

**SUDENE**  
**SUPERINTENDENCIA DO DESENVOLVIMENTO**  
**DO NORDESTE**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS**  
**DIVISAO DE RECURSOS RENOVAVEIS**

**O.R.S.T.O.M.**  
**OFFICE DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**  
**OUTRE-MER**  
**(FRANÇA)**

**RELATÓRIO DE FIM DE CONVÊNIO DE MANEJO**  
**E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO NORDESTE BRASILEIRO**  
**(1982 - 1983)**

**Jean-Claude LEPRUN**  
**Director de Pesquisas no ORSTOM**  
**Docteur-ès-Sciences**

**Trabalho realizado mediante convênio SUDENE e ORSTOM**

**Recife**  
**1983**

# S U M A R I O

APRESENTAÇÃO	9
RESUMO	11
<u>1. - INTRODUÇÃO</u>	13
1.1.- APRESENTAÇÃO - HISTÓRICO	13
1.2 - OBJECTIVOS, METAS E DURACÃO	13
1.2.1. - <u>Primeira etapa do Convênio (1980-1981)</u>	13
1.2.1.1. - Tabela	14
1.2.1.2. - Tabela	15
1.2.2. - <u>Segunda etapa do Convênio (1982-1983)</u>	16
1.2.2.1. - Tabela	17
1.2.2.2. - Tabela	18
1.3. - PROBLEMAS E OBSTACULOS	19
<u>2. - CONSERVAÇÃO E MANEJO DOS SOLOS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS</u>	21
2.1. - <u>EROSIVIDADE DAS CHUVAS DO NORDESTE.....</u>	21
2.1.1. - <u>Estudos sobre o fator de erosividade das chuvas</u> <u>ou índice de agressividade climática</u>	21
2.1.1.1. - <u>Determinação do fator R de WISCHMEIER</u>	21
2.1.1.1.1. - <u>Figura : Correlações entre a</u> <u>pluviometria anual média e o</u> <u>fator R de erosividade de</u> <u>WISCHMEIER no nordeste brasileiro</u>	23
2.1.1.2. - <u>Recomendações para o cálculo e o uso do fator</u> <u>R de WISCHMEIER.....</u>	24
2.1.1.2.1.- <u>Tabela : Valores de pluviografia e</u> <u>do fator R anuais de alguns postos</u> <u>próximos de baía do Riacho do Navio (PE)</u>	25
2.1.1.3. - <u>Determinação do fator erosividade KE do HUDSON</u>	25
2.1.1.4. - <u>Estabelecimento do mapa da erosividade das</u> <u>chuvas do Nordeste.....</u>	26
2.1.1.4.1. - <u>Figura : Retos das correlações entre</u> <u>os índices de erosividade das chuvas</u> <u>KE de HUDSON e R de WISCHMEIER.....</u>	27
2.1.1.5. - <u>Avaliação do diâmetro das gotas de chuva do</u> <u>Nordeste (anexo 5) a ser em breve publicado.....</u>	29
2.1.1.5.1. - <u>Figura : diâmetro médio das gotas de</u> <u>chuva do Nordeste em comparação com o</u> <u>das outras regiões do mundo.....</u>	30
2.2. - <u>ERODIBILIDADE DOS SOLOS DO NORDESTE</u>	31
2.2.1. - <u>Introdução : exposição do problema.....</u>	31
2.2.2. - <u>Os métodos de determinação do fator K de WISCHMEIER.....</u>	31
2.2.2.1. - <u>Método das parcelas com chuvas naturais.....</u>	31
2.2.2.2. - <u>Método com chuvas simuladas.....</u>	32
2.2.2.3. - <u>Método do nomógrafo.....</u>	32
2.2.2.4. - <u>Valores médios das determinações do fator K.....</u>	32
2.2.3. - <u>Métodos indirectos do estamagem de erodibilidade do solo.</u>	33
2.2.3.1. - <u>Exame do grande floculação e estudo das relações</u> <u>com outros parâmetros.....</u>	33
2.2.3.1.1. - <u>Tabela : Valores do grande floculação</u> <u>dos grandes grupos de solos do Nordeste</u>	34
2.2.3.1.2. - <u>Tabela : Classificação das médias do</u> <u>grande floculação dos solos do Nordeste</u>	35
2.2.3.1.3. - <u>Tabela : Escala dos valores médios do</u> <u>grande floculação dos solos do Nordeste</u>	35

2.2.3.1.2	- Tabela: Classificação das médias do grau de floculação dos solos do Nordeste .....	35
2.2.3.1.3	- Tabela: Escala dos valores médios do grau de floculação dos solos do Nordeste .....	35
2.2.3.1.4	- Tabela: Valores médios do grau de floculação dos Latossolos .....	36
2.2.3.1.1	- Figura: Distribuição do grau de floculação em função do teor de argila granulométrica	38
2.2.3.1.2	- Figura: Distribuição do grau de floculação em função do teor de argila granulométrica	39
2.2.3.1.3	- Figura: Distribuição do grau de floculação em função do teor de argila granulométrica	40
2.2.3.1.4	- Figura: Distribuição do grau de floculação em função da soma das bases trocáveis nos horizontes A <sub>1</sub> e B .....	41
2.2.3.1.5	- Figura: Distribuição do grau de floculação em função da soma das bases trocáveis nos horizontes A <sub>1</sub> e B .....	42
2.2.3.1.6	- Figura: Distribuição do grau de floculação em função da soma das bases trocáveis nos horizontes A <sub>1</sub> e B .....	43
2.2.3.1.7	- Figura: Distribuição do grau de floculação em função do teor em Ca trocável nos horizontes A <sub>1</sub> e B .....	44
2.2.3.1.8	- Figura: Distribuição do grau de floculação em função do teor em Ca trocável nos horizontes A <sub>1</sub> e B .....	45
2.2.3.1.9	- Figura: Distribuição do grau de floculação em função do teor em Ca trocável nos horizontes A <sub>1</sub> e B .....	46
2.2.3.2	- Determinação da permeabilidade .....	47
2.2.3.2.1	- Tabela: Permeabilidade média dos diferentes solos do Nordeste.....	48
2.2.3.2.2	- Tabela: Escala dos valores médios da permeabilidade dos solos do Nordeste .....	48
2.2.3.3	- Observações no campo .....	49
2.2.3.4	- Exame microscópico de lâminas delgadas da superfície dos solos.....	49
2.2.4	- <u>Síntese da erodibilidade hídrica dos solos do Nordeste e estabelecimento do mapa</u> .....	50
2.2.4.1	- Tabela: Erosão estimada em t/ha/ano com diferentes solos do Nordeste segundo WISCHMEIER .....	51
2.3	- FATOR TOPOGRÁFICO: RELEVO E DECLIVIDADE DO NORDESTE .....	52
2.3.1	- <u>Introdução</u> .....	52
2.3.2	- <u>Determinação do fator topográfico</u> .....	52
2.3.3	- <u>Estabelecimento do mapa de síntese do relevo e da declividade do Nordeste</u> .....	52
2.4	- FATORES USO E MANEJO E PRÁTICA CONSERVACIONISTA DOS SOLOS DO NORDESTE .....	53
2.4.1	- <u>Introdução - Definições</u> .....	53
2.4.2	- <u>As determinações e trabalhos realizados</u> .....	53
2.4.2.1	- Diferentes práticas conservacionistas no cultivo da mandioca no Agreste de Pernambuco (Acordo UFRPE/IPA)	54

2.4.2.1.1	- Tabela: Valores de perda em solo e em água e determinação dos fatores P com diferentes sistemas de plantio de mandioca (segundo MARGOLIS e NETO, 1982) .....	55
2.4.2.2	- Manejo e conservação do solo no cultivo de tomate em clima semi-árido do Agreste de Pernambuco (FREITAS <u>et alii</u> , 1981) .....	56
2.4.2.2.1	- Tabela: Perdas em solo e produções de tomate com três sistemas culturais (médias de 1946-1967 segundo os dados de FREITAS <u>et alii</u> , 1981) .....	57
2.4.2.2.2	- Tabela: Perdas anuais de solo e água com diferentes rotações de cultura de tomate e faixa de vegetação (médias de 1951-68, FREITAS <u>et alii</u> , 1981).....	58
2.4.2.3	- Conservação e manejo do solo e da água com parcelas sob chuvas naturais na zona do Agreste da Paraíba (Convênio SUDENE-DRN/C.C.A. Areia, PB) .....	59
2.4.2.3.1	- Tabela: Perdas em solo e água por erosão com diferentes culturas em Alagoinhas (PB) (Convênio SUDENE/C.C.A. Areia) .....	59
2.4.2.4	- Estudos de conservação do solo e da água na zona semi-árida: Bacia Experimental de Sumé PB, (Convênio SUDENE/ORSTOM/UFPB; CADLER, FREITAS, LEPRUN, 1983a e b)....	60
2.4.2.4.1	- Figura: Croquis das instalações da bacia experimental de Sumé (PB) .....	61
2.4.2.4.1	- Tabela: Escoamentos e erosões observados por cheia .....	63
2.4.2.4.2	- Tabela: Totais mensais e anuais dos escoamentos e erosões observadas .....	63
2.4.2.4.3	- Tabela: Perdas em solo e água na bacia experimental de Sumé (PB) .....	64
2.4.2.5	- Conservação e Manejo dos solos: caso particular dos Latossolos do Nordeste .....	64
2.4.2.5.1	- Tabela: Valores de algumas características dos Latossolos V.A. distróficos do Nordeste e do Centro-Oeste do Brasil .....	65
2.4.2.5.2	- Tabela: Análises físicas e químicas de um Latossolo V.A. distrófico da Bahia .....	67
2.4.2.5.3	- Tabela: Análises físicas e químicas de um Latossolo V.A. distrófico de Pernambuco ...	68
2.4.2.5.4	- Valores dos parâmetros analíticos dos Latossolos do Nordeste calculados segundo as equações de correlação em função do pH (SAM-PAIO e LEPRUN, 1983) .....	70
2.5	- O MAPA DE SÍNTESE DO RISCO DE EROSÃO HÍDRICA NO NORDESTE .....	71
2.5.1	- <u>Os diferentes mapas dos fatores de erosão já realizados</u> .....	71
2.5.2	- <u>O mapa de síntese da densidade de população do Nordeste</u> .....	72
2.5.3	- <u>Estabelecimento do mapa de síntese dos riscos de erosão hídrica do Nordeste</u> .....	72
3	- <u>DINÂMICA E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO NORDESTE. PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS</u> .....	77

3.1 - DINÂMICA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	77
3.1.1 - <u>Estudos em colaboração com o Setor de Bacias Hidrológicas</u>	
<u>DRN/DHM/SUDENE</u> .....	77
3.1.1.1 - Introdução .....	77
3.1.1.2 - As bacias hidrológicas representativas do Nordeste ..	77
3.1.1.2.1 - Figura: Localização das bacias representati-	
vas do Nordeste .....	78
3.1.1.2.1 - Tabela: Principais características das ba-	
cias hidrológicas representativas geradas	
pela SUDENE .....	79
3.1.1.3 - Trabalhos realizados no domínio da conservação do so-	
lo e da água .....	80
3.1.2 - <u>Síntese das características hidrodinâmicas dos grandes tipos</u>	
<u>de solo do Nordeste. Principais ensinamentos</u> .....	80
3.1.2.1 - Generalidades .....	80
3.1.2.2 - Dados tirados dos estudos das bacias hidrológicas re-	
presentativas .....	81
3.1.2.2.1 - Tabela: Valores médios anuais do coeficien-	
te de escoamento em função da pluviometria	
em diferentes bacias do Nordeste (segundo	
os dados de VIEIRA et alii, 1983) .....	81
3.1.2.2.1 - Figura: Lâmina escoada para a cheia decenal	
nas bacias representativas do Nordeste (ti-	
rada de CADIER e CAMPELLO, 1983) .....	82
3.1.2.3 - Dados tirados de estudos pessoais .....	84
3.1.2.3.1 - Tabela: Valores do coeficiente de deflúvio	
em função da pluviometria média anual para	
44 açudes do Nordeste (BORGES, 1977) .....	86
3.1.2.3.1 - Figura: Relação entre a pluviometria média	
anual, o coeficiente de deflúvio e os tipos	
de solos para 44 açudes do Nordeste .....	87
3.1.2.3.2 - Figura: Pequenos açudes particulares no Mu-	
nicípio de Arary em 1910 .....	88
3.2 - PRIMEIRA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO NORDESTE	91
3.2.1 - <u>Generalidades. Histórico</u> .....	91
3.2.2 - <u>Material e método</u> .....	92
3.2.2.1 - <u>Material</u> .....	92
3.2.2.1.1 - Figura: Localização dos pontos de amostra-	
gem das águas superficiais analisadas no	
Nordeste .....	93
3.2.2.2 - <u>Método</u> .....	94
3.2.3 - <u>Resultados obtidos</u> .....	95
3.2.3.1 - <u>Principais características físico-químicas das águas</u>	
superficiais do Nordeste .....	95
3.2.3.1.1 - Tabela: Parâmetros estatísticos das águas	
superficiais do Nordeste .....	96
3.2.3.1.2 - Tabela: Características físico-químicas das	
águas superficiais do Nordeste todas as ori-	
gens misturadas .....	97
3.2.3.1.1 - Figura: Parâmetros estatísticos dos valores	
da condutividade elétrica em função da ori-	
gem das águas .....	98
3.2.3.1.2 - Figura: Parâmetros estatísticos dos valores	
do resíduo seco em função da origem das águas	
99	99

3.2.3.1.3	- Figura: Parâmetros estatísticos dos valores do teor em sódio em função da origem das águas .....	100
3.2.3.1.4	- Figura: Parâmetros estatísticos dos valores em cloreto em função da origem das águas ...	101
3.2.3.1.3	- Tabela: Algumas características analíticas das águas superficiais segundo o Estado de proveniência .....	102
3.2.3.1.5	- Figura: Parâmetros estatísticos dos valores da condutividade elétrica em função do Estado de proveniência das águas .....	103
3.2.3.1.6	- Figura: Parâmetros estatísticos dos valores do resíduo seco em função do Estado de proveniência das águas .....	104
3.2.3.1.7	- Figura: Parâmetros estatísticos dos valores do teor em sódio em função do Estado de proveniência das águas .....	105
3.2.3.1.8	- Figura: Parâmetros estatísticos dos valores do teor em cloreto em função do Estado de proveniência das águas .....	106
3.2.3.1.9	- Representação da composição química média das águas superficiais do Nordeste .....	107
3.2.3.2	- Principais correlações encontradas .....	108
3.2.3.2.1	- Figura: Correlação entre os valores do resíduo seco e da condutividade nas águas superficiais .....	109
3.2.3.2.2	- Figura: Correlação entre os valores da concentração em sódio e da condutividade nas águas superficiais .....	110
3.2.3.2.3	- Figura: Correlação entre os valores da concentração em sódio e da condutividade nas águas superficiais .....	111
3.2.3.2.4	- Figura: Distribuição das concentrações do resíduo seco em função da condutividade elétrica em diferentes águas .....	112
3.2.3.2.5	- Figura: Distribuição das concentrações em sódio em função da condutividade elétrica em diferentes águas .....	113
3.2.3.2.6	- Figura: Distribuição das concentrações em cloreto em função da condutividade elétrica em diferentes águas .....	114
3.2.3.2.1	- Tabela: Tabela das intercorrelações das águas superficiais agrupadas segundo o Estado de proveniência .....	117
3.2.3.2.7	- Figura: Diagrama da classificação das águas superficiais do Nordeste em função do RAS, do resíduo seco e da condutividade elétrica .....	119
3.2.3.2.2	- Tabela: Tabela de classificação das águas superficiais do Nordeste .....	120
3.2.3.2.8	- Figura: Repartição de 161 águas de açudes do Nordeste seco .....	121
3.2.4	- <u>Discussão de alguns pontos particulares</u> .....	122
3.2.4.1	- Relação entre a qualidade das águas dos açudes e a profundidade .....	122

3.2.4.1.1 - Tabela: Análises de águas amostradas a diferentes profundidades nos dois açudes...	122
3.2.4.2 - Relações entre a qualidade das águas superficiais e das águas subterrâneas .....	122
3.2.4.2.1 - Tabela: Análises de águas de superfície e de águas subterrâneas recolhidas no mesmo lugar .....	123
3.2.4.2.1 - Figura: Relação entre o total de sólidos dissolvidos e as concentrações de cloreto em águas subterrâneas e superficiais de rochas cristalinas do Nordeste.....	124
3.2.4.2.2 - Figura: Relação entre o total de sólidos dissolvidos e as concentrações de sódio em águas subterrâneas e superficiais de rochas cristalinas do Nordeste .....	125
3.2.4.3 - Relação entre a qualidade das águas amostradas durante a estação seca e durante a estação chuvosa .....	126
3.2.4.3.1 - Tabela: Papel da evaporação sobre a concentração dos elementos químicos dos açudes...	127
3.2.4.4 - Relações entre as características físico-químicas das águas superficiais e a natureza do solo .....	128
3.2.4.4.1 - Tabela: Valores médios de algumas determinações analíticas de águas de riachos em função do solo da bacia .....	129
3.2.4.4.1 - Figura: Localização e tipo de solo das águas recolhidas nos riachinhos de Sergipe .	130
3.2.4.4.2 - Tabela: Algumas características das águas de riachinhos amostradas na mesma região com solos diferentes .....	130
3.2.4.4.2 - Figura: Diagrama das composições químicas das águas de seis açudes da região de Tauá (CE) .....	132
<b>4 - <u>BALANÇO E RECOMENDAÇÕES SOBRE O USO E A CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA NO NORDESTE BRASILEIRO</u> .....</b>	<b>135</b>
4.1 - <u>BALANÇO</u> .....	135
4.1.1 - <u>Situação dos estudos de conservação e manejo do solo no Nordeste</u> .....	135
4.1.1.1 - Estudos e trabalhos já realizados e em andamento ....	135
4.1.1.1.1 - Quadro: Características físicas e pesquisas sobre conservação e manejo dos solos no Nordeste através dos Convênios .....	136
4.2 - <u>PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES PRECONIZADAS</u> .....	137
4.2.1 - <u>Recomendações no domínio da conservação e do manejo do solo</u> .	137
4.2.1.1 - <u>Recomendações gerais</u> .....	137
4.2.1.2 - <u>Recomendações técnicas</u> .....	138
4.2.2 - <u>Recomendações para o uso das águas</u> .....	140
<b>5 - <u>ABSTRACT</u> .....</b>	<b>143</b>
<b>6 - <u>RESUME</u> .....</b>	<b>143</b>
<b>7 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....</b>	<b>145</b>

8 - ANEXOS	153
8.1 - ANEXO 1 - Trabalho apresentado no 18º Congresso brasileiro de Ciência do solo, Salvador, BA, 1981 .....	155
8.2 - ANEXO 2 - Relatório da série Recursos de solos nº 15 da SUDENE ....	157
8.3 - ANEXO 3 - Trabalho apresentado no 4º Congresso/Encontro nacional de conservação do solo e da pesquisa sobre a conservação do solo, Campinas, SP, 1982 .....	159
8.4 - ANEXO 4 - Trabalho apresentado no 1º Simpósio do Trópico semi-árido Olinda, PE, 1982 .....	167
8.5 - ANEXO 5 - Trabalho a ser apresentado no 5º Congresso de Conservação do solo, Porto Alegre, RS, 1984 .....	187
8.6 - ANEXO 6 - Relatório da série Hidrologia nº 15 da SUDENE .....	197
8.7 - ANEXO 7 - Relatório da série Hidrologia nº 16 da SUDENE .....	199
8.8 - ANEXO 8 - Trabalho apresentado no 1º Congresso brasileiro de Forrageiras e Pastagens nativas, Olinda, PE, 1983 .....	201
8.9 - ANEXO 9 - Trabalho apresentado no 19º Congresso brasileiro de Ciência do solo, Curitiba, PR, 1983 .....	211
8.10- ANEXO 10- Trabalho apresentado no 5º Simpósio brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Blumenau, SC, 1983 .....	227
8.11- ANEXO 11- Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - da erosividade das chuvas .....	
8.12- ANEXO 12- Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - da erodibilidade do solo .....	
8.13- ANEXO 13- Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - do relevo e das declividades .....	
8.14- ANEXO 14- Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - da densidade de população .....	
8.15 -ANEXO 15- Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - do risco de erosão hídrica .....	253
8.16- ANEXO 16- Mapas dos solos das bacias representativas .....	255
8.17- ANEXO 17- Bibliografia informativa de conservação do solo .....	



## APRESENTAÇÃO

O presente relatório constitui a síntese dos trabalhos efetuados na segunda etapa (1982-1983) do Convênio celebrado entre a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste-SUDENE e o Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-mer-O.R.S.T.O.M., França, visando a assistência técnica aos estudos de conservação e manejo de solo no Nordeste brasileiro. Ele agrupa, também, o conjunto dos estudos, mapas e publicações realizados por este convênio durante quatro anos - entre 1980 e 1983 - de acordo com seus planos de trabalho e cronogramas de execução.

O Autor agradece sinceramente a todas as pessoas das quais recebeu alguma ajuda e desculpa-se por um possível lapso de memória:

- aos que fazem parte dos Recursos Renováveis e em particular ao Dr. I. V. de ANDRADE, chefe da Divisão, aos Dr. J.M. GOMES, V. de A. BELTRÃO, J.B.M. SAMPAIO e J.G. REIS pedólogos da SUDENE, a Dra. M.J. DUARTE botânica da SUDENE, à secretária M.C.A. MELO e SOUZA, às estagiárias D. N. CAVALCANTI e G.M. de LIMA, ao desenhista V. do CARMO que realizou a maioria das figuras e dos mapas apresentados e ao Dr. G. de CARVALHO botânico da SUDENE;
- ao Dr. S. CAMPELLO e ao Setor de Bacias Representativas: Drs. E. CADIER, P.A.S. FERREIRA, H.J.P. VIEIRA, B.J. de FREITAS, M.S. de ASSUNÇÃO, M.J.A. LINS e G.J. ZELAUQUETT engenheiros hidrólogos, ao técnico em recursos hídricos P.J.V. NOBRE, ao desenhista E.M. das MERCÊS e ao agente administrativo N.F. de OLIVEIRA.

A totalidade deste relatório e das publicações anexas foi redigida diretamente em português pelo Autor que está bem consciente da fragilidade do estilo - um relatório técnico não é uma obra literária - mas o grande esforço despendido visou três motivos: maior rapidez de execução devido ao curto prazo para a publicação, receio dos contra-sensos e do não respeito ao pensamento real do Autor oriundos de uma tradução, enfim o prazer de trabalhar a bela língua portuguesa.

O Autor agradece, particularmente, a M.J.B.CAVALCANTI, secretária bilingue, pela sua constante disponibilidade para a datilografia e revisão do português, propiciando, assim, um real apoio à execução deste trabalho.



RESUMO

Este relatório do fim do convênio celebrado entre a SUDENE e o ORSTOM, relativo ao manejo e à conservação dos solos no Nordeste do Brasil, constitui a avaliação dos quatro anos de trabalho de pesquisa, de assistência técnica e de orientação e assessoramento sobre os fatores e os processos da erosão dos solos e sobre a qualidade e a economia da água. Foi particularmente estudada a parte semi-árida do Nordeste ou Sertão, situada sob o embasamento cristalino onde a pluviometria média anual é frequentemente inferior a 600 mm e muito irregular, onde os solos são rasos, pouco permeáveis, mas quimicamente ricos, onde os lençóis freáticos são raros e pouco volumosos e onde as águas superficiais e subterrâneas são muito mineralizadas. Este relatório completa o relatório de síntese, de diagnóstico e de novas linhas de pesquisas elaborado em 1981 e inclui, nos anexos, todos os trabalhos realizados e as publicações apresentadas. Vários mapas a 1:5.000.000 dos fatores da erosão e um mapa de síntese dos riscos erosivos são aqui apresentados. No fim do relatório propõe-se uma lista de medidas e de recomendações simples baseadas no diagnóstico e nos resultados dos estudos realizados, a fim de ajudar a gerir de modo adequado o patrimônio solo-água dessa difícil região que é o Nordeste brasileiro.



## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - APRESENTAÇÃO E HISTÓRICO

Este convênio de cooperação técnica internacional que, no momento, chega a sua conclusão, intitula-se "Estudo sobre a conservação e o manejo dos solos na região Nordeste". Foi celebrado entre a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), órgão federal brasileiro e o "Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.), órgão público francês dotado de autonomia financeira. O convênio tem o número DRN 028/79 e o Processo 31.031/79, com início em janeiro de 1980, estando o seu término previsto para o dia 31 de dezembro de 1983. O seu executor é a Divisão de Recursos Renováveis do Departamento de Recursos Naturais da SUDENE e seu coordenador a Coordenadoria de Cooperação Externa do MINTER, em articulação com a Divisão de Cooperação Externa da SUDENE.

Uma missão francesa de Conservação do Solo no Nordeste, que se realizou em 1976 (DELWAULE, 1977) foi o ponto de partida do projeto deste convênio.

### 1.2 - OBJETIVOS, METAS E DURAÇÃO

#### 1.2.1 - Primeira etapa do Convênio (1980-1981)

*Objetivo:* Assessorar a execução dos trabalhos de pesquisa sobre manejo e conservação do solo em andamento na Região e propor novas linhas de pesquisa com base em diagnóstico a ser efetuado.

*Metas:* a) Diagnóstico da pesquisa sobre manejo e conservação do solo no Nordeste.

b) Assessorar a execução das pesquisas em andamento.

c) Estabelecer novas linhas de pesquisa a partir dos trabalhos em execução e baseado no diagnóstico.

d) Desenvolver estudos para a determinação da erosividade das chuvas no Nordeste (Fator R da Equação Universal de Perdas de Solo).

*Duração:* dois anos, período coberto: janeiro de 1980 - dezembro de 1981.

*Calendário de execução:* ver o cronograma de execução dos relatórios trimestrais redigidos para a SUDENE nas tabelas 1.2.1.1 e 1.2.1.2.

*Resultados obtidos:* os resultados estão incluídos nas publicações citadas a seguir e na maioria dos casos apresentadas e publicadas em colaboração com pesquisadores brasileiros.





- A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro. Balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas. Série Brasil. SUDENE. Recursos de solo, 15. Recife, 105 p., p. mapa, 1981.
- Estabelecimento de um mapa de erosividade das chuvas do Nordeste na escala de 1/5.000.000. XVIII Congresso brasileiro de ciência do solo, 1981, Salvador, Bahia. Resumos p. 76 (em colaboração com J.M. GOMES).
- Cálculo e comparação dos índices de erosividade das chuvas R de WISCHMEIER e  $KE > 25$  de HUDSON em vários postos pluviográficos do Nordeste brasileiro. IV Congresso brasileiro de conservação do solo. Campinas. Resumos, 27, p. 16. (em colaboração com CAMPOS FILHO, ANDRADE e SILVA I. de F.). 1982.
- Comparação dos fatores da erosão hídrica no Nordeste brasileiro seco e na África do Oeste seco. Consequências. I Simpósio brasileiro do Trópico semi-árido. Recife. Anais. 1982. No prelo.

#### 1.2.2 - Segunda etapa do Convênio (Termos. aditivos de 1982 e 1983)

*Objetivo:* o mesmo anteriormente citado, mas orientado no sentido de intensificar o relacionamento com as Universidades e órgãos públicos, tendo em vista dinamizar o conhecimento e a transferência tecnológica sobre a conservação dos solos e águas e estabelecer medidas e recomendações conservacionistas adaptadas ao Nordeste.

*Metas e calendário de execução:* estão expostos no cronograma de execução dos relatórios trimestrais redigidos para a SUDENE (tabelas 1.2.2.1 e 1.2.2.2).

*Duração:* dois anos. Período coberto: janeiro de 1982 - dezembro de 1983.

*Resultados obtidos:* os resultados fazem parte do presente relatório e os artigos e publicações figuram como anexos no fim deste relatório. A lista destas publicações é a seguinte:

- Avaliação dos recursos hídricos das pequenas bacias no Nordeste semi-árido. Primeira síntese dos resultados obtidos. V.l. Características físico-climáticas. Série Brasil.SUDENE.Hidrologia, 15. Recife Maio de 1983. 70 p. (em colaboração com ASSUNÇÃO, M.S. & CADIER, E.).
- Bacia Experimental de Sumé. Instalação e primeiros resultados. Série Brasil.SUDENE.Hidrologia, 16. Recife, junho 1983. 80 p. (em colaboração com CADIER E. & FREITAS, B.J.).
- Aproveitamento dos solos e das águas salinizados no cultivo da Algarobeira (*Prosopis juliflora*) no Nordeste semi-árido brasileiro.

Tabela 1.2.2.1 - Cronograma de execução do ano de 1982

RELATÓRIO MENSAL DO EXECUTOR		N.º DO PROCESSO		31.031/79		1982									
ACOMPANHAMENTO FÍSICO DO EXECUTADO															
ETAPAS PARTES COMPONENTES	LOCALIZAÇÃO	UNI-DADE	QUANTI-DADE	CRONOGRAMA (meses)											
				J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>I. DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS EM ANDAMENTO</b>															
1.1 Publicação de uma lista bibliográfica; a mais completa possível sobre a conservação e manejo dos solos (do Nordeste, do Brasil e internacional)															
1.2 Estabelecimento de mapas em 1/5.000.000 da susceptibilidade à erosão dos solos, das zonas cultivadas, das zonas com riscos mais elevados de erosão do Nordeste															
<b>II. DESENVOLVIMENTO DE NOVAS PESQUISAS</b>															
2.1 Pesquisas sobre os fatores de equação de WISCHMEIER															
2.2 Pesquisas com simulador de chuvas															
2.3 Medidas do diâmetro das gotas das chuvas com diferentes intensidades do Nordeste no Sertão, no Agreste e na Mata															
2.4 Exame de lâminas delgadas da superfície dos solos nas diferentes situações de erosão															
2.5 Características hidrodinâmicas dos grandes grupos de solos do Nordeste e relação grande sertão-grande estabilidade estrutural															
2.6 Exame da salinidade das águas superficiais do Nordeste. Coleta dos dados, medida, correções, conclusão															
2.7 Redação do relatório final de síntese															
<b>III. ASSISTÊNCIA ÀS PESQUISAS</b>															
3.1 Assessoramento na execução das pesquisas dos convênios ligados a SUDENE															
3.2 Colaboração ao projeto de bacia experimental (CNPq/SUDENE)															
3.3 Exame, seleção e divulgação das práticas conservacionistas mais simples e mais facilmente aplicáveis															



I Congresso brasileiro de Forrageiras e pastagens nativas. Olinda 1983. (em colaboração com DUARTE, M.J.). Anais. No prelo.

- Determinação simples de algumas características analíticas e propriedades diagnósticas dos Latossolos do Nordeste brasileiro. XIX Congresso brasileiro de ciência do solo. Resumos. Curitiba, 1983. (em colaboração com SAMPAIO, J.B.M.).
- L'érosion hydrique dans le Nordeste du Brésil. 25<sup>e</sup> Congrès International de Géographie. Paris, 1984. Em preparação.
- Bacia Experimental de Sumé, PB. Instalações e primeiros resultados. Simposio de hidrologia de Blumenau. 21 p. no prelo. 1983. (em colaboração com E. CADIER e B.J. de FREITAS).

### 1.3 - PROBLEMAS E OBSTÁCULOS

Tivemos como principais dificuldades:

- reunir os diferentes trabalhos e relatórios dos convênios de Conservação não ligados diretamente a SUDENE. Alguns como os da UFCE não nos foram enviados;
- intervir em programas e convênios já celebrados e em andamento;
- trabalhar "em colaboração" com uma contrapartida brasileira pouco numerosa (apenas uma pessoa durante três anos e ninguém no último ano), quando tinha sido previsto no projeto inicial do convênio a participação de três técnicos da SUDENE e "um número não definido de técnicos dos Governos estaduais e das Universidades";
- ficar submisso a uma Portaria pouco abrangente para a execução do convênio e que não inclui os departamentos de Agricultura e Abastecimento, as Universidades, os Órgãos estaduais interessados no assunto (EMBRAPA, EMATER, etc.);
- orientar e assessorar trabalhos de convênios que não recebem mais verba ou que chegam com muito atraso o que deixa os programas paralizados, as equipes desmotivadas e o orientador pouco eficiente;
- não ter podido conseguir ministrar um treinamento teórico-prático para o pessoal de execução da SUDENE e formar em conservação dos solos alguns estagiários contratados pela SUDENE. Os treinamentos e cursos de conservação de solo ministrados ao pessoal do Projeto Sertanejo e nas Universidades, foram o resultado de contatos pessoais;
- acabar esse convênio sem poder deixar o conjunto das pesquisas, dos conhecimentos, dos documentos e da bibliografia com uma pessoa que pudesse continuar o trabalho iniciado.

Esta lista de dificuldades e obstáculos não é uma demonstração de

ressentimento ou uma tentativa de desculpa, pois o trabalho foi feito em estreita colaboração e bom relacionamento com os pesquisadores brasileiros, foi interessante e útil, pelo menos assim podemos afirmá-lo pelo grande número de pedidos do relatório de síntese (mais de 300), de cartas com indagações e informações recebidas de todo o Brasil. O que precede deve ser visto apenas como sugestões e recomendações, para, no futuro, eliminar os pontos de estrangulamento.

## 2 - CONSERVAÇÃO E MANEJO DOS SOLOS. PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS.

### 2.1 - EROSIVIDADE DAS CHUVAS DO NORDESTE

#### 2.1.1 - Estudos sobre o fator de erosividade das chuvas ou índice de agressividade climática

O estudo desse fator, que constituiu uma meta importante de nosso convênio, começou em 1980. Ele foi realizado graças ao banco de dados hidroclimatológicos da Divisão de Hidrometeorologia da SUDENE (A. GUSMÃO et alii, 1979; JACCON e SECHET, 1980), à gravação em fita magnética dos dados pluviográficos e ao preparo de um programa de computação (Missão hidrológica francesa da DHM da SUDENE, Convênio DRN/C.C.A. de Areia, PB).

##### 2.1.1.1 - Determinação do fator R de WISCHMEIER

O estudo da determinação deste fator é detalhado no relatório nº 15 "Recursos de solos da SUDENE" (Anexo 2) p. 45 a 60. Após ter, durante mais de seis meses, coletado, corrigido, completado e homogeneizado os dados de pluviografia e de pluviometria de cerca de quarenta postos distribuídos no Nordeste, pode-se apresentar os resultados seguintes:

- Estabelecimento de uma estreita correlação entre o fator R de erosividade e  $PI_{30}$ , produto da altura da chuva pela intensidade máxima em 30 minutos para cada chuva unitária. Após o cálculo para diferentes postos do Sertão, a equação linear encontrada é a seguinte:

$$R = 0,0253 P.I_{30} - 1,0 \quad |1|$$

Esta equação, que só é válida para a zona semi-árida, permite ganhar um tempo considerável em relação ao cálculo de R a partir dos diagramas de chuvas que é muito demorado.

- Estabelecimento de correlações estreitas entre o fator de erosividade média anual R e a pluviometria média anual  $P_a$ .

Zona do Sertão: para 25 postos dessa zona duas equações foram calculadas:

$$R = 106,76 e^{0,002P_a} \quad |2| \text{ com } r = 0,94^{**}$$

$$\text{e } R = 0,13 P_a^{1,24} \quad |3| \text{ com } r = 0,93^{**}$$

Zona do litoral cearense e da transição ao Amazonas:

$$R = 216,6 e^{0,001P_a} \quad |4| \text{ com } r = 0,98^{**}$$

Zona da Mata costeira:

$$R = 0,05 P_a^{1,29}$$

|5| com  $r = 0,99^{**}$ Zona do Agreste e da Mata interior:

$$R = 0,02 P_a^{1,45}$$

|6| com  $r = 0,99^{**}$ 

Alguns postos recentemente tratados nestas zonas confirmam estas curvas e suas prolongações (Mirante e Piatã (BA), Águas Belas e Belo Jardim (PE) na zona do Sertão; Caruaru (PE) na zona do Agreste; Campo Maior (PI) na zona de transição ao Amazonas.

Todos os postos tratados e as curvas correspondentes ajustadas são colocados no diagrama 2.1.1.1.1 do R médio anual em função da pluviometria média anual, em milímetros.

Esse diagrama permite determinar diretamente o valor R médio anual a partir do valor da pluviometria média anual de qualquer posto do Nordeste, sabendo-se somente a sua pluviometria anual que é um dado facilmente acessível.

Vê-se que as curvas de ajustamento dos pares de dados dos postos são grosseiramente paralelos entre si, colocam em evidência as cinco zonas climáticas do Nordeste e fazem do fator R um verdadeiro índice de agressividade climático.

Para postos de mesma pluviometria média anual, por exemplo 1.000 mm, tem-se a sucessão seguinte na ordem decrescente do R:

Sertão > zona litoral cearense e transição > mata costeira > Agreste

e para 1.500mm de pluviometria média anual

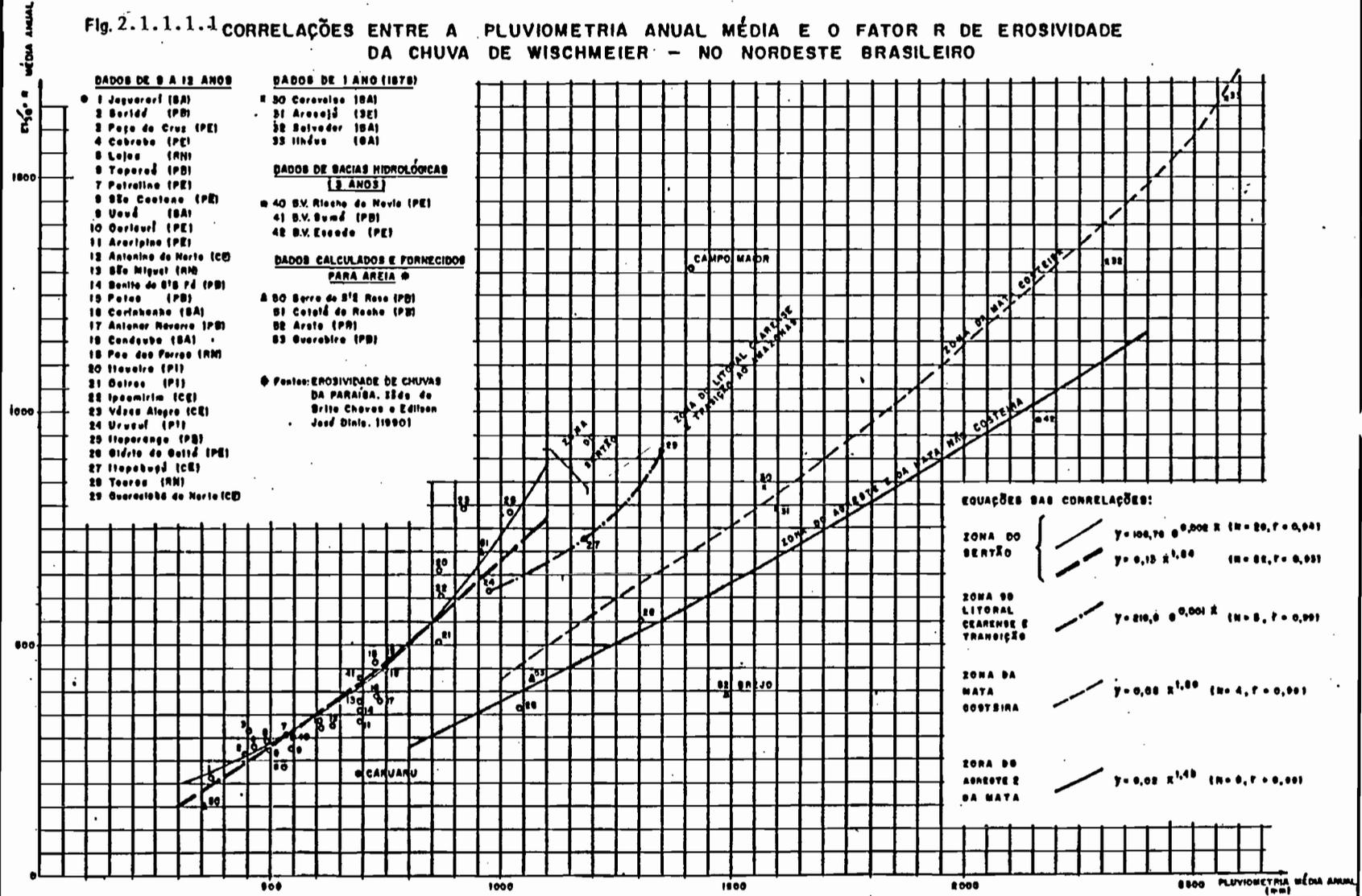
litoral cearense, transição ao Amazonas > mata costeira > Agreste > brejo

Pode-se notar o fraco valor da zona do brejo da Paraíba (Areia) devido às chuvas orográficas de baixa intensidade e observar que não há gradiente de crescimento uniforme de erosividade de Leste a Oeste, isto é, entre a mata litoral e a zona semi-árida interior.

