

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola

**Aplicação de Dados Orbitais no Estudo do
Volume de Água nos Açudes Pilões e São
Gonçalo, na Região Semi-Árida da Paraíba,
Brasil.**

Joedla Rodrigues de Lima

Campina Grande - PB
Janeiro - 1995

Aplicação de Dados Orbitais no Estudo da
Variação no Volume de Água nos Açudes
Pilões e São Gonçalo na Região Semi-árida da
Paraíba, Brasil.

Joedla Rodrigues de Lima

Aplicação de Dados Orbitais no Estudo da Variação no Volume de Água nos Açudes Pilões e São Gonçalo na Região Semi-árida da Paraíba, Brasil.

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

Área de Concentração : Irrigação e Drenagem

Marx Prestes Barbosa, Dr.
Orientador

Campina Grande - PB
Janeiro - 1995



L732a Lima, Joedla Rodrigues de.
Aplicação de dados orbitais no estudo do volume de água nos açudes Pilões e São Gonçalo, na região semi-árida da Paraíba, Brasil / Joedla Rodrigues de Lima. - Campina Grande, 1995.
125 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1995.
Referências.
"Orientação : Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa".

1. Açudes - Volume de Água. 2. Açudes - Pilões e São Gonçalo (PB). 3. Semi-Árido - Paraíba - Brasil. 4. Dissertação - Engenharia Agrícola. I. Barbosa, Marx Prestes. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 556.55(043)

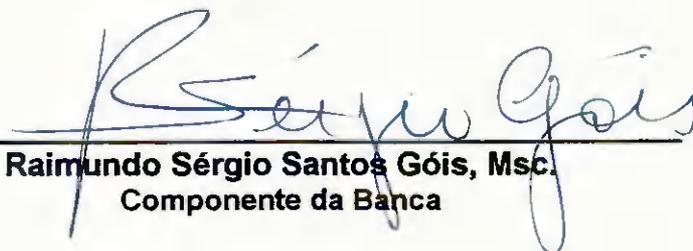
Aplicação de Dados Orbitais no Estudo da Variação no
Volume de Água nos Açudes Pilões e São Gonçalo na
Região Semi-árida da Paraíba, Brasil.

Joedla Rodrigues de Lima

Dissertação aprovada em 25 de Janeiro de 1995.



Marx Prestes Barbosa, Dr.
Presidente



Raimundo Sérgio Santos Góis, Msc.
Componente da Banca



Ricardo Pereira da Silva, Msc.
Componente da Banca

Campina Grande - PB

Janeiro - 1995

Dedico este trabalho a Zeca, Hestevão, meus pais, irmãos e avó.

Agradecimentos

A Deus, pela força concedida para concluir este desafio, que constitui mais uma etapa em nosso processo evolutivo.

Aos seres imateriais que povoam o universo, pelas energias positivas endereçadas a mim nos momentos de dificuldades.

Ao Prof. Marx Prestes Barbosa, pela orientação criteriosa e pela cota de experiência que me repassou durante a execução deste trabalho.

A Ricardo Pereira da Silva, engenheiro Hidrólogo do LMRS-PB, pela assessoria e consultoria a este trabalho e pela sua paciência durante os esclarecimentos necessários.

Ao Prof. Raimundo Sérgio Santos Góis, pela orientação na aplicação do modelo de Simulação hidrológica Tank-Model e pelo exemplo de cordialidade e responsabilidade que nele encontrei.

À prof^ª. Maria José dos Santos, pelos esclarecimentos oportunos e sobretudo pela amizade.

À pedóloga Maria de Fátima Fernandes, pelos esclarecimentos e por me acompanhar durante a viagem de campo.

A Flávio Hugo Barreto Batista, pelas idéias e esclarecimentos úteis ao desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES, que ofereceu suporte financeiro durante dois anos e meio deste curso.

Ao Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto do Estado da Paraíba (LMRS - PB), pela infra-estrutura proporcionada ao longo de todo o trabalho .

Ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), pelo empréstimo das imagens referentes ao ano de 1990.

À então Coordenadora de Pós-graduação, Lúcia Helena G. Chaves, pelo apoio recebido durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Cartógrafo Miguel dos Santos, pelas sugestões recebidas nos trabalhos de planimetria.

Ao desenhista do LMRS-PB, Davi dos Santos, pela confecção dos mapas; a Iana Daya Passos, pela elaboração de um programa de balanço hídrico dos pequenos açudes; ao agrônomo Isnaldo Cândido da Costa, pela aquisição dos dados de pluviometria de 1990, que na época não estavam implantados pela SUDENE, e a todos os funcionários deste laboratório que, direta ou indiretamente, compartilharam comigo as alegrias e dificuldades durante estes dois últimos anos.

Ao engenheiro Eustáquio Rangel, pelo auxílio técnico dispensado.

Aos Professores Márcia Maria Rios Ribeiro, Carlos Oliveira Galvão e Eduardo Enéas de Figueiredo, do Laboratório de Recursos Hídricos, pela boa vontade sempre apresentada ao dirimir dúvidas ou dar esclarecimentos e ao estagiário Domingos de Almeida, pela aquisição dos dados fluviométricos do DNAEE, para as bacias estudadas.

Aos colegas João Ramalho, Ednaldo, Ed-Naldo, Jaqueline e Messias, pelos momentos de amizade.

Aos meus pais, pelo esforço e incentivo indispensáveis para que eu chegasse até este degrau; aos meus irmãos, pelo apoio durante todos os momentos; a Zeca, pela paciência e auxílio contínuos e a Hestevão, pelo que ele significa para mim.

Aos meus sogros e cunhadas, pelo apoio e incentivos recebidos.

Às amigas Denise, Rinalda, Fernanda e Márcia, pelos exemplos de dedicação e perseverança nas experiências enfrentadas.

Sumário

	Página
Dedicatória	I
Agradecimentos	II
Sumário	IV
Lista de Figuras	VIII
Lista de Tabelas	X
Lista de Fotos	XI
Resumo	XII
Abstract	XIV
Capítulo 1 : Introdução	1
Capítulo 2 : Bacias Estudadas	4
2.1 Características Gerais da região Estudada	4
2.1.1 A Açudagem no Nordeste	5
2.1.2 A Açudagem possibilitando a irrigação no Semi-Árido	9
2.2.3 Aspectos Técnicos da Açudagem no Semi-Árido	10
2.1.4 Os Solos do Semi-Árido	11
2.1 Localização das Áreas de Estudo	11
2.2 Clima	12
2.3 Relevo	14
2.4 Solos	14
2.5 Vegetação	15
2.6 Geologia	16
2.7 Recursos Hídricos	16
2.7.1 Hidrologia Superficial	16
2.7.2 Hidrologia Subterrânea	17
Capítulo 3 : Revisão Bibliográfica	19
3.1 Sensoriamento Remoto Aplicado a Hidrologia	19

	Página
3.2 Bacia Hidrográfica e Aspectos da Drenagem	23
Capítulo 4 : Materiais e Métodos	24
4.1 Materiais	25
4.1.1 Produtos de Sensoriamento Remoto	25
4.1.2 Folhas Topográficas	25
4.1.3 Dados Pluviométricos	25
4.1.4 Dados Evaporimétricos	25
4.1.5 Dados Fluviométricos	26
4.2 Métodos	26
4.2.1 Métodos das Chaves Interpretativas	26
4.2.2 Método Sistemático	27
4.2.3 Trabalhos de Reconhecimento de Campo	28
4.2.3.1 Mapa de solo	29
4.2.3.2 Mapa de Uso da Terra	29
4.2.3.3 Recursos Hídricos	31
4.2.4 Análise da Bacia Hidrográfica	31
4.2.4.1 Características Físicas Hidrológicas da Bacia	31
4.2.4.2 Rede de Drenagem	33
4.2.5 Evolução dos Corpos d'Água	37
4.2.6 Correção de Falhas Pluviométricas Anuais e mensais	38
4.2.7 Determinação da Chuva Média	38
4.2.8 Determinação da Curva-chave dos Postos Fluviométricos	39
4.2.9 Modelo Chuva-Vazão <i>Tank-Model</i>	40
4.2.10 Capacidade, Profundidade e Volume Afluente ao Açude	44
Capítulo 5 : Características do Produto de Sensoriamento Remoto	
Utilizado: Imagens TM/ LANDSAT	46
5.1 Dados Fundamentais	46
5.1.1 O Sistema TM/LANDSAT	49
Capítulo 6 : Resultados e Discussões	51
6.1 Características Físicas Hidrológicas das Bacias	
.....	51

	Página
6.1.1 Análise Qualitativa da Rede de Drenagem	52
6.2 Análise da Tendência de Utilização dos Solos das Bacias Estudadas para a Construção de Açudes	52
6.3 Aproveitamento dos Açudes Amostrados	54
6.4 Estado de Conservação dos Açudes	55
6.5 Evolução da Densidade dos Corpos d'Água	57
6.6 Estudo da Profundidade Máxima, Média e Capacidade dos Açudes	58
6.7 Análise da Evolução do Uso dos Solos das Bacias Estudadas	60
6.8 Aplicação do Modelo de Simulação Hidrológica Tank-Mode I.....	61
6.9 Estudo do Volume Afluente às Bacias dos Açudes Pilões e São Gonçalo e Interferência dos Açudes à Montante destes com Auxílio de Imagens de Satélite	67
Capítulo 7 : Conclusões e Recomendações	73
Referências Bibliográficas	76
Anexos	85
Anexo A - Descrição dos Açudes Amostrados e Mapa de Solos das Bacias dos açudes Pilões e São Gonçalo	85
Anexo B - Curvas - Chave	104
TABELA B1 - Dados Cota X Vazão do Posto Antenor Navarro.....	104
TABELA B2 - Dados Cota X Vazão do Posto Brejo das Freiras	105
TABELA B3 - Dados Cota X Vazão do Posto Várzea Grande	106
Anexo C: Calibração e Simulação	111
TABELA C1 - Dados de Calibração do Posto Antenor Navarro	111

	Página
TABELA C2 - Dados de Calibração do Posto Emas.....	114
TABELA C3 - Dados de Calibração do Posto São José de Piranhas	117
TABELA C4 - Dados da Simulação do Posto Brejo das Freiras	120
TABELA C5 - Dados da Simulação do Posto Várzea Grande	123
Anexo D : Mapas	D1
D1 - Mapa de Drenagem e Açudes, da Bacia do Açude Pilões para o Ano de 1983	D1
D2 - Mapa de Drenagem e Açudes, da Bacia do Açude Pilões para o Ano de 1985	D2
D3 - Mapa de Drenagem, Açudes e Localização dos Açudes Amostrados, da Bacia do Açude Pilões para o Ano de 1990	D3
D4 - Mapa de Drenagem e Açudes, da Bacia do Açude São Gonçalo, para o Ano de 1983	D4
D5 - Mapa de Drenagem e Açudes, da Bacia do Açude São Gonçalo, para o Ano de 1985	D5
D6 - Mapa de Drenagem, Açudes e Localização dos Açudes Amostrados, da Bacia do Açude São Gonçalo, para o Ano de 1990	D6
D7 - Mapa de Solo da Bacia do Açude Pilões	D7
D8 - Mapa de Solo da Bacia do Açude São Gonçalo	D8
D9 - Mapa de Uso da Terra, do Ano de 1984, da Bacia do Açude Pilões	D9
D10 - Mapa de Uso da Terra, do Ano de 1990, da Bacia do Açude Pilões	D9
D11 - Mapa de Uso da Terra, do Ano de 1984, da Bacia do Açude São Gonçalo ..	D9
D12 - Mapa de Uso da Terra, do Ano de 1990, da Bacia do Açude São Gonçalo .	D12

Lista de Figuras

	Página
Figura 2.1 - Utilização do açude segundo sua forma	8
Figura 2.2 - Localização das Bacias Hidrográficas dos Açudes Pilões e São Gonçalo	12
Figura 3.1 - Curvas de Resposta Espectral Típica de Água Límpida e Turva na Faixa de 0,5 a 1,0 μm	20
Figura 4.1 - Propriedades que caracterizam as formas da rede de drenagem e do relevo	30
Figura 4.2 - Tipos de padrões de Drenagem	35
Figura 4.3 - Drenagem a) Integrada, Uniforme e Orientada; b) com Baixo Grau de Integração, não Uniforme e não Orientada	36
Figura 4.4 - Tipos de Tanques	44
Figura 4.5 - Representação Esquemática do Modelo Mensal Tank-Model, com Parâmetros Observados	43
Figura 5.1 - Características Espectrais dos Principais Fontes de Energia Eletromagnética (sol e terra), da Transmitância Atmosférica e Faixas de Atuação dos Sistemas Sensores	47
Figura 5.2 - Curvas Típicas de Reflectância Espectral para os Principais Alvos da Superfície Terrestre : Solo, Água e Vegetação	48
Figura 6.1 - Percentual de Açudes Construídos de Acordo com o Tipo de Solo Encontrado na Região	53
Figura 6.2 - Percentual de Utilização dos Açudes para Abastecimento Humano, Animal e Irrigação	55
Figura 6.3 - Evolução na Densidade de Açudes nas Bacias do Pilões e São Gonçalo	58
Figura 6.7 - Esquema da Localização dos Postos Fluviométricos Empregados na Fase de Calibração e Simulação do Modelo <i>Tank-Model</i>	62

	Página
Figura 6.8 - Vazões Observadas e Simuladas para o Posto Antenor Navarro....	63
Figura 6.9 - Vazões Observadas e Simuladas para o Posto Emas	64
Figura 6.10 - Vazões Observadas e Simuladas para o Posto São José de Piranhas.....	64
Figura B.1 - Curva-Chave do Posto Antenor Navarro	109
Figura B.2 - Curva-Chave do Posto Brejo das Freiras	110
Figura B.3 - Curva-Chave do Posto Várzea Grande	110

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 4.1 - Principais Características dos Produtos Fotográficos Utilizados	25
Tabela 4.2 - Comparação de alguns Modelos Conceituais Chuva-Vazão	41

Lista de Fotos

	Página
Foto 6.1 - Açude Dois Riachos, em área de Solo Bruno Não Cálcico, com Pouco Afloramento de Rocha em área de Relevo ondulado	54
Foto 6.2 - Açude Novos II, apresentando 100% de sua superfície coberta com vegetação aquática	56
Foto A.1 - Aspectos da Área do Açude São Gonçalo, vendo-se ao fundo a Serra do Boqueirão	86
Foto A.2 - Açude Carimbembe	88
Foto A.3 - Baixio à Jusante da barragem do Açude Cipó, cultivada com arroz irrigado, pastagens e algumas fruteiras, como mangueiras e coqueiros.....	89
Foto A.4 - Aspecto do Açude Pilões, mostrando quase 50% de sua superfície coberta por vegetação. Vendo-se ao fundo, a Serra do Padre - Limite Norte da Bacia do Rio do Peixe	90
Foto A.5 - Aspectos à montante do Açude Poço do Sítio Moura, vendo-se a vegetação natural devastada e 80% da superfície do açude coberta por vegetação e ao fundo a Serra de Luís Gomes	93
Foto A.6 - Vista da Cidade de Nazarezinho (São Gonçalo) onde ocorre Associação de Solos Bruno Não Cálcico e Litólico	95
Foto A.7 - Micro-Relevo característico dos Vertissolos	97
Foto A.8 - Área de Ocorrência de Aluvião	99

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo o estudo da influência da pluviometria sobre o volume de água afluente às bacias dos açudes Pilões e São Gonçalo, na região Oeste do Estado da Paraíba - Brasil, utilizando-se a análise multi-temporal de imagens TM/LANDSAT-5 para os anos de 1983 (ano de seca), 1985 (ano de chuvas intensas) e 1990 (ano de inverno normal), bem como o modelo de simulação hidrológica *Tank-Model*. As bacias hidrográficas dos açudes Pilões e São Gonçalo apresentam mesma ordem de cursos d'água e características físicas hidrológicas semelhantes, com exceção da frequência de rios, que no caso da primeira bacia é aproximadamente a metade da segunda. Em termos de padrões de drenagem, a bacia hidrográfica do açude Pilões é do tipo *dentrítico modificado*, enquanto que a de São Gonçalo é do tipo *dentrítico*. Com relação à geologia, a bacia hidrográfica do açude Pilões assenta-se quase que na totalidade sobre rochas sedimentares da bacia do Rio do Peixe, ao passo que a bacia hidrográfica do açude São Gonçalo está totalmente encaixada em área cristalina.

Os principais resultados deste estudo em ambas as bacias mostraram que: 50% dos açudes estão localizados em solos Bruno Não Cálcicos, considerados de ótima qualidade para sua construção, enquanto que 14% estão em área de Vertissolos, que não são recomendados devido às suas fendas e rachaduras; a vegetação aquática é utilizada como uma forma de redução da evaporação da água armazenada; no período de 1983 e 1990 na bacia hidrográfica de São Gonçalo houve um incremento de sete açudes com espelho de água superior ou igual a 4,0 ha. No mesmo período, para a bacia hidrográfica do açude Pilões houve um decréscimo no número de açudes de dezenove em 1983 para dezesseis em 1990; o incremento de açudes na bacia de São Gonçalo não resultou em aumento intensivo no uso do solo, ao passo que para a bacia do açude Pilões houve um incremento de 8,3%.

A partir da aplicação do modelo de simulação hidrológica *Tank-Model* sobre dados mensais, para os anos de 1983 e 1990, obteve-se lâminas escoadas nulas, para a bacia do açude Pilões, e da ordem de 14,7 mm e 50,3 mm, respectivamente, para a bacia do açude São Gonçalo. Para o ano de 1985, o modelo gerou lâminas de 586,7 e 473,7mm anuais para as bacias dos açudes Pilões e São Gonçalo, respectivamente.

A partir da análise das lâminas geradas pelo modelo *Tank-Model* para o ano de 1985, considerando apenas os *volumes afluentes livres* - correspondente aos volumes de água escoada nas bacias sem a interceptação dos açudes à montante das barragens estudadas, verificou-se que estes foram suficientes para encher ambos os açudes, o que implica a impropriedade de analisar a influência dos pequenos açudes em um ano de chuvas intensas, já que isto geraria uma informação dissociada da realidade. Quanto aos anos de 1983 e 1990, a ausência ou quase ausência de escoamento nestas bacias inviabilizou a quantificação da influência dos açudes à montante no volume dos açudes Pilões e São Gonçalo.

Abstract

The present dissertation describes the study of the influence of the precipitation on water content flowing into the basins of Pilões and São Gonçalo dams, in the West region of the State of Paraíba - Brazil, using TM/LANDSAT-5 multitemporal image analysis in 1983 (drought year), 1985 (intensive precipitation year) and 1990 (normal precipitation year), as well as the hydrologic simulation model *Tank-Model*. The drainage basins of Pilões and São Gonçalo dams present the same order channel networks and similar hydrologic physical features, except river frequency, approximately doubled in the second relative to the first. The drainage pattern of the first basin is *subdendritic*, whereas the second presents a *dendritic* drainage pattern. Geologically speaking, the drainage basin of Pilões dam is almost totally in the sedimentary rocks of Rio do Peixe basin, while the second basin is totally in a crystalline basement.

The most significant results of this study in those basins are: 50% of the dams are localized in Bruno Não Cálculos soils, an excellent choice for dam, whereas 14% are built in Vertissolos areas, not recommended for this purpose due their cracks and fissures; aquatic vegetation is used to reduce the evaporation of stored water; between 1983 and 1990, seven dams with a water surface down or equal to 4.0 ha were built in the drainage basin of São Gonçalo dam, while the other basin lost three dams in the same period (nineteen in 1983 against sixteen in 1990); the increase of dams in the basin of São Gonçalo had not implied an intensive increase on the soil use of the region. Nevertheless the soil use of the basin of Pilões dam had an increase of 8,3%.

According to the application of *Tank-Model* to the set of 1983 and 1990 monthly data, zero surface runoffs were obtained for the drainage basin of Pilões dam, while for the basin of São Gonçalo dam surface runoffs of the order of 14.7 (1983) and 50.3 mm (1990) were computed. Regarding to 1985, annual surface runoffs of 586.7 e 473.7mm were generated by the model for the basins of Pilões and São Gonçalo dams, respectively.

The surface runoffs analysis obtained by *Tank-Model* for 1985, taking account to the *free water contents* flowing into the basins - the water content flowed off into the basins without the interception of the dams of the upper side of the storage dams studied, these were sufficient to fill those dams. This imply the inadequacy of analysis of the influence of small dams in an intensive rainfall year, because an unreal information would be produced.

Regarding to 1983 and 1990, the runoff absence or almost absence in those basins made impracticable the estimation of the influence of the dams of the upper side of the storage dams considered in this study on the water content of São Gonçalo and Pilões dams.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

“No meio da sequeidão total distinguia eu, aqui e ali, na minha volta pelo Nordeste, esse oásis de vida própria, como um incentivo a sua propagação. Havia um pomar na “revença”, a vazante exuberante, o peixe como reserva e o gado a matar a sede. Se a seca chega a esgotá-lo, o fundo de lama, ou de areia ainda sustenta a cultura de subsistência, como único refrigério dos maus tempos”.

José Américo de Almeida.

A água é um dos fatores limitantes do desenvolvimento da região semi-árida do Nordeste Brasileiro. A distribuição das chuvas, temporal e espacialmente, tem caráter irregular, sendo que o período chuvoso ocorre durante três a quatro meses do ano. O escoamento superficial é concentrado em curto espaço de tempo, em função da pequena infiltração, principalmente devido a dificuldade de retenção da água provocada pela pequena espessura do solo. Além disso, a elevada taxa de evaporação é responsável pelos baixos coeficientes de deflúvio registrados na região.

Estima-se que apenas 8,0% da precipitação desta região escorre para os rios (Batista,1981). É preciso, portanto, o gerenciamento racional deste elemento tão precioso, bem como se rever o conceito de que água nunca é demais numa região seca. Assim faz-se necessário antes de locar a barragem, estudar os recursos de água e solo, prevenindo-se com isto sua salinização progressiva ou o acúmulo de água em quantidades excessivas, sem justificativa técnica, pois a construção de açudes, é um investimento, e como tal, deve ter objetivos sociais e econômicos perfeitamente definidos que o justifique.

No semi-árido nordestino, a construção de açudes ainda é praticada de forma desordenada, principalmente os açudes particulares, que são locados à montante de grandes barragens sem um prévio estudo da contribuição de sua bacia hidrológica e da interferência deste na vazão que chega a barragem principal. Um exemplo desse fato está ocorrendo na Paraíba, na bacia do Rio Sucuru, onde as barragens à montante do açude de Sumé comprometem sua capacidade atual, provocando a suspensão das atividades do perímetro irrigado, que estava em operação há vários anos (BARROS et al, 1993).

Este trabalho se propõe a estudar a influência da construção de novos açudes no volume de água afluente aos açudes Pilões e São Gonçalo, como também estudo de solos e uso da terra, para uma melhor caracterização das bacias, através do uso de imagens TM/LANDSAT-5 dos anos de 1983, 1985 e 1990, que foram considerados, respectivamente, para a região semi-árida nordestina ano de seca, ano de chuvas intensas com índice pluviométrico acima do normal e ano de estação chuvosa normal.

Escolheu-se as bacias dos açudes Pilões e São Gonçalo, inseridas no Semi-Árido Paraibano, com superfícies de 760 e 304 Km² respectivamente, por apresentarem características físicas semelhantes, mesma ordem dos cursos de água; além de estarem inseridas em terrenos geológicos diferentes (o açude Pilões está inserido numa área predominantemente sedimentar e o açude São Gonçalo numa área de terreno cristalino); e por serem a principal fonte de água para perímetros irrigados.

No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados de Sensoriamento Remoto orbital, dados bibliográficos e o modelo de simulação hidrológica chuva-vazão "Tank Model".

O modelo de simulação hidrológica chuva-vazão Tank-Model (SUGAWARA, 1979), basea-se na concepção de que a bacia hidrográfica é um sistema de reservatórios, com saídas para o escoamento superficial, sub-superficial e de base. Para otimização dos parâmetros do modelo é utilizado o algoritmo SCE-UA (Shuffled Complex Evolution), apresentado por DINIZ (1994).

Esta dissertação é composta de um único volume com sete capítulos, os demais capítulos são sucintamente descritos a seguir:

O capítulo 2 (Bacias Estudadas) descreve a localização das bacias, bem como suas características de clima, relevo, solos, vegetação e recursos hídricos .

No capítulo 3 (Revisão Bibliográfica) é apresentada uma coletânea de referências bibliográficas que envolve o assunto estudado.

No capítulo 4 (Materiais e Métodos) são descritos os materiais utilizados na execução do trabalho, bem como, a metodologia empregada na avaliação do incremento de novos açudes e estudo das características físicas e pluviométricas das bacias.

O capítulo 5 (Características dos Produtos de Sensoriamento Remoto) descreve sucintamente as particularidades do sistema de aquisição de dados orbitais utilizado neste trabalho.

O capítulo 6 (Resultados e Discussões) descreve e discute a avaliação da evolução dos corpos d'água para os anos considerados, as características físicas das bacias estudadas, o levantamento dos solos e evolução no uso da terra, para os anos de 1984 e 1990, assim como a aplicação do modelo e os resultados obtidos.

O capítulo 7 (Conclusões e Recomendações) refere-se às conclusões finais do trabalho e são apresentadas algumas sugestões para trabalhos posteriores.

Na execução do presente trabalho foram compilados os seguintes mapas, para ambas as bacias;

- Mapas de drenagem e corpos d'água para os anos de 1983, 1985 e 1990, na escala 1:100.000;
- Mapa de uso da terra, para os anos de 1984 e 1990, na escala de 1 : 100.000;
- Mapa de solo, na escala de 1 : 100.000.

CAPÍTULO 2

BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS AÇUDES ESTUDADOS

2.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO ESTUDADA.

A área do " Polígono das Secas", segundo CARVALHO (1981), abrange cerca de 950.000 Km², representando 97,78% do estado da Paraíba, 58,00% da região Nordeste e 11,00% do Brasil.

Ainda segundo este autor, dos 1375 municípios que compõe a Região Nordeste, 982 estão incluídos no Polígono das Secas.

A região semi- árida da Paraíba está quase totalmente (97,78%) incluída na área de maior incidência de estiagens, sendo a probabilidade de ocorrência de seca é da ordem de 81 a 100% (PARAÍBA, 1983).

Segundo SUDENE (1971), o clima é o grande fator de unidade do Nordeste, sua situação próximo ao Equador, identifica-o como pertencente a uma área de altas médias termométricas e forte evaporação, com precipitações relativamente elevadas no litoral, que diminuem à medida que se aproximam do sertão onde somente nas serras são mais aquinhoadas neste setor.

PESSOA (1984) afirma que, do ponto de vista dos fatores naturais, a característica mais marcante desta região não é tanto a pluviometria relativamente baixa. Na realidade, o volume médio das chuvas anuais caídas não é desprezível. As isoietas dominantes na maioria do espaço regional são da ordem de 600 a 800 mm, ou seja, bastante superiores às observadas em muitas das regiões mais tipicamente secas do globo, como no oeste norte-americano, na Austrália e em Israel. A

evapotranspiração potencial é que é elevada, da ordem de 1800 mm anuais(...). Outro traço característico é a elevada concentração de chuvas no tempo. Ao período chuvoso (incidência de dois terços da precipitação anual em um único trimestre) contrapõe-se um período de estiagem de seis a sete meses com pluviometria praticamente nula. Um último traço natural marcante é a base cristalina da maioria dos solos da região, ocasionando baixa capacidade de retenção de água no solo.

BATISTA (1981) assevera que para a formulação de uma política de recursos hídricos para o semi-árido deve-se levar em conta, dentre outros fatores, que a precipitação média, do polígono das secas, é de 750 mm, distribuída basicamente em três meses, com o seguinte destino: 91,8% evapotranspira, 8,0% escorre para os rios e 0,2% infiltra.

Quanto à hidrogeologia da região, REBOUÇAS (1965) afirma que, com efeito 2/3 dessa região é ocupada por rochas muito diversas de idade pré-cambriana. Sobre estes terrenos cristalinos e cristalofilianos de permeabilidade praticamente nula, as precipitações se evaporam ou se escoam, em sua maioria, dando origem à inundações temporárias dos cursos d' água, secos durante quase todo o ano. É preciso não esquecer, continua REBOUÇAS (*op cit*), que estes fenômenos são produzidos, por um lado, pelo grande déficit da capacidade de retenção do solo, e, por outro, pela intensidade das precipitações.

COELHO (1985) acrescenta que além de escassa, a água da região semi-árida tem altos teores de cloreto de sódio e magnésio.

A distribuição da precipitação ao longo do ano, sem dúvida, é uma das sérias limitações desta região. E uma das soluções encontradas é a estocagem de água através da grande, média e pequena açudagem. A geologia da região, bem como o relevo favorecem a construção de represas para armazenagem de água.

2.1.1 - A Açudagem no Nordeste

JÓFILLY(1892) in MOLLE(1991) enfatiza que os açudes sempre foram os meios empregados pelos sertanejos para reduzir os efeitos das secas, desde os primeiros tempos da colonização. Com seu senso prático compreenderam que era esse o único

meio de suprir a falta de rios perenes e de lagos ou lagoas permanentes e, aguilhoados pela imperiosa lei da necessidade, iniciaram a construção de represas, trabalho que afinal tornou-se o primeiro e mais necessário em qualquer situação nascente.

CARVALHO (1981) levantou que existem hoje no nordeste cerca de 70.000 açudes, que podem acumular aproximadamente 20 bilhões de metros cúbicos de água. Desse total, 257 são públicos e podem armazenar um volume de 11,5 bilhões de metros cúbicos, excluindo o lago de Sobradinho.

Todo esse esforço, acentua CARVALHO (*OP CIT*), não foi suficiente para resolver o problema da falta d' água na região, principalmente porque:

- a) na construção desses açudes não se levou em conta a distribuição espacial dos mesmos;
- b) não se pensou na utilização racional e adequada desse imenso volume de água armazenada;
- c) a pesquisa não dispunha ainda de tecnologias capazes de viabilizar o uso desse potencial hídrico, independente da sua localização, nas propriedades agrícolas.

SALATI et al (1981) afirma que do ponto de vista do balanço hídrico a construção de açudes implica em uma diminuição do escoamento superficial, aumentando as perdas por evaporação. Esta técnica largamente utilizada no Nordeste Brasileiro, implicará a longo prazo num aumento médio da salinidade regional, a menos que um manejo especial do açude permita controlar o balanço de sal. A situação torna-se mais difícil quando estas águas são utilizadas para irrigação, porque neste caso os sais são transferidos dos reservatórios para os solos dificultando o controle da salinidade global.

Como o fenômeno social das secas resulta da carência de meios de subsistência da população, FERRAZ (1982) considera que a açudagem concorre apenas indiretamente para sua solução.

FEIO (1982) defende a construção de açudes em outras regiões brasileiras não assoladas pela seca e promover a emigração de nordestinos. Ficariam no Nordeste só os que tivessem condições de sobreviver!

O célebre DUQUE(1980), já rebatia essa idéia quando afirmava que: "Nós temos exagerado muito a influência das crises climáticas no atraso do polígono. As condições adversas do meio não tem mais tanto poder inibitivo de progresso, na era moderna, com os conhecimentos e o instrumental científico à disposição do homem".

ALMEIDA(1981) considera que o que importa, é adaptar o homem a estas condições de vida, e aparelhar o meio para enfrentar as crises periódicas decorrentes principalmente da suspensão das atividades agrícolas.

É imprescindível a realização de estudos sistemáticos que dêem informações cada vez mais completas sobre os recursos naturais da região, acentuam REBOUÇAS E MARINHO(1972) e complementam que somente uma política de utilização do binômio solo/água, estabelecida em bases mais sólidas, devidamente adaptada às condições peculiares da região, evitaria a exploração dos recursos de água subterrânea e superficial, sem finalidades ou com finalidades mal definidas.

Compreende-se assim, a necessidade premente da criação de uma consciência na região de que o açude é um investimento que deve ter objetivos sociais e econômicos perfeitamente definidos *a priori* que justifiquem a sua construção, acentua KITOVER et al (1963).

MOLLE E CADIER(1992) afirmam que a valorização da açudagem do Nordeste está, de maneira geral, bem aquém de sua potencialidade. Esses reservatórios podem ser utilizados para vários fins, sendo os principais:

- 1 - Abastecimento humano
- 2 - Outros usos domésticos
- 3 - Abastecimento animal
- 4 - Cultivo de vazante
- 5 - Plantação á jusante da parede
- 6 - Irrigação
- 7 - Pesca e/ou criação de peixes, marrecos, patos, etc

Segundo sua forma eles apresentam uma maior ou menor aptidão para cada tipo de utilização, como exemplifica a figura (3.1) . MOLLE E CADIER (*op cit*)

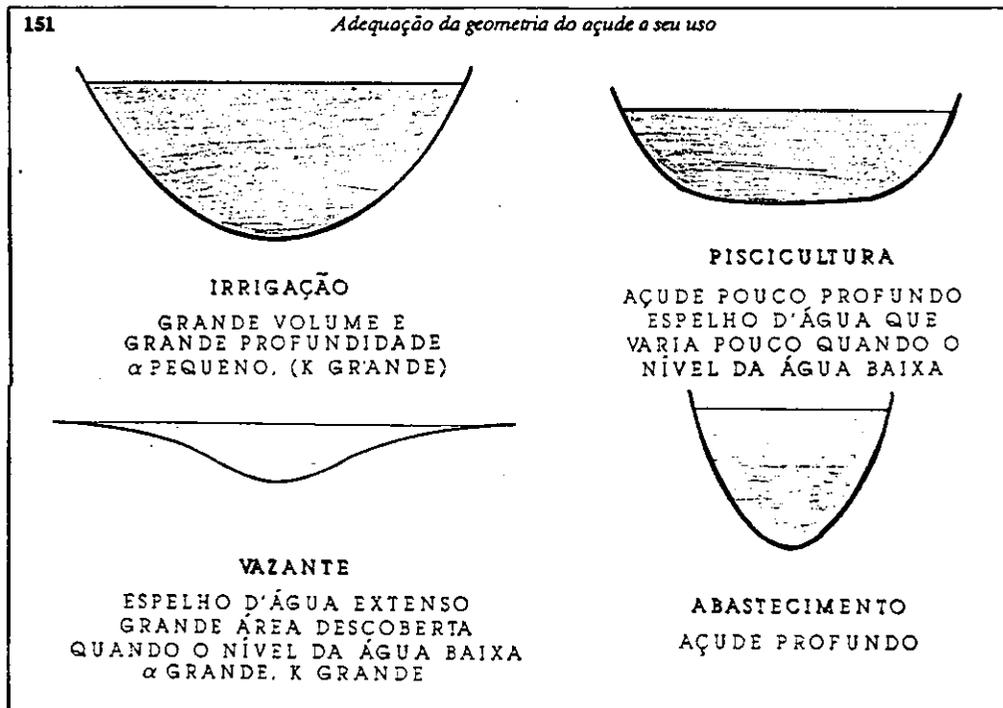


FIG. 2.1 - Utilização do açude segundo sua forma.

Fonte : MOLLE & CADIER, 1992

NASCIMENTO et al (1980), utilizaram o sistema de simulação POMAC (Potencial e Manejo de Açudes) que permite simular diversas hipóteses de funcionamento de um pequeno açude juntamente com sua bacia hidrográfica e seu perímetro de irrigação. Ao procederem a simulação de uma bacia hidrográfica com apenas uma represa com um volume armazenado (V_0) e a simulação da mesma bacia com um sistema de várias pequenas represas totalizando o mesmo volume armazenado (V_0). Estas simulações evidenciaram um maior desperdício d'água por evaporação e uma resistência menor das pequenas represas em relação às grandes nos anos secos.

RIBEIRO (1981) afirma que o Nordeste conta com um grande número de açudes com capacidade de acumulação menor de 100.000 m^3 concentrados principalmente, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.

Estudos anteriores, acentua ele, desenvolvidos pela SUDENE e pela Missão Hidrológica Francesa detectaram que tais açudes, normalmente pertencentes a

estrutura hídrica das propriedades agrícolas, tem uma relação volume útil/ volume armazenado muito baixo, na grande maioria dos casos menor que 10% indicando uma grande perda por evaporação.

Os açudes, principalmente os pequenos, que podem ser distribuídos beneficiando uma maior faixa da população, armazenam água tanto para o consumo humano e animal como para irrigação, enfatiza CARVALHO(1981).

MACEDO (1981) in CARVALHO et al (1988), estabeleceu a relação entre área e volume de alguns açudes em diversas bacias hidrográficas do Estado do Ceará, chegando a classificação, a partir das áreas dos espelhos d'água, do tamanho do açude, sendo assim determinados:

Muito Pequeno (MP)	-	05 a	20	ha	
Pequeno	(P)	-	21 a	100	ha
Médio	(M)	-	101 a	500	ha
Grande	(G)	-	501 a	2000	ha
Muito Grande	(MG)	-		2000	ha

2.1.2 - A Açudagem Possibilitando a Irrigação no Semi-Árido

Quanto a utilidade do grande açude, ANDRADE (1982) afirma que pode-se argumentar que a construção de represas trouxe grandes benefícios à agricultura da região semi-árida, por que além de permitir e favorecer a industrialização, possibilitou a implantação de grandes projetos de irrigação. Convém salientar porém que elas ocupam áreas bem restritas, são implantados com grande lentidão e beneficiam sobretudo os grandes empresários.

A irrigação é uma das soluções para o desenvolvimento de culturas em áreas do nordeste, e segundo ALBUQUEQUE (1993) a região possui uma área irrigável de 12 milhões de hectares, porém mesmo que as disponibilidades de água remanescentes de 116 bilhões de m³ anuais fossem totalmente empregadas em irrigação, e admitindo-se um padrão de demanda conservador de 20 mil m³ por ano por hectare, a irrigação seria estendida a uma área máxima de 5,8 milhões de hectares.

