeiramente nos perímetros, pode ser considerada como de baixa resistência. No Perímetro Vale do Fidalgo, Estado do Piauí, constatou-se que várias tentativas de exploração foram infundadas devido à salinização do solo, basicamente causada pela água de baixa qualidade C3S1 (Figura 1).

Maas (1984) enquadrou a cultura da melancia como moderadamente sensível, contrastando parcialmente com a sensibilidade observada em campo em alguns perímetros irrigados do semiárido.

A cultura da melancia conduzida nos lotes irrigados tem apresentado excelentes respostas mesmo quando conduzida em solos extremamente arenosos, diferindo do melão, que tem boa resposta em solos argilosos do tipo 2:1, como pode-se constatar na Figura 2.

Com relação à profundidade do solo, à semelhança do melão, a melancia não é exigente. No entanto, mesmo não sendo exigente em profundidade do solo, pela própria fisiologia da planta, comparativamente, tem pouca resistência ao encharcamento do solo por longos períodos.

Em termos de balanço hídrico, quando manejada para a obtenção de elevada produtividade, é uma planta que exige alta quantidade de água, girando em torno de 70 m³ ha⁻¹ dia⁻¹.



Figura 1 - Cultivo de melancia com baixa produtividade devido a problemas de salinização no solo. (Perímetro Vale do Fidalgo – Simplicio Mendes/PI).



Figura 2 - Exploração de melancia sob irrigação por gotejamento em solo muito arenoso. (Perímetro Platô de Guadalupe – Guadalupe/PI).

8.2 - Milho (*Zea mays*)

Dentre as culturas atualmente exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, a cultura do milho é uma das menos lucrativas. Segundo Mattoso (2003), a irrigação da cultura, nos atuais preços praticados para o produto, apresenta grande risco de anti-economicidade. Permite duas colheitas por ano e atualmente, mesmo nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação por aspersão e bom manejo: fertirrigação, controle sanitário, sementes de boa qualidade, variedades produtivas, entre outros, a produtividade por ciclo tem alcançado nos melhores talhões 10 t ha^{-1} safra⁻¹.

No tocante a resistência à salinidade no solo (E), entre as espécies cultivadas costumeiramente nos perímetros, pode ser considerada com uma das mais sensíveis. Ayers (1977) encontrou valores da ordem de $5,9 \text{ dS m}^{-1}$ como responsáveis por uma queda de 50% na produção, enquanto Ayers e Westcot (1999) o enquadraram como moderadamente sensível.

A cultura da milho conduzida nos lotes irrigados tem apresentado as melhores respostas em solos de textura média a argilosa, sofrendo relativamente impacto na produção quando explorado em solo de textura arenosa (Figuras 3 e 4).



Figuras 3 e 4 - Milho cultivado em solo arenoso (Projeto Apolônio Salles – Petrolândia/PE).

Quanto ao parâmetro profundidade do solo, é medianamente exigente.

Pela condição do sistema radicular e pela própria fisiologia da planta, comparativamente, tem pouca resistência ao encharcamento do solo por longos períodos. Cruciani (1985) encontrou valores de queda de produção correspondente a 30% para três dias de encharcamento do solo, 55% em seis dias e 75% em nove dias.

Em termos de balanço hídrico, pela baixa produção de biomassa, mesmo quando conduzida para a obtenção de elevada produtividade, é uma planta que demanda relativamente pouca água, girando em torno de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

8.3 - Feijão (*Phaseolus vulgaris*)

Dentre as culturas exploradas nos perímetros irrigados do semiárido, a cultura do feijão é uma das menos lucrativas quando se considera produção para grão. Quando a produção objetiva semente, a rentabilidade é bem maior. Permite duas colheitas (cultivos) por ano. Atualmente, nos melhores ambientes, considerando água e solo sem limitações e sob irrigação por aspersão e bom manejo: fertirrigação, controle sanitário, sementes de boa qualidade, variedades produtivas, entre outras, a produtividade tem girado em torno das 3 t ha^{-1} safra⁻¹ (Figuras 5 e 6).



Figuras 5 e 6 - Vista geral e detalhe de área cultivada com feijão irrigado por pivô central. (Perímetro de Guadalupe – Guadalupe/PI).

No tocante a resistência à salinidade no solo, entre as espécies cultivadas costumemente nos perímetros, pode ser considerada com a mais sensível, sendo considerada como planta indicadora de áreas em princípio do processo de salinização do solo (E). Essa alta sensibilidade foi relatada por Ayers (1977) que encontrou valores de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ como responsáveis por uma queda de 50% na produção e posteriormente, confirmada por Ayers e Westcot (1999) que o classificaram como sensível.

Não há registro de boa produtividade de feijão irrigado em solos arenosos nos perímetros do semiárido. Já no quesito profundidade do solo, é uma planta pouco exigente, quando comparada com as normalmente cultivadas em perímetros irrigados.

Apesar dessa pouca exigência em profundidade do solo, devido à fisiologia da planta, o feijoeiro comparativamente tem pouca resistência ao encharcamento do solo por longos períodos.

Em termos de balanço hídrico, pelo baixo porte e baixa produção de biomassa, mesmo quando exigida para a obtenção de elevada produtividade, é uma cultura que demanda relativamente pouca água, girando em torno de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Referências Bibliográficas

AYERS, R. S. Quality of water for irrigation. **Journal of the Irrigation and drainage division**, New York, v. 103, n. 2, p. 135-154, 1977.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB. 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1). Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V.

CRUCIANI, D. E. Caracterização agrônômica do coeficiente de drenagem para elaboração de projetos com cultura de milho (*Zea mays*, L.). **Ítem – irrigação e tecnologia moderna**, Brasília, DF, n. 22, p. 28, 1985.

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B. R. (ed.) **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1984. p. 57-75

MATTOSO, M. J. Custo de produção de milho irrigado. In: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.; COUTO, L. **A cultura do milho irrigado**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 317 p.

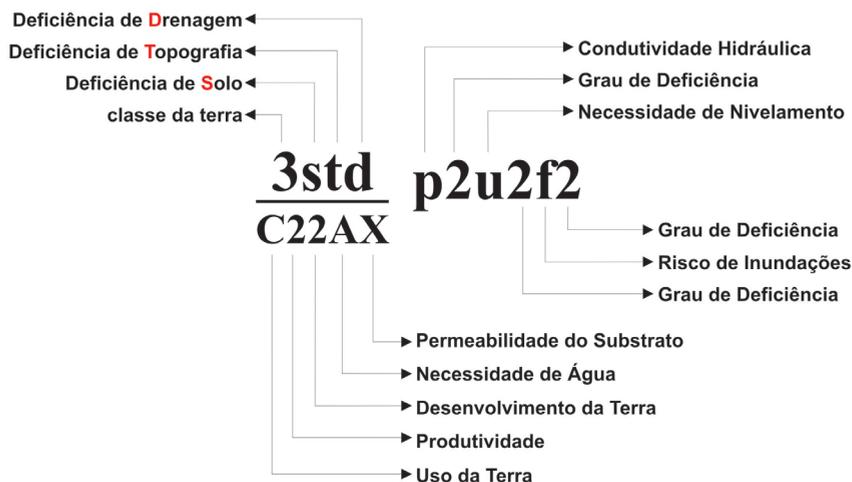
Capítulo 9

Classificação BUREC, Classificação SiBCTI, Produto Final

Fernando Cezar Saraiva do Amaral

9.1 - Classificação padrão do BUREC

A metodologia do BUREC (ESTADOS UNIDOS, 1953) representou um grande avanço no entendimento e na avaliação para a classificação de terras para irrigação; no entanto, por diversos motivos, ela não foi aperfeiçoada ao longo do tempo. Além disso, apresentou várias incoerências em termos da correta classificação de terras para irrigação no Brasil, além de dar margem a um alto grau de subjetivismo por parte do avaliador, quando da definição dos quadros-guia. No que tange à sua representação gráfica, a metodologia proposta pelo BUREC procura expressar o máximo de características ambientais em sua notação. Porém, com a evolução da pesquisa, dos procedimentos de levantamento de solos e da própria tecnologia de irrigação, muitos dos atributos desta notação foram postos em dúvida quanto a sua real pertinência, até porque, por necessidade de adaptação da simbolização da classificação no corpo do mapa, passou-se quase sempre a representá-la em forma abreviada, uma vez que o espaço disponível para pequenas unidades de mapeamento era insuficiente para representar toda a notação. No esquema a seguir é apresentado um exemplo clássico da notação desta metodologia com os respectivos significados dos parâmetros.