Uma das zonas mais perigosa no que diz respeito à alta erosividade das chuvas em relação com altura pluviométrica média e alta, parece ser a zona de transição ao Amazonas composta do litoral cearense norte-ocidental, do litoral do Piauí e do Maranhão cujo ajustamento segue uma exponencial bastante inclinada.

Com cerca de 1.400 mm de chuvas por ano, o posto de Campo Maior (PI) atinge o valor R médio elevado de 1.310 enquanto o va-

Fig. 2.1.1.1.1 CORRELAÇÕES ENTRE A PLUVIOMETRIA ANUAL MÉDIA E O FATOR R DE EROSIVIDADE DA CHUVA DE WISCHMEIER - NO NORDESTE BRASILEIRO



lor R do posto de Fortaleza extrapolado da curva do diagrama 2.1.1.1.1 deveria ser somente cerca de 760 com 1.250 mm de pluviometria anual.

- Estabelecimento de outras correlações.

Foram encontradas:

- uma correlação altamente significativa entre a pluviometria total anual média  $P_a$  e a pluviometria erosiva anual média  $P_{ea}$  para 30 postos de todo o Nordeste:

$$P_{ea} = 0,82 P_a - 47,16 \quad |7| \text{ com } r = 0,96^{**}$$

- uma correlação altamente significativa entre a pluviometria total anual média  $P_a$  e o número médio anual de chuvas erosivas (N) para 32 postos do Nordeste:

$$N = 0,021 P_a + 5,54 \quad |8| \text{ com } r = 0,99^{**}$$

Com essas equações é possível determinar facilmente em qualquer lugar do Nordeste com pluviometria anual conhecida, a pluviometria erosiva e o número de chuvas erosivas. O diagrama 2.1.1.1.2 ajuda na rapidez da determinação. Por exemplo, com 1.000 mm de chuva anual corresponde 772 mm de chuva erosiva e um número de 27 chuvas erosivas por ano.

2.1.1.2 - Recomendações para o cálculo e o uso do fator R de WISCHMEIER

Devido às numerosas fórmulas erradas ou mal escritas usadas no Brasil para o cálculo do R de WISCHMEIER (anexo 2, p.23), aconselha-se o uso das equações seguintes:

$$\begin{aligned} E_c &= 12,142 + 8,877 \log I & |9| \text{ onde a energia cinética} \\ E_c &= t.m.ha^{-1}.mm^{-1} & e \quad I = mm.h.h^{-1} \\ \text{ou} \quad E_c &= 210,3 + 89 \log I & |10| \text{ onde } E_c = t.m.ha^{-1}.cm^{-1} \\ \text{onde } t_c &= \text{Joule}/m^2.cm & e \quad I = cm.h^{-1}, \end{aligned}$$

e seguir a metodologia elaborada por CABEDA (1976), simples e muito usada no Brasil, que dá diretamente, graças a uma tabela, a energia cinética em  $t.m.ha^{-1}$  por mm de chuva a partir da intensidade em mm por hora.

Por outro lado, o valor anual do R de WISCHMEIER não deve ser considerado como uma determinação exata e rigorosa da medida da erosividade das chuvas de um determinado lugar. Primeiro, porque há variações interanuais muito importantes da pluviometria, sobretudo no Sertão (NIMER, 1979), o que precisa de um número de dados anuais bastante importante em torno de 8 a 10 para a média; segundo, porque há também, o que é menos conhecido, variações interanuais num mesmo lugar. Assim, na zona semi-árida do Sertão de

Pernambuco, na bacia hidrológica representativa do Riacho do Navio estudada pela SUDENE (NOUVELOT et alii, 1979), a pluviografia num mesmo ano varia bastante segundo os 10 pluviômetros e 44 pluviômetros instalados de maneira dispersa nos 468 km<sup>2</sup> da bacia. Assim, a distância máxima entre dois pluviômetros deve ser de 15 km.

O fator R anual de cada pluviômetro foi calculado por computador e dá para o ano de 1977 os resultados seguintes:

Tabela 2.1.1.2.1 - Valores da pluviografia e do fator R anuais de alguns postos próximos da bacia do Riacho do Navio (PE).

Postos	1	2	3	4	5	6	7	Média	Desvio padrão	Coef. de variação (%)
Altitude (m)	561	650	550	550	500	470	453	-	-	-
Pluviografia (mm)	539,8	586,2	518,1	639,1	510,2	433,8	624,8	550,2	71,9	13,1
R	257,0	304,5	176,5	323,7	289,7	145,0	396,3	270,4	80,1	29,6

Postos: 1 : Sítio dos Nunes, 2 : Lagoa do Gato, 3 : Salobro, 4 : Barbosa, 5 : Arrombado, 6 : Cachoeira, 7 : Betânia.

Os resultados bem diferentes obtidos na tabela 2.1.1.2.1 com postos muito próximos uns dos outros, em comparação com o afastamento dos postos existentes e tratados do Nordeste e, em particular, o valor elevado do coeficiente de variação do fator R, dá medida de credibilidade que se deve aplicar aos dados do fator erosividade e significa que os valores do R de WISCHMEIER devem ser considerados com uma aproximação de  $\pm 10\%$  e então não precisa de decimal. Esse fato reforça a validade de uso do valor estimativo de R determinado com o diagrama 2.1.1.1 e da elaboração do mapa de erosividade (ver mais adiante).

#### 2.1.1.3 - Determinação do fator erosividade KE de HUDSON.

HUDSON (1963, 1973) ao trabalhar na Rodésia, na África central, encontrou ótimas correlações entre o efeito "splash" das gotas de chuva sobre o solo, e a energia cinética das frações de chuva com intensidades superiores a 25 mm/h e estabeleceu um índice de erosividade da chuva  $KE > 25$  que, segundo seu autor, adapta-se melhor que o índice  $R = E_{i30}$  de WISCHMEIER para regiões com chuvas tropicais bastante abundantes. A metodologia do cálculo é bem explicada no livro de HUDSON (1973, p. 67).

Como alguns pesquisadores brasileiros de conservação pre-

conizaram o emprego do KE de HUDSON, de preferência ao R de WISCHMEIER, calculou-se o KE e tentou-se a sua comparação com o fator R para os postos do Nordeste.

Foi estabelecido um programa de computação baseado sobre os dados do banco da D.H.M. da SUENE e derivado do programa de cálculo do R de WISCHMEIER. Os primeiros resultados estão incluídos no relatório anexo 2, p. 58 a 60.

Em 1982 os cálculos do KE foram feitos sobre os 34 postos do Nordeste representando 206 anos de dados completos e a comparação dos resultados obtidos foi efetuada com os do R de WISCHMEIER. O interesse do assunto motivou a apresentação de um trabalho no IV Congresso Brasileiro de Conservação do Solo de Campinas, em colaboração com o pessoal do C.C.A. de Areia (LEPRUN et alii, 1982) (anexo 3).

Os principais resultados são os seguintes:

- os valores dos dois índices de erosividade são muito diferentes, os valores do KE sendo mais de 10 vezes superiores aos valores de  $R = EI_{30} \cdot 10^{-3}$ , porém, cerca de 50 vezes inferiores aos valores correspondentes de  $R = EI_{30}$ ;
- os valores de KE obtidos são da mesma ordem de grandeza dos da Tanzânia na África Centro-oriental;
- essa diferença de grandeza é normal, pois é devida ao modo de cálculo diferente para cada um dos dois fatores (in MORGAN, 1979);
- há excelente ajustamento dos pares de dados e a equação ligando os valores anuais dos dois fatores é a seguinte:

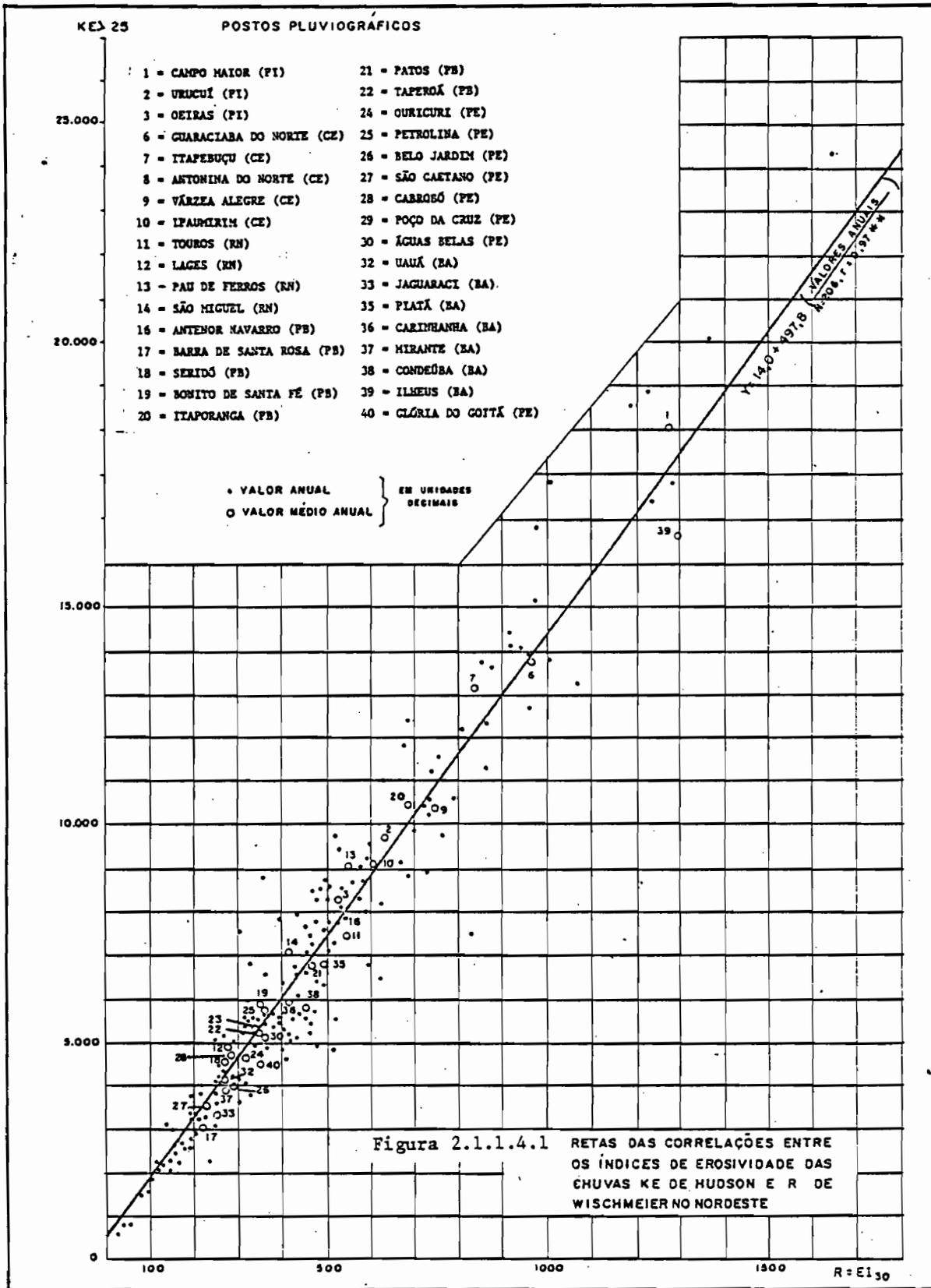
$$KE = 14,0 + 497,8 \quad |11| \text{ com 206 dados e } r = 0,97^{**}$$

O diagrama 2.1.1.3.1 permite determinar rapidamente o valor do KE em função do R para qualquer posto do Nordeste;

- em virtude do que precede, os dois índices não podem ser substituídos um pelo outro, e isso impede o uso do índice KE de HUDSON em substituição ao R de WISCHMEIER como foi deduzido rapidamente por diversos pesquisadores.

#### 2.1.1.4 - Estabelecimento do mapa da erosividade das chuvas do Nordeste.

Graças às correlações altamente significativas e às equações [2] [3] [4] [5] [6] precedentemente encontradas, foi realizado um mapa da erosividade das chuvas do Nordeste à escala de 1/5.000.000 (LEPRUN e GOMES, 1981, anexo 1), baseado no princípio seguinte: como existe uma relação estatística entre R fator de erosividade mé-



dio anual de WISCHMEIER e  $P_a$ , pluviometria média anual no mesmo posto para um mesmo período recente (1967-1980), essa relação é igualmente válida para o período dos anos 1912-1967 para o qual existe um mapa de isoietas de todo o Nordeste. Então, basta fazer corresponder aos valores  $P$  das isoietas os diferentes valores de  $R$  calculados graças às equações precedentes. Esse mapa estava no relatório anexo 2 e será apresentado, aqui, como anexo 10.

Seis zonas foram assim delimitadas:

$R < 230$	Sertão mais seco
$230 < R < 340$	Sertão seco
$340 < R < 500$	Sertão úmido, Agreste e Brejo
$500 < R < 730$	Agreste úmido, zona pré-amazônica e Mata interior
$730 < R < 1.000$	Mata litoral úmida
$R > 1.000$	Mata litoral muito úmida

A zona do Agreste apresentou alguns problemas porque não está bem definida. As zonas de Brejo foram superpostas no mapa e delimitadas por diferentes critérios (altitude, solos, vegetação e informações diversas) e arbitrariamente consideradas como inferiores a  $R = 230$ , como é o caso de Areia. No entanto, o mapeamento relativo a estas últimas não é exaustivo. Na zona da Mata costeira, os limites das zonas de erosividade subdividem as faixas de isoietas. Enfim, toda a parte ocidental do Nordeste sem dados (Piauí, Maranhão, uma parte da Bahia e de Minas Gerais) - pois não dispõe de postos pluviográficos - delimitada pela isoietas de 1.000 mm, foi deixada em branco.

Este mapa de zoneamento de  $R$ , válido para toda a zona do Sertão, com exceção das zonas de altitude mal conhecidas, apresenta numerosas imperfeições quando se aproxima do litoral (zona do Agreste e da Mata), principalmente por falta de postos e de dados suficientes.

Para realizar o mapa de síntese dos riscos da erosão hídrica do Nordeste, extrapola-se os valores tirados do diagrama 2.1.1.1.1 para preencher as zonas sem dados que foram deixadas em branco no mapa precedente e obter-se o mapa de risco da erosividade das chuvas (anexo 10).

Assim, nas zonas do litoral cearense e maranhense, considerou-se, de acordo com a equação |4|, que o valor do  $R$  ultrapassa 1.000 acima de uma pluviometria de cerca de 1.400 mm, e arbitrariamente que esse limite de  $R = 1000$  está ultrapassado na zona interior do Piauí e Maranhão somente acima de 1.600 mm.

Essa extrapolação nas zonas mais ocidentais da Bahia, do Piauí, do Maranhão e na zona Norte de Minas Gerais é bastante duvidosa. Com efeito, estas zonas não têm nenhum posto com dados e não têm condições de orientar a extrapolação mais em função dos postos

do sertão (equações 2 e 3) do que em função dos postos da zona de transição ao Amazonas (equação [4]).

Neste mapa o zoneamento da erosividade das chuvas aparece com uma disposição simétrica e concêntrica. Encontra-se sucessivamente do centro para as extremidades: a zona mais seca do Sertão onde a erosividade é fraca ( $R < 340$ ), uma zona de erosividade moderada ( $340 < R < 730$ ) correspondendo ao Sertão mais úmido, a zona do Agreste com erosividade moderada a fraca ( $340 < R < 500$ ) e uma zona externa com erosividade forte ( $R > 730$ ) composta da faixa litoral oriental, do litoral maranhense, e das regiões internas as mais chuvosas do Piauí, Maranhão e Bahia.

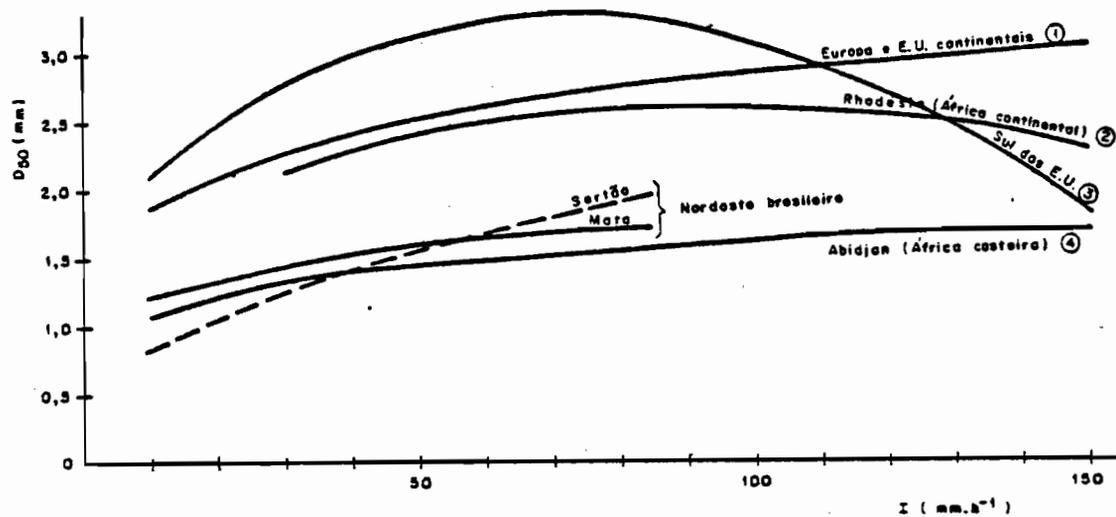
#### 2.1.1.5 - Avaliação do diâmetro das gotas de chuva do Nordeste (anexo 5) a ser em breve publicado.

Este estudo constitui a primeira pesquisa no assunto realizada no Brasil e, portanto, no Nordeste. No primeiro relatório (anexo 2) p. 31, foram destacados os pontos seguintes que constituíram as motivações do presente trabalho:

- todos os estudos feitos no mundo, indicam uma correlação estreita entre a erosão e a energia cinética da chuva. A energia cinética depende ao mesmo tempo da massa das gotas e de sua velocidade de chegada ao solo. A massa das gotas e a velocidade dependem da dimensão das gotas de chuva;
- a partir das diversas determinações do diâmetro das gotas com diferentes intensidades de chuvas realizadas em alguns países, constatou-se que o diâmetro das gotas é diferente segundo o lugar onde se encontra;
- a energia cinética das gotas na equação de WISCHMEIER de acordo com as chuvas dos E.U.A. é superior àquela encontrada em outras partes do mundo, e, em particular, pode-se dizer que as chuvas das regiões continentais têm energia cinética superior às chuvas das regiões litorâneas, porque os diâmetros das gotas são maiores;
- nenhuma medida do diâmetro das gotas de chuva e da energia cinética foi feita, até o presente, no continente sul-americano, particularmente neste imenso país que é o Brasil; é provável que não somente essas medidas serão diferentes no Norte, Centro e Sul do país, mas ainda, dentro de uma mesma região, o Nordeste, do litoral (Mata, Agreste) ao interior (Sertão), que têm climas muito diferentes;
- empregar o método de determinação do R de WISCHMEIER nas diferentes regiões do Brasil significa considerar que as chuvas do Brasil não somente são semelhantes àsquelas dos E.U.A., mas, ainda, são semelhantes entre si. Disto resulta sem dúvida um erro.

Nesse estudo, o método usado para determinar o diâmetro

Figura 2.1.1.5.1 - Diâmetro médio das gotas de chuva do Nordeste em comparação com o das outras regiões do mundo.



- Fontes:
- ① - LAWS E PARSONS (1943)
  - ② - HUDSON (1971)
  - ③ - CARTER E ALI (1974)
  - ④ - COLLINET E VALENTIN. (1979)

médio das gotas de chuva do Nordeste em função da intensidade é o da agregação da farinha de trigo de HUDSON (1964a e 1964b) e as chuvas medidas provêm da zona da Mata (Recife) e do Sertão seco (Sumê, Paraíba e Tauá, Ceará).

O material, o método e os resultados do estudo são detalhados no anexo 5.

As determinações dos diâmetros obtidos no Nordeste comparadas com as das chuvas das outras regiões do mundo (fig. 2.1.1.5.1) provam que os diâmetros e, portanto, as energias cinéticas são diferentes entre o Sertão e a Mata, e bem diferentes com relação a outros países tropicais ou não tropicais. Em particular, a curva dos diâmetros das gotas do centro dos Estados Unidos (LAWS e PARSONS, 1943) utilizada por WISCHMEIER na sua equação está situada acima das curvas das regiões tropicais do Brasil e da África e *então não podem nem devem servir ao cálculo da energia cinética e do fator da erosividade das chuvas dessas regiões.*

## 2.2 - ERODIBILIDADE DOS SOLOS DO NORDESTE

### 2.2.1 - Introdução: exposição do problema

A erodibilidade ou susceptibilidade do solo à erosão hídrica é um fator difícil de estabelecer. Os métodos existentes ou são demorados e precisam de um material importante ou são rápidos, mas dão resultados incertos e não reproduzíveis.

No Nordeste o número de solos testados é pequeno e a validade dos resultados obtidos deixa muito a desejar, pois estão sujeitos a grande variabilidade. As críticas relativas às determinações do fator erodibilidade K de WISCHMEIER estão contidas no relatório anterior (LEPRUN, 1981) anexo 2 (páginas 34 a 36 e 60 a 62) e algumas linhas de pesquisa preconizadas (páginas 86 e 87). São os resultados dessas pesquisas que aqui são apresentados.

### 2.2.2 - Os métodos de determinação do fator K de WISCHMEIER

#### 2.2.2.1 - Método das parcelas com chuvas naturais

É o método que apresenta maior validade. Mede-se a perda em solo de uma parcela-padrão de 22,1 m de comprimento e 9% de declividade, mantida continuamente descoberta e preparada com faixa reta arada no sentido do declive, com uma aração cada vez que houver novos rebentos da vegetação ou quando a camada superficial formada necessitar disso.

Sabendo-se que  $K = \frac{E \text{ (perdas em terra)}}{R \text{ (fator erosividade)}}$  e conhecendo-se

R, calcula-se o fator K, que, neste caso, é um valor quantitativo determinado experimentalmente e que pode variar de 0 a 1, mas que, para a maioria dos solos conhecidos, situa-se entre 0,01 e 0,7.

Os valores de K médio anual com vários anos de medições são praticamente inexistentes no Nordeste. Pode-se citar, apenas, o solo Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico de Glória de Goitá (PE) (K = 0,14 com 5 anos de dados) (CAMPOS FILHO, 1983) e o solo Litólico de Caruaru (PE) (K = 0,08) (I.P.A. relatórios 1977 e 1978). As outras medições são com um ano de dados comprovados. Além disso, deve-se precisar que todas as parcelas não têm o tamanho da parcela-padrão de WISCHMEIER. A única parcela-padrão verdadeira do Nordeste foi instalada na bacia experimental de Sumé (PB), onde se trabalha com a SUDENE desde 1982 (ver anexo 7 e 10).

#### 2.2.2.2 - Método com chuvas simuladas

O princípio é o mesmo do método precedente, só que a perda em solo é provocada por um simulador de chuvas e o tamanho das parcelas é menor (11 m x 3,5 m). O número de dados de K com solos diferentes é maior (Convênios SUDENE/C.C.A. Areia (PB) e CNPq"FCFC-SUDENE-UFCE), mas as flutuações dos valores de K em um determinado solo devido ao tratamento inicial do mesmo e às variações da intensidade das chuvas simuladas, dificultam a obtenção de médias corretas.

#### 2.2.2.3 - Método do nomógrafo

Esse método de determinação rápida de K foi estabelecido por WISCHMEIER *et alii* (1971) a partir de uma equação empírica levando em conta cinco parâmetros analíticos (granulometria, matéria orgânica, estrutura e permeabilidade). Trata-se de um abaco (relatório anexo 2, p.26) composto de dois diagramas que dão, diretamente, a valiação do K.

Existem bastante determinações do fator K dos principais tipos de solos do Nordeste feitas por esse método (C.C.A. de Areia, relatório, 1980; SILVA *et alii*, 1982 etc). Infelizmente, além de ser o método menos preciso, ele nunca foi testado nas condições brasileiras, e por esta razão, é criticado por muitos pesquisadores.

#### 2.2.2.4 - Valores médios das determinações do fator K

Mediante a coleta que foi feita de todas as medidas do fator erodibilidade K no Nordeste, qualquer que seja o método, pode-se agrupar os resultados do seguinte modo:

Susceptibilidade à erosão: - fraca:  $K < 0,1 = AQ, LA$   
 - fraca a média:  $0,1 < K < 0,3 = RE, Re, V, Nc, PV$   
 - média a forte:  $0,3 < K < 0,5 = TR, PL$

- forte:  $K > 0,5 = SS$ .

### 2.2.3 - Métodos indiretos da estimação da erodibilidade do solo

#### 2.2.3.1 - Exame do grau de flocculação e estudo das relações com outros parâmetros

Logicamente, pode-se pensar que a erodibilidade de um solo está em função de sua estabilidade estrutural. Com efeito, no caso da erosão laminar, há destruição dos agregados pela energia cinética das gotas de chuva, dissociação dos componentes granulométricos e separação das partículas de argila, silte e areia. Quanto maior for a estabilidade dos agregados, maior será a resistência à erosão e, conseqüentemente, menor será o fator erodibilidade do solo.

Existem vários testes de determinação da estabilidade ou da instabilidade estrutural ou grau de flocculação e dispersão de um solo (TIULIN, 1927; MIDDLETON, 1930; BAVER e RHOADES NAGELER, 1932; BOTELHO DA COSTA *et alii*, 1943; HENIN e MONNIER, 1956... etc). Os últimos autores ligaram a instabilidade estrutural ( $\log 10 I_s$ ) à permeabilidade ( $\log 10 K$ ) e descobriram que os valores de todos os solos analisados situam-se ao longo de uma reta, e que os valores de  $I_s$  e de  $K$  variam no sentido contrário, isto é, quando  $I_s$  cresce,  $K$  desce, e vice-versa, o que se pode entender facilmente quando se sabe que a destruição da estrutura provoca a colmatagem da porosidade e a diminuição da infiltração. Na África QUANTIN e COMBEAU (1962) conseguiram estabelecer boas relações entre a erosão  $E$  em t/ha e o índice  $I_s$  ( $E = 4,9 \log 10 I_s - 0,5$ ) o que significa que a erosão está estreitamente ligada à instabilidade estrutural e que aquela cresce com esta.

Tenta-se, com a determinação do grau de flocculação utilizada no Brasil (VAGELER, 1932; VETTORI, 1969; EMBRAPA, 1979):

- calcular suas médias e desvios-padrões,
- correlacioná-la com o teor de argila granulométrica, com a soma das bases trocáveis  $S$  e com o teor em  $Ca^{++}$  trocável.

Os valores do grau de flocculação dos horizontes  $A_1$  e  $B$  dos principais solos do Nordeste, e os valores de alguns parâmetros dos Latossolos Vermelhos Amarelos (LA); Podzólicos Vermelhos Amarelos (PVA); Podzólicos V.A. Equivalente Eutróficos (PE); Bruno-Não-Cálcicos (NC) e Planossolos (PL), foram coletados nos relatórios de levantamentos exploratórios dos Estados do Nordeste (BRASIL, 1971, 1972, 1973; EMBRAPA, 1975, 1976, 1977 e 1979).

Os diferentes valores do grau de flocculação estão colocados na tabela 2.2.3.1.1. A partir desses resultados pôde-se esta-

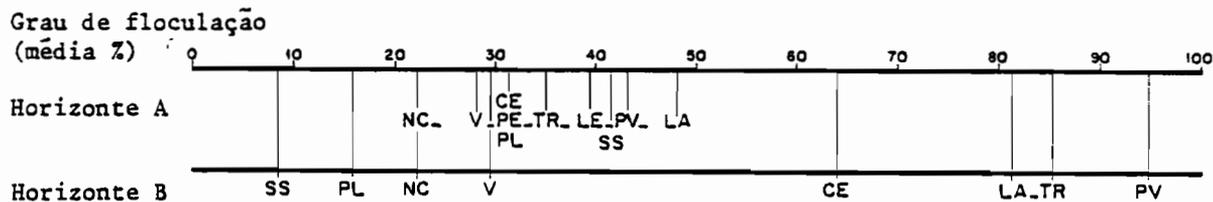
Tabela 2.2.3.1.1 - Valores do grau de flocculação dos grandes grupos de solos do Nordeste.

S O L O S	TEXTURA	HORIZONTE	MÉDIA	Desvio padrão	Número de Amostras
Latosolos V.A. (LA)	Média (zona úmida)	A1	45,8	19,9	14
		B2	71,1	30,8	13
	Argilosa (zona úmida)	A1	61,9	18,1	24
		B2	89,6	23,1	23
	Argilosa (zona seca)	A1	45,3	10,5	13
		B2	92,4	16,9	12
	Média (zona seca)	A1	39,4	15,4	36
		B2	80,6	26,2	30
Latosolos Vermelhos Escuros (LE)	-	A1	40,0	17,5	08
		B22	100,0	0,0	08
Podzólicos V.A. Equivalente Eutróficos (PE)	Argilosa	A11	28,1	13,8	42
		B22	80,7	28,8	40
	Média/argilosa	A11	32,1	13,8	35
		B22	63,6	33,8	35
	Média	A11	33,5	18,6	30
		B22	58,6	33,5	29
	Arenosa/Média	A11	31,0	12,9	12
		B22	67,2	35,7	12
Podzólicos V.A. (PV)	Média/Argilosa	A1	43,8	26,9	19
		B22	96,5	9,0	19
	Argilosa	A1	39,6	20,2	12
		B22	91,1	17,5	12
Cambissolos (CE)	-	A1	32,3	14,6	19
		B2	64,4	35,3	18
Terra Roxa (TR)	-	A1	33,7	11,1	15
		B22	86,2	27,8	15
Brunos Não Cálcicos (NC)	-	A11	23,7	15,6	40
		B22	22,4	13,4	39
Vertissolos (V)	-	A1	28,4	19,1	34
		C2	28,7	25,4	30
Planossolos (PL)	-	A1	29,8	19,8	35
		Bt	14,3	15,4	30
Solonetz solo-dizados (SS)	-	A1	40,7	18,7	24
		B22	7,8	7,9	22

Tabela 2.2.3.1.2 - Classificação das médias do grau de floculação dos solos do Nordeste.

Solos	Horizonte A	Ordem	Horizonte B	Ordem
LA	48	1	83	4
LE	40	4	100	1
PE	31	7	67	5
PV	42	2	94	2
CE	32	6	64	6
TR	34	5	86	3
NC	24	10	22	8
V	28	9	29	7
PL	30	8	14	9
SS	41	3	8	10

Tabela 2.2.3.1.3 - Escala dos valores médios do grau de floculação dos solos do Nordeste.



belecer a tabela 2.2.3.1.2, onde se ordenou as classes de solo em função dos valores decrescentes de seu grau de flocculação e dispor esses valores numa escala (tabela 2.2.3.1.3).

Do exame dessas tabelas e figura sobressaem-se os seguintes pontos:

- a nítida diferença entre o grau de flocculação dos horizontes A e B, e, particularmente, no caso dos solos profundos como LE e PE. Enquanto os valores dos horizontes A estão bem agrupados (de 24 a 48%), os dos horizontes B estão muito mais dispersos (de 8 a 100%). *Por conseguinte os horizontes A são pouco resistentes à água e os horizontes B bem mais resistentes, pois mais agregativos;*
- a boa estabilidade estrutural, tanto no horizonte A como também no B dos solos profundos, intemperizados, caolínicos (LE, PV, LA, PE, TR), em relação com os solos mais rasos, mais ricos, montmoriloníticos (V, NC, PL, SS);
- os baixos valores do grau de flocculação dos horizontes B dos solos com caráter halomórfico (SS, PL) devido à ação degradante do íon sódio sobre a estrutura e, assim, a forte diferença de comportamento dos Solonetz Solidizados (SS) em face da água. A relativa boa agregação do horizonte superficial (41%) desse solo torna-se ruim no B (8%);
- a diferença de comportamento dos horizontes em relação à água numa mesma classe de solos, os Latossolos V.A., segundo a textura e as condições climatoecológicas (Mata úmida ou Sertão seco). A tabela 2.2.3.1.4 tirada da tabela 2.2.3.1.1 mais acima permite destacar:
  - . que os Latossolos com textura argilosa têm melhor flocculação,
  - . que os horizontes A da zona seca apresentam menor resistência à água do que os da zona úmida, mas, no caso dos horizontes B, é o contrário que acontece, consequentemente, isto evidencia a *maior fragilidade superficial* dos Latossolos da zona semi-árida, que nessa altura estão em via de exploração intensiva no Maranhão, no Piauí e na Bahia.

Tabela 2.2.3.1.4 - Valores médios do grau de flocculação dos Latossolos

Horizonte	Zona	Textura média	Textura argilosa
A <sub>1</sub>	Seca	39	45
	Úmida	46	62
B <sub>22</sub>	Seca	80	92
	Úmida	71	89

Por outro lado foram tentadas as correlações entre o grau de floculação e as diversas determinações seguintes:

- *teor de argila granulométrica* (Fig. 2.2.3.1.1, 2.2.3.1.2 e 2.2.3.1.3). A forma das nuvens de pontos para os solos LVA, PE, PVA, NC e PL indicam que não há correlação, significando que o grau de floculação é independente do teor de argila. As áreas de distribuição dos valores dos horizontes A e B estão bem separados, sendo os horizontes A menos argilosos do que os horizontes B. Estes últimos dos solos profundos (LA, PVA, PE), têm valores máximos de floculação (100%) para valores de argila muito diferentes (de 16 a 70% nos LA e de 14 a 72% nos PE), enquanto que em solos rasos (NC, PL) os valores do grau de floculação são baixos quaisquer que sejam as percentagens de argila.

O caso dos Planossolos é interessante pois é o único exemplo onde o grau de floculação diminui quando o teor de argila cresce. Tem que se ver aqui o papel desfavorável do sódio sobre a estabilidade dos agregados nos horizontes B sódicos desse tipo de solo.

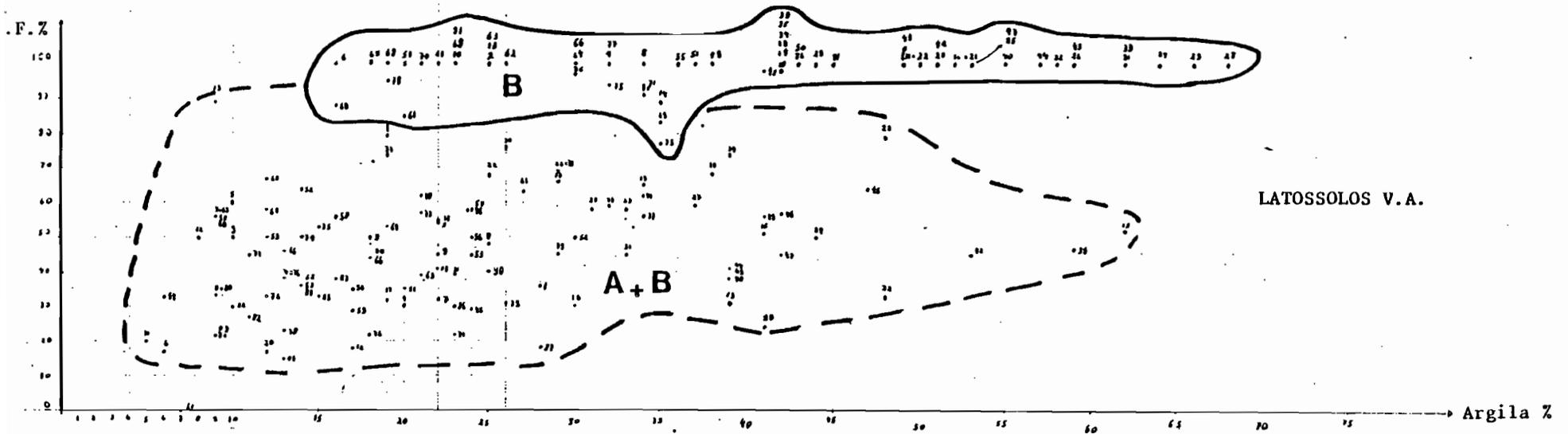
- *a soma das bases trocáveis S* (Fig. 2.2.3.1.4, 2.2.3.1.5 e 2.2.3.1.6). A forma das nuvens de pontos mostra que não há correlação, o que significa que o grau de floculação é independente do valor da soma das bases. Os solos profundos (LA, PVA, PE) têm valores máximos de agregação (100%) qualquer que seja o valor de S (se 0,2 a 5,5 meq nos LA e de 0,4 a 10 meq nos PVA) o que separa bem esses valores de B seja dos de A seja de uma mistura de valores de A+B.

O diagrama de distribuição dos Planossolos indica uma tendência esquisita: quanto mais cresce a riqueza em cátions, menor é o grau de floculação. Também aqui convém ver a degradação da estrutura pelos íons sódio, cuja quantidade é grande neste tipo de horizonte sódico.

- *o teor em  $Ca^{++}$*  (Fig. 2.2.3.1.7, 2.2.3.1.8 e 2.2.3.1.9). Da forma da distribuição dos pontos pode-se notar que não há correlação: a agregação do solo não depende do teor em cálcio. No caso dos Planossolos as populações de A e B são misturadas e o grau de floculação diminui à medida que o valor de Ca cresce. Como conclusão dessa tentativa de correlação pode-se resumir que:

- as quantidades de argila, de cátions trocáveis e, em particular, do cálcio não têm uma influência positiva sobre a floculação dos agregados, e mesmo às vezes é o contrário que ocorre;
- os horizontes B dos solos caolínicos profundos (LA, PVA, PE) que contêm hidróxidos de alumínio e ferro resistem melhor do que os horizontes superficiais que contêm sobretudo a matéria orgânica;

Figura 2.2.3.1.1 - Distribuição do grau de flocculação em função do teor de argila granulométrica.