ANDRADE (1982) enfatiza ainda que os sistemas e técnicas de irrigação são copiadas de outras áreas, sem um estudo prévio de sua adaptabilidade à região nordestina, constituindo-se, às vezes, atividade muito cara, acima das possibilidades dos pequenos agricultores, e até agressiva às condições ecológicas, contribuindo para acelerar um processo de salinização dos solos cultivados.

COSTA (1981) defende a teoria de que a irrigação é fator decisivo e talvez uma das únicas saídas para impulsionar o desenvolvimento econômico e social do nordeste. Está mais do que provado, continua ele, que a irrigação, de forma racional e acelerada pode transformar a agricultura do nordeste numa economia rentável, produtiva, dinâmica e geradora de emprego. Sem a utilização da irrigação é uma verdadeira aventura pensar-se em agricultura de mercado nesta região.

COELHO (1985) questiona a irrigação desenvolvida nos moldes atuais como solução para o semi-árido. Pelo contrário, afirma ele, tem sido a causa de vários problemas sociais e econômicos e, portanto, precisa ter nova orientação capaz de torná-la racional, produtora e não um problema como o é atualmente, na maioria dos casos, particularmente, nos programas incentivados pelos governos estaduais e federal.

Ainda segundo COELHO (op cit), a lavoura seca, o xerofilismo, precisam ser urgentemente valorizados e defendidos para permitir exploração racional de cerca de 90% da região semi-árida, onde a irrigação não é viável nem aconselhável.

2.1.3 - Aspectos Técnicos da Açudagem no Semi-Árido

O dimensionamento de uma baragem e do seu sangradouro é fundamental para o projeto de construção e de utilização da água do açude, pois o dimensionamento correto permite evitar arrombamentos na barragem, evitar prejuízos econômicos, aproveitar racionalmente a água disponível, diminuir a salinização do açude, do perímetro irrigado e dos prejuízos para outros usuários da água à jusante.

MOLLE (1993) estudando as perdas por evaporação em pequenos açudes com superfície de espelho d' água superior a 20 ha, estimou que a evaporação anual representa 2100 mm e durante o período junho/dezembro, 1365mm; a partir das médias de evaporação do tanque classe A.

MOLLE E CADIER (1992) recomendam que o volume total do açude fique entre 50% e 60% do valor do volume escoado na bacia.

2.1.4 - Os Solos do Semi-Árido

Segundo SILVA et al (1986), os solos da região Semi-árida do Nordeste Brasileiro estão sujeitos a processos erosivos intensos, devido à alta intensidade das chuvas em determinados períodos do ano, à ausência de cobertura vegetal no momento em que incidem as primeiras chuvas, à pouca profundidade dos solos e aos baixos teores de matéria orgânica.

CASSOL(1986) observou que sem mudar o tipo de solo, foi possível reduzir entre 77% e 94% as perdas por erosão, pelo emprego de sistemas de preparo mínimo e pelo plantio direto comparados com o preparo convencional. A degradação das características físicas provoca a desestruturação do solo pela desagregação superficial e compactação do solo.

Segundo ELTZ et al (1984), o transporte das partículas finas desagregadas dá-se quando o solo está saturado ou quando a quantidade de água precipitada é superior à capacidade de infiltração de água no solo, ocasionando o escoamento superficial do excesso d'água, em áreas com declive.

Finalmente o material transportado deposita-se em locais mais baixos, que podem ser depressões naturais do terreno ou reservatório d'água, como rios, lagos, açudes, represas, concluindo o processo erosivo.

2.2 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO:

As áreas em estudo localizam-se na bacia do rio Piranhas, região oeste do Estado da Paraíba, Brasil (fig. 2.1). A sub-bacia do açude São Gonçalo situa-se na bacia do Alto Piranhas, entre os meridianos 38° 16' e 38° 31' de longitude oeste e os

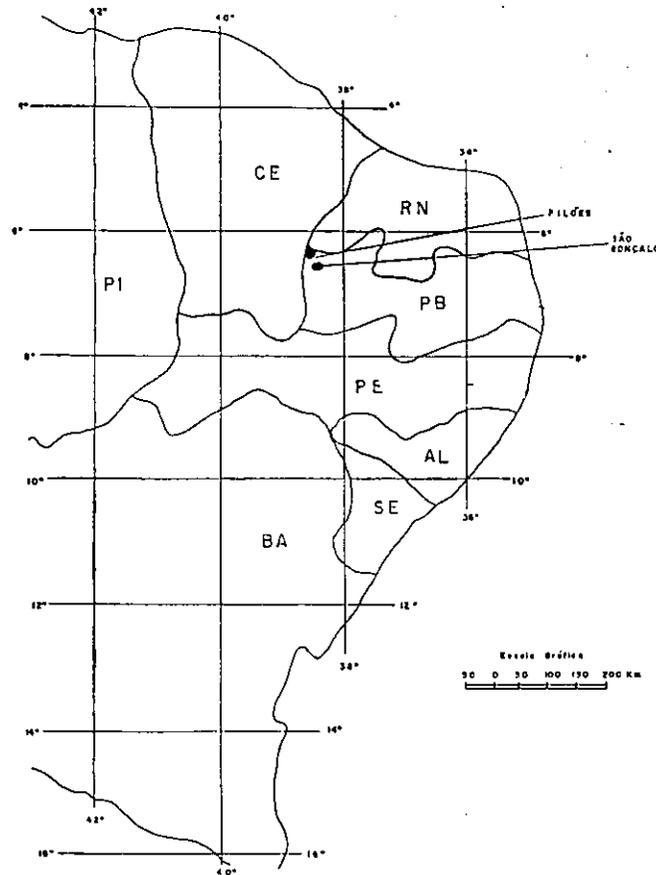


Fig. 2.2 - Localização das bacias hidrográficas dos açudes Pilões e São Gonçalo.

paralelos $06^{\circ} 50'$ a $07^{\circ} 01'$ de latitude sul, abrangendo os municípios de Nazarezinho e Engenheiro Ávidos.

A sub-bacia do açude Pilões situa-se na bacia do Rio do Peixe, entre os meridianos $38^{\circ} 16'$ e $38^{\circ} 38'$ de longitude oeste e os paralelos $06^{\circ} 19'$ e $06^{\circ} 41'$ de latitude sul, abrangendo os municípios de Uiraúna, Triunfo, Poço e Poço Dantas.

2.2.1 - CLIMA

Segundo ATECEL(1994), de acordo com a classificação Köppen o clima das bacias do açude São Gonçalo e Pilões é do tipo Aw' , caracterizado por ser quente com chuvas de verão-outono, resultantes da atuação da zona de convergência intertropical (ZCIT).

Com base na classificação de Gaussen o clima das bacias hidrográficas dos açudes Pilões e São Gonçalo é do tipo $4aTh$ e $4bTh$, respectivamente.

O clima 4aTh se caracteriza por ser um clima tropical quente de seca acentuada, com um número de meses secos entre 7 e 8. O índice xerotérmico, que indica o número de dias biologicamente secos, está compreendido entre 150 e 200. Ocorre na maior parte das bacias do Pilões e São Gonçalo.

O clima 4bTh se caracteriza por ser um clima tropical quente de seca média, com um número de meses secos entre 5 e 6. O índice xerotérmico está compreendido entre 100 e 150. Ocorre nos trechos mais elevados, nos maciços situados na porção norte da bacia do Pilões e nos maciços situados na porção sul da bacia do açude São Gonçalo.

A umidade relativa do ar média mensal registrada na estação climatológica do Perímetro irrigado de São Gonçalo (de caráter representativo para ambas bacias) varia de 56% no mês de outubro a 74% nos meses de março a abril. A temperatura média anual é de aproximadamente 27⁰C (PARAÍBA/SEPLAN/ATECEL, 1994).

A velocidade média anual do vento, medida com anemômetro a 0,50m do solo, é de 10 Km/h. Os meses com as menores velocidades são março e abril (7,20 Km/h). Segundo RIBEIRO (1990), as médias de insolação apresentam homogeneidade durante todo o ano, estando suas pequenas flutuações em consonância com a evolução ou não das precipitações. De janeiro a maio, a insolação se mantém em torno de 250 horas mensais, atingindo 300 horas em outubro. Em termos de brilho solar por ano a insolação tem valor médio de 3200 horas.

A partir dos dados da estação evaporimétrica de Sousa, medidos no tanque classe A, correspondendo à média do período 1969 a 1983, MOLLE (1989) apresenta no quadro 2.1 a evaporação média mensal deste posto, que é representativa para as áreas em estudo.

O período de maior taxa evaporimétrica corresponde ao trimestre out-nov-dez, e de menor taxa o trimestre abr-mai-jun.

Quadro 2.1 - Evaporação média mensal, em mm

MESES	EVAPORAÇÃO
JAN	268
FEV	203
MAR	194
ABR	173
MAI	178
JUN	185
JUL	218
AGO	267
SET	294
OUT	317
NOV	314
DEZ	326
TOTAL	2937

fonte : MOLLE, 1989.

2.2.3 - RELEVO

O relevo da bacia do açude Pilões está dividido em plano a suave-ondulado, sendo que nas áreas de colinas detecta-se a existência de ondulações acentuadas. O relevo da bacia do açude São Gonçalo está dividido entre plano (próximo ao açude São Gonçalo), suave, suave-ondulado e ondulado nas áreas mais próximas aos limites da bacia, ATECEL(1994).

2.2.4 - SOLOS

Os principais tipos de solos existentes na bacia do açude Pilões, segundo PARAÍBA/SEPLAN/ATECEL (1994) são:

BRUNO NÃO CÁLCICOS e PODZÓLICOS EUTRÓFICOS, pouco profundos, existentes na maior parte da bacia, principalmente nas regiões de colinas com relevo relativamente acentuado;

VERTISSOLOS localizados nas várzeas de Souza, com elevado teor de argilas expansivas;

PODZÓLICOS VERMELHO AMARELO de textura média, existentes principalmente nos municípios de Antenor Navarro e Uiraúna, correspondendo às posições de interfúvios;

SOLOS ALUVIAIS, as áreas mais expansivas estão no Município de Souza, Antenor Navarro e Uiraúna. Existe uma abundância desse tipo de solo no vale principal do Rio do Peixe, entre Brejo das Freiras e a confluência com o Rio Piranhas.

Para a bacia do açude São Gonçalo, os principais tipos de solos encontrados são:

SOLOS LITÓLICOS, pouco profundos que ocorrem principalmente próximo a cidade de Nazarezinho.

SOLOS BRUNO NÃO CÁLCICOS e BRUNO NÃO CÁLCICOS VÉRTICOS, existentes na maior parte da bacia.

2.2.5 - VEGETAÇÃO

Segundo ATECEL(1994), Existe na região da bacia do açude Pilões uma formação florestal cauducifólia e uma formação de caatingas hiperxerófilas e hipoxerófilas (da floresta cauducifólia restam apenas pequenos talhões de formação secundária). Na bacia do açude São Gonçalo, predomina a caatinga hiperxerófila.

A caatinga hiperxerófila, que apresenta um maior grau de xerofilismo (predominantemente arbustiva) ocupa quase toda a área das bacias, principalmente aquela de clima seco tropical quente de seca acentuada. A caatinga hipoxerófila possui um porte maior e apresenta menor grau de xerofilismo. Ocorre nas áreas serranas mais elevadas, nos maciços situados na porção norte da bacia do açude Pilões.

As espécies xerófilas mais destacadas nas bacias são a Jurema, Pereiro, Ipê, Angico, Catingueira, Macambira, Umbuzeiro, Baraúna e Xique-Xique.

2.2.6 - GEOLOGIA

A bacia do açude São Gonçalo, localiza-se em terreno cristalino, enquanto que a bacia do açude Pillões encontra-se em terreno predominantemente sedimentar da bacia do Rio do Peixe.

O cristalino, como é conhecido o complexo de rochas de idade pré-cambriana, é constituído de gnaisses, granitos, migmatitos, mica-xistos, filitos e quartzitos, nesta ordem de ocorrência. Apresenta-se intensamente dobrado, falhado e fraturado, em razão de ter sofrido várias deformações tectônicas, desde aquele período até os dias atuais. (ALBUQUERQUE, 1984).

Segundo COSTA(1964), a bacia sedimentar do Rio do Peixe morfologicamente, trata-se de uma superfície aplainada, representada por sedimentos detríticos grossos e finos, cercada por grandes elevações do cristalino que constituem as diversas serras limítrofes do Estado da Paraíba com os estados do Ceará (a oeste) e Rio Grande do Norte (ao norte). BRAUN (1969), afirma que esta bacia como outras similares do Nordeste, originou-se por uma reativação de falhas de rasgamento pré-cambriano por efeito de gravidade.

2.2.7 - RECURSOS HÍDRICOS

2.2.7.1 - Hidrologia Superficial

O regime fluviométrico das bacias estudadas, apresenta as características do semi-árido, ou seja, os rios são intermitentes, a concentração do escoamento se dá em alguns meses do ano.

A grande bacia do Piranhas compreende uma área de drenagem de 44 600 Km². Os principais afluentes na margem direita são: Piancó, Espinharas e Seridó e na margem esquerda rio do Peixe.

O rio do Peixe nasce entre os municípios de São João do Rio do Peixe e Uiraúna e segue duas direções distintas : uma norte-sul até o açude Pilões e outra leste-oeste

até Aparecida no município de Souza , onde desagua no Rio Piranhas. Trata-se de um rio de regime temporário, e seus principais afluentes são: os riachos Jangada, Cacaré e Santo Antonio, pela margem direita e os riachos Triunfo do Poço, Fazenda Nova, Olho d'água, São Francisco e do Retiro, pela margem esquerda.

O açude São Gonçalo , construído pelo DNOCS, em 1936, tem a função de abastecer a cidade de Souza e distritos de Marizópolis, São Gonçalo e Divinópolis e é responsável ainda pelo suprimento das demandas hídricas do projeto de irrigação São Gonçalo. Tem capacidade máxima de 44.600.000 m³, com profundidade máxima de 27,0 m; a barragem possui cortina central de concreto armado, altura máxima de 22,0 m, coroamento na cota 251,00 m e sangradouro retangular de soleira delgada (perfil Creager) dimensionado para vazão afluente máxima na ordem de 1800 m³/s. O seu funcionamento tem caráter prioritário dentro da política Federal de Desenvolvimento da irrigação no Nordeste do Brasil. (RIBEIRO,1990)

O açude Pilões, ampliado pelo DNOCS, em 1933, tem a função de abastecer a cidade de Antenor Navarro. Sua capacidade máxima é de 13 000 000 m³ , a barragem é de terra com altura máxima de 11,0 m, a profundidade máxima do açude é de 8.0 m.

2.2.7.2 - Hidrologia Subterrânea

A bacia hidrográfica do açude Pilões tem dois sistemas de aquíferos: o cristalino e o sedimentar. Este representado pela bacia sedimentar do Rio do peixe, e a bacia do açude São Gonçalo tem apenas um sistema aquífero.

Segundo ALBUQUERQUE (1984), o potencial de água subterrânea do sistema cristalino é mínimo se não nulo, não podendo ser quantificado ao nível dos conhecimentos atuais.

ALBUQUERQUE(1984), afirma que a bacia sedimentar do rio do Peixe, trata-se de uma bacia encravada no cristalino o que por si só já configura uma origem tectônica para a bacia. COSTA(1964) afirma que a bacia é constituída por três formações sedimentares: a **Formação Antenor Navarro** composta de quase 100m de arenitos médios a grosseiros, de posição estatigráfica basal, repousando sobre o embasamento

cristalino; a **Formação Souza**, de argilitos folhelhos e siltitos, com intercalações de arenitos finos a médios em sua secção final, totalizando cerca de 800m de espessura e a formação **Formação Rio Piranhas** de arenitos médios e finos, com cerca de 200m de espessura, de ocorrência restrita ao sul de Souza.

CAPÍTULO 3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A HIDROLOGIA.

A principal limitação das imagens LANDSAT e RADAR, segundo SOARES & FIORI (1976) é a falta da visão estereoscópica, no entanto, as propriedades dos elementos textuais e da estrutura na imagem, conferem um conjunto de propriedades de forma que permite interpretar algumas propriedades físicas e estruturais da área analisada.

A avaliação dos recursos hídricos de uma região pode ser feita através do estudo dos componentes do ciclo hidrológico e de suas relações. Os fenômenos hidrológicos variam no espaço e no tempo, sendo o sensoriamento remoto de grande utilidade. NOVO (1989) afirma que atualmente, os dados de sensoriamento remoto são incorporados ao estudo de recursos hídricos por meio de três formas: a) na análise qualitativa de imagens e fotografias aéreas que permite a identificação de alterações locais na cor e no volume de água de rios, reservatórios, etc; b) mapeamento de superfícies líquidas, identificação de sistemas de falhas, fraturas, etc; c) Análise quantitativa, que permite o estabelecimento de modelos que relacionam medidas pontuais a propriedades espectrais da água.

Segundo QUEIROZ & BARROS (1992), do mesmo modo que a vegetação e o solo, a resposta espectral da água varia com o comprimento de onda de acordo com as interações energia-matéria. Para os corpos d'água, essas interações são função da natureza da própria água e outros fatores a ela associados. A localização e o delineamento dos corpos d'água através de dados de sensoriamento remoto ocorre mais facilmente na região do infravermelho próximo, enquanto que aspectos sobre a condição da água podem ser analisados utilizando dados na região do visível do espectro eletromagnético.

Analisando a fig. 3.1, observa-se que os corpos d'água absorvem quase toda energia incidente nas faixas do infravermelho próximo e médio, mesmo em corpos d'água de pouca profundidade. Portanto, visto que a água absorve energia nestas faixas de comprimento de onda, muito pouca energia é refletida nesta porção do espectro. Este fato é bastante vantajoso para propósitos de sensoriamento remoto, posto que nesta região as características espectrais da água são significativamente diferentes das características da vegetação ou dos solos, o que facilita bastante a identificação e o delineamento de corpos d'água nesta porção do espectro eletromagnético.

Na porção visível do espectro, as interações energia-matéria para corpos d'água tomam-se mais complexas. A água destilada absorve muito pouca radiação abaixo de $0,6\mu\text{m}$.

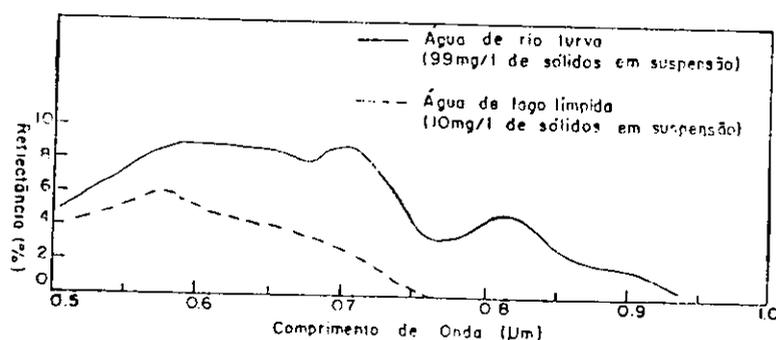


Fig. 3.1 - Curvas de resposta espectral típica de água límpida e turva na faixa de $0,5$ a $1,0\mu\text{m}$ (BARTOLUCCI ET AL, 1977)

As características de transmissão da água dos oceanos e lagos muito limpa são similares às da água destilada. Entretanto a transmitância decresce significativamente quando o nível de turbidez da água aumenta. A alta transmissão e baixa absorção da água limpa indica que onde os corpos d'água são relativamente pouco profundos e a água é muito límpida, a energia refletida que é coletada por sensores remotos na faixa do espectro visível é muito provavelmente função da areia, detritos, rochas ou o que

esteja no leito do corpo d'água. Exceção deve ser feita em situações em que ocorre reflexão especular na superfície da água; nestes casos, o efeito criado é comumente conhecido como cintilação solar (sun glint).

Em seu estado natural, os corpos d'água não são límpidos, mas contém materiais orgânicos e/ou inorgânicos, muitos deles em suspensão, o que provoca variações significativas na transmissão da energia através da água.

Turbidez, causada por sedimentos suspensos é um dos principais fatores que alteram a resposta espectral dos corpos d'água. A concentração de clorofila na água também altera a sua resposta espectral. Quando a concentração de clorofila aumenta, há um decréscimo significativo na quantidade relativa de energia refletida na porção azul e vermelho do visível, enquanto que ocorre um aumento na reflectância na porção verde. Estas variações tem sido usadas para monitorar a presença e estimar a concentração de algas mediante técnicas de sensoriamento remoto.

Dados de reflectância também tem sido usados para detectar a presença ou ausência de tinturas oriundas de vegetação de regiões pantanosas e também presença de poluentes, tais como óleo e alguns dejetos industriais.

Algumas características de interesse exibidas por corpos d'água não produzem diferenças significativas na resposta espectral, como por exemplo, a presença de gases (oxigênio, nitrogênio, dióxido de carbono) e de sais (cloreto de sódio, sulfato de sódio) dissolvidos na água e Ph de corpos d'água ácidos.

Em resumo, em quase todos os casos que envolvem diferenças nas condição da água, há muitas interrelações complexas entre a resposta espectral medida a partir de sistemas de sensoriamento remoto e as características específicas da água em estudo. A menos que se disponha de dados de referência apropriados, é geralmente difícil interpretar corretamente medidas de reflectância associados a tais áreas, obtidas remotamente, conclui QUEIROZ E BARROS (op cit).

PISANI (1989) afirma que as caractísticas de absorção e transmitância da água são influenciadas de forma característica pelos diversos tipos e tamanhos de materiais presentes no corpo d' água. A transmitância na água natural decresce significativamente

a medida em que o nível de turbidez da água aumenta e, no máximo de transmitância altera-se um pouco em direção aos comprimentos de ondas mais longos.

De acordo com SOLOMON & KLOHN (1978), a reflectância da água registra informações da sua superfície, profundidade, presença de clorofila, qualidade e quantidade das partículas em suspensão. A turbidez da água faz com que haja uma maior reflectância da água turva do que da água límpida.

Segundo NOVAES (1979) os dados do LANDSAT mostram-se particularmente confiáveis na localização de águas superficiais. A banda 7 do "scanner" multiespectral do MSS/LANDSAT mostra claramente o contraste entre água e outras superfícies do terreno, de tal modo que corpos de água maiores que 10 acres, podem ser identificados com 99% de precisão. Muitos estudos têm demonstrado o uso efetivo dos dados LANDSAT para delinear áreas de inundação que não desapareçam em menos de 18 dias, para os satélites LANDSAT 1,2 e 3 e 16 dias para os satélites LANDSAT 4 e 5.

CARVALHO et al (1988), monitoraram os espelhos d'água dos açudes do Estado do Ceará, concluindo que os municípios com maior número de açudes, são exatamente aqueles detentores dos açudes de menor tamanho.

SOBRAL et al (1989) mapearam na escala 1:100.000 a rede de drenagem das bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Norte com seus respectivos açudes com capacidade de acumulação a partir de 100.000 m³ de água, através da interpretação visual de imagens TM/LANDSAT-5, canal 4, com apoio básico do mapeamento sistemático da SUDENE/DRN e das viagens de campo para reconhecimento.

NOVO, NIERO E PINTO (1982) estudaram a variação da lâmina d'água nas inundações das varzeas amazônicas, utilizando imagens do MSS/LANDSAT de julho e agosto dos anos de 1976 a 1979. Concluíram com este trabalho que os dados LANDSAT são essenciais ao acompanhamento da variação da lâmina d' água em diferentes épocas. Entretanto a baixa frequência de passagens com níveis aceitáveis de cobertura de núvens prejudica o processo de seleção de imagens.

Além do acompanhamento temporal da variação da lâmina d' água, as imagens permitem a diferenciação da qualidade de água quanto aos tipos de sedimentos em suspensão. Quanto a análise temporal, as distorções geométricas constituem a principal limitação metodológica, pois dificulta a superposição adequada de imagens de diferentes épocas. Concluíram NOVO, NIERO E PINTO (1982).

3.2 - BACIA HIDROGRÁFICA E ASPECTOS DA DRENAGEM

FREITAS (1952), comenta que a caracterização de bacias hidrográficas pode ser feita de duas formas, uma descritiva e outra quantitativa. Porém sabe-se que somente a partir de 1945 é que alguns pesquisadores incentivados por HORTON (1945), verificaram as limitações da análise descritiva, mudando o rumo da linha de pesquisas para análise quantitativa de bacias hidrográficas e redes de drenagem. Até então, o que representa cerca de dois séculos atrás, conforme relata FRANÇA (1968), os pesquisadores trabalhavam quase que inteiramente em bases descritivas, pois tinham interesse nas formas de relevo atual, natureza dos solos, rochas subjacentes. Com isto muitos padrões de drenagem foram descritos, classificados e correlacionados à natureza dos substratos rochosos e/ou à presença de estruturas geológicas.

HORTON (1945) propôs a adoção de critério classificatório para as ordens de rios, em que os tributários menores e não ramificados estão na primeira ordem, atribuindo ao rio principal a ordem mais elevada. A generalização desse novo critério trouxe a vantagem de facilitar a análise e comparação das redes de drenagem, uma vez que, somente elementos da mesma ordem de ramificação são comparáveis.

O termo **padrão de Drenagem** é definido por diversos autores, como a maneira pela qual os cursos d'água se arranjam ou se distribuem dentro de uma dada área de drenagem, lembrando a configuração de um objeto conhecido, que empresta seu nome para a classificação de padrão. (MARCHETTI, 1969).

Na acepção mais genérica do termo, **padrão** toma o significado de um arranjo especial de elementos constituintes ou aspectos particulares de algo, cuja repetição seja factível, assegurando-lhe continuidade. (GEVAERD, 1974)

BLOOM, citado por GEVAERD(1974), estabeleceu cinco tipos básicos de padrão de drenagem: (1) - caótico, caracterizado pela ausência de qualquer elemento repetitivo; (2) - dendrítica, como sendo talvez o mais comum, caracterizado pelo aspecto arborescente dos elementos formativos, e que, genericamente, indicam ausência de controle estrutural ou presença de condições especiais de erodibilidade; (3) - retangular, refletindo controle estrutural de caráter regional, motivado pela presença de juntas entrecruzadas; (4) - treliça, como indicação de controle estrutural exercido por faixas de rochas sedimentares excluindo dobramentos fechados; e, (5) - radial, também com significado de controle estrutural, cuja configuração está subordinada a vulcanismo, exemplificado em cones ou outras montanhas elevadas e aguçadas.

Conforme a citação de MARCHETTI(1969), HORTON(1945) relata que a composição das redes de drenagem tem alto grau de significância hidrológica enquanto o padrão isolado tem pouca significância hidrológica; reconhece contudo, que o padrão de drenagem é altamente significativo como indicador de controle geológico.

CAPÍTULO 4

MATERIAIS E MÉTODOS

4.1- MATERIAIS

No desenvolvimento do presente trabalho , foram utilizados os seguintes materiais: dados bibliográficos, produtos de sensoriamento remoto, cartas topográficas, dados pluviométricos, dados fluviométricos e dados evaporimétricos.

4.1.1 - Produtos de Sensoriamento Remoto

No presente trabalho, foram utilizadas as imagens TM (Thematic Mapper) obtidas pelo sistema LANDSAT- 5, nos canais 3 e 4 referentes à órbita 216, ponto 65, quadrantes A e B , datadas de 16/07/83, 26/07/84, 18/11/85 e 12/08/90, sendo que as de 1984 e 1990 estão na escala de 1: 100.000 e as demais na escala de 1:250.000.

Com a finalidade de se trabalhar com dados na mesma escala, as imagens na escala 1:250.000 foram ampliadas para a escala 1:100.000.

A tabela 4.1 apresenta as principais características dos produtos sensores utilizados.

4.1.2 - Folhas Topográficas

Foram utilizadas as seguintes folhas topográficas da SUDENE na escala 1:100.000 de 1972.

Folha Souza (SB-24-Z-A-V)

Folha Itaporanga (SB-24-V-C-II)

Folha Cajazeiras (SB-24-Z-A-IV)

Folha Orós (SB-24-Z-A-I)

Folha Pau dos ferros (SB-24-Z-A-II)

TABELA 4.1 - Principais características dos produtos fotográficos do sistema LANDSAT - 5

CARACTERÍSTICAS				
SENSOR	CANAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL, (m)	RESOLUÇÃO ESPECTRAL, (μm)	TIPO
TM	3	30	0.63-0.69	P
TM	4	30	0.76-0.79	P

p - passivo; μm - micrômetro (10^{-6})

4.1.3 - Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados correspondem aos postos pertencentes e adjacentes às bacias hidrográficas dos açudes Pilões e São Gonçalo (quadro 4.1), para os anos de 1983, 1985 e 1990, fornecidos pela SUDENE/DPG/PRN/HME e LMRS-PB.

Quadro - 4.1 Postos Pluviométricos.

BACIA	POSTO	CÓDIGO	LATITUDE	LONGITUDE
PILÕES	PILÕES	3832398	06 40	38 31
	S. VICENTE	3833235	06 37	38 20
	B. DO J UÁ	3832089	06 32	38 34
	UIRAÚNA	383318	06 31	38 25
SÃO GONÇALO	S. GONÇALO	3833639	06 55	38 20
	SOUZA	3833554	06 45	38 14
	S. FRANCISCO	3833285	06 37	38 05
	CAJAZEIRAS	3832789	06 53	38 34
	NAZAREZINHO	3833835	06 55	38 20

4.1.4 - Dados evaporimétricos

Os dados evaporimétricos utilizados (quadro 4.2), são da estação evaporimétrica de Souza, medidos no tanque classe A (média do período 1969 a 1983), os quais são representativos para toda área de estudo.

Quadro 4.2 - Evaporação Média Mensal, em mm.

MESES	EVAPORAÇÃO
JAN	268
FEV	203
MAR	194
ABR	173
MAI	178
JUN	185
JUL	218
AGO	267
SET	294
OUT	317
NOV	314
DEZ	326
TOTAL	2937

FONTE : MOLLE (1989)

4.1.5 - Dados Fluviométricos

Os dados fluviométricos dos postos Antenor Navarro, Brejo das Freiras, Emas, São José de Piranhas e Várzea Grande, extraídos do MSDHD (Micro Sistema de Dados Hidrológicos) do DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica).

4.2 - MÉTODOS

A metodologia para análise visual das imagens TM/LANDSAT utilizada neste estudo baseia-se na fotointerpretação das imagens em preto-e-branco, segundo o Método das Chaves Interpretativas e o Método Sistemático.

4.2.1 - Método das chaves Interpretativas

Segundo BARBOSA (1988) , este método caracteriza-se por ser um método empírico e comparativo que baseia-se no conhecimento prévio dos padrões e feições similares, que são confrontados com os existentes na área de estudo.

Os padrões podem ser :

- Visuais - Comparação entre imagens;
- Descritivos - Uma feição do uso da terra é descrita em termos de características fotográficas que se pressupõe serem as mesmas para situações de ocupação numa determinada área.

A aplicação deste método requer muitos cuidados para que não ocorra uma análise enganosa, necessitando assim uma total isenção do fotointérprete, de forma que este evite idéias pré-concebidas.

Maiores detalhes sobre este método, podem ser encontrados em TATOR(1950), MILLER(1961), RICCI & PETRI(1965) e ALLUM(1969).

4.2.2 - Método Sistemático

Os critérios de fotointerpretação utilizados baseiam-se no trabalho de SOARES & FIORI (1976), que adotaram as idéias de GUY(1966) e RIVERAU(1972) e propuseram uma codificação lógica para interpretação de uma imagem fotográfica com as quais é possível recorrer a visão tridimensional (esterioscópica). Posteriormente, VENEZIANNE & ANJOS (1982) procuraram adaptar os critérios de SOARES & FIORI (1976) para imagens de pequena escala, baixa resolução espacial e ausência de estereoscopia. Este processo baseia-se em uma sequência de etapas lógicas e sistemáticas que independem do conhecimento prévio da área.

As regras que conceituam este procedimento segundo VENEZIANI & ANJOS (1982) são:

A análise das propriedades dos elementos de textura e estrutura fotográfica e das tonalidades de cinza, definem as formas e permitem a individualização da zonas imageadas que possuam características semelhantes (zonas homólogas).

O procedimento dedutivo e indutivo é de fundamental importância para se estabelecer o significado das zonas homólogas (vegetação, drenagem, recursos hídricos, geologia e uso da terra). Deste modo, no desenvolvimento deste processo de fotointerpretação são estabelecidas três diferentes etapas:

Fotoleitura: identificação dos elementos texturais de relevo, de drenagem e de uso da terra, onde o elemento textural é a menor superfície contínua e homogênea, passível de repetição, distinguível em uma imagem fotográfica;

Fotoanálise: análise das propriedades dos elementos de reconhecimento de drenagem e relevo (estrutura, grau de estruturação e ordem de estruturação) e caracterização das formas segundo estas propriedades (figura 4.1).

Na fotoanálise para os produtos TM/LANDSAT-5, devido às características espectrais dos mesmos, é feita a análise das tonalidades de cinza, que requer cuidados especiais, pois estas características refletem as alterações no tipo da cobertura vegetal e no tipo litológico-estrutura geológica;

Fotointerpretação : associação dos dados analisados a um significado, tendo por base a experiência profissional e os conhecimentos mais atualizados da área de estudo do fotointérprete.

Este processo evita muitos problemas, como o de idéias pré-concebidas pelo fotointérprete, que surgem quando da utilização do método das chaves interpretativas, sendo por isso usado neste trabalho. Maiores detalhes sobre o processo fotointerpretativo podem ser encontrados em SOARES & FIORE (1976), VENEZIANI (1986) e SANTOS (1986).

4.2.3 - Trabalhos de Reconhecimento de Campo

Para execução deste trabalho realizou-se uma viagem a campo, com o fim de complementar o mapa de solos da bacia do açude Pilões, na escala 1:100.000; identificar as manchas homogêneas na análise do uso do solo (para os anos de 1984 e 1990) e no aspecto hidrológico, obter informações sobre capacidade, uso, profundidade máxima dos pequenos açudes.

4.2.3.1 - Mapa de Solo

Para a bacia do açude São Gonçalo, utilizou-se o mapa de solo, folha SB.24-P-IV(souza), confeccionado por SANTOS et al (1987) na escala de 1:100.000. Para a bacia do açude Pilões foi feita uma complementação dos dados de solos.

Para a confecção do mapa de solos da bacia do açude Pilões, inicialmente, através da imagem do satélite TM/LANDSAT-5, de julho de 1984, separou-se as manchas homogêneas, quanto à tonalidade e a textura topográfica e fotográfica e comparou-se estas manchas com as do mapa elaborado por SANTOS et al (1987), identificando-se as manchas coincidentes. Para as manchas que compreendiam uma área não contemplada pelo mapa citado fez-se o reconhecimento através de uma viagem ao campo com auxílio do mapa de solos do Departamento de Recursos Naturais da SUDENE (escala 1:500.000). Posteriormente, no laboratório, checkou-se com as manchas identificadas nas imagens, elaborando-se assim o mapa final de solos da bacia do açude Pilões. Os mapas de solos das duas regiões encontram-se no anexo A.

4.2.3.2 - Mapa de Uso da Terra

A imagem de satélite, possibilita a identificação e mapeamento das áreas de vegetação natural, de uso agrícola, áreas urbanas bem como áreas devastadas, desde que tais áreas estejam acima da resolução do satélite utilizado.

Elaborou-se este mapa a partir das imagens de julho de 1984 e agosto de 1990, com o fim de se identificar a evolução do uso da terra neste período, e a sua relação com o incremento de açudes na região, visto que uma das utilidades do açude é para irrigação de terras à sua montante ou jusante.

A seleção do ano de 1984 ao invés dos anos de 1983 ou 1985 deu-se porque a escala original das imagens destes últimos anos não permitiam a diferenciação do uso dos solos.

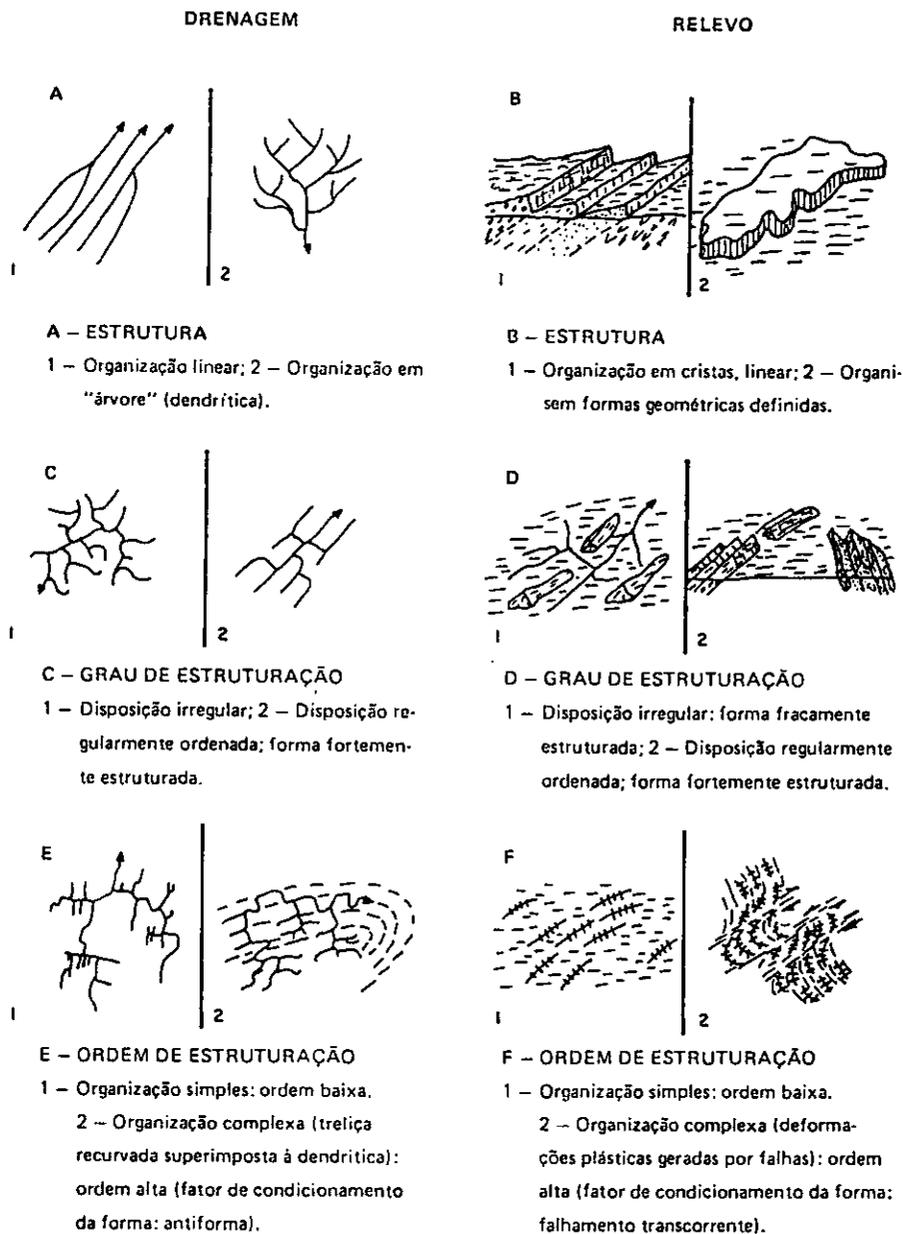


Fig. 4.1 - Propriedades que Caracterizam as Formas da Rede de Drenagem e do Relevo.