A **representação** da classificação para irrigação da unidade de mapeamento pedológico, referente à metodologia do BUREC, apresenta alguns aspectos irrelevantes ou mesmo incoerentes:

- tamanho exagerado da simbolização, dificultando sua apresentação em mapas

onde as unidades de mapeamento possuem tamanho reduzido;

- os parâmetros **produtividade** e **custo do desenvolvimento da terra** não exprimem com objetividade e eficiência a relação custo/benefício potencial **atual** da exploração do ambiente analisado;
- soa redundante grafar na simbolização as subclasses **s** (limitação relacionada a **solo**), **t** (limitação relacionada a **topografia**) ou **d** (limitação relacionada a **drenagem**) e, posteriormente, repetir os fatores limitantes **y, b, z,...** (limitações relacionadas a **solo**); **g, u, c,...** (limitações relacionadas a **topografia**) e **f, w,...** (limitações relacionadas a **drenagem**). Com isso, a fórmula final da classificação fica sobrecarregada, sem agregar necessariamente novas informações relevantes ao usuário; e
- **avaliações informativas** relacionadas ao **uso da terra**, como se **cultivada com ou sem irrigação**, tipo de **vegetação natural**, entre outras não são absolutamente relevantes, uma vez que a presente avaliação está sendo feita exatamente para exploração com irrigação. Além disso, estas poderiam estar incorporadas em outros parâmetros, da mesma forma que informações referentes a necessidade de água ou mesmo a permeabilidade do substrato.

9.2 - Classificação SiBCTI – Produto Final

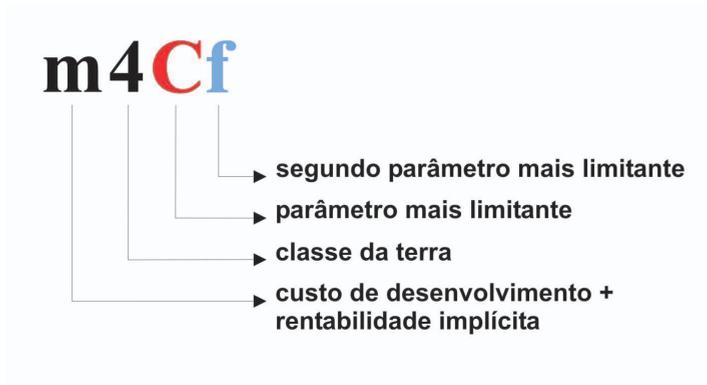
A metodologia referente ao SiBCTI foi estruturada tendo como ponto de partida a análise crítica da metodologia do BUREC e não deveria ser de outra forma, agregando a esta todos os avanços referentes principalmente ao manejo das culturas irrigadas atualmente praticado nos perímetros da região semiárida. Eliminou-se distorções, reavaliou-se a ponderação de todas as variáveis/parâmetros e incluiu-se novos enfoques. Desta forma, ao final, foi estruturada uma abordagem da classificação das terras mais abrangente, não obstante o fato de exprimi-la de forma mais sintética.

O desenvolvimento de um programa de computador para executar e agilizar a classificação do ambiente teve por objetivo facilitar a classificação propriamente dita, uma vez que o volume de informações é tão significativo, que sem essa ferramenta o usuário dispenderia um grande esforço para atingir seu objetivo, além de estar altamente sujeito a erro.

Portanto, resumidamente, após o usuário preencher todos os campos das variáveis de solo e água, ele tem à sua escolha um conjunto de culturas vegetais e diferentes sistemas de irrigação. Caso o usuário não queira uma avaliação específica, ele ainda pode optar por uma classificação generalizada, que funciona aproximadamente como a classificação proposta pelo BUREC.

Feita a solicitação da classificação do ambiente para irrigação, o programa fará uma crítica das informações fornecidas pelo usuário. Estando sem pendências e sem valores anormais, o programa cruzará todos os dados relacionados aos diferentes planos de informação: solo x cultura vegetal x qualidade e custo da água x sistema de irrigação e apresentará a classificação do ambiente com uma fórmula do tipo:

CLASSIFICAÇÃO PADRÃO DO SiBCTI



Onde:

m = subscrito antes da classe, dá ideia da ordem de grandeza da possível rentabilidade esperada com base no cruzamento de dois temas:

- rentabilidade clássica de dois grupos de culturas em que foram divididas todas as culturas componentes da base de dados do SiBCTI;
- custo da captação da água, representada pela distância e diferença de cota.

4 = classe, representa a produção relativa do ambiente avaliado em relação a uma situação de referência.

C = primeiro subscrito após a classe, representa o parâmetro com maior grau de limitação, portanto, aquele com maior importância na definição da classe. Pode ser parâmetro ligado ao solo (**letra MAIÚSCULA e cor vermelha**) ou a água de irrigação (**letra minúscula e cor azul**)

f = segundo subscrito após a classe, representa o segundo parâmetro com maior grau de limitação, portanto, aquele com importância superada apenas pelo parâmetro principal na definição da classe. Pode ser parâmetro ligado ao solo (**letra MAIÚSCULA e cor vermelha**) ou a água de irrigação (**letra minúscula e cor azul**).

9.2.1 - Subscrito Rentabilidade

- a** = retorno potencial superior (**alto**), a cultura escolhida pertence a um grupo de rentabilidade superior, e a irrigação acontece em um ambiente com água de baixo custo de captação (distância menor que 40 km e diferença de cota menor que 90 m).
- b** = retorno potencial inferior (**baixo**), a cultura escolhida pertence a um grupo de rentabilidade inferior, e a irrigação acontece em um ambiente com água de alto custo de captação.
- m** = retorno potencial **mediano**, ou a cultura escolhida pertence a um grupo de rentabilidade inferior, ou a irrigação acontece em um ambiente com água de elevado custo de captação.

Agregar informações diretas de rentabilidade em um sistema de classificação pode redundar em diminuir a precisão da avaliação, uma vez que a rentabilidade é uma variável que pode ter uma flutuação muito grande em curto espaço de tempo, dependendo das características do local escolhido para a implantação da irrigação, como por exemplo a distância do mercado consumidor, bem como o tamanho desse mercado, ou mesmo as condições de transporte, de infraestrutura, entre outros. Ainda pode influenciar alguma peculiaridade que venha a ser atribuída ao produto escolhido naquele momento. No entanto, pode-se minimizar esses riscos de agregação de valor quando se considera um longo período e condições médias dos grandes ambientes de irrigação. Dessa forma, pode-se enquadrar as culturas com base em retornos implícitos médios, classificando-as em culturas de rentabilidade superior correspondendo a uma receita média superior a R\$ 5.000,00 ha⁻¹ ano⁻¹ equivalendo a US\$ 3,000.00 ha⁻¹ ano⁻¹ e rentabilidade inferior correspondendo a uma receita média inferior a R\$ 5.000,00 ha⁻¹ ano⁻¹ equivalendo a US\$ 3,000.00 ha⁻¹ ano⁻¹. O valor de R\$ 5.000,00 ha⁻¹ ano⁻¹ representa uma receita que cobre os custos médios totais de condução e amortização do hectare irrigado nas condições atuais (setembro de 2011). Existem vários trabalhos que convergem para resultados similares, sendo um deles apresentado na Tabela 1, com base em Resende et al. (2003).

Tabela 1 - Produtividade e retorno médio de algumas culturas irrigadas.

Cultura vegetal	Produtividade (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Receita bruta ha ⁻¹ ano ⁻¹ *	
		R\$	US\$
abacate	10	7.500	4,500
abacaxi	40	15.000	9,000
acerola	20	25.000	15,000
algodão	2	3.750	2,250
banana	40	31.250	19,000
cebola	16	17.500	10,500
cenoura	48	25.000	15,000
goiaba	20	25.000	15,000
graviola	10	23.750	14,500
limão	20	33.750	20,500
manga	20	30.000	18,000
maracujá	12	22.500	13,500
melão**	50	27.500	16,500
papaya	25	30.000	18,000
tangerina	20	15.000	9,000
uva	40	75.000	45,500
arroz	4	800	500
feijão**	2,4	4.000	2,500
milho**	6	1.650	1,000
soja	2,5	1.250	750
trigo	2	800	500
crisântemos	-	300.000	181,750
rosas	-	240.000	145,500
violetas africanas	-	1.260.000	763,500

* a margem de lucro varia de 20-40% do rendimento bruto.

** duas safras por ano.

9.2.2 - Classe

- 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.** Por definição, a **representação** das terras enquadradas nesta classe não possui parâmetros limitantes.
- 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 corresponde aproximadamente a 90% da situação 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 corresponde aproximadamente a 75% da situação 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 corresponde aproximadamente a 50% da situação 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 corresponde aproximadamente a 25% da situação referência. São terras que requerem estudos complementares para avaliação de seu aproveitamento sustentável 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 um valor médio de 10 % da situação referência.

9.2.3 - Subscritos Representativos dos Parâmetros

Segundo definição do sistema, o parâmetro mais limitante define a classe. Quando dois ou mais parâmetros possuem o mesmo grau de limitação, o sistema apresenta primeiro aquele previamente considerado mais limitante.

Exemplo: Numa avaliação os parâmetros condutividade hidráulica (**K**) e concentração de alumínio (**M**) apresentaram a mesma limitação, ou seja, impacto da produtividade. Como a condutividade hidráulica praticamente não tem correção, sendo portanto mais limitante, o sistema o escolhe para compor a classificação final como primeiro subscrito, posicionando-se logo após a classe, ficando a concentração de alumínio como segundo subscrito.

Procurou-se simbolizar os parâmetros usando notação que fosse de domínio entre os técnicos atuantes na área e, quando não possível, optou-se pela representação de maior recorrência mnemônica.

Para ajudar no conteúdo informativo da fórmula final da classificação do ambiente para irrigação, foram usadas letras maiúsculas e em cor vermelha correspondendo aos parâmetros ligados a solo e letras minúsculas e em cor azul correspondendo aos parâmetros ligados à qualidade e custo de captação da água para irrigação (Tabela 2).