38

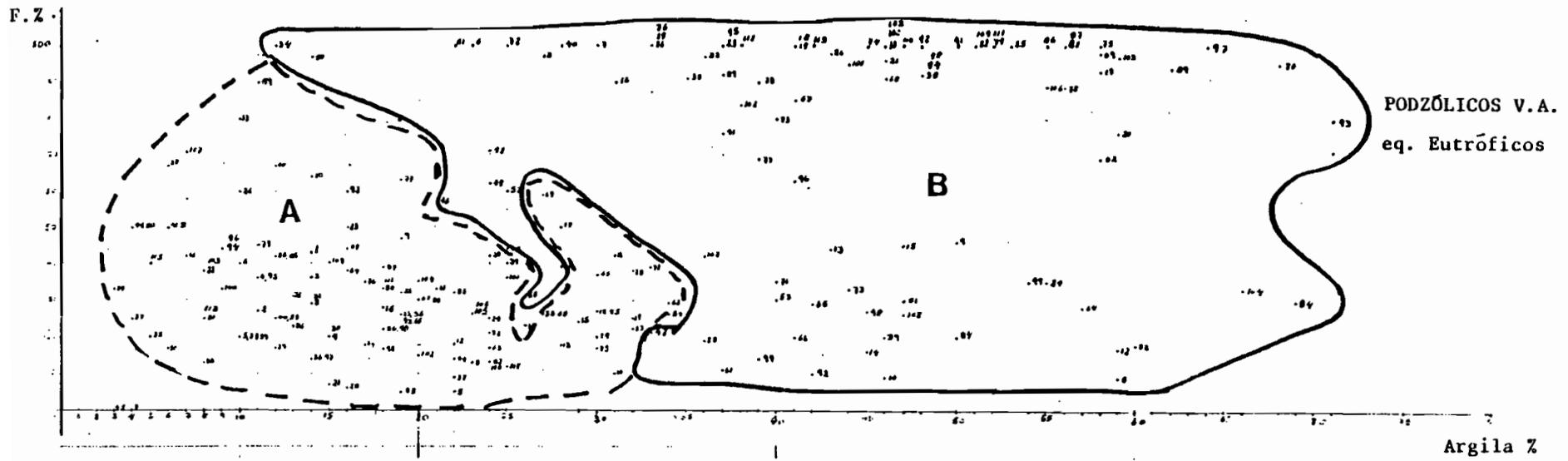


Figura 2.2.3.1.2 - Distribuição do grau de flocculação em função do teor de argila granulométrica.

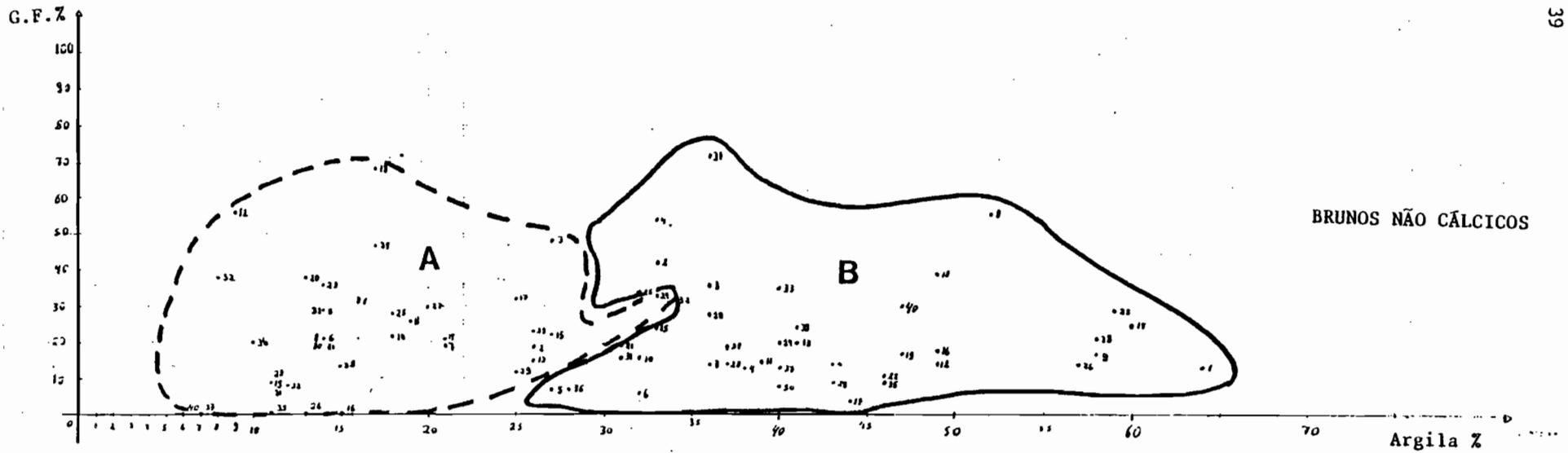
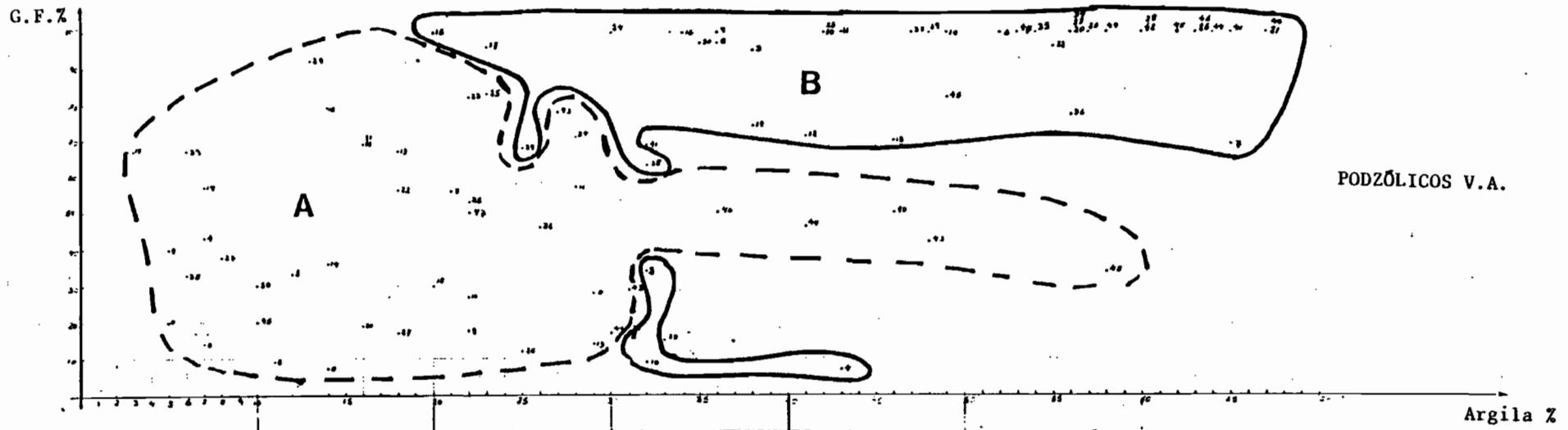


Figura 2.2.3.1.3 - Distribuição do grau de flocculação em função do teor de argila granulométrica.

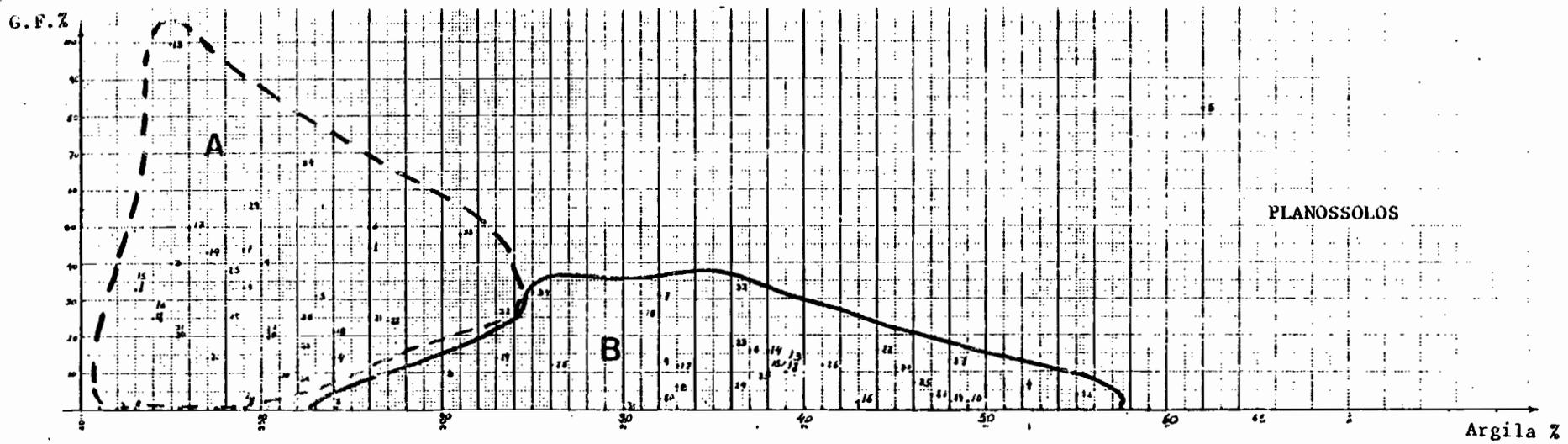


Figura 2.2.3.1.4 - Distribuição do grau de flocculação em função da soma das bases trocáveis nos horizontes A<sub>1</sub> e B.

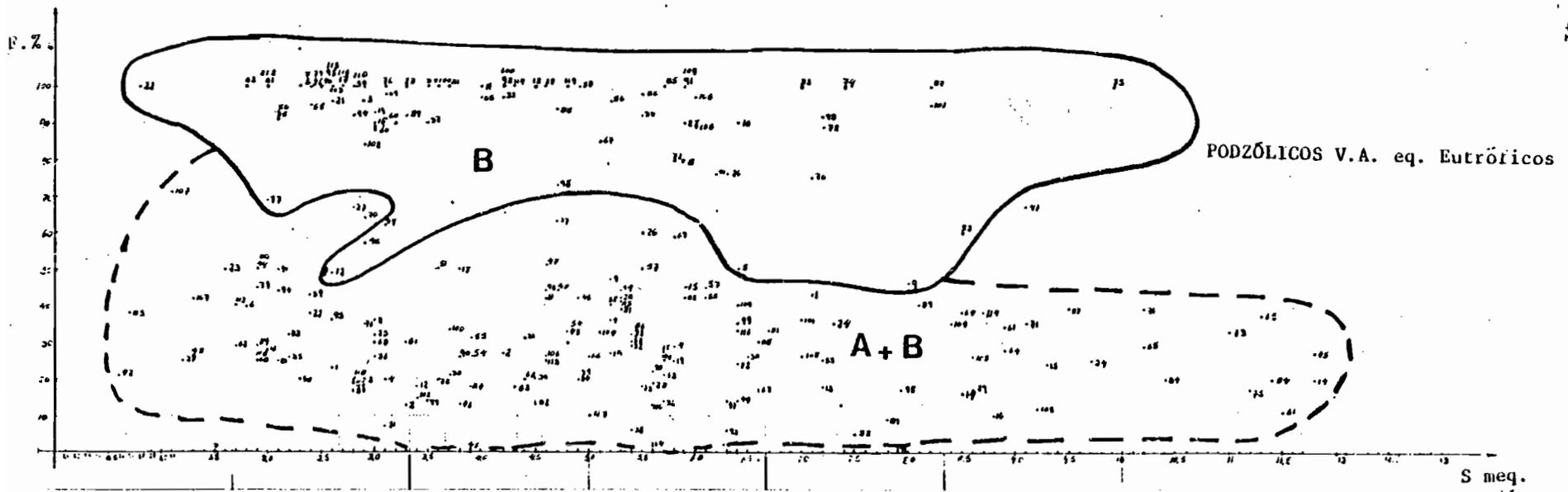
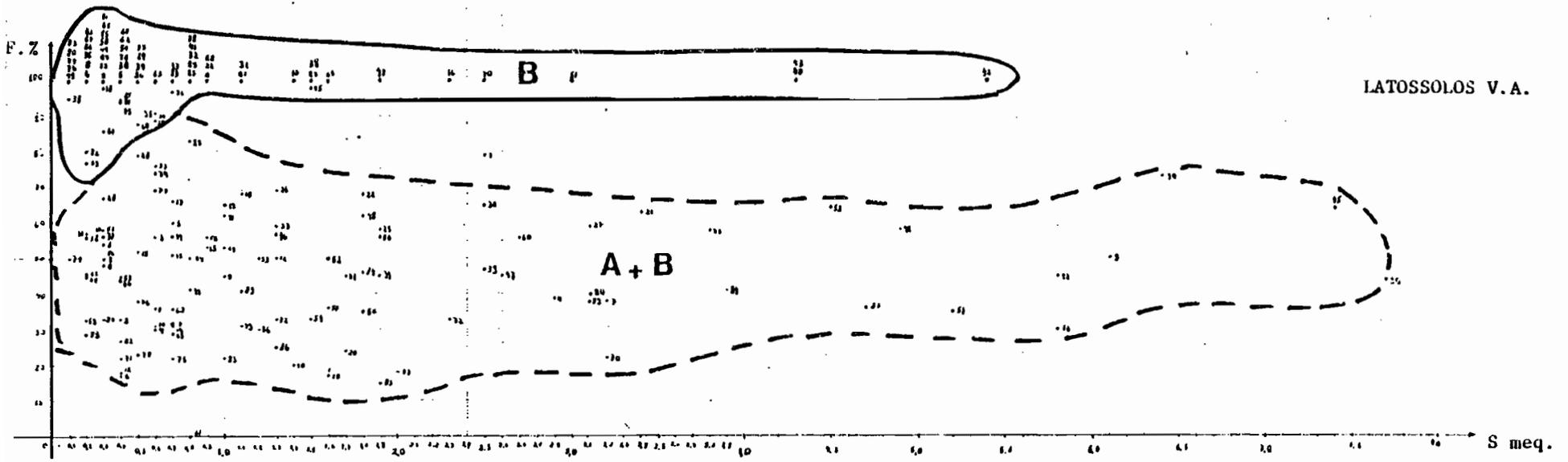


Figura 2.2.3.1.5 - Distribuição do grau de flocculação em função da soma das bases trocáveis nos horizontes A<sub>1</sub> e B.

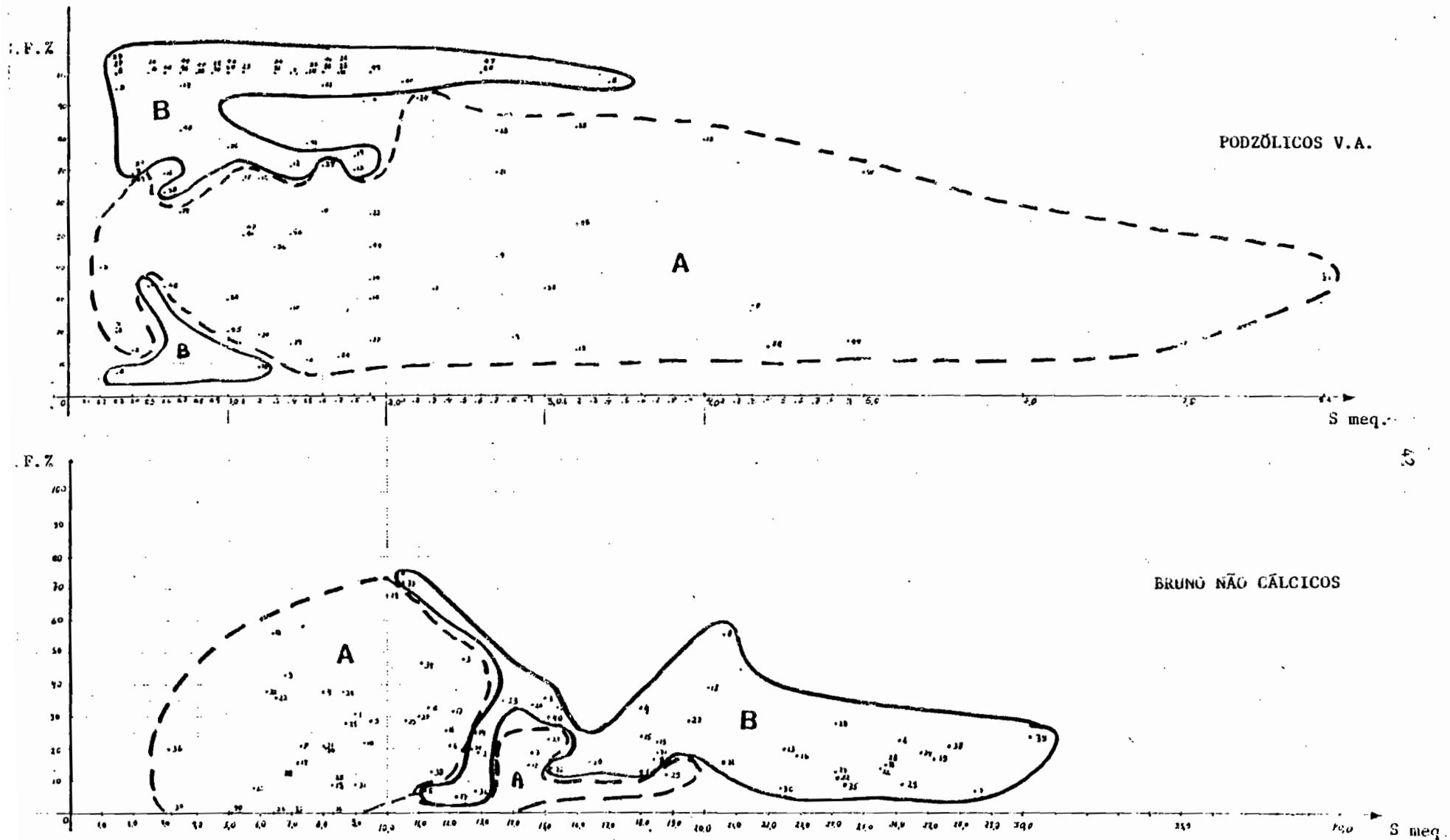


Figura 2.2.3.1.6 - Distribuição do grau de flocculação em função da soma das bases trocáveis nos horizontes A<sub>1</sub> e B.

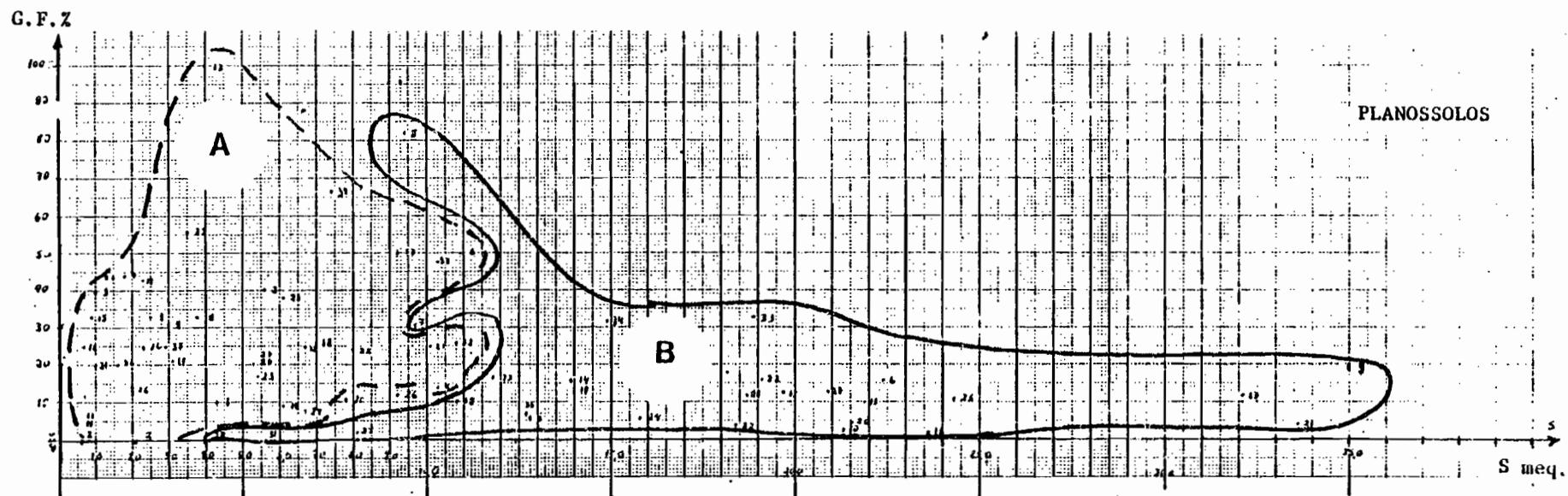


Figura 2.2.3.1.7 - Distribuição do grau de flocculação em função do teor em Ca trocável nos horizontes A<sub>1</sub> e B.

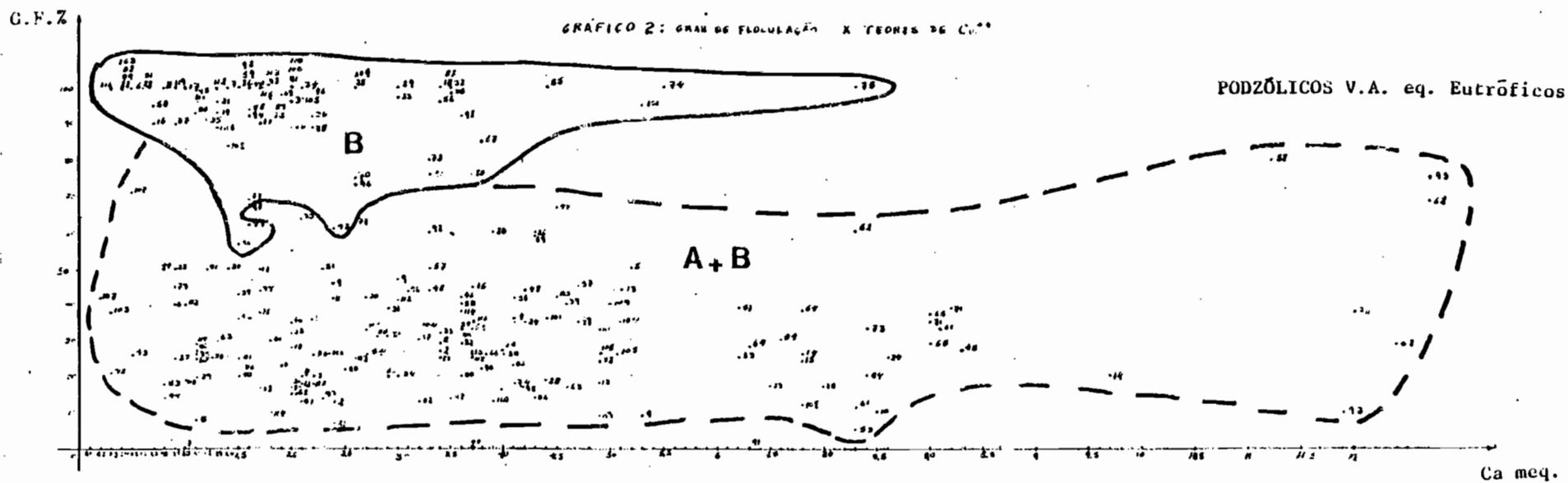
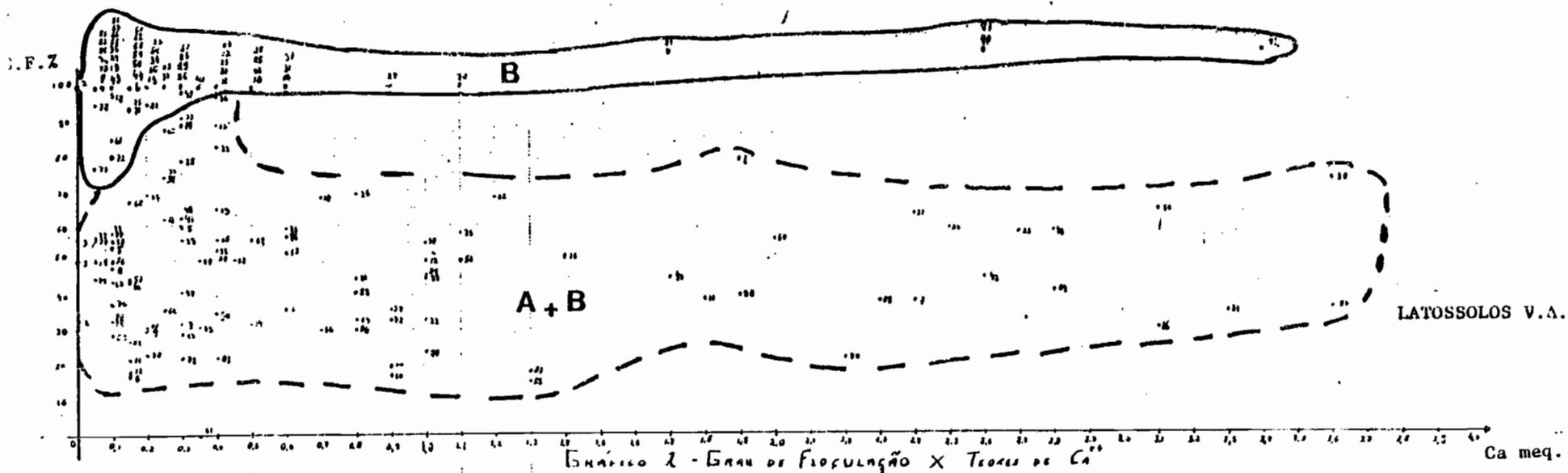


Figura 2.2.3.1.8 - Distribuição do grau de flocculação em função do teor em Ca trocável nos horizontes A<sub>1</sub> e B.

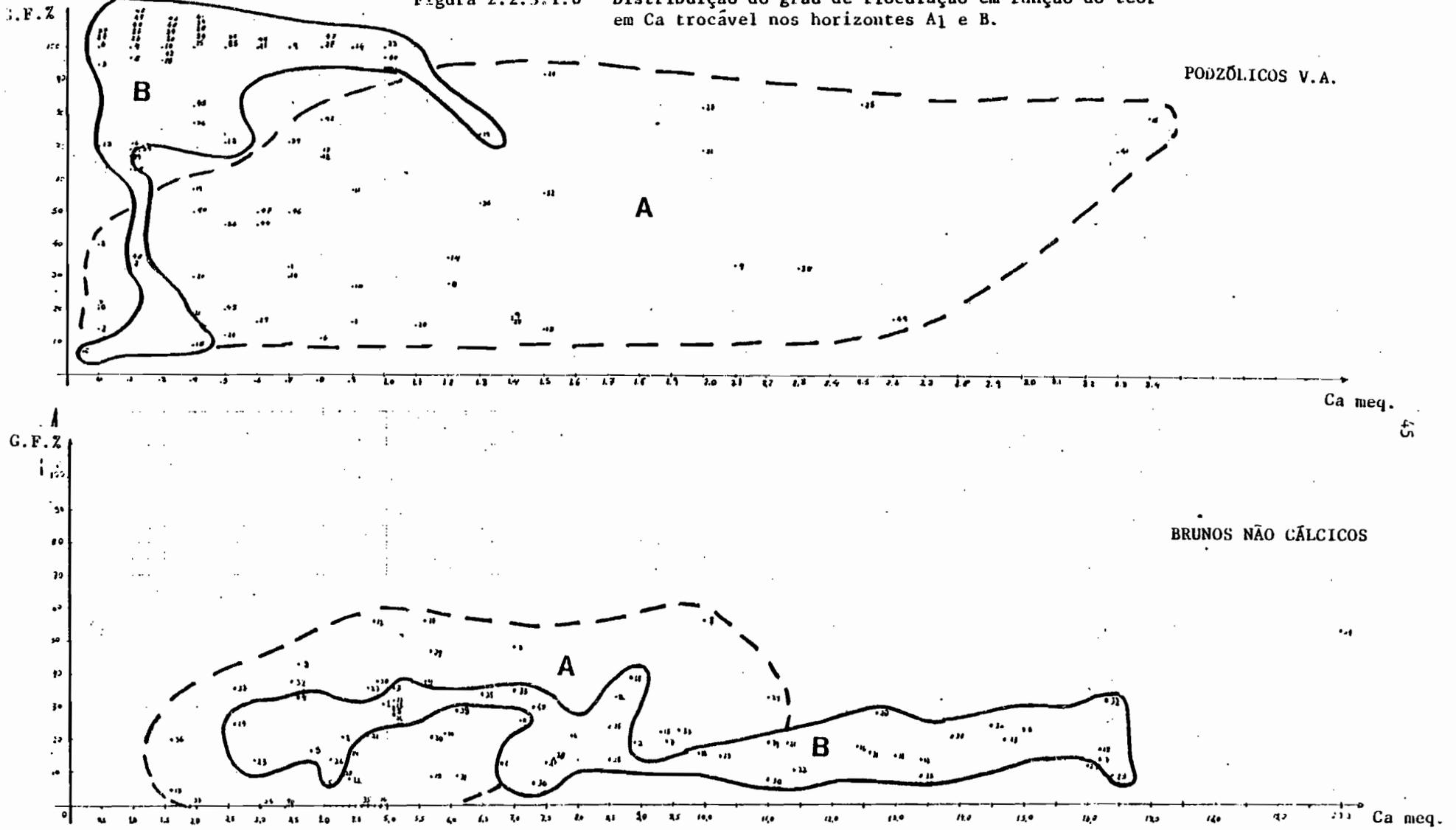
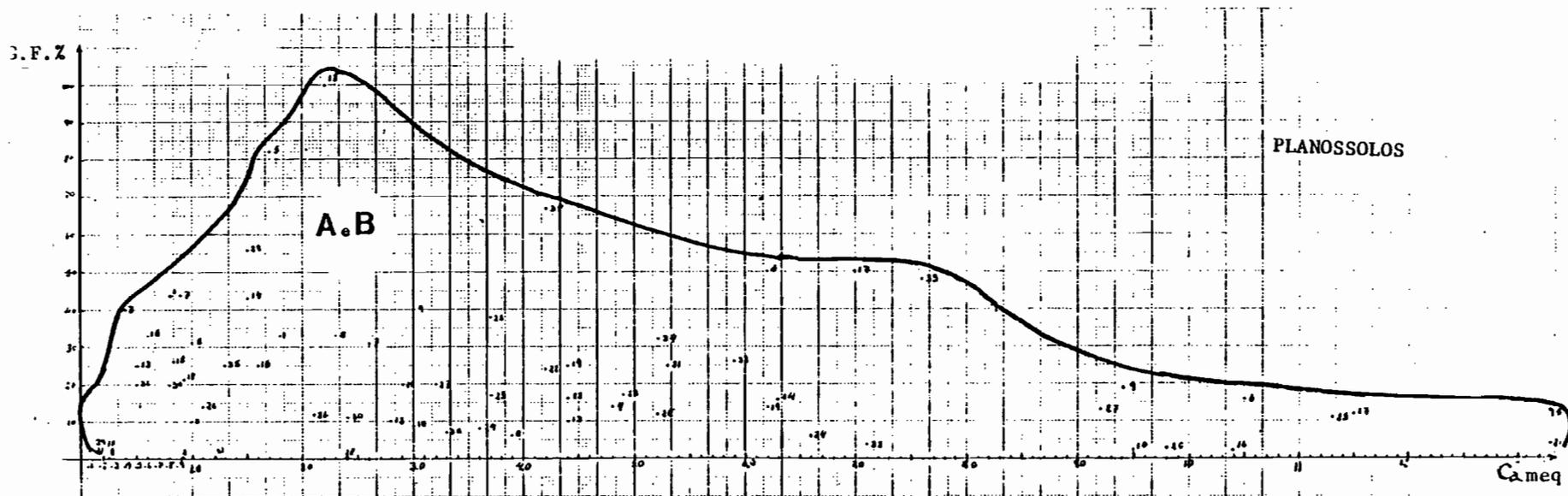


Figura 2.2.3.1.9 - Distribuição do grau de flocculação em função do teor em Ca trocável nos horizontes A<sub>1</sub> e B.



- a separação das populações dos pontos dos horizontes A e B dos solos profundos prova que há descontinuidade de comportamento em face da água ao nível desse limite de horizontes, e que os processos erosivos hídricos podem aproveitar dessa descontinuidade para se manifestar de modo diferente no horizonte superficial mais frágil do que na profundidade mais resistente;
- a importância do íon sódico na instabilidade dos horizontes B halomórficos.

De tudo isso convém ressaltar o caráter não conforme da estabilidade estrutural dos solos do Nordeste que não está ligado aos parâmetros como argila e teor em cálcio, o que se verifica habitualmente. A análise das razões e consequências desse fato, que diz respeito à erodibilidade, será feita mais adiante.

#### 2.2.3.2 - Determinação da permeabilidade

Um outro meio de apreciar a erodibilidade dos solos é a avaliação da sua permeabilidade. Com efeito, quanto mais elevada é a velocidade de infiltração da água de chuva no solo, mais diminuem as possibilidades do escoamento superficial e, conseqüentemente, o risco do arrastamento do horizonte A do solo.

Já existe um número bastante elevado de medições da permeabilidade dos solos do Nordeste (relatórios dos Convênios, e em particular C.C.A. de Areia (PB), 1982, trabalhos científicos publicados, etc.). O método de medição mais utilizado é o de MUNTZ dos cilindros infiltrantes duplos concêntricos, mas há também medições com simulador de chuva ou tiradas dos dados de perdas em água com parcelas sob chuva natural. Além disso, em colaboração com o setor das bacias hidrologicas representativas do D.R.N. da SUDENE, foram realizadas séries de medições tipo MUNTZ sob os principais tipos de solos do Nordeste (LEPRUN et alii, 1983, anexo 6).

A partir da coleta de todas as medidas disponíveis, a tabela 2.2.3.2.1 das permeabilidades médias dos solos do Nordeste foi estabelecida e a escala dos valores médios colocada na tabela 2.2.3.2.2.

É interessante observar a boa concordância dessa escala com a dos valores médios do grau de flocculação (tab. 2.2.3.1.3). Nos dois casos os solos profundos caolínicos muito intemperizados têm melhor comportamento, isto é, menor erodibilidade do que os solos mais rasos, com argila 2/1.

#### 2.2.3.3 - Observações no campo

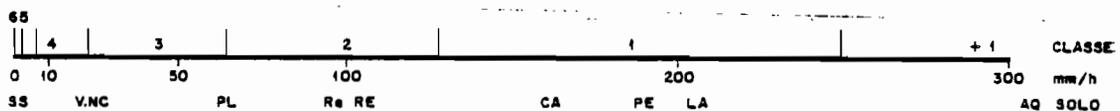
Essas observações constituem estimativas qualitativas diretas da erodibilidade. Trata-se: - do exame das manifestações e-

Tabela 2.2.3.2.1 - Permeabilidade média dos diferentes solos do Nordeste.

S O L O S	DADOS DOS ESTUDOS DAS BA- CIAS				TODOS DADOS JUNTOS (5)
	% área (1)	(mm/h) (2)	(3)	Classe (4)	Classe (4)
Latossolo (LA)	34,4	170	-	1	rápida a muito rápida
Podzólico V.A. eq. Eut. (PE)	11,7	181	135	1	moderada a rápida
Podzólico V.A. (PVA)	4,8	-	-	-	moderada a rápida
Cambissolo (CE)	3,2	213	-	1	moderada a rápida
Terra Roxa (TR)	-	-	-	-	rápida
Litólico (RE)	11,3	84	44	2	lenta a moderada
Regossolo (Re)	1,7	92	40	2	lenta a moderada
Bruno Não Cálculo (NC)	6,5	32	9	3	lenta a moderada
Vertissolo (V)	0,2	24	-	3	muito lenta a moderada
Planossolo (PL)	4,1	94	60	2	moderada a lenta
Solonetz (SS)	1,1	8	-	4	muito lenta a lenta
Areia Quartzosa (AQ)	11,1	426	-	+1	muito rápida

- (1) Em porcentagem da superfície do Nordeste.  
 (2) Valor médio.  
 (3) Desvio-padrão. Falta quando o número de dados for fraco.  
 (4) Classe segundo a ordem seguinte: +1 muito rápida (> 254 mm/h).  
 1 = rápida (entre 127 - 254 mm/h). 2 = moderada a rápida (entre 63,5 e 127 mm/h). 3 = moderada (entre 20,3 e 63,5 mm/h). 4 = lenta a moderada (entre 5,0 e 20,3 mm/h). 5 = lenta (entre 1,3 e 5,0 mm/h). 6 = muito lenta (< 1,3 mm/h).  
 (5) Dados tirados da literatura.

Tabela 2.2.3.2.2 - Escala dos valores médios da permeabilidade dos solos do Nordeste



rosivas sob os diferentes solos, nas diferentes condições oferecidas pelo campo;

- da comparação do caráter barrento das águas de escoamento provenientes de diferentes solos e que enchem os açudes. Aproveitando de numerosas viagens durante a estação chuvosa e de visitas e trabalhos nas bacias hidrológicas da SUDENE, observou-se os sedimentos das cheias e o comportamento dos solos.

Estas observações permitem constituir os grupos seguintes:

- Solos com susceptibilidade à erosão elevada: PE, CE, TR, PL, SS, solos indiscriminados concrecionados e lateríticos.
- Solos com susceptibilidade à erosão média: NC, PV, V, LE, Re.
- Solos com susceptibilidade à erosão fraca: LA, AQ, RE, Rendzinas, solos Aluviais.

#### 2.2.3.4 - Exame microscópico de lâminas delgadas da superfície dos solos

*Objetivo:* examinar in situ a estrutura microscópica dos primeiros centímetros da superfície dos solos antes e depois da chuva: modo de reunião dos agregados, juntura dos constituintes granulométricos, dispersão e perturbação dos mesmos, para poder entender e explicar o mecanismo mais íntimo dos processos de erosão.

*Material e método:* o método de análise e exame que se chama de micromorfologia de BREWER (1964) é usado em conservação de solos para observar as minúsculas organizações, sobretudo das películas e crostas superficiais (LEMONS e LUTZ, 1957; ROSE, 1961; EWANS e BUOL, 1968, BURWELL et alii, 1966) e, em particular, nas zonas semi-áridas da África (LEPRUN, 1978 e 1979; VALENTIN, 1981). Para poder coletar, no campo, amostras com estrutura não deformada muito frágeis da superfície, foi utilizado o método de impregnação usando o acetato de celulose (LEPRUN, 1978). Após endurecimento a amostra pode ser facilmente transportada e impregnada com a resina no laboratório. Em seguida, a técnica de fabricação da lâmina é a mesma que a das lâminas petrográficas: polimento até 30 microns e montagem sobre vidro (CARNEIRO, et alii, 1977).

Foram executadas lâminas dos solos seguintes: Latossolos V.A., TR, PE, NC, PL, SS com diferentes tratamentos (solo nu, sob vegetação natural, com diversos tipos de preparo... etc.).