Fonte: VENEZIANI & ANJOS (1982)

4.2.3.3 - Recursos Hídricos

Pela quase inexistência de dados hidrológicos referentes a pequenos açudes, no Semi-Árido paraibano, principalmente os de propriedade particular, pré-estabeleceu-se uma amostragem de 10% dos açudes a serem visitados em cada uma das bacias, com o fim de se obter dados de capacidade e espelho d'água máximo, quando possível, e dados de profundidade máxima, além de outros dados como: solo, relevo e vegetação.

A seleção destes açudes, a partir da observação preliminar dos espelhos d'água, independentemente de sua extensão, nas imagens de 12/08/1990 na escala de 1:100.000, obedeceu a dois parâmetros:

- Distribuição espacial e
- Tipo de solo

O anexo A, apresenta a descrição dos açudes visitados nas bacias estudadas, assim como as informações prestadas pelos proprietários e/ou usuários dos referidos mananciais.

4.2.4 - Análise da Bacia Hidrográfica

Trabalhou-se com o conceito de bacia hidrográfica por constituir, segundo LANI(1989) , "uma unidade integradora de todo o ecossistema no uso racional do solo, da água e de outros recursos naturais".

4.2.4.1 - Características Físicas Hidrológicas da Bacia Hidrográfica

Segundo VILLELA e MATOS (1975), as características físicas de uma bacia são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico; e além disso, permitem comparações entre bacias hidrográficas. No presente trabalho foram utilizados os seguintes parâmetros físicos para caracterizar as bacias estudadas: coeficiente de compacidade, fator de forma, extensão média dos cursos d'água, densidade de drenagem e frequência de rios.

- Coeficiente de Compacidade (Kc)

O Coeficiente de Compacidade ou Índice de Gravelius (Kc) é a relação entre o perímetro da bacia e a raiz quadrada de sua área, de acordo com a equação 4.1.

$$Kc = 0,28 P / \sqrt{A} \quad (4.1)$$

Onde:

P - Perímetro da bacia, Km

A - Área da bacia, Km²

Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será seu coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular, VILLELA e MATOS (1975).

- Fator de Forma (Kf)

Fator de Forma é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Mede-se o comprimento da bacia quando se segue o curso d'água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante na bacia segundo a equação 4.2.

$$Kf = A / L^2 \quad (4.2)$$

Onde:

A - Área da Bacia , Km²

L - Extensão do maior curso d'água, Km

O Fator de Forma constitui um índice indicativo da menor ou maior tendência para enchentes de uma determinada bacia hidrográfica em relação a outra de mesmo tamanho porém com fator de forma diferente. Por exemplo, em uma bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas

intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão, Além disso, numa bacia deste tipo, os tributários atingem o curso d'água principal em vários pontos ao longo da mesma, afastando-se portanto, da condição ideal da bacia circular , na qual a concentração de toda bacia tende a ser num só ponto.

- Extensão Média do escoamento Superficial, (I)

Este índice é definido como sendo a distância média em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia, segundo a equação (4.3).

$$I = A / 4L$$

(4.3)

Onde:

A - Área da Bacia, Km²

L - Extensão do maior curso d'água, Km

4.2.4.2 - Rede de Drenagem

A rede de drenagem das bacias em estudo foi traçada inicialmente a partir das cartas topográficas da SUDENE e posteriormente completadas através da análise visual das imagens TM/LANDSAT, onde a rede de drenagem, depois do relevo, é o elemento que mais se destaca.

Segundo VALÉRIO FILHO et al (1981), a drenagem resulta da manifestação de uma série de fatores como relevo, clima, vegetação, geologia e características do próprio solo.

O padrão de drenagem desenvolvido em uma região é, em grande parte, função da relação infiltração/deflúvio. Solos relativamente arenosos devido a textura grosseira favorecem a infiltração em detrimento do deflúvio, apresentando um padrão de drenagem menos denso, conclui VALÉRIO FILHO et al (op cit).

Neste trabalho realizou-se a análise qualitativa e quantitativa dos padrões de drenagem, segundo os parâmetros, padrão de drenagem, grau de integração, grau de controle, angularidade, ângulo de junção, densidade de drenagem e frequência de rios (VALÉRIO FILHO et al, 1981) .

- Padrão de Drenagem.

O Padrão de Drenagem pode ser classificado em vários tipos segundo a disposição espacial dos canais. Assim tem-se como principais tipos: dendrítico, treliça, retangular, paralelo, radial e anelar, como mostra a figura (4.2)

- Grau de integração

O Grau de Integração refere-se ao grau de unidade exibido por um determinado padrão de drenagem como características comuns, sendo possível determinar seus limites, pode ser integrado e não integrado, figura (4.3). O Grau de Integração oferece meios para que se possa fazer inferências quanto aos aspectos de textura, permeabilidade e grau de erodibilidade dos solos da área.

- Grau de Controle

Refere-se às relativas modificações de direção que sofrem os canais de um padrão de drenagem, que podem ter alto grau de controle ou baixo grau de controle.

O grau de controle tem significado quanto às condições do substrato rochoso.

- Angularidade

Refere-se às mudanças bruscas que sofrem os canais de drenagem em seu percurso. Pode ser de alta angularidade que indica sistemas de falhas; e baixa angularidade que implica uma mudança gradual e suave dos canais, a qual pode indicar também sistemas de falhas, porém em rochas pouco resistentes.

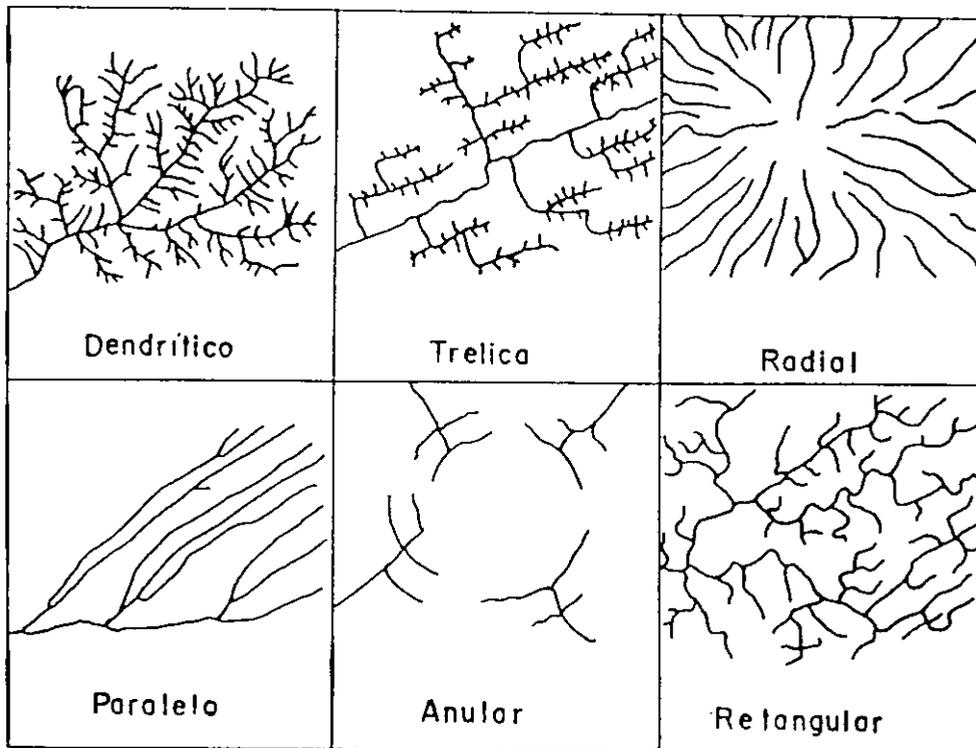


Fig. 4.2 - Tipos de Padrões de Drenagem

Fonte: PARVIS (1950)

- Ângulo de Junção

Refere-se ao ângulo formado na foz de um tributário com seu receptor e pode ser reto, agudo ou muito agudo e às vezes obtuso.

- Densidade de Drenagem (Dd)

A densidade de drenagem permite avaliar quantitativamente a eficiência de drenagem da bacia. Este índice é obtido dividindo-se o comprimento total dos cursos d'água pela área da bacia, segundo a equação 4.4:

$$Dd = Lt / A$$

(4.4)

Onde:

Lt - Comprimento total dos cursos d'água, Km

A - Área da bacia, Km²

Pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 Km/Km² para bacias com drenagem pobre, a 3,5 Km/Km² ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas. VILLELA E MATOS (1975).

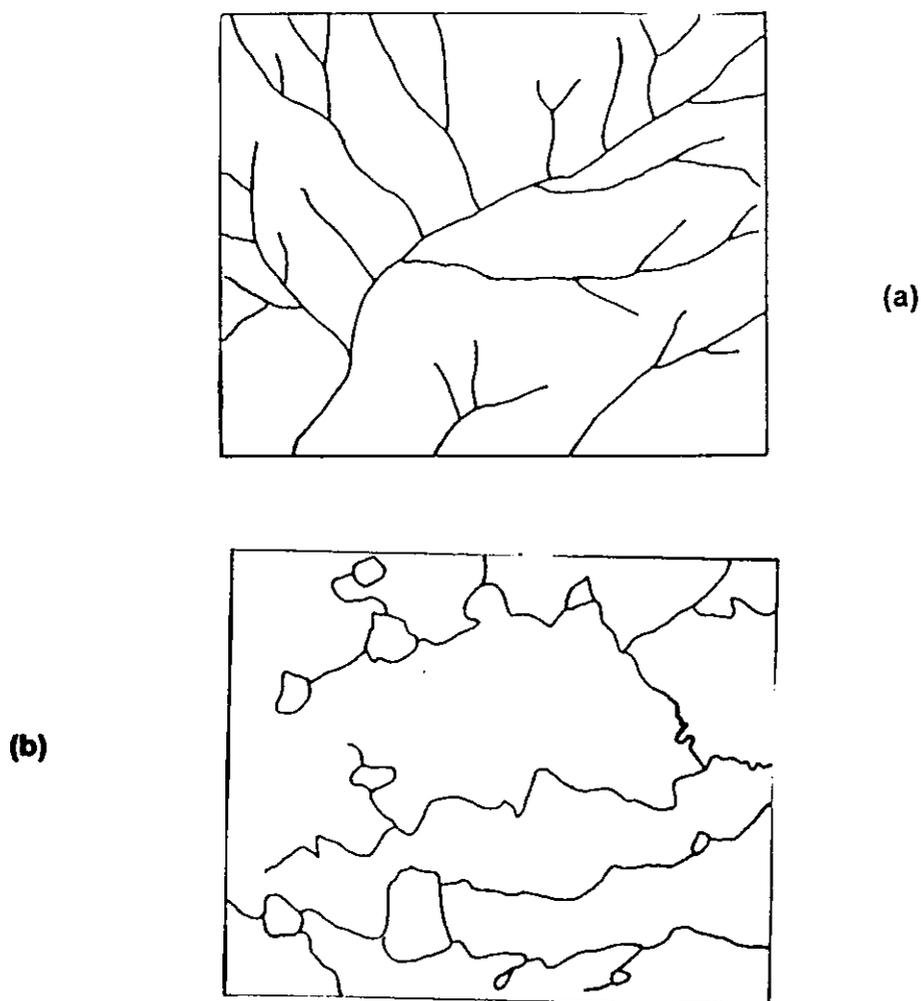


Fig.4.3 - Drenagem: a) Integrada, Uniforme e Orientada; b) com Baixo Grau de Integração, não Uniforme e Não Orientada .

Fonte: LUEDER (1959)

- Frequência de Rios, (Fr)

Este índice fornece o número de rios por quilômetro quadrado de área, obtido através da relação entre o número total dos cursos d'água e a área da bacia hidrográfica, segundo a equação, descrita abaixo:

$$\boxed{Fr = Nt / A} \quad (4.5)$$

Onde:

Nt - Número Total dos Cursos d'água

A - Área da Bacia, Km²

4.2.5 - Evolução dos Corpos de Água

Com auxílio das imagens TM/LANDSAT, procedeu-se a análise da variação temporal do número de açudes, nas datas de 16/07/83, 18/11/85 e 12/08/90, estimando-se com isto como o incremento de novos açudes nas bacias estudadas através do índice densidade de açudes, que fornece o número de açudes por quilômetro quadrado, como mostra a equação (4.6):

$$\boxed{Da = Na / A} \quad (4.6)$$

Onde :

Na - Número de Açudes

A - Área da Bacia, Km²

Para utilização do modelo de simulação hidrológica selecionado foi necessária a obtenção de dados de chuva média, evaporação e vazão, portanto para os dados pluviométricos, fez-se inicialmente a correção de falhas da série histórica dos postos selecionados e posteriormente obteve-se a chuva média pelo método dos Polígonos de Thiessen.

4.2.6 - Correção de Falhas Pluviométricas Anuais e Mensais.

Para a correção de falhas anuais e mensais adotou-se o método exposto por BARTH (1987). Para se corrigir a falha de um posto pluviométrico "X" utiliza-se dois postos pluviométricos, sem falhas, no mesmo período e aplicou-se as equações 4.8 a 4.10.

$$PX = \alpha PA + \beta PB \quad (4.8)$$

Onde:

PA e PB - Precipitação nos postos A e B

PX - Precipitação a estimar em X

α, β - Coeficientes

- Os coeficientes α, β , foram obtidos pela equações discriminadas abaixo,

$$\alpha = MX / n \cdot MA \quad (4.9)$$

e

$$\beta = MX / n \cdot MB \quad (4.10)$$

Onde:

n - N° de postos usados na regressão

MA, MB - Precipitação média anual dos postos A, B

MX - Precipitação média anual no posto X

4.2.7 - Determinação da Chuva Média .

Para determinação da chuva média dentro da bacia, utilizou-se o Método dos Polígonos de Thiessen citado por PINTO et al (1976). Este método consiste em determinar a área de influência de cada posto pluviométrico dentro da área estudada, de

forma que qualquer ponto dentro da área de influência determinada, está mais próximo deste posto que de qualquer outro posto adjacente.

A determinação da área de influência de cada posto pluviométrico se obtém a partir dos seguintes passos:

- os postos pluviométricos adjacentes devem ser unidos por linhas retas;
- traçam-se perpendiculares a essas linhas a partir das distâncias médias entre os postos e obtém-se polígonos limitados pela área da bacia;
- a área A de cada polígono é o peso que se dará á precipitação em cada aparelho (P_i);

As precipitações médias das bacias foram obtidas utilizando-se a equação (4.7) :

$$hm = \frac{\sum P_i \cdot A_i}{\sum A_i} \quad (4.7)$$

Onde:

- P_i** - Precipitação em cada posto pluviométrico
 A_i - Área de influência de cada posto pluviométrico
 hm - Precipitação média

Os postos utilizados para obtenção da precipitação média mensal através do método dos Polígonos de Thiessen, foram os de Uiraúna, Barra do Juá e São Vicente, na bacia do açude Pilões e os postos de Nazarezinho e São Gonçalo para a bacia do açude São Gonçalo.

4.2.8 - Determinação da Curva-Chave dos Postos Fluviométricos

Selecionados.

Para o emprego do modelo de simulação hidrológica chuva-vazão "tank model", necessitou-se de dados de vazão, no período de 1983 à 1990, para os postos selecionados de Antenor Navarro, Brejo das Freiras e Várzea Grande. Como, para este

período, os dados disponíveis eram de cota do nível da água na seção, foi necessário determinar a equação da curva-chave (relação entre a cota e a vazão), a partir de campanhas de medição de vazão em campo e assim realizar a conversão de cota em vazão.

- Obtenção da Curva-Chave :

A partir dos dados de cota-vazão dos postos de Antenor Navarro (1965 -1986), Brejo das Freiras (1969 - 1971) e Várzea Grande (1962 -1988), obtidos a partir de campanhas de medição realizadas em campo, construiu-se os gráficos das respectivas curvas-chave.

A curva que melhor se ajustou aos dados em todos os postos é do tipo $Q = ah^b$, onde a e b são parâmetros obtidos através dos Mínimos Quadrados, Q é a vazão em m^3/s e h é a cota em m . Estas curvas são apresentadas nas figuras 6.4 a 6.6, no topo do gráfico encontra-se a equação definida para às condições hidrológicas do referido posto. Convencionou-se no gráfico que o triângulo corresponde aos dados de vazão observados a partir de uma determinada cota, e a representação de uma circunferência com um traço corresponde a vazão obtida a partir da equação da curva-chave.

4.2.9 - Modelo Chuva - Vazão "Tank Model"

Para obtenção do volume de água afluente, foi necessária a obtenção das lâminas escoadas nas bacias estudadas. Como não se dispunha para o período estudado, destes dados obtidos *in loco*, optou-se pela utilização de um modelo matemático de simulação pela confiabilidade que este método oferece em relação à outros métodos mais simples (regressão simples e múltipla).

O Tank-Model (SUGAWARA, 1979), embora pouco difundido no Brasil, tem se constituído em um modelo com ótimo desempenho, tanto para intervalos diários, quanto para intervalos mensais. Isso tem sido comprovado pelos resultados alcançados nas várias aplicações com o modelo. Uma comparação feita entre sete modelos consagrados mundialmente destacou-se o Tank-Model entre os melhores (FRANCHINI E PACCIANI, 1990) in DINIZ (1994). A tabela 4.2 resume os resultados dessa comparação.

Este modelo de simulação representa o sistema hidrológico por uma série de tanques fictícios (reservatórios), arrançados de acordo com os extratos do solo.

O princípio fundamental deste modelo é bastante simples (DINIZ, 1994). Ele é composto por dois tipos de tanques (figura 4.4-a e 4.4-b), que podem ser aproximados por um modelo linear (figura 4.4-c) movendo-se as saídas laterais para o fundo do tanque. Esse modelo linear é um sistema de primeira ordem descrito por $b/[\Delta+(a+b)]$, onde Δ é um operador diferencial, a corresponde as saídas laterais e b as saídas do fundo do tanque, $1/(a+b)$ é a taxa de descarga resultante. O princípio básico modificação dos parâmetros é o seguinte: para mudar-se a forma da hidrógrafa altera-se $(a + b)$, ou seja, para tornar a hidrógrafa mais íngreme aumenta-se $(a + b)$, e vice versa. Para controlar o volume total da hidrógrafa muda-se $[b / (a + b)]$, para fazer maior o volume total de descarga sem mudar a forma da hidrógrafa pode-se aumentar b e manter a soma resultante $a + b$ inalterada, e vice versa.

Tabela 4.2 - Comparação de alguns modelos conceituais chuva-vazão.

MODELO	Variância		Coef. Determinação		Coef. Correlação	
	Calibração	Simulação	Calibração	Simulação	Calibração	Simulação
STANFORD IV	0,843	0,845	0,830	0,844	0,911	0,919
SACRAMENTO	0,836	0,835	0,821	0,833	0,906	0,913
TANK	0,875	0,847	0,856	0,845	0,925	0,919
APIC	0,766	0,820	0,751	0,779	0,866	0,883
SSARR	0,867	0,834	0,829	0,824	0,910	0,908
XINANJIANG	0,880	0,822	0,840	0,821	0,916	0,906
ARNO	0,888	0,853	0,880	0,851	0,938	0,923

Modelos calibrados para dados da bacia do Rio Sieve, afluente do Rio Arno, Itália. Foram usados quatro meses de dados horários, sendo um mês para calibração e três para validação.

Fonte : DINIZ (1994).

Para as condições do semi-árido nas simulações mensais, DINIZ (1994) experimentou e aplicou o modelo com dois tanques sobrepostos, sendo que o tanque

superior, tem duas saídas laterais, representando o escoamento superficial e sub-superficial, e o inferior representando o escoamento de base (figura 4.5).

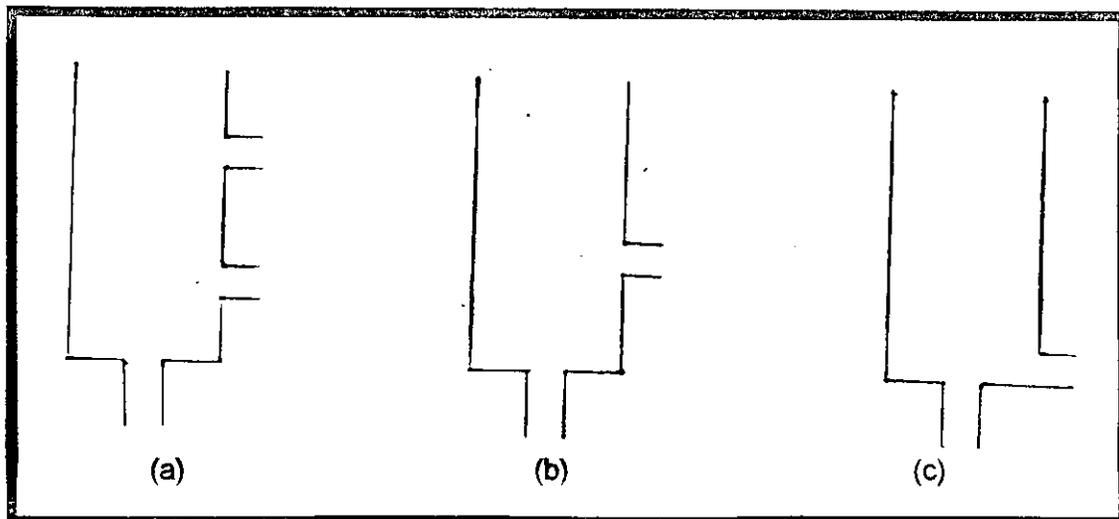
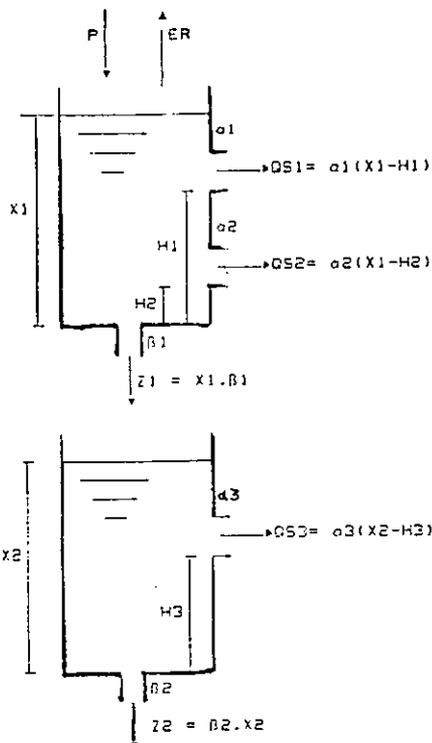


Fig. 4.4 - Tipos de Tanks

A aplicação deste modelo dá-se em duas fases: a primeira é a de calibração, que tem por objetivo determinar a faixa ótima de parâmetros, a partir de um período de dados conhecidos de precipitação, vazão e evaporação da bacia hidrográfica da estação fluviométrica selecionada; e a segunda fase, que é a de simulação, que tem por finalidade estender os parâmetros obtidos na fase de calibração, para se obter os dados de vazão de um período determinado.

O sucesso de qualquer processo de calibração, segundo DINIZ(1994) é altamente dependente da natureza dos dados usados (quantidade e qualidade). Existe quase um consenso de que os dados da calibração devem ser representativos dos vários fenômenos experimentados pela bacia hidrográfica.

Para obtenção do escoamento superficial nas bacias de Pilões e São Gonçalo, através do modelo de simulação chuva-vazão "Tank Model", utilizou-se os dados de vazão do posto fluviométrico pertencente à bacia, como no caso do posto Várzea Grande, ou adjacente a bacia, como no caso dos postos Antenor Navarro e Brejo das Freiras.



LEGENDA :	
P	Precipitação Média na Bacia.
ER	Evaporação Real calculada.
X1,X2	Umidade existente nos reservatórios em cada intervalo de tempo de computação.
H1,H2,H3	Armazenamentos Mínimos necessários para que haja escoamento no orifício imediatamente acima.
$\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3$	Coeficientes reguladores dos escoamentos superficial, subsuperficial e de base, respectivamente.
B1,B2	Coeficiente reguladores da infiltração par os reservatórios inferiores.
QS1, QS2, QS3	Escoamentos provenientes das diversas camadas do solo.
Q total	Vazão total que é a soma de QS1 + QS2 + QS3.

Fig. 4.5 - Representação Esquemática do modelo mensal "Tank Model", com parâmetros observados.

- Parâmetros desenvolvidos para a região semi-árida do Nordeste Brasileiro :

Para calibração do modelo foram determinadas as seguintes faixas de parâmetros (quadro 4.3), estudados e indicados por DINIZ (1994), que permitiram a representação hidrológica das bacias estudadas na região semi-árida da Paraíba.

Quadro 4.3 - Faixa de Utilização dos Parâmetros, determinados para a região semi-árida da Paraíba.

LIMITE	H1	H2	H3	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	B1	B2	KU	KS	LLP
INFERIOR	1,00	1,00	1,00	0,05	0,05	0,05	,001	,001	0,20	0,20	10,00
SUPERIOR	900,00	900,00	900,00	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,90	0,90	150,00

Onde:

- H1,H2,H3** - Armazenamentos mínimos necessários para que haja escoamento no orifício imediatamente acima.
- $\alpha 1,\alpha 2,\alpha 3$** - Coeficientes reguladores dos escoamentos superficial, subsuperficial e de base, respectivamente.
- B1,B2** - Coeficiente reguladores da infiltração para os reservatórios inferiores.
- KU** - Coeficiente de evaporação do período úmido.
- KS** - Coeficiente de evaporação do período seco.
- LLP** - Lâmina controladora da condição de evaporação.

Após a obtenção das lâminas simuladas pelo modelo para análise do volume afluente às bacias hidrográficas dos açudes estudados, bem como das lâminas necessárias para encher os açudes amostrados, utilizou-se as fórmulas, descritas no sub-item a seguir:

4.2.10 - Capacidade, Profundidade e Volume Afluente ao Açude.

■ Cálculo da Capacidade do Açude (C):

Obtido a partir do coeficiente de abertura "K", a altura máxima e o coeficiente de forma segundo a expressão 4.9 (MOLLE & CADIER, 1992).

$$C = K \cdot (H_{\max})^{\textcircled{2}} \quad (4.9)$$

Onde:

- K** - Coeficiente de Abertura
- H_{máx}** - Profundidade Máxima da Barragem, m
- C** - Capacidade do açude, m³

② - Coeficiente de Forma

■ Cálculo da Profundidade do açude(H) :

Obtido a partir dos parâmetros, volume do açude e coeficiente de abertura segundo a expressão 4.10 (MOLLE & CADIER, 1992):

$$H = (V/K)^{0.37} \quad (4.10)$$

Onde:

V - Volume do açude, m³

■ Cálculo do Volume Afluente (V_{afl}) :

É o produto entre lâmina escoada e a área da bacia conforme expressão 4.11.

$$V_{afl} = Lesc. Ab \quad (4.11)$$

Onde:

Lesc - Lâmina Escoada, m

Ab - Área da bacia, m²

■ Cálculo da Lâmina Necessária para Encher o Açude (L_{am}):

Corresponde a relação entre o espelho de água máximo do açude e a área da sua respectiva bacia hidrográfica, segundo a equação 4.12.

$$L_{am} = S/Ab \quad (4.12)$$

Onde:

S - Espelho d'água máximo do açude, m²

Ab - Área da bacia, m²

CAPÍTULO 5

CARACTERÍSTICA DO PRODUTO DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZADO: IMAGENS TM/LANDSAT

5.1 - DADOS FUNDAMENTAIS

As características dos produtos fotográficos de sensoriamento remoto utilizados estão diretamente relacionadas com as faixas do espectro eletromagnético (figura 5.1) que eles registram e o tipo de recursos utilizados para este registro.

Os resultados da interpretação destes produtos são decorrentes das suas características e a escolha dos produtos deve estar relacionada com os objetivos do trabalho e com as características da área de estudo.

As características dos produtos variam em função dos seguintes fatores:

- resolução espacial, espectral e temporal;
- tipo de plataforma (aeronave, satélite, etc);
- sistema de coleta de dados (passivos: câmara fotográfica, televisão, imageadores multiespectrais, etc; ativos: radar)

Tais características devem ser consideradas antes do início de um determinado trabalho, de acordo com os seus objetivos, que em conjunto com as características da área deverão orientar a escolha dos tipos dos produtos a serem utilizados.

Deste modo deve-se levar em conta os seguintes parâmetros dos principais produtos de sensoriamento remoto utilizados neste trabalho:

- Resolução Espectral

Os alvos naturais possuem comportamentos espectrais característicos segundo suas capacidades de refletir a energia que incide sobre eles.

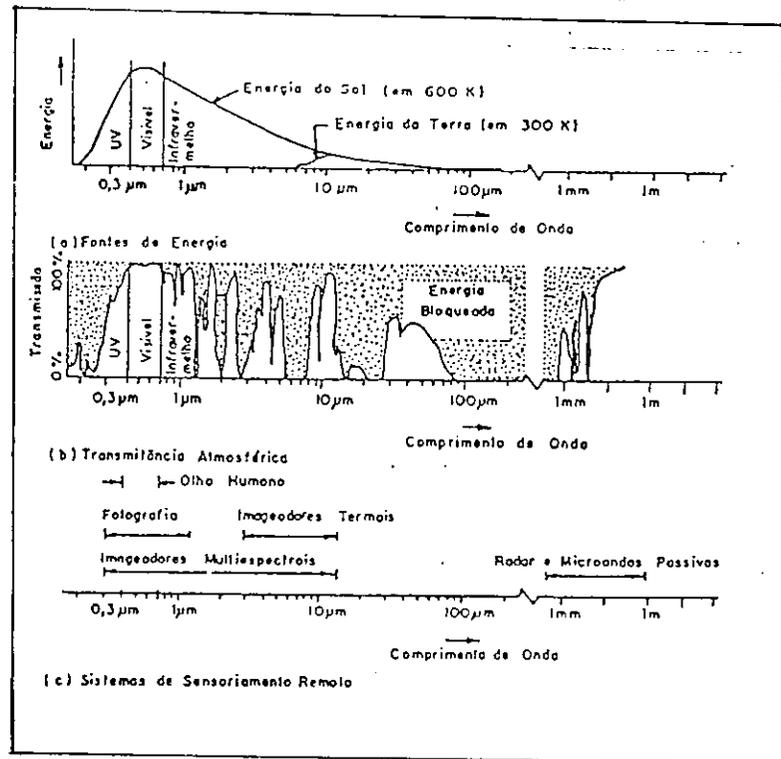


Fig. 5.1 - Características espectrais das principais fontes de energia eletromagnética (sol e terra), da transmitância atmosférica e faixas de atuação dos sistemas sensores).

Fonte: LILLESAND & KIEFER (1979)

A reflectância espectral é a razão entre o fluxo da energia refletida e o fluxo da energia incidente sobre o corpo e caracteriza espectralmente cada alvo (figura 5.2).

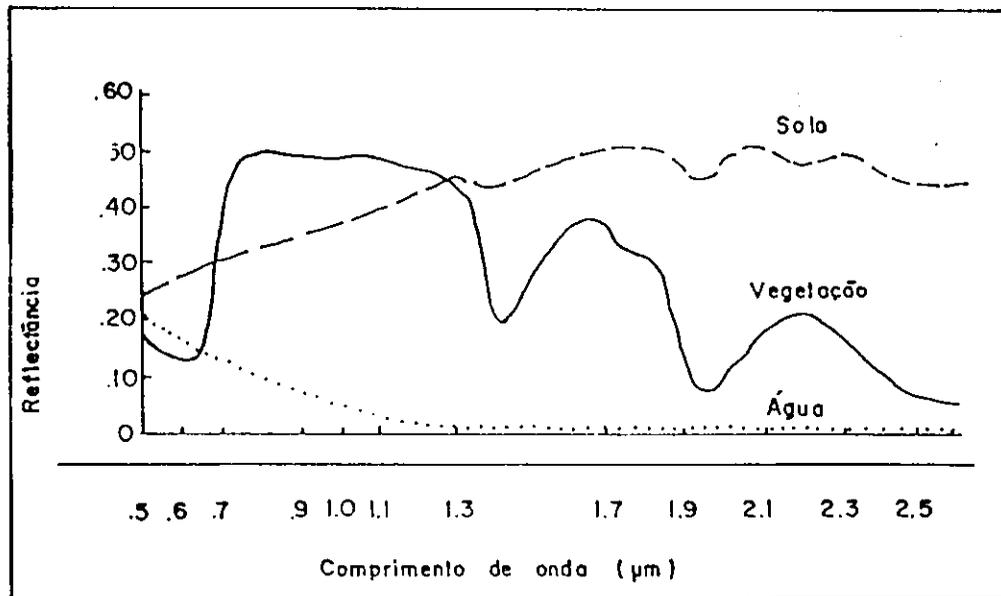


Fig. 5.2 - Curvas típicas da reflectância espectral para os principais alvos da superfície terrestre: solo, água e vegetação.

Fonte: STEFFEN et al (1981)

Nas imagens fotográficas LANDSAT, a reflectância espectral está representada pelas tonalidades de cinza.

• Resolução Espacial

A tonalidade de cinza de cada ponto da imagem LANDSAT corresponde ao valor da radiância do elemento de resolução do terreno (ERT) que possui valor médio de 30 m X 30 m para o TM.

A grosso modo, a resolução espacial pode ser considerada como a densidade de pontos discerníveis na imagem.

Apesar desta característica ser pré-estabelecida para cada sensor, alvos que tenham resoluções menores que o ERT podem ser distinguíveis. Por exemplo: alvos como estradas, aluviões, matas, galerias são feições que apresentam alto contraste em relação aos alvos que lhe são vizinhos, permitindo assim, que sejam distinguidos nas imagens.

Por outro lado, o inverso pode ocorrer. Por exemplo, unidades litológicas com características físico-químicas semelhantes e com cobertura vegetal homogênea não serão distinguíveis, mesmo que a espessura de seus estratos ultrapasse as dimensões mínimas exigidas pela resolução espacial do sistema (VENEZIANI, 1986)

- **Resolução Temporal**

Relaciona-se com a repetitividade de imageamento de uma mesma área do terreno, sendo para os satélites LANDSAT 1,2 e 3 de 18 em 18 dias e para os LANDSAT 4 e 5 de 16 em 16 dias.

5.1.1 - O Sistema TM/LANDSAT

As imagens TM (Thematic Mapper) são de melhor resolução espectral que as MSS, sendo apresentadas em 7 canais: 3 na região do visível; 3 na região do infravermelho refletido e 1 na região do infravermelho termal. A resolução espacial dos canais TM para as regiões do visível e infravermelho refletido é de 30 metros. Para o canal termal a resolução é de 120 metros.

Em termos gerais, segundo USGS/NOAA (1984), as principais aplicações das imagens TM/LANDSAT são as seguintes:

Canal 1 - 0,45 μ m a 0,52 μ m - visível - (azul), projetado para mapeamento de águas costeiras, diferenciação entre solo e vegetação, e entre tipos de vegetais;

Canal 2 - 0,52 μ m a 0,60 μ m - visível - (verde), é o canal mais importante para o estudo da vegetação. é a banda de absorção da clorofila;

Canal 3 - 0,63 μ m a 0,69 μ m - visível - (vermelho), é o canal mais importante para o estudo de vegetação. É a banda de absorção da clorofila.

Canal 4 - 0,76 μ m a 0,90 μ m - infravermelho refletido próximo - projetado para auxiliar nos trabalhos que envolvem cálculos de biomassa e descrição de corpos de água;

Canal 5 - 1,55 μ m a 1,75 μ m - infravermelho refletido médio - projetado para fornecer informações a respeito da umidade do solo, da vegetação e do tipo de cultura;

Canal 6 - 1,04 μ m a 1,25 μ m - infravermelho termal - projetado para auxiliar na classificação vegetal, análise de "stress" na vegetação, observação da umidade de solos e outros mapeamentos de fenômenos termais;

Canal 7 - 2,08 μ m a 2,35 μ m - infravermelho refletido - projetado para mapeamento de formações rochosas.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS HIDROLÓGICAS DAS BACIAS :

As bacias hidrográficas dos açudes Pilões e São Gonçalo apresentam cursos d'água de regime temporário, de 5ª ordem de ramificação e possuem características físicas semelhantes (quadro 6.1), excetuando a freqüência de rios, que para a bacia do Pilões assume o valor de 0,568/km² enquanto que a de São Gonçalo mostra quase o dobro, 1,036/km². Esta diferença acentuada está diretamente relacionada com o substrato rochoso das duas bacias. A bacia hidrográfica do açude Pilões, se desenvolve preferencialmente sobre rochas sedimentares do fareozóico, enquanto que a bacia hidrográfica do açude São Gonçalo está sobre rochas cristalinas do Pré Cambriano indiviso. A extensão média do escoamento superficial de ambas as bacias é da ordem de 3,0 Km, sendo que a bacia do São Gonçalo apresenta densidade de drenagem um pouco superior à do Pilões. Os índices de forma das bacias aqui determinados são indicativos de que as mesmas não apresentam tendência para grandes enchentes.