Tabela 2 - Simbologia referente aos parâmetros relacionados a solo e a qualidade e custo de captação da água para irrigação.

Parâmetros ligados a solo e unidades					
Z	profundidade	cm	K	condutividade hidráulica	cm h ⁻¹
V	textura		I	velocidade de infiltração básica	cm h ⁻¹
C	capacidade de água disponível	mm	W	profundidade da zona de redução	cm
Y	Ca + Mg	cmol _c kg ⁻¹	A	mineralogia da argila	
T	valor T	cmol _c kg ⁻¹	D	espaçamento entre drenos	m
M	alumínio trocável	cmol _c kg ⁻¹	G	declividade do terreno (gradiente)	%
H	pH em água		P	pedregosidade	
S	saturação por sódio trocável	100Na T ⁻¹	%	R	rochosidade
E	condutividade elétrica no extrato de saturação	dS m ⁻¹	B	posição na paisagem, zona abaciada	

Parâmetros ligados a qualidade e custo de captação da água de irrigação e unidades					
e	condutividade elétrica	dS m ⁻¹	b	concentração de boro	mg L ⁻¹
s	relação de adsorção de sódio RAS	mmol _c ^{1/2} L ^{-1/2}	d	distância da captação de água	km
c	concentração de cloreto	mg L ⁻¹	h	diferença de cota da captação	m
f	concentração de ferro	mg L ⁻¹			

Referências Bibliográficas

ESTADOS UNIDOS. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. **Reclamation manual**: irrigated land use: land classification. Denver, 1953. 54 p., v. 5, part 2.

RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.; COUTO, L. **A cultura do milho irrigado**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 317 p.

Capítulo 10

Aplicando o SiBCTI

Aldo Pereira Leite
Fernando Cezar Saraiva do Amaral
Flávio Hugo Barreto Batista da Silva
Roberto da Boa Viagem Parahyba

10.1 - Solos de Lenta Drenabilidade, Estudo de Caso (I)

A opção pela irrigação no processo de produção agrícola é uma decisão tomada com base na probabilidade de se atingir certo nível de rentabilidade com segurança e eficácia. A eficácia da irrigação identifica-se por uma relação custo/benefício, cuja maximização depende dos fatores que vão desde as condições de mercado para os produtos agrícolas, passando pelas limitações do solo até as características de desempenho do equipamento e sua manutenção (WEGENER, 2005). A tomada de decisão portanto entre irrigar ou não uma determinada terra deverá estar assentada em uma base de dados ampla e consistente que dê ao tomador da decisão a máxima segurança possível. Desta forma, a existência de um sistema de classificação do ambiente focando especificamente a irrigação é condição imprescindível para esta correta tomada de decisão.

Não obstante o relevante trabalho de alguns órgãos públicos e empresas privadas no tocante ao desenvolvimento de extensas áreas com irrigação na região semiárida brasileira, gerando vários exemplos bem sucedidos de correta aplicação dos recursos financeiro e ambiental, muitos equívocos foram cometidos com relação à escolha de determinadas espécies para serem exploradas em determinados perímetros irrigados, por uma série de causas. Opções e/ou sistemas de irrigação impróprios foram equivocadamente assumidos como tendo potencial para embasarem vultosos programas de irrigação. Infelizmente existem vários exemplos que retratam essa constatação.

Foi exatamente para evitar que novos casos como esses voltassem a ocorrer, é que se desenvolveu a metodologia de classificação de terras para irrigação SiBCTI. Atualmente diversos perímetros de irrigação estão em fase de conclusão na região semiárida, prontos para entrarem em operação. Essa é a hora portanto de se atentar para a correta escolha dos sistemas de irrigação que serão implantados, e também das culturas que serão exploradas, para que esses perímetros possam gerar amplos benefícios sociais e econômicos.

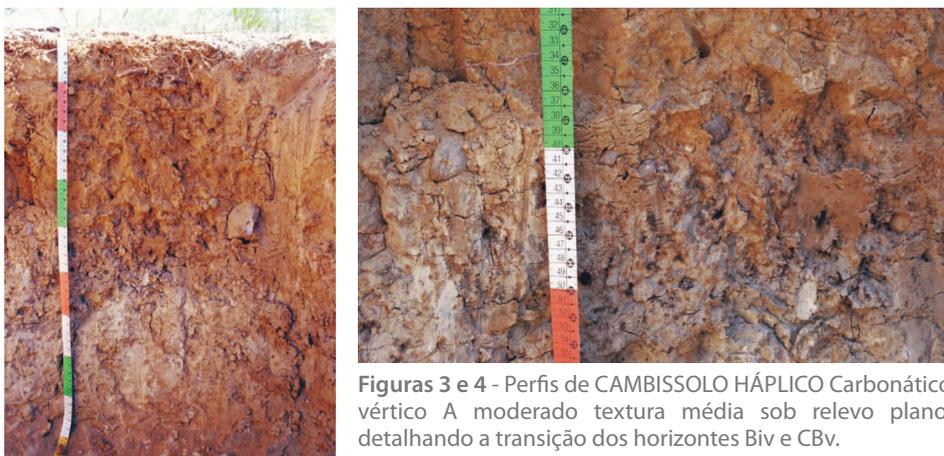
Para ilustrar o funcionamento do SiBCTI e demonstrar como a **escolha de uma cultura vegetal equivocada** pode trazer sérios prejuízos ao invés dos benefícios citados, vamos exemplificar utilizando um tipo de solo que apresenta propriedades vérticas. Para a exploração desse tipo de solo, culturas de sistema radicular profundo e do tipo pivotante devem ser evitadas, uma vez que estas raízes podem se danificar com o movimento de expansão e contração que esses solos sofrem quando úmidos ou secos, motivados pela consistência mineralógica dominada por argilas expansivas (Figuras 1 e 2).



Figuras 1 e 2 - Detalhes do movimento de expansão e contração do solo vértico.

Dada a unidade de mapeamento que se deseja classificar, seleciona-se o perfil modal que a representa.

Os perfis classificados como CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático vértico apresentam características vérticas bem marcantes (Figuras 3 e 4), não sendo classificados como Vertissolos por apresentarem textura média, menor que 35% de argila (EMBRAPA, 2004) (Figuras 3 e 4).



Figuras 3 e 4 - Perfis de CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático vértico A moderado textura média sob relevo plano, detalhando a transição dos horizontes Biv e CBv.

A vegetação de caatinga hiperxerófila é constituída de diversas espécies, sendo a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e a carqueja (*Calliandra depauperata*), as de maior ocorrência (Figuras 5 e 6).



Figuras 5 e 6 – Vegetação de caatinga, com diferentes valores de umidade no solo.

A seguir são apresentadas as informações analíticas e morfológicas do solo indicado. Os dados analíticos são apresentados no formato em que são entregues pelo laboratório de análises de solo e os dados morfológicos, na forma em que são publicados pelos levantamentos pedológicos. As informações necessárias ou mais importantes ao preenchimento do SiBCTI estão grafadas em vermelho.

10.1.1 - Descrição do Perfil

PERFIL 1	NÚMERO DE CAMPO – P09 - DATA – 11/11/03
CLASSIFICAÇÃO	CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático vértico A moderado textura média relevo plano
UNIDADE DE MAPEAMENTO	Cev 4/3.4 do levantamento
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS	município de Xique-Xique, Estado da BA; Coord. GPS – 23L 783.574W e 8.841.144S
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL	Área plana, 0 a 1% ; Caatinga média
ALTITUDE	419 m (GPS)
LITOLOGIA, CRONOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Terciário/Quaternário. Calcário caatinga
MATERIAL ORIGINÁRIO	Alteração do calcário caatinga
PEDREGOSIDADE	Presente
ROCHOSIDADE	Ausente
RELEVO LOCAL	Plano
RELEVO REGIONAL	Plano
EROSÃO	Não aparente
DRENAGEM	Mal a imperfeitamente drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA	Caatinga Hipoxerófila com Carqueja (<i>Calliandra depauperata</i>) e jurema preta. (<i>Mimosa tenuiflora</i>)

USO ATUAL	Sem uso.
CLIMA	BSwh´ de Köppen (Clima bastante quente. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. Semiárido. A estação chuvosa é no verão) e 4aTh de Gausсен.
DESCRITO E COLETADO POR	Enio Fraga da Silva, Adoildo Melo e Getúlio.

10.1.2 - Descrição Morfológica

A	0 – 10cm	Bruno-amarelado escuro (10YR 4/5, úmido) e Bruno-amarelado claro (10YR 6/4, seco); franco-arenosa; fraca, pequena, granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; plana e clara.
BA	10 – 22cm	Bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) e amarelo (10YR 7/6, seco); mosqueado comum, pequeno, proeminente (7,5YR 5/6 e 10YR 4/5) ; franco-arenosa a franco; fraca, pequena e média, blocos sub-angulares e blocos angulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; plana e gradual.
Biv	22 – 38cm	Amarelo-brunado (10YR 6/6, úmido); mosqueado comum, pequeno, proeminente (7,5YR 6/6) ; franco-argilo-arenosa; maciça qsd em fraca, média, blocos sub-angulares e blocos angulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; plana e clara.
CBv	38–(52-64)cm	Branco (10YR 8/1, úmido); mosqueado comum, pequeno, proeminente (N2 e 10YR 6/6) ; franco-argilo-arenosa; maciça; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso ; ondulada e clara.
Cv	(52-64)–100cm+	Branco (10YR 8/1, úmido); franco-argilo-arenosa; maciça; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso .

- POROS: A– muitos, pequenos e médios; BA– comuns, pequenos e médios; Bi– poucos, pequenos e médios; CB– poucos, muito pequenos; e Cv– raros, muito pequenos.
- RAÍZES: Ap– muitas, finas e médias; BA– comuns, finas e médias e poucas, grossas; Bi– poucas, finas e médias; CB– raras, finas; Cv– ausentes.

OBS:

- Perfil no mesmo local do Perfil L01 do levantamento de Issa e Manuel Batista.
- Horizonte A coletado em minitrincheira próximo do perfil.
- Rachaduras no perfil.
- Cascalhos em superfície.
- No Horizonte CB seixos (calhaus e matações).
- Houve chuva no dia 03/11/2003.

- AMOSTRAGEM: Química e granulometria – A, BA, Bi, CB e Cv.
Densidade do solo – A, BA, Bi.
Retenção e Condutividade hidráulica – A, BA, Bi.

10.1.3 - Dados Analíticos

Análises Físicas e Químicas

Perfil: P1

Amostras de Laboratório: 04.0164-0168

Solo:

Horizonte	Frações da amostra total g kg ⁻¹				Composição granulométrica da terra fina g kg ⁻¹				Argila dispersa em água g kg ⁻¹	Grau de flocculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g cm ⁻³		Porosidade %
	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas	
A	0-10	0	0	1000	335	404	99	162	101	38	0,61	1,55	2,60	40
BA	-22	0	0	1000	356	368	94	182	142	22	0,52	1,51	2,63	43
Biv	-38	0	0	1000	361	355	81	203	183	10	0,40	1,44	2,63	45
CBv	-64	0	36	964	316	310	88	286	245	14	0,31	1,37	2,60	47
Cv	-100 +	0	11	989	275	244	174	307	0	100	0,57	1,40	2,60	46
Horizonte	pH (1:2,5)													
	Água	6,7	5,9	5,8	5,6	5,4	7,5	9,2	11,7	0,05	0,52	21,5	0	0
A	6,7	5,9	5,8	5,6	5,4	7,5	9,2	11,7	0,05	0,52	21,5	0	0	1
BA	7,1	5,8	4,9	1,7	0,04	0,01	6,6	0	0	6,6	100	0	0	1
Biv	6,9	5,6	5,1	2,9	0,04	0,03	8,1	0	0	8,1	100	0	0	1
CBv	6,8	5,4	6,8	7,5	0,06	0,14	14,5	0	0,8	15,3	95	0	0	1
Cv	8,7	7,5	9,2	11,7	0,05	0,52	21,5	0	0	21,5	100	0	0	1
Complexo Sortivo cmol _c kg ⁻¹											Valor V (sat. Por bases) %	100. Al ³⁺ S + Al ³⁺ %	P assimilável mg kg ⁻¹	
		K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T							
A	6,7	5,9	5,8	5,6	5,4	7,5	9,2	11,7	0,05	0,52	21,5	0	0	1
BA	7,1	5,8	4,9	1,7	0,04	0,01	6,6	0	0	6,6	100	0	0	1
Biv	6,9	5,6	5,1	2,9	0,04	0,03	8,1	0	0	8,1	100	0	0	1
CBv	6,8	5,4	6,8	7,5	0,06	0,14	14,5	0	0,8	15,3	95	0	0	1
Cv	8,7	7,5	9,2	11,7	0,05	0,52	21,5	0	0	21,5	100	0	0	1

Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfurico g/kg						Relações Moleculares		Fe ₂ O ₃ livre g kg ⁻¹	Equivalente de CaCO ₃ g kg ⁻¹
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ / Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ / R ₂ O ₃ (Kr)		
A	6,5	0,7	9										
BA	2,8	0,4	7										
Biv	1,9	0,3	6	58	43	20	1,7			2,29	1,77	3,38	141
CBv	1,2	0,2	6										
Cv	0,9	0,2	4	81	61	27	2,3			2,26	1,76	3,55	
Horizonte	100Na ⁺ T ⁻¹ %	Pasta saturada		Sais solúveis cmolc kg ⁻¹						Constantes hídricas g 100g ⁻¹			
A	<1	Conductividade dS m ⁻¹ 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻ CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Umidade 0,033 MPa	1,5 MPa	Água disponível máxima
BA	<1	0,2									18,4	9,8	8,6
Biv	<1	0,3									19,3	9,6	9,7
CBv	<1	0,4									21,9	10,6	11,3
Cv	<1	0,4									25,8	13,3	12,5
Cv	2	0,7									25,7	14,4	11,3

Observação: Para maiores informações sobre a obtenção dos parâmetros, consulte os Capítulos 3 e 4.

A condutividade hidráulica (**K**) obtida correspondeu a $0,04 \text{ cm h}^{-1}$ (CODEVASF, 2000) em consonância que o baixo valor da velocidade de infiltração.

Foram executados testes de infiltração, método do infiltrômetro de duplo cilindro, em duplicidade e próximo aos locais de coleta dos perfis, para obtenção da Velocidade de Infiltração Básica (**I**), conforme Figura a seguir. Nela se pode perceber o baixíssimo valor da velocidade de infiltração o que certamente, trará problemas para qualquer planta cultivada caso não se escolha um sistema de irrigação que não faça a dosagem de forma calibrada da lâmina de irrigação, ou seja, um sistema que não esteja adaptado a funcionar nesta condição do solo (EMBRAPA, 2004).

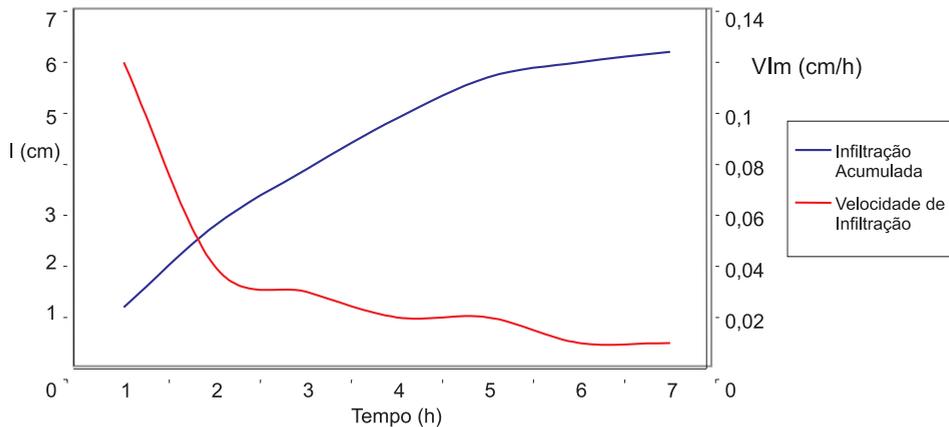


Figura 7 - Curvas de infiltração acumulada (I) e de velocidade de infiltração média (Vim) de um Vertissolo Cromado Carbonático típico.

10.1.4 - Inserção dos Dados

Quando as espessuras dos horizontes não coincidem com as camadas definidas pelo SiBCTI, o preenchimento dos dados deverá seguir três possíveis possibilidades:

- **Situação 1-** Quando uma camada do SiBCTI engloba dois ou mais horizontes, seus dados devem compor uma média ponderada;
- **Situação 2-** Quando uma camada do SiBCTI engloba parte de um horizonte, esse deve representar toda a camada;
- **Situação 3-** Quando não há dados de horizontes (solo raso p.e.) para preenchimento da camada do SiBCTI (camada profunda p.e.) esta deve ser receber valor "zero".

Usando o solo descrito anteriormente e analisando a tela Propriedades do Solo I, alguns comentários a respeito do parâmetro profundidade são pertinentes. Pela descrição do solo, a ocorrência de camada semipermeável ocorre a partir de 38 cm.

Essa constatação se deve ao fato da descrição da estrutura (**maciça; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso**), que não se desfaz em blocos angulares e subangulares e/ou grãos. Logo, uma descrição desse tipo, num solo com essas características, é forte indicativo de presença de camada “barreira” ou seja, aquela que reduz substancialmente o movimento/fluxo vertical na massa interna do solo. Como o teste de condutividade hidráulica apresentou movimentação da água, mesmo que muito baixa, ela é enquadrada como semipermeável.

A descrição do perfil assinala ainda que o último horizonte (Cv), já transicional para a rocha, vai de 52-64 cm até 100 cm+, ou seja, o pedólogo não avaliou como pertinente aprofundar a coleta mesmo percebendo que o horizonte continuava além dos 100 cm. Como não se sabe o que está abaixo dessa profundidade, considera-se em termos de preenchimento do SiBCTI como limite esses 100 cm, para o parâmetro profundidade do impermeável, ou, até onde vai a descrição do solo.

Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação

Arquivo Por Sistema de Irrigação Processar Limpar Campos Idiomas (?) Ajuda

Propriedades do Solo I Propriedades do Solo II Propriedades da água Classificação

Profundidade (cm) Z Semi-permeável 38 Impermeável 100		Ca + Mg (cmol/kg) Y 0 - 20 cm 6,5 20 - 60 cm 11,4 60 - 120 cm 20,2	
Saturação Sódio Trocável (100 Na/CTC) - S 0 - 20 cm 1 20 - 60 cm 1 60 - 120 cm 2 120 - 240 cm 0		Capacidade de Água Disponível (mm) - C 0 - 20 cm 28 0 - 60 cm 99 0 - 120 cm 159	
pH em Água H 0 - 20 cm 6,9 20 - 60 cm 6,8 60 - 120 cm 6,5		Classe Textural (Sat. com sódio trocável) - V Média	
Condutividade Hidráulica (cm/h) - K 0 - 60 cm 0,04 60 - 120 cm 0,04 120 - 240 cm 0		Alumínio Trocável (cmol/kg) - M 0 - 20 cm 0 20 - 60 cm 0 60 - 120 cm 0	
CTC (cmol/kg) - T 0 - 20 cm 6,6 20 - 60 cm 12,0 60 - 120 cm 20,9		Condutividade Elétrica (Extrato saturação dSE) - En 0 - 20 cm 0,25 20 - 60 cm 0,4 60 - 120 cm 0,7 120 - 240 cm 0	

No parâmetro pH em água, tem-se a primeira evidência da **situação 1** definida anteriormente. O SiBCTI trabalha para esse parâmetro com a camada fixa de 0-20 cm. No entanto, o pedólogo descreveu o solo como tendo o horizonte A indo de 0-10 cm e o BA de 10-22 cm. Então, para preenchimento desse parâmetro do SiBCTI, procedemos à média ponderada: $[(10 \text{ cm} \times 6,7) + (10 \text{ cm} \times 7,1)] / 20 = 6,9$.

Ainda nesse parâmetro, é apresentado um exemplo da **situação 2**. Considerando a terceira camada pré-definida 60-120 cm, ela não coincide com o horizonte Cv, que como todo o solo descrito, só vai até 100 cm. Evidentemente, o valor do pH (H) desse horizonte, que é 8,7, representará toda a camada 60-120 cm do SiBCTI.

Como mais um exemplo da **situação 2**, toma-se o parâmetro Capacidade (ou lâmina ou camada) de Água Disponível (C). A terceira camada do SiBCTI vai de 0-120 cm. Como o perfil descrito só vai até 100 cm, logo, o cálculo é realizado como se todo o armazenamento de água hipoteticamente fosse até 120 cm, ou seja, representando toda a camada até 120:

$$C_{0-120} = C_{0-20} + C_{20-60} + C_{60-120} = [(8,6 \times 1,55 \times 100 / 100) + (9,7 \times 1,51 \times 100 / 100)] + [(9,7 \times 1,51 \times 20 / 100) + (11,3 \times 1,44 \times 160 / 100) + (12,5 \times 1,37 \times 220 / 100)] + [(12,5 \times 1,37 \times 40 / 100) + (9,7 \times 1,51 \times 560 / 100)] = 184 \text{ mm}$$

Ainda nessa tela é acrescentado um exemplo da **situação 3**. Considerando o parâmetro condutividade elétrica no extrato de saturação (E). Para esse parâmetro, o SiBCTI necessita do valor para a camada 120-240 cm. Como o solo descrito só vai até 100 cm, o sistema é preenchido com valor "zero". Esse procedimento não prejudicará a avaliação final uma vez que o SiBCTI já foi previamente calibrado para esse tipo de situação, qual seja, o solo não atingir a seção de controle.

Na segunda tela, Propriedades do Solo II, destacam-se alguns parâmetros com valores bastante desfavoráveis em termos de classificação de terras para irrigação quando se considera sistemas de irrigação pouco eficientes que saturam o solo quando em operação. Percebe-se que a baixíssima Velocidade de Infiltração (**I**) e a presença de Zona ou Ambiente de Redução (**W**) próximo da superfície exercerão um impacto muito elevado e desfavorável na classificação final caso se escolham sistemas de irrigação e/ou plantas com sistema radicular incompatíveis com esse tipo de solo. A presença de formações como mosqueados com intensidade “comum” já a partir dos 10 cm de profundidade, é uma das grandes constatações morfológicas que denotam claramente que esse solo apresenta sérias restrições de drenabilidade interna.

A terceira tela refere-se à qualidade e custo da água de irrigação. Nesse caso, como a mancha de solo representada pelo perfil modal descrito está próxima da captação e sendo esta água proveniente do rio São Francisco, portanto de excelente qualidade, os parâmetros dessa tela não prejudicarão a avaliação final desse ambiente.

Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação

Arquivo Por Sistema de Irrigação Processar Limpar Campos Idiomas (?) Ajuda

Propriedades do Solo I Propriedades do Solo II **Propriedades da água** Classificação

Cond. Elétrica e (dS/m) <input type="text" value="0,08"/>	Dist. de captação d (km) <input type="text" value="3"/>
Ras s $Na/[(Ca+Mg)/2]^{1/2}$ <input type="text" value="0,2"/>	Ferro f (mg/l) <input type="text" value="0,1"/>
Dif. cota captação h (m) <input type="text" value="12"/>	Cloreto c (mg/l) <input type="text" value="4,5"/>
Boro b (mg/l) <input type="text" value="0,2"/>	

Finalmente na quarta tela, é executada a classificação do ambiente. A manga foi escolhida por ser uma cultura que tem se expandido bastante na região semiárida. Pode-se perceber que o sistema classifica esse ambiente: CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático vértico... + custo e captação da água + cultura manga + sistema de irrigação localizado como:

a6ZK

- o primeiro parâmetro “a” indica retorno potencial superior ou seja, a cultura escolhida (manga) é uma cultura elencada como de alta rentabilidade implícita, da mesma forma que a água para irrigação tem baixo custo de captação.
- o número “6” indica a classe da terra, ou seja, não irrigável.
- o sistema resgata o parâmetro mais limitante, ou seja, aquele que exerceu maior influência na classificação final da terra. No caso, por ser maiúscula e de cor vermelha, fica caracterizado que é um parâmetro ligado a solo e sendo “Z” representa o parâmetro profundidade do solo.
- o sistema resgata também o segundo parâmetro mais limitante. Da mesma forma que comentado acima, a letra “K” refere-se um parâmetro de solo e representa a condutividade hidráulica.

Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação

Arquivo Por Sistema de Irrigação Processar Limpar Campos Idiomas (?) Ajuda

Propriedades do Solo I | Propriedades do Solo II | Propriedades da água **Classificação**

SiBCTI Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação

Classificação pela metodologia

Localizada : 6 <> 1

Aspersão :

Superfície :

Genérico

Classificada :

Selecione o Sistema

Irrigação Genérico

Escolha a metodologia

Localizada Aspersão Superfície

Selecione a Cultura

Acerola Manga

Banana Melancia

Cana de açúcar Melão

Cebola Milho

Feijão Uva

Goiaba Coco

Para determinar as Classes Final e Limitantes, clique em PROCESSAR :

Processar

Classificação Final: **a6ZK**

Resultado:
O primeiro parâmetro refere-se ao retorno econômico esperado.
O segundo parâmetro refere-se a classe final mais limitantes.
O terceiro e quarto parâmetros referem-se aos símbolos dos fatores mais limitantes, solo ou água.
OBS: Para detalhes completos clique em cima do resultado ou vá à ajuda.

10.2 - Solos de Rápida Drenabilidade, Estudo de Caso (II)

Ao contrário do exemplo apresentado, caracterizado por solos com limitações severas e que não devem, no nível tecnológico atual, serem irrigados com culturas de **sistema radicular tipo pivotante e profundo**; tem-se o exemplo de solos em que o avanço da tecnologia esta permitindo a utilização da agricultura irrigada e conseqüentemente, incorporação ao processo produtivo.

Talvez o melhor exemplo dessa condição seja constituído pelos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, outrora conhecidos como Areias Quartzosas (Figuras 7 e 8). Esses solos, devido a limitações como baixíssima capacidade de retenção de cátions, de retenção de água, além da dominância da textura areia o que redundava em elevadíssima velocidade de infiltração, inviabilizavam-no para a utilização com o sistema de irrigação por superfície; uma vez que nos anos 1950/1980, irrigações do tipo localizado principiavam ou não existiam. Essas limitações referentes a utilização com irrigação por superfície (sulco por exemplo) implicavam que esses solos fossem classificados como NÃO IRRIGÁVEIS por metodologias como as do BUREC.



Figuras 8 e 9 - Paisagem e perfil de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico latossólico A fraco relevo plano (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE).

Atualmente, existem várias constatações da perfeita viabilidade desses solos para a exploração com agricultura irrigada. O avanço no manejo desses solos foi tão espetacular, que muitos agricultores chegam a afirmar que preferem trabalhar com eles em detrimento dos solos muito argilosos, principalmente aqueles com mineralogia do tipo 2:1, uma vez que o perfeito controle do teor de água disponível pode

ser feito com a irrigação localizada e do nível de fertilidade pela fertirrigação, de modo que o agricultor controla melhor seus recursos naturais via solo, monitorando e conduzindo seu talhão do jeito que lhe interessa, transformando então o que era ponto negativo em ponto positivo. Além disso, como vantagem comparativa complementar, a presença de excelente drenagem natural faz com que esses solos praticamente não tenham risco de salinização.

