AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HÍDRICO DO RIO GORUTUBA (MG).

ATHADEU FERREIRA DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO L. OLITTA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Julho - 1989

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

S586a Silva, Athadeu Ferreira da
Avaliação do potencial hídrico do Rio Gorutuba
(MG). Piracicaba, 1989.
p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Bacia hidrográfica - Manejo - Minas Gerais 2.
Irrigação - Minas Gerais 3. Rio Gorutuba (Vale) - Po-
tencial hídrico - Minas Gerais I. Escola Superior de
Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 551.483

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HÍDRICO DO RIO GORUTUBA (MG)

ATHADEU FERREIRA DA SILVA

Aprovada em : 04 . 09 . 1989

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Antonio Fernando Lordelo Olitta. USP

Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova USP

Prof. Dr. Carlos Alberto Vettorazzi USP

Prof. Dr. Antônio Fernando Lordelo Olitta

Orientador

Aos meus queridos pais
Francisco de Paula (in memoria) e
Maria Aparecida Silva,
ofereço.

A minha esposa Piva,
Aos meus filhos Athila, Athalita, Achilles e Artur,
Aos meus irmãos Antônio e Jorcelina,
dedico.

AGRADECIMENTOS

A Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, pela nossa liberação para participar do Curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem.

Ao Dr. Eliseu Roberto Alves de Andrade, presidente da CODEVASF, pelo apoio decisivo e estímulo à realização do curso.

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, por intermédio do Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade concedida.

Ao Programa Nacional de Irrigação - PRONI pela ajuda de custos concedida.

Ao Prof. Antonio Fernando Lordelo Olitta pela orientação, apoio e amizade dispensados no desenvolvimento do trabalho.

Ao Dr. Roberto Mauro Amaral, Diretor da 1a. DR/CODEVASF, pela inestimável colaboração para a realização dos trabalhos de coletas de dados de campo.

Ao professor Delmar Antonio Bandiera Marchetti (in memoria).

Ao Dr. Mário Valério Filho, pesquisador do INPE, pela indispensável contribuição prestada.

Ao presidente da Cooperativa Agrícola de Irrigação do Vale do Gortuba - COVAG, Sr. Edilson Brandão Guimarães, pelo apoio dispensado.

Aos Engenheiros Agrônomos Carlos Eduardo do Prado Leite, Adilson Pessoa Lopes, Humberto Lucas de Oliveira, Antônio Carlos Ramalho Marques, Fernando Brito e Ivan Ibrahim pelas colaborações prestadas.

Ao Engenheiro Civil Raul Pérez e Técnico Agrícola Haroldo com as informações fornecidas.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Material	16
3.1.1. Localização da área de estudos	16
3.1.2. Caracterização da região	16
3.1.2.1. Clima	16
3.1.2.2. Geologia e solos.....	19
3.1.2.3. Hidrologia	24
3.2. Métodos	27
3.2.1. Procedimento de campo	27
3.2.1.1. Delimitação da área de estudos..	27
3.2.1.2. Hidrometria	31
3.2.2.3. Cadastramento áreas irrigadas ..	38
3.2.2. Desenvolvimentos dos dados tabulados	40
3.2.2.1. Setorização de Áreas	40
3.2.2.2. Planejamento Agrícola	41
3.2.2.3. Demanda de água para irrigação/ cultura	44

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1. Potencial hídrico: Comportamento fluviométrico do rio Gorutuba.....	56
4.2. Cadastramento de áreas irrigadas	62
4.2.1. Cadastramento a campo	62
4.2.2. Rastreamento da área por satélite	65
4.3. Oferta e demanda de água para irrigação.....	72
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	76
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1 - Localização da região de estudo no Estado de Minas Gerais.....	17
2 - Capacidade de infiltração de água no solo representativa da área de estudo	23
3 - Bacia hidrográfica do rio Gorutuba	61
4 - Vista parcial do lago formado pela Barragem Bico da Pedra e rio Gorutuba, à jusante, fluindo com lâmina de água de restituição	29
5 - Barragem Bico da Pedra liberando água no canal de irrigação do projeto gorutuba e sangradouro	29

6	-	Esquema indicando o posicionamento dos pontos de medição (PM)) de vazão no rio Gorutuba	33
7	-	Seção típica de medição de vazão	35
8	-	Operação de medição (PM: Jacaré Grande) ..	36
9	-	Operação de medição (PM: Ponte do Sudário)	36
10	-	Detalhe do molinete Digi-Kartan	37
11	-	Molinete Digi-Kartan em operação	37
12	-	Esquema da nomenclatura regional das áreas adjacentes ao rio Gorutuba, sentido Barragem Bico da Pedra - Ponte do Sudário	42
13	-	Gráfico da performance das vazões coletadas no rio Gorutuba	57
14	-	Composição de vazão do rio Gorutuba	58
15	-	Imagem TM/LANDSAT, esc. 1:100.000 - (passagem de 18/07/1987, ressaltando as áreas irrigadas).....	66

16 - Imagem TM/LANDSAT, esc. 1:50.000 - (passagem de 18/07/1988, ressaltando as áreas irrigadas	66
17 - Áreas agrícolas identificadas através de análise automática de imagens TM/LANDSAT	68
18 - Áreas agrícolas identificadas através de análise automática de imagens TM/LANDSAT (detalhe)	69
19 - Gráfico referencial de demanda e oferta de água no rio Gorutuba/trecho.....	72

LISTA DE TABELAS

TABELAS	PÁGINA
1 - Dados meteorológicos do Vale do Gorutuba no período de 1977 a 1989	20
2 - Informações técnicas da Barragem Bico da Pedra	25
3 - Posicionamento para medição de velocidade em cursos d'água	34
4 - Áreas irrigadas cadastradas por trecho ...	43
5 - Planejamento agrícola anual	44
6 - Dados obtidos na determinação da lâmina de água livre no solo no extrato de con- centração de raízes da cultura considerada	45

7 -	Propriedades físicas representativas dos solos	47
8 -	Dados evolutivos para determinar períodos de ocorrência de evapotranspiração máxima	48
9 -	Desenvolvimento de dados para determinar turno de rega (TM) e lâmina de água bruta (LB)	49
10 -	Planejamento de manejo operacional: áreas irrigadas por trecho/método de irrigação por dia de trabalho/posição/cultura	53
11 -	Jornada de trabalho e área irrigada por posição/cultura	54
12 -	Área irrigada /posição/dia /trecho.....	54
13 -	Demanda de água para irrigação por trecho	55
14 -	Medições de vazões do rio Gorutuba	57
15 -	Total de áreas irrigadas cadastradas no rio Gorutuba	64

16 - Dados referenciais de oferta e demanda de	
água para irrigação/trecho no rio Gorutuba	72

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HIDRICO DO RIO GORUTUBA (MG).

Autor: ATHADEU FERREIRA DA SILVA

Orientador: PROF. DR. ANTONIO FERNANDO LORDELO OLITTA

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido no Vale do Rio Gorutuba, estado de Minas Gerais, região semi-árida com alta concentração de projetos agrícolas de irrigação e limitada desenvolver hidrica às necessidades locais, com o objetivo de gerar uma metodologia capaz de auxiliar os usuários instalados às margens do mencionado rio, a praticarem manejo operacional compatível com aquela situação e similares. A razão dos estudos emergiu com o agravamento de conflitos pelo uso da água na região, com ênfase para atender a atividade de irrigação. As etapas do trabalho constaram de: caracterização da região (estudos de clima, solos e hidrografia); cadastramento dos projetos de irrigação implantados através de observações de campo e

imagens de satélite TM/LANDSAT; estudos de hidrometria do rio em cinco estações de medição de vazões; planejamento agrícola anual em função das culturas mais representativas e tradicionalmente cultivadas na região; desenvolvimento do plano de manejo operacional dos projetos, a partir das demandas de água por setor previamente estabelecido do rio Gorutuba, sistema de irrigação adotado, estação do ano e tipo de cultura; análises comparativas das vazões mínimas confiáveis registradas nos estudos hidrométricos e recomendações de demandas máximas de água requeridas pelas lavouras nestas ocasiões. Concluiu-se: a aplicação do método é viável; há necessidade urgente de regulamentar o uso de água do rio Gorutuba, através de gerenciamento, com base em planejamentos agrícolas operacionais.

EVALUATION OF THE HYDRIC POTENTIAL OF GORUTUBA RIVER (MG)

Author: ATHADEU FERREIRA DA SILVA

Adviser: PROF. DR. ANTONIO FERNANDO LORDELO OLITTA

SUMMARY

The work was carried out at the Gorutuba river valley, State of Minas Gerais, a semi-arid region with high concentration of irrigation projects and limited water availability. The objective was the development of a methodology to help users to adopt an operational management which is compatible with the limitations of the region. This study emerged with the increasing number of conflicts related to water use in the area and had emphasis on the improvement of irrigation viability. The working steps were: characterization of the region (climate, soils, hydrology); listing of existing irrigation projects using direct field information and TM/LANDSAT satellite images; hydrometry studies of the

river at five flow measurement stations; annual agricultural planning regarding representative annual crops which are traditionally cultivated in the region; development of the management program taking into account the water demand of each sector, the employed irrigation system, the agricultural season and the type of crop. A comparative analysis of minimum flow values and maximum water demand of the crops was also made. In conclusion: the application of the method is practicable; it's necessary urgently to regulate the water use in the Gorutuba river, through management, based on the operational agricultural planning.

1 . INTRODUÇÃO

A operacionalização dos mananciais hídricos brasileiros, de modo generalizado, ainda não é praticada dentro de manejos compatíveis à realidade de cada região distinta, de acordo com uma configuração sócio-econômica planejada a curto, médio e longo prazos. Na verdade observa-se uma utilização não criteriosa deste precioso insumo público, onde os interesses particulares, com metas imediatistas, superam aos anseios coletivos, projetando, por isso mesmo, perspectivas futuras incertas ao segmento. Segundo observações de BELTRAME & CAUDURO (1982), faz-se necessário um aproveitamento racional de da água em bacias hidrográficas, uma vez que os recursos disponíveis estão se tornando escassos pelo crescimento geométrico de sua utilização e uso inadequado.

Dentro deste contexto de riscos encontra-se a atividade de irrigação, que contabilizou nos últimos 4 anos um crescimento notável. à esteira dos estímulos do plano do Governo Federal à implantação de

1.000.000 ha na região Nordeste, de 1986 a 1990 (Programa de Irrigação do Nordeste - PROINE), aproximando-se das estimativas da FAO para o Brasil em 1984 de atingir 2.200.000 ha de área irrigadas (FAO PRODUCTION, YEARBOOK 1984). Paralelo a esse processo expansivo de áreas irrigadas, o desenvolvimento dos trabalhos técnicos não vem dispensando os níveis de consideração exigidos na avaliação dos parâmetros hídricos de oferta de água e demanda exigida ao longo da operação dos sistemas. Em regiões onde o insumo é limitado, principalmente face às adversidades climáticas, a incorporação de novas glebas irrigadas já vem provocando colapso no fluxo normal dos mananciais, deixando a população ribeirinha cerceada do uso deste bem público.

Na região semi-árida do estado de Minas Gerais - Vale do Rio Verde Grande - esta preocupação já constitui uma realidade, onde o direito de uso de água, para os fins citados, não raras vezes, estão sendo disputados na justiça, exatamente pela inexistência de parâmetros técnicos confiáveis à subsidiarem a formulação de uma política específica à atividade. Os poucos mananciais hídricos existentes (rios, ribeirões, riachos, acudes, represas, etc), com predominância de vazões mínimas - comportamento normal na região -, estão tornando-se intermitentes nos períodos de pico de

demanda de água para irrigação, comprometendo sistematicamente os planos de exploração agrícola e, por conseguinte, toda a estrutura social da região.