Quadro 6.1 - Características físicas-hidrológicas das bacias hidrográficas dos açudes Pilões e São Gonçalo.

	Pilões	São Gonçalo
Freqüência de Rios (Fr), 1/Km ²	0,568	1,036
Fator de Forma (Kf)	0,200	0,361
Coefficiente de Compacidade, (Kc)	1,676	1,622
Densidade de Drenagem, (Dd), Km/Km ²	1,099	1,270
Extensão Média do Esc. Superficial,(l), Km	3,084	2,931

6.1.1 - Análise Qualitativa da Rede de Drenagem

Através da análise qualitativa da rede de drenagem (anexos D1 a D6), a partir das imagens TM/LANDSAT, foram obtidas as seguintes informações, contidas no quadro 6.2, para a bacia do Pilões e São Gonçalo respectivamente:

Quadro 6.2 - Características Qualitativas da Rede de Drenagem das Bacias dos Açudes Pilões e São Gonçalo.

CARACTERÍSTICA	PILÕES	SÃO GONÇALO
Padrão de Drenagem	Dendrítico Modificado	Dendrítico
Grau de Integração dos Canais de Escoamento	Integrado	Integrado
Grau de Controle	Alto	Alto
Angularidade	Baixa à Média	Média à Baixa *
Angulo de junção entre os tributários e os Receptores	Predominantemente agudo	Agudo

* - Na bacia do açude Pilões a angularidade foi considerada de baixa à média em relação à angularidade da bacia do açude São Gonçalo que foi de média à baixa, pois na primeira bacia embora note-se mudanças bruscas nos cursos d'água dos rios, elas não são tão significativas como na bacia do São Gonçalo.

6.2 - Análise da Tendência da utilização dos solos das bacias estudadas para construção de açudes.

A partir da caracterização das manchas de solos, realizado com auxílio das imagens TM/LANDSAT (anexo - A), pôde-se inferir que, dos açudes amostrados (figura 6.1), 50% estão construídos em solo Bruno não Cálculo (foto nº 6.1), considerado por MOLLE & CADIER (1992) como sendo material de excelente qualidade para construção de açudes; 29% estão em solos litólicos, 7% em Podzólico, considerados bons, quando não são pedregosos (no caso do litólico) ou arenosos demais e 14% em vertissolo,

segundo MOLLE & CADIER (op cit), este tipo de solo deve ser descartado devido às suas fendas e rachaduras.

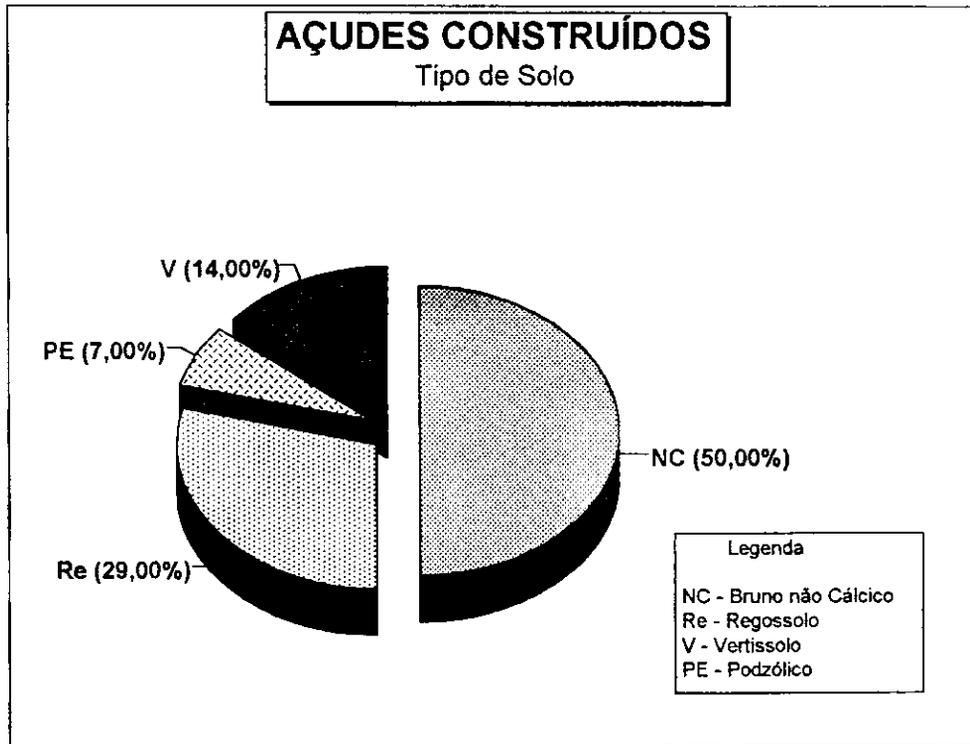


Fig. 6.1 - Percentual de açudes construídos de acordo com o tipo de solo encontrado na região.



Foto nº 6.1 - Açude Dois Riachos, em área de solo Bruno Não Cálculo, com pouco afloramento de rocha em área de relevo suave ondulado.

6.3 - Aproveitamento dos Açudes Amostrados

Realizou-se o levantamento em campo do aproveitamento dos açudes amostrados, com o fim de confrontá-lo com os dados obtidos no mapa de Uso da Terra buscando-se com isto a relação entre a intensidade do uso da terra e a maior ou menor presença de pequenos açudes na região.

Observando-se a trilogia, abastecimento humano, abastecimento animal e irrigação. Durante a viagem de campo, constatou-se "in loco" o grau de utilização da água armazenada através de açudes. 100% dos mananciais (figura 6.2), destinam-se ao abastecimento animal, 57% são utilizados para consumo humano e apenas 29% dos açudes são utilizados para irrigação de áreas igual ou inferior a 4,0 ha. Todos os mananciais são utilizados com cultura de jusante e/ou de vazante.

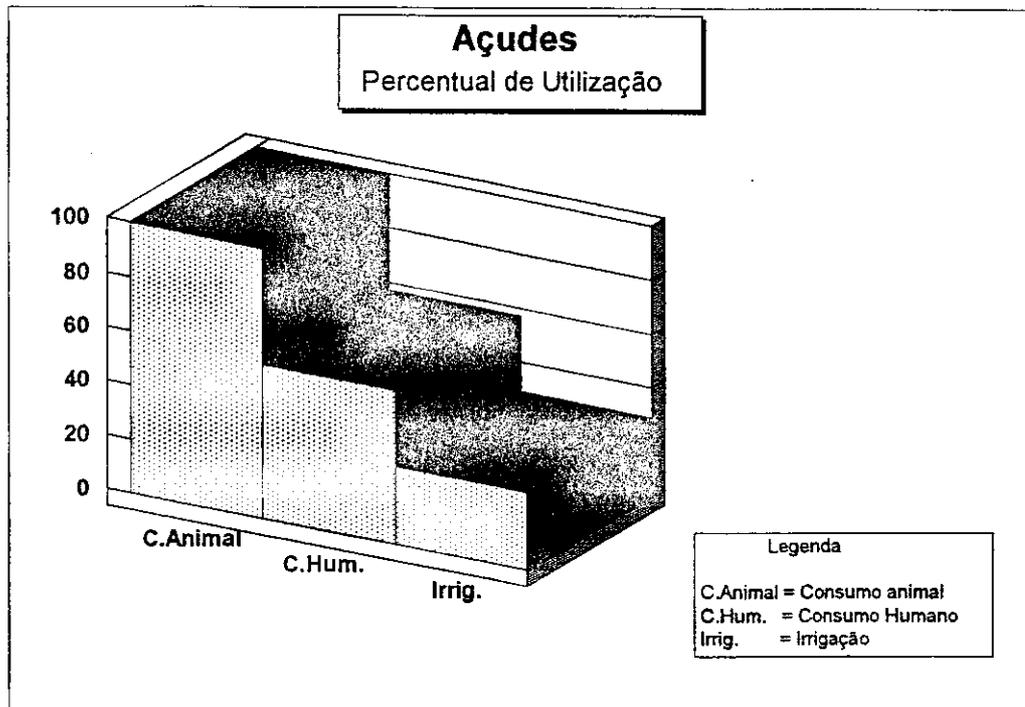


Fig. 6.2 - Percentual de utilização dos açudes para abastecimento humano, animal e irrigação.

Através destes dados obtidos em campo, já podemos constatar o limitado alcance dos benefícios que o pequeno açude tem proporcionado em relação a sua aplicação na irrigação de terras agrícolas.

Faz-se necessário rever o conceito de se estocar água sem se dar uma utilização imediata, pois como a taxa de evaporação desta região é muito alta, da ordem de 2,937 m anuais, grande parte da água perde-se por evaporação. Segundo MOLLE & CADIER (1992), o que se perde por evaporação diariamente, num açude com espelho d'água de um hectare corresponde ao consumo diário de 2000 reses !

6.4 - Estado de Conservação dos Açudes

Como a presença de vegetação ou sedimentos em suspensão, influi na resposta espectral da água fez-se o levantamento das condições do espelho de água dos açudes amostrados.

Em 58,3% dos açudes amostrados, foi observada a presença de vegetação aquática em sua superfície. A foto nº 6.2 apresenta o açude Novos II com 100 % de seu espelho d'água coberto por vegetação aquática. A presença de vegetação aquática na superfície da água, causa alguns inconvenientes, tais como dificultar a navegação e a pesca no açude; prejudicar a piscicultura, pois impede ou diminui a penetração da luz solar, retirar nutrientes e consumir muito oxigênio durante a noite; ao morrer, sua decomposição pode provocar a deterioração da qualidade da água.

A justificativa dada pelos agricultores para manutenção da vegetação aquática é a diminuição da evaporação da água armazenada, porém MOLLE & CADIER (1992) afirmam que a modificação da evaporação nem sempre é favorável, algumas plantas aumentam a evaporação com relação ao espelho de água livre, outras reduzem um pouco a evaporação (até 15%), mas nunca numa proporção que possa justificar a sua manutenção.



Foto nº 6.2 - Açude Novos II, apresentando 100% de sua superfície coberta com vegetação aquática.

6.5 - Evolução da Densidade dos Corpos D'Água

Na bacia do São Gonçalo, verificou-se um aumento na densidade de açudes, conforme o quadro 6.3, em 59% de 1983 para 1985 e deste para 1990 de 13%. Atribui-se o grande aumento na densidade de açudes desta bacia no período 1983/85 ao fato que 1983 foi o 4º ano de seca consecutiva e a pequena açudagem é uma medida de combate aos seus efeitos que está ao alcance do produtor pois conta com subsídios do governo. No período 1895 a 1990 não se verificou a mesma proporção no incremento do número de açudes, devido a ocorrência de períodos normais de chuva.

Analisando-se a evolução do número de açudes da bacia do Pilões (quadro 6.3), verifica-se que não houve um aumento progressivo como na bacia do São Gonçalo (figura 6.2). No período de 1983 a 1985 ocorreu um decréscimo na densidade de açudes em 28%, e no número de açudes em 26,3%. Como 1985 foi um ano de chuvas intensas, ocorrendo nesta bacia, uma precipitação anual total de 1637,2mm (quadro 6.4), 211% a mais que em 1983, muitos açudes não suportaram o volume de água afluyente e arrombaram, ocasionando o decréscimo no número de açudes e conseqüentemente sua densidade. No período de 1985/90 o número de açudes construídos, com área de espelho d'água superior à 4,0 ha, voltou a crescer em 14% em relação à 1985.

Quadro 6.3 - Densidade de Açudes da bacia do Pilões e São Gonçalo.

Superfície do açude > 4,0 ha.

ANO	PILÕES		SÃO GONÇALO	
	NA	DA	NA	DA
1983	19	0,025	09	0,029
1985	14	0,018	14	0,046
1990	16	0,021	16	0,052

NA= número de açudes; DA = Densidade de açudes.

Quadro 6.4 - Precipitação anual nas bacias do Pilões e São Gonçalo.

BACIA	1983	1985	1990	MÉDIA
PILÕES	526,7	1637,2	678,9	793,9
SÃO GONÇALO	603,9	1864,7	704,2	870,46

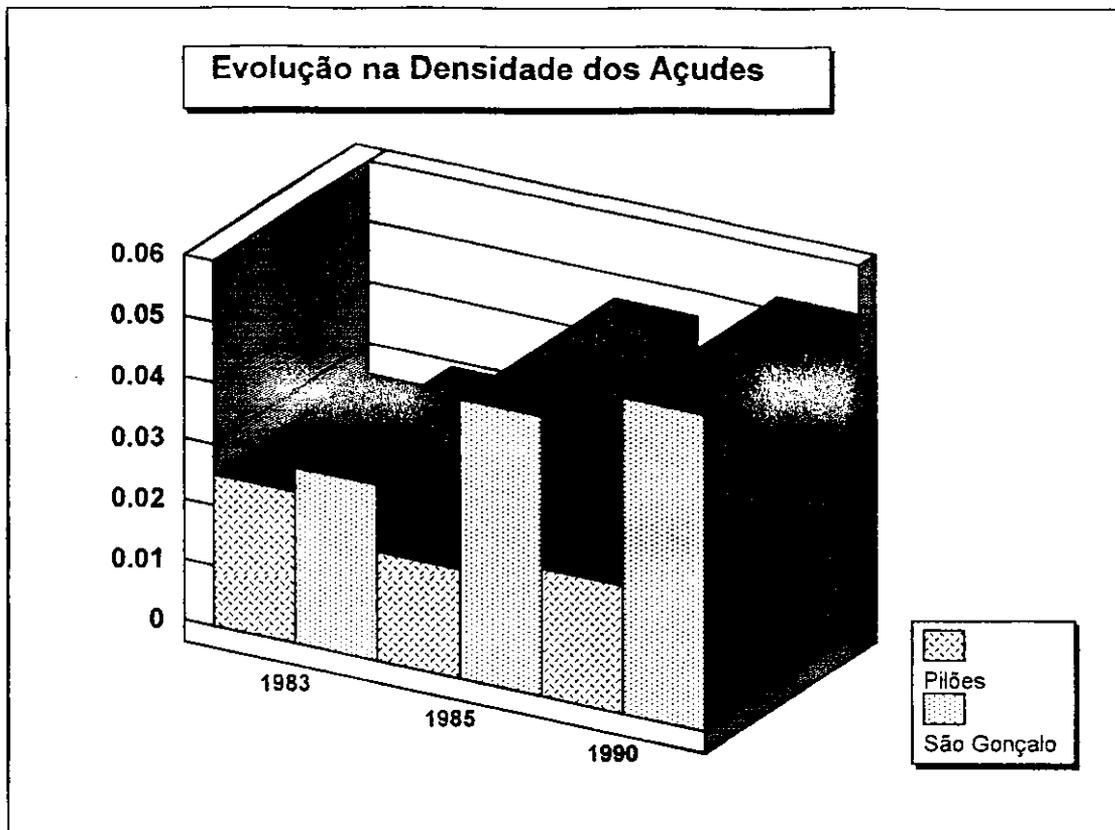


Fig. 6.3 - Evolução na Densidade de Açudes nas Bacias do Pilões e São Gonçalo.

6.6 - Estudo da Profundidade Máxima, Média e Capacidade dos Açudes

Com o objetivo de completar os dados obtidos pela imagem TM/LANDSAT, para a obtenção da capacidade média dos açudes das bacias estudadas, obteve-se em campo, dados de profundidade máxima dos açudes amostrados.

Segundo informações prestadas pelo usuário e/ou proprietário ou medidos a partir da crista da barragem do açude para ambas as bacias, 50% tem profundidade máxima de 4,5 m; 25% estão numa profundidade entre 4,6 m e 9,1m; 16,7% entre 9,2 m e 13,7 m e 8,3% com profundidade entre 13,7 e 18,2 m.

Como a finalidade principal do açude é para abastecimento humano e/ou animal, ele deve ser profundo, com o fim de diminuir as perdas por evaporação, levando-se em consideração as limitações quanto ao capital disponível; a topografia do local e o

perigo de salinização, pois o açude é um concentrador de sais em grande parte advindos do solo. A profundidade e consequentemente a capacidade do açude devem ser tais que permitam regularmente sua sangria, evitando-se que o investimento realizado perca-se por má qualidade da água acumulada, MOLLE & CADIER (1992) recomendam que a capacidade do açude esteja entre 50 % e 60% do volume escoado na bacia .

Os açudes amostrados da bacia hidrográfica do **Pilões** apresentam uma **profundidade média de 5,04m** enquanto que os do **São Gonçalo** são mais profundos e apresentam uma profundidade média de **7,97m**, 58% a mais que os de Pilões.

A estimativa da capacidade dos açudes à montante do Pilões e São Gonçalo, foi calculada através de seus respectivos espelhos de água, obtidos da imagem de 18 de novembro de 1985, por ter sido este um ano de chuvas intensas e os açudes estarem com seu volume armazenado igual a capacidade. Utilizou-se para este cálculo, a equação proposta por MOLLE & CADIER (1992) desenvolvida a partir de uma amostragem de 416 açudes da região semi-árida, para uma mesma profundidade de 4 metros (quadro 6.5).

Quadro 6.5 - Volume d'água armazenável pelos açudes à montante do Pilões e São Gonçalo.

BACIA	ANO	Area Total, m ²	Prof. Med, m	Capacidade, m ³
PILÕES	1985	2 760 000	5,04	6 955 200
S. GONÇALO	1985	1 360 000	7,97	5 499 200

Analisando-se o somatório dos espelhos de água dos açudes nos anos estudados observou-se que para a bacia do São Gonçalo, o volume de água acumulado nos açudes à montante deste vai aumentando ao longo do tempo, além de possuírem uma profundidade maior que os do Pilões, o incremento de novos açudes sempre foi positivo para esta bacia propiciando com isto que em 1990 o volume de água acumulável chegasse a aproximadamente 2,5 vezes o volume acumulável pelos açudes em 1983.

6.7 - Análise da Evolução do Uso da Terra das Bacias Estudadas.

Na elaboração do mapa de uso da terra das bacias dos açudes Pilões e São Gonçalo, para os anos de 1984 e 1990, observou-se os seguintes parâmetros: Vegetação Natural, Uso Agrícola Médio, Uso Agrícola Intensivo e Outros, correspondendo este último item na bacia do Pilões a área de uso agrícola médio com vegetação natural e na bacia do São Gonçalo a área de solo exposto.

Observando-se quantitativamente o quadro 6.6, constata-se que para a bacia do Pilões houve um decréscimo da área com vegetação natural em 3,42% e da área de uso agrícola médio em 2,32%, totalizando 5,74% em relação a 1984, enquanto que a área com uso agrícola intensivo aumentou em 8,63%. Nesta bacia a atividade agrícola através do uso intensivo do solo foi a que mais cresceu, absorvendo inclusive 22,0 ha. correspondente a área de uso agrícola médio com vegetação natural.

A Bacia do São Gonçalo apresentou comportamento oposto à do Pilões, pois houve incremento de 2,23% da área de vegetação natural e 10,76% da área de uso agrícola médio em relação à 1984, e um decréscimo de 12,11% do uso agrícola intensivo e 0,89% na área de solo descoberto. Como mostra o quadro 6.6

Quadro 6.6 - Evolução do uso da terra das bacias dos açudes Pilões e São Gonçalo.

BACIAS	ANO	Veget. Natural		U. Agr. Médio		U. Agr. Intens.		Outros	
		Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
Pilões	1984	104,30	13,72	420,70	55,36	213,00	28,03	22,00	2,90
	1990	78,30	10,30	403,10	53,04	278,60	36,66	0,00	0,00
São Gonçalo	1984	37,50	12,34	172,10	56,61	90,50	29,77	3,90	1,28
	1990	44,30	14,57	204,80	67,37	53,70	17,66	1,20	0,39

Veget. = Vegetação; U. Agr. = Uso Agrícola; Intens. = Intensivo

Através da análise dos mapas de uso da terra (anexos D9 à D12), constatou-se que as áreas de uso agrícola médio e vegetação natural próximos ao açude Pilões passaram em grande parte para uso agrícola intensivo. Na bacia do açude São

Gonçalo, a vegetação natural aumentou nas áreas das serras de Santa Catarina e Boqueirão e diminuiu o uso intensivo do solo às margens do Rio Piranhas, aumentando-se o uso agrícola de médio para intensivo próximo a cidade de Nazarezinho.

A bacia do açude Pilões apresentou um incremento na prática agrícola intensiva, maior que a de São Gonçalo, tendo-se esta última no ano de 1990, sua área restringida com relação à 1984.

Durante a visita em campo, verificou-se que a agricultura praticada na região ainda é muito rudimentar, sem se atentar para práticas conservacionistas, mesmo as mais simples como a do plantio em curvas de nível. Com isto acelera-se o processo de erosão do solo perdendo-se principalmente a camada agricultável do solo que nesta região é muito fina. O solo perdido através da erosão vai ocupar as áreas mais baixas da região através das enxurradas, causando, dentre outras coisas, o processo de assoreamento dos açudes construídos.

A relação entre a maior presença de açudes em uma determinada região e consequentemente um maior uso da terra, não foi constatada, pois ocorreram áreas com densidade de açudes zero com uso intensivo do solo. (o item 6.3 - Aproveitamento dos açudes, que apresenta os dados obtidos em campo, detalha melhor relação açude x aproveitamento).

As etapas posteriores referem-se aos dados obtidos para aplicação no modelo de simulação hidrológica "Tank-Model".

6.8 - Aplicação do Modelo de Simulação Hidrológica "Tank-Model"

No processo de calibração do "tank-model", que consiste na determinação do conjunto de parâmetros que melhor reproduz a evolução do hidrograma observado, utilizou-se um algoritmo genético para obtenção do ótimo global, que maximiza a função objetivo, calculados a partir de um período de dados conhecidos de pluviometria, vazão e evapotranspiração. O conjunto de parâmetros que maximiza a função objetiva é o escolhido para ser aplicado ao modelo e assim determinar a vazão no período de tempo desejado.

- Fase de calibração :

Para determinar a vazão afluente à bacia do açude Pilões trabalhou-se com os dados do posto fluviométrico de Antenor Navarro. Para determinação da vazão afluente à bacia do açude São Gonçalo optou-se por trabalhar com os dados dos postos Emas e São João do Rio do Peixe (figura 6.4), por dois motivos: o primeiro é que estes dois postos foram selecionados devido a sua localização próximos á bacia, segundo devido ao grau de confiabilidade que seus dados apresentavam.

Os postos fluviométricos de Antenor Navarro, Emas e São José de Piranhas, na fase de calibração do modelo, apresentaram coeficientes de correlação de 97,53 %, 89,10% e 98,40% respectivamente.

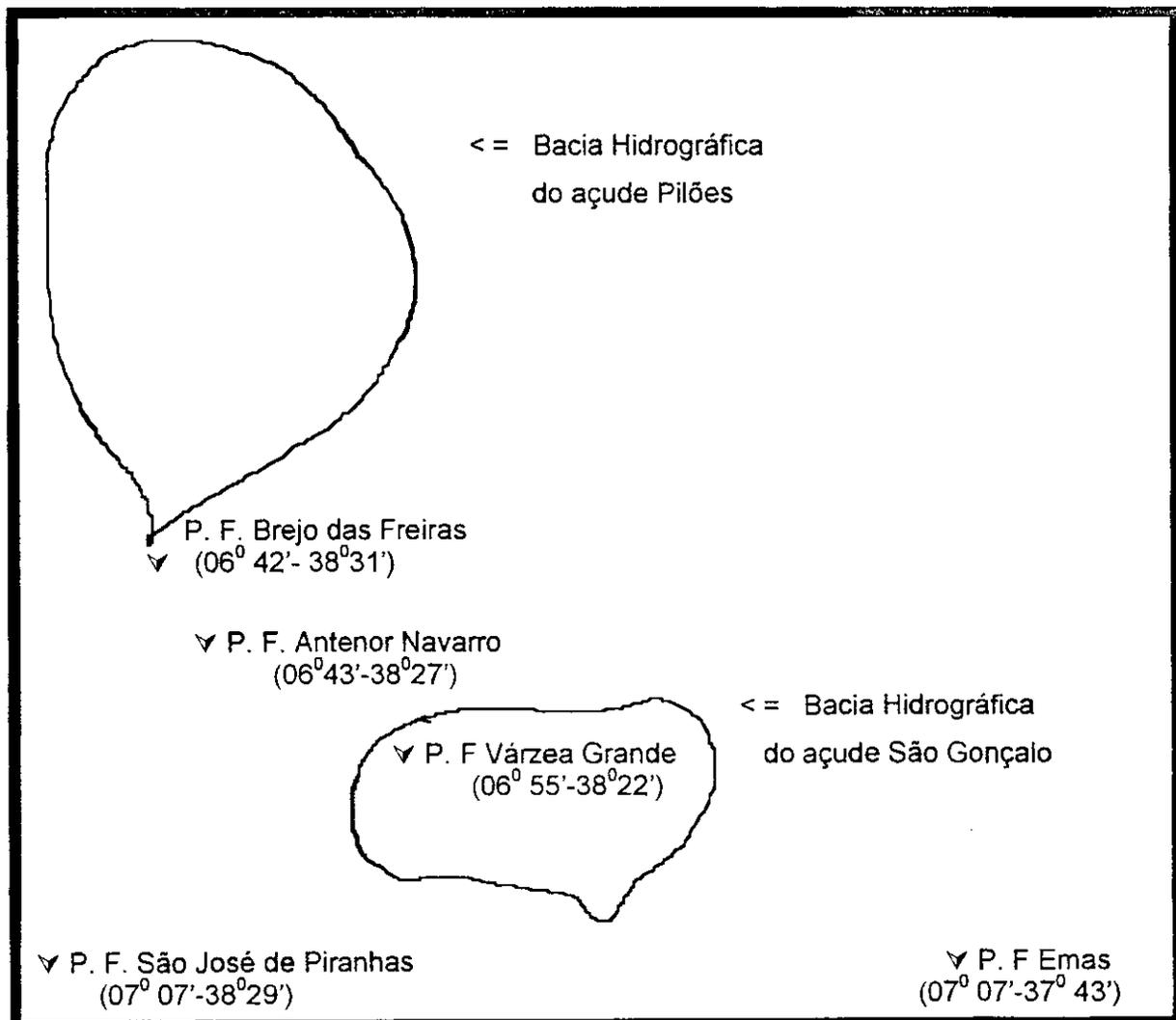


Fig. 6.4 - Esquema da localização das bacias empregadas na fase de calibração e simulação do modelo.

Onde:

P. F. = Posto Fluviométrico.

As figuras 6.5 a 6.7, apresentam a relação entre as vazões simuladas (linha tracejada) e as vazões observadas (linha cheia) nos anos de 1923 à 1928, para o posto Antenor Navarro, nos anos de 1965 à 1971 para o posto de Emas e nos anos de 1965 à 1971 para o posto de São José de Piranhas.

A fase posterior compreendeu a transposição destes dados para as bacias dos açudes Pilões e São Gonçalo (quadro 6.7). Para a bacia do Açude São Gonçalo, o emprego dos parâmetros obtidos para o posto de Emas gerou um rendimento (a relação entre a precipitação e o escoamento obtido para a bacia), muito inferior à média da região. Contrariamente o emprego dos dados do posto de São José de Piranhas gerou um rendimento superestimado para a região. Assim decidiu-se pelo o emprego da média dos parâmetros obtidos para os postos de Emas e São José de Piranhas, o que gerou um resultado satisfatório, dentro das médias registradas para o Semi-Árido Paraibano. Os arquivos empregados na fase de calibração encontram-se nos anexos C4 e C5.

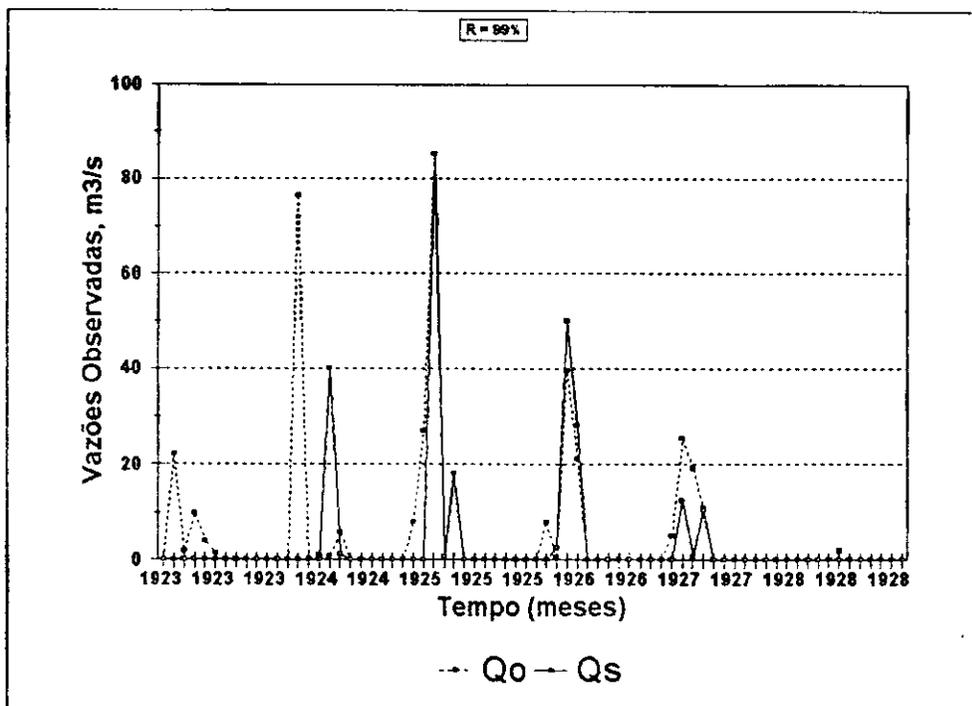


Fig 6.5 - Vazões Observadas (Qo) e Simuladas (QS) para o Posto Antenor Navarro.

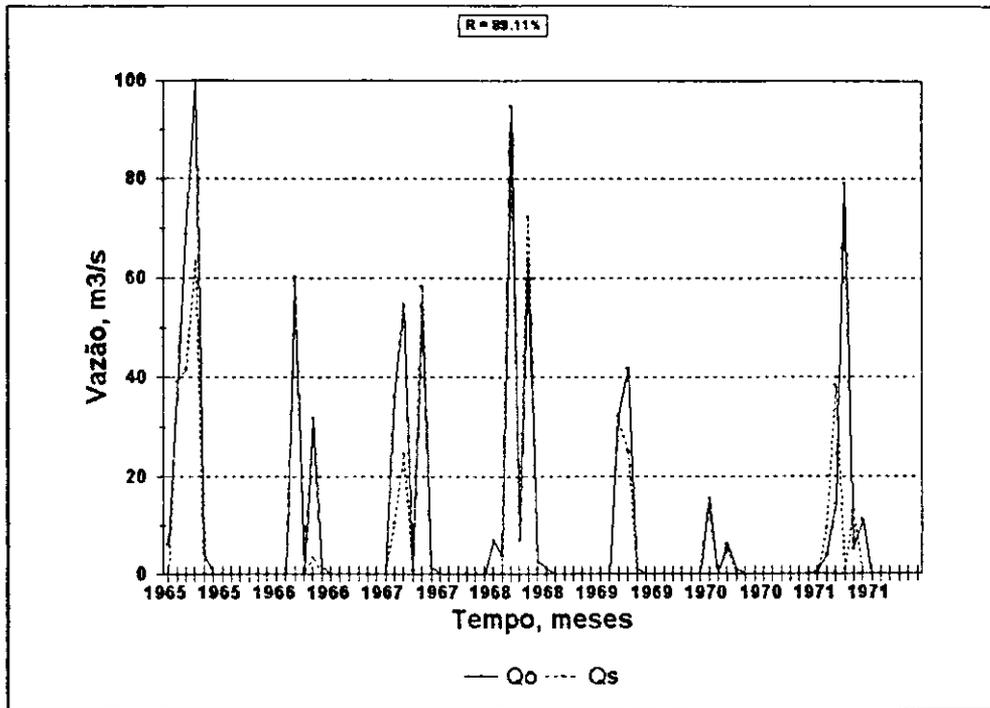


Fig. 6.6 - Vazões Observadas (QO) e Simuladas (QS) para o Posto Emas.

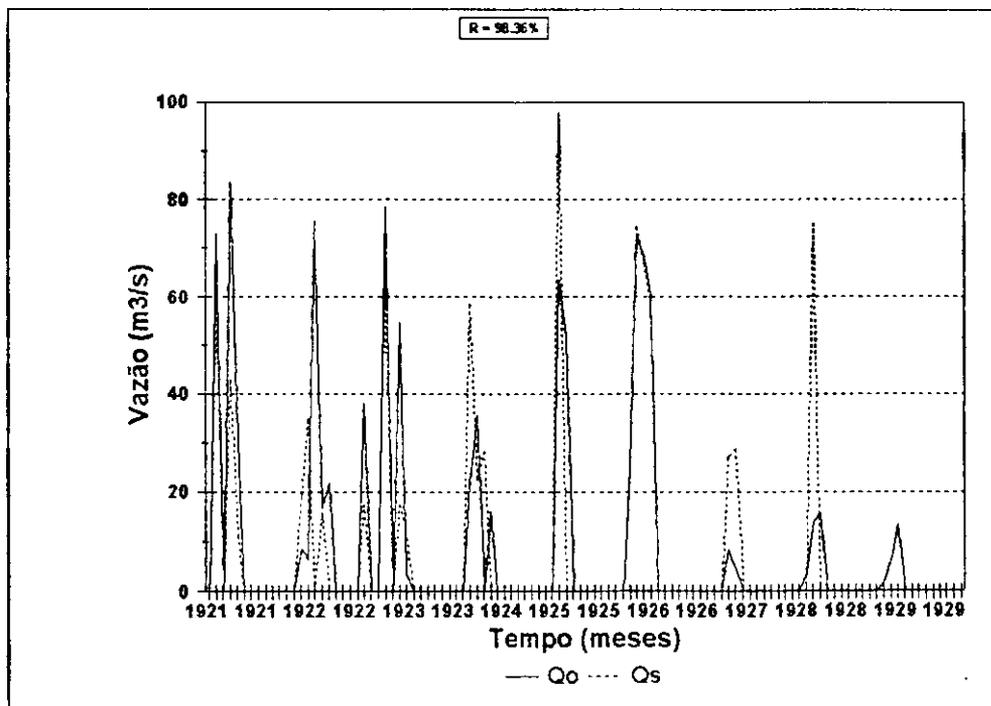


Fig. 6.7 - Vazões Observadas (QO) e Simuladas (QS) para o Posto São José de Piranhas.

Para as bacias dos açudes Pilões e São Gonçalo obteve-se os seguintes parâmetros como valores ótimos representativos para as condições observadas, quadro 6.7:

Quadro 6.7 - Valores Ótimos obtidos dos Parâmetros através do "Tank-Model", para as bacias estudadas.

BACIAS	H1	H2	H3	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	B1	B2	KU	KS	LLP
PILÕES	433,0	345,0	335,0	0,560	0,450	0,630	0,080	0,510	0,360	0,570	100,0
SÃO GONÇALO	610,5	183,6	544,6	0,412	0,414	0,421	0,405	0,371	0,755	0,545	82,8

- Lâminas Mensais Geradas pelo "Tank-Model" :

O modelo de simulação hidrológica chuva-vazão "Tank-Model" gerou as lâminas, no período de 1983 a 1990 (quadros 6.8 e 6.9), para as bacias dos Açudes Pilões e São Gonçalo. Constata-se que na bacia do açude Pilões as lâminas são em geral menores que as de São Gonçalo, com excessão dos anos de 1984 e 1985. Tal resultado era esperado por se constituir a bacia do Açude Pilões, predominantemente em terreno sedimentar, ocorrendo neste caso maiores infiltrações que na bacia do Açude Pilões.

De acordo com os quadros 6.8 e 6.9, observa-se que para os anos de 1983 e 1990, com pluviometria anual em torno de 500 a 700 mm não foram geradas lâminas escoadas para a bacia do açude Pilões e lâminas de 14,7 e 50,3 mm para a bacia de São Gonçalo. Infere-se disto que apesar da não consideração do ponto de vista social do ano de 1990 como um ano de seca, do ponto de vista meteorológico este foi um ano com pluviometria abaixo da média da região (quadro 6.4), neste caso, os anos anteriores geraram lâminas que abasteceram os açudes da região não desencadeando um estado de calamidade.

Como o ano de 1985, correspondeu a um período de chuvas intensas, com pluviometria de 1637 mm, o modelo gerou uma lâmina anual de 586,7 mm distribuída nos meses de fevereiro a maio, para a bacia do Pilões e uma lâmina de 473,7 mm distribuída nos meses de janeiro a maio, para a bacia do Açude São Gonçalo.

Quadro 6.8 - Lâminas Mensais Geradas para a bacia do açude Pilões, em mm.

ANO	MESES												TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
19_83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	147.4	24.7	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	57.6	128.5	297.6	10.3.1	0	0	0	0	0	0	0	0
86	0	0	0	58.9	18.2	0	0	0	0	0	0	0	0
87	0	0	14.0	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	0	0	0	23.0	10.1	0	0	0	0	0	0	0	0
89	0	0	0	150.8	18.2	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 6.9 - Lâminas Mensais Geradas para a bacia do açude São Gonçalo, em mm.