*Resultados e discussão:* do exame microscópico detalhado das lâminas pode-se notar:

- a raridade das formações de crostas e películas superficiais

endurecidas e impermeáveis em relação com a generalidade do fenómeno na África seca nas condições climáticas semelhantes. Foi observada somente a presença de crostas finas sobre os Latossolos V.A. bastante arenosos das zonas sedimentares do Piauí e da Bahia. Como no caso da África a constituição dessa crosta provém da destruição dos agregados mais frágeis pela chuva, da dispersão e da sedimentação em camadas finas sucessivas de alguns microns de espessura, de argila, silte e areia fina. A seca devido à evaporação leva à impermeabilização do conjunto como acontece com as telhas de um teto;

- *bastante casos de endurecimento* superficial após erosão laminar, sem formação de película. Trata-se de uma compactação da massa, de 1 a 5 cm superficiais de solo, por colmatagem dos poros pela cimentação das partículas granulométricas entre si. É o caso dos solos TR, PVA, PE, SS cultivados e das parcelas de erosão mantidas descobertas;
- *a forte resistência* dos agregados à destruição pela água do horizonte superficial dos solos montmoriloníticos: NC, CE, V, Rendzinas e SS e dos horizontes B dos solos caolínicos: PVA, PE e sobretudo LA argilosos. Os agregados destes horizontes podem sofrer arrastamento e transporte pela água, bastante importantes, sem se destruir. O exame das lâminas dos sedimentos provenientes destes horizontes e transportados no leito dos riachos prova esse fato.

Em conclusão, *não se deve ligar necessariamente erosão, arrastamento e destruição dos agregados e da estrutura.*

#### 2.2.4 - Síntese da erodibilidade hídrica dos solos do Nordeste e estabelecimento do mapa

A partir de tudo o que precede: avaliação e estimação quantitativa e qualitativa, direta e indireta da susceptibilidade à erosão dos solos do Nordeste, é possível constituir uma classificação relativa em 3 partes dessa erodibilidade:

- *erodibilidade fraca*: Latossolos Amarelos, Vermelhos Amarelos, V.A. distróficos, Solonchak e solos salinos costeiros, solos Litólicos, solos Aluviais, Areias Quartzosas continentais e marinhas, solos Hidromórficos, Podzols;
- *erodibilidade moderada*: Latossolos V. Escuros, Podzólicos V.A., solos Bruno Não Cálcidos, Cambissolos, Brunizems, Vertissolos, Rendzinas, solos calcimórficos indiscriminados, Regossolos, solos indiscriminados concrecionários e Lateritas;
- *erodibilidade elevada*: Podzólicos V.A. Equivalentes Eutróficos, Terras Roxas, Planossolos, Solonetz solodizados.

Essa classificação é, obrigatoriamente, arbitrária devido à variabilidade das características superficiais dentro de um mesmo grupo de solos, à variabilidade das medidas da erodibilidade, à subjetividade das estimações da susceptibilidade à erosão dos solos, à complexidade da noção de erodibilidade que foi retida para o estabelecimento do mapa de síntese da erodibilidade dos solos do Nordeste à escala de 5.000.000 (Anexo 12).

Dispos-se dos conselhos e informações dos pedólogos da SUDENE: V. de A. BELTRÃO, J.M. GOMES, J.G. REIS e J.B.M. SAMPAIO e dos documentos de mapeamento seguintes: o mapa pedológico à escala de 5.000.000 (SAMPAIO, REIS e BELTRÃO, atlas dos recursos naturais, DRN, SUDENE, 1973); o mesmo, mas revisado em 1979; o mapa de solos à escala de 2.500.000 (SUDENE, DRN, GEOTÉCNICA, 1977-1979); o mapa de capacidade de uso das terras 1ª aproximação (DRN-RR-SUDENE, 1974, série edofologia nº 4); o mapa dos solos do Estado do Piauí, na escala de 1.000.000 (EMBRAPA, 1983, no prelo), etc.

O exame do mapa de síntese da erodibilidade indica que as áreas de erodibilidade forte são todas situadas no embasamento cristalino, que desenvolve solos pouco profundos, com clima semi-árido com pluviometria média anual variando de 400 a 800 mm. A planimetria das diferentes áreas dá cerca de 11,0% da superfície total do Nordeste com erodibilidade forte, 59,4% com erodibilidade moderada e 29,5% com erodibilidade fraca. As áreas de forte erodibilidade são localizadas principalmente nos Estados do Ceará e da Bahia. Para concretizar melhor o papel da erodibilidade dos solos na erosão, são apresentados no quadro 2.2.4.1 os valores calculados da previsão da erosão segundo a equação de WISCHMEIER. É a perda em solo média anual em t/ha de uma parcela-padrão de 22,1 m de comprimento, de 9% de declividade, mantida descoberta e arada no sentido do declive, isto é, é a erosão máxima que se manifesta. Os valores da erosividade R escolhidos são os da zona do Sertão seco e da zona do Agreste (R = 250), da zona do Sertão úmido e da Mata costeira (R = 500), e da Mata litoral e da transição ao Amazonas (R = 1.000).

Os valores de K correspondem aos valores mínimos e máximos encontrados.

2.2.4.1 - Erosão estimada em t/ha/ano com diferentes solos do Nordeste segundo a equação de WISCHMEIER (caso da parcela-padrão).

R	K	AQ	LA	PV	PE	TR	CE	V	NC	RE	Re	PL	SS
250	Mínimo	0,01	2,5	12,5	2,5	37,5	25	12,5	5	12,5	25	50	87,5
	Máximo	0,5	25	50	62,5	87,5	75	50	62,5	37,5	50	100	125
500	Mínimo	0,05	5	25	50	75	50	25	10	25	50	100	175
	Máximo	1,0	50	100	125	175	150	100	125	75	100	200	250
1.000	Mínimo	0,1	10	50	100	150	100	50	20	50	100	200	350
	Máximo	2,0	100	200	250	350	300	200	250	150	200	400	500

R = erosividade das chuvas, K = erodibilidade do solo, AQ = Areias Quartzosas, LA = Latossolos, PV = Podzólicos V.A., PE = Podzólicos V.A. eq. eutrófico, TR = Terras Roxas, CE = Cambissolos, V = Vertissolos, NC = solos Bruno-Não-Cálcicos, RE = Litólicos, Re = Regossolos, PL = Planossolos SS = Solonetz solodizados.

## 2.3 - FATOR TOPOGRÁFICO: RELEVO E DECLIVIDADE DO NORDESTE

### 2.3.1 - Introdução

O fator topográfico engloba o fator L comprimento de rampa e o fator S declividade. Na equação de WISCHMEIER o fator LS é igual a 1 quando as condições da parcela-padrão, 22,1m de comprimento e 9% de declividade, estiverem reunidas. Se todas as pesquisas concordaram em provar que a perda em solo aumenta com o comprimento de rampa e o grau de declive, viu-se, porém, no relatório anexo 2, p. 37-39 (LEPRUN, 1981) que o fator LS é um dos pontos fracos da equação de WISCHMEIER.

### 2.3.2 - Determinação do fator topográfico

Os únicos dados publicados no Nordeste que dizem respeito a este fator são os de MARGOLIS e NETO (1977) no Agreste de Pernambuco, mas dão resultados contraditórios.

Daqui a 3 ou 4 anos, os dados de três parcelas da estação experimental de Alagoinhas, na zona do Agreste de Pernambuco, que funcionam através do Convênio SUDENE/UFPA-C.C.A. de Areia, vão permitir uma nova avaliação do fator LS.

### 2.3.3 - Estabelecimento do mapa de síntese do relevo e da declividade do Nordeste

No campo é sempre possível limitar o comprimento de rampa de qualquer terreno a cultivar, enquanto que é muito difícil, ou mesmo impossível, modificar o grau de declive, e sendo o papel do declive na erosão muito importante, foi levantado um mapa do relevo e da declividade.

O material utilizado e consultado foi o seguinte: o mapa das classes de relevo a 1:4.000.000 para a planificação da implantação de bacias representativas (NOUVELOT, 1974); o mapa aeronáutico a 1:1.000.000 (U.S. A.F. operational navigation chart, folhas ONC. M.27, M.28, N.28, 1963) reduzido para 1:5.000.000 por fotografia; o mapa físico 4.311 do Nordeste (Atlas nacional do Brasil - IBGE. 1971 a 1:4.000.000); a Carta do Brasil ao Milionésimo (Folhas São Luís SA.23, Fortaleza SA.24, Teresina SB.23, Jaguaribe SB.24, Paraíba SB.25, Rio São Francisco SC.23, Aracaju SC.24, Recife SC.25, Bahia SD.24); mapas estaduais: Maranhão 1:1.000.000 - 1962 - C. NG - IBGE; Piauí, 1:1.000.000 - 1967 - C. NG - IBGE; Rio Grande do Norte, 1:500.000 - 1968 - IBG - Fundação IBGE; Pernambuco, 1:600.000 - 1969 - IBG Fundação IBGE; Sergipe, 1:400.000 - 1964 - CNG - IBGE; Alagoas 1:400.000 1962 - CNG - IBGE; Bahia, 1:1.000.000 - 1966 - CNG - IBGE; mapas de solos 1:2.500.000, SUDENE - GEOTÉCNICA, 1977-1979.

As declividades médias foram determinadas a partir das curvas de nível. Após terem sido trabalhados na escala de 1:500.000 e 1:1.000.000, os documentos foram reunidos e o conjunto reduzido a 1:5.000.000 (mapa de síntese do relevo e das declividades, anexo 13).

Três classes de declividade foram escolhidas:

- classe 1 com declividade média suave inferior a 5% correspondendo a um relevo plano a suave ondulado,
- classe 2 com declividade média moderada situada entre 5 e 12% correspondendo a um relevo ondulado,
- classe 3 com declividade média forte superior a 12%, correspondendo a um relevo acidentado.

Cada uma dessas classes representa a porcentagem seguinte da superfície do Nordeste: - classe 1 : 42,5 %  
 - classe 2 : 37,0 %  
 - classe 3 : 20,5 %.

## 2.4 - FATORES USO E MANEJO E PRÁTICA CONSERVACIONISTA DOS SOLOS DO NORDESTE

### 2.4.1 - Introdução. Definições.

Trata-se dos fatores C e P da equação de WISCHEMEIER; o fator C chamado fator do uso e manejo do solo, ou também fator de cobertura vegetal, é a relação entre a erosão medida sobre a parcela-padrão usada para a determinação do fator K (mantida descoberta e arada morro-abaiixo) e uma parcela cultivada com uma determinada planta. Portanto, o fator C dá a estimativa da proteção do solo pela cobertura vegetal a partir do início do preparo do solo para o plantio, até a colheita. Os valores de C variam de 0, no caso do solo totalmente protegido, a 1 no caso da parcela-padrão mantida sem cobertura vegetal e lavrada.

Os valores do fator C determinam-se experimentalmente com parcelas sob chuvas naturais ou simuladas.

O fator P, fator de prática conservacionista, é a razão entre as perdas de terra de uma parcela cultivada com uma determinada prática e as perdas da parcela-padrão, isto é, com o preparo morro abaixo e portanto com a erosão máxima.

Os valores de P variam de 0, no caso do uso de uma prática de eficiência máxima, a 1 no caso da parcela-padrão lavrada morro abaixo.

Também é necessária a determinação experimental do fator P que é melhor obtido com terreno amplo, sob chuvas naturais, do que com parcelas pequenas ou sob chuvas simuladas.

### 2.4.2 - As determinações e trabalhos realizados

Algumas determinações dos fatores C e P obtidos no Nordeste estão

apresentadas no relatório anexo 2 (LEPRUN, 1981) páginas 62-63 e 70-71. Desde 1981 outros trabalhos foram realizados ou estão ainda em andamento neste assunto. Dentre eles os principais a destacar são os seguintes:

2.4.2.1 - Diferentes práticas conservacionistas no cultivo da mandioca no Agreste de Pernambuco (Acordo UFRPE/IPA; MARGOLIS e NETO, 1982).

O efeito de alguns sistemas tradicionais de plantio de Mandioca sobre as perdas em solo e em água e a produção foi analisado no posto Agropecuário de Glória de Goitã (PE), com parcelas de solo Podzólico V.A. Equivalente Eutrófico com 12% de declive. A pluviometria média anual é cerca de 1.200 mm. Já se sabe, graças a trabalhos anteriores sobre mesmas parcelas, realizados de 1975 a 1979 (CAMPOS FILHO, 1983) que numa parcela de tipo WISCHMEIER de 25 m de comprimento, 12% de declive, mantida descoberta e arada no sentido do declive, os dados obtidos são os seguintes: erosividade da chuva média anual R de 355; erodibilidade do solo  $K = 0,14$ ; fator topográfico  $SL = 1,7$ ; perdas em solo média anual de 81 t/ha.

Os principais resultados tirados do trabalho de MARGOLIS e NETO (1982) estão colocados na tabela 2.4.2.1.1.

A comparação dos resultados da tabela 2.4.2.1.1 permite evidenciar:

- que são as práticas com camalhão e plantio em contorno as mais eficientes. Com efeito, nesse caso, os fatores de conservação do solo de  $2.10^{-3}$  e da água de  $3.10^{-2}$  obtidos em relação às perdas alcançadas com o mesmo tratamento mas orientado no sentido do declive, são extremamente eficazes, pois reduzem de 99,8% as perdas em solo e de 97% as perdas em água;
- que a prática com matumbo e plantio em contorno tem também uma alta eficácia pois diminui a erosão de 93% e o escoamento de 72%;
- que a redução das perdas sólidas e líquidas anuais dos dois tratamentos em relação às da parcela-padrão de WISCHMEIER calculados a partir dos dados precedentes de CAMPOS FILHO (médias anuais de 84,5 t/ha de perdas em solo e 2.783, 4 m<sup>3</sup> de perdas em água) é ainda mais importante, pois, o fator P relativo às perdas em solo se situa a  $6.10^{-4}$  com camalhão em contorno e  $6.10^{-3}$  com matumbo em contorno, seja reduções extraordinárias, respectivamente de 99,9994 e 99,994, isto é, a parada quase total do mecanismo de erosão, quando o valor de P atinge 0,3 com preparo raso morro abaixo;
- que apesar do rendimento um pouco inferior (23,1 contra 27,9 t/ha) devido à melhor conservação do solo e sobretudo da água, fator limitante considerável do cultivo em zona semi-árida, é a prática com camalhão e plantio em curva de nível que deve ser preconizada.

Tabela 2.4.2.1.1 - Valores de perda em solo e em água e determinação dos fatores P com diferentes sistemas de plantio de mandioca (segundo MARGOLIS e NETO 1982).

T R A T A M E N T O S	Valores obtidos para o período Maio 82 - Dez 83					Valores anuais calculados			
	Perdas			Fator CAS (2)	Produção (t/ha) (3)	Perdas		Fator P	
	Solo (t/ha)	Água (mm)	Água(%) (1)			Solo (t/ha)	Água (mm)	Solo (4)	Água (4)
Camalhão e plantio morro abaixo	45,53	211,2	15,0	S=0,002 A=0,033	13,0	26,07	126,47	0,30	0,45
Camalhão e plantio em contorno	0,08	7,1	0,5		23,1	0,05	4,25	0,0006	0,01
Matumbo e plantio morro abaixo	12,77	92,4	6,5	S=0,07 A=0,28	23,5	7,65	55,33	0,09	0,2
Matumbo e plantio em contorno	0,86	26,3	1,9		27,9	0,52	15,75	0,006	0,05
Cova rasa e plantio em contorno	1,41	38,8	2,7		22,9	0,84	23,23	0,01	0,08
Cova rasa e plantio em contorno	33,89	103,7	7,4		21,9	20,30	62,09	0,24	0,22

- (1) Valores percentuais em relação à precipitação durante o período (1.410 mm).
- (2) Fator Conservação do solo (S) e da água (A) do tratamento em contorno em relação com o mesmo morro abaixo.
- (3) Produção de raízes.
- (4) Valores calculados em relação com as perdas numa parcela-padrão de WISCHMEIER (CAMPOS FILHO, 1983) no mesmo lugar.

Tudo isso prova que é possível reduzir em proporções consideráveis a erosão e o escoamento superficial no cultivo da mandioca que não é considerada uma planta com boa cobertura vegetal (fator C de 0,3 a mais em diversas regiões tropicais), mesmo com declividade forte ( $\geq 12\%$ ) e com solos de susceptibilidade à erosão elevada. A simples mudança da orientação do preparo e do plantio permite manter a quase totalidade da água, do solo e da sua fertilidade e ao mesmo tempo obter boa produção tanto no presente como no futuro.

*Torna-se urgente o uso dessas práticas conservacionistas em contorno, muito eficazes e simples, nas regiões do Agreste e das serras do Sertão onde a mandioca é uma cultura tradicional importante de subsistência cujo modo de cultivo se faz na quase totalidade dos casos com camalhões e matumbos morro abaixo. Esses sistemas culturais determinam nestas regiões de alta densidade de população, em particular em Pernambuco (Agreste, Serra da Madre de Deus, Triunfo) e na Paraíba (Agreste e Brejo de Areia, Campina Grande, etc), severas erosões em sulcos e vaçorocas nas partes inferiores das vertentes declivosas.*

2.4.2.2 - Manejo e conservação do solo no cultivo de tomate em clima semi-árido do Agreste de Pernambuco (M.B. de FREITAS et alii, 1981).

Esse trabalho de conservação e manejo do solo, com cultivo de tomate constitui um caso único de pesquisa que vale a pena ser destacado pois causa admiração: são experimentos práticos pioneiros, realizados por conta própria, pelo Eng<sup>o</sup> Agrônomo M. B. de FREITAS, ex-Diretor proprietário da Fábrica PEIXE durante 22 anos consecutivos sem interrupção.

Realizados em Pesqueira (PE) entre 1946 e 1968, na zona semi-árida do Agreste, com pluviometrias médias anuais de 680mm entre 1920 e 1981 e de 660,2 mm entre 1946 e 1968 período do trabalho, sobre parcelas instaladas sobre Regossolos desenvolvidos em rochas graníticas ricas em micas. Segundo os elementos dos parágrafos 2.1 e 2.2 mais acima, a estimativa dos fatores de erosão de WISCHMEIER são os seguintes:  $R = 260$ ,  $K = 0,15$ , o que, com um fator SL de 1,7 (25 m e 12%), dá uma erosão potencial em parcela-padrão arada morro abaixo de 66 t/ha/ano.

O trabalho se compõe dos três experimentos seguintes:

- influência do preparo do solo e do tempo de rotação sobre as perdas em solo;
- a influência das rotações culturais e dos restos de cultura (mulch ou incorporação) e das faixas de vegetação sobre as perdas em solo e água;
- ensaio de rotação trienal e adubação.

- *Influência do preparo do solo e do tempo de rotação sobre as perdas em solo.*

Ensaio em 22 anos com tomate e feijão-de-porco (resultados na tabela 2.4.2.2.1).

Tabela 2.4.2.2.1 - Perdas em solo e produções de tomate com três sistemas culturais (médias de 1946-1967 segundo os dados de M.B. de FREITAS *et alii*, 1981).

TRATAMENTOS	PERDAS EM SOLO		PRODUÇÃO	
	t/ha/ano	% (1)	t/ha/ano	% (1)
A. Lavrado com cultivo contínuo	100,74	100	15,95	100
B. Lavrado com rotação bienal com feijão	56,12	55,7	13,35	83,7
C. Não lavrado com rotação bienal com feijão	8,19	8,1	13,83	86,7

(1) Valores percentuais em relação ao tratamento A.

Pode-se notar a partir dos dados desta tabela:

- a redução de cerca de 92% das perdas em solo com o tratamento C que é um plantio direto, isto é, sem trabalho do solo, com rotação;
  - a redução menor de cerca de 44% da erosão com o tratamento B da mesma rotação mas com solo lavrado;
  - consequentemente o papel muito importante do trabalho do solo no crescimento da erosão e o efeito benéfico da prática da rotação bienal;
- *Influência das rotações culturais, dos restos de cultura (mulch ou incorporação) e das faixas de vegetação sobre as perdas em solo e água.*

Ensaio em 18 anos com tomate e feijão-de-porco, como leguminosa e capim elefante nas faixas de vegetação permanente (resultados na tabela 2.4.2.2.2).

Aparece na análise dessa tabela:

- o efeito da rotação trienal que, seja com leguminosa e milho seja com capoeira-capoeira, é bem melhor do que o da rotação bienal (tratamento F melhor do que C e G melhor do que E) e na rotação trienal a melhor eficiência é obtida com mulch do pousio natural (tratamento G) do que com mulch das espécies cultivadas (tratamento F);
- os resultados ótimos conseguidos com o uso do mulch constituído pela cobertura morta enterrada e incorporada (trata-

mento C melhor do que B e E melhor do que D). Nos dois casos a redução da erosão é 10 vezes superior e o escoamento superficial é mais de 7 a 19 vezes maior do que os resultados com os tratamentos sem mulch, o que é realmente considerável;

- a eficácia da prática de faixas ou renques de vegetação graminosa permanente em contorno que reduz de cerca da metade as perdas de solo e de água;
- o perigo erosivo provocado pelas modificações do solo devido à lavoura do enterro dos restos culturais (tratamento D e, sobretudo, B).

Tabela 2.4.2.2.2 - Perdas anuais de solo e água com diferentes rotações de cultura de tomate e faixas de vegetação (médias de 1951-68 segundo os dados de M.B. de FREITAS *et alii*, 1981).

TRATAMENTOS	PERDAS EM SOLO		PERDAS EM ÁGUA		
	t/ha/ano	% (1)	m <sup>3</sup> /ha/ano	% (1)	% (2)
A. Tomate contínuo	8,70	100	417,6	100	6,0
B. Tomate + leguminosa (incorporada)	22,99	216,1	527,3	126,3	8,0
C. Tomate + leguminosa (mulch)	2,53	29,0	152,4	36,5	2,5
D. Tomate + Capoeira (incorporada)	8,68	99,7	320,4	76,7	5,0
E. Tomate + Capoeira (mulch)	0,46	5,3	51,5	12,3	0,8
F. Tomate + Leguminosa + Milho (mulch)	1,56	17,9	142,6	34,1	2,0
G. Tomate + Capoeira + Capoeira (mulch)	0,24	2,7	28,4	6,8	0,4
Faixas em rotações de Tomate e Leguminosa	1,71		151,1		2,3
Faixas de vegetação permanentes de Tomate e Leguminosa	0,91		81,5		1,2

(1) Valores percentuais em relação ao tratamento A.

(2) Valores percentuais em relação à precipitação média.

*Ensaio de rotação trienal e adubação*

Nesse experimento foram envolvidas as culturas de tomate, milho, feijão e feijão-de-porco com diferentes consorciações, rotações, inclusive com capoeira, e tipos de adubação mineral ou

orgânica.

Dos resultados obtidos pode-se concluir que:

- a rotação trienal com dois anos de capoeira proporcionou os maiores teores de matéria orgânica, nitrogênio e cálcio + magnésio no solo;
- o cultivo anual de tomate sem adubação apresentou os mais baixos teores de matéria orgânica, N e Ca + Mg e, também, as mais baixas produtividades;
- o conjunto de adubação orgânica + mineral deu melhor resultado do que uma só tipo de adubação para reconstituir a fertilidade química do solo;
- as produtividades mais altas foram conseguidas com rotação trienal com capoeira e adubação orgânica e mineral e, as mais baixas, com cultura anual ou trienal sem adubação.

2.4.2.3 - Conservação e manejo do solo e da água com parcelas sob chuvas naturais na zona do Agreste da Paraíba (Convênio SUDENE-DRN/C.C.A. Areia, PB, sub-projeto 04).

Este trabalho com 15 parcelas de 12% de declividade sobre Terra Roxa Estruturada Eutrófica de Alagoinhas (PB) está em andamento e o sub-projeto 04 funciona somente desde 1981, por este motivo não figura no quadro recapitulativo 1.3.1 do relatório anexo 2 (LEPRUN, 1981), onde são apresentados todos os projetos de pesquisa sobre conservação do Nordeste. A pluviometria média anual no local é cerca de 900 mm.

Uma parte dos resultados citados aqui (tabela 2.4.2.3.1), foi publicada recentemente (SILVA, ANDRADE, CAMPOS FILHO, 1982). A totalidade dos dados deveria ser apresentada no relatório anual do Convênio.

Tabela 2.4.2.3.1 - Perdas em solo e água por erosão com diferentes culturas em Alagoinhas (PB) (Convênio SUDENE/C.C.A. Areia).

C u l t u r a	Ano	Perdas em solo (t/ha)	Fator C	Perdas em água	
				m <sup>3</sup> /ha	% (1)
Sem - Solo descoberto	1981	56,87	1	2611,0	31,0
	1982	74,56	1	2084,8	21,2
Cana-de-Açúcar (em contorno)	1981	6,55	0,11	4859,0	5,7
	1982	0,33	0,004	206,7	0,2
Capim pangola	1981	0,778	0,01	455,1	5,3
	1982	0,911	0,01	153,9	0,1
Algodão herbáceo (morro abaixo)	1981	37,57	0,66	2193,0	26,1

(1) Valores percentuais em relação com a pluviometria anual.

Esses resultados permitem evidenciar a boa proteção do solo e retenção da água pela cobertura vegetal da cana-de-açúcar e do capim pangola. Os valores do fator C são muito baixos em relação com o do cultivo morro abaixo do algodão herbáceo ( $C = 0,66$ ) e naturalmente com os do solo descoberto e preparado segundo as normas de WISCHMEIER ( $C = 1$ ).

Deve-se notar a erosão bastante elevada no primeiro ano do plantio da cana-de-açúcar, quando os sistemas vegetativos e racinar estiverem pouco desenvolvidos ( $C = 0,11$ ) e a forte diminuição das perdas em solo e em água a partir do ano seguinte ( $C = 0,004$ ) após o crescimento e o estabelecimento da planta. Um exemplo semelhante foi observado por P.L. de FREITAS no campo experimental da EMBRAPA no km 49 (Rio de Janeiro) (Reunião técnica anual de avaliação do projeto de estudos de conservação do solo da EMBRAPA, Fortaleza, CE, 19 a 22/10/1982).

2.4.2.4 - Estudos de conservação do solo e da água na zona semi-árida: Bacia experimental de Sumé, PB (Convênio SUDENE DRN/UFPB/ORSTOM, França; CADIER, B.J. de FREITAS, LEPRUN, 1983a e 1983b).

A bacia experimental de Sumé que funciona desde 1981, faz parte da bacia representativa do mesmo nome (CADIER e FREITAS, 1982) cujas características físico-climáticas são bem representativas das do Sertão do Nordeste: solos rasos derivados do embasamento cristalino carente em lençóis freáticos, vegetação de caatinga hiperxerófila e clima seco semi-árido com variações interanuais importantes.

A pluviometria média anual é de 590 mm, a precipitação em 24 h ultrapassada uma vez por ano é de 63 mm e a evaporação média anual no tanque classe A atinge 2.900 mm. Os solos dominantes são os solos Bruno Não Cálcicos Vérticos associados a raras manchas de Vertissolos. O relevo é pouco ondulado a ondulado com declividades variando entre 4 e 9 %.

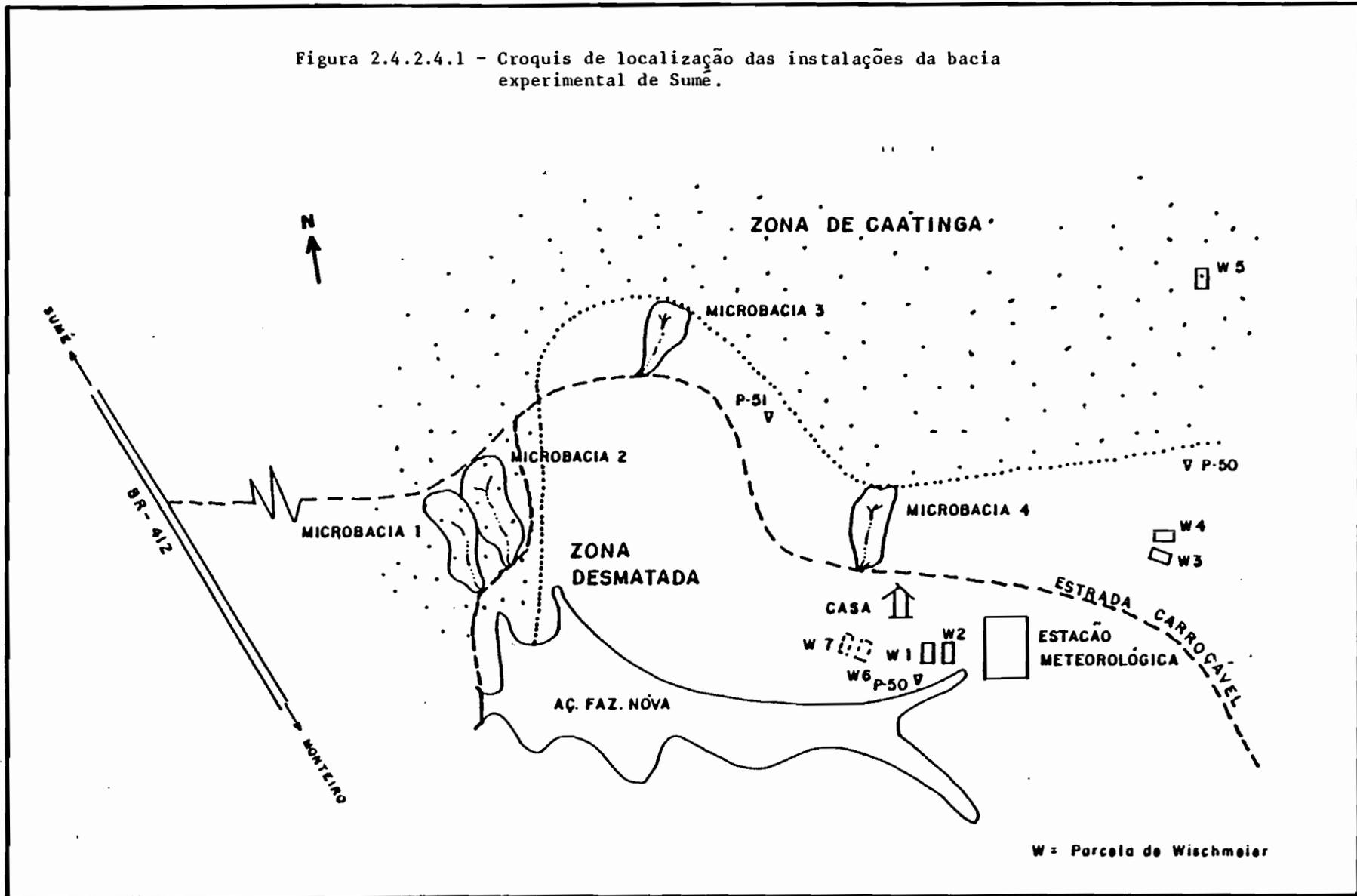
A finalidade dos estudos compreende: i) a quantificação da erosão e do escoamento superficial sob vegetação natural e após modificações do meio ambiente: desmatamento e pousio com diferentes declividades; ii) a quantificação do "efeito de escala" devido às diferentes áreas dos experimentos com ordem de grandeza de  $100 \text{ m}^2$ , do ha ou do  $\text{km}^2$ . Os resultados devem ser utilizados para o dimensionamento e a operação de pequenos perímetros de irrigação e são apresentados em duas publicações (CADIER, FREITAS, LEPRUN, 1983a e 1983b) (Anexos 7 a 10).

Na zona de experimentação hidrológica, foi instalado o dispositivo seguinte (ver croquis de localização das instalações - fig. 2.4.2.4.1).

a) Quatro microbacias quase idênticas:

- duas microbacias instaladas na caatinga nativa - superfície

Figura 2.4.2.4.1 - Croquis de localização das instalações da bacia experimental de Sumé.



- entre 0,6 e 0,8 ha; declividade média de 7 %;
- duas outras desmatadas com um pousio de 2 anos num antigo cultivo de tomate - superfície entre 0,48 e 1,07 ha; declividade média de 7 %.
- b) Cinco parcelas de WISCHMEIER de 100 m<sup>2</sup> com 22,1 m de comprimento e 4,5 m de largura.
- duas com uma declividade em torno de 4 %, uma sem vegetação, preparada de acordo com as normas de WISCHMEIER, mantida continuamente descoberta e preparada com faixa reta arada no sentido do declive. A outra, em pousio de 2 anos;
  - duas com uma declividade em torno de 7 %. Uma preparada de acordo com as normas de WISCHMEIER e a outra em pousio de 2 anos;
  - uma com declividade em torno de 9 %, que corresponde à declividade padrão das parcelas de WISCHMEIER, instalada na caatinga nativa.
- c) As quatro microbacias foram equipadas com fossas de sedimentação e linígrafos e as 5 parcelas, com tanques coletores. Foram instalados pluviômetros, pluviógrafos e uma estação meteorológica.

Os resultados obtidos em função das chuvas durante o ano de 1982 são apresentados nas tabelas 2.4.2.4.1 e 2.4.2.4.2. A pluviografia na estação perto das parcelas, durante o ano de 1982, foi de 340,9 mm donde somente 212 mm deu lugar à erosão. O cálculo do fator erosividade R por computação, a partir dos dados pluviográficos das chuvas gravadas do Banco de dados da D.H.M. da SUDENE, deu um valor de 152,7 o que determina o valor da erodibilidade K do solo Bruno-Não-Cálcico testado, variando entre 0,02 com a parcela 1 e 0,05 com a parcela 4, isto é, valores muito baixos.

A fim de simplificar o exame das tabelas 2.4.2.4.1 e 2.4.2.4.2 estabeleceu-se a tabela 2.4.2.4.3 mais condensada. Dos resultados desta tabela sobressaem-se os seguintes ensinamentos:

- os fracos valores da erosão obtidos nas parcelas de WISCHMEIER em relação àqueles encontrados em outros solos e em particular nos Podzólicos V.A. Eutróficos e nas Terras Roxas. Em contrapartida, os valores do escoamento superficial são superiores aos encontrados precedentemente devido à velocidade de infiltração reduzida dos solos Bruno-Não-Cálcicos (ver tabela 2.2.3.2.1).
- o papel protetor particularmente eficaz da vegetação natural ou de sua regeneração (pousio) na redução das perdas em solo e do escoamento, e, notadamente, o comportamento notável do solo sob caatinga nativa (parcela 5, microbacias 1 e 2) que, apesar da declividade, mantém sua estabilidade superficial (erosão 100 a 1.000 vezes menor do que com o solo descoberto e lavrado) e sua capacidade de infiltração (escoamento de 10 a 100 vezes menor do que nas parcelas de WISCHMEIER);

Tabela 2.4.2.4.1 ESCOAMENTOS E EROSÕES OBSERVADAS POR CHEIAS

Bacia Representativa de SUHÉ

CHEIA	DATA	CHUVA mm	LÂMINA ESCOADA (mm)								SEDIMENTO (kg/ha)								ÍNDICE DE UMIDADE			
			PARCELAS					MICROBACIAS			PARCELAS					MICROBACIAS						
			01	02	03	04	05	01	02	03	04	01	02	03	04	05	01	02	03	04	090	095
01	31/03/82	16,7	0,095	0,055	1,57	0,090	0,050	0,0006	0,0056	0,0176	0,0479	3,4	1,7	81,1	3,1	0,6	0,001	0,04	0,23	1,59	0,3	3,5
02	15/04/82	40,6	8,11	1,29	7,30	7,76	1,60	0,0379	0,0039	1,09	1,08	577	79	649	904	10	1,38	0,05	21,3	29,2	3,5	9,3
03	23/04/82	9,4	0,420	0,020	1,13	0,93	0,07	-	0,0026	0,020	0,040	16,8	0,2	204	127	0,3	-	0,01	1,4	1,59	20,6	35,1
04	24/04/82	34,3	14,4	4,91	12,4	14,6	1,57	0,0621	0,0145	6,64	4,44	574	201	1203	2042	19	1,17	0,14	299	238	30,0	44,5
05	25/04/82	5,4	0,255	0,050	0,160	0,110	-	-	-	0,0067	0,0080	2,5	1,5	1,8	0,6	-	-	-	0,08	0,25	57,9	74,9
06	02/05/82	11,4	0,120	0,030	0,170	0,170	-	0,0027	0,0037	0,0095	0,0100	0,1	0,4	4,2	10,9	-	-	-	0,09	0,10	32,6	59,1
07	03/05/82	70,2	22,4	12,1	23,2	30,3	4,06	0,729	0,791	12,9	0,22	164	100	1304	1391	24	6,2	4,6	114	87,8	39,6	67,0
08	05/05/82	5,3	0,130	0,175	0,650	1,39	0,0025	0,0064	-	0,109	0,0693	16,2	98,9	381	485	0,08	0,14	-	4,56	3,90	80,1	117,6
09	07/05/82	3,1	-	0,0080	0,0340	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,20	-	-	-	-	-	-	69,2	110,9
10	09/05/82	6,0	0,010	0,010	0,0202	-	-	-	-	0,006	0,003	0,2	2,2	15,7	-	-	-	-	0,028	0,026	-	-
11	10/05/82	2,6	-	0,025	0,150	-	-	-	-	0,002	0,006	-	0,8	1,7	-	-	-	-	0,023	0,128	-	-
12	12/05/82	0,7	0,010	0,150	0,980	0,170	0,030	-	-	0,175	0,076	2,6	8,0	71,4	13,0	0,4	-	-	8,02	3,28	-	-

Tabela 2.4.2.4.2 TOTAIS MENSAIS E ANUAL DOS ESCOAMENTOS E EROSÕES OBSERVADAS

TOTAL	MÊS	CHUVA mm	LÂMINA ESCOADA (mm)								SEDIMENTO (kg/ha)									
			PARCELAS					MICROBACIAS			PARCELAS					MICROBACIAS				
			01	02	03	04	05	01	02	03	04	01	02	03	04	05	01	02	03	04
	MARÇO	16,7	0,095	0,055	1,57	0,090	0,050	0,0006	0,0056	0,0176	0,0479	3,4	1,7	81,1	3,1	0,6	0,001	0,04	0,23	1,59
	ABRIL	89,7	23,2	6,27	21,0	23,4	3,24	0,10	0,021	7,76	5,57	1170	282	2060	3070	29,3	2,55	0,200	322	269
	MAIO	105,6	22,7	12,4	25,2	32,0	4,1	0,74	0,79	13,2	9,4	183	210	1778	1900	24,5	6,34	4,6	127	95
	1982	212,0	46,0	19,0	48,0	56,0	7,0	0,84	0,82	21,0	15,0	1355	495	3920	4975	55	9	5	450	366

- o nítido "efeito de escala" que ocorre quando passar de parcelas de 100 m<sup>2</sup> para microbacias de cerca de 1 ha. Assim, da parcela 3 à microbacia 3, nas mesmas condições de solo, de declividade média e de tratamento, as perdas em solo são divididas por 9 e as perdas em água divididas por um pouco mais de 2. Isso significa que *não se pode extrapolar para uma bacia, ou menos ainda, para toda uma paisagem, os resultados obtidos a partir de parcelas experimentais* que dão uma falsa e, às vezes, *catastrófica* idéia da intensidade dos processos erosivos como se pode observar em várias publicações.