No Vale do Rio Gorutuba, um dos principais pólos de irrigação do estado de Minas Gerais, a situação também não é alentadora - o represamento arbitrário do rio Gorutuba, ao longo de seu leito, através de rústicas barragens, por alguns agricultores, buscando suprir vazões projetadas de irrigação, a exemplo das ocorrências anteriormente mencionadas, deixa os demais usuários à jusante, totalmente sem água, periodicamente no decorrer do ano. O artigo REPRESAS ilegais trazem problemas para o Vale do Gorutuba (1989), traduz bem o nível que se está atingindo.

É com base nestes fatos que o presente trabalho pretende desenvolver uma metodologia destinada a auxiliar a avaliação do potencial hídrico do rio e Gorutuba similares, considerando-se os planejamentos de lavouras agrícolas irrigadas programadas para a região, fornecendo subsídios aos usuários para promoverem uma utilização racionalizada da água, através de manejos operacionais adequados.

2 - REVISÃO DE LITERATURA.

O uso e manejo racional de recursos hídricos no cenário mundial, salvo algumas exceções muito a desejar. Em países em fase de desenvolvimento, como o Brasil, a situação é muito mais preocupante. Apesar da existência de legislações para tal, poucos resultados práticos são de conhecimento público.. exatamente pela carência de trabalhos técnicos e de profissionais especializados envolvidos no segmento para darem suporte e tornar viável o cumprimento das mencionadas legislações.

A preocupação com uso racional da água é antiga. LOPEZ (1981), dissertando sobre manejo de recurso hídricos, vai às origens das normatizações, informando que o processo adotado, pelo menos nos países latino - americanos, inclusive o Brasil, baseia-se nos sistemas de direito baixados pelo império romano e ibero-americano.

PEREIRA (1980) comenta que o grande número de institutos legais gerados a partir da promulgação do

Decreto Federal nº 24.643 de julho de 1934 (Código de Aguas), destinados a atender às peculiaridades setoriais emergentes no processo de desenvolvimento nacional, carecem de coerência e unidade, tornando difícil a análise jurídica de atos derivados de um fenômeno particular. De concreto, de acordo com a mesma fonte, a administração dos recursos hídricos ficaria sob responsabilidade do Ministério do Interior (MINTER).

CRUCIANI (1984) informa que, a nível nacional, a responsabilidade da gerência dos recursos hídricos está a cargo do Departamento Nacional de Aguas e Energia Elétrica (DNAEE), órgão do Ministério das Minas e Energia, quanto a planejamento, coordenação e execução dos estudos hidrológicos; supervisão, fiscalização e controle dos projetos de aproveitamento das águas que alterem seu regime, cabendo-lhe ainda cumprir e fazer cumprir o Código de Aguas. As águas públicas estaduais estão sob domínio específico do Estado, subordinados ao DNAEE. Águas públicas pertencentes à União são as que servem de limites entre dois ou mais Estados ou que percorram parte dos territórios de dois ou mais Estados. Pertencem aos Estados, os cursos que servem de limite entre dois ou mais municípios ou que atravessem sem ultrapassar os limites do Estado.

O DAEE do estado de São Paulo (São Paulo, 1988), através de Portaria própria, baixou normas sobre outorga de concessões, autorizações e permissões para uso e derivação de águas, bem como lançamento de efluentes líquidos em cursos e águas públicas de domínio do estado de São Paulo, assim especificadas por categoria procedimentos:

1) Captações de águas e lançamentos de efluentes líquidos - requerimentos para indústrias, irrigação, loteamentos e serviços públicos.

2) Canalizações e retificações - casos de utilidade pública e utilidade privada.

3) Barramentos - casos de utilidade pública e utilidade privada.

4) Extração de minérios - casos de utilidade pública e privada.

5) Condições gerais - responde pelos casos não enquadrados nos itens anteriores.

Todas as solicitações são feitas em formulários próprios do órgão competente pela parte interessada, que as assina juntamente com o engenheiro responsável técnico.

MOLLO (1988), analisando os aspectos de legislação do uso de recursos hídricos, lembra que a Portaria Interministerial n 90, MME/MINTER, de 29.03.78:

"I - Cria o Comitê especial - incumbido do estudo integrado e do acompanhamento da utilização racional de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais, no sentido de obter o aproveitamento múltiplo". O decreto nº 75.510, de 19.03.75: "artigo 2parágrafo único. Os Ministérios do Interior e das Minas e Energia estudarão em conjunto a utilização das águas em projetos de irrigação, nos casos de seu uso também para energia elétrica".

BARTH et alii (1987) argumentam que a administração de recursos hídricos deve ser regida com suportes técnicos, jurídicos e administrativos. Deixam evidente a necessidade de proceder a revisões permanente neste instrumento coordenador, sempre que objetivos e fatos novos sucedidos assim o exigirem, para a adaptação da legislação a situação contemporânea. Há observações que que a medição de cursos d'água em regiões semi-áridas exige a consideração de vários fatores que normalmente não são importantes em regiões úmidas, pois a faixa de variação dos fluxos é muito larga, indo de zero, no período seco, a valores muitos altos nos períodos chuvosos. A variação citada propicia a invasão de vegetação nos canais dos cursos de água nos períodos de estiagem e sedimentação do leito com o excesso de materiais carregados pelo fluxo de água nos períodos de altas cheias, deformando a seção

geométrica padrão adotada de medição, alterando-a consequentemente em relação a situações normais. Estas ponderações evidenciam a dificuldade das legislações em munirem-se de respaldos que permitam a comunidade ligada ao segmento adotar práticas adequadas no manejo dos recursos hídricos.

As metodologias de manejo de recursos hídricos praticadas em consonância com posicionamentos diversos anteriores, procuram moldar-se às peculiaridades locais, em função da disponibilidade hídrica, regime climático, demanda requisitada e quadro sócio-econômico presente, responsável pela triagem das prioridades de utilização do insumo. A esse respeito, comentam RABOVSKY & SELLINGER (1966), em estudo da situação hidrológica na área costeira de Israel, que os poços tubulares representam a forma mais usual de aproveitamento de recursos hídricos, sendo por isso mesmo de suma importância a avaliação do potencial médio anual renovável. A expressiva demanda de água para irrigação e os regimes de chuvas reduzidos (400 mm/ano) levaram à adoção das seguintes providências:

- Na ausência de represas para alimentar aquíferos, implantou-se um sistema de recarga artificial a partir dos anos 50, através de um conduto que atravessa a região (Conduto Nacional), alimentando

principalmente poços tubulares e lagoas de infiltração, durante o inverno, quando a demanda de água para irrigação é baixa e existe um superávit no balanço hídrico. Assim, o aquífero torna-se um reservatório operacional, deixando os níveis estáticos evoluírem segundo a demanda e oferta, de tal forma que, a longo prazo, a reserva armazenada não fica prejudicada. Compatibilizando períodos extremos de demanda e oferta de água, o processo operativo, até hoje praticado, orienta-se por 3 fases: na primeira fase, (verão), registram-se os picos máximos de irrigação (intensivo bombeamento dos poços tubulares e vazão máxima no Conduto Nacional), que leva os níveis estáticos a índices bem baixos. A segunda fase (primavera e outono), colocando-se num plano intermediário, apresenta redução significativa nas requisições de água de irrigação, aliviando o bombeamento dos poços e o fluxo de vazão do Conduto Nacional. Na terceira fase (inverno), praticamente cessa a irrigação, quando aproveita-se para recarregar os poços e as lagoas de infiltração, alimentando o aquífero, recompondo os níveis estáticos para a próxima estação, através do Conduto Nacional.

COLUMBUS (1981) desenvolveu estudos geohídricos dos aquíferos da região semi-árida mexicana - (região de Sonora), onde a demanda de água para irrigação,

razão de sobrevivência sócio-econômica, é satisfeita com águas subterrâneas (bombeamento dos poços tubulares) e superficiais, retidas por barragens nos períodos de chuvas. Entretanto, a crescente demanda do insumo, com progressiva expansão das fronteiras agrícolas, em contraste com o limitado regime pluviométrico local, levava os volumes de água das barragens a marcas mínimas críticas e contribuía para o abaixamento do lençol artesianos, inviabilizando o funcionamento dos poços.

O gerenciamento operacional, à procura de solução ao impasse surgido, fundamentou-se em usar o máximo das águas da represa em anos de alta precipitação pluviométrica, deixando de operar os poços num nível bem baixo, facilitando assim a recuperação dos níveis estáticos nestas épocas. Por outro lado, em anos secos, quando os reservatórios estão praticamente sem água, não apresentando condições de atender às necessidades de irrigação, os poços entram em operação, trabalhando até bem acima do potencial médio anual renovável, de tal forma que, a longo prazo, o bombeamento seja equivalente às necessidades de água futuras da região. A adequação do plano agrícola ao proposto torna-se imperativo ao sucesso do programa.

COLUMBUS (1981), enfocando a crise de água em áreas semi-áridas, com particular

atenção para a região do nordeste brasileiro, embora veja soluções para o assunto através da exploração adequada do potencial hídrico subterrâneo, face às peculiaridades de cada situação entende que as diretrizes também devam ser distintas.

O Departamento de Aguas e Energia Elétrica (SAO PAULO, 1986), desenvolvendo trabalho para determinar a disponibilidade hídrica superficial do estado de São Paulo, selecionou duas variáveis aleatórias para o desenvolvimento da operação:

- Vazão média: consiste na determinação da regressão entre a precipitação média no período em que existem dados de vazão, e a descarga média observada.

- Vazão mínima: é a vazão mínima média de 7 dias consecutivos e 10 anos de período de retorno.

Diversos modelos para planejamento e gerenciamento de recursos hídricos são apresentados por BARTH et alii (1987), analisando bacias hidrográficas e reservatórios artificiais (açudes formados a partir da construção de barragens), que podem ser adaptados a uma ou outra situação, observadas as peculiaridades distintas e também em função das variáveis disponíveis, exigidas à aplicação dos respectivos modelos.

Operação importante para se chegar A demanda de água para irrigação no universo de um pólo agrícola estratificado em vários módulos de diferentes dimensões e espécies cultivadas, é o levantamento da capacidade de uso atual da região. Constitui num trabalho fundamental os estudos de planejamento e acompanhamento agrícola de uma região. Às vezes esse trabalho torna-se oneroso e até mesmo anti-operacional, em função das características locais, quando as ações são realizadas exclusivamente no campo, passo a passo, em confronto com o dinamismo do setor (ampliação/diminuição de áreas; rotatividade de culturas orientadas pela flutuação de mercado; etc...), que exige atualização cadastral permanente. O uso de sensoriamento remoto, através da interpretação de imagens de satélite aplicada à agricultura, veio contribuir na solução do problema em níveis satisfatórios. MENDONÇA (1981) faz algumas observações importantes sobre o tema:

- "Colocando-se dispositivos sensores em aviões ou satélites, com objetivo de obter informações acerca de objetos ou fenômenos da superfície da Terra, mediante a aferição das trocas energéticas entre aqueles fenômenos ou objetos com o meio ambiente, o sensoriamento remoto apresenta três importantes características: rapidez, repetitividade e poder de análise espectral." Com

estes três parâmetros mencionados, através da análise multiespectral de dados agrícolas faz-se, com eficiência, planejamentos, estudos e levantamentos de uma região, identificando as dimensões físicas das glebas.