ANO	MESES												TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
19_83	0	14.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	45.7	49.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	100.4	66.5	104.0	171.5	31.4	0	0	0	0	0	0	0	0
86	0	38.6	81.9	34.8	0	24.4	0	0	0	0	0	0	0
87	0	0	126.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	0	0	68.6	47.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	0	0	74.3	87.68	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	3.3	0	47.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Para a bacia do açude Pilões, 75% das lâminas escoadas concentraram-se no mês de abril, o que não se verifica na outra bacia estudada, onde as lâminas são mais distribuídas nos meses de janeiro à maio. Este fato deve-se ao substrato do solo que para a primeira bacia é predominantemente sedimentar ocorrendo maiores infiltrações, o que não ocorre na bacia do São Gonçalo que está em um terreno cristalino, provocando, em relação a Pilões, uma saturação mais rápida do solo, tendo-se consequentemente um escoamento superficial mais rápido.

- Rendimento das bacias :

O rendimento médio das bacias, no período estudado, foi de 13% e 14% para as bacias de São Gonçalo e Pilões respectivamente, porém este valor não é tão significativo quanto se avaliar os rendimentos mensais das bacias (quadro 6.10). Para a bacia do São Gonçalo os rendimentos dos anos 1984, 1985 e 1989 foram superiores aos da bacia do Pilões, sendo que para esta, nos anos com pluviometria inferior a 700 mm não houve lâmina escoada, caracterizando-se com isto um estado de risco à calamidade.

Quadro 6.10 - Rendimento Anual das Bacias, em %

ANO	PILÕES	SÃO GONÇALO
1983	00	03
1984	19	09
1985	36	20
1986	07	12
1987	02	14
1988	04	10
1989	13	11
1990	00	07

6.9 - Estudo do Volume Afluente às Bacias do Pilões e São Gonçalo e a Interferência dos Açudes à Montante Destes, Com Auxílio das Imagens de Satélite.

Para este estudo dispunha-se dos dados de espelho de água obtidos a partir das imagens de satélite nas datas de 16/07/1983, 18/11/1985 e 12/08/1990. Como 1985 correspondeu a um ano de chuvas intensas, a área do espelho de água obtido foi superior às demais como pode ser observado nos mapas de drenagem e açudes (anexos D1 a D6).

A análise da influência dos açudes à montante das barragens, a partir da lâmina gerada pelo modelo de simulação hidrológica "Tank Model", nos anos pré-selecionados, representando três períodos climáticos diferentes, mostrou-se prejudicada pois como não houve lâmina gerada, com excessão do ano de 1985. Assim não se pode

quantificar tal interferência e analisar apenas o ano de 1985 chegaria a um diagnóstico dissociado da realidade climática da região.

O quadro 6.11 apresenta para ambas as bacias o volume potencial, que corresponde ao volume afluente à bacia se não houvesse qualquer açude à montante da mesma; o volume livre que é o volume afluente à bacia excetuando-se a contribuição das áreas correspondentes às bacias dos pequenos açudes à montante e por fim, o volume mensal total afluente às bacias.

De acordo com o quadro 6.11, conclui-se que para a bacia do açude Pilões no ano de 1985 quando ocorreu escoamento, o volume livre nos meses de fevereiro, março, abril e maio foram suficientes para superar a sua capacidade, que é de 13 000 000 m³, podendo-se inferir que o volume afluente às bacias dos pequenos açudes não interferiu no volume afluente que alimenta este açude.

Para a bacia do São Gonçalo, onde as lâminas escoadas são mais distribuídas ao longo dos meses, gerando inclusive um volume escoado menor e por isto mais sujeito às influências climáticas, tais como evaporação e infiltração, constata-se que mesmo para uma situação ideal que seria a não presença de pequenos açudes à sua montante, o volume afluente em 1990, é da ordem de 14.000.000 m³, e para 1983 um volume correspondente a aproximadamente 4.000.000 m³, valores baixos para manter o açude cheio no final do período chuvoso. Considerando que além das perdas por evaporação este açude é responsável pela manutenção de um perímetro irrigado, compreende-se a importância do açude Eng. Ávidos, para sua operação.

Neste trabalho, partiu-se do pressuposto de que, em 1985, os açudes encontravam-se em seu volume máximo, o que é verdadeiro, mas quando se pretende trabalhar com o balanço hídrico dos pequenos açudes à montante das barragens estudadas, esta afirmativa não é suficiente, pois partindo-se da data da imagem, 18/11/1985, não é possível precisar em que mês o açude começou a sangrar.

Tentou-se solucionar tal problema, supondo que o açude encontrava-se com seu volume máximo no final do período chuvoso, em maio. O balanço mostrou-se satisfatório no sentido maio à dezembro porém no momento em que buscou-se transpor os dados de maio para abril e assim por diante até janeiro, encontrou-se uma série de limitações

devido à insuficiência de dados, tais como espelho de água do mês anterior e volume de sangria do açude, ambos necessários para se resolver a equação: $V_{abril} = V_{maio} + V_{evaporado} - (V_{afluente} + V_{sangria})$.

QUADRO 6.11 - Balanço do Volume de Água Afluente às bacias estudadas.

ANO	MÊS	PILÕES				SÃO GONÇALO			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1983	JAN	0	0	0	0	0	0	0	0
	FEV	0	0	0	0	0,015	4,56	3,87	0,85
	MAR	0	0	0	0	0	0	0	0
	ABR	0	0	0	0	0	0	0	0
	MAI	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUN	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUL	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGO	0	0	0	0	0	0	0	0
	SET	0	0	0	0	0	0	0	0
	OUT	0	0	0	0	0	0	0	0
	NOV	0	0	0	0	0	0	0	0
	DEZ	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	JAN	0	0	0	0	0,1	30,4	26,60	3,82
		1	2	3	4	1	2	3	4
	FEV	0,058	44,10	33,80	10,30	0,066	20,10	17,50	2,52
	MAR	0,129	98,00	75,20	22,80	0,104	31,60	27,60	3,97
	ABR	0,298	22,6	17,40	5,28	0,171	52,00	45,50	6,53
	MAI	0,103	78,30	60,00	18,20	0,031	9,42	8,23	1,18
	JUN	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUL	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGO	0	0	0	0	0	0	0	0
	SET	0	0	0	0	0	0	0	0
	OUT	0	0	0	0	0	0	0	0
	NOV	0	0	0	0	0	0	0	0
DEZ	0	0	0	0	0	0	0	0	
1990	JAN	0	0	0	0	0	0	0	0

continua

continuação

ANO	MÊS	PILÕES				SÃO GONÇALO			
	FEV	0	0	0	0	0	0	0	0
	MAR	0	0	0	0	0,003	0,91	0,74	0,17
	ABR	0	0	0	0	0	0	0	0
	MAI	0	0	0	0	0,047	14,30	11,6	2,68
	JUN	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUL	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGO	0	0	0	0	0	0	0	0
	SET	0	0	0	0	0	0	0	0
	OUT	0	0	0	0	0	0	0	0
	NOV	0	0	0	0	0	0	0	0
	DEZ	0	0	0	0	0	0	0	0

Onde :

Coluna 01 - Lâmina Escoadada, m

Coluna 02 - Volume Potencial, milhões(m³)Coluna 03 - Volume Livre, milhões(m³)Coluna 04 - Volume Afluyente às pequenas
bacias, milhões (m³)

O quadro 6.12 apresenta a profundidade e o espelho d'água máximos, como também a capacidade, o coeficiente de abertura K (apresentado por MOLLE & CADIER, 1992) e a lâmina escoada nas bacias dos açudes amostrados necessária para enchê-los.

Os dados de espelho d'água máximo quando não obtido em campo utilizou-se o espelho medido a partir da fotografia de satélite de 18/11/1985. As áreas das bacias dos açudes amostrados foram obtidas por planimetria.

A capacidade dos açudes foram obtidas através da fórmula proposta por MOLLE & CADIER (1992) que é a profundidade máxima do açude multiplicado pela área do espelho d'água máximo e divididos pelo coeficiente de forma (α), que possui um valor médio de 2,7, para a região semi-árida, conforme equação 4.9.

QUADRO 6.12 - Características Físicas dos açudes amostrados.

BACIA	AÇUDE	PROFUN- DIDADE (m)	ESPELHO DE ÁGUA (ha)	CAPACIDA - DE (m ³)	COEF. K	LÂMINA (m)
PILÕES	Silva	4,42	11,0	180074,07	3256,95	0,12
	Gamela	4,18	11,2	174934,55	3678,74	0,12
	Poço	6,67	11,0	271741,00	1618,14	0,06
	Dois Riachos	11,11	2,0	82296,00	123,58	0,05
	Miranda	4,44	4,0	65778,00	1175,29	0,04
	Novos I	4,44	2,0	32889,00	587,65	0,02
	Novos II	4,44	2,0	32889,00	587,65	0,02
	Pedra do Cipó	2,22	7,0	57556,00	6682,48	0,04
SÃO GONÇALO	Jenipabeira	14,4	18,0	960000,00	715,63	0,17
	Morcego	4,0	2,0	27435,00	649,74	0,03
	Carimbembe	4,44	2,0	32889,00	587,65	0,03
	Lagoa de Serra	7,11	2,0	52667,00	263,93	0,05
	Cipó	6,67	2,0	49407,00	294,20	0,05
	Riacho do Canto	11,1	3,0	123333,00	185,66	0,12

O Coeficiente de Abertura, K, relaciona-se com o relevo que circunda o açude. Quanto mais aberto e menos inclinado o vale barrado pelo açude maior será esse coeficiente. Segundo o quadro 6.12, o açude Dois Riachos na bacia do Pilões e o açude Riacho do Canto na bacia do São Gonçalo, ambos com a característica de serem muito profundos (11,1 m) e com uma pequena área de espelho d'água, possuem coeficiente de abertura K, abaixo de 200, significando que o relevo que os circunda é acidentado, isto é, o açude é encaixado em um vale, o que só ocorreu em 10% dos casos estudados por MOLLE & CADIER (1992), o restante dos açudes, totalizando doze está na faixa ocorrida em 90% dos casos estudados por MOLLE & CADIER (op cit).

Dos açudes amostrados, conforme pode ser verificado no quadro 6.12, na coluna espelho de água, 71,4% possuem área de espelho inferior a 7,0 ha e 21,4% com área de espelho com 11 hectares e apenas 7,2% com espelho de 18 ha. Segundo MOLLE

(1994), de maneira geral, um espelho de grande extensão é vantajoso para: Cultivos de vazante (grande superfície cultivável); piscicultura (a quantidade de peixes é função da superfície); diminuição do efeito das infiltrações (se a infiltração corresponde um volume, o rebaixamento consequentemente será menor na medida que o espelho d'água for mais extenso); Sendo desvantajoso por: aumentar as perdas por evaporação; inundar terras de possível uso agrícola.

Obteve-se a partir da capacidade e do espelho d'água do açude a lâmina necessária para encher os açudes amostrados de ambas as bacias estudadas. Na bacia do açude São Gonçalo, o Açude Jenipabeira foi o que exigiu maior lâmina correspondendo a 0,17 m, o restante ficou no intervalo entre 0,12 a 0,02 m. A lâmina média para encher os pequenos açudes na bacia Açude Pilões foi de 60 mm e para a bacia do açude São Gonçalo uma lâmina de 80 mm.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos com este trabalho permitiram que se obtivessem as seguintes conclusões:

1. Os recursos materiais selecionados para o desenvolvimento da metodologia adotada, atenderam aos objetivos propostos.
2. A hipótese de que o uso dos açudes está aquém de seu potencial e de que grande parte da água acumulada perde-se por evaporação, foi confirmada a partir da constatação de que a principal utilização dos açudes destina-se ao consumo animal.
3. A bacia do açude São Gonçalo apresentou um incremento positivo na densidade de açudes de 0,029 em 1983 para 0,046 em 1985 e deste para 0,052 em 1990, totalizando um aumento de 79,3% ao longo dos sete anos estudados;
4. Para o período de 1983-1985, a bacia do açude Pilões apresentou decréscimo na densidade de açudes em 28%, devido ao arrombamento vários de açudes em 1985;
5. O incremento de novos açudes na bacia do açude São Gonçalo, não resultou em aumento do uso do solo, enquanto que na bacia do açude Pilões o decréscimo na densidade de açudes não influenciou no uso agrícola do solo, que inclusive aumentou.
6. Do estudo da pluviometria nas bacias dos açudes Pilões e São Gonçalo, constatou-se que o ano de 1990 mesmo não sendo considerado de seca, devido à regularidade pluviométrica dos anos anteriores, não gerou escoamentos significativos para estas bacias.
7. Para os anos de 1983 e 1990, não foram geradas lâminas escoadas para a bacia do açude Pilões, não sendo possível portanto o estudo da interferência dos açudes à montante deste.

8. Para a bacia do açude São Gonçalo, o ano de 1990, houve uma lâmina gerada anual de 50,3 mm, correspondendo a um volume total escoado da ordem de 14 000 000 m³, quantidade insuficiente para alimentar o São Gonçalo (com volume total de 44 600 000 m³), os açudes à montante deste e o perímetro irrigado à jusante.
9. Para o ano de 1985, com chuvas intensas, o modelo de simulação "Tank Model", gerou lâminas de 473,7 e 586,7 mm para a bacia do São Gonçalo e Pilões respectivamente.
10. Para os anos de 1983, 1985 e 1990 ficou impossibilitada a quantificação da influência dos açudes à montante das barragens estudadas, porque para o primeiro e último anos, a lâmina escoada gerada ou foi zero ou muito próximo deste valor e para o ano de 1985, ano de chuvas intensas onde o volume afluente livre foi suficiente para encher as barragens estudadas, tal quantificação nos levaria a um diagnóstico dissociado da realidade da região.
11. As lâminas médias para encher os pequenos açudes à montante das barragens estudadas foi de 0,06 e 0,08 m, respectivamente para as bacias do Pilões e São Gonçalo.
12. Não basta a estocagem de água simplesmente, sem lhe dar uma utilização imediata, pois grande parte da água estocada vai perder-se por evaporação, sem gerar a produtividade a ela associada.

RECOMENDAÇÕES

Em trabalhos posteriores seria importante o uso de imagens na escala 1 : 100 000 ou outra mais recomendada para a natureza do trabalho, para com isto se evitar possíveis erros na ampliação dos dados extraídos e uma melhor localização dos corpos de água na rede de drenagem.

Para realização do balanço hídrico num determinado ano, seria necessária a obtenção da imagem de satélite do início do ano, janeiro, com o fim de se ter a situação inicial do açude e outra imagem do final do período chuvoso, onde cessam os escoamentos superficiais e o açude encontra-se seu espelho máximo, no caso de um ano com chuvas intensas, que poderia ser o mês de maio ou junho.

Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, J.P.T. Os Recursos de Água Subterrânea do Trópico Semi-Árido do Estado da Paraíba. UFPB. Campina Grande-PB. 1984. 195 p. (Tese de Mestrado)
- ALBUQUERQUE, J.P.T. Seca no Nordeste. Jornal Correio da Paraíba, 05/outubro/1993. página 5.
- AGUIAR, F. G. de. Estudo Hidrométrico do Nordeste Brasileiro. IFOCS. B., Rio de Janeiro, Jan/mar, 1940. V.13. n 1.
- ALLUM, J.A.E.; *Photogeology and Regional Mapping*. Pergamon Press. 1969. London. 108 p.
- ALMEIDA, J.A; *As Secas do Nordeste*. Coleção Mossoroense. Vol CLXXVII. 2ª edição. 1981. 126 p.
- ANDRADE, M. C. As Secas e as estruturas econômicas. In: *Reforma Agrária*. Campinas. 12(4). 1982. 13-19 p.
- BARBOSA, M. P. *Estudo do Relacionamento Genético de Feições Geológicas na Região do Espinhaço Meridional e Adjacências (MG)*. São Paulo, USP. 1988. (Tese de Doutorado).
- BATISTA, L. Fernandes. Pesquisas Hidrológicas em Regiões Semi-Áridas. In: IV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 4. Fortaleza. 1981. p 478-91.
- BARROS, M. G. de; SRINIVASAN, V. S.; FIGUEIREDO E. E. de; ALBUQUERQUE, J. P. T.; BARBOSA M. P.; SILVA NETO, A. F. da; MACHADO FILHO A. F.; *Estudo Técnico Integrado Sobre o Uso Múltiplo dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Sucurú*. Governo do Estado da Paraíba/ Secretaria do Planejamento/ Prefeitura Municipal de Sumé/ ATECEL - Campina Grande, PB. 1993.

- BRASIL. MINISTÉRIO da AGRICULTURA; I - Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. II - Interpretação Para Uso Agrícola dos Solos do Estado da Paraíba. M.A./CONTAP/USAID/BRASIL. (Boletim DPFS. EPE-MA, 15 - Pedologia, 8). Rio de Janeiro. 1972. 683 p.
- BRASIL. SUDENE; **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste - Estado da Paraíba**. Recife. 1990. 230p.
- BRAUN, O.P.G. **Geologia da Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil**. SUDENE. Recife. 1969. 23 p.il.(inédito).
- CARVALHO, J.H.; **A Convivência com a Seca no Nordeste: Aspectos Técnicos e Políticos (palestra)**. Universidade Federal do Piauí. Terezina. 1981. páginas mimeografadas.
- CARVALHO, G.M.B; SOARES A.M.L; ALMEIDA, M.L.B da CRUZ; MARTINS, M.L.R; SOARES, Z.M.L. Monitoramento dos Espelhos d'Água dos Açudes do Estado do Ceará - Brasil. In: V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1. Natal. 1988. p 31-34.
- CASSOL, E. A.; **Erosão do solo - Influência do Uso Agrícola, Manejo e Preparo do Solo**. Publicação IPRNR, nº 15. 2ª edição. Porto Alegre, RS. 1986. p24-35.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, (9): 1969. p. 35-64.
- COELHO, JORGE; **Potencialidades Agroecuatorias da Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil**. Recife. 1985. 20 p (mimeografadas).
- COSTA, J. M. Programa de Recursos Hídricos no Nordeste. In: IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 4. Fortaleza. 1981. 140-47.
- COSTA, W.D. Geologia da bacia do Rio do Peixe- PB. In: Relatório Preliminar dos Trabalhos de Mapeamento Geológico da Bacia do Rio do Peixe-PB. SUDENE. Recife/PE. 1963. 06 p. (mimeografada).

-
- DINIZ, L da S. **Calibração Automática de Modelos Chuva-Vazão Usando um Algoritmo Genético.** UFPB. Campina Grande-PB. 1994. 121p. (Tese de Mestrado)
- DUQUE, GUIMARÃES; **O Nordeste e as Lavouras Xerófilas.** Coleção Mossoroense. Vol. CLXXVII. 2ª ed. Mossoró. 1980. 126p.
- ELTZ, F.L.F; CASSOL, E.A.; SCOPEL, I. & GUERRA M.; **Perdas de solo e água por Erosão em Diferentes Sistemas de Manejo e Coberturas Vegetais em Solo Laterítico Bruno- Avermelhado Distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. 8:117-125. 1984.
- FEIO, MARIANO; **Perspectivas da Açudagem no Nordeste Seco.** In **Terceiro Livro das Secas.** Fundação Guimarães Duque. Coleção Mossoroense. Vol CLXXXIV. 1982. 92 p.
- FERRAZ, J. DE SAMPAIO; **Terceiro Livro das Secas.** Fundação Guimarães Duque. Coleção Mossoroense. Vol CLXXXIV. 1982.
- FRANCHINI, M.; PACCIANI, M. **Comparative Analysis of Several Conceptual Rainfall-Runoff models.** Jurnal of Hidrology, V. 122, p. 161-219. 1991.
- FRANÇA, G. V. **Interpretação Fotográfica de Bacias e Redes de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba.** Piracicaba, 1968. 151 p. (tese - ESALQ)
- FREIRE, J.C. **Fotointerpretação de Redes de Drenagem dos Três Solos da Região de Altinópolis, Minas Gerais.** Piracicaba, ESALQ/USP. 1977. 136 p. (Tese de Doutorado).
- FREITAS, R. O. **Textura de Drenagem e sua Aplicação Geomórfica.** Bol. Paul. Geogr., São Paulo. 11: 1952. p. 53-57.
- GEVAERD, I. **Parâmetros Fotoanalíticos de três unidades de solo da região Nordeste Paranaense.** Piracicaba. ESALQ/USP. 1974. 110 p. (tese M.S)

- GUY, M.; **Quelques Principes e Quelques Experiences Sur La Methodologie de La Photointerpretation**. In : **Simposium International de Photointerpretation**, 2. Acte. V.1.21-24. 1966. Paris.
- HORTON, R.E. **Erosional Development of Streams and their Drainage Basins: Hidrophysical Approach to Quantitative Morphology**. In: **Bul. Geol. Soc. Amer.** (56): 1945. p. 275-370.
- JÓFFILY, Irineu. **Notas sobre a Parayba**. Thesaurus Editora. 1892. Brasília.
- KITOVER, D; PRAGANA, D.L. & IMÁZIO A; **Revisão da Política de Açudagem e Irrigação das Bacias dos Açudes**. In: **Boletim de Recursos Naturais**. Vol 1/ nº 1. 1963. SUDENE. Recife. 156p.
- LANI, J. L. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. In: **Revista Cultural da UFES**. (41/42). Vitória. 1989. 127-29p.
- LILLEN SAND T. M ; KIFFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Jonh Wiles & Sons. New York, 634 p.
- LUEDER, D. R. **Aerial Photographic Interpretation : - Principles and Applications**. New York. Mc Graw- Hill. 1979. 162 p.
- MACEDO, M. V. A. de,. **Aproveitamento Hídrico das Bacias Fluviais do Ceará**. Fortaleza, DNOCS.1981.139 p.
- MARCHETTI, D.A.B. **Fotointerpretação de Atributos de Relevo Aplicada a Solos da Região de Piracicaba**. Piracicaba, ESALQ/USP. 1969. 58 p. (Tese de Doutorado).
- MILLER, V. C.; **Photogeology**. McGhaw Hill Book Co. Inc. New York - Toronto. 1961. London. 248 p.
- MOLLE, FRANÇOIS. **Perdas por Infiltração e evaporação em Pequenos Açudes**. fe. SUDENE-DPG-PRN-GT.HME. Recife. 1989. 175p. (Brasil- SUDENE- Hidrologia, 25)

- MOLLE, FRANÇOIS; **Marcos Históricos e Reflexões sobre Açudagem e seu Aproveitamento**. COLEÇÃO MOSSOROENSSE. Série C. Vol. DCLIII. Mossoró. 1991. 16 p.
- MOLLE, FRANÇOIS; **Geometria dos Pequenos Açudes**. SUDENE- DPG- PRN- GT- HME. 1994. 135 p. (Brasil- SUDENE- Hidrologia, 29)
- MOLLE, F. & CADIER, E. **Manual do Pequeno Açude**. SUDENE, Coopération Française/ORSTOM, 1992. 521 p. il.
- NASCIMENTO, S. R.; CADIER E.; MOLLE, F.; DOHERTY, M. J. POMAC : Um sistema Automatizado de Simulação de Pequeno Perímetro de Irrigação Alimentado por açude. In: VII Simpósio Brasileiro de Hidrologia e recursos Hídricos. Associação brasileira de Recursos Hídricos. Salvador. 1987.
- NOVAES, R. N. Aplicações de Sensoriamento Remoto já Operacionais e Perspectivas Futuras. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos. 1979. 869-90p.
- NOVO, E. M. L. M; NIERO; M, PINTO S. A. F; CUSTÓDIO. P e NASCIMENTO. N.A.M. Utilização de Dados do Sistema LANSAT no acompanhamento da Variação da Lâmina d'água visando o controle de inundação na região Amazônica. In: II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, anais II. Brasília, 1982. 431-41.
- NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. Editora Edgard Blücher Ltda - São Paulo. 1989.
- PARAIBA. Projeto Canaã. Secretaria de Recursos Hídricos. João Pessoa. 1983. 25-39p.
- PARAÍBA/SEPLAN/ATECEL. Características Físico-Climáticas das bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba. In: **Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, 1. Campina Grande. 1994. 22-25p.

-
- _____, Dados Hidrometeorológicos. In: **Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, 4. Campina Grande. 1994. 105p
- PESSOA, D. **Secas do Nordeste do Brasil: Da Catastrofe Natural à Fragilidade Social**. Seminário sobre "Impacto Sócio Econômico e Ambiental das Catastrofes Naturais nas Economias Naturais e Ecossistemas Regionais e em seus Centros Urbanos". Bolívia. 1984. 23 p. mimeog.
- PINTO, N; et ali. Método de Thiessen. In: **Hidrologia Básica**. Edgard Blücher/Fund. Nacional de Material Escolar. Rio de Janeiro. 1976. p28.
- PISANI, A. Sensoriamento Remoto por Satélites Aplicado à Bacia Hidrográfica. In: **VIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 1. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Foz do Iguaçu. 1989. 347-58p.
- QUEIROZ, J.E.R. de & BARROS, M.A. **Processamento Digital de Imagens Multiespectrais**. Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto. Campina Grande. Publicação interna. 1992.
- REBOUÇAS, A. DA C. **Algumas Considerações Sobre a Hidrologia em Terrenos Cristalinos no Nordeste**. In : Boletim de Recursos Naturais, Recife. SUDENE. 3(1/4) . 1965. 111-22p.
- REBOUÇAS, A. da CUNHA & MARINHO, E.; **Hidrologia das Secas**. Série Hidrogeologia, nº 41. SUDENE. (1972) .Recife.
- RIBEIRO, R. T. **Manejo de Água em Pequenos Açudes**. Iv Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 4. Fortaleza. 1981. pag 109.
- RIBEIRO, M.M.R. **Operação de Um Sistema de Reservatórios para Usos de Conservação**. UFPB. Campina Grande. 1990. 153p. (tese de mestrado)
- RICCI, M; PETRI, S. **Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica**. Co. Edit. Nacional. São Paulo. 1965. 226 p.

- RIVERAU, J. C.; Notas de Aula do Curso de Fotointerpretação. Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos. XI Semana de Estudos. Ouro Preto. Minas Gerais. 1972.
- SALATI, A. MATSUI, E.; LEAL, J.M. Otimização do Manejo de água da Região Semi-árida do Ne. Brasileiro. In: **IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos**, 3. Fortaleza. 123-24 p. 15 a 19/novembro/1981.
- SANTOS, A. P. dos; FORESTI, C.; NOVO, E.M.L. de M; NIERO, M. & LOMBARDO, M.A. **Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações no Uso da Terra**. INPE-2261-MD/061. 1981.
- SANTOS, M.J. dos; RAMOS, C.R.L. & FERNANDES, M. de F. **Levantamento, Planejamento, Manejo e Uso da Terra da Região Semi-Árida do Estado da Paraíba**. Projeto PB-37 UFPB/CCT/INPE-LASER. Relatório Parcial - Campina Grande/PB. 1988.
- SILVA, I de F da; ANDRADE, A. P.de & CAMPOS FILHO, O.R. **Erodibilidade de seis Solos do Semi-árido paraibano obtida com chuva simulada e método normográfico**. Rev. Bras. de Ciência do Solo, 10: 283-287, 1986
- SOARES, P.C. & FIORI, A.P. **Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia**. Nat. Geomorfol. N°16 (32). Campinas. São Paulo. 1976. p. 71-104.
- SOBRAL, M.L.N; et ali. **Inventário do Espelho d'água Superficial do estado do Rio Grande do Norte**. In: **VIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 1. Associação Bras. de Recursos Hídricos. Foz do Iguaçu. 1989.
- SOLOMON, S.I. & KLOHN, W. **Application of Remote Sensing to Assessment of Water Resources**. In: **Earth Observation from Space and Management of Planetary Resources**. Paris. 1978. p. 49-61.
- STEFFEN, C.A.; LORENZETTI, J.A. & STECH, J.L. **Introdução às Técnicas de Sensoriamento Remoto e Aplicações - Curso de Treinamento**. INPE-1869-MD/004. 1981.

-
- STRAHLER, A.N. Hipsometric (area-altitude): analysis of erosional topography. **Bul. Geol. Soc. Amer.** 63: 1952. p. 1117-1142.
- STRAHLER, A.N. Quantitative Analysis of Watershed-Geomorphology. In: **Trans. Amer. Geophys. Un. Washington.** (38): 1957. p. 913-920.
- SUDENE. Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. Folha nº 29. Bahia-Ne. (Série Hidrogeologia nº 35). Recife. 1971. 17 p.
- SUDENE. **Folha Cajazeiras** (SB.24-Z-A-IV). Recife. Carta Topográfica. Escala 1:100.000. 1972.
- SUDENE. **Folha Itaporanga** (SB.24.Z-C-II). Recife. Carta Topográfica. Escala 1:100.000. 1972.
- SUDENE. **Folha Orós** (SB.24-Z-A-I). Recife. Carta Topográfica. Escala 1:100.000. 1972.
- SUDENE. **Folha Pau dos Ferros** (SB.24-Z-A-II). Recife. Carta Topográfica. Escala 1:100.000. 1972.
- SUDENE. **Folha Souza** (SB.24.Z.A.V). Recife. Carta Topográfica. Escala 1:100.000. 1972.
- SUGAWARA, M. **Automatic Calibration of the Tank-Model.** *Hidrological Sciences Buletin des Sciences Hydrologiques*, V.24, n.3, p. 375-388, 1979.
- TATOR, B. A.; **Protointerpretation in Geology.** In *Manual of Photographic Interpretation.* Amer. Soc. Photog. Washington. 1960. p 169-132.
- UFPB/CCT/INPE (LASER) . Projeto PB-37. Levantamento, Planejamento, Manejo e uso da Terra da Região Semi-árida do Estado da Paraíba. Campina Grande.PB. 1988.

-
- USGS/NOAA. U. S. Geological Survey/ National Oceanic and Atmospheric Administration - LANDSAT-4 Data Users Handbook. Alexandria. USA. 1984
- VALÉRIO FILHO, M.; EIPHANIO J.C.N. & FORMAGGIO, A.R. **Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Pedologia**. Publicação interna. INPE-2211-MD/008. 1981. 58 p.
- VENEZIANI, P. **Análise de Movimentos da Tectônica Rúptil e Ruptil- Dúctil Através da Interpretação de Produtos de Sensores Remotos na Região do Espinhaço Meridional (MG): Uma Correlação com os Processos Evolutivos**. USP. São Paulo. 1986. (Tese de Doutorado).
- VENEZIANI, P. & ANJOS, C.E. dos. **Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias aéreas em Geologia**. In: Nat. Geomorfol. n^o 16(32) . Campinas. 1976. p 71-104.
- VENEZIANI, P. & ANJOS, C.E. dos. **Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Geologia**. INPE. São José dos Campos. 1982. 61 p.
- VIANA, F. L. **Comportamento Hidrológico das Pequenas Bacias do Nordeste - Revisão Conceitual e Bibliográfica**. In : **Boletim Técnico de Recursos Hídricos**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 1986. 03-21p.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **O Ciclo Hidrológico**. In: **Hidrologia aplicada**. Mc Graw-Hill. 1975. 245p.il.

DESCRIÇÃO DOS AÇUDES AMOSTRADOS E MAPA DE SOLOS DAS BACIAS DOS AÇUDES PILÕES E SÃO GONÇALO.

A.1 - DESCRIÇÃO DOS AÇUDES AMOSTRADOS :

PERFIL SÃO GONÇALO - NAZAREZINHO - SÃO GONÇALO (anexo D-6).

Açude São Gonçalo -

Da ponta extrema direita da barragem do açude São Gonçalo, observou-se que o seu nível de água do açude está muito baixo. A vegetação na margem e em suas ilhas é representada por uma caatinga arbóreo arbustiva com predominância dos elementos arbustivos. Por estar localizado em cima do embasamento cristalino, outra característica marcante é a presença dos solos litólicos com afloramentos de rochas.

À jusante do açude, encontra-se o perímetro irrigado de São Gonçalo.

A foto nº A.1 mostra a área do açude, a sua vegetação, o relevo, observando-se ao sul a presença de um sistema de relevo mais elevado, montanhoso, que corresponde a serra do Boqueirão.

- Açude Jenipabeira

O açude está inserido numa área de vegetação arbórea com poucos remanescentes arbustivos. O relevo a sua montante é montanhoso e à jusante é ondulado, o solo é litólico com pouco afloramento de rocha.

O açude tem uma profundidade máxima de 14,4 m e a água acumulada destina-se principalmente para abastecimento humano e animal, sendo sua principal atividade econômica a pecuária.



Foto nº A.1 - Aspectos da área do açude São Gonçalo, vendo-se ao fundo a Serra do Boqueirão.

- Açude Morcego

Grande parte de sua superfície está coberta com plantação de capim elefante, sua área à montante é de relevo fortemente ondulado coberto com vegetação natural arbóreo arbustiva. À jusante do açude a área é utilizada para pastagens e observa-se a presença de fruteiras. A vegetação natural é arbustiva com rebrota de jurema. O solo da área do açude é litólico com pouco afloramento de rocha. Apenas 30% de sua superfície líquida não está coberta por vegetação aquática.

O açude atualmente é utilizado para abastecimento animal e está bastante assoreado com uma profundidade estimada de 4,00 m.

- Açude Carimbembe

O açude Carimbembe, (foto A.2), está numa região de vegetação arbustiva densa, com alguns membros arbóreos em área de relevo ondulado, em solo litólico com alguns afloramentos de rocha, presença de pedregosidade e inclusão de solo Bruno não Cálcico. Não foi observado o desenvolvimento de vegetação na superfície da água.

O açude Carimbembe, é utilizado para consumo humano e animal bem como irrigação de arroz, sua profundidade é de 4,44 metros, sangra regularmente e suporta bem um ano de seca.

- Açude Lagoa de Serra (1946)

Na área do açude há o desenvolvimento de uma vegetação arbustiva densa e nas áreas de aluvião observa-se o desenvolvimento de carnaúbas. O relevo é suave-ondulado e está localizado em solo Bruno não cálcico.

Utilizado para consumo humano e animal, e em épocas de estiagem para a irrigação de arroz, sua profundidade é de 7,11 metros.

OBS: Atualmente o açude está com perdas por infiltração na parede da barragem. Próximo ao local há a presença de formigueiros.

- Açude Cipó (1924)

Um dos maiores açudes construídos na região, suporta até três anos de seca consecutiva, porém nunca secou completamente, a vegetação natural à montante do açude encontra-se devastada estando em parte ocupada com plantação de capim-cana, observa-se também a presença de carnaúbas. À jusante (Foto A.3), a área de 4,0 ha. é aproveitada para o cultivo do arroz irrigado, pasto e capim elefante. Nas partes mais elevadas observa-se o desenvolvimento de vegetação arbustiva densa e alguns

exemplares arbóreos, e algumas fruteiras como mangueiras e coqueiros. O solo é Bruno não cálcico, relevo suave ondulado.



Foto nº A.2 - Açude Carimbembe.

O açude Cipó tem uma profundidade de 6,67 metros. É utilizado para consumo humano, animal e irrigação de 4,00 ha. de arroz.

- Açude Riacho do Canto

O açude Riacho do Canto, localiza-se em área de solo Bruno não cálcico e relevo suave-ondulado, a vegetação natural está devastada, com rebrota de Jurema, nos baixios há o desenvolvimento de algumas carnaubeiras. À jusante observa-se o desenvolvimento de capim elefante, bananeiras, mangueiras e coqueiros. A vegetação é arbustiva com rebrota de jurema e marmeleiro. A área é utilizada para pastagem. O solo é Bruno Não Cálcico associado a Bruno Não Cálcico Vértico, o relevo é suave ondulado.

A profundidade do açude é de 11,1 metros, é utilizado principalmente para abastecimento humano e animal.



Foto nº A.3 - Baixio à jusante da barragem do açude Cipó, cultivada com arroz irrigado, pastagens e algumas fruteiras como mangueiras e coqueiros.

PERFIL PILÕES - TRIUNFO - POÇO - UIRAÚNA (anexo D-3)

- Açude Pilões

Do ponto localizado a 500 m a leste da barragem do açude, junto a estrada Santa Helena, observa-se que quase 50% de sua superfície está coberta por vegetação aquática (foto nº A.4). Em sua volta a vegetação é rasteira com poucos exemplares arbustivos. O açude está localizado em área de vertissolo, em relevo plano.



Foto nº A.4 - Aspecto do açude Pilões, mostrando quase 50% de sua superfície coberta por vegetação . Vendo-se ao fundo, a Serra do Padre - Limite norte da bacia do Rio do Peixe.

- Açude Gamela, (1978)

A vegetação à montante do açude é arbustiva densa, de porte médio, em alguns lugares em sua margem direita observa-se a rebrota de sua vegetação e à esquerda vê-se solo desmatado. À jusante, no baixio, observa-se plantação de subsistência, feijão e milho e algumas fruteiras, a açude encontra-se em área de solo Bruno não cálcico com presença de afloramentos e o relevo é ondulado. Não observou-se o desenvolvimento de vegetação em sua superfície.

O Volume total do açude é 472 296 m³ e a área do espelho d'água é 112 996 m². Este açude abastece a cidade de Triunfo.

- Açude Dois Riachos (da Raposa)

A vegetação em torno do açude Dois Riachos é rasteira a arbustiva, o açude encontra-se em solo Bruno não cálcico com pouco afloramento de rocha e em área de relevo ondulado. À jusante do açude há o cultivo de arroz, feijão e milho e presença de fruteiras, tais como: mangeiras, coqueiros e bananeiras.

A profundidade do açude é de 11,11m.

A principal utilidade da água armazenada é para consumo animal, visto que para o consumo humano utiliza-se água de poço.

- Açude Silva (reconstruído em 1956)

À montante do açude existe uma área de solo exposto onde está localizado o Sítio Silva e a vegetação não está tão preservada. À jusante a vegetação é arbustiva-densa de porte baixo, o relevo é ondulado o solo é Bruno não cálcico.

O volume de água acumulado é de 486 000 m³, com uma profundidade de 8,88m e um espelho d'água de 11 ha.

A água acumulada é utilizada para consumo humano e animal e irrigação de 0,5 ha de arroz.

OBS: Desde a época de sua reconstrução (1956) que ele não seca.