Tabela 2.4.2.4.3 - Perdas em solo e água na bacia experimental de Sumé, PB (SUDENE-DRN; CADIER, FREITAS, LEPRUN, 1983 a e b)

Nº das parcelas	Declividade (%)	Tratamento	Superfície (m <sup>2</sup> )	Perdas em solo (t/ha)	Perdas em água		Fator C
					(mm)	%chuva	
1	3,8	WISCHMEIER	100	1,355	46	13,5	1
2	3,9	Pousio	100	0,495	19	5,6	0,36
3	7,2	Desmatado	100	3,920	48	14,1	0,78
4	7,0	WISCHMEIER	100	4,975	56	16,4	1
5	9,5	Caatinga	100	0,055	7	2,0	0,007
<b>Nº microbacias</b>							
1	7,0	Caatinga	6.200	0,009	0,84	0,2	
2	6,1	Caatinga	10.700	0,005	0,82	0,2	
3	7,1	Pousio	5.200	0,450	21,0	6,2	0,02
4	6,8	Pousio	4.800	0,366	15,0	4,4	

#### 2.4.2.5 - Conservação e Manejo dos solos: caso particular dos Latossolos do Nordeste.

*Generalidades:* os Latossolos *sensu-lato* que representam um pouco mais de 33 % da superfície total do Nordeste, são a classe de solos mais representativa do Nordeste. Dentre todos os Latossolos são os Vermelhos Amarelos Distróficos que cobrem cerca de 87 % da superfície por eles ocupada. Isso significa que sobre cerca de 500.000km<sup>2</sup> há solos com baixa saturação de bases, bastante ácidos, de baixa fertilidade natural e apresentam problemas de toxidez de alumínio desde a superfície. Esses Latossolos Distróficos que vão da zona úmida do litoral atlântico até os cerrados dos confins do Piauí e da Bahia passando pelas caatingas do Sertão central seco, estão em fase de exploração mecanizada intensiva (Maranhão, Piauí, Bahia orientais) devido às suas boas propriedades físicas e a seu relevo plano que favorece a prática da mecanização em grande escala. As consequências que resultam dessa exploração, sobre o solo e sua fertilidade são importantes, precoces e dificilmente reversíveis.

*Fertilidade natural dos Latossolos Distróficos.* Na maioria dos casos estes Latossolos V.A. Distróficos são solos cuja fertilidade

natural é média baixa a fraca e reside nos primeiros decímetros do solo, sendo os horizontes mais profundos sempre mais pobres. A tabela 2.4.2.5.1 estabelecida com as médias de cerca de 80 amostras de horizonte A<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> de perfis de Latossolos V.A. Distróficos do Nordeste e cerca de 180 perfis das regiões Nordeste e Centro-Oeste permite ilustrar este fato.

Tabela 2.4.2.5.1 - Valores de algumas características dos Latossolos V.A. Distróficos do Nordeste e do Centro-Oeste do Brasil.

Latossolos V.A. do Nordeste						
Horizonte A <sub>1</sub>	pH	S meq	V +	Al meq	S.Al % (1)	Gr.Fl. % (2)
Nº de amostras	83	83	85	83	83	87
Médias	5,12	1,67	32,07	0,65	34,7	48,08
Desvio-Padrão	0,66	1,53	25,4	0,67	27,7	15,7
Coef. de Variação (%)	13	91	79	103	80	33
Horizontes B <sub>2</sub>						
Nº de amostras	81	81	79	80	78	78
Médias	4,90	1,31	25,69	0,67	49,52	83,43
Desvio-Padrão	0,69	2,69	22,55	0,52	25,8	24,2
Coef. de Variação (%)	14	205	88	77	52	103
Latossolos V.A. do Nordeste e Centro-Oeste						
Horizonte A <sub>1</sub>						
Nº de amostras	184	182	-	177	-	182
Médias	4,94	2,45	-	0,88	-	48,29
Desvio-Padrão	0,66	3,62	-	0,95	-	17,88
Coef. de Variação (%)	13	147	-	108	-	37
Horizonte B <sub>2</sub>						
Nº de amostras	206	205	-	196	-	205
Médias	4,94	0,62	-	0,70	-	91,70
Desvio-Padrão	0,51	0,76	-	0,72	-	20,50
Coef. de Variação (%)	10	121	-	103	-	22

(1) Grau de saturação em alumínio ( $100 \text{ Al}^{3+} / \text{S} + \text{Al}^{3+}$ )

(2) Grau de flocculação.

As médias do pH, da soma das bases trocáveis S e da grande saturação em bases já baixas nos horizontes superficiais são sempre mais baixas nos horizontes B<sub>2</sub>, enquanto que, os teores em alumínio trocável e, por conseguinte, a toxidez aumentam em profundidade. Pode-se notar também, como foi visto mais acima (parágrafo 2.2.3.1) que o grau de flocculação e, portanto, a estabilidade estrutural bastante fraca na superfície (mais da metade dos agregados

é destruída pela agitação na água) torna-se boa no horizonte B<sub>2</sub>.

Mais agravante ainda é a passagem brutal do horizonte A<sub>1</sub>, mais fértil devido à presença de matéria orgânica, para o horizonte A<sub>3</sub> ou B imediatamente inferior. Aqui o teor de matéria orgânica e a soma das bases trocáveis caem a menos de 1 % e 1 meq/100 gr, isto é, atingem níveis baixos, enquanto que o teor de Al<sup>3+</sup> pode ficar superior a 1 meq, seja, altamente nocivo. As tabelas 2.4.2.5.2 e 2.4.2.5.3 que representam as análises de dois Latossolos V.A. Distróficos, o primeiro coletado na região de Jequié no Sertão baiano (EMBRAPA, 1977, p. 140) o segundo situado na zona litoral de Pernambuco (BRASIL, 1973, p. 31).

Como se pode ver nessas tabelas, a única riqueza química real do solo localiza-se nos vinte primeiros centímetros do solo, pois abaixo de 30 cm a fertilidade natural do solo torna-se realmente fraca. No mesmo sentido o grau de floculação médio a baixo da superfície que está ligado à matéria orgânica pouco abundante, cresce em profundidade graças à floculação das argilas pela ação dos hidróxidos de ferro e de alumínio (horizonte B<sub>2</sub> latossólico, a estrutura característica "pó de café") (ROTH et alii, 1974; VOLKOFF 1976). Essa diferença de comportamento em face da água dos horizontes A<sub>1</sub> e B dos Latossolos V.A. Distróficos aumenta o perigo da erosão no horizonte A<sub>1</sub> mais frágil.

*Manejo racional dos Latossolos. Recomendações.* Levando-se em conta todas essas razões é que se torna indispensável, nesta altura da incorporação em áreas agricultáveis do Nordeste, de vastas superfícies recobertas pela vegetação natural, estabelecer uma metodologia cuidadosa do preparo inicial do solo até o cultivo. *Com efeito, qualquer prática mal conduzida que acabasse com o horizonte A<sub>1</sub> do solo conduziria inevitavelmente a cultivar o horizonte subjacente pouco fértil, ácido, com problemas de toxidez, de degradação superficial, de baixos rendimentos e de necessidades de calagem e corretivos.*

Em primeiro lugar o desmatamento ou destoca deverá se fazer com um método manual (machado, chibanca, serra manual, moto-serra) ou mecanizado o mais leve possível. Deve ser proibido o uso de cadeias (correntão), sobretudo com bolas de ferro ou de concreto e o uso de lâminas enleiradoras e desenraizadoras de ancinhos enleiradores e de empurra-árvores pesados. Será melhor efetuar o corte da vegetação ao nível do solo do que a extirpação dos vegetais que provoca grande perturbação do solo. Se, em função da superfície se fizer necessário o uso de máquinas, depois da destoca o tratorista fará o enleiramento dos tocos segundo as curvas de nível. Essa prática conservacionista, a primeira a seguir no momento do preparo inicial do solo, é uma das mais importantes, sobretudo no caso de declividade média ou forte.

Preconiza-se, após o desmatamento, o arado de discos leves para a incorporação do vegetal ao solo, porém está na hora, para o Nordeste, nos Latossolos, de testar e divulgar a prática do plantio direto que já faz grande sucesso no sul do país para combater a ero-

Tabela 2.4.2.5.2 - Análises físicas e químicas de um Latossolo V.A. Distrôfico da Bahia (perfil 1, EMBRAPA, 1977).

Horizonte	Profundidade cm	Frações da amostra total %			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) %				Argila dispersa em água %	Gran. de flocculação %	% Silte % Argila	Densidade g/cm <sup>3</sup>		Porosidade % (volume)
		Calhaus > 20mm Δ	Cascalho 20-2mm	Terra fino < 2mm ∇	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Aparente	Real	
A <sub>11</sub>	0-15	0	1	99	43	7	7	43	8	82	0,16			
A <sub>12</sub>	15-30	0	1	99	44	9	5	42	19	55	0,12			
A <sub>3</sub>	30-52	0	2	98	38	12	5	45	24	47	0,11			
B <sub>1</sub>	52-70	0	2	98	32	14	4	50	30	40	0,08			
B <sub>21</sub>	70-137	0	1	99	31	11	6	52	0	100	0,12			
B <sub>22</sub>	137-247	0	1	99	29	11	9	51	0	100	0,18			
B <sub>3</sub>	247-270+	0	2	98	24	12	18	46	0	100	0,39			

Horizonte	pH(1:2,5)		Complexo sortivo mE/100g								Valor V (sat. de bases) %	100.Al <sup>+++</sup> / S+Al <sup>+++</sup>	P. assimilável ppm
	Água	KCl 1N	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	Valor T (soma)			
A <sub>11</sub>	4,8	4,0	0,9	0,16	0,05	0,05	1,1	3,0	13,6	17,7	6	73	9
A <sub>12</sub>	5,1	4,2	0,4	0,05	0,04	0,04	0,5	2,1	6,9	9,5	5	81	4
A <sub>3</sub>	5,0	4,2	0,3	0,04	0,05	0,4	1,3	5,9	8,1	5	82	3	
B <sub>1</sub>	5,5	4,6	0,4	0,03	0,04	0,5	1,5	4,3	6,3	2	75	3	
B <sub>21</sub>	5,5	4,8	0,4	0,02	0,03	0,5	1,1	2,6	4,2	12	69	2	
B <sub>22</sub>	5,6	4,7	0,6	0,01	0,05	0,7	0,6	1,9	3,2	22	46	5	
B <sub>3</sub>	5,6	4,9	0,6	0,02	0,05	0,7	0,5	1,8	3,0	23	42	2	

Horizonte	C (orgânico) %	N %	C/N	Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> d = 1,47 %					SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	lit. N <sub>2</sub>	Equivalente de umidade %
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)			
A <sub>11</sub>	3,56	0,28	13	14,9	13,8	3,6	0,55	0,07	1,84	1,58	6,00	x	18
A <sub>12</sub>	1,81	0,11	17	15,7	14,8	4,0	0,65	0,06	1,80	1,54	5,80	x	16
A <sub>3</sub>	1,23	0,09	14	16,9	16,1	4,2	0,61	0,06	1,79	1,54	6,03	1	17
B <sub>1</sub>	0,77	0,05	15	19,4	18,4	4,8	0,70	0,06	1,79	1,54	6,00	1	17
B <sub>21</sub>	0,46	0,03	15	23,0	20,7	5,1	0,71	0,06	1,90	1,64	6,35	1	19
B <sub>22</sub>	0,33	0,03	11	21,9	21,6	6,9	0,76	0,06	1,73	1,44	4,91	2	19
B <sub>3</sub>	0,21	0,02	11	24,6	23,2	6,3	0,75	0,06	1,81	1,54	5,82	2	21

Relação textural:  $\frac{\text{Média das \% de argila no B (exclusive B}_3\text{)}}{\text{Média das \% de argila no A.}} = 1,2$

Tabela 2.4.2.5.3 - Análises físicas e químicas de um Latossolo V.A. Distrófico de Pernambuco (Perfil 4, BRASIL, 1973).

Horizonte	Amostra seca ao ar (%)			pH		Equiv. de Umidade	Pesto saturado		Set. c/ média 100 No <sup>+</sup> T	
	Profund. (cm.)	Catão (>20mm)	Cascaço (20-2 mm)	TF (<2mm)	Água (1:2,5)		KClN (1:2,5)	C. E. de extrato (mmhos/cm 25°C)		Água (%)
O <sub>2</sub>	2-0	0	0	100	4,3	3,5	29	—	—	1
A <sub>1</sub>	0-15	0	1	99	4,4	3,8	16	—	—	1
A <sub>2</sub>	15-35	0	1	99	4,7	4,0	19	—	—	2
B <sub>1</sub>	35-70	0	1	99	4,7	4,2	23	—	—	1
B <sub>21</sub>	70-130	0	1	99	4,8	4,4	23	—	—	3
B <sub>22</sub>	130-200	0	1	99	5,0	4,5	24	—	—	2
B <sub>3</sub>	200-220+	0	1	99	4,9	4,4	24	—	—	2

Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0 = 1,47 (%)					Kl	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P assimil. (ppm)	Equiv. de CaCO <sub>3</sub> (%)
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					
8,7	7,4	2,4	0,79	0,03	2,01	1,66	4,84	2,7	—
11,6	10,5	3,3	0,97	0,02	1,87	1,56	5,00	1,1	—
16,3	15,5	4,6	1,27	0,02	1,79	1,50	5,29	0,6	—
20,4	19,5	5,5	1,44	0,04	1,78	1,51	5,57	0,2	—
20,1	19,4	5,6	1,52	0,04	1,77	1,49	5,44	0,2	—
22,7	21,8	6,2	1,58	0,04	1,77	1,50	5,52	0,2	—
22,5	21,1	5,6	1,44	0,04	1,82	1,55	5,92	0,2	—

Complexo sorvivo (mEq/100g)								V Set. de bases (%)	100Al <sup>+++</sup> / Al <sup>+++</sup> + S
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S (Somel)	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	T (Somel)		
4,4	2,7	0,35	0,25	7,7	1,5	17,6	26,8	29	16
0,6	0,5	0,07	0,09	1,3	1,4	7,7	10,4	13	52
	0,5	0,04	0,13	0,7	1,3	5,8	7,8	9	65
	0,4	0,03	0,07	0,5	0,9	3,4	4,8	10	64
	0,6	0,03	0,08	0,7	0,4	1,7	2,8	25	36
	0,6	0,03	0,07	0,7	0,5	1,8	3,0	23	42
	0,5	0,01	0,04	0,6	0,3	1,7	2,6	23	33

C (%)	N (%)	C/N	Composição Granulométrica (%)				Argila Natural (%)	Graude Flocculação (%)	% Silte / % Argila
			Areia grossa (2-0,20 mm)	Areia fina (0,20-0,05 mm)	Silte (0,05-0,002 mm)	Argila (<0,002 mm)			
6,18	0,47	13	43	14	19	24	11	54	0,79
2,01	0,13	15	48	15	5	32	13	59	0,16
1,36	0,10	14	37	14	4	45	20	56	0,09
0,55	0,05	11	27	11	2	60	27	55	0,03
0,33	0,04	8	29	12	5	54	0	100	0,09
0,25	0,03	8	23	11	4	62	0	100	0,06
0,43	0,04	11	28	11	5	56	0	100	0,09

$$\text{Relação textural} = \frac{\text{Média das \% de argila no B (exclusive B}_3\text{)}}{\text{Média das \% de argila no A}} = 1,5$$

são. Não se aconselha a prática das queimadas dos restos vegetais que provoca a destruição da matéria orgânica e da vida microbiana e, conseqüentemente, a queda da fertilidade natural.

O objetivo principal do preparo inicial do Latossolo no Nordeste é *movimentar o mínimo* a superfície do solo e *conservar o máximo de tempo a camada orgânica superficial fértil, única fonte de nutrientes* de toda a espessura do solo. Eis porque toda prática de preparo em que se usa lâminas pesadas e máquinas do tipo arado extirpador que elimina essa camada, como é o caso já observado na preparação das áreas de plantio usando irrigação de salvação com barreiros (é muito revelador neste assunto o exemplo do perímetro de experimentação do C.C.A da UFPI em Jaçós, Piauí).

Após o desmatamento, o preparo do solo para o plantio deverá ser feito, também, com máquinas leves, como os sulcadores pouco profundos. Com efeito, apesar das manifestações erosivas lineares (sulcos), ligadas à compactação de camadas superficiais do solo pelo emprego de máquinas e implementos agrícolas - manifestações semelhantes às do processo erosivo generalizado que ocorre no Sul do país - essa compactação diminui bastante a produção (caso da melancia sobre Latossolo em Petrolina, PE; CHOUDHURY e OLIVEIRA, 1982).

Por outro lado, devido às características analíticas dos Latossolos do Nordeste e à sua baixa fertilidade, convém usar adequadamente de calagem e corretivos e, portanto, conhecer bem o solo. Como foi muitas vezes constatado que o agricultor não tem esse conhecimento do seu solo, tivemos a idéia de determinar, por meio das correlações estatísticas, relações simples permitindo a estimação rápida da fertilidade do solo em relação ao valor do pH e ao mesmo tempo o cálculo das doses de calagem (SAMPAIO e LEPRUN, 1983, anexo 9).

A tabela 2.4.2.5.4 permite, a partir da medida do pH em água, obter imediatamente com boas estimações:

- a) o teor de alumínio trocável que avalia o perigo da toxidez, a necessidade do uso e as doses da calagem (1,5 a 2 vezes o teor em meq de  $Al^{+++}$  dá a quantidade de calagem em t/ha);
- b) o valor de S e o grau de saturação V que dão uma idéia da fertilidade do solo e da necessidade da calagem;
- c) o grau de saturação em alumínio que permite estimar o estado do complexo sortivo do solo.

Tabela 2.4.2.5.4 - Valores dos parâmetros analíticos dos Latossolos do Nordeste calculados segundo as equações de correlação em função do pH (SAMPAIO e LEPRUN, 1983).

pH	Horizonte A <sub>1</sub>				Horizonte B <sub>2</sub>			
	Al <sup>3+</sup> — meg/100g —	S —	V —	Sat.Al <sup>3+</sup> — % —	Al <sup>3+</sup> — meg/100g —	S —	V —	Sat.Al <sup>3+</sup> — % —
3,5	9,55				8,81			
3,6	7,70				7,14			
3,7	6,21				5,79			
3,8	5,00				4,70			
3,9	4,03	0,10			3,81	0,1	5	95
4,0	3,25		10	95	3,09		<	>
4,1	2,62	<	<	>	2,50	<		>
4,2	2,11				2,03			
4,3	1,70				1,65			
4,4	1,37	0,1		93	1,34	0,1	5	91
4,5	1,11	0,4	10	75	1,08	0,3		79
4,6	0,89	0,6		58	0,89	0,5	10	66
4,7	0,72	0,9		44	0,71	0,6		53
4,8	0,58	1,2	20	32	0,58	0,8		42
4,9	0,47	1,5		24	0,47	1,0	20	33
5,0	0,38	1,7		18	0,38	1,1		25
5,1	0,30	2,0	30	13	0,31	1,3		19
5,2	0,24	2,3		9	0,25	1,5		15
5,3	0,20	2,6		7	0,20	1,6	30	11
5,4	0,15	2,9	40	5	0,16	1,8		8
5,5	0,13	3,1		4	0,13	1,9		6
5,6	0,10	3,4		2,8	0,11	2,1	40	5
5,7	0,08	3,7	50		0,09	2,3		
5,8	0,07	3,9			0,07	2,5		3
5,9	0,05	4,3			0,06	2,6		2
6,0	0,04	4,5	60		0,05	2,8	50	
6,1	0,04	4,8			0,04	2,9		
6,2	0,03	5,1		> 2,0	0,03	3,1	60	2
6,3	0,02	5,4	70	<	0,02	3,3		
6,4	0,02	5,6			0,02	3,4	70	<
6,5	0,01	5,9	80		0,01	3,6		

No que diz respeito ao manejo dos Latossolos um assunto bastante sério, e que causa preocupação, é a aplicação sempre crescente de certos tipos de fertilizantes nitrogenados, cuja produção nacional e importação aumentam igualmente cada ano (MALAVOLTA, 1981; RIBEIRO, 1983).

É o caso do sulfato de amônio cuja produção atual do país é de 65.000 t de nitrogênio e o consumo projetado para 1985 é de 239.000 t, seja, um crescimento de 174 %. Ora, o uso desse adubo no Nordeste, e particularmente nos Latossolos, desenvolve-se muito, fa-

vorecido pela publicidade dos negociantes e de seus agentes no campo.

*O sulfato de amônio é aquele que tem o índice de acidez equivalente mais elevado (MALAVOLTA, 1981; MALAVOLTA e NEPTUNE, 1983) seja 110 kg de  $\text{Co}_3\text{Ca}$  para 100 kg de produto utilizado, o que quer dizer que esse adubo tem uma forte tendência para baixar o pH do solo. Essa ação acidificante é devido à nitrificação do nitrogênio dos sais de amônio que é duas vezes a do nitrogênio orgânico.*

Como se viu mais acima que os Latossolos do Nordeste já são muito ácidos (médias de 5,1 e 4,9, tabela 2.4.2.5.1), baixar mais o pH destes solos se traduzirá imediatamente em aumento do teor de alumínio trocável, da toxidez e na queda da fertilidade (ver a correlação estreita entre o pH e o  $\text{Al}^{3+}$  no artigo de SAMPAIO e LEPRUN, 1983, anexo 9). *Isso significa que o uso do sulfato de amônio nesse tipo de solo leva a piorar as más condições naturais e que a prática de calagem, que já é necessária no solo não adubado, necessitará de uma dose duas vezes superior após o uso do sulfato. A primeira dose destina-se a corrigir a acidificação devida ao adubo nitrogenado, a segunda dose a corrigir a própria toxidez do alumínio do solo. Deve-se aplicar uma adubação nitrogenada, mesmo que a calagem pareça em primeiro lugar mais conveniente, tem que usar do nitrocalcário ou da ureia em vez do sulfato de amônio ou do fosfato monoamônico, os dois muito acidificantes.*

## 2.5 - O MAPA DE SÍNTESE DO RISCO DE EROSÃO HÍDRICA NO NORDESTE.

### 2.5.1 - Os diferentes mapas dos fatores de erosão já realizados

Viu-se mais acima as concepções dos mapas de síntese do Nordeste:

- da erosividade das chuvas (2.1.1) (anexo 11),
- da erodibilidade dos solos (2.2.5) (anexo 12),
- do relevo e das declividades (2.3.3) (anexo 13).

Falta o mapa da cobertura vegetal (vegetação nativa, pousio, pastagens, áreas cultivadas). Apesar de um sério esforço para estabelecer esse mapa, não se conseguiu obter um bom resultado devido aos meios de trabalho que se teve. Duas possibilidades foram exploradas: a primeira a partir da interpretação das cartas de imagem de radar do projeto RADAM a 1:250.000 de todo o Nordeste em 1980, onde é possível delimitar as áreas cultivadas. O grande número de mapas a examinar, desenhar e reduzir para atingir a escala de 1:5.000.000 impediu a sua realização. A segunda possibilidade diz respeito à fotointerpretação das imagens do satélite à escala de 1:1.000.000 e de 1:500.000 em referência a zonas bem conhecidas do campo (tipo de cultura, de degradação, de ocupação vegetal e humana, etc).

O único lugar onde se poderia consultar e trabalhar com esse material é o CPATSA da EMBRAPA de Petrolina. Infelizmente, o laboratório de fotointerpretação não estava ainda pronto quando houve a possibilidade de realizar esse trabalho.

#### 2.5.2 - O mapa de síntese da densidade de população do Nordeste

Mediante o exposto precedentemente em lugar de considerar o fator ocupação do solo através das áreas cultivadas e da cobertura vegetal, teve-se a idéia de recorrer a uma avaliação indireta da ocupação do solo por meio da densidade de população, que, fora das grandes cidades localizadas no litoral, pode dar no interior, principalmente rural, uma boa estimativa da concentração agrícola. Usou-se do mapa da estrutura territorial do Nordeste (BRASIL-SUDENE-OEA, 1978-1980) a escala de 1:2.500.000 que uma vez simplificado está apresentado no anexo 14.

Esse mapa foi subdividido em 3 classes de densidade:

- classe 1 : densidade fraca < 10 hab/km<sup>2</sup>
- classe 2 : densidade média entre 10 e 25 hab/km<sup>2</sup>
- classe 3 : densidade elevada > 25 hab/km<sup>2</sup>.

O exame desse mapa evidencia uma densidade de população decrescente a medida que se distancia do litoral. A zona mais populosa inclui todo o litoral oriental de Natal até Ilheus e algumas manchas em voltadas capitais (Fortaleza, Teresina, São Luis) e no Sul do Ceará e do Rio Grande do Norte (Crato, Juazeiro, Pau de Ferros, etc). A zona menos povoada estende-se através da maior parte ocidental dos Estados do Maranhão, Piauí, Bahia e Norte de Minas Gerais.

#### 2.5.3 - Estabelecimento do mapa de síntese dos riscos de erosão hídrica do Nordeste

A metodologia adotada é a das superposições. Os diferentes mapas dos fatores da erosão, erosividade das chuvas, erodibilidade do solo, relevo e declividades, cada um deles subdividido em 3 classes, foram sobrepostos entre si. Os novos limites definidos pela superposição determinaram zonas com novas classes dadas pela soma das duas classes colocadas em cima uma da outra. Assim, a primeira superposição foi feita com o mapa da erodibilidade do solo e o do relevo e declividades. O resultado deu um mapa com 5 classes devido às somas das diversas classes sobrepostas: 2(=1+1), 3(=2+1), 4(=2+2), 5(=3+2), 6(=3+3).

Esse mapa que integra o solo e o relevo foi por sua vez posto em cima do mapa da erosividade das chuvas. A nova delimitação obtida deu as seis classes seguintes: 3(2+1), 4(2+2), 5(3+2), 6(3+3), 7(4+3), 8(5+3). A última 9(6+3) não apareceu. Essas classes indicam os riscos de erosão seguintes:

- 3 : riscos muito fracos
- 4 : riscos fracos
- 5 : riscos médios
- 6 : riscos médios a elevados
- 7 : riscos elevados
- 8 : riscos muito elevados.

Esse último mapa que integra a susceptibilidade do solo à erosão, à declividade e à agressividade climática é chamado mapa de síntese dos riscos de erosão hídrica e está apresentado no anexo 15. Ele representa o risco potencial de erosão no caso de cultivo utilizando a força humana, animal ou mecânica leve. Como sobrecarga, foi colocada em cima das unidades das classes 6, 7 e 8 a natureza do ou dos fatores mais importantes, isto é, os mais perigosos, em forma de letras: *c* representa a erosividade das chuvas, *r* o relevo e as declividades, *s* a erodibilidade do solo. Essas letras foram colocadas somente quando o fator determinado atingir o seu valor mais alto, isto é, o valor 3. Quando a letra ficar no meio da unidade a maioria da área dessa unidade está afetada pelo risco. Se a letra ficar descentralizada, o risco ocorre somente em volta do lugar onde ela está colocada.

Essa metodologia deriva, após modificações, da de STOCKING e ELWELL (1973) utilizada na Rhodesia e analisada por MORGAN (1979). Percebe-se na observação dessa carta que as zonas mais expostas a maiores riscos de erosão situam-se no embasamento cristalino precambriano onde os solos são rasos ou pouco profundos, pouco permeáveis, bastante instáveis e onde o relevo é convexo-côncavo ondulado com declividades médias a fortes e acidentada com declividades fortes nas serras.

As áreas sedimentares que representam a maior parte dos Estados do Maranhão, do Piauí e da Bahia e que possuem solos profundos, permeáveis e um relevo plano e suave ondulado são menos submetidas ao perigo erosivo.

A planimetria das classes 7 e 8 dos riscos elevados e muito elevados juntas, dá as seguintes superfícies em cada Estado do Nordeste:

Maranhão	: 8.000 km <sup>2</sup> , seja 2,5 % do Estado
Piauí	: 5.500 km <sup>2</sup> , seja 2,2 % do Estado
Ceará	: 65.000 km <sup>2</sup> , seja 43,9 % do Estado
Rio Grande do Norte	: 4.750 km <sup>2</sup> , seja 9,0 % do Estado
Paraíba	: 27.750 km <sup>2</sup> , seja 49,2 % do Estado
Pernambuco	: 27.000 km <sup>2</sup> , seja 27,5 % do Estado
Alagoas	: 5.750 km <sup>2</sup> , seja 20,7 % do Estado
Sergipe	: 1.250 km <sup>2</sup> , seja 5,7 % do Estado
Bahia	: 81.000 km <sup>2</sup> , seja 14,5 % do Estado
Norte de Minas Gerais	: 14.000 km <sup>2</sup> , seja 11,0 % do Estado

Pode-se notar que são os Estados da Paraíba, do Ceará e de Pernambuco que têm a maior porcentagem de zonas em perigo.

Os municípios mais ameaçados em parte ou na totalidade de suas superfícies são os seguintes:

*Maranhão*: Tasso Fragoso, Balsas.

*Piauí*: Prata do Piauí, S. Felix do Piauí, Elesbão Veloso, Paulistana, Simões.

*Ceará*: Sobral, Groaíras, Irauçuba, Itapajé, Uruburetama, Pentecoste, Apuiarés, Gal. Sampaio, Paramoti, Caridade, Pacoti, Palmácia, Redenção, Guarimiranga, Baturité, Aratuba, Milungu, Canindé, Itatira, Mons. Tabosa, Boa Viagem, Quixadá, Quixeramobim, Pedra Branca, Sen. Pompeu, Mombaça, Salonópolis, Piquet Carneiro, Acopiara, Catarina, Arneirós, Iguatu, Saboeiro, Jucás, Cariós, Cedro, Icô, Atuaba, Antonina do Norte, Assaré, Potengi, Altaneira, Farias Brito, Várzea Alegre, Granjeiro, Caririaçu, Aurora, Milagres, Barro, Abaiara, Mauriti, Lavras da Mangabeira, Umari, Baixio, Ipaumirim, Pereiro.

*Rio Grande do Norte*: Dr. Severiano, S. Miguel, Cel. João Pessoa, Água Nova, Encanto, Riacho de Santana, Luiz Gomes, José da Penha, Paranã, Marcelino Vieira, Pilões, Francisco Dantas, Viçosa, Portalegre, Martins, Frutuoso Gomes, Rafael Cordeiro, Lucrécia, Pati, Almino Afonso, Janduis, Junco, S. Rafael, Jucurutu, Alexandria, Serra Negra do Norte, São João do Saruji.

*Paraíba*: Triunfo, Uiraúna, Lastro, Santa Cruz, Bom Sucesso, Jericó, Brejo dos Santos, Catolé do Rocha, Belém do Brejo da Cruz, Riacho dos Cavalos, São Bento, Paulista, Lagoa, Sousa, Antenor Navarro, S. Helena, Bom Jesus, Cajazeiras, Cachoeira dos Índios, Nazarezinho, São José da Lagoa Tapada, Coremas, Emas, Catingueira, Carrapateira, Aguiar, São José de Piranhas, Piancó, Olho d'Água, Imaculada, Santana dos Garrotes, Boa Ventura, Boqueirão dos Cachos, São José de Caiana, Bonito de S. Fã, Monte Horebe, Serra Grande, Itaporanga, Nova Olinda, Pedra Branca, Curral Velho, Santana de Mangueira, Diamante, Ibiara.  
Soledade, Gurjão, Cubati, Olivados, Pocinhos, Queimadas, Campina Grande, Lagoa seca, Puxinana, Areial, Montadas, Esperança, Alagoa Grande, Serra Redonda, S. Sebastião de La de Roça, Gurinhém, Juarez Távora, Alagoinha, Ingá, Itatuba, Salgado de S. Felix, Aroeira, Umbuzeiro, Pedras de Fogo.

*Pernambuco*: Também, Ferreiros, Imbaúba, Macaparana, S. Vicente Ferrer, Aliança, Vicência, Itaquinha, Machados, Buenos Aires, Nazaré da Mata, Tracunhaém, Carpina, Pau d'Alho, Bom Jardim, Orobó, Surubim, João Alfredo, Limoeiro, Lagoa do Itaenga, Chã de Alegria, Glória de Goitá, Vitória de S. Antão, Pombos, Gravatá, Bezerras, Riacho das Almas, Passira, Feira Nova, Cumaru, Frei Miguelinho, Salgadinho, S. Maria do Cambucá, Taquaritinga do Norte, Vertentes, S. Cruz do Capibaribe, Jataúba, Brejo da Madre de Deus, Toritama, Poção, Pesqueira, Pedra, Arcoverde, Buique, Tuparratinga, Itaíba, Triunfo, Flores, Caetés, Garanhuns, Parantama, S. João, Bom Conselho, Lagoa do Ouro, Correntes, Itubi, Trindade, Bodocó, Granito, Araripina, Ouricuri (sul).

*Alagoas*: Chã Preta, Quebrangulo, Viçosa, Paulo Jacinto, Mar Vermelho, Tanque d'Arca, Belém, Pindoba, Mata Grande, Inhapi, Canpi, Ouro Branco, Maravilha.

*Sergipe*: Lagarto, Simão Dias, Poço Verde.

*Bahia*: Itapicuru, Olíndina, Cipó.

Cansação, Quijingue, Queimadas, Santaluz, Araci, Teofilância, Ser-  
rinha, Ichu, Candeal, Lamarão, Tanquinho, S. Bárbara, Angueira,  
Serra Preta, Riacho do Jacuípe, Ipirá, Castro Alves, S. Teresinha,  
Iaçu, Itaberaba, Boa Vista do Tupim, Ibiquera, Lajedinho, Rui Bar-  
bosa, Utinga, Wagner, Lençóis, Andaraí, Palmeiras, Iraquara, Santo  
Soares, Seabra, Boninal, Barro do Mendes, Macujé, Ibicoara, Piatá,  
Abaira.

Igaporá, Caetitê, Sebastião Laranjeiras.

S. Maria da Vitória, Coribe.

Tabocas de Brejo Velho, Brejolândia, Cetejipe, Angical, Serrolân-  
dia, Várzea do Poço, Miguel Calmon, Jitaúna, Aiquara, Ipiáu, Ubatã,  
Barra do Rocha, Gongosi, Ubaítaba, Aurelino Leal, Uruçuca, Coaraci,  
Itajuípe, Almadina, Barro preto, Ibicarai, Floresta Azul, Ibicui,  
Nova Canaã, Coatiba, Barra do Choça.

Camacan. Mascote, Potiraguá, Itarantim.

*Norte de Minas*: S. Francisco, Mirabela, Brasília de Minas, Ubaí, Coração  
de Jesus, Ubaí, Buritizeiro.

Se se faz coincidir as zonas de classes 7 e 8, isto é, com riscos  
de erosão elevados e muito elevados, com o mapa da densidade de população  
(anexo 14) que é também o mapa de ocupação do solo ou melhor de inci-  
tamento à produtividade agrícola, pode-se situar as regiões *mais expostas  
à erosão ou, às vezes, em fase de erosão*. Trata-se das regiões de Baturi-  
tê, Quixadá, Sobral e Itapipoca no Ceará; de um quadrilátero incluindo as  
regiões de Iguatu, Pau de Ferros, Souza, Crato e Várzea Alegre no Ceará,  
Rio Grande do Norte e Paraíba; do lado oriental da Serra dos Cariris Ve-  
lhos com Campina Grande, Limoeiro, Caruaru e Garanhuns em Pernambuco; da  
região de Palmeiras dos Índios nas Alagoas; das regiões de Ubaítaba, Ita-  
buna e oeste de Canavieiras na Bahia.

O exame do mapa de síntese dos riscos de erosão no Nordeste permite  
localizar as regiões onde o perigo potencial de perdas em solo, no caso de  
cultivo, é maior. A finalidade inicial era construir para a SUDENE um do-  
cumento de síntese situando as regiões mais expostas, de modo a escolher e  
redistribuir racionalmente a implantação de novos estudos, em uma palavra,  
planejar as pesquisas de conservação e manejo do solo que em parte, por  
ela, eram subvencionadas.

É evidente que um tal mapa representa também uma fonte de informa-  
ções práticas e fundamentais, como: zonas a proteger ou a deixar em vege-  
tação natural ou em pastagem, estimações de perdas em solo e água no caso  
desta ou daquela cultura com tal ou qual preparo do solo, eficiência das  
diferentes práticas conservacionistas, etc.



### 3 - DINÂMICA E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO NORDESTE. PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

#### 3.1 - DINÂMICA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

##### 3.1.1 - Estudos em colaboração com o Setor das Bacias Hidrológicas - DRN/DHM/SUDENE

###### 3.1.1.1 - Introdução

Logo depois da fase preliminar em que se tomou conhecimento do complexo meio físico do Nordeste brasileiro e, em particular, de sua zona semi-árida, considerou-se como muito importantes e originais as consequências provocadas pela hidrodinâmica das águas de chuva sobre e no interior do solo. O presente capítulo trata dessas consequências sobre a infiltração e as possibilidades de cultura, sobre o escoamento e as condições de armazenamento dos pequenos reservatórios, sobre a qualidade dessa água e a sua utilização. Desde 1981, após ter analisado os principais resultados das perdas em solo e em água coletados no Nordeste (LEPRUN, 1981, anexo 2), considerou-se indispensável começar a executar uma colaboração pluridisciplinar - que logo se revelou frutuosa - no domínio da caracterização hidrodinâmica dos principais tipos de solo do Nordeste. Por este motivo iniciou-se um trabalho conjunto sobre as diferentes bacias representativas cuja cobertura pedológica não era ainda bem conhecida.

###### 3.1.1.2 - As bacias hidrológicas representativas do Nordeste

A rede das bacias representativas gerada pela D.H.M. da SUDENE está constituída das bacias seguintes: RIACHO DO NAVIO (PE), SUMÉ (PB), JUATAMA (CE), IBIPEBA (BA), TAUÁ (CE), AÇU (RN), ESCADA (PE).

A localização e as principais características das bacias são apresentadas na figura 3.1.1.2.1 e na tabela 3.1.1.2.1 (VIEIRA et alii, 1983). Como se pode constatar a maior parte dessas B.H.R. está distribuída na zona semi-árida, no embasamento cristalino e dá lugar a alguns anos de observação. Cada uma das bacias tem uma estação meteorológica completa, numerosos postos pluviométricos, pluviográficos e vários linígrafos.