- " De acordo com o LARS (Laboratory for Agricultural Remote Sensing, 1968) o sensoriamento remoto tem sido aplicado à agricultura para atender três objetivos básicos: 1) identificar, de acordo com os padrões de resposta espectral, as diversas categorias de culturas agrícolas; 2) estabelecer para essas diversas categorias a faixa de melhor discriminação do espectro eletromagnético; e, 3) determinar, em função do estágio de desenvolvimento das culturas, de acordo com as variações temporais e as diferentes condições de solo, os padrões de resposta multiespectral para os diferentes grupos ou categorias de cultura".

O apoio ao mapeamento de áreas agrícolas através de interpretação de imagens LANDSAT, ainda segundo MENDONÇA (1981), oferece bons resultados, desde que cuidados básicos sejam observados por ocasião da seleção das datas de passagem do satélite sobre os locais desejados, como: ausência de nuvens; repetição da operação em séries temporais, acompanhando as etapas de desenvolvimento da cultura (em épocas de acentuado contraste espectral com a vegetação nativa); repetição da

operação por mais de uma safra, na mesma região, para maior segurança nas informações obtidas.

A respeito desse assunto, Misra & ¹Wheeler (1978), utilizando dados espectrais do MSS (Multispectral Scanner Subsystem) do LANDSAT, afirmam que a noção de resposta espectral, tomada como base exclusiva para classificação de temas, não parece satisfatória. De acordo com esses autores, a resposta espectral de dados de agricultura é grandemente afetada, dependendo da época em que são tomadas. Assim sendo, concluem que para a classificação das culturas é necessário associar as variações espectrais e temporais.

²MENDONÇA et alii, citados por MENDONÇA (1981), realizaram estudo comparativo de interpretação

-
1. MISRA, P.N. & WHEELER, S.G. Crop classification with LANDSAT multispectral scanner data. In —. Pattern Recognition. Great Britain, Pergamon, 1978. cap.7 p. 1-13.
 2. MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; TARDIN, A.T. Estudo comparativo de interpretação automática e visual em imagem LANDSAT visando à identificação da cultura da cana-de-açúcar. São José dos Campos. INPE/CNPq. 1980. (INPE-1713-TDL/023).

automática e visual em imagens de satélite LANDSAT para identificar a cultura de cana-de-açúcar no município de Jardinópolis (SP), numa área de 1814,20 ha, obtendo resultados satisfatórios. No trabalho foram utilizados dados referentes a diferentes datas de passagem do satélite, tendo a passagem de 01/07/77 se destacado quanto a possibilidade de avaliação de área ocupada com cana-de-açúcar. Fatores relacionados à própria cultura, tais como estágio de desenvolvimento, época de plantio e de colheita, e variedade, influenciaram decisivamente na resposta espectral da cana.

VALERIO FILHO et alii (1986), em trabalho desenvolvido no município de Guaira (SP), visando à identificação de áreas irrigadas através de imagens digitais TM/LANDSAT, deixam claro o grande apoio que essa metodologia pode prestar ao segmento de manejo dos mananciais, principalmente aqueles com demandas estrangulantes, atendendo fins distintos, inclusive agricultura irrigada.

Várias outras referências são apresentadas por MENDONÇA (1981), todas entretanto reforçando a necessidade de se executar em paralelo a interpretação das imagens e trabalhos de apoio de campo na obtenção de informações complementares.

3. MATERIAL E METODOS

3.1. Material

3.1.1. Localização da área de estudos.

O trabalho foi conduzido no Vale do Gorutuba, dentro da faixa de domínio do rio de mesmo nome, divisa dos municípios de Porteirinha e Janaúba, estado de Minas Gerais, numa área de 80.000 ha, compreendidos pelas seguintes coordenadas geográficas: 15° 15' e 15° 50' de latitude sul, 43° 16' e 43° 23' de longitude oeste e altitude variável de 470 m a 500m. A Figura 1 ilustra o posicionamento da área.

3.1.2. Caracterização da Região

3.1.2.1. Clima.

A região do projeto, de acordo com a classificação de KÖPPEN, enquadra-se no tipo climático AW, ou seja, clima tropical chuvoso, com inverno seco,

Figura 1 - Localização da região de estudo no Estado de Minas Gerais

temperatura média anual superior a 22 °C, tendo o mês mais frio temperatura média superior a 18 °C (DNOCS, 1976).

Segundo DNOCS (1972 e 1976), nos Estudos de viabilidade para irrigação do vale do Gorutuba e Projeto de irrigação do vale do rio Gorutuba, o clima na área do projeto pode ser classificado como tropical, com verão chuvoso e inverno seco. O período mais quente é janeiro-fevereiro, com temperatura média em torno de 26,5 °C. O período mais frio é junho-julho, com média de 22 °C. A média anual é de 24,7 °C.

A pluviosidade apresenta uma média anual em torno de 900 mm, sendo que os períodos mais chuvosos ocorrem nos meses de verão, com 90 % do total da precipitação incidindo nos meses de novembro a abril. O mês de mais alta pluviosidade é janeiro.

Nos meses de verão, a região fica submetida à ação da Massa Equatorial Continental que, em razão do processo de sua formação, implica em chuvas abundantes. No restante do ano, a Massa Tropical Atlântica exerce sua influência, acarretando bom tempo. No período de outubro a março pode ocorrer ocasionalmente granizo e, de abril a junho, formação de nevoeiro.

A Tabela 1, retratando a área específica de domínio do rio Gorutuba, apresenta o quadro desta situação.

Do ponto de vista bio-climático, a área se insere numa região xeroquimênica (tropical, seca de inverno), de caráter médio, apresentando um índice xerotérmico compreendido entre 100 e 150, com 5 a 6 meses secos.

3.1.2.2. Geologia e solos

Estratificadamente, conforme o trabalho de levantamento de reconhecimento dos solos da bacia de irrigação do rio Gorutuba (UFV, 1971), a região em foco compreende rochas pertencentes às séries Itacolomi e São Francisco.

A série Itacolomi provém de rochas sedimentares que datam do Pré-cambriano Superior. O quartzito arcossiano é predominante e apresenta grãos de tamanho máximo correspondentes à areia fina, de quartzo, feldspato e alguma sericita. Intercalado nos quartzitos anteriormente descritos, aparece o quartzito silicificado, composto de grãos de quartzo recristalizados, muito resistentes.

A série São Francisco, também denominada Bambuí, possui idade siluriana e é a predominante em toda

Tabela 1 - Dados meteorológicos do Vale do Gorutuba.

Período - 1977/89

MESES	TEMPERATURA DO AR			UR	PPa	EVAP	INSOL	VELOC VENTO
	MAX	MIN	MED	(%)	(mm)	(mm)	(hr)	(m/s)
JAN	30,53	20,12	23,06	79,90	227,04	149,90	198,27	1,78
FEV	31,79	20,14	25,26	73,52	102,50	169,35	241,93	2,13
MAR	31,72	20,01	25,53	72,72	122,65	177,29	237,15	1,78
ABR	30,55	19,39	24,40	72,23	54,64	162,90	244,80	2,37
MAI	27,80	17,48	23,69	68,79	26,33	163,14	256,82	2,44
JUN	29,12	15,81	22,77	69,40	1,65	157,91	246,20	2,83
JUL	28,54	15,93	22,40	64,24	1,17	184,31	249,63	2,13
AGO	30,40	16,24	23,39	58,57	0,99	216,17	288,49	2,79
SET	31,29	17,62	24,82	57,23	18,07	225,93	243,20	3,23
OUT	31,87	19,63	26,05	63,10	61,52	222,67	224,25	2,52
NOV	30,75	20,04	26,03	71,29	119,45	178,47	173,67	2,02
DEZ	30,47	19,88	25,71	73,16	159,35	155,38	185,04	1,59
MED	30,40	18,52	24,42	68,62	74,61	180,28	232,45	2,30

Fonte - MINISTERIO DA AGRICULTURA

So. Distrito de Meteorologia

Latitude 15° 47' S

Longitude - 43° 18' W

Altitude - 516,00 m

Temperatura em graus Celcius

Registros referentes a 1989.

a área do projeto. Registram-se os seguintes tipos litológicos: calcários escuros, arenitos, siltitos e argilitos dobrados, às vezes silicificados. Os afloramentos de rocha sã, ou parcialmente alteradas, são raros por sua fácil meteorização, da qual resulta um solo argiloso vermelho.

Os solos aluvionares estão concentrados ao longo das margens do rio Gorutuba, nas planícies, onde os materiais carreados nos períodos de cheias foram sendo depositados. Constituem-se de areias médias, mas possuem grande variedade granulométrica, exibindo camadas de argila, areia grossa e cascalho. De modo geral são bem desenvolvidos em extensão e profundidade. Nas faixas de vazantes, o solo matriz apresenta-se encoberto por uma camada de argila arenosa branca de espessura muito variável.

A conformação da bacia de irrigação do Vale do Gorutuba, a partir das cotas mais altas descendo em direção às baixadas que acompanham o curso do rio, sinteticamente apresenta uma disposição de solos mais ou menos seqüencial, com poucas variações. Nosso estudo dará enfoque aos solos Cambisol Eutrófico Podzólico, Aluvial Eutrófico Vértico e Aluvial Eutrófico (sobre os quais concentram-se as áreas de irrigação), com as seguintes características (UFV, 1971):

- Solo cambisol eutrófico: apresenta textura argilosa, vegetação de caatinga arbórea hipoxerófila e relevo suave; distribui-se geograficamente em faixa alongada de largura variável; erosão moderada; profundidade menor de 1,5 m; permeabilidade do solo e sub-solo moderada/lenta; moderadamente drenado.

- Solo aluvial eutrófico vértico: textura argilosa; caatinga arbórea hipoxerófila e depressões fechadas; apresenta-se geograficamente em faixa alongada de largura variável; erosão nula; profundidade efetiva moderada profunda (de 0,5m a 1,0 m; permeabilidade lenta/lenta; imperfeitamente drenado.

- Solo aluvial eutrófico: textura arenosa, média e argilosa; caatinga arbórea de vazante, relevo plano com micro-relevo; geograficamente distribuído ao longo dos rios Gorutuba e Mosquito; erosão nula; para textura arenosa apresenta profundidade efetiva maior que 2,0 m, permeabilidade rápida com camada moderada e bem drenado; para textura média e argilosa mostra-se moderadamente profundo (0,5m a 1,0m), permeabilidade lenta no perfil todo e imperfeitamente drenado, com inundações periódicas na parte argilosa.

A Figura 2 apresenta o resultado da

Figura 2 - Capacidade de infiltração de água no solo representativa da área de estudo (DNOCS-1972)

determinação da capacidade de infiltração da água representativa na região.

3.1.2.3. Hidrologia

A fonte de água principal e confiável para a região resume-se no rio Gorutuba, que nasce nas ramificações da Serra Geral (Serras do Rochedo, Cavalinho, e outras), na confluência dos municípios de Riacho dos Machados, Porteirinha e Janaúba.

A exemplo da maioria das redes fluviais do Norte de Minas Gerais, em virtude da irregular distribuição pluviométrica observada, gerando períodos de estiagens prolongados, o leito do rio permanecia seco por pelo menos 6 meses no ano. A regularização de vazão só foi possível com a construção da Barragem do Bico da Pedra (1977/78), cujos dados técnicos principais estão na Tabela 2. Sua autonomia de uso operacional, em demanda máxima, está assegurada pelo volume de água útil assinalado entre o nível normal de água e nível mínimo de água, e é válida para 2 anos, projetados em função dos registros cíclicos de escassez pluviométrica (em torno de 18 meses), repetitivos de 5 em 5 anos.

Tabela 2 - Informações técnicas da Barragem Bico da Pedra.