- Açude Pedra do Cipó

A vegetação à montante do açude é rasteira a arbustiva baixa, observa-se a presença de fruteiras e a vegetação natural é apenas observada no topo das serras . O açude tem grande fuga d'água, mantendo sua área à jusante permanentemente alagada, onde se plantam culturas de subsistência, como bananeiras e mangueiras. O relevo é suave ondulado e o solo é vertissolo.

- Açude Novos I

À montante do açude, no baixio, encontra-se solo exposto, com cultivo de cultura de subsistência e algumas fruteiras. Na margem direita, na parte mais elevada observa-se a presença de vegetação arbustiva não muito densa, com presença de solo exposto. Na margem esquerda, a vegetação é arbustiva que mostra pelos seus exemplares que foi desmatada e ocorreu a rebrota. Solo Bruno não cálcico. Relevo ondulado a forte ondulado. A foto n 05 mostra o aspecto geral da área do açude Novos I, que tem uma profundidade de 4,44m.

- Açude Novos II

Encaixado na serra Zé Batista, tem a superfície da água 100% coberta por vegetação aquática, sendo que à montante, observa-se plantação de milho já seco, que foi plantado na vazante, a vegetação natural nas encostas é de porte arbustivo médio, em alguns lugares desmatado deixando o solo exposto principalmente nas partes mais altas das encostas. E na parte mais baixa desenvolve-se o capim. À jusante, o aluvião é usado para plantio de capim elefante, fruteiras como mangueira, bananeira e coqueiro. O solo é Bruno não cálcico e o relevo é fortemente ondulado.

O açude tem uma profundidade de 4,44m.

OBS: Este açude encontra-se em péssimas condições de conservação e acesso.

- Açude do Miranda

A vegetação natural encontra-se desmatada, só com alguns remanescentes. Em alguns pontos, o solo está exposto e é utilizado para culturas de subsistência como o milho e o feijão.

A profundidade do açude é de 4,44 m, é usado principalmente para consumo humano e animal, suporta 01 ano de seca.

- Açude Poço do Sítio Moura.

A vegetação em torno do açude está devastada. À jusante do açude existe um baixio largo usado para pecuária com cultura de capim e culturas de subsistência, em alguns pontos o solo está desnudo. Na margem esquerda do açude localiza-se a cidade do Poço. Observou-se que 80% da superfície líquida do açude está coberta com vegetação aquática (foto nº A.5).

A água acumulada é utilizada para consumo humano e animal, (a cidade é abastecida através de água de Poço artesiano). A profundidade do açude é de 6,67m e o espelho d'água do açude é de 14,29 ha.



Foto nº A.5 - Aspectos à montante do Açude Poço do Sítio Moura, vendo-se a vegetação natural devastada e 80% da superfície do açude coberta por vegetação e ao fundo a Serra de Luís Gomes.

A.2 - CLASSES DE SOLOS DAS BACIAS ESTUDADAS

- As classes de solos definidas neste trabalho foram as seguintes:

- PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO - PE

Estes solos, caracterizam-se por possuírem horizontes subsuperficiais mais argilosos que os superficiais, denotando presença de horizonte B textural. Este horizonte, em geral contém filmes de argilas envolvendo superfícies das unidades estruturais, chamados "cerosidade". O horizonte A destes solos apresentou na bacia do Pilões textura arenosa e na bacia do São Gonçalo, textura argilosa.

A diferença textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais nesta classe de solos, ocasiona riscos maiores de suscetibilidade à erosão, intensificando-se nas áreas com topografia mais movimentada, como ocorre na bacia do Pilões.

Os solos eutróficos encontrados nesta região tem fertilidade natural de média a alta, o que justifica a intensidade do uso agrícola verificado na área.

A ocorrência deste solo foi observada em topografias de suave-ondulada à fortemente-ondulada, com relação à sua utilização, desenvolve-se diferentes cultivos, destacando-se as culturas de subsistência - milho e feijão, (geralmente consorciadas com algodão) e fruteiras.

- BRUNO NÃO CÁLCICO - NC e NCv

Os solos Brunos Não Cálcicos encontrados em ambas as bacias estudadas estão consorciados com Solos Litólicos (foto nºA.6) e Vertissolos, ocorrendo inclusões de Cambisol e Podzólico na Bacia do São Gonçalo.

Sua ocorrência é em relevo suave ondulado à ondulado, ocorrendo apenas um caso de relevo forte ondulado na Bacia do Pilões.

São solos bem drenados relativamente rasos a pouco profundos, com uma seqüência de horizontes A, Bt e C.

Estes solos caracterizam-se por forte suscetibilidade à erosão, encontrando-se, na maioria das vezes, com boa parte do horizonte A já removida, deixando exposta uma cobertura de pedras, constituída por calhaus e matacões de quartzo rolados, desarestados ou semi desarestados, espalhados pela superfície do solo, denominada "pavimento desértico", que é uma característica comum destes solos.

Eles apresentam grau de intemperização não muito avançado, com boas reservas de materiais primários de fácil intemperização, que constituem boa reserva de nutrientes para as plantas.

A vegetação que melhor lhe caracteriza é a caatinga hiperxerófila (estepe).

Sua utilização é mais restritiva devido ao clima (escassez de chuvas), a pedregosidade e a sua pouca profundidade. Geralmente a área de vegetação natural é aproveitada para pastagem natural ou às vezes, é utilizada com cultura de subsistência.



FOTO nº A.6 - Vista da cidade de Nazarezinho (São Gonçalo) onde ocorre associação de Bruno Não Cálculo e Litólico.

- VERTISSOLO - V

São solos minerais, não hidromórficos, argilosos a muito argilosos, com alto conteúdo de argilo-minerais do Tipo 2:1, que se caracterizam por provocarem expansões e contrações respectivamente quando úmido e seco e por apresentarem superfícies de fricção ("slickensides") , na primeira fase, nos horizontes subsuperficiais, e fendilhamentos à superfície do solo na época seca, podendo ou não apresentarem microrrelevo, constituído por "gilgai" (foto nº A.7). Os Vertissolos são comumente denominados "massapê".

Quando encharcados apresentam-se muito plásticos e muito pegajosos, com drenagem imperfeita e permeabilidade lenta a muito lenta, sendo muito susceptíveis à erosão.

Eles possuem seqüência de horizontes AC, com horizonte A moderado e, às vezes, chemozênico, com estrutura granular e em blocos, bem desenvolvida, de consistência dura a muito dura quando secos e friável a firme, quando úmidos.

Nas áreas em estudo, encontram-se em relevo predominantemente plano. Com ocorrência restrita às áreas próximas ao açude Pilões, associado com Solonetz Solodizado e Solos Litólicos Eutróficos.

Quanto à vegetação, ocorre com mais freqüência a caatinga (estepe), aparecendo ainda a floresta ciliar de camaúba.

Estes solos são utilizados principalmente com a cultura do algodão e com pecuária extensiva em meio à vegetação natural, constatando-se também o uso com culturas de feijão, milho e arroz , foi observado também algumas culturas de árvores frutíferas. São de elevado potencial agrícola, apresentam porém, problemas relacionados com suas condições físicas, em face do elevado teor de argila 2:1.



Foto nº A.7 - Micro-relevo característico dos Vertissolos.

- SOLONETZ SOLODIZADO - SS

Caracterizam-se por serem solos halomórficos com um horizonte B solonétrzico, que é uma modalidade do horizonte B textural, cujas propriedades estão ligadas à uma saturação com sódio trocável ($100 \times Na^+/T$) superior a 15%, com estrutura colunar ou prismática moderada a fortemente desenvolvida raramente, em blocos.

O horizonte A fracamente desenvolvido é pouco espesso, apresentando textura indiscriminada, este solo ocorre na bacia do Pilões associado a solos Litólicos e aluviais.

São solos em geral rasos ou pouco profundos. Possuem baixo grau de flocculação no Bt, devido a argila encontrar-se total ou quase totalmente dispersa, em virtude da elevada saturação com sódio, apresentam grande suscetibilidade à erosão.

Estes solos são pouco utilizados, em função de restrições fortes, como elevada saturação com sódio, má drenabilidade e por ocorrerem em regiões onde as chuvas são escassas não favorecendo a lavagem destes solos. Na bacia do Pilões onde ocorre este tipo de solo, é utilizado com pastagens extensivas e pequenas áreas com palma forrageira.

A cobertura vegetal caracteriza-se pela caatinga (estepe) ou por carnaúbas, arubas com presença de gramíneas espontâneas.

- SOLO LITÓLICO - Re

São solos pouco desenvolvidos, rasos ou muito rasos, possuindo uma seqüência de horizontes A,C e R ou A,R estando neste caso o horizonte A assentado diretamente sobre a rocha. Em alguns locais verifica-se o início de formação de um horizonte incipiente (B). Apresentam-se predominantemente com pedregosidade e/ou rochiosidade à superfície.

Este tipo de solo ocorre em ambas as bacias estudadas, o horizonte A, apresenta-se como fraco, e textura arenosa e/ou média. Os solos são todos do tipo eutrófico.

Seu grau de utilização agrícola, varia de uso médio à intenso, e também ocorrem áreas de vegetação natural, dependendo do relevo .

A pouca utilização deste solo decorre principalmente das fortes ou muito fortes limitações pela falta d'água, presença de pedregosidade e/ou rochiosidade, erosão e pequena profundidade destes. A vegetação natural é aproveitada para pecuária extensiva. Aconselha-se a preservação da vegetação natural nas áreas mais acidentadas e com maiores declividades, com o fim de diminuir a perda de solo por erosão, principalmente porque os Solos Litólicos desta região tem textura média e/ou arenosa.

- SOLOS ALUVIAIS

São solos pouco desenvolvidos , provenientes de depósitos fluviais recentes (quaternário), com horizonte superficial A diferenciado sobre camadas estratificadas que não guardam relação pedogenética entre si. São solos profundos com seqüência de horizontes A e C.

Estes solos ocorrem em grande intensidade na bacia do Pilões onde apresentam textura indiscriminada.

Devido o lençol freático estar próximo à superfície do solo durante boa parte do ano, estes solos são muito utilizados, chegando até a contrastar com a vegetação em torno, permitindo assim que o identifiquemos facilmente na bacia.

São explorados com cultura de subsistência, forrageira e fruteiras (foto nº A.8).



Foto nº A.8 - Área de ocorrência de aluvião.

A.3 - Mapa de Solos

Para os mapas de solo das bacias do Pilões e São Gonçalo, foi definida a seguinte legenda para as 24 Unidades de Mapeamento identificadas, os índices a, b e c indicam respectivamente ocorrem unicamente na bacia do Pilões; ocorrem unicamente na bacia do São Gonçalo e ocorrem em ambas as bacias (anexos D7 e D8).

SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL E ARGILA DE ATIVIDADE BAIXA (NÃO HIDROMÓRFICOS)

PE₁ -(a) Associação de PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura média cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado e BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado e VERTISSOL fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

PE₂ -(a) Associação de ; PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO raso textura média cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaisse e granito.

PE₃ -(a) Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco textura média cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo ondulado e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A moderado textura argilosa cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaisse e granito.

PE₄ - (a) Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO fase caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado.

PE₅ -(a) Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO fase caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado e SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

PE₆ -(a) Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO orto fase floresta cauducifolia relevo forte ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito.

PE₇ -(a) Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO fase caatinga hiperxerófila relevo ondulado e forte ondulado e BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado.

PE₈ -(b) PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco textura argilosa cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo ondulado.

SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL E ARGILA DE ATIVIDADE ALTA (NÃO HIDROMÓRFICO)

NC₁ -(c) Associação de: BRUNO NAO CÁLCICO fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaisse e granito.

NC₂ -(a) Associação de : BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito.

NC₃ -(a) Associação de : BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado e SOLOS LITÓLICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa relevo ondulado e forte ondulado substrato gnaisse e granito.

NC₄ -(a) Associação de : BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado e forte ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado substrato gnaisse e granito.

NC₅ -(a) Associação de : BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e VERTISSOL fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

NC₆ -(b) Associação de : BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila relevo ondulado e BRUNO NÃO CÁLCICO VÉRTICO fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado e inclusões de CAMBISSOLO fase

caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura média cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo ondulado.

V₁ -(a) Associação Complexa de : VERTISSOL fase caatinga hiperxerófila relevo plano e SOLONETZ SOLODIZADO textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura indiscriminada fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado substrato arenito e folhelho.

V₂ -(a) Associação de : VERTISSOL fase caatinga hiperxerófila relevo plano e SOLONETZ SOLODIZADO textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano e SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

SOLOS HALOMÓRFICOS

SS₁ -(a) SOLONETZ SOLODIZADO textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

SS₂ -(a) Associação Complexa de : SOLONETZ SOLODIZADO textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura indiscriminada fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado substrato arenito e folhelho e SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS (NÃO HIDROMÓRFICOS)

Ae -(c) SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

Re₁ -(c) Associação de : SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito e SOLONETZ SOLODIZADO textura média

fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Re₂ -(c) SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito.

Re₃ -(b) Associação de SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperserófila relevo montanhoso a escarpado substrato muscovita quartzitos e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Re₄ - (b) Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado a montanhoso substrato gnaisse e granito e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura média cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Re₅ -(b) Associação de : SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo montanhoso substrato gnaisse e granito e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Anexo B

Curva-Chave

Tabela B-1 - Dados de Cota x Vazão do Posto Antenor Navarro

DATA	COTA (cm)	COTA (m)	VAZÃO (m ³ /s)	Vazão Calculada (m ³ /s)
24/05/84	188	1.88	5.44	5.9713272
23/05/85	255	2.55	25.5	20.451105
21/04/86	287	2.87	25.3	32.966132
07/05/65	292	2.92	38.1	35.347746
07/05/65	292	2.92	35.3	35.347746
05/03/85	298	2.98	44.2	38.373975
23/04/85	299	2.99	39.1	38.896696
04/05/65	302	3.02	38.8	40.497043
25/04/84	350	3.5	85.3	73.475691
24/04/65	352	3.52	71.1	75.186141
24/04/65	353	3.53	76.1	76.052515
23/04/65	383	3.83	106	105.72532
23/04/65	386	3.86	109	109.10988
22/04/65	394	3.94	123	118.53431
22/04/65	402	4.02	131	128.55851
SAÍDA DA REGRESSÃO				
Constante			-0.758884	0.4681885
Erro Padrão Est Y			0.0417313	
R ²			0.9946189	
Nº de Observações			9	
Graus de Liberdade			7	
Coefficiente(s) X		4.0386507		
Erro Padrão Coefic.		0.1122777		

Tabela B-2 - Dados Cota x vazão do Posto Brejo das Freiras

DATA	COTA (Cm)	COTA (m)	VAZAO (M3/S)	Vazão Calculada (m3/S)
02/06/69	119	1.19	2.49	2.6339043
02/06/69	118	1.18	2.51	2.5470578
19/03/70	103	1.03	1.49	1.4840501
19/03/70	102	1.02	1.47	1.4276258
10/03/70	100	1	1.14	1.3196085
10/03/70	100	1	1.13	1.3196085
03/05/71	89	0.89	0.971	0.8305524
03/05/71	89	0.89	0.908	0.8305524
30/03/70	78	0.78	0.583	0.4917306
30/03/70	78	0.78	0.57	0.4917306
05/05/71	62	0.62	0.202	0.1975143
05/05/71	62	0.62	0.196	0.1975143
19/05/71	59	0.59	0.149	0.1621883
19/05/71	59	0.59	0.139	0.1621883
SAÍDA DA REGRESSÃO				
Constante			0.2773351	1.3196085
Erro padrão est. Y			0.1170584	
R ²			0.9875768	
Nº de Observações			14	
Graus de Liberdade			12	
Coefficiente(s) X		3.97309		
Erro Padrão Coefic.		0.128637		

Tabela B-3 - Dados Cota x Vazão do Posto Várzea Grande

DATA	COTA, (m)	VAZAO, (m ³ /s)	Vazão Calculada, (m ³ /s)
02/06/62	1.11	0.129	0.1385425
02/06/62	1.11	0.132	0.1385425
02/06/62	1.11	0.138	0.1385425
02/06/62	1.11	0.149	0.1385425
31/05/62	1.12	0.102	0.1470909
04/06/62	1.12	0.110	0.1470909
04/06/62	1.12	0.111	0.1470909
26/05/62	1.12	0.146	0.1470909
26/05/62	1.12	0.160	0.1470909
26/05/62	1.12	0.167	0.1470909
29/05/62	1.13	0.137	0.1560836
26/05/62	1.13	0.138	0.1560836
28/05/62	1.13	0.142	0.1560836
29/05/62	0.147	1.13	0.1560836
29/05/62	0.154	1.13	0.1560836
29/05/62	1.13	0.158	0.1560836
28/05/62	1.14	0.116	0.1655396
28/05/62	1.14	0.141	0.1655396
24/05/62	1.14	0.147	0.1655396
05/06/62	1.14	0.155	0.1655396
28/05/62	1.14	0.167	0.1655396
10/04/70	1.15	0.128	0.1754783
10/04/70	1.15	0.139	0.1754783
04/05/70	1.15	0.156	0.1754783
04/05/70	1.15	0.169	0.1754783
05/06/62	1.15	0.171	0.1754783
23/05/62	1.15	0.175	0.1754783
23/05/62	1.15	0.182	0.1754783
06/06/62	1.16	0.146	0.1859198
21/04/87	1.17	0.135	0.1968849
06/06/63	1.19	0.174	0.2204724
21/05/62	1.19	0.196	0.2204724
16/03/66	1.19	0.241	0.2204724
22/05/62	1.19	0.305	0.2204724

continuação Tabela B-3

DATA	COTA(m)	VAZAO, (m ³ /S)	Vazão Calculada, (M ³ /S)
16/03/66	1.20	0.150	0.2331397
13/07/88	1.20	0.230	0.2331397
09/05/66	1.20	0.300	0.2331397
30/05/63	1.22	0.251	0.2603392
31/05/63	1.22	0.257	0.2603392
21/05/71	1.22	0.383	0.2603392
21/05/71	1.22	0.386	0.2603392
23/07/85	1.24	0.231	0.2901907
12/03/66	1.24	0.258	0.2901907
12/03/66	1.24	0.376	0.2901907
15/07/88	1.24	0.383	0.2901907
19/05/62	1.25	0.277	0.306176
16/02/70	1.26	0.270	0.3229038
16/02/70	1.26	0.296	0.3229038
19/05/62	1.26	0.310	0.3229038
04/05/71	1.27	0.477	0.3404024
04/05/71	1.27	0.488	0.3404024
26/04/88	1.28	0.406	0.3587008
27/05/86	1.32	0.665	0.4405025
12/04/69	1.35	0.845	0.5118041
05/03/64	1.35	0.893	0.5118041
23/05/85	1.35	0.916	0.5118041
12/04/69	1.35	1.070	0.5118041
05/03/64	1.36	0.503	0.5376515
24/02/71	1.36	0.50	0.5376515
24/02/71	1.36	1.110	0.5376515
20/07/87	1.38	1.090	0.5926892
23/03/70	1.40	1.070	0.6188017
23/03/70	1.40	1.110	0.6188017
24/04/85	1.54	1.360	0.8920277
02/12/69	1.58	0.709	0.984259
04/05/63	1.58	0.746	0.984259
04/05/63	1.58	1.220	0.984259
02/12/69	1.59	1.290	1.0083775
03/05/63	1.62	0.968	1.0833582
03/05/63	1.64	0.940	1.1355839
02/05/63	1.68	1.020	1.2455922
02/05/63	1.68	1.100	1.2455922
27/11/69	1.82	2.120	1.6934044
27/11/69	1.82	2.170	1.6934044
09/09/70	1.84	1.820	1.7659285

continuação Tabela B-3

DATA	COTA(m)	VAZAO, (m ³ /S)	Vazão Calculada, (M ³ /S)
09/09/70	1.84	1.840	1.7659285
26/02/70	1.91	2.040	2.0379493
26/02/70	1.91	2.090	2.0379493
19/12/69	1.98	2.240	2.3397737
19/12/69	1.98	2.370	2.3397737
17/01/70	2.00	2.550	2.4317669
17/01/70	2.01	2.390	2.4787532
10/01/70	2.01	2.480	2.4787532
10/01/70	2.01	2.550	2.4787532
11/12/70	2.04	2.260	2.6237439
11/12/70	2.04	2.360	2.6237439
06/05/64	2.63	15.100	14.66483
29/04/64	2.74	16.200	16.0623
30/04/64	2.82	16.300	17.12273
22/04/86	3.59	29.700	29.27411
SAÍDA DA REGRESSÃO:			
Constante		-1.771042	0.1701556
Erro padrão est. Y		0.1226292	
R ²		0.8114286	
Nº. de observções		16	
Graus de Liberdade		14	
Coefficiente (s) X	3.837075		
Erro padrão Coef..	0.4943666		
SAÍDA DA REGRESSÃO:			
Constante		-1.97979	0.1308098
Erro padrão est. Y		0.3501152	
R ²		0.9245144	
Nº. de observções		10	
Graus de Liberdade		8	
Coefficiente (s) X			4.2813638
Erro padrão Coef..			0.432526
SAÍDA DA REGRESSÃO:			
Erro padrão est. Y		0.3209133	

Continuação	Tabela	B-3	
R ²		0.8329757	
Nº. de observções		71	
Graus de Liberdade		69	
Coeficiente (s) X			
Erro padrão Coef..	6.675867		
	0.359879		

A seguir apresenta-se as curvas-chave obtidas para os postos Antenor Navarro, Brejo das Freiras e Várzea Grande.

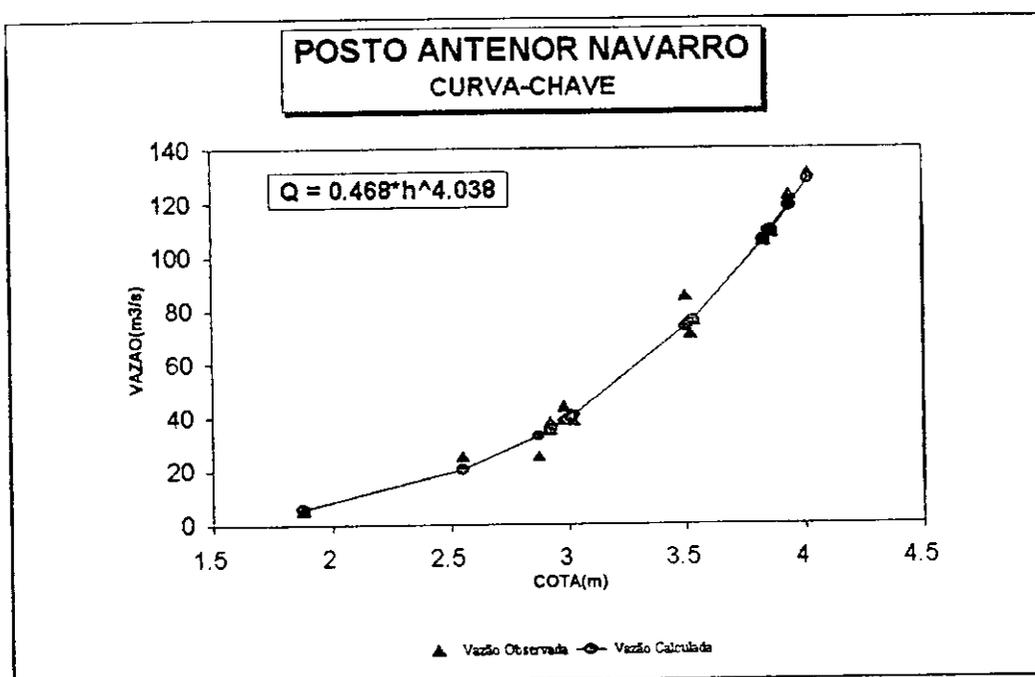


Fig. B.1 - Curva-Chave do Posto Antenor Navarro.

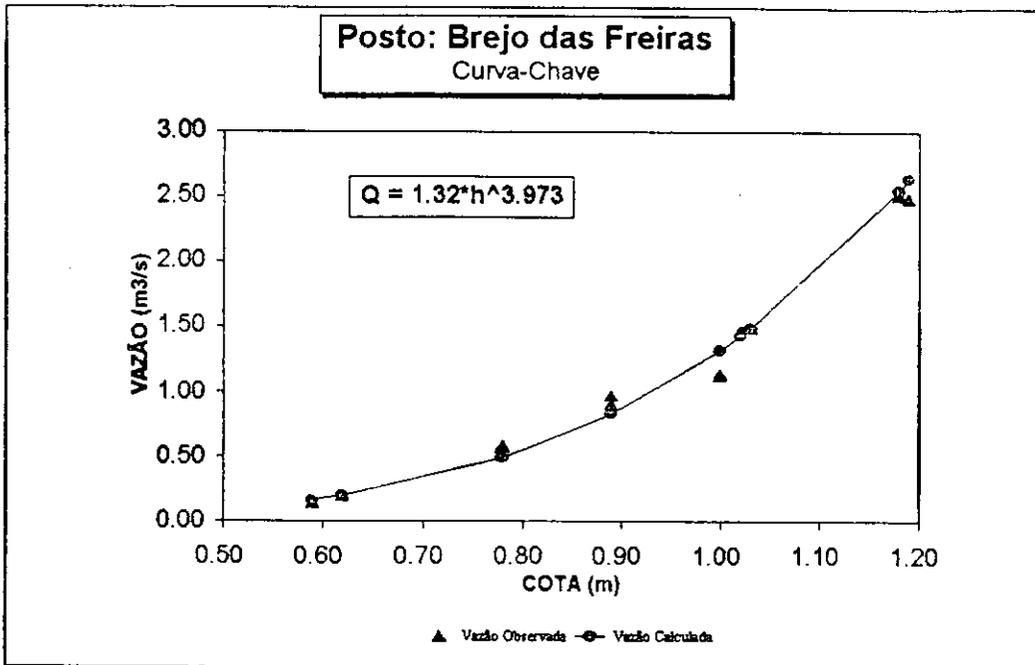


Fig. B.2 - Curva-Chave do Posto Brejo da Freiras.

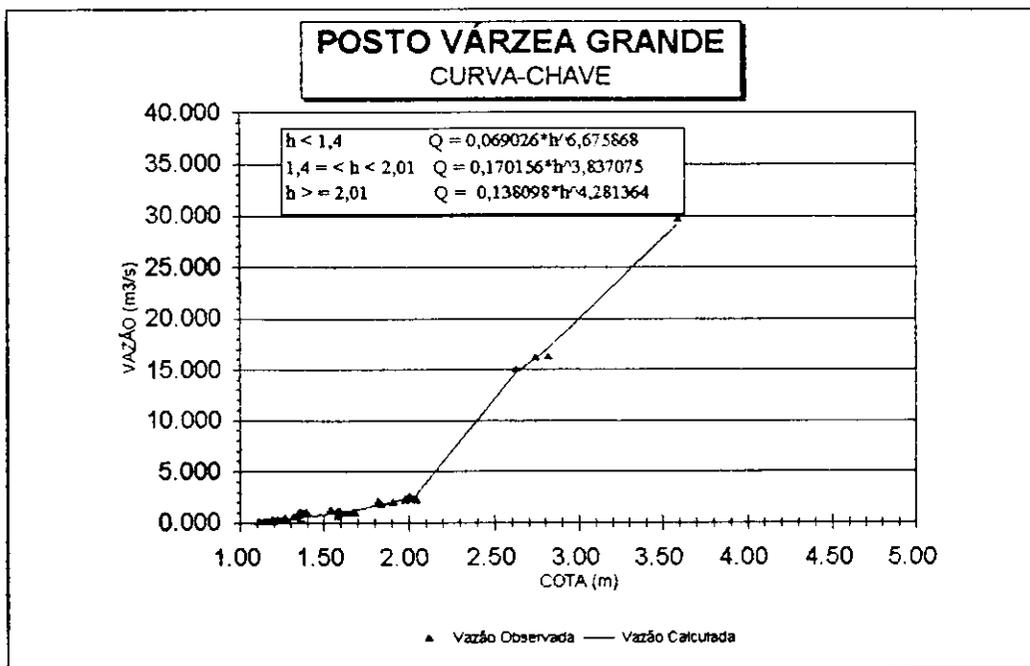


Fig. B.3 - Curva-Chave do Posto Várzea Grande.

ANEXO C

CALIBRAÇÃO E SIMULAÇÃO

Tabela C- 1 Dados da Calibração do Posto Antenor Navarro

PARÂMETROS DO MODELO

H1	H2	H3	A1	A2	A3	B1	B2	KU	KB	LLP
496.4	392	285.3	0.531	0.537	0.467	0.055	0.247	0.459	0.712	182.7

ANO	MES	PREC	EVTP	EVAP	FQO	QC	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Z1	Z2
1923	1	23.7	161.7	23.7	0	0	0	1	0	0	0	1.3	0.3
1923	2	211.1	171.3	78.7	22	0	120.8	9.5	0	0	0	11.6	3.1
1923	3	132.4	170.2	78.2	2	0	161.1	17.6	0	0	0	13.9	5.8
1923	4	86.2	169.8	78	9.8	0	155.7	23.5	0	0	0	13.6	7.7
1923	5	99.7	183.7	84.4	3.9	0	157	28.2	0	0	0	14	9.3
1923	6	45.8	193.5	88.9	1.5	0	102.7	29.7	0	0	0	11.1	9.7
1923	7	23.2	207.5	125.9	0	0	0	27.5	0	0	0	6.9	9
1923	8	5.6	219.6	5.6	0	0	0	21	0	0	0	0.3	6.9
1923	9	0.3	238.7	0.3	0	0	0	15.8	0	0	0	0	5.2
1923	10	2.9	23	2.9	0	0	0	12	0	0	0	0.2	3.9
1923	11	101.4	230.7	101.4	0	0	0	13.2	0	0	0	5.6	4.3
1923	12	4.6	0	0	0	0	4.3	10.2	0	0	0	0.3	3.3
1924	1	95.7	161.7	100	0	0	0	11.8	0	0	0	5.5	3.9
1924	2	288.5	171.3	78.7	76.3	0	194	20.8	0	0	0	15.8	6.8
1924	3	85.5	170.2	78.21	0.3	0	185.9	27.2	0	0	0	15.3	8.9
1924	4	563.2	169.8	78.05	0.933	0	304	51.51	0.219	0.7	0	41.1	16.9
1924	5	162.4	183.7	84.41	0.7	40	316.4	58	0	40	0	25.6	19
1924	6	77.8	193.5	88.9	5.6	1.2	282.5	60	0	1.2	0	21.6	19.7
1924	7	5.3	207.5	95.3	0	0	176.6	57.1	0	0	0	15.8	18.7
1924	8	0	219.6	156.3	0	0	10.6	50.3	0	0	0	9.7	16.5
1924	9	6.6	238.7	17.2	0	0	0	38.6	0	0	0	0.9	12.7
1924	10	9.8	23	9.8	0	0	0	29.5	0	0	0	0.5	9.7
1924	11	0.3	230.7	0.3	0	0	0	22.2	0	0	0	0	7.3
1924	12	56.9	0	0	0	0	53.8	19.1	0	0	0	3.1	6.3
1925	1	224.2	161.7	74.3	8	0	188.4	25.9	0	0	0	15.3	8.5
1925	2	147.2	171.3	78.7	26.9	0	238.5	33.3	0	0	0	18.4	10.9
1925	3	285.1	170.2	78.2	85.1	85.1	331.5	46.8	14.4	70.7	0	28.8	15.3
1925	4	256.3	169.8	78.02	0.715	0.7	323.8	59.5	48.61	0.2	0	32.3	19.5
1925	5	101.6	183.7	84.4	18	18	299.7	62.4	0	18	0	23.4	20.5

1925	6	17.8	193.5	88.9	0	0	211.2	60.1	0	0	0	17.4	19.7
1925	7	5.6	207.5	95.3	0	0	109.5	54.2	0	0	0	11.9	17.8
1925	8	8.7	219.6	118.2	0	0	0	45.7	0	0	0	6.5	15
1925	9	108.1	238.7	108.1	0	0	0	38.9	0	0	0	5.9	12.8
1925	10	1.5	23	1.5	0	0	0	29.4	0	0	0	0.1	9.6
1925	11	12.4	230.7	12.4	0	0	0	22.6	0	0	0	0.7	7.4
1925	12	63.7	0	0	0	0	60.2	19.7	0	0	0	3.5	6.5
1926	1	65.8	161.7	115.1	0	0	4	20	0	0	0	6.9	6.6
1926	2	180.3	171.3	78.7	8	0	95.4	22.7	0	0	0	10.1	7.4
1926	3	301.2	170.2	78.21	0.5	2.5	294.1	33.5	0	2.5	0	21.8	11
1926	4	191	169.8	78	39.5	50	330.5	45.3	0	50	0	26.6	14.9
1926	5	113.8	183.7	84.4	21	28.1	307.4	52.5	0	28.1	0	24.4	17.2
1926	6	52.2	193.5	88.9	0	0	250.9	54.4	0	0	0	19.7	17.8
1926	7	5.1	207.5	95.3	0	0	146.6	51.5	0	0	0	14.1	16.9
1926	8	0	219.6	146.6	0	0	0	44.9	0	0	0	8.1	14.7
1926	9	0	238.7	0	0	0	0	33.8	0	0	0	0	11.1
1926	10	0	23	0	0	0	0	25.4	0	0	0	0	8.3
1926	11	3.8	230.7	3.8	0	0	0	19.3	0	0	0	0.2	6.3
1926	12	0.1	0	0	0	0	0.1	14.5	0	0	0	0	4.8
1927	1	89	161.7	89.1	0	0	0	14.6	0	0	0	4.9	4.8
1927	2	243.8	171.3	78.7	4.9	0	151.7	21.1	0	0	0	13.4	6.9
1927	3	263.5	170.2	78.2	25.4	12.5	301.7	33.1	0	12.5	0	22.8	10.8
1927	4	263.6	169.8	78	19.01	0.7	326.6	48.3	36.6	93.1	0	31	15.8
1927	5	84.5	183.7	84.4	10.8	10.3	293.8	53.3	0	10.3	0	22.6	17.5
1927	6	24.2	193.5	88.9	0	0	211.7	53.3	0	0	0	17.5	17.5
1927	7	16.9	207.5	95.3	0	0	120.7	49.6	0	0	0	12.6	16.3
1927	8	0.3	219.6	121	0	0	0	42.4	0	0	0	6.6	13.9
1927	9	29.7	238.7	29.7	0	0	0	33.1	0	0	0	1.6	10.9
1927	10	42.6	23	16.4	0	0	23.9	26.7	0	0	0	2.3	8.8
1927	11	0	230.7	23.9	0	0	0	21.1	0	0	0	1.3	6.9
1927	12	13.7	0	0	0	0	12.9	16.5	0	0	0	0.8	5.4
1928	1	92.4	161.7	105.3	0	0	0	16.7	0	0	0	5.8	5.5
1928	2	149.2	171.3	122	0	0	19.1	18.8	0	0	0	8.2	6.2
1928	3	164.2	170.2	78.2	0	0	95	21.7	0	0	0	10.1	7.1
1928	4	153.5	169.8	78	0	0	156.8	26.6	0	0	0	13.6	8.7
1928	5	58.2	183.7	84.4	0	0	118.8	28.9	0	0	0	11.8	9.5
1928	6	65.1	193.5	88.9	2.1	0	84.9	29.4	0	0	0	10.1	9.6
1928	7	3.6	207.5	88.5	0	0	0	25.8	0	0	0	4.9	8.5
1928	8	0	219.6	0	0	0	0	19.4	0	0	0	0	6.4
1928	9	0	238.7	0	0	0	0	14.6	0	0	0	0	4.8
1928	10	46.6	23	16.4	0	0	27.7	12.9	0	0	0	2.6	4.2
1928	11	0	230.7	27.7	0	0	0	10.9	0	0	0	1.5	3.6
1928	12	14.5	0	0	0	0	13.7	8.8	0	0	0	0.8	2.9

Quadro de Valores Anuais Acumulados

ANO	PREC	EVATF	EVAPF	VAZ.OI	VAZ.C,	EREL.	CEO	CEC
1923	736.9	1970	668.1	39.3	0	1	0.05	0
1924	1352	1970	787.2	771.7	367.1	0.52	0.57	0.27
1925	1232	1970	818.1	291.7	256.8	0.12	0.24	0.21
1926	913.3	1970	769.1	169	80.6	0.52	0.19	0.09
1927	1072	1970	783.6	60.2	152.4	-1.53	0.06	0.14
1928	747.3	1970	689.4	2.1	0	1	0	0
Função Objetivo:				789.7				
Coeficiente de Correlação (R2):				97.53				