O objetivo do estudo das B.H.R. é melhorar o conhecimento dos recursos e possibilidades hídricas das pequenas bacias nas condições físico-climáticas nordestinas. A bacia experimental de SUMÉ (PB) foi instalada em 1981 numa zona homogênea da B.H.R. de SUMÉ para estudar mais detalhadamente o comportamento das águas superficiais com um número de variáveis reduzidas (mesmo solo, mesmo clima, mesma declividade, etc.) e quantificar as variações hidrodinâmicas

Figura 3.1.1.2.1 - (VIEIRA et alii, 1983)

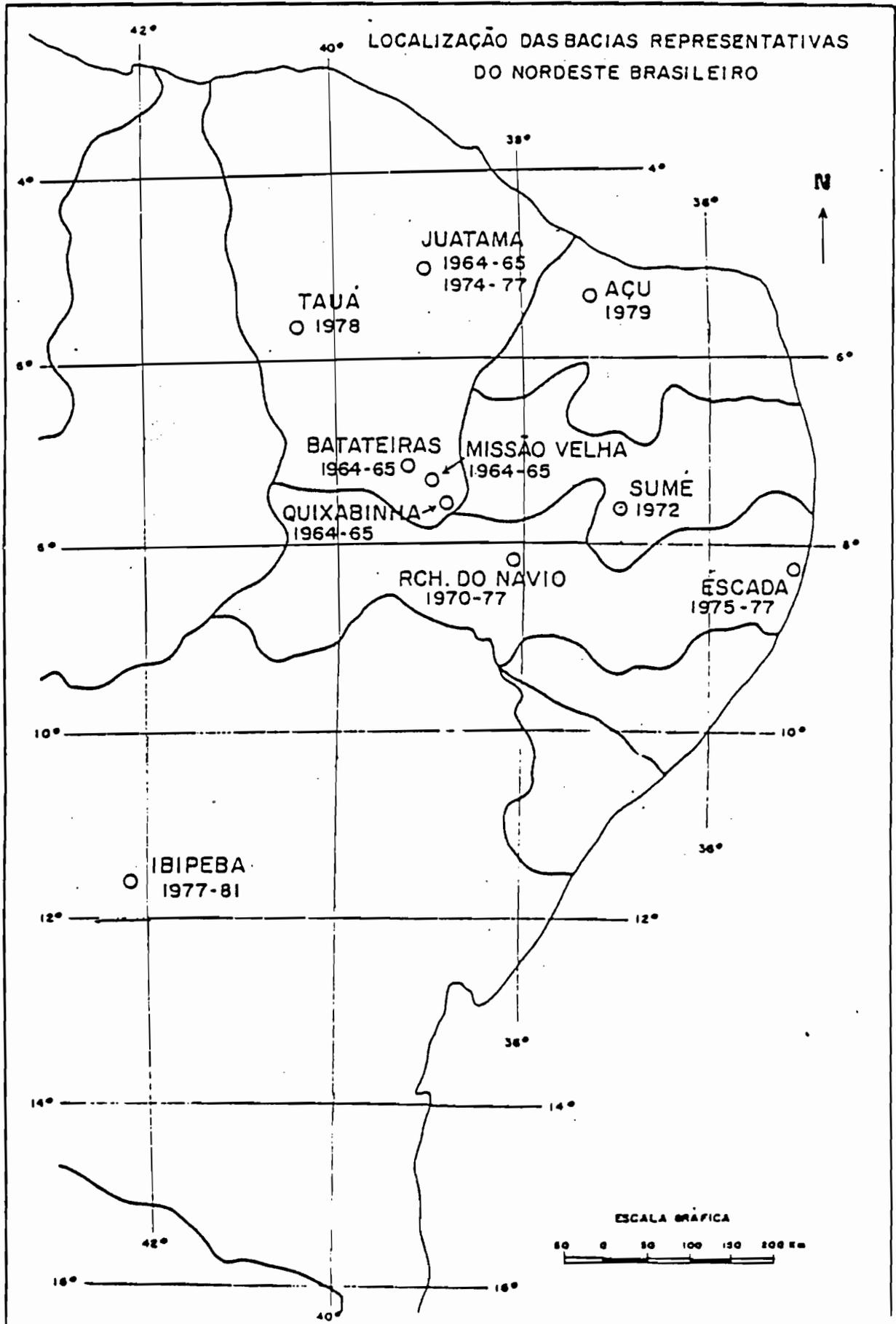


Tabela 3.1.1.2.1 - Principais características das bacias hidrográficas representativas geradas pela SUDENE (tirada de VIEIRA et alii, 1983).

Nome da Bacia	Tipo (1)	Número de sub-bacias (2)	Número de anos de observação	Período das observações	Precipitação média anual (mm)	Classe de Relevo (3)	GEOLOGIA (4)	SOLOS (5)	Estado atual dos Estudos (6)	Órgão operador	Observações
EATATEIMAS	BHR	2	2	1964/65	1.000	R5	SED=AR(+GR)	PE(+LA+RE+AQ+AE)	D, RFC	GVJ	
MISSÃO VELHA	BHR	1	2	1964/65	950	R5	SED=AR	PE+RE (+LA+AE+AQ)	D, RFC	GVJ	
QUIXABINHA	BHR	1	2	1964/65	860	R5	CRIS=META (+GR)	RE(+PE+LA)	D, RFC	GVJ	
JUATAMA	BHR	1	5	1964/65 1975/77	800	R5	CRIS=MAGM	RE+PE+SS+PL (Af1)	D, RFC, RFE	GVJ SUDENE	
RIACHO DO NAVIO	BHR	3	7	1971/77	550	R4/5	CRIS=MAGM META	Re+RE (+Af1 +PL)	D, RFC	SUDENE	
SUMÉ	BHR	3	9	1975/83	550	R3/4	CRIS=MAGM, META	BNC+PE (+RE +Af1)	O, RC, RFE	SUDENE UFPA	Fica em operação para acompanhar a Bacia Experimental de Sumé
ESCALADA	BHR	2	3	1975/77	1.900	R5	CRIS	LA(+PE+Af1)	D, RC, RFE	SUDENE	
IBIPEBA	BHR	5	6	1976/81	600	R4/5	SED-CAL, QZ AR	CE+LA (RE+ Af1+AQ)	D, RC, RFE	SUDENE	
TAUÁ	BHR	3	6	1978/83	550	R2/3	CRIS=MAGM, META	BNC+RE+PL (+SS+V+Af1)	O, RC	SUDENE UFCE	
AÇU	BHR	3	5	1979/83	600	R3	SED= AR (+CAL)	LA+AQ(+PE)	O, RC	SUDENE	Ainda não foi observado escoamento no nível
SUMÉ	BHE	4	2	1982/83	550	-	CRIS=META	BNC	O, RC	SUDENE UFPA	

- (1) BHR = Bacia Hidrográfica Representativa  
BHE = Bacia Hidrográfica Experimental  
(2) Incluindo a Bacia principal, mas unicamente os postos fluviométricos utilizáveis para o cálculo das descargas.  
(3) R5 Relevo forte  
R4 Relevo moderado  
R3 Relevo suave  
R2 Relevo bastante suave

- (4) SED = Rochas Sedimentares  
CRIS: Embasamento Cristalino  
META: Rochas Metamórficas (xistos, gnáissos, micaxistos, parafibólitos, quartzitos, migmatitos...)  
MAGM: Rochas Mágmatícas (granitos largo sensu)  
AR: Arenitos  
GR: Granitos  
QZ: Quartzitos  
CAL: Calcários  
(5) RE: Litólico  
Af1: Afioramento de rocha  
PE: Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Entrofélico  
SS: Solonetz  
PL: Planossolo  
BNC: Bruno Não Cálcico  
CE: Cambissolo  
LA: Latossolo  
V: Vertissolo  
AQ: Areia Quartzosa  
AE: Solos aluviais  
Re: Regossolo

- (6) a) no campo:  
O: em operação  
D: desativada  
b) análise dos dados:  
RC: Relatório de Campanha elaborado  
RF: Relatório Final concluído  
RFE: Relatório (ou síntese) final em elaboração.

provocadas pelas modificações de uma das variáveis do meio ambiente (vegetação, preparo do solo, etc.). Recentes publicações sintetizam os resultados obtidos (VIEIRA et alii, 1983; CADIER e CAMPELLO, 1983; CADIER, FREITAS e LEPRUN, 1983a e 1983b, anexos 7 e 10).

### 3.1.1.3 - Trabalhos realizados no domínio da conservação do solo e da água.

Entre 1981 e 1983 foram levantados os mapas de solos das B.H.R. na seguinte ordem: SUMÉ (PB); IBIPEBA (BA); RIACHO DO NAVIO (PE) (reatualização de um mapa existente executado por GOMES e SANTOS, 1977); TAUÁ (CE); JUATAMA (CE); BATATEIRAS (CE); MISSÃO VELHA (CE); QUIXABINHA (CE); AÇU (RN), os sítios dos testes de infiltração e da implantação das parcelas e das microbacias na bacia experimental. Esses mapas constituem o anexo 16. Os resultados do primeiro ano de dados relativos à bacia experimental de SUMÉ já deram lugar às publicações citadas precedentemente (anexo 7 e 10) e os resultados de perdas em solo e em água foram discutidos anteriormente (parágrafo 2.4.2.4). O segundo ano de dados está em fase de processamento. A continuação do estudo com mudança das variáveis está prevista se as condições financeiras o permitirem.

## 3.1.2 - Síntese das características hidrodinâmicas dos grandes tipos de solo do Nordeste. Principais ensinamentos

### 3.1.2.1 - Generalidades

Sabe-se, desde os trabalhos realizados pelo Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe (G.E.V.J./SUDENE, 1965), que na região semi-árida do Ceará, em áreas cuja maior parte é sedimentar, 92 % da chuva que cai desaparece, seja por causa da evapotranspiração, seja pela drenagem profunda que alimenta o lençol freático. Portanto, somente 8% das águas escoam e pode atingir os açudes ou reservatórios. Como apenas 25 % dessas águas estocadas estão sendo usadas, isto significa que 98 % das águas estão perdidas para o uso humano e agro-pecuário.

Essa avaliação do escoamento médio numa bacia muito extensa, visto que ela pertence ao maior rio temporário do mundo (superfície da bacia cerca de 80.000 km<sup>2</sup>), pode ser adaptada para as áreas cristalinas do embasamento precambriano que representam cerca de 2/3 da superfície de todo o Nordeste. Vários estudos podem ajudar essa avaliação em diferentes condições de clima, de solos, de relevo e de cobertura vegetal, e, assim, tentar uma síntese da hidrodinâmica superficial no Nordeste.

### 3.1.2.2 - Dados tirados dos estudos das bacias hidrológicas representativas

O conjunto das 10 bacias hidrológicas representativas constituído de uma ou algumas sub-bacias (ver tabela 3.1.1.2.1) representa um grande número de dados anuais relativos:

- aos volumes escoados,
- às descargas máximas das cheias,
- às descargas de estiagem e de recessão.

No que diz respeito ao escoamento, uma síntese recente de VIEIRA *et alii* (1983) permite dispor na tabela 3.1.2.2.1 os principais resultados em função dos solos em condição de fraca ocupação das terras.

Tabela 3.1.2.2.1 - Valores médios anuais do coeficiente de escoamento em função da pluviometria em diferentes bacias do Nordeste (segundo dados de VIEIRA *et alii*, 1983).

BACIA	P <sub>ma</sub> (mm) (1)	SOLOS (2)	RELEVO	Coef. de escoamento (%)		
				medio	maxi	mini
RIACHO DO NAVIO (PE)	550	RE + RE	Moderado	1,83	13,8	0,2
SUMÉ (PB)	550	NC + RE + PE	Suave a Moderado	4,16	12,7	0,2
JUATAMA (CE)	800	PE + SS + PL + AR	Forte	13,58	27,0	1,2
IBIPEBA (BA)	600	CE + LA + AQ + RE	Moderado a Forte	1,93	4,9	0,3
TAUÁ (CE)	550	NC + V + PL + RE + SS + AR	Suave	5,63	16,4	0,2
AÇU (RN)	600	LA + PE + AQ + CE	Suave	0,25	0,5	0,1
ESCADA (PE)	1.900	LA + PE	Forte	48,0	49,9	-

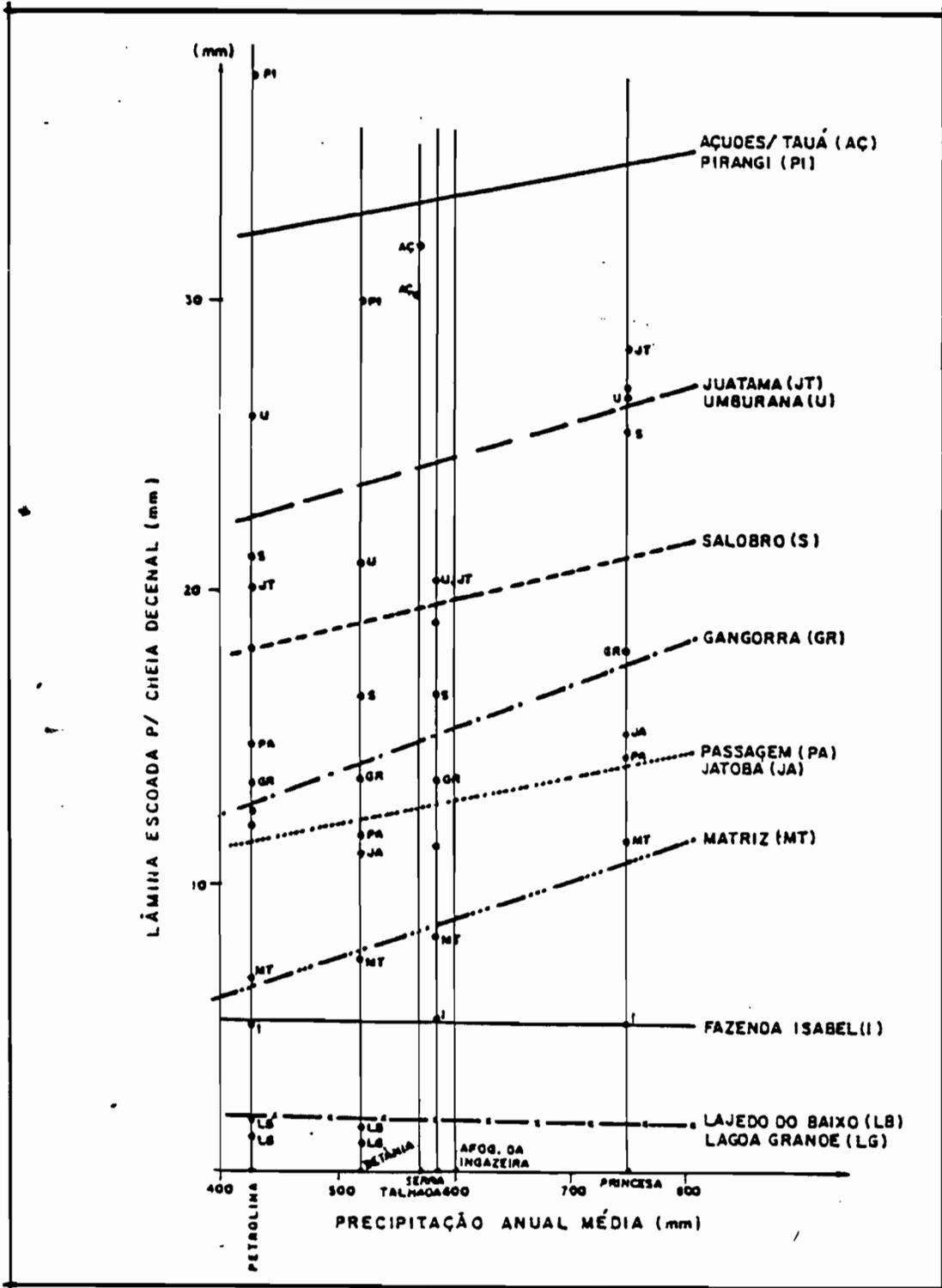
(1) Pluviometria média anual.

(2) RE = Litólicos. RE = Regossolos. NC = Bruno-Não-Cálcicos. PE = Podzólicos V.A. equiv. Eutróficos. SS = Solonetz Solodizados. PL = Planossolos. AR = Afloramentos rochosos. CE = Cambissolos. LA = Latossolos V.A. AQ = Areias Quartzozosas. V = Vertissolos.

Evidencia-se imediatamente a partir dos dados dessa tabela:

- coeficientes de escoamento médio fracos na zona semi-árida, não somente com solos permeáveis, mas também com solos pouco

Figura 3.1.2.2.1 - Lâmina escoada para a cheia decenal nas bacias representativas do Nordeste (tirada de CADIER e CAMPOLLO, 1983).



permeáveis (solos rasos como NC, PL, SS, etc.). Nessa zona a média é de 4,56 % da pluviometria incluindo o dado de Juatama com relevo forte;

- nas mesmas condições de relevo e de pluviometria, os solos pouco espessos e, portanto, com fraca retenção de água e permeabilidade, provocam maiores escoamentos (Sumé, Tauá) do que aqueles com solos profundos e permeáveis (Ibipeba, Açú), o que é lógico;
- o papel importante e patente do relevo no crescimento do escoamento (Juatama);
- o papel muito importante da pluviometria. Quanto maior for a precipitação, maior será o escoamento (apesar da presença de solos muito permeáveis não favoráveis ao "run-off" superficial, o coeficiente de escoamento da bacia de Escada com 1.900 mm de pluviometria anual é 10 vezes superior à média da zona semi-árida).

Mas tudo isso não deve dissimular a complexidade dos processos, sendo os fatores que regem o escoamento não apenas o relevo, a cobertura e a natureza do solo, como também a posição dos solos sobre a vertente (toposequência) e a constituição do substrato geológico. Alguns exemplos podem ilustrar esse fato. Quando a montante de uma bacia existem solos impermeáveis que favorecem um forte escoamento, o mesmo será reduzido ou nulo, se a jusante os solos forem muito permeáveis. É o caso das sub-bacias de Lajedo de Baixo e de Lagoa Grande em Ibipeba. Outro exemplo: a existência de um karst no substrato calcário pode anular o escoamento, como no caso da bacia de Ibipeba (LEPRUN et alii, 1983).

Os modelos chuva-deflúvio ajustados às observações obtidas nas bacias e sub-bacias do Nordeste por CADIER et alii (1982) e sintetizados por CADIER e CAMPELLO (1983) já permitem, graças à reconstituição de séries fictícias de longa duração, gerar os escoamentos e estimar o dimensionamento das represas.

A figura 3.1.2.2.1 tirada do trabalho de CADIER e CAMPELLO (1983) dá a avaliação da lâmina escoada das diferentes bacias para a cheia decenal em função da precipitação média anual. No exame dessa figura pode-se perceber o papel importante do solo e do relevo:

- as bacias que possuem os solos mais permeáveis e mais profundos e que têm, assim, uma importante capacidade de retenção em água, são aquelas que produzem o escoamento mais fraco (somente cerca de 5 mm em Faz. Isabel, Lajedo de Baixo e Lagoa Grande na Bacia de Ibipeba);
- são as bacias que têm os solos mais rasos e mais impermeáveis, portanto, as que atingem rapidamente a capacidade do campo e a saturação em água - e aqui tanto mais rapidamente quanto mais a

cheia é decenal - que causam as lâminas escoadas mais importantes, como na Bacia de Tauá e na sub-bacia de Umburana em Sumé;

- a bacia de Juatama, com relevo muito forte, apesar de ter uma parte de solos profundos, dá lugar a um escoamento forte.

No momento, estamos tentando assegurar mais as relações entre os resultados das simulações e os das características físico-climáticas e, em particular, edáficas das bacias, de modo a extrapolar o método e assim realizar uma regionalização para o Nordeste semi-árido.

### 3.1.2.3 - Dados tirados de estudos pessoais

#### *. O escoamento em função dos solos*

Além dos estudos da influência das características físico-climáticas sobre o comportamento das bacias, outros tipos de estudos foram realizados.

Já se viu mais acima que a pluviometria média anual era um fator importante do escoamento, e que a lâmina escoada aumentava com a quantidade de chuva. Isso parece evidente, mas é necessário que se repita pois significa que uma bacia com determinados tipos de solo que não escoam com 400 mm de precipitações anuais, pode dar lugar a escoamento com 800 mm uma vez o solo saturado. Neste caso, os fatos são mais complexos do que parecem pois não se trata apenas da pluviometria total anual, mas, sim, da ocorrência de uma ou algumas chuvas unitárias ou sucessivas importantes (60 mm e mais) que provocam o escoamento superficial. Essas chuvas podem ser de longa duração, portanto de baixa intensidade e infiltrar-se totalmente causando a saturação de todo o solo e o escoamento da totalidade do excesso da água. Exemplo das chuvas dos dias 13, 14, 15 e 16 de março de 1981 em Sumé (PB), que totalizaram 69 mm caídos com intensidade baixa sem provocar escoamento. As chuvas dos dias seguintes (17, 18 e 19 de março) bastante fortes totalizando 35,5 mm determinaram um escoamento importante. Neste caso pode-se avaliar o estoque máximo de retenção da água do solo Bruno-Não-Cálcico de Sumé em cerca de 70 mm.

As chuvas podem também ser curtas e com fortes intensidades (70 mm/h durante 15 minutos ou mais de 100 mm/h durante alguns minutos) e neste caso, a velocidade de infiltração da água num solo seco sendo inferior à velocidade da queda da chuva, o solo mesmo com permeabilidade forte dará origem a um escoamento superficial. Eis porque os valores do escoamento no caso da cheia decenal (figura 3.1.2.2.1) isto é, que acontece uma vez em cada 10 anos e que são fortes, favorecem comportamentos de solo que se afastam muito daqueles que acontecem com frequência anual. Mas os escoamentos que determinam a cheia decenal são importantes a considerar, pois têm efeitos excepcionais.

Apesar da noção um pouco imprecisa da pluviometria média anual numa região como o Nordeste, onde as variações interanuais das precipitações são das mais importantes do mundo (NIMER, 1979), é muito interessante analisar as relações entre o coeficiente médio de escoamento e a pluviometria média anual. Os dados de deflúvio de 42 açudes distribuídos no Nordeste seco (BORGES, 1977) dão a oportunidade de fazê-lo.

Na tabela 3.1.2.3.1 tirada da publicação de BORGES são apresentados os dados que serviram ao estabelecimento daquela relação. Estes dados foram colocados na figura 3.1.2.3.1 onde se encontram agrupados os açudes com mesmo tipo de solo dominante ou mesma associação de solos e com relevo semelhante.

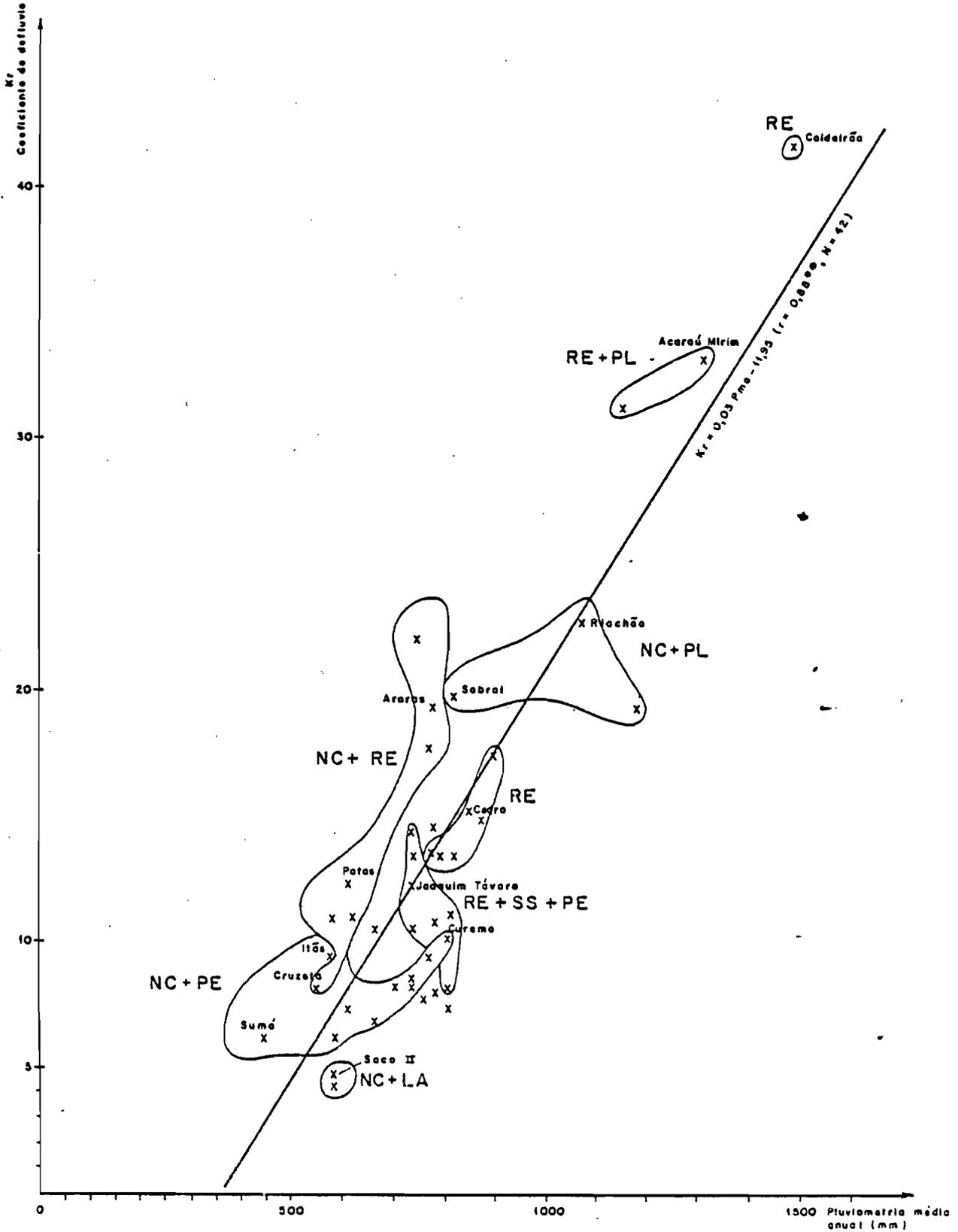
A distribuição dos pontos destaca as seguintes constatações interessantes:

- as boas correlações obtidas permitem calcular um ajustamento linear da forma  $y = 0,03 x - 11,95$  com  $r = 0,88^{**}$  para os 42 açudes onde  $y =$  coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento em % da pluviometria e  $x =$  pluviometria média anual em mm. Isso significa que o coeficiente de escoamento é diretamente proporcional às precipitações. Quanto maior for a quantidade de chuva anual, maior será o deflúvio;
- uma repartição dos diferentes açudes segundo os seus tipos de solos ao longo dessa reta. Os que mais escoam têm bacias que comportam solos Litólicos pouco espessos mas bastante permeáveis que restituem rapidamente a água que se infiltra. Tem-se a mais afloramentos de arenitos lateritizados endurecidos (Caldeirão, PI) ou Planossolos impermeáveis ao nível do horizonte B (Acarau Mirim e Aires de Souza, CE). Os que menos escoam possuem bacias com solos Bruno-Não-Cálcicos associados a Latossolos ou Areias Quartzosas cuja velocidade de infiltração é muito rápida (de 200 a 300 mm/h e mais - ver tabela 2.2.3.2.2). No meio situam-se as bacias com solos Litólicos isolados ou associados aos Solonetz Solodizados (açude Cedro, CE). Ao longo da reta repartem-se os açudes cuja bacia é constituída de solos Bruno-Não-Cálcicos associados a diversos solos. Com solos PE o escoamento mantém-se baixo (Sumé, PB), com Planossolos o escoamento é relativamente alto (açude Riachão, CE);
- um caso interessante é o das bacias com mesmas associações de solos Bruno-Não-Cálcicos mais Litólicos, porém sob pluviometrias diferentes (de 500 a 800 mm) cujos coeficientes de escoamento se distribuem entre 10 (Itans, RN) até 20 % e mais (Sobral, CE). Isso quer dizer que o escoamento, que é a resposta do solo à chuva, varia proporcionalmente com ela e aumenta quando a chuva se intensifica. Em qualquer bacia que tenha essa associação de solos frequente no Sertão, basta saber a pluviometria média anual para estimar o deflúvio.

Tabela 3.1.2.3.1 - Valores do coeficiente de deflúvio em função da pluviometria média anual para 44 açudes do Nordeste (tirada de BORGES, 1977).

AÇUDE	Bacia Tribut. (km²)	MÉDIAS 1915/16 — 1966/67 — VOLUME			Coef. de deflúvio (%)	Volume Máximo de Reserva (10³m³)	Água Disponível (10³m³)
		Precipitação mm/ano	Deflúvio Anual				
			mm	10³m³			
Calcirão.....	170	1 494	618	105	41,4	55	16,0
Doqueirão de Silva..	440	1 100	227	100	19,1	83	26,0
Araras.....	3 320	783	151	533	19,2	1 000	164,0
Aires de Souza.....	1 100	1 160	361	397	31,1	104	62,0
Forquilha.....	178	781	133	24	17,7	50	7,6
Sobral.....	40	810	163	6,5	19,9	4,6	1,5
Acará Mirim.....	460	1 311	435	200	33,2	53	32,0
Santo Antônio Aracati +.....	—	—	—	—	—	—	—
+ Santa Maria.....	460	580	64	27	11,0	33	7,6
Gal. Sampaio.....	1 720	740	46	70	6,2	322	39,0
Caxitoré.....	1 450	732	63	91	8,6	202	62,0
Pereira de Miranda..	2 810	783	73	206	9,4	305	140,0
Riachão.....	23	1 074	214	6,1	22,7	6,6	1,9
Yárca do Dul.....	1 210	611	46	68	7,3	62	5,4
Quisabinha.....	73	893	166	12	17,4	32	2,2
Oró.....	25 000	608	46	1 158	6,0	2 100	434,0
Nova Floresta.....	160	770	105	16,8	12,4	7,6	1,2
Joaquim Távora.....	150	744	93	14	12,4	24	2,8
Riacho do Sangue...	1 210	736	77	93	10,4	61	20,0
Ema.....	100	788	106	10,6	12,4	10,4	10,4
Cedro.....	225	843	128	29	15,1	128	8,4
Bananal.....	13 500	701	64	861	9,1	1 000	330,0
Pedras Brancas.....	1 780	785	111	108	14,2	424	113,0
Quixeramobim.....	8 300	677	73	509	10,6	54	30,0
Santo Antônio Russas	835	732	104	92	14,2	28	6,2
Pau dos Ferros.....	2 050	874	130	267	14,0	88	29,0
Pilões.....	760	737	99	78	12,4	13	1,0
São Gonçalo +.....	—	—	—	—	—	—	—
+ Eng.º Arides.....	1 420	811	112	150	13,3	300	46,0
Curemas +.....	—	—	—	—	—	—	—
+ Mãe d'Água.....	8 200	811	82	670	10,1	1 360	200
Eng.º Arooverde.....	140	746	164	23	22,0	33	4,1
Cruseta.....	900	336	46	41	5,2	30	1,0
Itã.....	1 300	378	31	71	9,3	81	0,0
Sabuji.....	1 200	620	69	83	11,0	65	0,0
Suná.....	780	450	28	22	6,2	37	5,0
Jacurici.....	2 105	551	30	65	6,0	147	23,0
Custódia.....	200	810	90	18	11,0	22	4,1
Poço da Cruz.....	4 930	580	25	124	4,3	500	43,0
Cachoeira II.....	400	811	60	24	7,4	21	3,6
Bos Vista.....	200	581	36	7,2	6,2	16	1,4
Saco II.....	2 535	584	28	70	4,8	123	10,0
Cernama.....	436	773	69	30	8,9	68	16,0
Estreito.....	1 860	758	77	143	10,1	76	36,0
Dico da Pedra.....	1 490	733	61	91	8,3	200	42,0
Lima Campos.....	340	731	85	29	10,8	66	6,0
Patos + Miraima...	1 000	610	76	76	12,4	26,7	6,2

Figura 3.1.2.3.1 - Relação entre a pluviometria média anual, o coeficiente de deflúvio e os tipos de solos para 44 açudes do Nordeste.



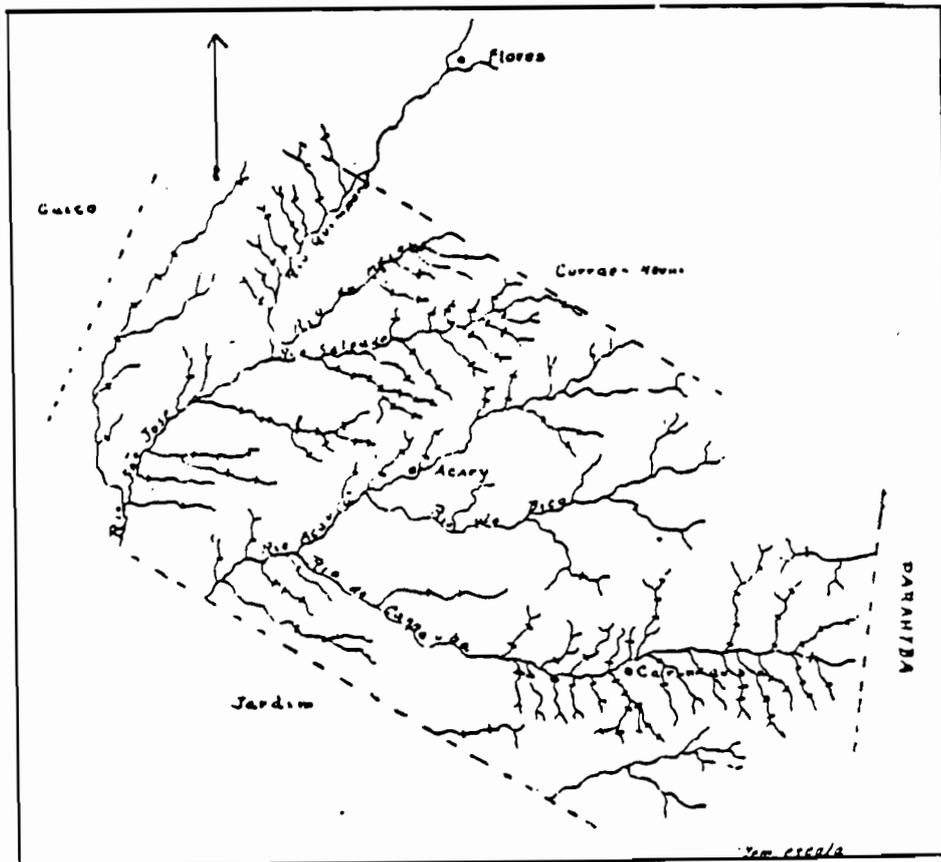
. *Consequências sobre a açudagem*

Faz tempo, na opinião do sertanejo como também do tecnocrata, que a pequena açudagem é a solução do problema do Nordeste seco. O adágio: "No Sertão, vale mais deixar para a família um bom açude do que rico e belo palácio" de F. GUERRA, data de 1902. No entanto, algumas vozes já se elevaram contra a pequena açudagem a favor de grandes açudes (REY in SOUZA BRASIL, 1909), pelas seguintes razões:

- "que os pequenos açudes são mais dispendiosos relativamente à quantidade de água que contêm,
- que se tornam inúteis durante as secas duradouras,
- que cada um serve apenas a um indivíduo".

Esse tipo de problema existe ainda hoje e vamos tentar analisá-lo.

Figura 3.1.2.3.2 - Pequenos açudes particulares no Município de Arary em 1910.



Pequenos açudes particulares no município de Arary  
(Reproduzido de B. Piquet Carneiro, da Comissão de Açudes e Irrigação)

Como se viu anteriormente (tabela 3.1.2.3.1), a média do coeficiente de escoamento em função da pluviometria é de 4,56 %, seja, mais ou menos 5 %. Considerando-se uma pluviometria média anual de 500 mm, que é um valor comumente encontrado no Sertão seco, (ver no mapa anexo 11 as zonas < 600 mm), o escoamento será de 25 mm/m<sup>2</sup>, isto é, 25.000 m<sup>3</sup> por km<sup>2</sup>. Ora, uma análise da densidade dos açudes feita com fotomosaicos, revela valores muito elevados no Sertão dos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba com um açude cada 9 km<sup>2</sup> (SANTIAGO, 1981). A densidade máxima se encontra na região de Quixadá (CE) e no Cariri paraibano com um açude para cada 2 km<sup>2</sup> (REBOUÇAS e MARINHO, 1972). Deve-se notar também a região do Seridó (RN) onde, desde o início do século, mais de 157 propriedades com açudes particulares foram enumeradas em volta de Arary (Fig.3.1.2.3.2 tirada de CRANDALL, 1910).

Além do grande número de açudes públicos, o número de pequenos açudes e reservatórios privados que não foram recenseados cresce cada ano mais e atinge alguns milhares. Desde que a densidade máxima dos açudes corresponda as zonas mais secas do Sertão, pode-se considerar que a maioria dos açudes particulares tem bacia de captação igual ou inferior a 1 km<sup>2</sup> e que por isso, o açude poderá receber apenas 25.000 m<sup>3</sup> por ano de pluviometria média.

Se se considerar uma declividade média de 3 %, frequente no relevo das zonas cristalinas, um açude de 200 m de diâmetro, o que já representa um belo açude particular, terá 2,4 m de profundidade no seu centro para um volume de 25.000 m<sup>3</sup> e neste caso assemelha-se a um cone invertido. Como a lâmina de água evaporada dos açudes do polígono das secas foi estimada em cerca de 2 m por ano (KITOVER, 1963) e os dados de evaporação do tanque de tipo classe A, dos postos gerados pela SUDENE, indicam lâminas de evaporação variando entre 2.500 e 3.000 mm/ano no Sertão seco (médias de 2.895 mm em Sumé e 3.255 mm em Tauá), *pode-se considerar que todos os açudes desse tipo, que recebem uma pluviometria de 500 mm numa bacia de 1 km<sup>2</sup>, e que não têm uma profundidade de água superior a 3 m, ficarão secos anualmente, mesmo que não se use de sua água.* Se se usar da água para o abastecimento humano, do gado e para pequena irrigação o tempo de duração será consideravelmente reduzido a alguns meses. No caso de seca muito prolongada, como a que aflige neste momento aquela Região, o pior pode ser previsto. A pequena açudagem não é portanto o remédio para todos os males do Sertão, e infelizmente as provas estão todos os dias nas manchetes dos jornais e sobretudo na vida do sertanejo.

#### *. Conseqüências da construção de barreiros para fins de irrigação*

A construção de barreiros para uso de irrigação de complementação no Sertão seco, parece depender das mesmas condições do item precedente. Não aí incluídos aqueles cuja construção segue as normas e a seleção criteriosa de SILVA e alii (1981), mas todos os outros - e eles são numerosos - cuja implantação se faz segundo as diretrizes do fazendeiro, no lugar que ele acha mais conveniente e que no

entanto não é o melhor nem para a eficiência do sistema, nem para a ecologia, pois a técnica de barreiros, para fins de irrigação de complementação nas regiões semi-áridas, será eficaz quando for bem conduzida (ICRISAT, 1974). Mas, não é tão fácil aplicar essas normas, pois as condições de topografia e de solos preconizadas (SILVA et alii, 1981) não são frequentes e portanto dificilmente encontradas, apesar do que afirma a circular técnica dos autores. A sucessão de "solos rasos, pedregosos ou rochosos portanto inadequados à agricultura" na área de captação e duzentos metros a jusante de "solos férteis e com profundidade maior do que 0,5 m", infelizmente não constitui a toposequência mais frequente do sertão, muito longe disso, com exceção das zonas aluviais. Muitas vezes o que vimos, foi a implantação sobre o mesmo tipo de solo ou solos próximos (Podzólicos, Latossolos, Bruno-Não-Cálcicos, Solonetz ou Planossolos). A escolha da implantação torna-se difícil, ou porque os solos são permeáveis demais (Latosolos onde o armazenamento de água é muitas vezes impossível de se realizar) ou porque não são bastante profundos e salinizados (Solonetz, Planossolos, etc).

O aspecto mais grave do ponto de vista da conservação é o uso da prática do desmatamento da área de captação para favorecer o escoamento a qual sob vegetação natural é muito fraca (ver tabela 2.4.2.4.3). Este problema não existe nos países de clima semi-árido onde a técnica dos barreiros é vulgarizada e aprovada, como na Índia ou na África seca, onde visitamos algumas experimentações em andamento. A implantação se faz nestes casos, nos lugares sem vegetação alguma, com solos compactados ou com películas superficiais impermeáveis. O desbravamento de 3 ha de caatinga ou de cerrado nativo em bom estado (caso do Piauí & 2.4.2.5) para cultivar 2 ha, parece-nos um crime contra a natureza e não pode ser aprovado por qualquer conservacionista. A finalidade, e neste caso ela se torna duvidosa, não pode motivar todos os meios; pois logo após o desmatamento pode-se prever, baseado nos dados mais acima, que segundo o tipo de solo a perda do mesmo será da ordem de 10 a 80 t/ha. Isso significa que de 30 a 240 t/ha de terra serão arrastados dos 3 ha da área de captação para se depositar no 0,2 ha da área do barreiro, seja com uma densidade aparente média do solo de 1,5 um assoreamento que poderá variar de 1 a 10 cm por ano e que rapidamente entupirá e tornará inútil a função do tubo condutor da água de irrigação que fica na parte baixa do barreiro.