A seguir é apresentado um exemplo desse solo. Da mesma forma que no exemplo do solo anterior, as informações analíticas e morfológicas necessárias ou importantes à utilização do SiBCTI estão grafadas em vermelho.

10.2.1 - Descrição do Perfil

PERFIL 1	Nilo Coelho 4 - NÚMERO DE CAMPO – Petro 4 - DATA – 06/12/2002
CLASSIFICAÇÃO	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico latossólico A fraco relevo plano
UNIDADE DE MAPEAMENTO	
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS	Petrolina – PE. Projeto Nilo Coelho Núcleo 9 lote 1199. Coord. 09°19'44,6"S e 40°30'49,8"W – 24L 333.743W 8.968.407S
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL	Área plana, 2 a 3%; Cultura de manga Haden com aproximadamente 6 anos – irrigado
LITOLOGIA, CRONOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Recobrimento pedimentar de materiais arenoso-argiloso sobre o Pré-cambriano
MATERIAL ORIGINÁRIO	Sedimentos arenoso-argilosos
PEDREGOSIDADE	Ausente
ROCHOSIDADE	Ausente
RELEVO LOCAL	Plano
RELEVO REGIONAL	Plano e suave ondulado
EROSÃO	Não aparente
DRENAGEM	Fortemente drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA	Caatinga Hiperxerófila
USO ATUAL	Cultura de manga Haden c/ +- 6 anos – irrigado com aspersor
CLIMA	BSwh' - Clima bastante quente. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. Semiárido. A estação chuvosa é no verão
DESCRITO E COLETADO POR	Enio Fraga da Silva

10.2.2 - Descrição Morfológica

Ap	0 - 20cm	(10YR 5/4 seco) e (10YR 4/4 úmido); areia ; fraca, muito pequena e pequena, granular; macio e muito friável; não plástico e não pegajoso; plana e clara.
C1	20 - 52cm	(10YR 7/6 seco) e (10YR 6/6 úmido); areia franca ; Maciça que se desfaz em fraca, pequena, blocos sub-angulares; macio e muito friável; não plástico e não pegajoso; plana e gradual.
C2	52 - 90cm	(7,5YR 5/6 seco) e (7,5YR 7/6 úmido); mosqueados poucos, muito pequenos e distintos (10YR 7/6); areia franca ; Maciça que se desfaz em fraca, pequena e média, blocos sub-angulares; macio e muito friável; não plástico e não pegajoso; plana e difusa.
C3	90 - 135cm	(7,5YR 7/6 seco) e (7,5 YR 5/6 úmido); mosqueados poucos, médios e distintos (10YR 7/6); areia franca ; Maciça que se desfaz em fraca, pequena e média, blocos sub-angulares; ligeiramente duro e muito friável; não plástico e não pegajoso; plana e difusa.
C4	135 - 185cm	(7,5YR 7/6 seco) e (7,5 YR 5/6 úmido); areia franca ; Maciça que se desfaz em fraca, pequena e média, blocos sub-angulares; ligeiramente duro e muito friável; não plástico e não pegajoso; plana e difusa.
C5	185 - 200+	(8,5YR 7/7 seco) e (7,5 YR 5/6 úmido); areia franca ; Maciça que se desfaz em fraca, pequena e média, blocos sub-angulares; ligeiramente duro e muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

POROS: comuns e pequenos e médios no Ap e C1; muitos e pequenos no C2, C3, C4 e C5.

RAÍZES: comuns e finas no AP; poucas e finas no C1; raras e finas no C2; ausentes no C3, C4 e C5.

OBSERVAÇÕES: Perfil à 10m de 2 pés de manga.

AMOSTRAGEM: Química e granulometria – Todos.

Densidade (50 e 500 cm³) – Ap, C1, C2, C3 e C4.

Retenção e Condutividade hidráulica - Ap, C1, C2, C3 e C4.

Os valores da velocidade de infiltração (**I**) e da condutividade hidráulica (**K**) no campo foram obtidos de Codevasf (1980) e corresponderam a maior que 40 cm h⁻¹ e maior que 32 cm h⁻¹ respectivamente. Esses elevados valores já eram esperados, uma vez que a principal característica desta classe de solo é o domínio da textura areia.

10.2.3 - Dados Analíticos

Análises Físicas e Químicas

Perfil: Nilo Coelho 4

Amostras de Laboratório: 03.0120-0125

Horizonte	Frações da amostra total g kg ⁻¹					Composição granulométrica da terra fina g kg ⁻¹					Argila dispersa em água g kg ⁻¹	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g cm ⁻³		Porosidade %
	Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm	Solo				Partículas		
Ap	0-20	0	0	1000	650	263	27	60	40	33	0,45	1,58	2,67	41		
C1	-52	0	0	1000	618	259	23	100	100	0	0,23	1,62	2,70	40		
C2	-90	0	0	1000	603	239	58	100	0	100	0,58	1,44	2,63	45		
C3	-135	0	0	1000	517	304	58	121	0	100	0,48	1,50	2,74	45		
C4	-185	0	29	971	468	330	61	141	0	100	0,43	1,55	2,67	42		
C5	-200 +	0	28	972	507	301	51	141	0	100	0,36					
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo cmol _c kg ⁻¹													
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T	Valor V (sat. Por bases) %	100.Al ³⁺ + S + Al ³⁺ %	P assimilável mg/kg			
Ap	7,3	6,3	1,5	0,6	0,13	0,01	2,2	0	0	2,2	100	0	25			
C1	6,6	5,0	0,8	0,2	0,22	0,01	1,2	0	0,3	1,5	80	0	1			
C2	4,8	3,9	0,7		0,08	0,01	0,8	0,1	0,7	1,6	50	11	1			
C3	4,5	3,8	0,6		0,02	0,01	0,6	0,2	0,5	1,3	46	25	1			
C4	4,6	3,9	0,9		0,02	0,01	0,9	0,1	0,7	1,7	53	10	1			
C5	4,6	3,9	0,9		0,02	0,01	0,9	0,1	0,7	1,7	53	10	1			

Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg ¹						Relações Moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g kg ⁻¹	Equivalente de CaCO ₃ g kg ⁻¹	
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ / Al ₂ O ₃ (K1)	SiO ₂ / R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃			
Ap	4,2	0,5	8	28	13	9	2,8				3,66	2,54	2,27		
C1	1,4	0,3	5	37	27	11	3,0				2,33	1,85	3,85		
C2	1,1	0,2	5	43	38	14	3,6				1,92	1,56	4,26		
C3	0,7	0,2	3	39	40	12	3,0				1,66	1,39	5,23		
C4	0,7	0,2	3	45	38	15	3,4				2,01	1,61	3,98		
C5	0,8	0,2	4	45	19	12	3,0				4,03	2,87	2,49		
Pasta saturada				Sais solúveis cmol _c kg ⁻¹						Constantes hídricas g 100g ⁻¹					
Horizonte	100Na ⁺ T ⁻¹ %	Condutivi- dade dS m ⁻¹ 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻ CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Umidade		Água disponível máxima		
Ap	<1	0,2									0,033 MPa	1,5 MPa	7,45	4,25	3,2
C1	<1	0,1									7,7	4,95	7,7	4,95	2,75
C2	<1	0,1									9,25	5,85	9,25	5,85	3,4
C3	<1	0,05									9	5,65	9	5,65	3,35
C4	<1	0,1									10,35	6,7	10,35	6,7	3,65
C5	<1	0,1									25,7	14,4	25,7	14,4	11,3

Observação: Para maiores informações sobre a obtenção dos parâmetros, consulte os capítulos 3 e 4.

10.2.4 - Inserção dos Dados

A seguir são apresentadas as telas do SiBCTI com os dados desse solo. Na tela Propriedades do Solo I, pode-se destacar em primeiro lugar a profundidade. Esse perfil é profundo, foi coletado até a seção de controle e preenchido as profundidades de semipermeável e impermeável até a profundidade descrita, mesmo que, como costuma acontecer nessa classe de solo, sua profundidade seja bem maior que a amostrada. Chama ainda atenção nessa tela a elevada condutividade hidráulica, bem diferente do solo analisado anteriormente.

Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação

Arquivo Por Sistema de Irrigação Processar Limpar Campos Idiomas (?) Ajuda

Propriedades do Solo I | Propriedades do Solo II | Propriedades da água | Classificação

Profundidade (cm) — Z Semi-permeável 200 Impermeável 200		Ca + Mg (cmol/kg) — Y 0 - 20 cm 2,1 20 - 60 cm 1,0 60 - 120 cm 0,6	
Saturação Sódio Trocável (100 Na/CTC) — S 0 - 20 cm 1 20 - 60 cm 1 60 - 120 cm 1 120 - 240 cm 1		Capacidade de Água Disponível (mm) — C 0 - 20 cm 10 0 - 60 cm 28 0 - 120 cm 58	
pH em Água — H 0 - 20 cm 7,3 20 - 60 cm 6,2 60 - 120 cm 4,5		Classe Textural (Sat. com sódio trocável) — V Arenosa	
Condutividade Hidráulica (cm/h) — K 0 - 60 cm 32 60 - 120 cm 32 120 - 240 cm 32		Alumínio Trocável (cmol/kg) — M 0 - 20 cm 0 20 - 60 cm 0 60 - 120 cm 0,1	
CTC (cmol/kg) — T 0 - 20 cm 2,2 20 - 60 cm 1,5 60 - 120 cm 1,4		Condutividade Elétrica (Extrato saturação dSE) — 0 - 20 cm 0,2 20 - 60 cm 0,1 60 - 120 cm 0,07 120 - 240 cm 0,1	

Na segunda tela, Propriedades do Solo II, vale destacar que apesar do solo não apresentar descrição de presença de mosqueado **comum a abundante**, necessário para ser enquadrado como tendo zona de redução limitante para a maior parte das plantas cultivadas, foi preenchido nesse campo a profundidade limite descrita, ou seja, 200 cm. Para que o programa funcione, é preciso que todos os campos sejam preenchidos e, as observações vão até onde foi feita a coleta no campo pelo pedólogo. Portanto, nenhum dado pode ser omitido.

Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação

Arquivo Por Sistema de Irrigação Processar Limpar Campos Idiomas (?) Ajuda

Propriedades do Solo I **Propriedades do Solo II** Propriedades da água Classificação

Atividade da Argila A	Prof. da Zona de Redução (cm) W
Classe: 1:1 1	Profundidade: 200 1
Rochosidade R	Velocidade de Infiltração (cm/h) I
Classe: Não Rochosa 1	Velocidade: 40 3
Topografia G	Espaçamento entre drenos (m) D
Declividade: 2 1	Não Requer 1
Pedregosidade P	A área é abaciada? --- B
Classe: Não Pedregosa 1	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não

Na terceira tela referente às Propriedades da Água, à semelhança do perfil classificado anteriormente, sendo utilizada a água do rio São Francisco e tendo baixo custo de captação por estar próximo da tomada d'água, esses parâmetros não impactarão negativamente a avaliação final.

Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação

Arquivo Por Sistema de Irrigação Processar Limpar Campos Idiomas (?) Ajuda

Propriedades do Solo I | Propriedades do Solo II | **Propriedades da água** | Classificação

Cond. Elétrica (dS/m) <input type="text" value="0,08"/> 1	Dist. de captação (km) <input type="text" value="4"/> 1
Ras $\text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg}) / 2]^{1/2}$ <input type="text" value="0,2"/> 1	Ferro (mg/l) <input type="text" value="0,1"/> 1
Dif. cota captação (m) <input type="text" value="15"/> 1	Cloreto (mg/l) <input type="text" value="4,5"/> 1
Boro (mg/l) <input type="text" value="0,2"/> 1	

Finalmente na quarta tela, foi executada a classificação do ambiente escolhendo igualmente a manga como cultura e o sistema de irrigação localizado, à semelhança da classificação feita para o solo anterior (Cambissolo Háplico Carbonático vértico). Percebe-se que para o solo em questão (**NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico** latossólico A fraco relevo plano), o sistema classifica esse ambiente (solo x cultura vegetal x sistema de irrigação x custo e qualidade da água) como:

A 3 KI

Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação

Arquivo Por Sistema de Irrigação Processar Limpar Campos Idiomas (?) Ajuda

Propriedades do Solo I Propriedades do Solo II Propriedades da água Classificação

SIBCTI Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação

Classificação pela metodologia

Localizada : 3 <-> 1
Aspersão :
Superfície :

Genérico

Classificada :

Selecione o Sistema

Irrigação Genérico

Escolha a metodologia

Localizada
 Aspersão
 Superfície

Selecione a Cultura

Acerola Manga
 Banana Melancia
 Cana de açúcar Melão
 Cebola Milho
 Feijão Uva
 Goiaba Coco

Para determinar as Classes Final e Limitantes, clique em PROCESSAR :

Processar

Classificação Final: **a3KI**

Resultado:
O primeiro parâmetro refere-se ao retorno econômico esperado.
O segundo parâmetro refere-se a classe final mais limitantes.
O terceiro e quarto parâmetros referem-se aos símbolos dos fatores mais limitantes, solo ou água.
OBS: Para detalhes completos clique em cima do resultado ou vá à ajuda.

- o primeiro parâmetro “a” indica retorno potencial superior ou seja, a cultura escolhida (manga) é uma cultura elencada como de alta rentabilidade implícita, da mesma forma que a água para irrigação tem baixo custo de captação.
- o número “3” indica a classe da terra, ou seja, uma produtividade relativa média durante longo prazo equivalente a 75% da situação referência.
- o sistema resgata o parâmetro mais limitante, ou seja, aquele que exerceu maior influência na classificação final da terra. No caso, por ser maiúscula e de cor vermelha, percebe-se que é um parâmetro ligado a solo e o “K” representa o parâmetro condutividade hidráulica.

- o sistema resgata também o segundo parâmetro mais limitante. Da mesma forma que comentado acima, a letra "I" representa um parâmetro de solo e corresponde a velocidade de infiltração (I).

Nesta classificação a **3 KI**, pode-se perceber que apesar do solo citado apresentar fortes limitações como fertilidade e retenção de água, o que antes, como comentado, na antiga classificação do BUREC praticamente o inviabilizaria para irrigação; atualmente, com tecnologia apropriada através da irrigação localizada, esse solo está permitindo a produção de manga em níveis bastante razoáveis, da ordem de 32-37 t ha⁻¹, em duas colheitas por ano (Figura 9), com uma geração de receita média da ordem de R\$ 30.000,00 ou US\$ 18,000.00 aproximadamente (RESENDE et al., 2003)

A classificação desse solo, pelo SiBCTI, como irrigável, está em consonância com o que vem ocorrendo em termos práticos.



Figura 10 - Área cultivada com manga irrigada por microaspersão apresentando em primeiro plano local da coleta do solo (Perímetro Nilo Coelho – Petrolina/PE).

10.3 - Comentários Finais, Impacto da Metodologia

A implantação de um perímetro de irrigação no ambiente caracterizado pelo estudo de caso (I), considerando apenas os solos com problemas de drenagem, deve estar cercada de metucioso estudo prévio. Deve-se ter muito cuidado na escolha das culturas e do sistema de irrigação a serem instalados. Como exemplificado, se a opção for por uma cultura de sistema radicular incompatível com as características/limitações pedológicas e se o sistema de irrigação não for de máxima eficiência na dosagem e distribuição da água, esse cenário só poderá conduzir a um resultado que não seja o desperdício econômico, caracterizado pelo não retorno dos investimentos, e a degradação ambiental, devido ao provável aparecimento de imensas áreas salinizadas.

A figura 11 a seguir apresenta classes de solos ocorrentes na área do semiárido que normalmente apresentam problemas de limitação da drenagem natural (interna). Como ela foi gerada a partir do Mapa de Solos do Brasil, escala 1:5.000.000 (EMBRAPA, 1981), portanto uma escala muito pequena, as classes foram consideradas no seu todo. São elas: Neossolo Litólico (RL), Vertissolo (V), Luvisolo Crômico (TC), Cambissolo essencialmente vértico (C), Gleissolo Sálico (GZ), Planossolo Háplico (SX) e Planossolo Nátrico (SN). Evidentemente nem todo Cambissolo, Vertissolo ou mesmo Luvisolo Crômico pode ser enquadrado como classe 6 por problema de drenagem, para culturas perenes de sistema radicular tipo pivotante profundo. Mas, o objetivo foi apenas dar uma ideia da ordem de grandeza das classes de solos ocorrentes nessa região que apresentam drenagem restrita; até porque muitos Argissolos abrupticos não contemplados nessa consideração apresentam esse problema, o que de certa forma contrabalança essa apreciação.

Essas áreas totalizam 39.918.518 ha correspondendo aproximadamente a 40% do total das terras do semiárido.