Tabela C-2 Dados da Calibração do Posto Emas

PARÂMETROS DO MODELO

H1	H2	H3	A1	A2	A3	B1	B2	KU	KS	LLP
702.5	260.5	643	0.335	0.316	0.646	0.381	0.428	0.9	0.51	121.5

ANO	MES	PREC	EVTP	EVAP	FQO	QC	X1	X2	Y1	Y2	Y3
1965	1	148.9	201	148.9	5.9	0	0	32.5	0	0	0
1965	2	383.9	152.3	137.1	36.6	39	61.6	102.3	0	39	0
1965	3	330.2	145.5	130.9	68.6	41.5	70.1	144.1	0	41.5	0
1965	4	391	129.8	116.8	99.9	63.3	105.2	183	0	63.3	0
1965	5	120.5	133.5	120.1	4	0	19.6	154	0	0	0
1965	6	46.1	138.8	65.7	0	0	0	102.5	0	0	0
1965	7	45.4	163.5	45.4	0	0	0	68.6	0	0	0
1965	8	6	200.3	6	0	0	0	40.6	0	0	0
1965	9	38.7	220.5	38.7	0	0	0	31.7	0	0	0
1965	10	2.1	237.8	2.1	0	0	0	18.6	0	0	0
1965	11	4.9	235.5	4.9	0	0	0	11.7	0	0	0
1965	12	13.8	244.5	13.8	0	0	0	9.7	0	0	0
1966	1	149	201	149	0	0	0	38.1	0	0	0
1966	2	21.5	152.3	21.5	0	0	0	26.5	0	0	0
1966	3	451.2	145.5	130.9	58.3	60.2	88.1	113.6	0	60.2	0
1966	4	528.1	129.8	116.8	0.611	0.3	152.3	199.4	0.011	0.3	0
1966	5	118.3	133.5	120.1	31.6	3.2	44.1	173.2	0	3.2	0
1966	6	125	138.8	124.9	1.4	0	0	136	0	0	0
1966	7	30.3	163.5	30.3	0	0	0	84.5	0	0	0
1966	8	57.4	200.3	57.4	0	0	0	60.9	0	0	0
1966	9	0	220.5	0	0	0	0	34.9	0	0	0
1966	10	6.5	237.8	6.5	0	0	0	21.4	0	0	0
1966	11	0	235.5	0	0	0	0	12.2	0	0	0
1966	12	5.4	244.5	5.4	0	0	0	8.2	0	0	0
1967	1	18.8	201	18.8	0	0	0	8.8	0	0	0
1967	2	293.4	152.3	137.1	35.7	10.4	34.1	69	0	10.4	0
1967	3	303.9	145.5	130.9	54.8	24.5	53.8	113.3	0	24.5	0
1967	4	730.5	129.8	116.8	0.619	0.8	175.8	235.9	27.42	0.4	0
1967	5	269.1	133.5	120.1	54.3	58.2	97	232.1	0	58.2	0
1967	6	35.7	138.8	124.9	1.4	0	0	161.8	0	0	0
1967	7	25	163.5	25	0	0	0	98.1	0	0	0
1967	8	10.4	200.3	10.4	0	0	0	58.4	0	0	0
1967	9	0	220.5	0	0	0	0	33.4	0	0	0
1967	10	0.3	237.8	0.3	0	0	0	19.2	0	0	0
1967	11	0	235.5	0	0	0	0	11	0	0	0
1967	12	39.6	244.5	39.6	0	0	0	14.9	0	0	0
1968	1	90.7	201	90.7	6.9	0	0	28.3	0	0	0
1968	2	107.7	152.3	77.7	3.6	0	0	39.7	0	0	0
1968	3	530.7	145.5	130.9	94.8	85.3	112.2	138.5	0	85.3	0
1968	4	179.7	129.8	116.8	6.7	9.9	53.9	143	0	9.9	0

1968	5	434.8	133.5	120.1	63.2	72.1	110.3	188.5	0	72.1	0
1968	6	41.4	138.8	124.9	2.4	0	0	141	0	0	0
1968	7	0.6	163.5	0.6	1	0	0	80.8	0	0	0
1968	8	18.2	200.3	18.2	0	0	0	50.2	0	0	0
1968	9	0	220.5	0	0	0	0	28.8	0	0	0
1968	10	0.4	237.8	0.4	0	0	0	16.5	0	0	0
1968	11	0	235.5	0	0	0	0	9.5	0	0	0
1968	12	59	244.5	59	0	0	0	18.3	0	0	0
1969	1	39.8	201	39.8	0	0	0	19.2	0	0	0
1969	2	29.7	152.3	29.7	0	0	0	17.4	0	0	0
1969	3	358.4	145.5	130.9	32.1	30.9	60	88.2	0	30.9	0
1969	4	280.4	129.8	116.8	41.6	25.2	68.6	124.7	0	25.2	0
1969	5	96.1	133.5	120.1	1	0	0	107.3	0	0	0
1969	6	24.8	138.8	24.8	0	0	0	66.9	0	0	0
1969	7	105	163.5	83.5	0	0	0	61.2	0	0	0
1969	8	0	200.3	0	0	0	0	35	0	0	0
1969	9	0	220.5	0	0	0	0	20	0	0	0
1969	10	0	237.8	0	0	0	0	11.5	0	0	0
1969	11	0	235.5	0	0	0	0	6.6	0	0	0
1969	12	5.6	244.5	5.6	0	0	0	5	0	0	0
1970	1	186.2	201	180.9	15.3	0	0	43.5	0	0	0
1970	2	49.8	152.3	49.8	0	0	0	35.7	0	0	0
1970	3	276.7	145.5	130.9	5.9	5.1	35.2	80.8	0	5.1	0
1970	4	129.1	129.8	116.8	1	0	0	82.1	0	0	0
1970	5	20	133.5	20	0	0	0	51.4	0	0	0
1970	6	0	138.8	0	0	0	0	29.4	0	0	0
1970	7	3.6	163.5	3.6	0	0	0	17.6	0	0	0
1970	8	0.2	200.3	0.2	0	0	0	10.1	0	0	0
1970	9	0.1	220.5	0.1	0	0	0	5.8	0	0	0
1970	10	0.1	237.8	0.1	0	0	0	3.4	0	0	0
1970	11	7.8	235.5	7.8	0	0	0	3.6	0	0	0
1970	12	4.2	244.5	4.2	0	0	0	3	0	0	0
1971	1	116.7	201	102.6	0.5	0	0	27.2	0	0	0
1971	2	290	152.3	137.1	3.6	9.3	33.1	78.8	0	9.3	0
1971	3	348.2	145.5	130.9	14.3	38.1	66.9	128.3	0	38.1	0
1971	4	515.7	129.8	116.8	78.81	0.7	142.1	200.5	0.01	0.7	0
1971	5	159.3	133.5	120.1	4.9	12.9	53.5	180.5	0	12.9	0
1971	6	101.9	138.8	124.9	11	0	0	137.2	0	0	0
1971	7	31.4	163.5	31.4	0	0	0	85.4	0	0	0
1971	8	2	200.3	2	0	0	0	49.3	0	0	0
1971	9	6.4	220.5	6.4	0	0	0	29.6	0	0	0
1971	10	1.3	237.8	1.3	0	0	0	17.2	0	0	0
1971	11	1.7	235.5	1.7	0	0	0	10.2	0	0	0
1971	12	1.9	244.5	1.9	0	0	0	6.3	0	0	0

Quadro de Valores Anuais Acumulados

ANO	PREC	EVATF	EVAPF	VAZ.OI	VAZ.C,	EREL	CEO	CEC
1965	1532	2203	830.4	215	143.8	0.33	0.14	0.09
1966	1493	2203	762.9	228.9	175.7	0.23	0.15	0.12
1967	1727	2203	723.9	283.9	285.9	-0.01	0.16	0.17
1968	1463	2203	739.4	178.6	167.3	0.06	0.12	0.11
1969	939.8	2203	551.2	74.7	56.1	0.25	0.08	0.06
1970	677.8	2203	514.4	22.2	5.1	0.77	0.03	0.01
1971	1577	2203	777.1	113.2	162.1	-0.43	0.07	0.1

Função Objetivo : FO = 3919

Coef. de Correlação (%): R = 89.11

Tabela C - 3 Dados da Calibração do Posto São José de Piranhas

PARÂMETROS DO MODELO

H1	H2	H3	A1	A2	A3	B1	B2	KU	KS	LLP
461.5	107.3	499.2	0.593	0.507	0.391	0.409	0.339	0.66	0.6	65.67

DINÂMICA DOS TANKS

ANO	MES	PREC	EVTP	EVAP	FQO	QC	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Z1	Z2
1921	1	43	210.5	43	0	0	0	11.6	0	0	0	17.6	6
1921	2	227.8	161.7	106.8	72.9	61.1	0	69.3	0	61.1	0	93.2	35.6
1921	3	334.2	171.3	113.1	0.012	0.1	0	136.2	0.012	0.1	0	136.8	69.9
1921	4	191.8	170.2	112.4	83.5	42.9	0	141.9	0	42.9	0	78.5	72.8
1921	5	129.8	169.8	112.1	30.3	11.4	0	128.9	0	11.4	0	53.1	66.1
1921	6	5.1	183.7	5.1	0	0	0	86.6	0	0	0	2.1	44.4
1921	7	5.2	193.5	5.2	0	0	0	58.6	0	0	0	2.1	30.1
1921	8	1.1	207.5	1.1	0	0	0	39.1	0	0	0	0.5	20
1921	9	1.1	219.6	1.1	0	0	0	26.1	0	0	0	0.5	13.4
1921	10	17.4	238.7	17.4	0	0	0	22	0	0	0	7.1	11.3
1921	11	29.3	230	29.3	0	0	0	22.4	0	0	0	12	11.5
1921	12	4.1	230.7	4.1	0	0	0	15.9	0	0	0	1.7	8.2
1922	1	44.1	210.5	44.1	0	0	0	22.5	0	0	0	18.1	11.5
1922	2	145.3	161.7	106.8	8.6	19.3	0	54.2	0	19.3	0	59.5	27.8
1922	3	175.4	171.3	113.1	6.2	34.6	0	83.3	0	34.6	0	71.8	42.7
1922	4	334.2	170.2	112.4	75.41	0.1	0	145.5	0.012	0.1	0	136.8	74.6
1922	5	138.6	169.8	112.1	16.8	15.9	0	133.6	0	15.9	0	56.7	68.5
1922	6	93.1	183.7	93.1	21.7	0	0	113.5	0	0	0	38.1	58.2
1922	7	36.5	193.5	36.5	0	0	0	84.9	0	0	0	14.9	43.6
1922	8	6.8	207.5	6.8	0	0	0	58	0	0	0	2.8	29.7
1922	9	1.1	219.6	1.1	0	0	0	38.6	0	0	0	0.5	19.8
1922	10	1.4	238.7	1.4	0	0	0	25.9	0	0	0	0.6	13.3
1922	11	142.1	230	142.1	38	17.7	0	55.6	0	17.7	0	58.2	28.5
1922	12	5.3	230.7	5.3	0	0	0	38.2	0	0	0	2.2	19.6
1923	1	73.5	210.5	73.5	0	0	0	45.1	0	0	0	30.1	23.1
1923	2	228.8	161.7	106.8	78.4	61.7	0	91.7	0	61.7	0	93.7	47
1923	3	51.8	171.3	51.8	0	0	0	74.6	0	0	0	21.2	38.3
1923	4	142	170.2	112.4	54.8	17.6	0	87.8	0	17.6	0	58.1	45
1923	5	131.2	169.8	112.1	3.4	12.1	0	93.5	0	12.1	0	53.7	48
1923	6	15.5	183.7	15.5	0	0	0	66	0	0	0	6.3	33.9
1923	7	20.1	193.5	20.1	0	0	0	49.1	0	0	0	8.2	25.2
1923	8	1.6	207.5	1.6	0	0	0	32.9	0	0	0	0.7	16.9
1923	9	0.2	219.6	0.2	0	0	0	21.8	0	0	0	0.1	11.2
1923	10	4	238.7	4	0	0	0	15.5	0	0	0	1.6	7.9
1923	11	22	230	22	0	0	0	16.2	0	0	0	9	8.3
1923	12	0.5	230.7	0.5	0	0	0	10.8	0	0	0	0.2	5.6
1924	1	32	210.5	32	0	0	0	15.8	0	0	0	13.1	8.1
1924	2	222.8	161.7	106.8	21.8	58.6	0	70.7	0	58.6	0	91.2	36.3
1924	3	151.3	171.3	113.1	35.3	22.3	0	87.7	0	22.3	0	61.9	45

1924	4	162.8	170.2	112.4	0.4	28.2	0	102	0	28.2	0	66.6	52.3
1924	5	65.4	169.8	65.4	16.2	0	0	85.1	0	0	0	26.8	43.7
1924	6	15.3	183.7	15.3	0	0	0	60.4	0	0	0	6.3	31
1924	7	17.5	193.5	17.5	0	0	0	44.7	0	0	0	7.2	22.9
1924	8	1.3	207.5	1.3	0	0	0	29.9	0	0	0	0.5	15.3
1924	9	5.1	219.6	5.1	0	0	0	21.1	0	0	0	2.1	10.8
1924	10	2.2	238.7	2.2	0	0	0	14.6	0	0	0	0.9	7.5
1924	11	24.9	230	24.9	0	0	0	16.4	0	0	0	10.2	8.4
1924	12	11.8	230.7	11.8	0	0	0	14	0	0	0	4.8	7.2
1925	1	30.5	210.5	30.5	0	0	0	17.5	0	0	0	12.5	9
1925	2	51.4	161.7	51.4	0	0	0	25.5	0	0	0	21	13.1
1925	3	300.7	171.3	113.1	63.3	98.1	0	98.2	0	98.1	0	123.1	50.4
1925	4	106	170.2	106	52.1	0	0	93.6	0	0	0	43.4	48
1925	5	33.2	169.8	33.2	0	0	0	70.8	0	0	0	13.6	36.3
1925	6	9.8	183.7	9.8	0	0	0	49.5	0	0	0	4	25.4
1925	7	8.9	193.5	8.9	0	0	0	35.1	0	0	0	3.6	18
1925	8	0.4	207.5	0.4	0	0	0	23.3	0	0	0	0.2	12
1925	9	6.9	219.6	6.9	0	0	0	17.3	0	0	0	2.8	8.9
1925	10	1.4	238.7	1.4	0	0	0	11.8	0	0	0	0.6	6.1
1925	11	20	230	20	0	0	0	13.2	0	0	0	8.2	6.8
1925	12	17.3	230.7	17.3	0	0	0	13.4	0	0	0	7.1	6.9
1926	1	157.1	210.5	139	24.7	25.3	0	51.4	0	25.3	0	64.3	26.3
1926	2	254	161.7	106.8	72.4	74.4	0	102.7	0	74.4	0	104	52.7
1926	3	239.4	171.3	113.1	68.4	67	0	132.6	0	67	0	98	68
1926	4	223.2	170.2	112.4	60.2	58.8	0	148.1	0	58.8	0	91.4	75.9
1926	5	40.7	169.8	40.7	0	0	0	108.9	0	0	0	16.7	55.8
1926	6	12.9	183.7	12.9	0	0	0	75.5	0	0	0	5.3	38.7
1926	7	11.2	193.5	11.2	0	0	0	52.9	0	0	0	4.6	27.1
1926	8	4.2	207.5	4.2	0	0	0	36.1	0	0	0	1.7	18.5
1926	9	7.9	219.6	7.9	0	0	0	26	0	0	0	3.2	13.3
1926	10	12	238.7	12	0	0	0	20.4	0	0	0	4.9	10.5
1926	11	33.5	230	33.5	0	0	0	22.6	0	0	0	13.7	11.6
1926	12	36.2	230.7	36.2	0	0	0	24.7	0	0	0	14.8	12.7
1927	1	60.9	210.5	60.9	0	0	0	32.8	0	0	0	24.9	16.8
1927	2	48.8	161.7	48.8	0	0	0	34.9	0	0	0	20	17.9
1927	3	160	171.3	113.1	8.4	26.8	0	66.4	0	26.8	0	65.5	34
1927	4	163.8	170.2	112.4	4.3	28.7	0	88.2	0	28.7	0	67	45.2
1927	5	50	169.8	50	0	0	0	71.8	0	0	0	20.5	36.8
1927	6	44.7	183.7	44.7	0	0	0	59.6	0	0	0	18.3	30.5
1927	7	2	193.5	2	0	0	0	39.9	0	0	0	0.8	20.5
1927	8	0.2	207.5	0.2	0	0	0	26.4	0	0	0	0.1	13.6
1927	9	0	219.6	0	0	0	0	17.5	0	0	0	0	9
1927	10	46.5	238.7	46.5	0	0	0	24.1	0	0	0	19	12.4
1927	11	1.8	230	1.8	0	0	0	16.4	0	0	0	0.7	8.4
1927	12	15	230.7	15	0	0	0	14.9	0	0	0	6.1	7.7
1928	1	17.7	210.5	17.7	0	0	0	14.7	0	0	0	7.2	7.5
1928	2	75.5	161.7	75.5	3.5	0	0	30.1	0	0	0	30.9	15.4
1928	3	255.3	171.3	113.1	14	75.1	0	89	0	75.1	0	104.5	45.6
1928	4	35.8	170.2	35.8	15.7	0	0	68.5	0	0	0	14.7	35.1
1928	5	4.4	169.8	4.4	0	0	0	46.5	0	0	0	1.8	23.8
1928	6	0	183.7	0	0	0	0	30.7	0	0	0	0	15.8
1928	7	3.7	193.5	3.7	0	0	0	21.3	0	0	0	1.5	10.9
1928	8	10	207.5	10	0	0	0	16.8	0	0	0	4.1	8.6

1928	9	1.5	219.6	1.5	0	0	0	11.5	0	0	0	0.6	5.9
1928	10	24.7	238.7	24.7	0	0	0	14.3	0	0	0	10.1	7.3
1928	11	0.1	230	0.1	0	0	0	9.5	0	0	0	0	4.9
1928	12	8	230.7	8	0	0	0	8.4	0	0	0	3.3	4.3
1929	1	96.1	210.5	96.1	1.7	0	0	31.6	0	0	0	39.3	16.2
1929	2	74.9	161.7	74.9	6.6	0	0	41.1	0	0	0	30.7	21.1
1929	3	76.7	171.3	76.7	13.4	0	0	47.9	0	0	0	31.4	24.6
1929	4	27.1	170.2	27.1	0	0	0	39	0	0	0	11.1	20
1929	5	12.3	169.8	12.3	0	0	0	29.1	0	0	0	5	14.9
1929	6	14.7	183.7	14.7	0	0	0	23.2	0	0	0	6	11.9
1929	7	32.8	193.5	32.8	0	0	0	24.2	0	0	0	13.4	12.4
1929	8	0.1	207.5	0.1	0	0	0	16	0	0	0	0	8.2
1929	9	29.4	219.6	29.4	0	0	0	18.6	0	0	0	12	9.5
1929	10	0	238.7	0	0	0	0	12.3	0	0	0	0	6.3
1929	11	0	230	0	0	0	0	8.1	0	0	0	0	4.2
1929	12	0	230.7	0	0	0	0	5.4	0	0	0	0	2.7

QUADRO DE VALORES ANUAIS ACUMULADOS

ANO	PREC	EVATF	EVAPF	VAZ.OI	VAZ.C.	EREL	CEO	CEC
1921	989.9	2387	550.7	293.7	230.6	0.21	0.3	0.23
1922	1124	2387	774.8	166.6	202.6	-0.22	0.15	0.18
1923	691.2	2387	520.5	136.6	91.4	0.33	0.2	0.13
1924	712.4	2387	507.8	244.7	109.1	0.55	0.34	0.15
1925	586.5	2387	398.9	115.4	98.1	0.15	0.2	0.17
1926	1032	2387	629.8	225.6	225.6	0	0.22	0.22
1927	593.7	2387	495.4	12.7	55.4	-3.35	0.02	0.09
1928	436.7	2387	294.5	33.3	75.1	-1.26	0.08	0.17
1929	364.1	2387	364.1	21.7	0	1	0.06	0

FUNÇÃO OBJETIVO : FO = 235.3
 COEF. DE CORRELAÇÃO R2 : 98.36 %

Tabela C.4 - Dados da Simulação para o Posto Brejo das Freiras

PARÂMETROS DO MODELO

H1	H2	H3	A1	A2	A3	B1	B2	KU	KS	LLP
433	345	335	0.56	0.45	0.63	0.08	0.51	0.36	0.57	100

DINÂMICA DOS TANKS

ANO	MES	PREC	EVTP	EVAP	QC	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Z1	Z2	RM	
1983	1	34	268	34		0	0	1.3	0	0	0	2.7	1.4	0
1983	2	173.1	203	73.1		0	86.2	7.4	0	0	0	13.8	7.7	0
1983	3	174.2	194	69.8		0	169.7	13.9	0	0	0	20.8	14.4	0
1983	4	85.4	173	98.6		0	136.1	16.8	0	0	0	20.4	17.5	0
1983	5	2.1	178	101.5		0	25.7	13.6	0	0	0	11.1	14.2	0
1983	6	0	185	25.7		0	0	7.7	0	0	0	2.1	8	0
1983	7	5.5	218	5.5		0	0	4	0	0	0	0.4	4.1	0
1983	8	26	267	26		0	0	3	0	0	0	2.1	3.1	0
1983	9	0	294	0		0	0	1.5	0	0	0	0	1.5	0
1983	10	0	317	0		0	0	0.7	0	0	0	0	0.7	0
1983	11	0	314	0		0	0	0.3	0	0	0	0	0.4	0
1983	12	23.1	326	23.1		0	0	1.1	0	0	0	1.8	1.1	0
1984	1	24.7	268	24.7		0	0	1.5	0	0	0	2	1.6	0
1984	2	74	203	74		0	0	3.6	0	0	0	5.9	3.8	0
1984	3	265.9	194	69.8		0	174.8	12.2	0	0	0	21.3	12.7	0
1984	4	364.9	173	62.31		0.4	286.9	27.1	59.7	87.6	0	43.2	28.2	0.4
1984	5	113	178	64.1		24.7	279.1	29	0	24.7	0	32	30.2	0.22
1984	6	22.5	185	105.4		0	172	26	0	0	0	24.1	27.1	0
1984	7	33.1	218	124.3		0	64.5	20.8	0	0	0	16.4	21.6	0
1984	8	9.4	267	73.9		0	0	13.1	0	0	0	5.9	13.6	0
1984	9	1.9	294	1.9		0	0	6.5	0	0	0	0.2	6.7	0
1984	10	0	317	0		0	0	3.2	0	0	0	0	3.3	0
1984	11	7.9	314	7.9		0	0	1.9	0	0	0	0.6	1.9	0
1984	12	12.1	326	12.1		0	0	1.4	0	0	0	1	1.4	0
1985	1	182.4	268	96.5		0	71.3	7.8	0	0	0	14.6	8.2	0
1985	2	379.5	203	73.1		57.6	284.1	21.5	10	47.6	0	36.1	22.4	0.15
1985	3	236.9	194	69.81		0.5	281	31	49.3	79.2	0	41.7	32.2	0.54
1985	4	407.4	173	62.33		0.6	273.5	42.21	0.015	0.5	0	55.1	43.9	0.73
1985	5	222.4	178	64.11		0.1	289	40.1	35.2	67.9	0	39.7	41.7	0.46
1985	6	42.2	185	105.4		0	199.3	32.6	0	0	0	26.5	34	0
1985	7	43.4	218	124.3		0	99	25.5	0	0	0	19.4	26.5	0
1985	8	15.1	267	114.1		0	0	17	0	0	0	9.1	17.7	0
1985	9	4.9	294	4.9		0	0	8.5	0	0	0	0.4	8.9	0
1985	10	0	317	0		0	0	4.2	0	0	0	0	4.3	0
1985	11	2	314	2		0	0	2.1	0	0	0	0.2	2.2	0
1985	12	90.1	326	90.1		0	0	4.6	0	0	0	7.2	4.8	0
1986	1	44.4	268	44.4		0	0	4	0	0	0	3.6	4.1	0
1986	2	149.5	203	73.1		0	64.5	7.8	0	0	0	12	8.1	0

1986	3	248.5	194	69.8	0	218.1	16.1	0	0	0	25	16.8	0
1986	4	234	173	62.3	58.9	294.8	25.6	10.7	48.2	0	36.2	26.7	0.25
1986	5	90.7	178	101.5	18.2	235	27.7	0	18.2	0	30.8	28.8	0.2
1986	6	57.1	185	105.4	0	163.2	25	0	0	0	23.4	26	0
1986	7	82.6	218	124.3	0	101.9	21.9	0	0	0	19.7	22.8	0
1986	8	29.8	267	131.7	0	0	15.9	0	0	0	10.5	16.5	0
1986	9	0	294	0	0	0	7.8	0	0	0	0	8.1	0
1986	10	24.5	317	24.5	0	0	4.8	0	0	0	2	5	0
1986	11	110.3	314	110.3	0	0	6.7	0	0	0	8.8	6.9	0
1986	12	0	326	0	0	0	3.3	0	0	0	0	3.4	0
1987	1	61.2	268	61.2	0	0	4	0	0	0	4.9	4.2	0
1987	2	171.6	203	73.1	0	84.8	8.7	0	0	0	13.7	9	0
1987	3	291.3	194	69.8	14	262.2	19	0	14	0	30.1	19.8	0.05
1987	4	86.4	173	98.6	1.6	220.5	23	0	1.6	0	27.9	23.9	0.02
1987	5	15	178	101.5	0	115.2	20.5	0	0	0	18.8	21.3	0
1987	6	44.3	185	105.4	0	41.3	16.3	0	0	0	12.8	17	0
1987	7	14.2	218	55.5	0	0	10.2	0	0	0	4.4	10.6	0
1987	8	11.4	267	11.4	0	0	5.4	0	0	0	0.9	5.6	0
1987	9	0	294	0	0	0	2.7	0	0	0	0	2.8	0
1987	10	0	317	0	0	0	1.3	0	0	0	0	1.4	0
1987	11	0	314	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0.7	0
1987	12	0	326	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0
1988	1	71.6	268	71.6	0	0	3	0	0	0	5.7	3.1	0
1988	2	68.8	203	68.8	0	0	4.1	0	0	0	5.5	4.3	0
1988	3	284	194	69.8	0	191.4	13.2	0	0	0	22.7	13.7	0
1988	4	204.7	173	62.3	23	279.2	22	0	23	0	31.7	22.9	0.11
1988	5	88.2	178	101.5	10.1	226.4	25.2	0	10.1	0	29.4	26.2	0.11
1988	6	57.2	185	105.4	0	155.5	23.5	0	0	0	22.7	24.4	0
1988	7	10.6	218	124.3	0	28.6	18	0	0	0	13.3	18.7	0
1988	8	2	267	30.6	0	0	10	0	0	0	2.4	10.4	0
1988	9	0	294	0	0	0	4.9	0	0	0	0	5.1	0
1988	10	0	317	0	0	0	2.4	0	0	0	0	2.5	0
1988	11	0	314	0	0	0	1.2	0	0	0	0	1.2	0
1988	12	60.8	326	60.8	0	0	3	0	0	0	4.9	3.1	0
1989	1	117.6	268	96.5	0	11.7	6.1	0	0	0	9.4	6.3	0
1989	2	1.6	203	13.3	0	0	3.5	0	0	0	1.1	3.6	0
1989	3	228.7	194	69.8	0	140.6	10.7	0	0	0	18.3	11.1	0
1989	4	402.5	173	62.32	0.8	286.6	26.5	61.6	89.1	0	43.4	27.6	0.37
1989	5	98.8	178	101.5	18.2	234.9	28.1	0	18.2	0	30.8	29.2	0.18
1989	6	57.6	185	105.4	0	163.7	25.2	0	0	0	23.4	26.3	0
1989	7	83.3	218	124.3	0	102.9	22	0	0	0	19.8	22.9	0
1989	8	59.4	267	152.2	0	0	17.2	0	0	0	13	17.9	0
1989	9	1.3	294	1.3	0	0	8.5	0	0	0	0.1	8.8	0
1989	10	31.8	317	31.8	0	0	5.4	0	0	0	2.5	5.6	0
1989	11	13.2	314	13.2	0	0	3.2	0	0	0	1.1	3.3	0
1989	12	186.9	326	117.4	0	54.6	8.9	0	0	0	15	9.2	0
1990	1	53.2	268	107.8	0	0	8.6	0	0	0	8.6	8.9	0
1990	2	57.5	203	57.5	0	0	6.5	0	0	0	4.6	6.7	0
1990	3	85.5	194	85.5	0	0	6.5	0	0	0	6.8	6.8	0
1990	4	163.4	173	62.3	0	88	9.6	0	0	0	13.1	10	0

1990	5	40.5	178	101.5	0	16.8	9.7	0	0	0	10.3	10.1	0
1990	6	20.4	185	37.2	0	0	6.2	0	0	0	3	6.5	0
1990	7	70	218	70	0	0	5.8	0	0	0	5.6	6	0
1990	8	13.4	267	13.4	0	0	3.4	0	0	0	1.1	3.5	0
1990	9	30	294	30	0	0	2.8	0	0	0	2.4	2.9	0
1990	10	0	317	0	0	0	1.4	0	0	0	0	1.4	0
1990	11	18.8	314	18.8	0	0	1.4	0	0	0	1.5	1.5	0
1990	12	120.7	326	117.4	0	0	5.4	0	0	0	9.7	5.6	0

QUADRO DE VALORES ACUMULADOS NO PERÍODO

ANO	PREC	EvapP	EvapR	LM (mm)	LAG (mm)	Rend. Anual
1983	523.4	2937	457.3	0	25.5	0
1984	929.4	2937	620.4	172	122.9	0.19
1985	1626	2937	806.6	586.7	430.7	0.36
1986	1071	2937	847.3	77.1	170.9	0.07
1987	695.4	2937	576.5	15.6	55.8	0.02
1988	847.9	2937	695	33.1	92.6	0.04
1989	1283	2937	888.9	168.9	272	0.13
1990	673.4	2937	701.3	0	51	0

QUADRO DE VALORES TOTAIS ACUMULADOS NO PERÍODO

PREC	EvapR	LMS	AGUIA	R.MED.
7650	5593	1054	1222	0.14

Onde:

PREC- Precipitação

EvapR- Evaporação Real

EvapP- Evaporação Potencial

LM - Lâmina Média

LAG - Lâmina de Aguiar

Rend- Rendimento

Tabela C.5 - Dados da Simulação do Posto Várzea Grande

PARÂMETROS DO MODELO												
H1	H2	H3	A1	A2	A3	B1	B2	KU	KS	LLP		
610.5	183.6	544.6	0.412	0.414	0.421	0.405	0.371	0.755	0.545	82.8		
DINÂMICA DOS TANKS												
ANO	MES	PREC	EVTP	EVAP	QC	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Z1	Z2
1983	1	89.2	268	89.2	0	0	22.7	0	0	0	36.1	13.4
1983	2	219.1	203	153.3	14.7	0	70.2	0	14.7	0	88.7	41.3
1983	3	102.4	194	102.4	0	0	70.3	0	0	0	41.5	41.4
1983	4	79.6	173	79.6	0	0	64.5	0	0	0	32.2	38
1983	5	3.9	178	3.9	0	0	41.6	0	0	0	1.6	24.5
1983	6	3.7	185	3.7	0	0	27.1	0	0	0	1.5	16
1983	7	1.1	218	1.1	0	0	17.4	0	0	0	0.4	10.2
1983	8	4.7	267	4.7	0	0	12.1	0	0	0	1.9	7.1
1983	9	0	294	0	0	0	7.6	0	0	0	0	4.5
1983	10	0	317	0	0	0	4.8	0	0	0	0	2.8
1983	11	0	314	0	0	0	3	0	0	0	0	1.8
1983	12	21	326	21	0	0	7.3	0	0	0	8.5	4.3
1984	1	154.4	268	154.4	0	0	43.9	0	0	0	62.5	25.9
1984	2	106.5	203	106.5	0	0	54.8	0	0	0	43.1	32.3
1984	3	293.9	194	146.5	45.7	0	109.4	0	45.7	0	119	64.4
1984	4	302.5	173	130.6	49.2	0.1	146	0	49.2	0	122.5	85.9
1984	5	118.1	178	118.2	0	0	122	0	0	0	47.9	71.8
1984	6	7.2	185	7.2	0	0	78.6	0	0	0	2.9	46.3
1984	7	8.5	218	8.5	0	0	51.7	0	0	0	3.4	30.4
1984	8	2	267	2	0	0	33	0	0	0	0.8	19.4
1984	9	0	294	0	0	0	20.8	0	0	0	0	12.2
1984	10	8.3	317	8.3	0	0	15.2	0	0	0	3.4	8.9
1984	11	20.2	314	20.2	0	0	14.7	0	0	0	8.2	8.7
1984	12	48	326	48	0	0	21.5	0	0	0	19.4	12.7
1985	1	426	268	202.3	0.4	0	122.1	0.01	0.4	0	172.5	71.9
1985	2	344.2	203	153.3	66.5	0	164.6	0	66.5	0	139.4	96.9
1985	3	434.9	194	146.5	0	8.3	214.5	0.01	0	0	176.1	126.3
1985	4	589.5	173	130.6	0.5	53.6	287.4	0.017	0.5	0	242.1	169.2
1985	5	205.8	178	134.4	31.4	0	247	0	31.4	0	105.1	145.4
1985	6	81.7	185	81.7	0	0	176.3	0	0	0	33.1	103.8
1985	7	76.8	218	76.8	0	0	130.5	0	0	0	31.1	76.9
1985	8	3.1	267	3.1	0	0	83	0	0	0	1.3	48.8
1985	9	11.3	294	11.3	0	0	55.1	0	0	0	4.6	32.4
1985	10	0	317	0	0	0	34.7	0	0	0	0	20.4
1985	11	3.8	314	3.8	0	0	22.8	0	0	0	1.5	13.4
1985	12	157.6	326	157.6	0	0	54.5	0	0	0	63.8	32.1
1986	1	108.8	268	108.8	0	0	62	0	0	0	44.1	36.5
1986	2	276.8	203	153.3	38.6	0	109.6	0	38.6	0	112.1	64.5
1986	3	381.5	194	146.5	81.9	0	166.2	0	81.9	0	154.5	97.9

1986	4	267.6	173	130.6	34.8	0	172.8	0	34.8	0	108.4	101.8
1986	5	93.8	178	93.8	0	0	132.7	0	0	0	38	78.1
1986	6	242.5	185	139.7	24.4	0	145.3	0	24.4	0	98.2	85.6
1986	7	52.5	218	52.5	0	0	104.9	0	0	0	21.3	61.7
1986	8	18.4	267	18.4	0	0	70.7	0	0	0	7.5	41.6
1986	9	10.2	294	10.2	0	0	47.1	0	0	0	4.1	27.7
1986	10	13.2	317	13.2	0	0	33	0	0	0	5.3	19.4
1986	11	76.5	314	76.5	0	0	40.3	0	0	0	31	23.7
1986	12	0.7	326	0.7	0	0	25.5	0	0	0	0.3	15
1987	1	91.3	268	91.3	0	0	39.3	0	0	0	37	23.2
1987	2	145.5	203	145.5	0	0	61.8	0	0	0	58.9	36.4
1987	3	488.5	194	146.5	0.2	18	163.4	0.013	0.2	0	197.8	96.2
1987	4	80.3	173	94.3	0	0	127.9	0	0	0	39.8	75.3
1987	5	20.6	178	20.6	0	0	85.8	0	0	0	8.3	50.5
1987	6	33.3	185	33.3	0	0	62.5	0	0	0	13.5	36.8
1987	7	26.2	218	26.2	0	0	46	0	0	0	10.6	27.1
1987	8	15.5	267	15.5	0	0	32.9	0	0	0	6.3	19.4
1987	9	25.4	294	25.4	0	0	27.2	0	0	0	10.3	16
1987	10	0	317	0	0	0	17.1	0	0	0	0	10.1
1987	11	0	314	0	0	0	10.8	0	0	0	0	6.3
1987	12	0	326	0	0	0	6.8	0	0	0	0	4
1988	1	82	268	82	0	0	25.2	0	0	0	33.2	14.8
1988	2	131.9	203	131.9	0	0	49.5	0	0	0	53.4	29.1
1988	3	349.4	194	146.5	68.6	0	120.2	0	68.6	0	141.5	70.8
1988	4	299.4	173	130.6	47.9	0	152	0	47.9	0	121.3	89.5
1988	5	98.8	178	98.8	0	0	120.8	0	0	0	40	71.1
1988	6	0.5	185	0.5	0	0	76.2	0	0	0	0.2	44.9
1988	7	7.1	218	7.1	0	0	49.8	0	0	0	2.9	29.3
1988	8	0	267	0	0	0	31.3	0	0	0	0	18.4
1988	9	0	294	0	0	0	19.7	0	0	0	0	11.6
1988	10	0	317	0	0	0	12.4	0	0	0	0	7.3
1988	11	0	314	0	0	0	7.8	0	0	0	0	4.6
1988	12	157.8	326	157.8	0	0	45.1	0	0	0	63.9	26.6
1989	1	140.1	268	140.1	0	0	64.1	0	0	0	56.7	37.8
1989	2	45.3	203	45.3	0	0	51.9	0	0	0	18.3	30.6
1989	3	363	194	146.5	74.3	0	125.2	0	74.3	0	147	73.7
1989	4	395.1	173	130.6	87.6	16.9	179.5	0	87.6	0	160	105.7
1989	5	141.1	178	134.4	0	0	153.3	0	0	0	64	90.2
1989	6	37	185	37	0	0	105.9	0	0	0	15	62.4
1989	7	32.5	218	32.5	0	0	74.9	0	0	0	13.2	44.1
1989	8	4.7	267	4.7	0	0	48.4	0	0	0	1.9	28.5
1989	9	64	294	64	0	0	46.8	0	0	0	25.9	27.5
1989	10	15.1	317	15.1	0	0	33.3	0	0	0	6.1	19.6
1989	11	2.4	314	2.4	0	0	21.6	0	0	0	1	12.7
1989	12	183.9	326	183.9	0.1	0	60.4	0	0.1	0	74.5	35.6
1990	1	25.9	268	25.9	0	0	44.6	0	0	0	10.5	26.3
1990	2	191.6	203	153.3	3.3	0	76.9	0	3.3	0	77.6	45.3
1990	3	57.4	194	57.4	0	0	63.1	0	0	0	23.2	37.1
1990	4	297.1	173	130.6	47	0	115.4	0	47	0	120.3	68
1990	5	30.2	178	30.2	0	0	80.3	0	0	0	12.2	47.3
1990	6	15.4	185	15.4	0	0	54.5	0	0	0	6.2	32.1
1990	7	0	218	0	0	0	34.3	0	0	0	0	20.2

1990	8	61	267	61	0	0	37.1	0	0	0	24.7	21.9
1990	9	10.7	294	10.7	0	0	26.1	0	0	0	4.3	15.4
1990	10	6.6	317	6.6	0	0	18.1	0	0	0	2.7	10.7
1990	11	22.8	314	22.8	0	0	17.2	0	0	0	9.2	10.1
1990	12	15.2	326	15.2	0	0	14.7	0	0	0	6.2	8.7