Fora deste aspecto erosão e assoreamento, pensamos que nas zonas muito secas < 500 mm em virtude do que foi dito para a pequena açudagem, levando-se em conta a evaporação, mesmo que não haja infiltração de água no subsolo do barreiro, o sucesso da operação será muito incerto.

### 3.2 - PRIMEIRA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO NORDESTE

#### 3.2.1 - Generalidades. Histórico.

Três fatos motivaram o presente estudo sobre as águas superficiais, o qual não estava previsto nas metas do convênio:

- a) uma constatação precoce que se estabeleceu durante as nossas primeiras viagens pelo Nordeste seco a respeito do problema da salinização. Em sete dias de viagem através do Sertão não conseguimos, uma única vez, beber água sem que a mesma não fosse ao menos um pouco salinizada. Ficamos bastante preocupados com a diferença existente entre essas águas e aquelas, pouco mineralizadas, das zonas secas da África que conhecemos;
- b) a análise e síntese (LEPRUN, 1981, anexo 2) destacando a importância da quantidade e qualidade das águas e de suas consequências no desenvolvimento do Nordeste seco;
- c) a leitura do plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste logo depois de sua publicação (SUDENE, 1980) e, em particular, do seguinte trecho:  
 "Os resultados obtidos neste trabalho revelam a carência de informações mais consistentes sobre a qualidade das águas superficiais do Nordeste. No período compreendido entre 1950 e 1968 praticamente inexistem dados publicados sobre este assunto.  
 Tendo em vista o exposto, verifica-se a necessidade de uma programação definida de avaliação mais apurada da qualidade das águas superficiais.  
 Tal programa deverá prever a coleta de amostras de água em diferentes épocas do ano, e em vários anos, dos rios e açudes das principais bacias do Nordeste.  
 Os resultados obtidos neste programa deverão ser publicados de forma sistemática, de modo a permitir aos interessados fácil acesso aos mesmos, apesar da carência de informações".

O trabalho aqui apresentado será voluntariamente sucinto, pois iniciado há alguns meses, somente agora está em fase de acabamento, não restando bastante tempo, antes da publicação do presente relatório, para tirar os ensinamentos do importante trabalho de análise e de computação realizados. De modo que se acentuará, principalmente, o aspecto útil e aplicável dos resultados mais do que o aspecto científico dos mesmos. Uma publicação completa intitulada: "Avaliação da qualidade das águas superficiais do Nordeste. O problema da salinização e o papel do solo" está em fase de redação e deverá ser publicada no início de 1984. O processamento informático dos dados, da perfuração dos cartões até a gravação em fita foi realizado e financiado pelo ORSTOM, em Paris, e o tratamento do programa, executado durante as nossas férias, na Universidade de Strasbourg.

### 3.2.2 - Material & Método

#### 3.2.2.1 - Material

Dizer que não existem dados sobre as características físico-químicas das águas superficiais no Nordeste não é verdade. Há dados, mas dessiminados, raramente no lugar onde se poderia prever logicamente que estivessem. "A caça" aos dados de análises das águas do Nordeste foi-nos reveladora: 1º) da riqueza dos resultados anteriormente adquiridos - é difícil ser um precursor no Brasil -, 2º) como também da extrema confusão que reina no domínio das informações e resultados científicos no Nordeste, onde as sínteses faltam cruelmente.

Seis meses de intensivo trabalho de investigação e busca de dados foi necessário para conseguir realizar este estudo.

A figura 3.2.2.1.1 dá a localização geográfica da amostragem. Quase todas as amostras foram recolhidas nas zonas semi-áridas do embasamento cristalino precambriano e isso foi feito de propósito devido aos problemas que afrontam essas regiões.

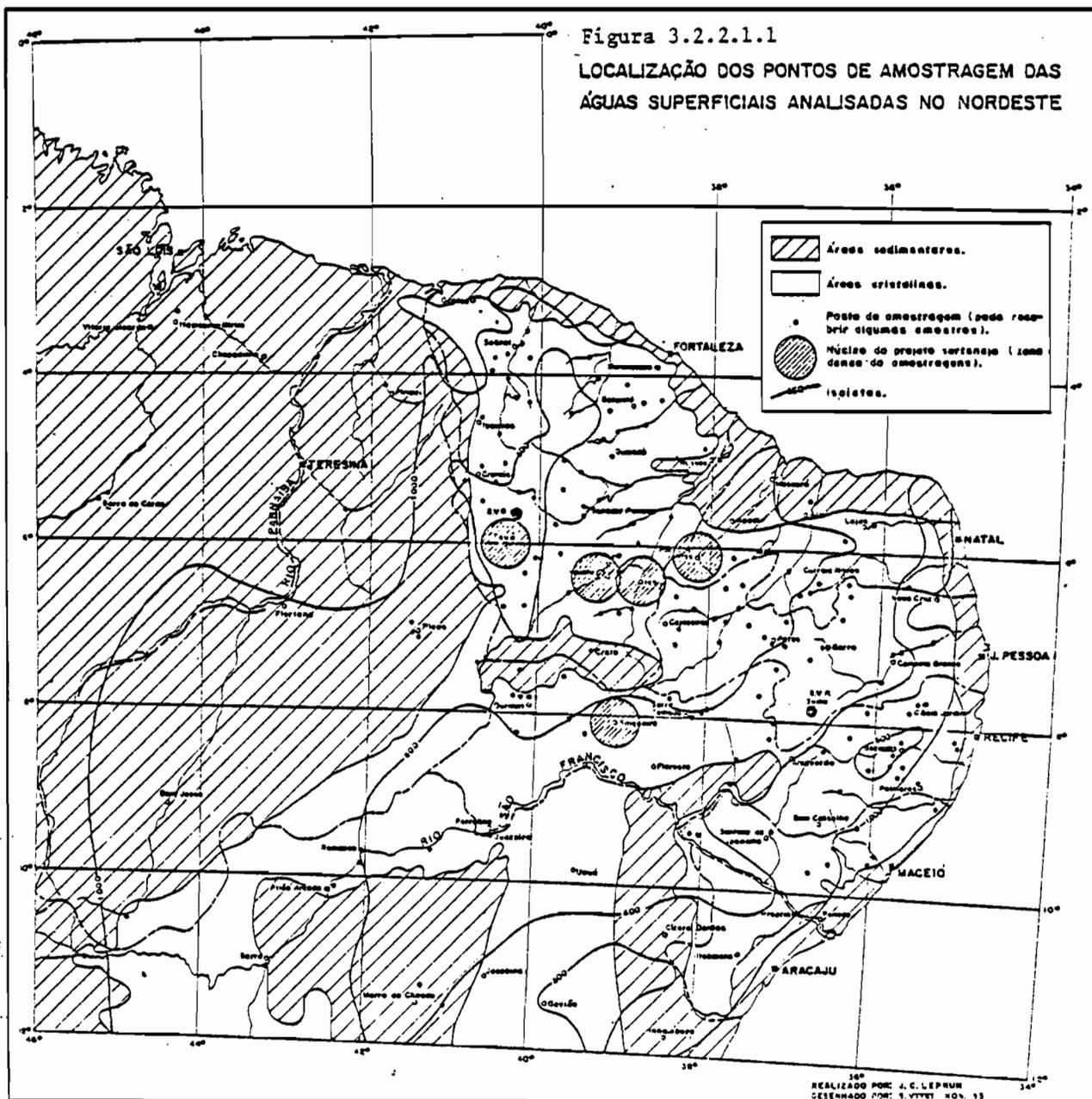
De 504 análises de águas superficiais estudadas, cerca de 300 provêm do estudo hidroquímico das águas de alguns núcleos do projeto Sertanejo (Convênio DRN/RM) realizado em 1978 e 1979. Após a seleção dos poços e açudes a serem inventariados e a coleta de água, as análises foram executadas no Laboratório de análises minerais, setor de análise de água da UFPE, gerado pelo convênio SUDENE/ATECEL cujo chefe de Laboratório é o Dr. FIGUEIRA RAMOS. Aproximadamente, 80 análises foram coletadas no Laboratório do D.N.O.C.S. de Recife sob a direção do Dr. RODRIGUES PEREIRA. Um pouco mais de 40 análises foram tiradas dos registros do Laboratório da SUDENE e cerca de 50 captadas por nós no campo e analisadas neste Laboratório.

As demais foram encontradas em diversas publicações, na verdade pouco numerosas, que usam sempre os mesmos dados e dentre os quais os mais importantes são: PIOGER (1964); YAMAMOTO e ICHIKAWA (1973); ICHIKAWA e TASE (1980); TASE e ICHIKAWA (1980 e 1981); e nos diversos Laboratórios: DNOCS em Fortaleza, EPEAL em Maceió, ITPS em Aracaju, etc.

Das 504 análises repertoriadas, a distribuição das amostras analisadas segundo a origem é a seguinte: açude: 364; cacimbão: 52; poço pouco profundo (2-6 m): 33; rios: 27; riachos e águas de escoamentos superficiais; 16; fontes: 12. Nos açudes algumas amostras foram colhidas na superfície e outras a diferentes profundidades, algumas águas foram coletadas após a estação chuvosa e outras após a estação seca a fim de que se pudesse estudar o efeito da evaporação.

A repartição segundo o Estado onde foi coletada a água é a seguinte: Maranhão: 9; Piauí: 10; Ceará: 253; Rio Grande do Norte: 92; Paraíba: 31; Pernambuco: 87; Alagoas: 8; Bahia: 12.

Figura 3.2.2.1.1  
 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DAS  
 ÁGUAS SUPERFICIAIS ANALISADAS NO NORDESTE



160  
 REALIZADO POR: J. C. LEPRUM  
 CESENHADO POR: S. VIVET, NOV. 53

Não existem amostras analisadas de Sergipe e do Norte de Minas, todavia numerosas análises foram utilizadas ou consultadas (Levantamento dos recusos hídricos de superfície do Estado de Sergipe, CONDEPE, vol. 1, 1974 e 2º Plano de desenvolvimento integrado do Noroeste Mineiro, Recursos naturais, CETEC, Belo Horizonte, 1981) mas não computadas pois muitas vezes essas análises ou não são completas ou ficam um pouco fora do Nordeste, no caso de Minas Gerais.

Somente as análises equilibradas, isto é, cuja soma dos cations e dos anions não diferem de mais de 5 % foram levadas em consideração.

### 3.2.2.2 - Método

Os cartões de dados foram perfurados e os dados gravados em fita magnética nos Serviços científicos centrais do ORSTOM, em Paris, com gravação de 80 caracteres sem fator de bloco em EBCDIC. O programa usado é o do Department of Biomathematics of the University of California, Los Angeles, CA 90024 (213) 825-5940 revisto em 1981. Esse programa foi tratado no departamento das águas do Instituto de Geologia da Universidade de Strasbourg sob a direção do Dr. FRITZ, pelo Dr. CLEMENT, informático.

O número de variáveis é de 21 e inclui o número da amostra, o lugar do município de amostragem, o Estado, a data com o mês e o ano, a origem, a profundidade da coleta e os parâmetros analíticos seguintes: dureza total em  $\text{°F}$ ; pH; condutividade elétrica em micromhos/cm; resíduo seco a  $110^{\circ}\text{C}$ ; Ca, Mg, Na, K, Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{NO}_3$ , todos expressos em mg/l; alcalinidade total em  $\text{°F}$ .

O programa estabelece diretamente para cada grupo isolado da mesma origem, do mesmo Estado e para todos os grupos combinados:

- a) os histogramas de frequência e os parâmetros de distribuição estatística: média, desvio-padrão, erro-padrão sobre a média (SEM), máximo e mínimo dos valores de cada variável e o número de dados;
- b) as correlações entre cada grupo e para todos os grupos combinados para cada variável;
- c) as médias "winsorized", isto é, cujos valores extremos são recalculados (DIXON e MASSEY, 1969) e os valores extremos.

Todos esses resultados não vão poder ser apresentados neste trabalho, eis porque foram escolhidos apenas os mais facilmente interpretáveis e os mais diretamente utilizáveis.

### 3.2.3 - Resultados obtidos

#### 3.2.3.1 - Principais características físico-químicas das águas superficiais do Nordeste.

##### *. Todos os grupos misturados (origem + Estado)*

Os resultados das determinações analíticas são apresentados na tabela 3.2.3.1.1 com os seus testes estatísticos. A média do conjunto das 504 águas corresponde à água dura, de tipo alcalino, bastante mineralizado, com valores elevados de sódio, cloreto e bicarbonato.

##### *. Características físico-químicas em função da origem*

Se se examinar a tabela 3.2.3.1.2 onde são colocados os resultados analíticos segundo a origem, ganha-se em precisão. Pode-se notar a graduação no sentido de um crescimento da mineralização na sucessão açude-rio-cacimba-poço, isto é, segundo a profundidade. Esse crescimento concerne ao resíduo seco, isto é, ao total dos sais dissolvidos e aos ions predominantes Na, Cl e HCO<sub>3</sub> que podem atingir valores máximos muito altos. A variabilidade dos resultados é importante como mostra os valores do desvio-padrão. Os valores de sódio e de cloreto nos cacimbões e poços pouco profundos estão quase acima dos máximos permissíveis pela legislação da potabilidade das águas da comunidade europeia. O exame dos valores da condutividade elétrica, do Cl, Na e HCO<sub>3</sub> indicam que as águas dos rios, cacimbões, e poços estão situadas nas classes que apresentam problemas para a irrigação. Os valores médios dos açudes estão situados abaixo dos limites perigosos, mas com solos inadequados a salinização pode rapidamente ameaçar as cultura. Este problema é analisado mais adiante.

Os resultados detalhados e os histogramas de frequência da condutividade elétrica, do resíduo seco, das concentrações em sódio e cloreto em função da origem estão expostos nas figuras 3.2.3.1.1, 3.2.3.1.2, 3.2.3.1.3 e 3.2.3.1.4.

Da tabela 3.2.3.1.2 precedente pode-se traduzir as concentrações em mg/l em meq/l e representar as relações das médias dos ions da seguinte maneira\*:

	Catiões				Aniões			
Açude	: r Na	> r Ca	> r Mg	> r K	r Cl	> r HCO <sub>3</sub>	> r SO <sub>4</sub>	
Cacimbão	: r Na	> r Mg	> r Ca	> r K	r Cl	> r HCO <sub>3</sub>	> r SO <sub>4</sub>	
Poço	: r Na	> r Ca	> r Mg	> r K	r Cl	> r HCO <sub>3</sub>	> r SO <sub>4</sub>	
Rio	: r Na	> r Mg	> r Ca	> r K	r Cl	> r HCO <sub>3</sub>	> r SO <sub>4</sub>	

\* a letra r anteposta ao símbolo químico indica que os ions são expressos em miliequivalente por litro (meq/l).

Tabela 3.2.3.1.1 - Características analíticas e parâmetros estatísticos das águas superficiais do Nordeste.

PAGE 4 EIUDE LEPKUN

VARIABLE NO. NAME	TOTAL FREQUENCY	MEAN	STANDARD DEVIATION	ST.ERR OF MEAN	COEFF. OF VARIATION	S M A L L E S T VALUE	Z-SCORE	L A R G E S T VALUE	Z-SCORE	RANGE
7 DURETE	474	23.253	44.552	2.0464	1.91599	.800	-.50	450.000	9.58	449.200
8 PH	498	7.678	.724	.0324	.09426	2.500	-7.15	9.800	2.93	7.300
9 CONDUCT	484	623.106	1065.446	48.4294	1.70990	6.000	-.58	9999.000	8.80	9993.000
10 RESIDU	474	383.338	642.349	29.5041	1.67567	6.000	-.59	9999.000	14.97	9993.000
11 CA	501	30.313	41.475	1.8530	1.36824	.400	-.72	678.600	15.63	678.200
12 HG	501	16.217	26.357	1.1775	1.62526	.000	-.62	260.000	9.25	260.000
13 NA	503	66.908	116.188	5.1806	1.73652	.400	-.57	999.900	8.03	999.500
14 K	483	9.078	8.572	.3900	.94428	.200	-1.04	100.000	10.61	99.800
15 CL	496	98.150	165.002	7.4008	1.68111	.200	-.59	999.900	5.47	999.700
16 SO4	475	10.783	28.922	1.3270	2.68222	.000	-.37	380.000	12.77	380.000
17 HCO3	482	131.653	86.999	3.9627	.66082	3.000	-1.48	712.500	6.68	709.500
18 CO3	425	2.673	7.990	.3876	2.98941	.000	-.33	95.900	11.67	95.900
19 NO3	417	4.614	13.317	.6521	2.88648	.000	-.35	59.900	7.16	99.900
20 ALCALI	421	11.368	7.781	.3792	.68449	.000	-1.46	69.600	7.48	69.600
21 PRDF	442	2.404	5.357	.2548	2.22871	.000	-.45	70.000	12.62	70.000

NUMBER OF INTEGER WORDS OF STORAGE USED IN PRECEDING PROBLEM 766  
 CPU TIME USED 14.638 SECONDS

Tabela 3.2.3.1.2 - Características físico-químicas das águas superficiais do Nordeste com todas as origens misturadas.

		pH	COND (1)	RS (2)	Ca (2)	Mg (2)	Na (2)	K (2)	Cl (2)	SO <sub>4</sub> (2)	HCO <sub>3</sub> (2)	NO <sub>3</sub> (2)
AÇUDES (364) *	média	7,73	519,63	314,60	25,89	12,72	53,66	9,62	80,86	7,07	117,95	2,07
	des.padrão	0,58	978,16	629,15	37,47	22,24	100,80	8,43	42,08	8,92	57,53	4,84
	máximo	9,7	>10.000	>10.000	678,6	280,0	>1.000	> 100	>1.000	80,10	373,3	80,00
	mínimo	5,6	44,0	43,0	1,60	0,5	1,3	0,4	0,50	0,00	4,8	0,00
RIOS (27)	média	7,42	592,0	568,27	23,75	19,15	79,7	5,54	157,54	8,95	81,33	1,35
	des.padrão	0,61	794,41	582,91	21,96	22,97	106,2	4,82	227,33	2,62	58,50	2,05
	máximo	8,9	3395,0	2187,0	90,40	90,8	444,0	19,8	897,20	57,80	200,10	5,0
	mínimo	6,4	6,0	6,0	1,60	1,5	0,4	0,3	1,0	0,00	12,20	0,0
CACIMBÕES (52)	média	8,01	1141,95	549,86	37,71	27,12	126,79	9,20	116,44	8,45	187,84	9,52
	des.padrão	0,69	1641,17	619,45	36,71	38,41	179,91	12,22	157,77	10,46	119,54	12,50
	máximo	9,8	7910,0	3098,0	212,0	179,50	810,10	76,70	706,2	68,20	712,50	47,50
	mínimo	4,5	117,0	100,0	4,0	3,20	1,10	0,50	1,0	1,4	17,10	0,0
POÇOS POUCO PROFUNDOS (32)	média	7,62	1150,50	820,59	79,01	41,79	102,99	9,18	196,56	37,26	270,03	28,25
	des.padrão	0,48	890,42	689,10	66,78	36,64	83,44	6,08	226,57	48,95	130,14	37,29
	máximo	8,4	4000,0	3147,0	318,0	140,9	342,0	25,0	860,0	188,3	539,20	99,9
	mínimo	6,6	96,0	75,0	9,6	3,4	1,5	1,0	0,50	4,8	56,10	0,0

\* Número de amostras

(1) Micromhos/cm

(2) mg/l

Figura 3.2.3.1.1 - Parâmetros estatísticos dos valores da Condutividade elétrica em função da origem das águas.

HISTOGRAM OF CONDUCT. (VARIABLE 9). CASES DIVIDED INTO GROUPS BASED ON VALUES OF ORIGINE (VARIABLE 6)

VAR 9	INCONIUE	FORTE	RUISSELS	ACUDE	CACIMB	PULTP	RIACHO	N.O
EXCLUDED VALUES								
TABULATIONS AND COMPUTATIONS WHICH FOLLOW EXCLUDE VALUES LISTED ABOVE								
5100.000								
5200.000								
5300.000								
5400.000								
5500.000								
5600.000								
5700.000								
5800.000								
5900.000								
6000.000								
6100.000								
6200.000								
6300.000								
6400.000								
6500.000								
6600.000								
6700.000								
6800.000								
6900.000								
7000.000								
7100.000								
7200.000								
7300.000								
7400.000								
7500.000								
7600.000								
7700.000								
7800.000								
7900.000								
8000.000								
8100.000								
8200.000								
8300.000								
8400.000								
8500.000								
8600.000								
8700.000								
8800.000								
8900.000								
9000.000								
9100.000								
9200.000								
9300.000								
9400.000								
9500.000								
9600.000								
9700.000								
9800.000								
9900.000								
10000.000								

GROUP MEANS ARE DENOTED BY M'S IF THEY COINCIDE WITH \*'S, N'S OTHERWISE

	INCONIUE	FORTE	RUISSELS	ACUDE	CACIMB	PULTP	RIACHO	N.O
MEAN	.000	651.833	44.000	519.636	1141.957	1150.500	101.800	592.000
STD. DEV.	.000	1209.354	.000	978.164	1641.177	890.421	75.021	794.411
R. S. S. D.	.000	1056.799	.000	526.464	1210.003	867.165	82.057	797.627
S. E. M.	.000	349.111	.000	51.770	241.978	157.406	33.551	142.681
MAXIMUM	.000	3546.000	44.000	9999.000	7910.000	4000.000	200.000	3395.000
MINIMUM	.000	12.000	44.000	44.000	117.000	96.000	8.000	6.000
SAMPLE SIZE	0	12	1	357	46	32	5	31

ALL GROUPS COMBINED (EXCEPT CASES WITH UNUSED VALUES FOR ORIGINE)

SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F VALUE	TAIL PROBABILITY
BETWEEN GROUPS	5358043.9375	5	10716087.875	4.92	.0002
WITHIN GROUPS	1090599.5967	478	2281798.112		

MEAN	623.105
STD. DEV.	1065.447

Figura 3.2.3.1.2 - Parâmetros estatísticos dos valores do resíduo seco em função da origem das águas

HISTOGRAM OF \* PESIDU \* (VARIABLE 10). CASES DIVIDED INTO GROUPS BASED ON VALUES OF \* ORIGINE \* (VARIABLE 6)

	INCONHUE	FORTE	RUISSELS	ACUDE	CACIMB	PUITP	RIACHO	RIO
VAP 10 EXCLUDED VALUES								
TABULATIONS AND COMPUTATIONS WHICH FOLLOW EXCLUDE VALUES LISTED ABOVE								
MIDPOINTS								
9500.000								
9200.000								
8900.000								
8600.000								
8300.000								
8000.000								
7700.000								
7400.000								
7100.000								
6800.000								
6500.000								
6200.000								
5900.000								
5600.000								
5300.000								
5000.000								
4700.000								
4400.000								
4100.000								
3800.000								
3500.000								
3200.000								
2900.000								
2600.000								
2300.000								
2000.000								
1500.000								
1200.000								
800.000								
400.000								
0.000								
GROUP MEANS ARE DENOTED BY N'S IF THEY COINCIDE WITH *'S, N'S OTHERWISE								

	INCONHUE	FORTE	RUISSELS	ACUDE	CACIMB	PUITP	RIACHO	RIO
MEAN	423.403	397.000	50.000	314.809	549.864	920.594	43.333	569.273
STD. DEV.	341.442	737.920	.000	629.130	619.448	669.091	23.029	582.912
F.C.S.D.	331.592	661.722	.000	285.124	507.808	677.806	25.924	641.553
S. E. M.	152.697	217.904	.000	33.392	93.355	121.915	13.296	124.277
MAXIMUM	1115.000	2340.000	50.000	9999.000	3098.000	3147.000	63.000	2187.000
MINIMUM	154.000	7.000	50.000	41.000	100.000	75.000	18.000	6.000
SAMPLE SIZE	5	12	1	355	44	32	3	22

ALL GROUPS COMBINED (EXCEPT CASES WITH UNUSED VALUES FOR ORIGINE)

	MEAN	STD. DEV.
MEAN	353.334	641.349
STD. DEV.	641.349	

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F VALUE	TAIL PROBABILITY	
BETWEEN GROUPS	1705975.9688	6	284329.3281	4.31	.0003	
WITHIN GROUPS	395995.3227	467	848.1700			

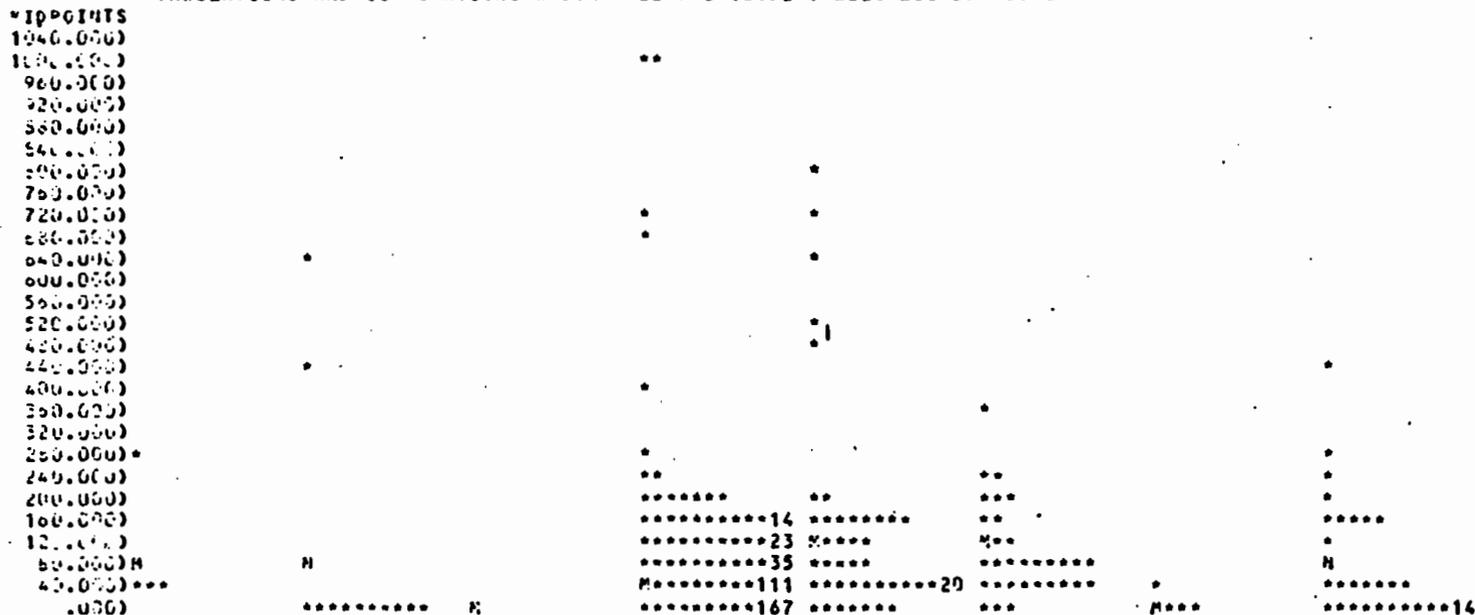
Figura 3.2.3.1.3 - Parâmetros estatísticos dos valores do teor em sódio em função da origem das águas

HISTOGRAM OF \* NA \* (VARIABLE 13). CASES DIVIDED INTO GROUPS BASED ON VALUES OF \* ORIGINE \* (VARIABLE 6)

INCOHNE FONTE RUISSELS ACUDE CACIMB PUITP RIACHO RIO

VAR 13 EXCLUDED VALUES

TABULATIONS AND COMPUTATIONS WHICH FOLLOW EXCLUDE VALUES LISTED ABOVE



GROUP MEANS ARE DENOTED BY M'S IF THEY COINCIDE WITH \*'S, H'S, OTHERWISE

	INCOHNE	FONTE	RUISSELS	ACUDE	CACIMB	PUITP	RIACHO	RIO
MEAN	95.820	96.942	.700	53.661	126.798	102.991	13.400	79.700
STD. DEV.	110.736	211.533	.000	100.799	179.910	63.444	12.952	106.275
ME. S.D.	108.726	193.590	.000	63.307	140.560	23.653	12.107	108.761
S. E. M.	49.523	61.103	.000	5.276	24.949	14.751	5.792	19.075
MAXIMUM	239.800	641.000	.700	999.900	910.100	342.000	35.000	444.000
MINIMUM	20.900	1.300	.700	1.300	1.100	1.500	1.000	.400
SAMPLE SIZE	5	12	1	365	52	32	5	31

ALL GROUPS COMBINED (EXCEPT CASES WITH UNUSED VALUES FOR ORIGINE)

MEAN	66.908
STD. DEV.	115.198

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F VALUE	TAIL PROBABILITY
BETWEEN GROUPS	330936.4244	6	55156.0406	4.24	.0004
WITHIN GROUPS	6445904.1734	496	12995.7745		

Figura 3.2.3.1.4 - Parâmetros estatísticos dos valores do teor em cloreto em função da origem das águas.

HISTOGRAM OF \* CL \* (VARIABLE 15). CASES DIVIDED INTO GROUPS BASED ON VALUES OF \* ORIGINE \* (VARIABLE 6)

	INCORNUE	FONTE	MUISSELS	ACUDE	CACIMB	PUITP	RIACHO	RIO
VAR 15 EXCLUDED VALUES								
TABULATIONS AND COMPUTATIONS WHICH FOLLOW EXCLUDE VALUES LISTED ABOVE								
MIDPOINTS								
1000.000)								
1000.000)			***					
900.000)								
920.000)								
800.000)								*
840.000)						**		
800.000)			*					
700.000)								
720.000)			***		*			
650.000)					*			
640.000)								
600.000)		*			*			
550.000)								*
520.000)			*					*
450.000)						***		
440.000)			****					*
400.000)			**			*		*
380.000)			**					***
320.000)			****		*	**		**
250.000)			*****					
240.000)			*****		**	*		
200.000)			*****		***	N		
100.000)	N		*****15	***	****			N
120.000)			*****23	M****	*****			
30.000)			*****28	*****	****			
40.000)	***		*****107	*****	*****		M	*****
0.000)	*****	M	*****144	*****	*****	***	***	*****

GROUP MEANS ARE DENOTED BY M'S IF THEY COINCIDE WITH \*'S, N'S OTHERWISE

	INCORNUE	FONTE	MUISSELS	ACUDE	CACIMB	PUITP	RIACHO	RIO
MEAN	173.490	144.525	.200	90.363	115.440	196.563	23.375	157.542
STD. DEV.	177.990	317.794	.000	142.079	157.728	226.570	24.012	227.328
AVE. S.D.	175.616	285.463	.000	105.464	127.498	215.354	25.055	241.491
S. E. M.	79.599	91.739	.000	7.479	22.312	40.052	12.006	40.829
MAXIMUM	446.810	999.910	.200	999.900	706.200	860.200	57.000	897.200
MINIMUM	22.700	2.000	.200	.500	1.000	.500	1.500	1.000
SAMPLE SIZE	5	12	1	361	50	32	6	31

ALL GROUPS COMBINED.  
(EXCEPT CASES WITH UNUSED VALUES FOR ORIGINE)

MEAN	96.130
STD. DEV.	165.002

\*\*\*\*\* ANALYSIS OF VARIANCE TABLE \*\*\*\*\*

SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F VALUE	TAIL PROBABILITY
BETWEEN GROUPS	608917.5547	6	101469.5918	3.86	.0009
WITHIN GROUPS	*****	489	26314.5845		

Tabela 3.2.3.1.3 - Algumas características analíticas das águas superficiais segundo o Estado de proveniência.

	PIAUI	CEARÁ	R.G.do NORTE	PARAÍBA	PERNAMBUCO	ALAGOAS	BAHIA
CONDUTIVIDADE média	166,44	505,56	627,00	1.067,65	744,63	2.246,10	85,58
(micromhos/cm) des.padrão	206,76	748,45	536,17	1.991,57	1.075,69	4.114,23	99,73
Resíduo seco média	141,66	351,85	393,60	373,53	452,57	5.024,00	60,91
(mg/l) des.padrão	161,25	518,89	365,22	386,89	465,97	7.035,71	60,91
Ca (mg/l) média	14,49	30,54	31,89	26,60	29,00	80,16	9,40
des.padrão	19,18	32,42	28,03	22,26	28,22	211,34	11,22
Na (mg/l) média	13,90	55,42	76,66	108,79	75,19	235,80	4,72
des.padrão	18,50	95,64	72,06	198,11	107,07	407,89	4,43
Cl (mg/l) média	20,61	70,51	135,40	119,27	153,79	163,55	8,58
des.padrão	29,10	134,53	157,61	187,23	218,99	369,30	10,32
HCO <sub>3</sub> (mg/l) média	74,01	149,07	129,59	149,64	102,01	64,45	40,85
des.padrão	108,64	93,82	66,73	128,70	49,83	81,73	50,01

Figura 3.2.3.1.5 - Parâmetros estatísticos dos valores da Condutividade elétrica em função do Estado de proveniência das águas

HISTOGRAM OF \* CONDUCT \* (VARIABLE 9). CASES DIVIDED INTO GROUPS BASED ON VALUES OF \* ETAT \* (VARIABLE 4)

MARANHAO    PIAUI    CEARA    RIOGN    PARAIBA    PERNAMB    ALAGOAS    BAHIA

VAR 9  
EXCLUDED  
VALUES

\*\*\*\*\*  
TABULATIONS AND COMPUTATIONS WHICH FOLLOW EXCLUDE VALUES LISTED ABOVE

POINTS	MARANHAO	PIAUI	CEARA	RIOGN	PARAIBA	PERNAMB	ALAGOAS	BAHIA
9200.000								
8800.000								
8400.000								
8000.000								
7600.000								
7200.000								
6800.000								
6400.000								
6000.000			**					
5600.000								
5200.000								
4800.000								
4400.000								
4000.000			**			*		
3600.000			*					
3200.000			*			*		
2800.000						*		
2400.000						**		
2000.000			***	**		*	N	
1600.000			*****	**	*	***		*
1200.000			*****16	*****	M***	*****		
800.000	*		*****24	M*****16	**	M*****		
400.000	**		*****114	*****51	*****	*****28		*
0.000	*****		*****76	*****	*****	*****29	*****	*****

GROUP MEANS ARE DENOTED BY M'S IF THEY COINCIDE WITH \*'S, N'S OTHERWISE

	000	156.444	509.560	627.000	1967.654	744.632	2246.100	25.593
MEAN	.000	156.444	509.560	627.000	1967.654	744.632	2246.100	25.593
STD.DEV.	.000	206.767	748.451	536.476	1991.571	1225.695	4114.231	99.735
4.E.S.D.	.000	211.415	517.799	487.170	1426.997	816.406	4096.975	69.652
S.E.M.	.000	69.922	47.527	55.931	390.579	109.966	1301.034	26.791
MAXIMUM	.000	625.000	5882.000	3077.000	7910.000	7143.000	9999.000	385.000
MINIMUM	.000	5.000	50.000	115.000	44.000	12.000	69.000	6.000
SAMPLE SIZE	9	9	248	92	26	87	10	12

ALL GROUPS COMBINED  
(EXCEPT CASES WITH UNUSED VALUES  
FOR ETAT )

MEAN	625.105
STD.DEV.	1065.447

\*\*\*\*\* ANALYSIS OF VARIANCE TABLE \*\*\*\*\*

SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F VALUE	TAIL PROBABILITY
BETWEEN GROUPS	*****	6	6884489.5625	6.48	.0000
WITHIN GROUPS	*****	477	1062859.1494		

Figura 3.2.3.1.6 - Parâmetros estatísticos dos valores do resíduo seco em função do Estado de proveniência das águas.

HISTOGRAM OF \* RESIDU \* (VARIABLE 10). CASES DIVIDED INTO GROUPS BASED ON VALUES OF \* ETAT \* (VARIABLE 4)

MARANHAO PIAUI SEARA RIOGRN PARAIBA PERNAMB ALAGOAS BAHIA  
 VAR 10  
 EXCLUDED  
 VALUES

TABULATIONS AND COMPUTATIONS WHICH FOLLOW EXCLUDE VALUES LISTED ABOVE

VALUES	MARANHAO	PIAUI	SEARA	RIOGRN	PARAIBA	PERNAMB	ALAGOAS	BAHIA
5610.000								
5200.000								
4800.000								
4400.000								
4000.000								
3600.000								
3200.000								
2800.000								
2400.000								
2000.000								
1600.000								
1200.000								
800.000								
400.000								
0.000								
400.000	M****	**	M*****19	M*****43	M**	M*****26	*	M*****
0.000	*****	M*****	M*****137	M*****31	M*****	M*****34	*	M*****

GROUP MEANS ARE DENOTED BY M'S IF THEY COINCIDE WITH \*'S, N'S OTHERWISE

	MARANHAO	PIAUI	SEARA	RIOGRN	PARAIBA	PERNAMB	ALAGOAS	BAHIA
MEAN	213.700	141.667	351.854	393.607	373.529	452.573	5024.000	60.917
STD. DEV.	78.67	161.253	518.390	305.224	386.889	455.977	7035.712	60.915
P.E.S.D.	98.039	161.293	350.436	313.071	409.050	436.990	8117.968	42.853
S.E.M.	24.877	53.751	32.623	36.714	93.834	51.458	4975.000	17.535
MAXIMUM	344.000	476.000	4020.000	2138.000	1351.000	2340.000	9999.000	234.000
MINIMUM	114.000	19.000	43.000	72.000	50.000	33.000	49.000	6.000
SAMPLE SIZE	10	9	253	89	17	82	2	12

ALL GROUPS COMBINED  
 (EXCEPT CASES WITH UNUSED VALUES  
 FOR ETAT )

MEAN	383.373
STD. DEV.	642.349

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F VALUE	TAIL PROBABILITY
BETWEEN GROUPS	*****	7	6541034.8750	20.41	.0000
WITHIN GROUPS	*****	466	320554.5625		

Figura 3.2.3.1.7 - Parâmetros estatísticos dos valores do teor em sódio em função do Estado de Proveniência das águas.

HISTOGRAM OF \* NA \* (VARIABLE 13). CASES DIVIDED INTO GROUPS BASED ON VALUES OF \* ETAT \* (VARIABLE 4)

MARANHAO PIAUI GEARA RIOGN PARAISA PERNAMB ALAGOAS BAHIA  
 VAR 13 EXCLUDED VALUES

TABULATIONS AND COMPUTATIONS WHICH FOLLOW EXCLUDE VALUES LISTED ABOVE

WIDPOINTS  
 1000.000  
 1000.000  
 900.000  
 820.000  
 760.000  
 720.000  
 680.000  
 640.000  
 600.000  
 560.000  
 520.000  
 480.000  
 440.000  
 400.000  
 360.000  
 320.000  
 280.000  
 240.000  
 200.000  
 160.000  
 120.000  
 80.000  
 40.000  
 0.000

GROUP MEANS ARE DENOTED BY M'S IF THEY COINCIDE WITH A'S, N'S OTHERWISE

YEAR	29.410	13.900	55.435	76.664	106.793	75.192	235.800	4.725
STD. DEV.	23.236	12.308	95.639	72.053	195.111	107.071	407.891	4.435
MEAN	26.576	19.143	68.120	66.060	144.914	92.087	403.734	4.516
S. E. M.	7.348	6.169	5.977	7.513	38.126	11.479	128.986	1.279
MAXIMUM	75.900	47.500	705.000	400.000	510.100	641.000	999.900	15.000
MINIMUM	12.400	1.100	1.100	2.400	.700	1.700	9.000	.400
SAMPLE SIZE	10	9	256	92	27	97	10	12

ALL GROUPS COMBINED  
 (EXCEPT CASES WITH UNUSED VALUES  
 FOR ETAT )

MEAN 66.908  
 STD. DEV. 116.156

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F VALUE	TAIL PROBABILITY
BETWEEN GROUPS	460345.4219	7	65763.6309	5.15	.0000
WITHIN GROUPS	6316495.2371	495	12760.5964		

Figura 3.2.3.1.8 - Parâmetros estatísticos dos valores do teor em cloreto em função do Estado de proveniência das águas.