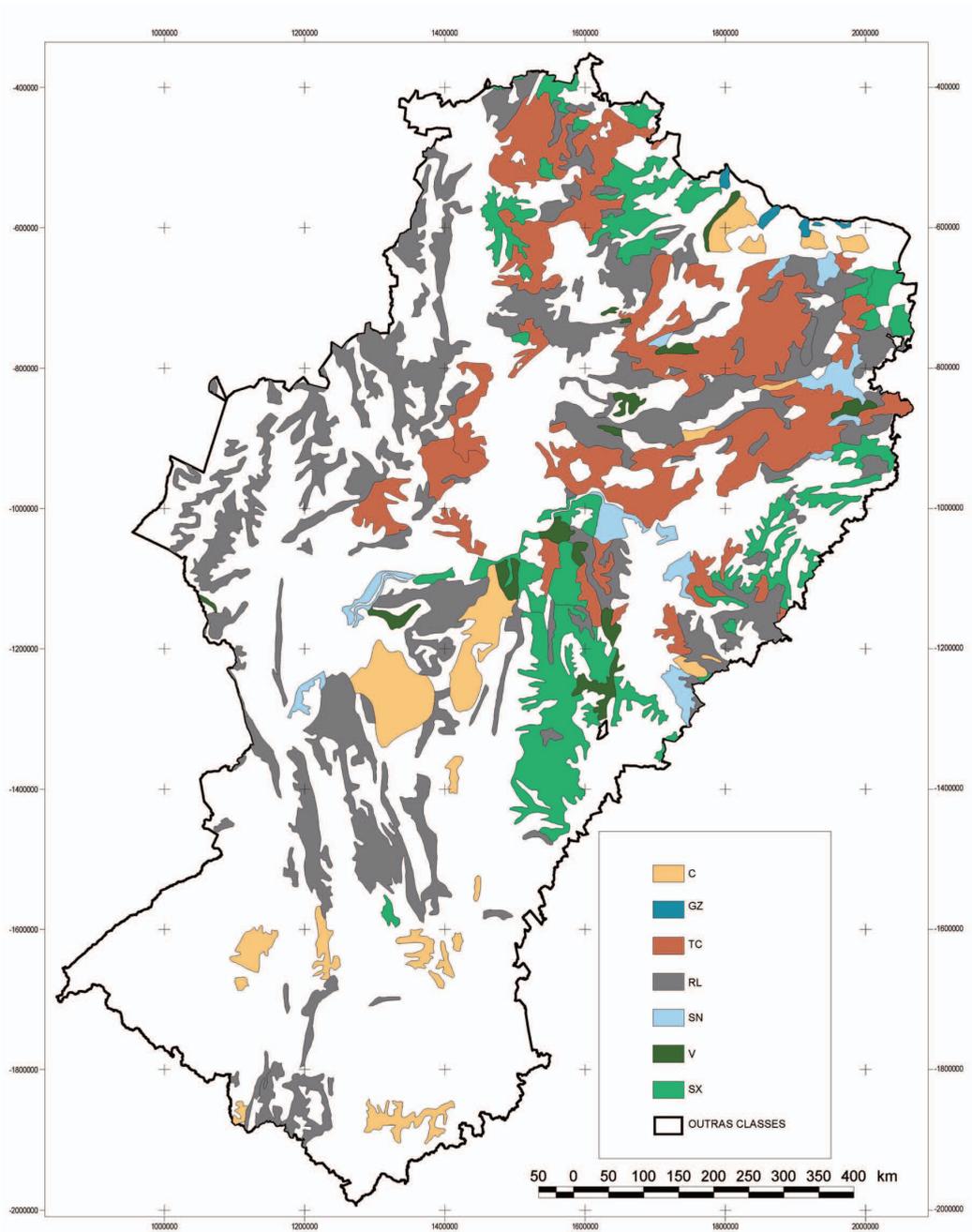


Figura 11 - Classes de solo na região semiárida com algum problema de limitação de drenagem .

Por outro lado, foi discutido o caso extremo dos Neossolos Quartzarênicos como exemplo de solos com elevada velocidade de infiltração e condutividade hidráulica, ou seja, rápida drenabilidade. Esses solos eram classificados, pela metodologia do BUREC, como classes 5 ou 6, sendo que atualmente, devido ao avanço da tecnologia de manejo da agricultura irrigada, esses solos são plenamente aproveitáveis, enquadrando-se como classes 3 ou 4 pela metodologia SiBCTI. Acrescentando-se aos Neossolos Quartzarênicos (RQ), os Neossolos Regolíticos (RR) e a grande parte dos Latossolos Vermelho-Amarelo textura média (LVA), tem-se a grande parte dos solos de constituição arenosa e profundos ocorrentes na região semiárida, que pela metodologia citada teriam a mesma destinação. Então, com base ainda em Embrapa (1981), pode-se destacar esse agrupamento, sendo o resultado apresentado conforme a figura 12.

A ocorrência de solos arenosos profundos perfaz aproximadamente 47.146.933 ha correspondendo a 47% do total das terras do semiárido. Como o SiBCTI enquadra-os como irrigáveis, ao contrário das metodologias existentes até o momento, não há nenhuma restrição técnica para que esses solos, juntamente com os outros sem ou com pouca limitação, classificados como classes 1 e 2 respectivamente, não possam ser explorados intensamente sob irrigação.

Com planejamento alicerçado em conhecimentos embasados tecnicamente, pode-se melhorar em muito o retorno financeiro dos recursos públicos ou privados alocados em projetos de irrigação, além de diminuir violentamente o impacto ambiental, tomando como foco a exploração sustentável dos recursos naturais.

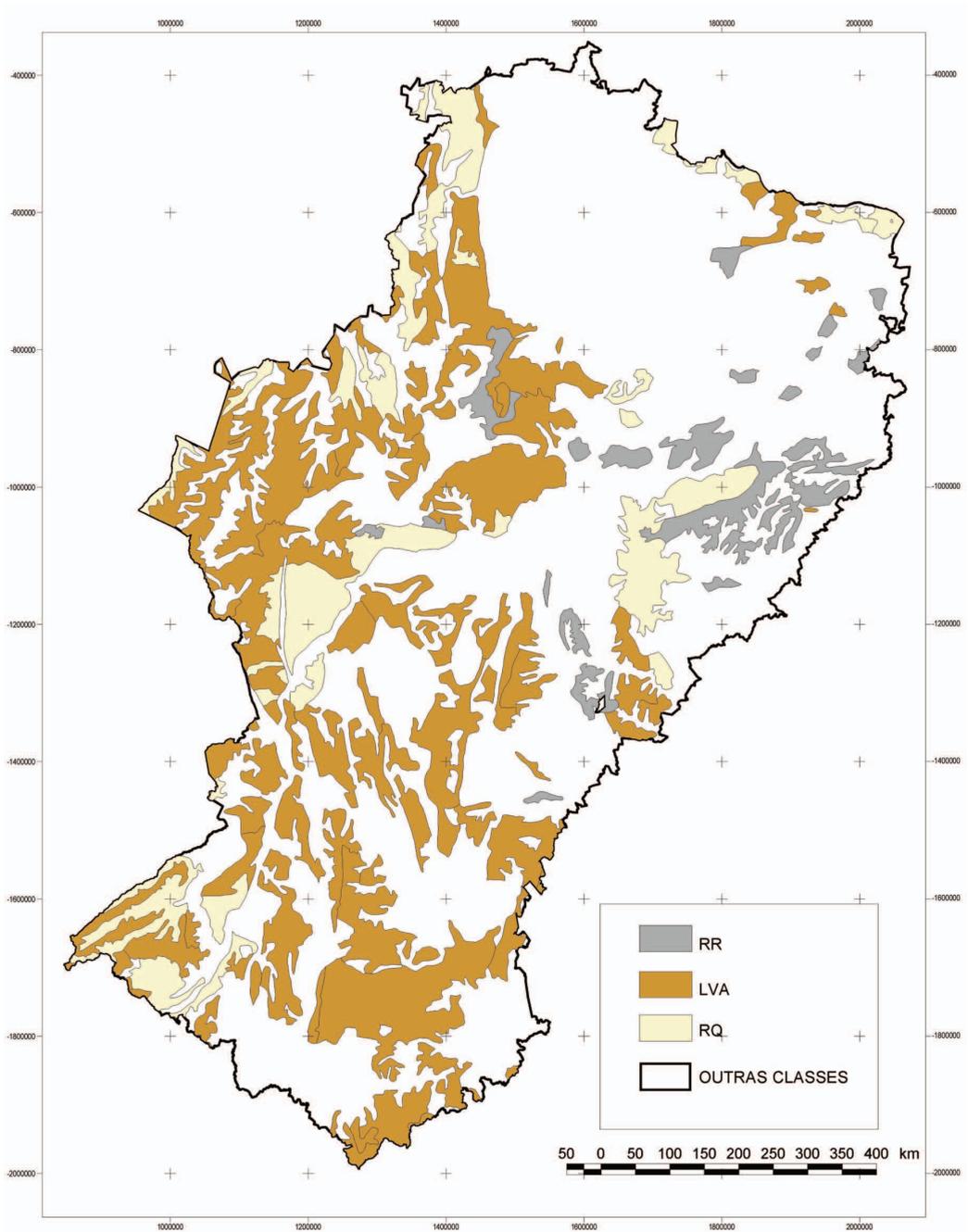


Figura 12 – Classes de solo na região semiárida com elevada drenabilidade interna.

Referências Bibliográficas

CODEVASF. **Projeto Baixo do Irecê**: condições de irrigabilidade dos solos cambissolo vértico. 2000. 1 v. (Relatório técnico).

CODEVASF. **Projeto Massangano**: relatório n. 1, avaliação de solos. 1980. 1 v. (Relatório técnico)

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 1981. Mapa color., escala 1:5.000.000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Estudo das alterações físico-químicas dos solos classificados como Luvisolos e Argissolos no Perímetro de Irrigação Senador Nilo Coelho e estudo das condições de permeabilidade de solos classificados como Cambissolos Vérticos e Vertissolos nos Projetos de Irrigação Formoso A e Baixo de Irecê**. 2004. 1 v. (Relatório técnico das atividades de campo e laboratório para atendimento do SiBCTI).

RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.; COUTO, L. **A cultura do milho irrigado**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 317 p.

WEGENER, R. Manutenção de pivôs. **A Granja**, Porto Alegre, n. 675, p.30-35, 2005.