! Especificação	! Quantidade	! Unidade	!
! Area inundada	! 10.000,00	! Ha	!
! Maciço de barramento			!
! Comprimento	! 250,00	! m	!
! Altura	! 43,00	! m	!
! Coroamento	! 9,00	! m	!
! Sangradouro	! 32,00	! m	!
! Volume de acumulação	! 705.000.000,00	! m. cúbicos	!
! Cotas			!
! Coroamento	! 559,45	! m	!
! Nivel máx de água	! 557,00	! m	!
! Nivel normal água	! 553,00	! m	!
! Nivel mín de água	! 543,00	! m	!
! Nivel critico água	! 539,20	! m	!
! Sangradouro (solei-	! 553,00	! m	!
! ra)			!

Fonte - RELATÓRIO INTERNO DA 1a. DR/CODEVASF, 1986.

A água da Barragem, além da função básica de perenizar o fluxo rio Gorutuba, destina-se também a outros segmentos de real

importância ao desenvolvimento sócio-econômico da região. De modo geral o planejamento operativo é o seguinte:

- Perímetros de irrigação: estabeleceu-se a dotação de 12 metros cúbicos/segundo para irrigar 2 perímetros de irrigação de área global de 10.0000 ha, à jusante da Barragem, respectivamente nas margens direita (projeto implantado em 1979/80 - município de Porteirinha) e margem esquerda (projeto em implantação - município de Janaúba) do rio. As vazões de 6 metros cúbicos/segundo para cada projeto são liberadas por gravidade, em tomadas d'água específicas.

- Perenização do rio Gorutuba: o fluxo de água do rio Gorutuba, à jusante da Barragem, ocorre automaticamente com a vazão liberada pelo sangradouro, de até 80 metros cúbicos/segundo, após estação chuvosa normal (volume de água do lago compreendido entre as cotas 557 m e 553 m). Com a diminuição gradual deste volume, aproximando-se da cota 553 m (soleira do sangradouro), fornecendo ao rio lâminas inexpressivas, inicia-se o processo de perenização propriamente dito, liberando volume máximo de 2.5 metros cúbicos/segundo. Esta vazão, com o passar do tempo, caso não ocorra restituição de água no lago anualmente (normalidade das estações chuvosas), poderá atingir o nível mínimo de 1,4 metros cúbicos/segundo, quando o reservatório acusa a cota de

543 m. A partir daí, mantendo-se as adversidades climáticas, o rio continuará sendo suprido, porém através de linha operativa manual, com volumes bem reduzidos até atingir a cota 539,20 m. Neste ponto prevê-se paralização da retirada de água do lago, mantendo o volume restante para fins estratégicos de abastecimento da região como um todo.

- Abastecimento urbano: 300 litros de água por segundo estão comprometidos com o abastecimento da cidade de Janaúba. .

A Figura 3 mostra a bacia hidrográfica do rio Gorutuba, evidenciando o posicionamento da Barragem Bico da Pedra. As Figuras 4 e 5 destacam outros aspectos da represa.

3.2. Métodos

3.2.1. Procedimento de campo

3.2.1.1. Delimitação da área de estudos.

Partindo-se da tomada de restituição de água da Barragem Bico da Pedra para o leito do rio Gorutuba, definiu-se uma área de estudos, às margens do rio, de 80.000 ha, dentro das seguintes considerações:

- Extensão de 80 Km: faixa

Figura 3 - Bacia hidrográfica do rio Gorutuba (adaptado de relatório interno da 1a.DR/CODEVASF, 1986)

Figura 4 - Vista parcial do lago formado pela barragem Bico da Pedra e rio Gorutuba, à jusante, fluindo com a lâmina de restituição.

Figura 5 - Barragem Bico da Pedra liberando água no canal de irrigação do Projeto Gorutuba e sangradouro

de franco domínio do rio Gorutuba, com algumas pequenas contribuições de vazão oriundas de fontes variadas;

- Largura de 10 Km: considerou-se, com certo percentual de segurança, uma faixa média de 5 Km de largura para cada margem do rio, como áreas com potencial para irrigação, dentro de parâmetros economicamente viáveis;

- Área de concentração de projetos: a maioria de projetos de irrigação da rede privada está disposta aleatoriamente na região.

A base cartográfica para o trabalho constituiu-se das Cartas Topográficas do Vale do São Francisco/SUVALE - Ministério do Interior, escala de 1:50.000, executadas pelos Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S/A, a partir de fotos da USAF, na escala de 1: 60.000 (1964/66). As folhas que compõem a área, indentificadas pelos índices de referência, são as seguintes:

1) SD - 23 - W - IV - 3

2) SD - 23 - W - IV - 4

3) SD - 23 - W - IV - 1

4) SD - 23 - W - IV - 2

5) SD - 23 - W - II - 3

6) SD - 23 - W - II - 4

7) SD - 23 - W - II - 1

8) SD - 23 - W - II - 2

3.2.1.2. Hidrometria

O comportamento dos rios, na região, apresenta no decorrer de um período considerado (12 meses), a partir de novembro, 3 (três) oscilações: níveis máximos, estáveis e baixos/críticos.

Níveis máximos: ocorrem com o advento das precipitações previstas para a estação chuvosa, concentrada no Semi-árido Norte Mineiro nos meses de outubro/novembro/dezembro/janeiro/fevereiro. Pode ocorrer nesta época, entretanto, incidência de veranicos, notadamente nos meses de janeiro e fevereiro. Em períodos cíclicos, em média de 5 em 5 anos, a estação chuvosa pode não se consumir, caracterizando a fase de estiagem prolongada.

Níveis estáveis: ocorrem em um período de vazões satisfatórias, observadas imediatamente após a estação chuvosa, permanecendo por 3 (três) meses aproximadamente.

Níveis baixos/críticos: ocorrem nos meses de junho, julho e agosto. A fase crítica acontece nos meses de setembro e outubro, e cuja gravidade fica a mercê do comportamento pluviométrico.

Com base no exposto, as medições de vazão

foram programadas para serem feitas em duas oportunidades por ano, nos períodos representativos das estações chuvosa (mês de fevereiro) e de estiagem (mês de julho/agosto), ao longo do curso do rio. Os pontos de medição, conforme mostra a Figura 6, foram instalados em 5 localidades, cujo posicionamento foi orientado pelas seguintes variáveis:

- Concentração de áreas irrigadas e/ou com potencial de expansão;
- Contribuição de água proveniente de afluentes (rio Mosquito, afluente da margem direita, que permanece com o seu leito seco a maior parte do ano; descarga de esgoto de parte da cidade de Janaúba; água de drenagem do Perímetro Irrigado de Gorutuba).
- Uniformidade da geometria natural da seção do rio.

A coleta de dados foi feita através de metodologia apresentada por AZEVEDO NETO & ALVAREZ (1973) para medição de vazão de cursos d'água:

- Levantamento de seção: foi feito utilizando-se mira e trena de aço, com espaçamento entre duas seções verticais consecutivas, definido pela form. (1) do engenheiro Jorge Oscar de Melo Flores (AZEVEDO NETO & ALVAREZ, 1973):

$$N = 4 L^{0,3} + 1 \quad (1)$$

Figura 6 - Esquema indicando o posicionamento dos pontos de medição (PM) de vazão no rio Gorutuba.

onde:

N = número de verticais

L = largura do rio em metros

A Figura 7 mostra um esquema de seção típica. As Figuras 8 e 9 mostram fases da operação de medição.

- Determinação da velocidade: as medições de velocidade foram feitas com molinete digital (Instrumento - Medidor de velocidade de corrente; Modelo - Digi-kartan; Ref - 410579), mostrado nas Figuras 10 e 11. O trabalho seguiu Normas do Comitê Internacional, de acordo com OLIVEIRA³, observando critérios estampados na Tabela 3 e eq. (2) e (3) citadas por CRUCIANI (1984).

Tabela 3 - Posicionamento para medição de velocidades em cursos d'água.

! Profundidade (h) !	altura de medição !
! (m) !	! (m) !
! 0,50 !	! 0,60 h !
! 1,00 !	! 0,20 h e 0,80 h !
! 2,00 !	! 0,20 h; 0,60 h e 0,80 h !
! maior que 2,00 !	! leituras em mais de 3 posições !

3. OLIVEIRA, A.S. (ESALQ/USP. LER - 825 Hidráulica Aplicada) Anotações de aula, 1988.

Figura 7 - Seção típica de medição de vazão

Figura 8 - Operação de medição (PM : Jacaré Grande)

Figura 9 - Operação de medição (PM : Ponte do Sudário)

Figura 10 - Detalhe do molinete Digi-Kartan (Ref.410579).

Figura 11 - Molinete Digi-Kartan (Ref. 410579) em operação

$$V_m = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} \quad (2)$$

onde:

V_m = velocidade média da seção (m/s)

V = velocidade de cada sub-seção (m/s)

Usada para medições em apenas dois pontos da vertical;

$$V_m = \frac{V_{0,2} + 2 V_{0,6} + V_{0,8}}{4} \quad (3)$$

Válida para medições efetuadas em três pontos da vertical, respectivamente a 0,2 h, 0,6 h e 0,8 h;

A vazão final da seção é foi obtida com a somatória das vazões das seções individuais levantadas na estação de medição.

3.2.1.3. Cadastramento de Areas irrigadas.

O cadastramento dos projetos irrigados visou basicamente à auxiliar a determinação da demanda periódica de água exigida junto ao manancial, através do dimensionamento das áreas irrigadas.

Essa etapa foi desenvolvida diretamente no campo, visitando 72 projetos de irrigação, distribuídos na área de estudo. A operação, que foi repetida pelo menos 2 vezes ao ano, de março de 1986 a agosto de 1988, constou

de entrevistas com os agricultores, encarregados de campo e de levantamentos expeditos de áreas, em alguns casos.

Na busca de uma metodologia que dinamizasse esta etapa, e com vistas à execução de trabalhos similares em outras localidades, testou-se o emprego de imagens do satélite Landsat-5, processadas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE (São José dos Campos/SP), referentes a épocas coincidentes com a realização das operações de campo. Foram utilizadas imagens de 3 datas de passagem (18/08/87, 29/03/88 e 19/07/88), acompanhando as safras distintas, ou seja, primavera/verão e outono/inverno.

As imagens orbitais empregadas foram obtidas a partir do sensor TM ("Thematic Mapper"), instalado a bordo do satélite Landsat-5, que pertence a uma família de satélites projetados especificamente para o levantamento e monitoramento de recursos naturais terrestres. Algumas características importantes do Landsat-5 devem ser ressaltadas:

- Repetitividade: a repetitividade de imageamento é de 16 dias;

- Resolução espectral: o sensor TM possui 7 bandas espectrais (canais), sendo 3 na região visível do espectro eletromagnético e 4 na região do infravermelho (inclusive um na região do IV termal);

- Resolução espacial: a resolução espacial das bandas do TM na parte refletida do espectro (visível e infravermelho refletido) é de 30 m. Na parte emitida do espectro (IV termal) a resolução é de 120 m.

Para as análises deste trabalho, foram empregados dados do satélite na forma de produtos digitais compatíveis com computador, referentes às bandas 2, 3 e 4.

Para se chegar à identificação e ao dimensionamento das glebas irrigadas através das imagens de satélite, o principal aspecto analisado foi o espectral, ou seja, a resposta em termos de reflectância por parte das culturas irrigadas diferencia-se dos demais alvos da imagem, notadamente na época de estiagem. EPIPHANIO & VITORELLO (1983) citam que, "como a cultura irrigada tem alto teor de clorofila em relação às circunvizinhanças (solo exposto e vegetação seca e clorótica), o contraste entre alvos é grande e a área irrigada pode ser identificada."