QUADRO DE VALORES ANUAIS ACUMULADOS

ANO	PREC (mm)	EvapP	EvapR	LM (mm)	LAG (mm)	Rend. Anual
1983	524.7	2937	458.9	14.7	25.7	0.03
1984	1070	2937	750.4	94.9	176.5	0.09
1985	2335	2937	1101	473.7	401.4	0.20
1986	1543	2937	944.1	179.7	394.6	0.12
1987	926.6	2937	598.6	126.2	121.9	0.14
1988	1127	2937	755.2	116.6	200.8	0.10
1989	1424	2937	936.5	162	339.6	0.11
1990	733.9	2937	529.1	50.3	64.8	0.07

QUADRO DE VALORES ANUAIS ACUMULADOS NO PERÍODO

PREC	EvapR	LMS	AGUIA	RMÉDIO
9683	6074	1218	1725	0.13

Onde:

PREC- Precipitação

EvapP- Evaporação Potencial

EvapR- Evaporação Real

LM - Lâmina Média

LAG - Lâmina de Aguiar

Rend. - Rendimento

ANEXO D

MAPAS

MAPA DE USO DA TERRA, DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE SÃO GONÇALO, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 12/08/90

38°31'08"
06°49'47"

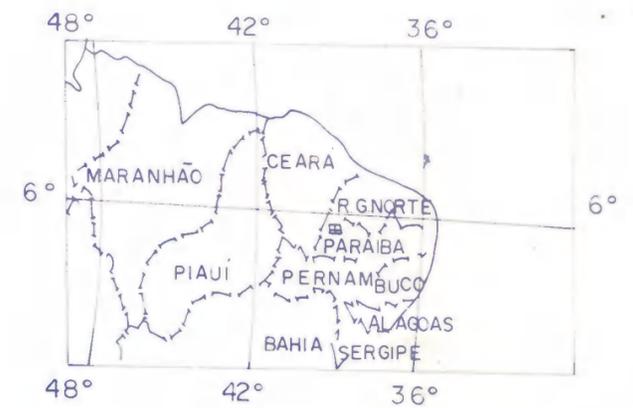
36°15'33"
06°49'47"



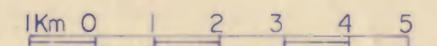
LEGENDA

-  - VEGETAÇÃO NATURAL
-  - ÁREA DESMATADA
-  - USO AGRÍCOLA MÉDIO
-  - USO AGRÍCOLA INTENSIVO
-  - AÇUDE
-  - CIDADES
-  - ESTRADA PAVIMENTADA
-  - ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100 000



07°01'44"

07°01'44"

38°31'08"

38°15'33"

MAPA DE USO DA TERRA, DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE SÃO GONÇALO, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 26/07/84

38°31'08"
06°49'47"

38°15'33"
06°49'47"



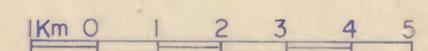
LEGENDA

-  - VEGETAÇÃO NATURAL
-  - USO AGRÍCOLA MÉDIO
-  - USO AGRÍCOLA INTENSIVO
-  - SOLO NÚ
-  - AÇUDE
-  - CIDADES
-  - ESTRADA PAVIMENTADA
-  - ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100 000

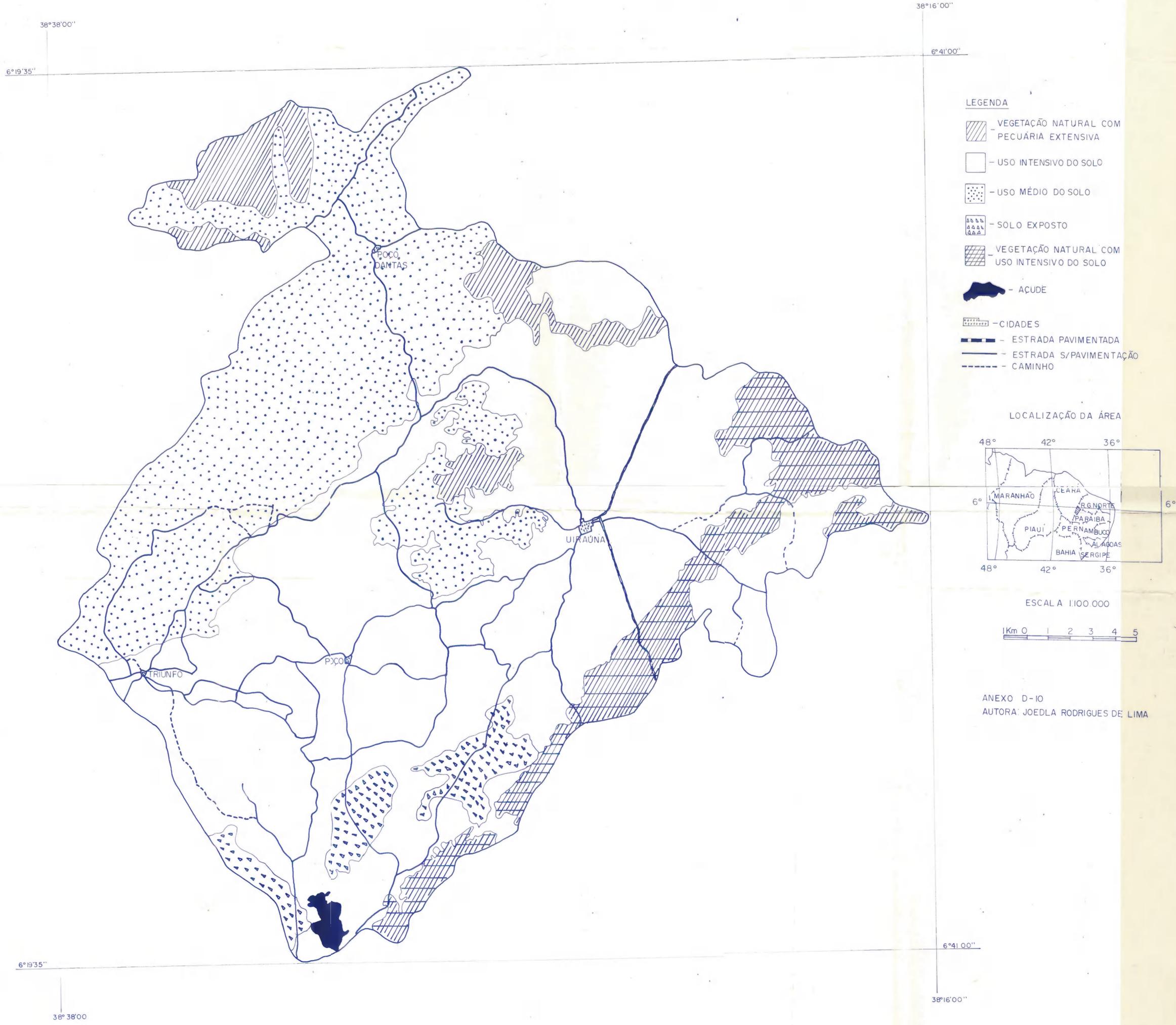


07°01'44"

07°01'44"
38°15'33"

38°31'08"

MAPA DE USO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE DE PILÕES, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 12/08/90

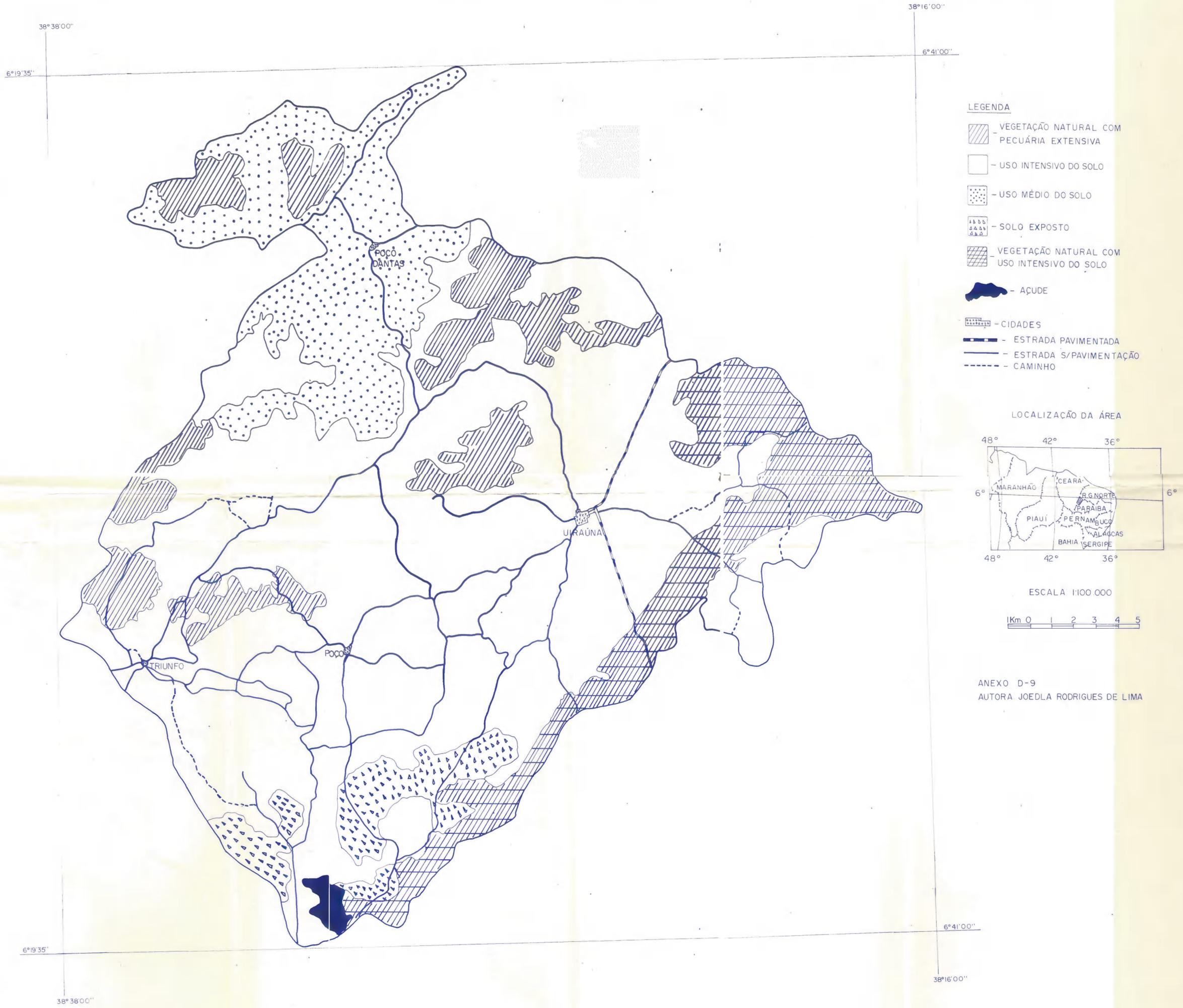


- LEGENDA**
- VEGETAÇÃO NATURAL COM PECUÁRIA EXTENSIVA
 - USO INTENSIVO DO SOLO
 - USO MÉDIO DO SOLO
 - SOLO EXPOSTO
 - VEGETAÇÃO NATURAL COM USO INTENSIVO DO SOLO
 - AÇUDE
 - CIDADES
 - ESTRADA PAVIMENTADA
 - ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO
 - CAMINHO



ANEXO D-10
AUTORA: JOEDLA RODRIGUES DE LIMA

MAPA DE USO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE DE PILOÕES, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 26/07/84

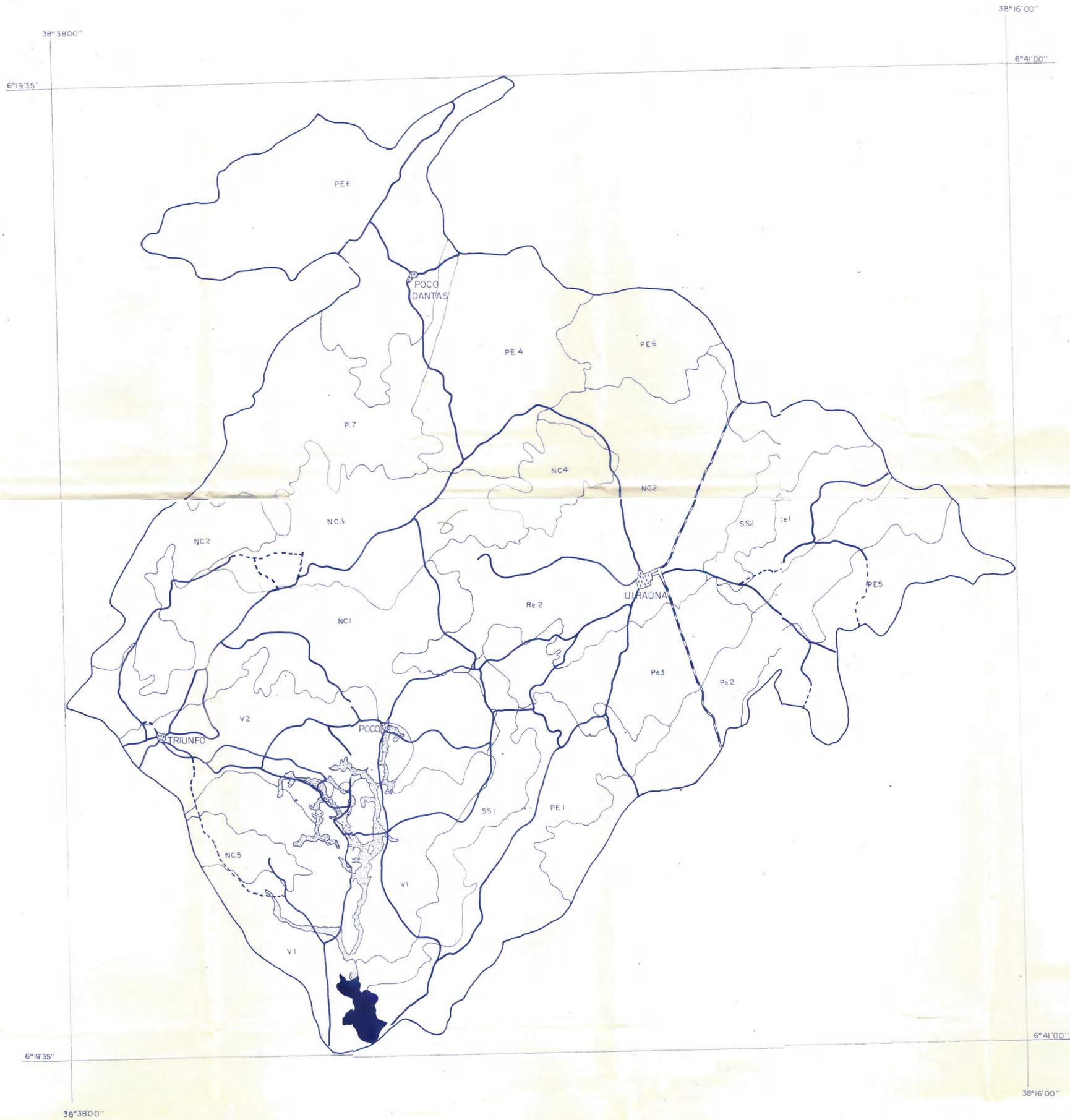


- LEGENDA**
- VEGETAÇÃO NATURAL COM PECUÁRIA EXTENSIVA
 - USO MÉDIO DO SOLO
 - SOLO EXPOSTO
 - VEGETAÇÃO NATURAL COM USO INTENSIVO DO SOLO
 - AÇUDE
 - CIDADES
 - ESTRADA PAVIMENTADA
 - ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO
 - CAMINHO



ANEXO D-9
AUTORA JOEDLA RODRIGUES DE LIMA

MAPA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE PILÕES, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT - 5, DATADA DE 26/07/84



LEGENDA

- ALUVIÃO
- AÇUDE
- CIDADES
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO
- CAMINHO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100.000



ANEXO D-7
AUTORA: JOEDLA RODRIGUES DE LIMA

LEGENDA DE IDENTIFICAÇÃO DO MAPA DE SOLO

SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL E ARGILA DE ATIVIDADE BAIXA (NÃO HIDROMÓRFICOS)

- PE1 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura média cascalhenta fase coating hiperxerófila relevo plano e suave ondulado e BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa coating hiperxerófila relevo plano e ondulado e VERTISSOL fase coating hiperxerófila relevo plano.
- PE2 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa cascalhenta fase coating hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO rosa textura média cascalhenta fase coating hiperxerófila relevo ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaisse e granito.
- PE3 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco textura média cascalhenta fase coating hiperxerófila relevo ondulado e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A moderado textura cascalhenta fase coating hiperxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaisse e granito.
- PE4 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO fase coating hiperxerófila relevo forte ondulado e BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa coating hiperxerófila relevo suave ondulado.
- PE5 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO fase coating hiperxerófila relevo forte ondulado e BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa coating hiperxerófila relevo ondulado e SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada fase coating hiperxerófila relevo plano.

- PE6 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO arto fase floresta caducifolia relevo forte ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito.
- PE7 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO fase coating hiperxerófila relevo ondulado e forte ondulado e BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa coating hiperxerófila relevo suave ondulado.

SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL E ARGILA DE ATIVIDADE ALTA (NÃO HIDROMÓRFICOS)

- NC1 - Associação de: BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa coating hiperxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaisse e granito.
- NC2 - Associação de: BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa coating hiperxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito.
- NC3 - Associação de: BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa coating hiperxerófila relevo ondulado e SOLOS LITÓLICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa relevo ondulado substrato gnaisse e granito.
- NC4 - Associação de: BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa coating hiperxerófila relevo ondulado e forte ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo forte ondulado substrato gnaisse e granito.
- NC5 - Associação de: BRUNO NÃO CÁLCICO fase pedregosa coating hiperxerófila relevo suave ondulado e VERTISSOL fase coating hiperxerófila relevo plano.

- V1 - Associação complexa de: VERTISSOL fase coating hiperxerófila relevo plano e SOLONETZ SOLIDIZADO textura indiscriminada fase coating hiperxerófila relevo plano e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura indiscriminada fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo plano e suave ondulado substrato arenito e folhelho.
 - V2 - Associação de: VERTISSOL fase coating hiperxerófila relevo plano e SOLONETZ SOLIDIZADO textura indiscriminada fase coating hiperxerófila relevo plano e SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada e fase coating hiperxerófila relevo plano.
- SOLOS HALOMÓRFICOS.
- SS1 - SOLONETZ SOLIDIZADO textura indiscriminada fase coating hiperxerófila relevo plano.
 - SS2 - Associação complexa de: SOLONETZ SOLIDIZADO textura indiscriminada fase coating hiperxerófila relevo plano e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura indiscriminada fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo plano e suave ondulado substrato arenito e folhelho e SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada fase coating hiperxerófila relevo plano.
- SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS (NÃO HIDROMÓRFICOS)
- Ae - SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada fase coating hiperxerófila relevo plano.
 - Re1 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito e SOLONETZ SOLIDIZADO textura média fase coating hiperxerófila relevo plano e suave ondulado e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

- Re2 - SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coating hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito.

MAPA DE SOLOS, DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE SÃO GONÇALO, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 26/07/84



LEGENDA DE IDENTIFICAÇÃO DO MAPA DE SOLO

- SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL E ARGILA DE ATIVIDADE BAIXA (NÃO HIDROMÓRFICOS)
 PE8-PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco textura argilosa cascalhenta fase coatinga hiperxerófila relevo ondulado.
- SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURA E ARGILA DE ATIVIDADE ALTA (NÃO HIDROMÓRFICO)
 NC1- Associação de: BRUNO NÃO CALCÍCO fase pedregosa coatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa fase pedregosa e rochosa coatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaíse e granito.
 NC6- Associação de: BRUNO NÃO CALCÍCO fase pedregosa e rochosa, coatinga hiperxerófila relevo ondulado e BRUNO NÃO CALCÍCO VERTICO fase pedregosa e rochosa coatinga hiperxerófila relevo ondulado e inclusões de CAMBISSOLO fase coatinga hiperxerófila relevo suave ondulado SOLOS EUTRÓFICOS A fraco fase pedregosa e rochosa coatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e PODZÓLICO VERMELHO EUTRÓFICO textura média cascalhenta fase coatinga hiperxerófila relevo ondulado.
- SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS (NÃO HIDROMÓRFICOS)
 Ae -SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada fase coatinga hiperxerófila relevo plano.
- Re1 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaíse e granito e SOLONETZ SOLODIZADO textura média fase coatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado e AFLORAMENTOS DE ROCHA.
- Re2 - SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaíse e granito.
- Re3 - Associação de SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coatinga hiperxerófila relevo montanhoso a escarpado substrato muscovita quartzitos e AFLORAMENTOS DE ROCHA.
- Re4 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coatinga hiperxerófila relevo forte a montanhoso substrato gnaíse e granito e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura média cascalhenta fase hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso e AFLORAMENTOS DE ROCHA.
- Re5 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa coatinga hiperxerófila relevo montanhoso substrato gnaíse e granito e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

LEGENDA

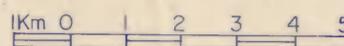
- ALUVIÃO
- AÇUDE
- CIDADES
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



07°01'44" 38°31'08" 07°01'44" 38°15'33"

ESCALA 1:100.000

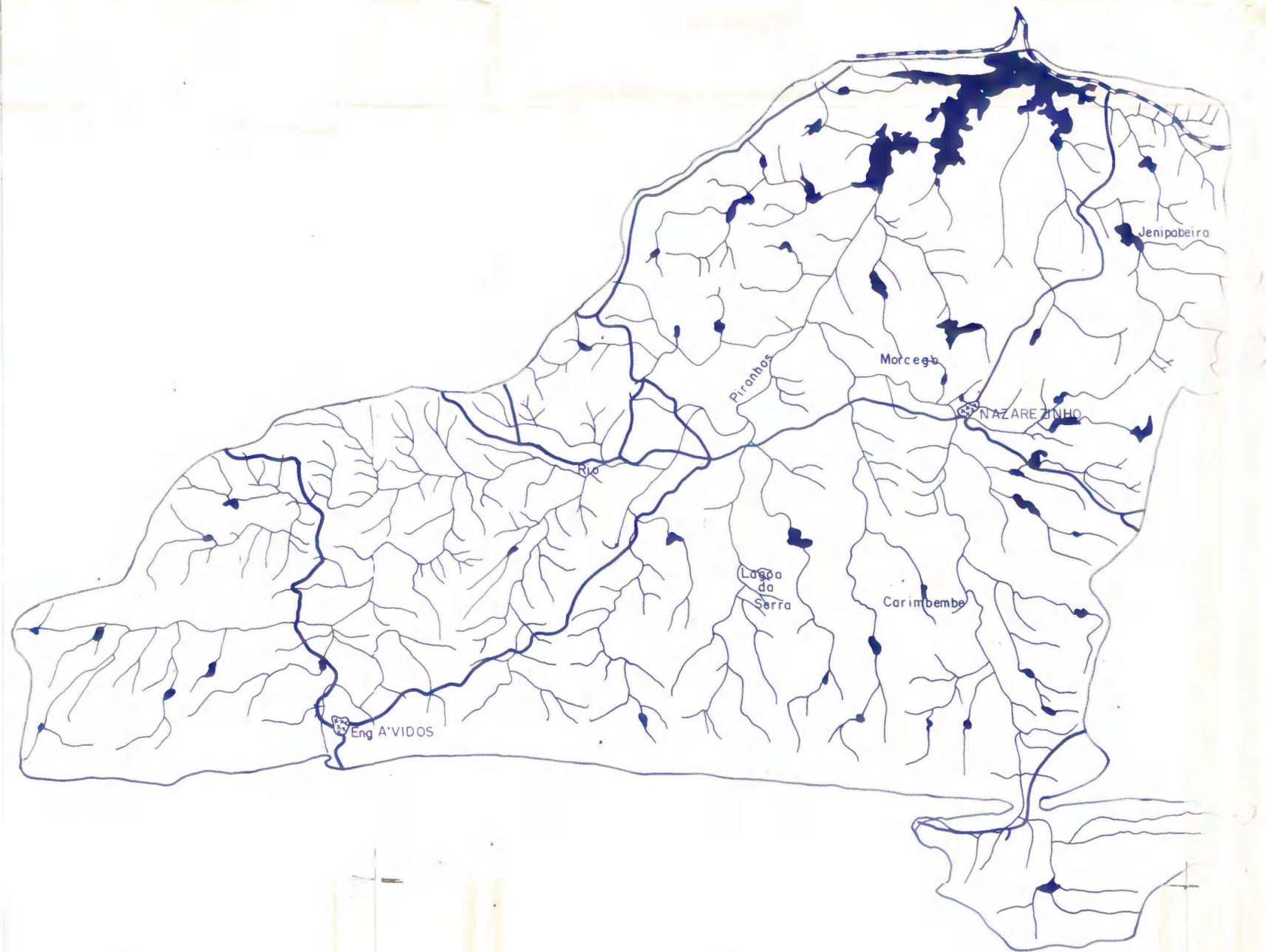


ANEXO D8
 AUTORA JOEDLA RODRIGUES DE LIMA

MAPA DE DRENAGEM E AÇUDES, DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE SÃO GONÇALO, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 12/08/90

38°31'08"
06°49'47"

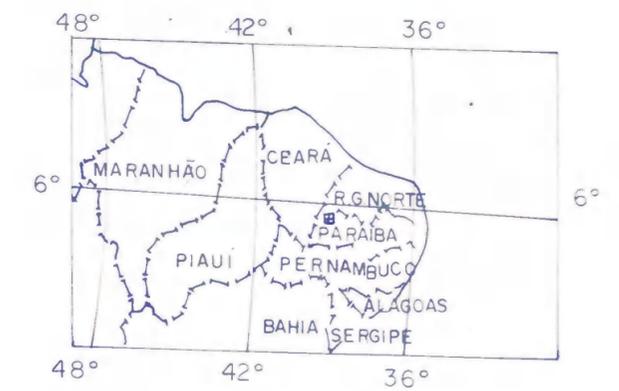
38°15'33"
06°49'47"



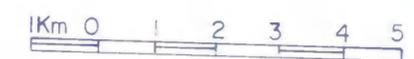
LEGENDA

-  - DRENAGEM
-  - AÇUDES
-  - CIDADES
-  - ESTRADA PAVIMENTADA
-  - ESTRADA S/ PAVIMENTAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA: 1:100 000



07°01'44"
38°31'08"

07°01'44"
38°15'33"

ANEXO D6
AUTORA JOEDLA RODRIGUES DE LIMA

MAPA DE DRENAGEM E AÇUDES, DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE SÃO GONÇALO, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 18/II/85

38°31'08"

38°15'33"

06°49'47"

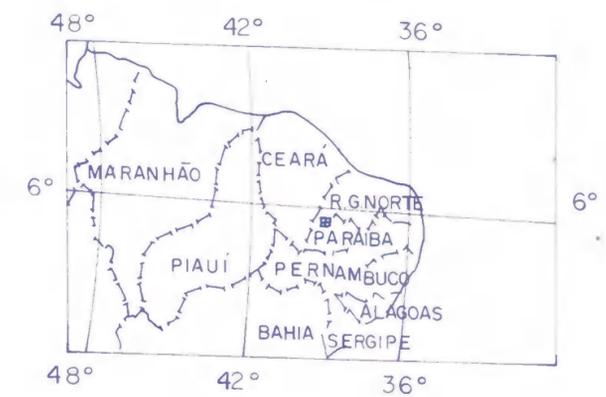
06°49'47"



LEGENDA

-  - DRENAGEM
-  - AÇUDES
-  - CIDADES
-  - ESTRADA PAVIMENTADA
-  - ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100.000



07°01'44"

07°01'44"

38°15'33"

ANEXO D5

AUTORA JOEDLA RODRIGUES DE LIMA

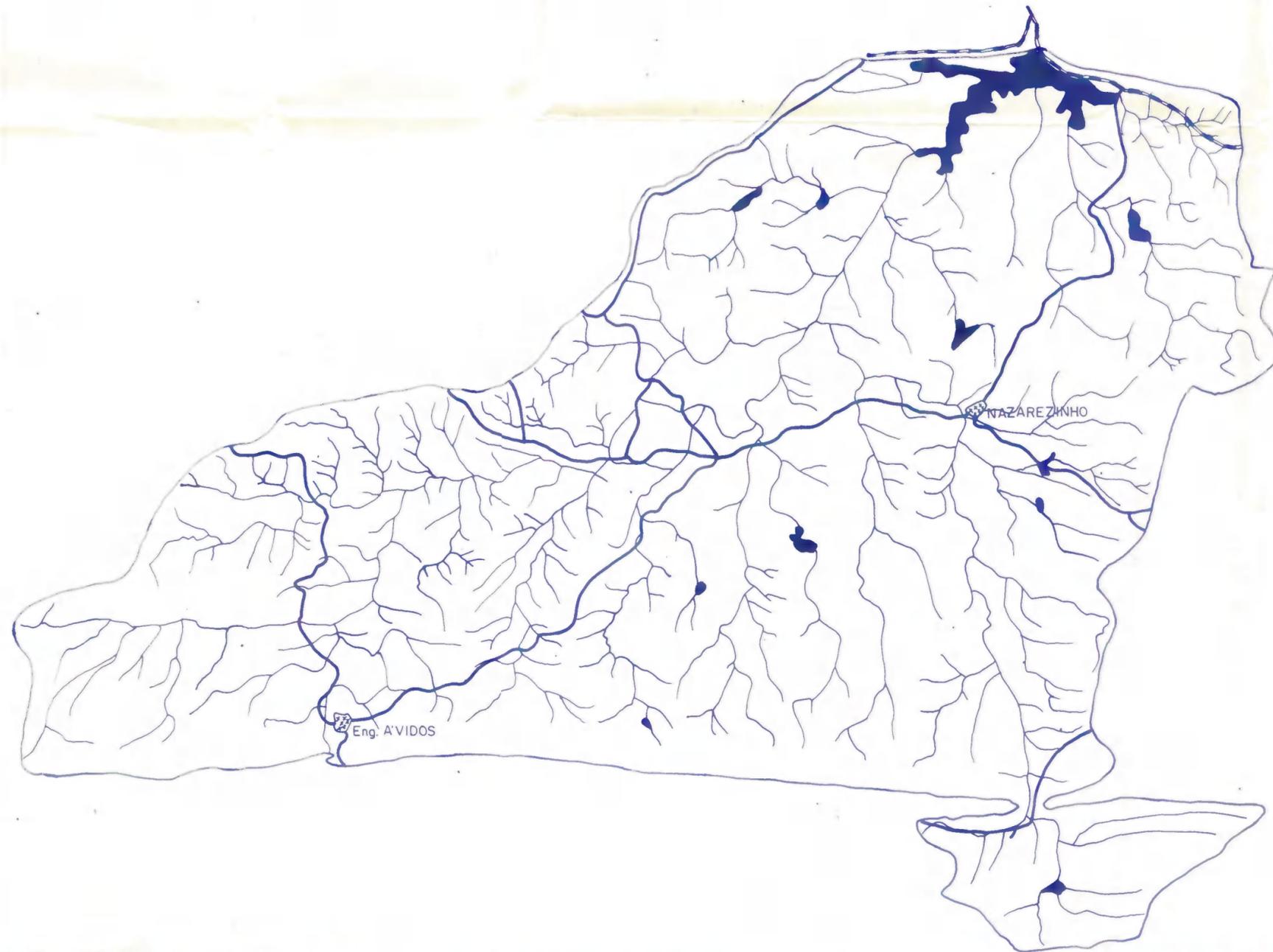
MAPA DE DRENAGEM E AÇUDES, DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE SÃO GONÇALO, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 16/07/83

38°31'08"

38°15'33"

06°49'47"

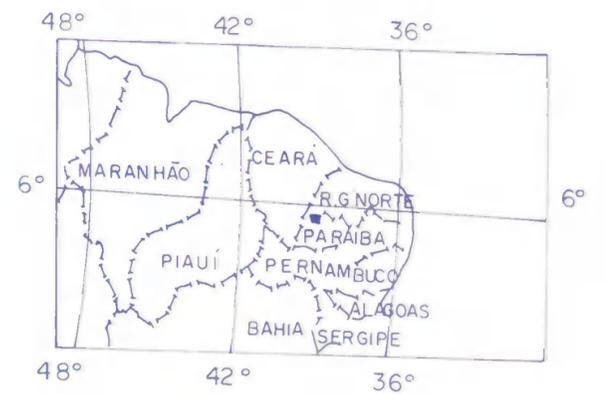
06°49'47"



LEGENDA

-  - DRENAGEM
-  - AÇUDES
-  - CIDADES
-  - ESTRADA PAVIMENTADA
-  - ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100.000



07°01'44"

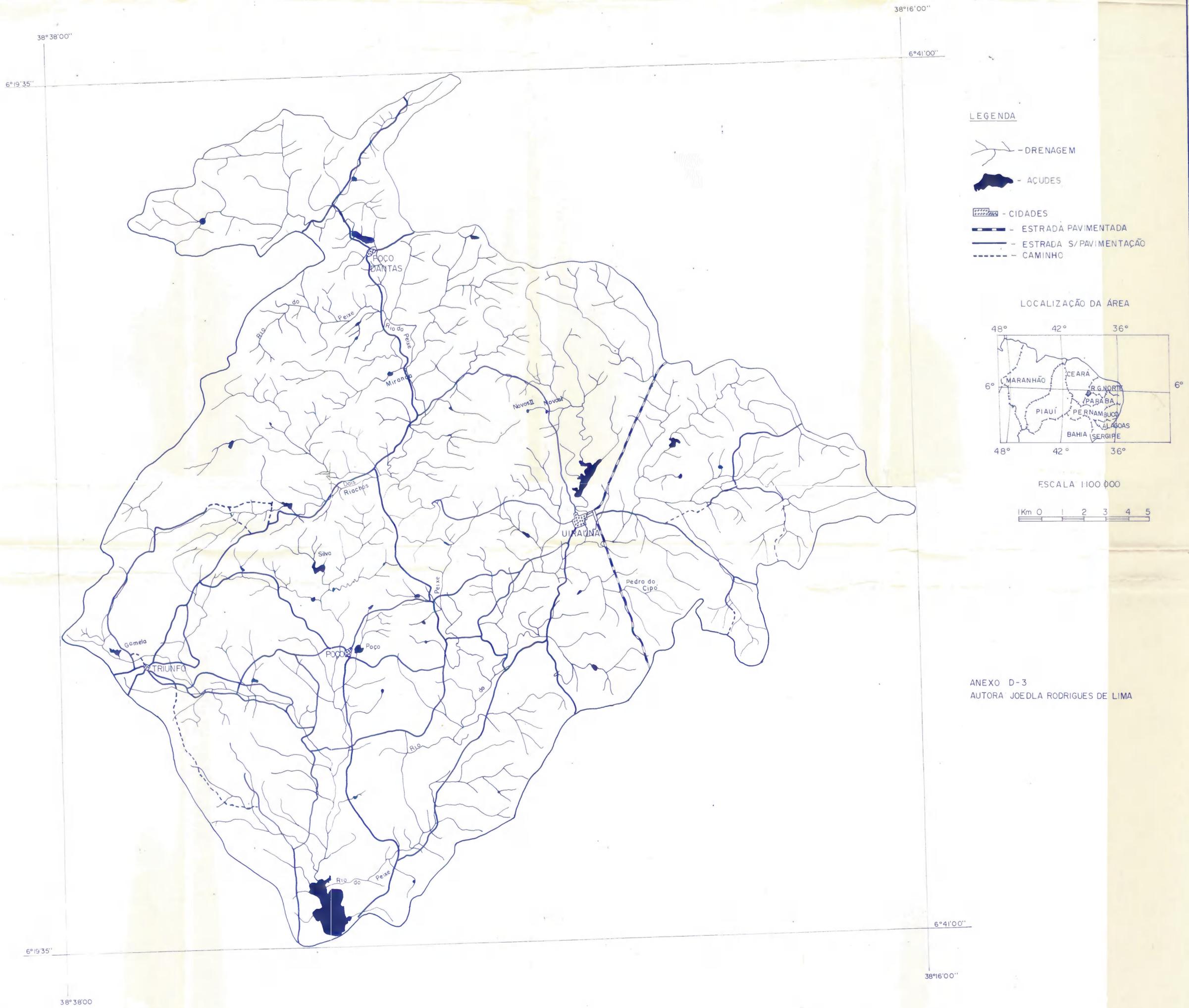
07°01'44"

38°31'08"

38°15'33"

ANEXO D 4
AUTORA: JOEDLA RODRIGUES DE LIMA

MAPA DE DRENAGEM E AÇUDES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE PILOÕES, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 12/08/90



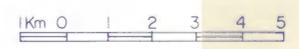
LEGENDA

-  - DRENAGEM
-  - AÇUDES
-  - CIDADES
-  - ESTRADA PAVIMENTADA
-  - ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO
-  - CAMINHO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100 000



ANEXO D-3
AUTORA JOEDLA RODRIGUES DE LIMA

MAPA DE DRENAGEM E AÇUDES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE PILOÕES, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 18/11/85

38°38'00"

38°16'00"

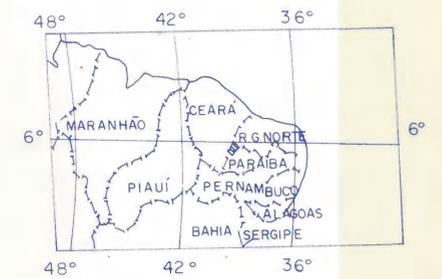
6°19'35"

6°41'00"

LEGENDA

-  - DRENAGEM
-  - AÇUDES
-  - CIDADES
-  - ESTRADA PAVIMENTADA
-  - ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO
-  - CAMINHO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100 000



ANEXO D-2
AUTORA: JOEDLA RODRIGUES DE LIMA

6°19'35"

6°41'00"

38°38'00"

38°16'00"

MAPA DE DRENAGEM E AÇUDES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE PILÕES, COM BASE EM IMAGEM TM/LANDSAT-5, DATADA DE 16/07/83