3.2.2. Desenvolvimento dos dados tabulados

3.2.2.1. Setorização de áreas

Orientando-se pela nomenclatura regional,

agrupou-se as áreas irrigadas dentro dos setores compreendidos entre os pontos de medição, conforme Figura 12 e Tabela 4. Esta providência permitiu avaliar a oferta de água do rio em cada trecho em comparação à demanda exigida para irrigação.

3.2.2.2. Planejamento agrícola

As culturas tradicionalmente cultivadas na região, com áreas expressivas, são: algodão herbáceo, milho, feijão e arroz. Outras lavouras, inclusive mais rentáveis que as primeiras, estão sendo introduzidas no Vale do Gorutuba, como a produção de sementes de cereais e hortaliças, olerícolas para consumo "in natura" e mercado industrial, mas ainda representadas por poucos hectares. Face a isso o plano agrícola em estudo foi desenvolvido com base somente nas lavouras tradicionais.

O ano agrícola nas áreas irrigadas, como mostra a Tabela 5, vai do mês de outubro ao mês de setembro do ano seguinte, permitindo a exploração de até 03 safras/ano na mesma gleba, na maioria dos projetos. Exceção é feita para os locais com cultivo de arroz em regime de irrigação por inundação, onde apenas uma safra é feita por ano.

MARGEM ESQUERDA		MARGEM DIREITA	
R	Barroquinha(Sudário)	!	
A		!	
M		!	
A	Poço do Braço	!	
L		!	RAMALHUDO
H		!	
U	Passagem da Samambaia	!	
D		!	
O		!	
		!	
	JUAZEIRO VELHO (Fazenda	!	
	Mandaçaia)	!	JACARE GRANDE
		!	
	JACARE GRANDE	!	
		!	
		!	
	ANGICO	!	ANGICO
		!	
	VILA NOVA DOS POÇOS	!	DENGOSO
		!	
	LAGOA GRANDE	!	
		!	
	JACAREZINHO	!	MOSQUITO
		!	
	PIRANHAS	!	
		!	
	JANAUBA	!	
		!	
		!	
	BARRAGEM BICO DA PEDRA	!	

Figura 12 - Esquema da nomenclatura regional das áreas adjacentes ao rio Gorutuba, sentido Barragem Bico da Pedra - Ponte do Sudário.

Tabela 4 - Áreas irrigadas cadastradas por trecho.

Trecho	Região	Area (ha)						Total
		Margem Esq		Margem Dir		Total		
		Asp	Inu	Asp	Inu			
A - B	Piranhas	82,0	-	-	-	-	82,00	
	Jacarezinho	64,5	-	-	-	-	64,50	
B - C	Lagoa Grande	151,5	-	-	-	-	151,50	
	Vila N. Poções	96,0	-	-	-	-	96,00	
C - D	Mosquito	-	-	12,0	17,0	-	29,00	
	Dengoso	-	-	70,0	-	-	70,80	
	Angico	157,0	200,0	425,0	750,0	-	1532,00	
	Fazenda da Lagoa	-	-	5,0	-	-	5,00	
	Jacarê Grande	65,0	-	45,0	-	-	110,00	
D - E	Ramalhudo	149,4	-	-	-	-	149,40	
	Poço do Braço	30,0	-	-	-	-	30,00	
Total (ha)		795,4	200,0	557,8	767,0	-	2320,20	

Tabela 5 - Planejamento agrícola anual

! Culturas	! Safrá	
	! Primavera/Verão	! Outono/Inverno
! Algodão	! *****	!
! Arroz	! *****	!
! Milho I ! (grãos)	! *****	!
! Milho II ! (verde)	!	! *****
! Feijão I	!	! *****
! Feijão II	!	! *****

***** área plantada
 área em pousio

3.2.2.3. Demanda de água para irrigação por cultura.

A lâmina de água à disposição da cultura no solo, apresentada na Tabela 6, foi determinada pelo método tradicional:

$$LA = \frac{(CC - PM)}{100} \times Dg \times Prof \times Y \quad (4)$$

onde:

Tabela 6 - Dados obtidos na determinação da lâmina de água livre no solo no extrato de concentração de raízes da cultura considerada.

Safra	Culturas	Meses	Fase	Dg	CC (%)	PM (%)	Prof (cm)	Y	LA (mm)
P r i m a v e r a / V e r ã o	Algodão	Nov	I				80	0,875	
		Dez	II				100	0,800	
		Jan	III	1,4	14	6	120	0,660	88,70
		Fev	IV				120	0,740	
		Mar	V				120	0,845	
		Abr	VI						
O u t o n o / I n v e r n o	Arroz	Nov	I				40	0,300	
		Dez	II				60	0,300	
		Jan	III	1,3	31	13	60	0,300	42,12
		Fev	IV				60	0,300	
		Mar	V				60	0,300	
							60	0,300	
O u t o n o / I n v e r n o	Milho I (grãos)	Out	I				40	0,700	
		Nov	II				60	0,850	
		Dez	III	1,4	14	6	60	0,850	43,00
		Jan	IV				60	0,850	
		Fev	V				60	0,850	
		Mar	VI				60	0,850	
O u t o n o / I n v e r n o	Milho II (verde)	Abr	I				40	0,750	
		Mai	II	1,4	14	6	60	0,700	42,33
		Jun	III				60	0,700	
		Jul	IV				60	0,700	
O u t o n o / I n v e r n o	Feijão I	Fev	I				60	0,800	
		Mar	II	1,4	14	6	60	0,700	38,97
		Abr	III				60	0,580	
		Mai	IV				60	0,760	
O u t o n o / I n v e r n o	Feijão II	Jun	I				60	0,800	
		Jul	II	1,4	14	6	60	0,700	39,64
		Ago	III				60	0,590	
		Set	IV				60	0,690	

LA = lâmina de água disponível para a
planta (mm)

CC = capacidade de campo (%)

PM = ponto de murcha permanente (%)

Dg = densidade global do solo (g/cm^3)

Prof = profundidade efetiva das raízes
(mm) - MILLAR et alii (1981).

Y = Coeficiente de reposição de água em
função da perda de água e
evapotranspiração da cultura - Villa
Nova (1987).

Os parâmetros físicos do solo (densidade global, capacidade de campo e ponto de murcha permanente) foram extraídos da Tabela 7.

Na Tabela 8 (Determinação da evapotranspiração máxima) e na Tabela 9 (Determinação de turno de rega) utilizou-se os dados climáticos apresentados em 3.1.2.1 (Tabela 1).

A Evapotranspiração máxima (ETmax) foi calculada pela form.5:

$$Etmax = ECA \times K_{PAN} \times K_c \quad (5)$$

sendo:

Tabela 7 - Propriedades físicas representativas dos solos

! Textura !	Permea- !	!porosi- !	Peso !	!Capac. !	!Ponto !	! Agua disponível !		
! do !	! bilida- !	!dade !	! específico !	! de !	! Murch. !	!-----! !		
! solo !	! de !	!total !	! aparente !	! Campo !	! Perm. !	!Peso !	!Volu- !	!cm/m !
! !	! !	! !	! !	! (%) !	! (%) !	! seco !	! me !	! !
! !	! (cm/h) !	! (%) !	! (dg) !	! CC !	! PM !	! (d) !	! (v) !	! !
! Arenoso !	! (5) !	! (38) !	! (1,65) !	! (9) !	! (4) !	! (5) !	! (8) !	! (8) !
! !	! 2,5-22,5 !	! 32-42 !	! 1,65-1,80 !	! 6-12 !	! 2-6 !	! 4-6 !	! 6-10 !	! 6-10 !
! Barro !	! (2,5) !	! (43) !	! (1,50) !	! (14) !	! (6) !	! (8) !	! (12) !	! (12) !
! arenoso !	! 1,3-7,6 !	! 40-47 !	! 1,40-1,60 !	! 10-18 !	! 4-8 !	! 6-10 !	! 9-15 !	! 9-15 !
! Barro !	! (1,3) !	! (47) !	! (1,40) !	! (22) !	! (10) !	! (12) !	! (17) !	! (17) !
! !	! 0,8-2,0 !	! 43-49 !	! 1,35-1,50 !	! 18-26 !	! 8-12 !	! 10-14 !	! 14-20 !	! 14-20 !
! Barro !	! (0,8) !	! (49) !	! (1,35) !	! (27) !	! (13) !	! (14) !	! (19) !	! (19) !
! argiloso !	! 0,25-1,5 !	! 47-51 !	! 1,30-1,40 !	! 23-31 !	! 11-15 !	! 12-16 !	! 16-22 !	! 16-22 !
! Argilo- !	! (,25) !	! (51) !	! (1,30) !	! (31) !	! (15) !	! (16) !	! (21) !	! (21) !
! arenoso !	! 0,03-0,5 !	! 49-53 !	! 1,25-1,35 !	! 27-35 !	! 13-17 !	! 14-18 !	! 18-23 !	! 18-23 !
! Argiloso !	! (0,05) !	! (53) !	! (1,25) !	! (35) !	! (17) !	! (18) !	! (23) !	! (23) !
! !	! 0,01-0,1 !	! 51-55 !	! 1,20-1,30 !	! 31-39 !	! 15-19 !	! 16-20 !	! 20-25 !	! 20-25 !

Fonte - ISRAELSEN & HANSEN (1980)

Tabela 8 - Dados evolutivos para determinar períodos de ocorrência de evapotranspiração máxima - ET_{máx}

Safra	Culturas	Meses	Fase	ECA mm/dia	Kpan	Kc	ET _{máx} mm/dia
P r i m a v e r a / v e r ã o	Algodão	Nov	I	5,90	0,85	0,40	2,00
		Dez	II	5,17	0,85	0,70	3,00
		Jan	III	5,00	0,85	1,05	4,40
		Fev	IV	6,00	0,75	0,80	3,60
		Mar	V	5,90	0,85	0,65	3,20
		Abr	VI	5,43	0,75	0,60	2,40
v e r ã o / v e r ã o	Arroz	Nov	I	5,90	0,85	1,10	5,50
		Dez	II	5,17	0,85	1,10	4,80
		Jan	III	5,00	0,85	1,10	4,60
		Fev	IV	6,00	0,75	0,95	4,20
		Mar	V	5,90	0,85	0,95	4,70
		Abr	VI	5,43	0,75	0,60	2,44
v e r ã o / v e r ã o	Milho I (grãos)	Out	I	7,42	0,70	0,30	1,50
		Nov	II	5,90	0,85	0,80	4,00
		Dez	III	5,17	0,85	1,05	4,60
		Jan	IV	5,00	0,85	0,80	3,40
		Fev	V	6,00	0,75	0,55	2,40
		Mar	VI	5,90	0,85		
O u t o n o / I n v e r n o	MILHO II (verde)	Abr	I	5,43	0,75	0,30	1,20
		Mai	II	5,43	0,70	0,70	2,60
		Jun	III	5,26	0,70	1,05	3,80
		Jul	IV	6,14	0,70	1,00	4,20
			V	7,20	0,70	0,95	4,70
I n v e r n o	Feijão I	Fev	I	6,00	0,85	0,30	1,50
		Mar	II	5,90	0,75	0,70	3,00
		Abr	III	5,43	0,75	1,05	4,20
		Mai	IV	5,43	0,70	0,65	2,40
e r n o	Feijão II	Jun	I	5,26	0,70	0,30	1,10
		Jul	II	6,14	0,70	0,70	3,00
		Ago	III	7,20	0,70	1,05	5,20
		Set	IV	7,53	0,70	0,65	3,20

Tabela 9 - Desenvolvimento de dados para determinar turno
de rega (TR) e lâmina de água bruta (LB)

Safra	Culturas	Meses	LA (mm)	ETmax (mm/dia)	TR (dias)	EF (%)	LB (mm)
P r i m v e r a / v e r ã o	Algodão	Nov					
		Dez					
		Jan	88,70	4,40	20	75,0	118,26
		Fev					
	Arroz	Mar					
		Nov	42,12	4,80	09	75,0	56,16
		Dez					
		Jan					
	Milho I (grãos)	Fev					
		Mar					
		Out					
		Nov					
O u t o n o / I n v e r n o	Milho II (verde)	Dez	43,00	4,60	10	75,0	57,34
		Jan					
		Fev					
		Mar					
	Feijão I	Abr					
		Mai					
		Jun					
		Jul					
	Feijão II	Ago	42,33	4,70	09	75,0	56,44
		Set					
		Fev					
		Mar					
		Abr	38,97	4,20	09	75,0	51,96
		Mai					
		Jun					
		Jul					
		Ago	39,64	5,20	07	75,0	52,86
		Set					

TR - Turno de rega (dias)

EF - Eficácia de irrigação (%)

LA - Lâmina de d'água livre no solo (mm)

LB - Lâmina bruta (mm)

$$TR = \frac{LA}{ET_{max}} ; LB = \frac{LA}{EF}$$

Para o sistema de inundação tomou-se por base a lâmina média infiltrada.

ECA - Evaporação diária do Tanque Classe

"A" (mm)

(Fonte - Tabela 1)

Kpan - Coeficiente do Tanque Classe "A"

(VILLA NOVA - 1986)

Kc - Coeficiente cultural

(VILLA NOVA - 1986)

Para simular a vazão necessária nos projetos de aspersão, adotou-se como padrão:

- Aspersor modelo ZED - 30 (bocais 4,5 x 5,5; pressão de serviço 3,0 atm; raio de alcance 16,0 m; vazão de 3,32 metros cúbicos por hora; com espaçamento de 12 m x 18 m), por ser o mais difundido na área.

- Precipitação liberada pelo aspersor (I)

$$I = \frac{q(l/s) \times 3600 s}{E_1(m) \times E_2(m)} \quad (mm/h) \quad (6)$$

I = lâmina de água liberada pelo aspersor que deverá absorvida pelo solo (compatível com a capacidade de infiltração do solo (Figura 2 em 3.1.2.2)

E = espaçamento entre aspersores (E_1) e entre linhas de irrigação (E_2).

Eficiência de condução da água do sistema - 90%

Eficiência de irrigação - 75%

A rizicultura é desenvolvida em menor escala através do sistema de irrigação por sulcos de infiltração e em percentual maior sob regime de inundação intermitente, em tabuleiros e faixas. Os cálculos simulativos da necessidade de vazão basearam-se no sistema de irrigação por inundação intermitente em tabuleiros, através da fórmula:

$$Q = \frac{A \cdot h^3}{T \cdot 3600s} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (7)$$

onde:

Q = vazão de projeto (m^3/s)
 A = área irrigada/dia/posição (ha)
 h = altura de lâmina a ser aplicada (mm)
 T = Tempo de irrigação (h)

Considerou-se ainda:

- Infiltração do solo - 3 mm/h (UFV, 1971)
- $E_{\text{tmáx}}$ - 4,8 mm/h (Tabela 8)
- Lâmina superficial média desejável durante o tempo de aplicação de água no tabuleiro - 30mm (OLITTA, 1984).

- Eficiência de irrigação - 75 %
- Eficiência de condução - 90 %

- Area média de tabuleiro - 0,5 ha (mais comum na região).

O planejamento operacional da atividade, que permite avaliar demanda mensal em litros/segundo/trecho considerado, ao longo do rio Gorutuba, obedeceu aos seguintes passos:

- Baseando-se na área programada para irrigar (cultura/trecho/dia/posição) (Tabela 10), na jornada de serviço operacional (Tabela 11), chegou-se ao montante área irrigada/posição/dia/trecho ao longo do ano agrícola considerado (Tabela 12).

- Os requerimentos de água estipulados para cada trecho da área, em litros/segundo, no decorrer do ano, estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 10 - Planejamento de manejo operacional: áreas irrigadas por trecho/método de irrigação/dia de trabalho/posição/cultura.

Safras	Culturas	Trecho	Área irrigada (ha)			
			ASP	INUN	Dia	Posição
P r i m a r v e r a / V e r ã o	Algodão	A/B	103,00	-	5,15	5,150
		B/C	173,00	-	8,65	8,650
		C/D	248,00	-	12,15	12,150
		D/E	126,00	-	106,30	6,300
O u t o n o / I n v e r n o	Arroz	C/D	-	1967,00	107,44	107,44
		A/B	43,50	-	4,35	1,450
		B/C	74,50	-	7,45	2,483
		C/D	106,80	-	10,68	3,560
O u t o n o / I n v e r n o	Milho I (grãos)	D/E	53,40	-	5,34	1,780
		A/B	15,00	-	1,67	0,556
		B/C	25,00	-	2,78	0,926
		C/D	36,00	-	4,00	1,333
O u t o n o / I n v e r n o	Milho II (verde)	D/E	18,00	-	2,00	0,666
		A/B	59,00	-	6,56	2,186
		B/C	99,00	-	11,00	3,666
		C/D	142,00	-	15,78	6,526
O u t o n o / I n v e r n o	Feijão I	D/E	161,40	-	17,93	5,976
		A/B	146,00	-	20,93	6,976
		B/C	247,00	-	35,36	11,786
		C/D	354,00	-	50,69	16,896
O u t o n o	Feijão II	D/E	179,00	-	25,63	8,545
		A/B				

Tabela 11 - Jornada de trabalho e área irrigada por posição/cultura.

Culturas	Tempo de irrigação de área/posição (h)	Jornada de trabalho projetada (h)
Algodão	7,70	8,00
Arroz	12,00	13,00
Milho I	3,70	12,00
Milho II	3,70	12,00
Feijão I	3,40	12,00
Feijão II	3,40	12,00

Tabela 12 - Área irrigada/posição/dia/trecho

Mês	Área irrigada/posição/dia/ trecho					Total (ha)
	A/B	B/C	C/D *		D/E	
	Asp	Asp	Asp	Inund	Asp	
Jan	6,600	11,130	15,710	107,440	8,080	148,968
Fev	8,790	14,800	22,240	107,440	14,060	167,330
Mar	8,790	14,800	22,240	107,440	14,060	167,330
Abr	7,890	13,247	20,004	107,440	12,940	161,521
Mai	2,742	4,592	7,859	-	6,642	21,835
Jun	7,532	12,712	18,229	-	9,211	47,684
Jul	7,532	12,712	18,229	-	9,211	47,684
Ago	7,532	12,712	18,229	-	9,211	47,684
Set	6,976	11,786	16,896	-	8,545	44,203
Out	1,450	2,483	3,560	-	1,780	9,273
Nov	6,600	11,130	15,710	107,440	8,080	148,968
Dez	6,600	11,130	15,710	107,440	8,080	148,968
Média (ha)	6,586	11,103	16,218	53,720	9,158	96,787

Tabela 13 - Demanda de água para irrigação por trecho

Mês	Vazão Nominal/Trecho (litros por segundo)					Total l/seg
	A/B	B/C	C/D		D/E	
	Asp	Asp	Asp	Inund	Asp	
Jan	313,00	528,00	745,00	1223,00	383,00	3192,00
Fev	417,00	702,00	1055,00	1223,00	667,00	4064,00
Mar	417,00	702,00	1055,00	1223,00	667,00	4064,00
Abr	374,00	628,00	949,00	1223,00	614,00	3788,00
Mai	130,00	218,00	375,00	-	315,00	1038,00
Jun	357,00	603,00	865,00	-	437,00	2262,00
Jul	357,00	603,00	865,00	-	437,00	2262,00
Ago	357,00	603,00	865,00	-	437,00	2262,00
Set	331,00	559,00	801,00	-	405,00	2096,00
Out	69,00	118,00	169,00	-	84,00	440,00
Nov	313,00	528,00	745,00	1223,00	383,00	3192,00
Dez	313,00	528,00	745,00	1223,00	383,00	3192,00
Média	312,00	527,00	770,00	1223,00	434,00	2654,30
(l/seg)			996,50			

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1. Potencial hídrico: Comportamento fluviométrico do rio Gorutuba.

Partindo-se de volumes confiáveis máximos de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ e mínimos de $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ de água liberados pela Barragem Bico da Pedra para a perenização do rio Gorutuba, conforme abordado em 3.1.2.3, o trecho estudado mostra uma performance inalterada no tempo considerado.

Apoiando-se na Tabela 14 e nas Figuras 13 e 14, considera-se para análise os níveis mínimos de água registrados nas tomadas de dados de 1988 (região em época de franca estiagem cíclica prolongada). Ressalte-se que a partir de 1987 muitos projetos de irrigação da região, face à elevação significativa de custos operacionais, paralisaram as atividades temporariamente. Assim, é de se atentar que as demandas de água voltadas à atividade, desde então não espelham o potencial de consumo.

Tabela 14 - Medições de vazões do rio Gorutuba.

Local de medição	Período de medição					Média 3 (m /s)
	jun/86	fev/87	jul/87	fev/88	ago/88	
Bico da Pedra	2,860	2,060	1,988	1,365	1,498	1,954
Jacarézinho	4,800	2,690	3,136	2,153	2,772	3,110
Vila Nova dos Poções	3,380	3,860	3,400	2,250	2,101	2,999
Jacarê grande	3,380	2,960	3,725	1,110	1,292	2,499
Ponte do Sudário	2,860	2,560	1,645	1,759	0,921	1,949
Médias anuais ³ (m /s)	3,456	2,826	2,778	1,727	1,716	2,502

Figura 13 - Gráfico da performance das vazões coletadas no rio Gorutuba, conforme dados da Tabela 14.

Ponto de medição	composição de vazão
Bico da Pedra - PMA	R
Jacarezinho - PMB	$R + D_1 + E$
Vila Nova Poções - PMC	$R + D_1 + E + D_2$
Jacarê Grande - PMD	$R + D_1 + E + D_2 + M + D_3$
Ponte Sudário	$R + D_1 + E + D_2 + M + D_3$

Figura 14 - Composição de vazão do rio Gorutuba

R - vazão de restituição do rio Gorutuba liberada pela Barragem Bico da Pedra

D_1 , D_2 e D_3 - água proveniente da rede de drenagem do Perímetro de Irrigação de Gorutuba - PGO

E - esgoto de parte da cidade de Janaúba

M - água proveniente do rio Mosquito

- Ponto de medição "A" - PMA (Trecho de exploração agrícola A-B, entre Bico da Pedra e Jacarézinho).

A área agrícola do trecho A-B é considerada a partir do perímetro urbano da cidade de Janaúba até o próximo ponto de medição "B" (PMB), na localidade denominada Jacarézinho. O total de área irrigada foi de 146 ha correspondentes a 6,3% da área global irrigada em estudo (AGIE), composta de vários pequenos projetos.

O volume de água do rio é proveniente da vazão de restituição (R), liberada pela Barragem Bico da Pedra para perenização; do sistema de esgoto (E) de parte da cidade de Janaúba e da rede de drenagem do Perímetro de Irrigação do Gorutuba (PGO). A este respeito, água de drenagem, existem duas fases fundamentais que influem no volume do rio; em consequência dos métodos de irrigação praticados no PGO:

- Na primeira fase, extensiva até o início de 1988, o PGO adotava o sistema de irrigação por sulcos. As próprias peculiaridades do método, aliadas a pouca prática com a atividade de boa parte dos usuários recém-assentados no perímetro, resultavam em baixa eficiência de irrigação e perdas de água para a rede de

drenagem do sistema, cujos coletores desembocam no rio.

- Na segunda fase, com o advento da substituição da maioria do sistema de irrigação do PGO, de sulcos para aspersão convencional, entre 1987 e 1988 (o sistema iniciou a operação efetiva em 1988), diminuíram as perdas de água para os drenos. Debita-se o fato à eficiência do próprio sistema e à melhoria de manejo por parte dos irrigantes, adquirida com o tempo. A tendência é de ocorrer diminuição significativa destas contribuições de volumes de água para o rio.

- Ponto de medição "B" - PMB (Trecho de exploração agrícola B-C, entre Jacarézinho e Vila Nova dos Poções).

O PMB encontra-se a 15 Km de PMA, registrando adicional de vazão em torno de 60%, recebida ao longo de A-B, proveniente de R, D e E. As áreas irrigadas do trecho somam 247,50 ha (10,67% de AGIE).

- Ponto de medição "C" - PMC (Trecho de exploração agrícola C-D, entre Vila Nova dos Poções e Jacaré Grande).

É o trecho de maior concentração de áreas irrigadas, com destaque para o sistema de inundação

intermitente (950 ha) em áreas médias de 80 ha. Ao todo são 1746,80 ha (75,18% de AGIE).

O PMC recebe água de R, D₁, E e de D₂, cuja contribuição da rede de drenagem, conforme enfoque anterior, dá mostras de retração. Os acréscimos registrados em PMB já não são significativos.

- Ponto de medição "D" - PMD (Trecho de exploração agrícola D-E, entre Jacaré Grande e Ponte do Sudário).

E o último trecho da área de estudos. O PMD encontra-se a 18 Km de PMC. Recebe contribuição de água de R, D₁, E, D₂, D₃ e do rio Mosquito (M), que apesar de permanecer a maior parte do ano sem água em seu leito, na confluência com o Gorutuba, recebe água do dreno D₃ do PGO.

Os registros de medição encontrados em PMD têm apresentado valores redutivos de vazão de até 100%. No trecho C-D, à jusante de PMD, além da existência de áreas expressivas de irrigação, faz-se o barramento do rio para provocar transbordamento objetivando molhar pastagens.

A região compreendida pelo trecho D-E aloja pelo menos 179 ha (7,71 %) em polos

localizada. A performance do rio na extensão considerada, apresenta-se disforme, ramificando em diversos fluxos, formando áreas pantanosas de até 1000 m de largura. Apesar dessa situação, a vazão no ponto de medição "E" (PME) tem apresentado comportamento normal.

4.2 - Cadastramento de áreas irrigadas.

4.2.1 - Cadastramento a campo.

O cadastramento realizado diretamente no campo possibilitou a obtenção, além da dimensão física da área e método de irrigação adotado, uma série de outras informações úteis para se chegar a uma demanda de água confiável. É indispensável para a execução do trabalho de um mapa de uso da região e/ou fotografias aéreas mais recentes possíveis, em escalas compatíveis com o trabalho, como guia de campo.

As dificuldades principais encontradas na condução desta fase prenderam-se aos seguintes fatos:

- Mapas de uso desatualizados.

A orientação no campo foi feita através de cartas topográficas na escala de 1:50.000. O material foi confeccionado pelos Serviços Aerofotogramétricos da

Cruzeiro do Sul S.A., com base em fotos aéreas da United States Air Force (USAF), na escala de 1:60.000, obtidas em 1964/66. As alterações ocorridas na região daquela data até os dias de hoje (desmatamentos, acessos vicinais, sub-divisões de propriedades, etc...), resultaram em dificuldades na localização exata das glebas.

- Dimensionamento de áreas.

As áreas de conformação muito irregular e/ou constituídas por faixas, aproveitando a melhor porção de terreno (topografia e mancha de solo), exigiram maior dispêndio de tempo na operação.

- Projetos desativados.

O levantamento dos projetos de irrigação atualmente desativados (embora existam potencialmente), tornou-se difícil, uma vez que as estruturas de campo não puderam ser localizadas e as glebas encontravam-se tomadas por mato. Prevaleceram, nestes casos, as informações verbais

A Tabela 15 mostra o resultado do cadastramento, cujos valores globais levantados correspondem aos projetos implantados, e em operação, e também aqueles que deixaram de funcionar temporariamente

Tabela 15 - Total de áreas irrigadas cadastradas no vale
do rio Gorutuba

ANO	MARGEM ESQUERDA					MARGEM DIREITA					TOTAL
	GOT	INU	SUP	ASP	PVC	GOT	INU	SUP	ASP	PVC	ACUMU- DO(ha)
1978	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	200
1981	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	206
1983	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	306
1984	-	-	-	36	-	-	480	-	5	-	827
1985	-	-	-	48	-	-	-	-	12	-	887
1986	-	-	-	185,5	-	-	30	-	119	70	1291,5
1987	-	-	-	376,2	38	-	100	-	44,5	176	2026,7
1988	-	-	-	84	54	-	57	2	47	50	2320,2
TOTAL (ha)	6	200	-	729,7	92	-	767	2	227,5	296	2320,2

4.2.2 - Cadastramento através de imagens de satélite

A identificação e mapeamento de áreas irrigadas através da análise de imagens digitais TM/LANDSAT (Figuras 15 e 16), comprovou ser um instrumento de trabalho inestimável. Para que essa metodologia forneça subsídio onde se possa obter informações que satisfaçam o intento do trabalho, é necessário que alguns fatores sejam levados em consideração:

- Análise repetitiva no decorrer da safra agrícola.

As respostas espectrais registradas pelo sensor à bordo do satélite, sofrem alterações com as diversas fases da cultura ao longo de seu ciclo vegetativo. Daí a importância da obtenção de imagens caracterizando essas alterações, cujas análises comparativas temporais permitem a **correta** identificação das glebas agrícolas irrigadas na região de estudo. A repetição da operação de análise das imagens, para datas diferentes, por mais de uma safra e em pelos menos 1 ano agrícola, é recomendada para a melhor distinção entre as áreas irrigadas e aquelas com vegetação nativa, pastagem, agricultura de sequeiro, etc. Os períodos de estiagem são particularmente importantes pois é neles que ocorre um maior contraste entre as glebas irrigadas

Figura 15 - Imagem TM/LANDSAT, esc. 1:100.000 - (Passagem

Figura 16 - Imagem TM/LANDSAT, esc. 1:50.000 - (Passagem
de 18/07/88, ressaltando as áreas irrigadas).

e os demais alvos.

- Apoio de campo.

O apoio de campo é indispensável em trabalhos derivados de sensoriamento remoto através da checagem de informações duvidosas. Essa checagem pode ser auxiliada por informações obtidas junto a órgãos de assistência técnica e extensão rural, firmas de planejamento rurais, sindicatos rurais, cooperativas agrícolas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e etc...

- Carta topográfica da região.

As parcelas obtidas através da análise digital das imagens devem ser lançadas, com precisão, num mapa da região de estudo, em escala compatível com a escala das imagens utilizadas.

As Figuras 17 e 18 mostram o resultado de áreas apuradas das imagens de satélite. A esse respeito pondera-se:

- As áreas irrigadas, obtidas através da análise de imagens referentes a 3 datas de passagem (18/08/87, 29/03/88 e 19/07/88), corresponderam aproximadamente a 63% (1466 ha) da área global cadastrada a campo (2320 ha). O restante não acusado pela imagem,

Figura 17 - Areas agrícolas irrigadas identificadas através de análise automática de imagens TM/LANDSAT.

Figura 18 - Areas agrícolas irrigadas identificadas através de análise automática de imagens TM/LANDSAT (detalhe).

por encontrar-se temporariamente desativado, todo tomado de mato, embora constatada sua existência através dos trabalhos de apoio de campo, não foi lançado nas folhas topográficas porque geograficamente não pode ser identificado com grau de precisão que permitisse identificar o exato local da propriedade no mapa. Isto porque o processo de lançamento das áreas irrigadas no mapa final orientou-se pelas informações obtidas através do satélite, fazendo-se sobreposição das imagens, através de projetor de "slides" nas folhas topográficas; já para as áreas não identificadas pelo satélite, pelos motivos já expostos, e cadastradas com apoio de campo, não foi possível precisar sua localização nas folhas topográficas, datadas de 1964/66, face à desatualização de informações quanto às alterações ocorridas na região (desmatamentos, acessos vicinais, sub-divisões de propriedades, etc...).

A passagem do satélite em 29/03/88 deu-se alguns dias após a ocorrência de chuvas na região, regenerando rapidamente a vegetação nativa, até então seca, mascarando assim as respostas espectrais, o que dificultou a distinção de lavoura irrigada e vegetação nativa. Com isso houve uma dilatação acentuada do espaço temporal programado para análise, já que a passagem seguinte ocorreu em 19/07/88.

- A tentativa de se trabalhar com escalas maiores das imagens, para melhorar a identificação das glebas, não proporcionou resultados animadores, pois ao se passar da escala de 1:50.000 para a escala de 1:25.000, as imagens geradas perdiam significativamente a nitidez. tornaram-se muito difusas.

4.3. Oferta e demanda de água para irrigação.

A garantia do suprimento de água para atender a contento a operacionalização de um projeto de irrigação é fundamental para a viabilização do empreendimento. A fonte hídrica, de suporte à atividade, deve apresentar um comportamento fluviométrico histórico tal que, nos períodos de registros de níveis mínimos, assegure fornecimento de água capaz de satisfazer às necessidades de demandas máximas das culturas.

Dentro deste raciocínio, a análise da Tabela 16 e da Figura 19, evidencia situações particulares para os parâmetros demanda máxima de água e capacidade de atendimento ao requerido:

- Demandas máximas de água.

As demandas máximas de água requeridas pelas culturas ocorrem na safra primavera/verão. Os

Tabela 16 - Dados referenciais de oferta e demanda de água para irrigação/trecho no rio Gorutuba.

Mes	Vazão Nominal / Trecho (litros água por segundo)								Vazão Total	
	A/B		B/C		C/D		D/E		A	Total
	Oferta	Demanda	Oferta	Demanda	Oferta	Demanda	Oferta	Demanda	Oferta	Demanda
Jan		313,00		528,00		1968,00		383,00		3192,00
Fev	1365,00	417,00	2153,00	702,00	2250,00	2378,00	1110,00	667,00	1365,00	4064,00
Març		417,00		702,00		2378,00		667,00		4064,00
Abr		374,00		628,00		2172,00		614,00		3788,00
Mai		130,00		218,00		375,00		315,00		1038,00
Jun		357,00		603,00		865,00		437,00		2262,00
Jul		357,00		603,00		865,00		437,00		2262,00
Ago	1498,00	357,00	2772,00	603,00	2101,00	865,00	1292,00	437,00	1498,00	2262,00
Set		331,00		559,00		801,00		405,00		2096,00
Out		69,00		118,00		169,00		84,00		440,00
Nov		313,00		528,00		1968,00		383,00		3192,00
Dez		313,00		528,00		1968,00		383,00		3192,00
Média	1431,50	312,00	2462,50	527,00	2175,50	1381,00	1201,00	434,00	1431,50	2654,30
Máx	1498,00	417,00	2772,00	702,00	2250,00	2378,00	1292,00	667,00	1498,00	4064,00
Mín	1365,00	69,00	2153,00	118,00	2101,00	169,00	1110,00	84,00	1365,00	440,00

Figura 19 - Gráfico referencial de demanda e oferta de água no rio Gorutuba/trecho (dados Tabela 16)

valores levantados só poderão ocorrer se toda área de irrigação implantada entrar em operação na sua capacidade plena, nos moldes de manejo simulado. No trecho C-D, onde a aptidão do solo favoreceu à concentração da maioria das lavouras de arroz, as demandas de pico devem ocorrer apenas por ocasião dos enchimentos dos tabuleiros, quando faz-se necessário aplicar lâminas maiores.

- Vazões confiáveis disponíveis.

Encontrando-se o rio Gorutuba com níveis de vazão mínima confiável e todas as áreas irrigadas em franca atividade agrícola, a ocorrência de pico de demanda de água pelas culturas, seguindo o plano operacional proposto, tecnicamente permite suprir os requerimentos de água nos trechos A-B e B-C. A partir do trecho C-D o processo já estaria comprometido.

Estas conclusões podem ser alcançadas procedendo avaliações por trechos compreendidos entre dois pontos de medição de vazão, trabalhando com os níveis mínimos confiáveis registrados ao longo do período, levando em consideração os percentuais de volumes acrescidos, procedentes de fontes afluentes e a demanda prevista para aquela faixa. Basicamente resume-se no seguinte:

- Supondo-se o trecho "Z" considerado

entre os pontos de medição PMX (montante) e PMY (jusante) teremos,

$$Q_{PMY} = Q_{DTZ} - Q_{RTZ} \quad (8)$$

sendo:

$$Q_{PMY} = \text{vazão em PMY} \quad (m^3/s)$$

$$Q_{DTZ} = \text{vazão disponível no trecho "Z".}$$

$$Q_{RTZ} = \text{vazão requisitada no trecho "Z"}$$

mas,

$$Q_{DTZ} = Q_{PMX} + Q_{ATZ} \quad (9)$$

e

$$Q_{ATZ} = Q_{DTZ} \times Y \quad (10)$$

sendo:

$$Q_{PMX} = \text{vazão no ponto de medição X}$$

$$Q_{ATZ} = \text{vazão de contribuição de afluentes}$$

do trecho "Z"

Y = percentual de contribuição média de fontes afluentes, observado entre dois pontos de medição consecutivos.

Para uma melhor avaliação das informações desejadas deve-se, dentro do possível, aumentar o número de estações medidoras de vazões, diminuindo a distância

entre si, principalmente em virtude dos barramentos e desvios ocasionais feitos no leito do rio pelos usuários. Outras variáveis também devem ser inseridas nos cálculos, como eficiência de condução do trecho considerado, a partir dos percentuais registrados de perdas de água por infiltração e evaporação da superfície líquida.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

O método de trabalho proposto, através dos resultados obtidos, comprova que o objetivo foi alcançado, podendo ser adotado em situações similares com níveis de confiabilidade satisfatórios.

De imediato evidencia a necessidade de normatizar a retirada de água do rio Gortuba para tranquilizar a população ribeirinha (proprietários rurais e mão-de-obra sazonal), cujas sobrevivência e estabilidade social são regidas pelos níveis fluviométricos de vazão do referido rio.

Os projetos de irrigação instalados no Vale, em atividade operativa e/ou paralisados momentaneamente, por ser fato consumado, devem receber atenção especial, buscando equacionamento da situação de impasse criada pela insuficiência de vazão registrada pelo manancial nos períodos de níveis críticos às demandas de pico requeridas pelas lavouras de primavera/verão. A incorporação de novas áreas irrigadas deve ser vetada.

De um modo mais conciso, à luz dos fatos, a princípio recomenda-se:

- Aspecto gerencial: todas as ações a serem adotadas, partindo-se de órgãos oficiais competentes e/ou com assessoria dos mesmos, devem ser em consonância com a população local, através de uma associação de usuários, que deverá responsabilizar-se pela parte executiva do processo.

- Aspecto de planejamento agrícola operacional: reduzir as áreas com exploração de cultura de arroz, pelo sistema de inundação, em pelo menos 70%, ou promover a distribuição, dentro do possível, das lavouras de arroz para os demais trechos pré-estabelecidos ao longo do rio Gorutuba, adotando-se o sistema de irrigação por sulcos, com cultivos de variedades menos exigentes em água. Outra solução seria substituir a cultura de arroz por uma outra mais compatível com a situação levantada e viável economicamente ao empreendimento implantado.

- Aspecto de operação/manutenção: há necessidade de intensificar-se a assistência técnica aos projetos de irrigação implantados, para melhoria das eficiências de condução e irrigação, reavaliar as implantações dos projetos em si, dos equipamentos e dimensionamentos adotados.

- Medidas alternativas a médio prazo: estudar a viabilidade de construir uma série de pequenas barragens no leito do rio, em pontos estratégicos, com dispositivos de controle de nível, para melhor aproveitar os eventuais excedentes de água que fluem nos períodos de baixa demanda de irrigação. Outra alternativa, a exemplo do que ocorre no México (região de Sonora), segundo COLUMBUS (1981), seria desenvolver estudos com vistas ao aproveitamento de água subterrânea para irrigação, cuja operação dos poços tubulares seria acionada nos períodos que se verificasse a ocorrência de níveis críticos de oferta d'água e/ou também para a expansão de irrigação de novas áreas.

Embora o trabalho seja dispendioso, o fomento do processo agrícola produtivo, respaldado pela segurança do segmento de irrigação, exige que o controle de uso de água de mananciais, especialmente em regiões de escassez hídrica comprovada e crescimento populacional eminente, seja mais criterioso, para evitar a ocorrência de transtornos a toda uma situação estabelecida, como a que pautou este assunto. O ideal seria promover-se planejamentos de potenciais de uso das bacias hidrográficas, inclusive em níveis de semi-detalhe dos mananciais distintos que a compõem, preferencialmente antes que a ocupação de usuários ocorra, facilitando as ações de manejo operacional de uso futuro.

E, partindo-se do caráter dinâmico conferido ao segmento, em função dos estágios de desenvolvimento sócio-econômico exibidos regionalmente, portanto peculiares a cada situação, observa-se a amplitude do assunto e a necessidade de promover continuidade nos estudos do gênero, a proporção que o quadro de uso atual tende a alterar-se.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETO, J.M. & ALVAREZ, G.A. Hidrometria. In: AZEVEDO NETO, J.M. & ALVAREZ, G.A. Manual de hidráulica. 7.ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1985. Cap. 28, p. 493-9.

BARTH, F.T. & POMPEU, C.T. Administração dos recursos hídricos. In: POMPEU, C.T.; FILL, H.D.; BRAGA JR., B.P.F.; TUCCI, C.E.M.; KELMAN, J.; BARTH, F.T. Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo, Nobel/ABRH, 1987. Cap. 1, p.12-3.

BELTRAME, L.F.S. & CAUDURO, F.A. Uso racional dos recursos hídricos na agricultura. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 6., Belo Horizonte, 1982. Resumo dos trabalhos. Belo Horizonte, ABID. 1982. p.6.

COLUMBUS, N. A crise de água em áreas semi-áridas: análise e solução. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E

RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981. Anais.
Fortaleza, ABRH, 1981. P.371-2.

CRUCIANI, D.E. O gerenciamento de recursos hídricos no
Brasil. In: CRUCIANI, D.E. Hidrologia. Piracicaba,
Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", 1984.
Cap. 2, p.37.

CURSO INTERNACIONAL SOBRE OPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE
DISTRITOS DE RIEGO, 1., Mendonza, 1981. Algunos
aspectos legales del uso del agua. Mendonza, INCYTH,
1981. 50p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA A SECA. Atualização
do estudo de viabilidade para irrigação do vale do
gorutuba. anexo I - estudo pedológico semidetalhado.
Salvador, Ministério do Interior, 1972. 59p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS. Projeto
de irrigação do vale do Gorutuba - sec/gor-006. Sal
vador, Ministério do Interior. 1976. 127p. (re-
latórios dos setores I - II - III)

EPIPHANIO, J.C.N. & VITORELLO, I. Áreas Irrigadas: Mo-
nitoramento por Sensoriamento Remoto. ITEM - Irrigação
e Tecnologia Moderna, Brasília, n 14, p.2-6, set. 1983.

FAO. Irrigação no mundo em 1984. In: Irrigação e tecnologia moderna - ITEM. 28/87. Brasília, ABID, 1987. P.8-10.

HANSEN, E.V.; ISRAELSE, O.W.; STRINGHAN, G.E. Basic Soil-Water Relations. Propriedades físicas representativas do solo. In: ———, Irrigation principales and practices. 4. ed. New York, John Wiley e Sons, 1980. Cap.3, p.52.

LOPEZ, J. Algunos Aspectos Legales Del Uso Del Agua. In: CURSO INTERNACIONAL SOBRE OPERACION Y CONSERVACION DE DISTRITOS DE RIEGO, Mendonza, 1981. Anais. Mendonza, YNCYTH, 1981.

MENDONÇA, F.J. * Sensoriamento remoto aplicado à agricultura; princípios básicos, metodologia e aplicações. São José dos Campos, INPE/CNPq, 1981. 81p. (INPE-2225 - MD/012).

MILLAR, A.A.; NOGUEIRA CHOUHURY, E.; SILVA, M.A. da; GUROVICH, L.A.; OLIVEIRA, C.A.V.; MARTINS, C.A.; BANDEIRA, R.E. Semi-árido: solo, água, planta. Boletim de pesquisa. Petrolina, 4: 25-42, jan. 1981.

MOLLO, J.M.M. Aspectos de legislação do uso de recursos

hidricos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. Anais. Florianópolis, ABID, 1988. v. 3, p.53-62.

OLLITA, A.F.L. O método de irrigação por inundação. In: ———, Os métodos de irrigação. 1.ed. São Paulo, Nobel, 1984. Cap.3, p. 197-219.

PEREIRA, R.C. A questão do planejamento de recursos hidricos com vistas à sua múltipla utilização e conservação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 5., São Paulo, 1980. Anais. São Paulo, ABID, 1980. v. 3, p.105.

PINTO, M.V.; TATIT HOLTZ, A.C.; MARTINS, J.A. Hidrologia de superficie. São Paulo, Edgar Blucher, 1973. 179 p.

RABOVSKY, Y. & SELINGER, A. A situação hidrológica na área costeira sul de Israel. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HIDRICOS, 4., Fortaleza, 1981. Anais. Fortaleza, ABRH, 1981. P.373-4.

REPRESAS ilegais trazem problemas para o vale do gorutuba. O gorutuba, Janaúba/MG, 23 abr. 1989. p.1.

SÃO PAULO. Departamento de água e energia elétrica.

Derivação dos recursos hídricos - normas e procedimentos. São Paulo, 1988. 32 p.

SÃO PAULO. Departamento de Água e Energia Elétrica.
Disponibilidade hídrica superficial no estado de São Paulo. São Paulo, 1986. 28 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VICOSA. Escola Superior de Agricultura. Complemento ao levantamento de reconhecimento dos solos da bacia do Gorutuba. Vicosa, Mi-irrigação do rio gorutuba. Vicosa, Ministério da Educação e Cultura, 1971. 21 p.

VALÉRIO FILHO, M. Identificação de áreas irrigadas através de imagens digitais TM/LANDSAT. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7., Brasília, 1986. Anais. Brasília, ABID, 1986. v.3, p.991-1002.

VILLA NOVA. N. Principais métodos de estimativa de aplicação de água de irrigação. In: ————. Agrometeorologia. Piracicaba, centro acadêmico "Luiz de Queiroz". 1986. Cap. 3, p.57-75.