HISTOGRAM OF CL (VARIABLE 15). CASES DIVIDED INTO GROUPS BASED ON VALUES OF ETAT (VARIABLE 4)

	MARANHAO	PIAUI	CEARA	RIOGN	PARAIBA	PERNAMB	ALAGOAS	BAHIA
VAR 15 EXCLUDED VALUES								
TABULATIONS AND COMPUTATIONS WHICH FOLLOW EXCLUDE VALUES LISTED ABOVE								
MIDPOINTS								
1040.000)			**			*	*	
1000.000)								
920.000)						*		
880.000)			*	*				
840.000)				*				
800.000)					*	***		
760.000)					*			
720.000)			*					
680.000)						*		
640.000)			*			*		
600.000)						*		
560.000)						*		
520.000)				*		*		
480.000)		**		*		*		
440.000)		***		**		*		
400.000)		*		*		**		
360.000)						*****		
320.000)		*	*****	*		**		
280.000)		**	**	**		**		
240.000)		*****	**	*		**		
200.000)		****	*****			**		
160.000)		*****	****	*		M****	N	
120.000)		*****14	M*****	M**		*****		
80.000)	**	M*****15	*****16	***		*****		
40.000)	N	*****79	*****23	*****		*****26	**	
0.000)	*****	*****111	*****	*****		*****28	****	M*****

GROUP MEANS ARE DENOTED BY N'S IF THEY COINCIDE WITH P'S, N'S OTHERWISE

MEAN	47.150	27.611	70.509	135.408	119.269	153.795	163.557	8.583
STD. DEV.	47.044	29.109	134.529	157.610	187.238	213.995	369.301	10.324
R.E.S.D.	53.294	29.771	94.516	140.446	155.505	204.478	323.482	10.836
S. E. M.	14.578	9.703	3.458	16.432	36.720	23.479	139.583	2.990
MAXIMUM	141.500	75.100	999.900	950.000	706.200	999.900	999.900	31.000
MINIMUM	8.900	1.500	.500	11.500	.200	.500	8.000	1.000
SAMPLE SIZE	10	9	253	92	26	87	7	12

ALL GROUPS COMBINED (EXCEPT CASES WITH UNUSED VALUES FOR ETAT)

		ANALYSIS OF VARIANCE TABLE					
		SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F VALUE	TAIL PROBABILITY
MEAN	98.150	BETWEEN GROUPS	806317.1094	7	115473.8721	4.45	.0001
STD. DEV.	165.002	WITHIN GROUPS	*****	488	25959.6973		

Essas relações e em particular as seguintes:  $r \text{Cl} > r \text{HCO}_3 > r \text{SO}_4$  e  $r \text{Na} > r \text{Ca} > r \text{Mg} > r \text{K}$  permitem classificar o tipo dominante das águas superficiais do Nordeste semi-árido como cloretadas sódicas, isto é, do mesmo tipo daquele das águas subterrâneas provenientes das mesmas zonas (CRUZ e MELO, 1974).

Os diagramas logarítmicos de SCHOELLER-BERKALOFF (figura 3.2.4.4.2 mais adiante) ilustram a representação gráfica desses tipos de água.

.. *Características físico-químicas em função do Estado de proveniência*

A tabela 3.2.3.1.3 agrupa os resultados analíticos das águas estaduais todas as origens misturadas.

Nas figuras 3.2.3.1.5, 3.2.3.1.6, 3.2.3.1.7 e 3.2.3.1.8 são colocados os histogramas de frequência e os parâmetros estatísticos referentes à condutividade elétrica, ao resíduo seco e aos teores em sódio e cloreto.

A observação da tabela e das figuras precedentes permite constatar que as águas mais mineralizadas são procedentes do Estado de Alagoas onde a salinidade é altíssima e em seguida vem a Paraíba e Pernambuco. O exame de mais de 50 águas originárias de Sergipe e de 23 águas provenientes do Norte de Minas Gerais autoriza o estabelecimento da sucessão seguinte na ordem de mineralização decrescente:

Alagoas > Sergipe > Paraíba > Pernambuco > Rio G. do Norte > Ceará > Maranhão > Piauí > Bahia

.. *Conclusões parciais*

Levando-se em consideração o que precede podemos perceber que as águas superficiais mais mineralizadas (resíduo seco de 500 a mais de 10.000 mg/l, condutividade elétrica de 750 a 15.000 micromhos/cm) derivam das regiões secas sobre rochas cristalinas, portanto, as águas superficiais menos mineralizadas pertencem às regiões mais úmidas localizadas preferencialmente nas rochas sedimentares (Resíduo seco inferior a 500 mg/l, condutividade elétrica inferior a 750 micromhos/cm).

As águas superficiais da zona semi-árida do embasamento cristalino são do tipo cloreto-sódico, têm reação alcalina, são duras a muito duras segundo a classificação de KLUT-OLZEWSKI, têm salinidade total elevada com resíduo seco médio > a 500 mg/l. A composição química média dessas águas pode ser representada no gráfico a seguir de STABLER (figura 3.2.3.1.9).

Figura 3.2.3.1.9

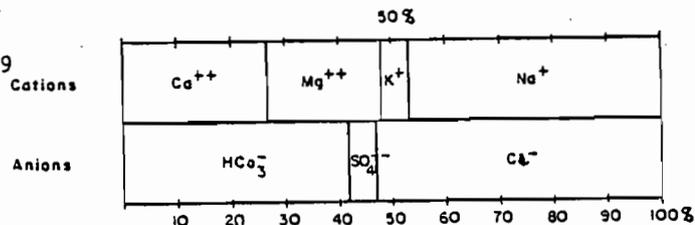


Figura 3.2.3.1.9 - Composição média das águas superficiais segundo o método de STABLER.

### 3.2.3.2 - Principais correlações encontradas

Tendo o programa calculado duas a duas todas as correlações entre as variáveis, obteve-se uma grande quantidade de correlações altamente significativas (por exemplo ver a tabela 3.2.3.2.1). Dessas correlações destacam-se somente aquelas que são as mais úteis para o uso e a determinação da qualidade das águas e também as que têm os coeficientes de correlação mais altos. Nas equações obtidas as concentrações são expressas em mg/l e as condutividades elétricas em micromhos/cm.

. *Correlações encontradas a partir dos dados de todos os grupos misturados (origens e Estados juntos).*

- Entre o resíduo seco (y) e a condutividade (x) os 454 pares de variáveis se ajustam segundo uma reta de regressão da forma:

$$x = 1,20 y + 103,84 \quad |13|$$

$$y = 0,67 x + 3,66 \quad |14|$$

com um excelente coeficiente de correlação r de 0,90\*\* (figura 3.2.3.2.1).

- Existe uma correlação estreita entre o teor em sódio (y) e a condutividade (x) com 483 pares de dados, as equações encontradas são as seguintes:

$$x = 8,33 y + 61,15 \quad |15|$$

$$y = 0,10 y + 4,05 \quad |16|$$

com um r excelente de 0,92\*\* (figura 3.2.3.2.2).

- Foi encontrada também uma boa correlação entre o teor em Cl(y) e a condutividade (x)

$$x = 4,71 y + 123,21 \quad |17|$$

$$y = 0,14 x + 14,40 \quad |18|$$

com N = 479 e r = 0,82\*\* (figura 3.2.3.2.3).

Estas equações permitem calcular diretamente, com boa estimativa, o resíduo seco que representa o total de sólidos dissolvidos e os teores em Na e Cl que são importantes na avaliação da qualidade da água, a partir dos valores da condutividade facilmente medida no campo com ajuda de um condutivímetro funcionando com pilha ou bateria (ver mais adiante a correlação com o R.A.S.).

. *Correlações encontradas a partir dos dados agrupados segundo a origem.*

É interessante saber quais são as correlações entre as

Figura 3.2.3.2.1 - Correlação entre os valores do resíduo seco e da condutividade nas águas superficiais.

PAGE 6 ETUDE LEPRUN

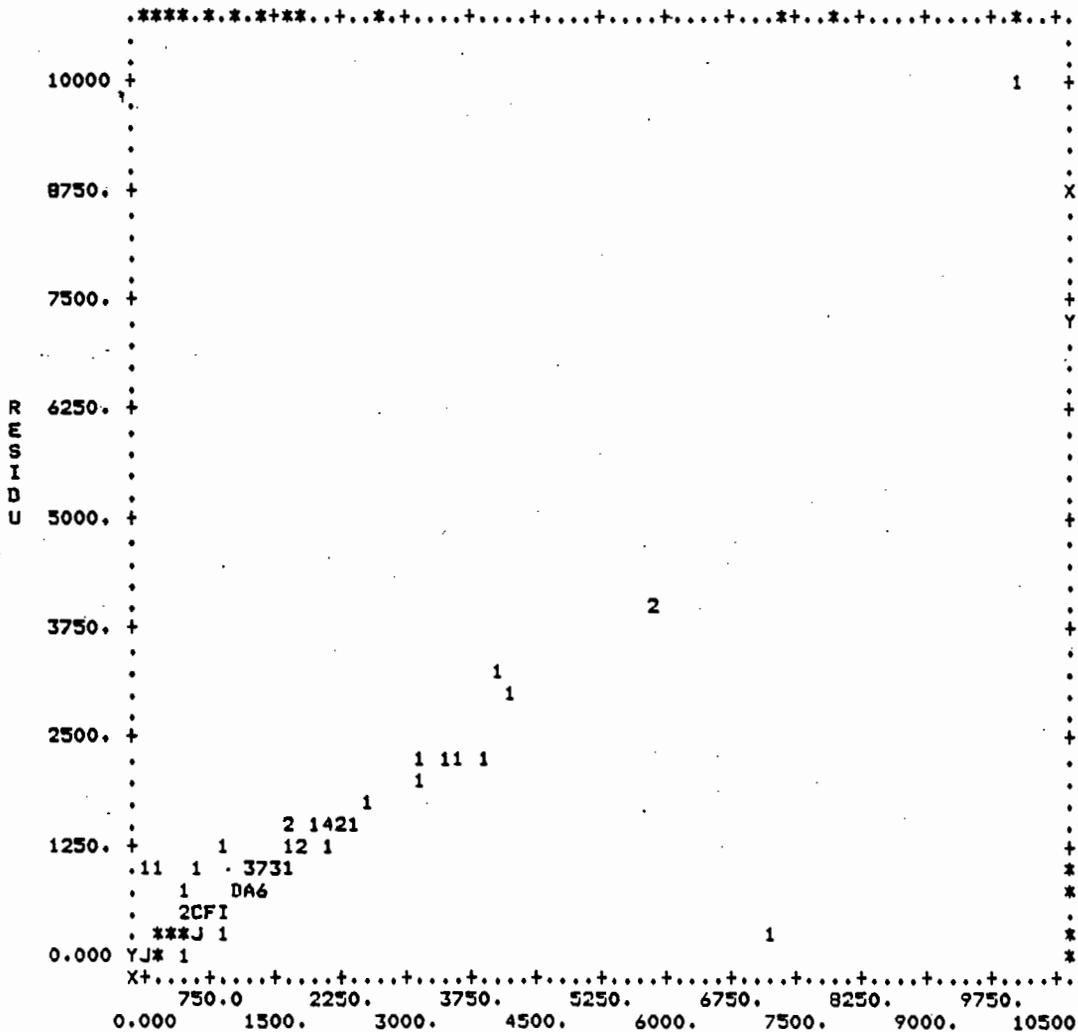
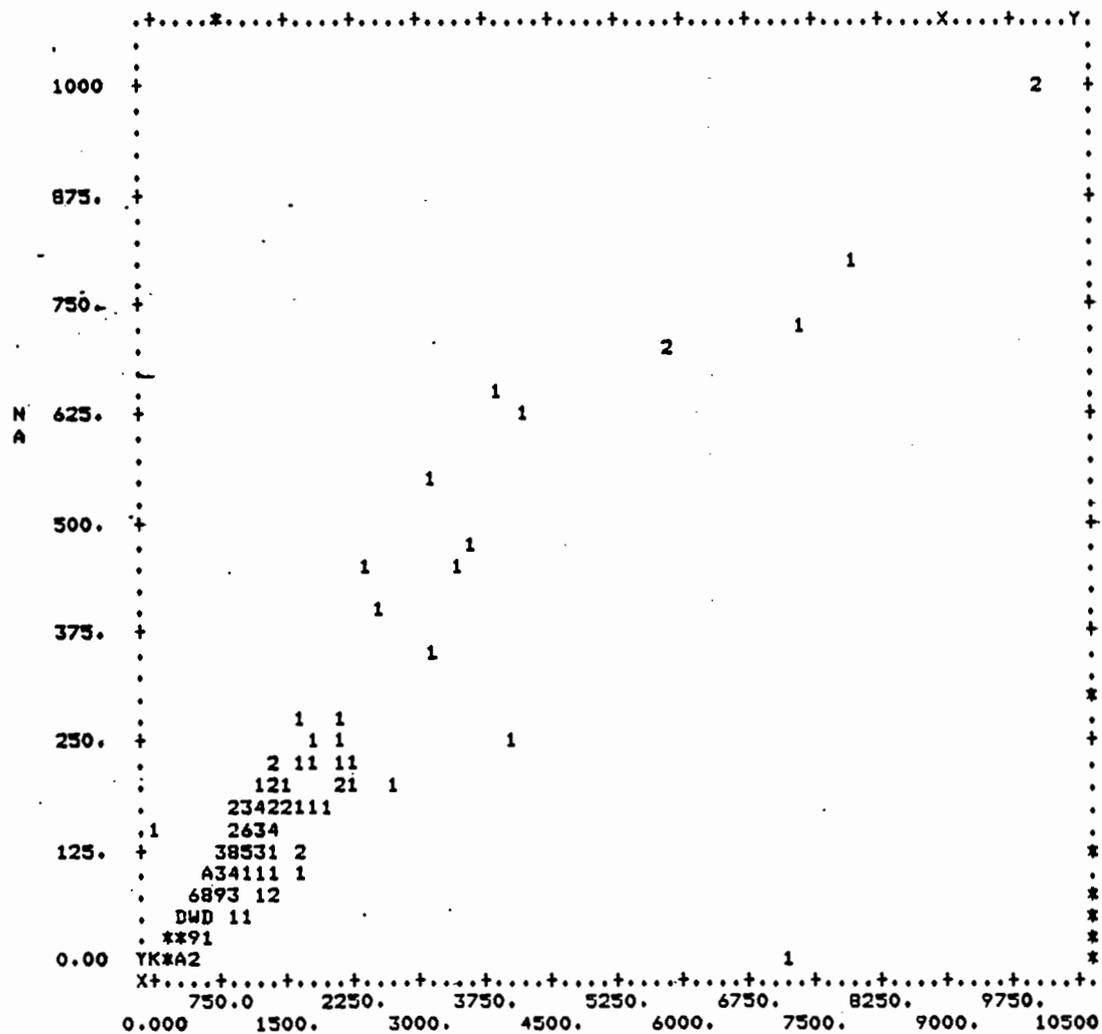


Figura 3.2.3.2.2 - Correlação entre os valores da concentração em sódio e da condutividade nas águas superficiais.

PAGE 9 ETUDE LEPRUN



N= 483  
CDR= .9206

CONDUCT

	MEAN	ST.DEV.	REGRESSION LINE	RES.MS.
X	622.80	1066.5	X= 8.3290*Y+ 61.154	173741
Y	67.433	117.89	Y= .10176*X+ 4.0553	2122.7

VARIABLE 9 CONDUCT VERSUS VARIABLE 13 NA

Figura 3.2.3.2.3 - Correlação entre os valores da concentração em cloreto e da condutividade nas águas superficiais.

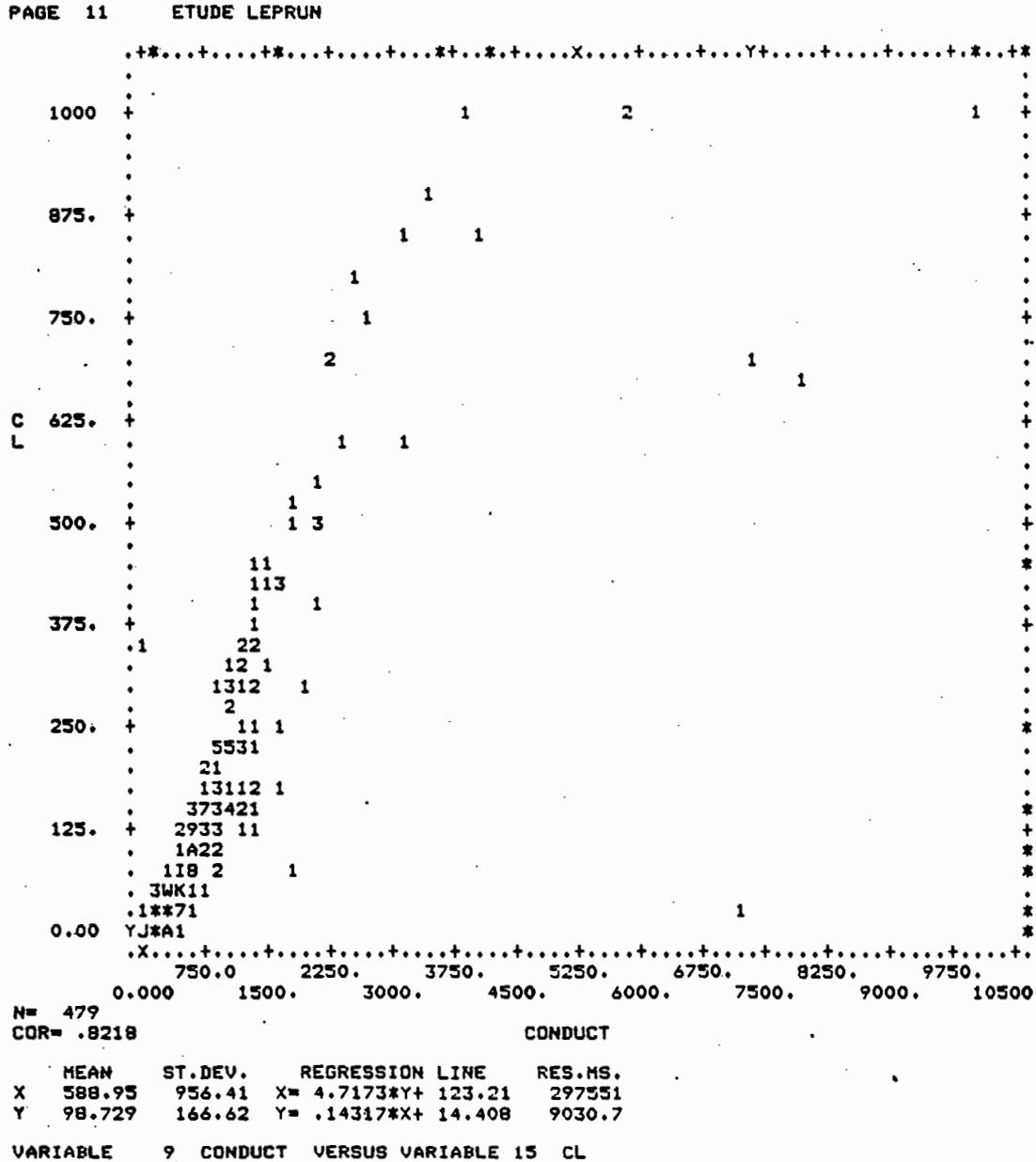


Figura 3.2.3.2.4 - Distribuições das concentrações do resíduo seco em função da condutividade elétrica em diferentes águas.

PAGE 9 HYDRO ETUDE LEFRUA

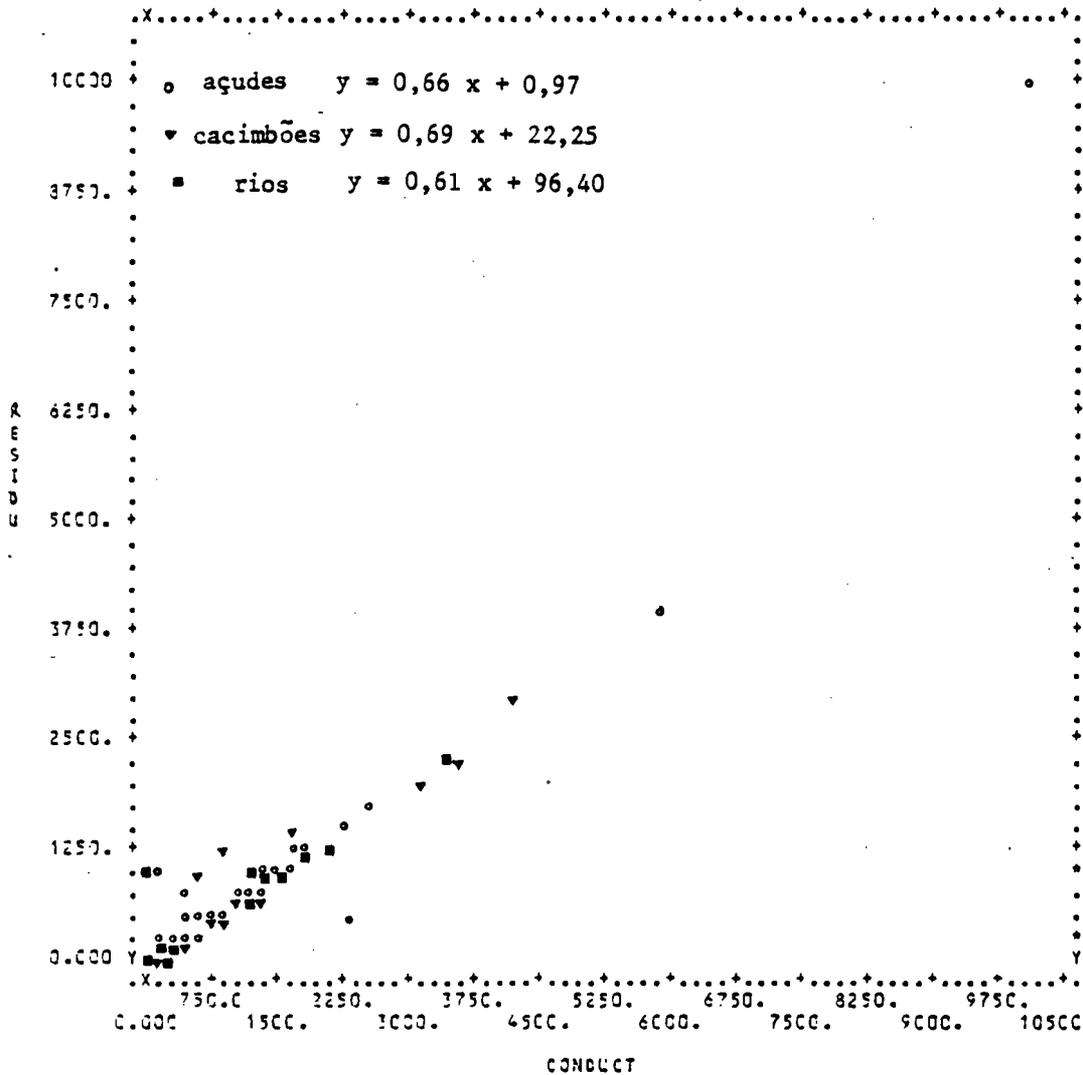


Figura 3.2.3.2.5 - Distribuição das concentrações em sódio em função da condutividade elétrica em diferentes águas.

PAGE 13 3MCP60 ETUDE LEFRUN

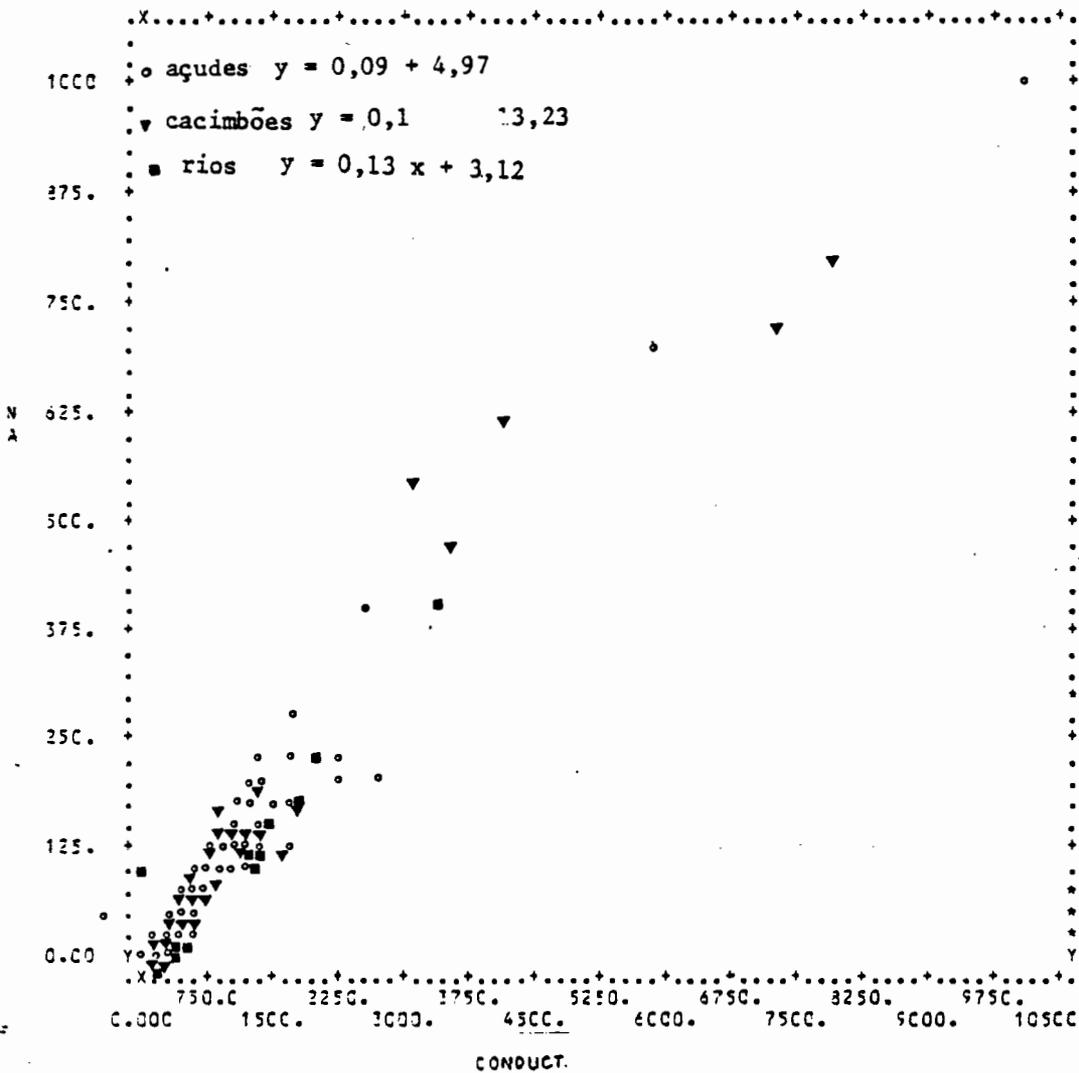
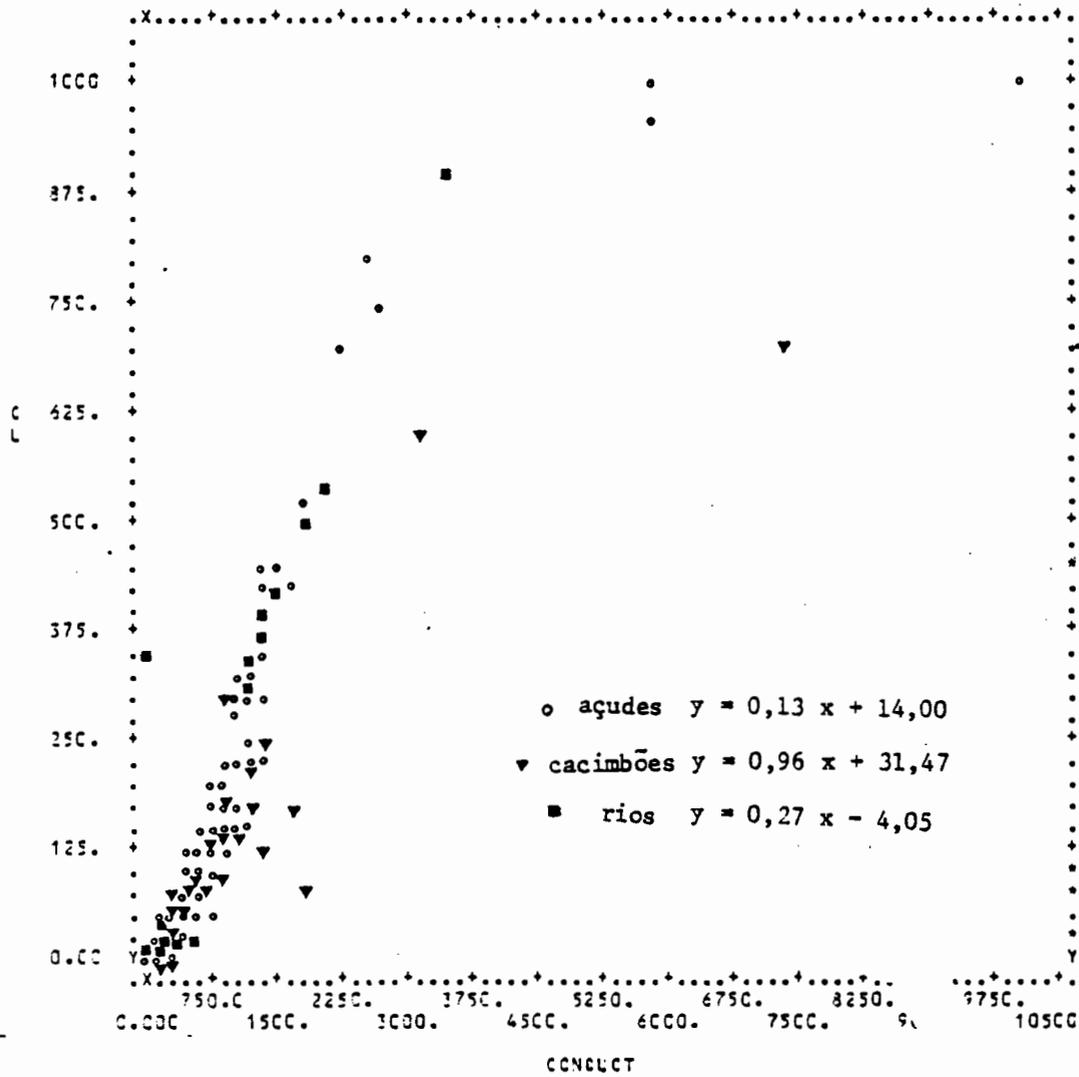


Figura 3.2.3.2.6 - Distribuição das concentrações em cloreto em função da condutividade elétrica em diferentes águas

PAGE 14 BMDP60 ETUDE LEPRUN



variáveis precedentes (RS, Na e Cl com C.E.) em função das diferentes origens.

As figuras 3.2.3.2.4, 3.2.3.2.5 e 3.2.3.2.6 ilustram as distribuições das concentrações respectivas do RS, dos teores em Na e em Cl em função da C.E. ao longo de retas de regressão cujas equações calculadas são as seguintes:

- Resíduo seco (y) em função da condutividade (x)

. para 346 águas de açudes:

$$x = 1,14 y + 23,46 \quad | 19 |$$

$$y = 0,66 x + 0,97 \quad | 20 |$$

$$\text{com } r = 0,87^{**}$$

. para 38 águas de cacimbões:

$$x = 1,35 y + 23,46 \quad | 21 |$$

$$y = 0,69 x + 22,25 \quad | 22 |$$

$$\text{com } r = 0,97^{**}$$

. para 22 águas de rios:

$$x = 1,44 y + 55,90 \quad | 23 |$$

$$y = 0,61 x + 96,40 \quad | 24 |$$

$$\text{com } r = 0,94^{**}$$

- Teores em sódio (y) em função da condutividade (x)

. para 356 águas de açudes:

$$x = 8,69 y + 50,85 \quad | 25 |$$

$$y = 0,09 x + 4,97 \quad | 26 |$$

$$\text{com } r = 0,90^{**}$$

. para 46 águas de cacimbões:

$$x = 8,44 y - 35,40 \quad | 27 |$$

$$y = 0,11 x + 13,23 \quad | 28 |$$

$$\text{com } r = 0,97^{**}$$

. para 31 águas de rios:

$$x = 7,24 y + 15,15 \quad |29|$$

$$y = 0,13 x + 3,12 \quad |30|$$

$$\text{com } r = 0,97^{**}$$

- Teores em cloreto (y) em função da condutividade (x)

. para 355 águas de açudes:

$$x = 4,68 y + 111,98 \quad |31|$$

$$y = 0,13 x + 14,00 \quad |32|$$

$$\text{com } r = 0,80^{**}$$

. para 44 águas de cacimbões:

$$x = 8,73 y - 108,41 \quad |33|$$

$$y = 0,96 x + 31,47 \quad |34|$$

$$\text{com } r = 0,91^{**}$$

. para 31 águas de rios:

$$x = 3,33 y + 66,85 \quad |35|$$

$$y = 0,27 x - 4,05 \quad |36|$$

$$\text{com } r = 0,95^{**}$$

Se se comparar estas equações com as calculadas precedentemente, a partir de todos os dados juntos, pode-se verificar que as equações são muito parecidas no caso das águas de açudes, porém bastante diferentes no caso das águas de cacimbões e de rios. Eis porque se preconiza o emprego destas equações - de preferência aquela mais geral de todas as águas juntas - para a estimação das concentrações do R.S. do Na e do Cl de qualquer água superficial da qual se conhece a natureza e a condutividade elétrica.

. *Correlações encontradas a partir dos dados agrupados segundo o Estado de proveniência.*

Na tabela 3.2.3.2.1 está apresentado o conjunto dos coeficientes de correlação ligando todas as variáveis à condutividade elétrica das águas provenientes de cada Estado. Os coeficientes de correlação linear significativos ao nível de 0,01 segundo o número de dados considerado, estão enquadrados.

Tabela 3.2.3.2.1 - Tabela das intercorrelações das águas superficiais agrupadas segundo o Estado de proveniência.

PAGE 16 ETUDE LEPRUN

CORRELATIONS WITH VARIABLE 9 \* CONDUCT \* (COUNTS IN PARENTHESES)

VARIABLE	ALL GROUPS	PIAUI	SEARA	PICGN	PARAIBA	PERNAME	ALAGOAS	BAMIA
7 DURETE	.4953 ( 454)	.3725 ( 9)	.9399 ( 244)	.3944 ( 92)	.0926 ( 13)	.2810 ( 75)	.0961 ( 6)	.9702 ( 12)
8 PH	.1763 ( 472)	.2264 ( 9)	.2031 ( 244)	.0899 ( 92)	.2477 ( 26)	.1454 ( 87)	.5053 ( 8)	.4108 ( 12)
10 RESIDU	.9003 ( 454)	.9759 ( 9)	.9929 ( 244)	.9692 ( 89)	.8031 ( 16)	.6233 ( 82)	1.0000 ( 2)	.9922 ( 12)
11 CA	.6529 ( 484)	.8671 ( 9)	.7533 ( 243)	.3049 ( 92)	.2455 ( 26)	.6159 ( 37)	.7274 ( 10)	.9571 ( 12)
12 MG	.7680 ( 434)	.9092 ( 9)	.9562 ( 243)	.9023 ( 92)	.9729 ( 26)	.4952 ( 37)	.7921 ( 10)	.9603 ( 12)
13 VA	.9206 ( 433)	.8852 ( 9)	.9595 ( 247)	.7572 ( 92)	.9937 ( 26)	.6402 ( 37)	.9991 ( 10)	.5741 ( 12)
14 K	.5451 ( 463)	.1830 ( 9)	.4948 ( 243)	.5114 ( 92)	.7512 ( 26)	.5286 ( 37)	.8277 ( 9)	.9553 ( 12)
15 CL	.8213 ( 479)	.8037 ( 9)	.0748 ( 246)	.9663 ( 92)	.9490 ( 26)	.6675 ( 37)	.9992 ( 7)	.7391 ( 12)
16 SG4	.2930 ( 455)	.9512 ( 9)	.3433 ( 244)	.1263 ( 89)	.7440 ( 16)	.3973 ( 56)	.0000 ( 1)	.5698 ( 12)
17 HC03	.3459 ( 425)	.8630 ( 9)	.5997 ( 244)	.5013 ( 92)	.2813 ( 21)	.2154 ( 77)	.9435 ( 10)	.9427 ( 12)
18 CO3	.1759 ( 425)	-.0213 ( 8)	.2504 ( 243)	.3463 ( 97)	.0000 ( 8)	-.1032 ( 67)	.0000 ( 0)	.9454 ( 12)
19 NO3	.2757 ( 416)	.8542 ( 9)	.2559 ( 249)	.5582 ( 84)	.7217 ( 7)	.0917 ( 62)	.0000 ( 0)	-.0402 ( 12)
20 ALCALI	.4563 ( 421)	.9121 ( 9)	.6000 ( 243)	.4317 ( 37)	.3919 ( 7)	.1035 ( 63)	.0000 ( 0)	.3068 ( 12)

Pode-se notar:

- o grande número de correlações altamente significativas vinculado à condutividade elétrica, cujos coeficientes de correlação são muitas vezes bem superiores ao nível de 0,01 e próximos do nível de 0,001;
  - a natureza, o número e o grau de correlação diferentes segundo os Estados. Assim, as águas de todos os grupos reunidos (all group, Colona 1) e as do Ceará têm correlações estritas com cada uma das variáveis, por outro lado esse número decresce nos Estados de Alagoas e de Pernambuco. Da mesma maneira, pode-se verificar que a condutividade elétrica está *estritamente correlata em todos os Estados* com o resíduo seco e os teores em sódio e cloreto, *mas apenas correlata em poucos Estados* com o bicarbonato, a dureza e o pH.
- . *Correlação encontrada entre a razão de adsorção do sódio (SAR) e a condutividade.*

Essa correlação muito importante para a irrigação, não foi determinada através do computador, mas calculada "a mão" graças às numerosas avaliações da razão de adsorção do sódio (SAR) igual a  $\text{Na} / \sqrt{\frac{1}{2}(\text{Ca} + \text{Mg})}$  onde as concentrações são espessas em meq/l.

Para 86 análises de águas superficiais, constituídas principalmente por águas de açudes, obteve-se uma boa correlação entre o SAR (y) e a condutividade elétrica (x):

$$y = 0,0366 \cdot x^{0,608} \quad |37|$$

com  $r = 0,64^{**}$

seja  $\ln y = \ln 0,0366 + 0,608 \ln x$ .

O diagrama da figura 3.2.3.2.7 tirado do Agriculture Handbook americana (1954) onde se traçou:

- a curva da equação precedente;
- a escala do total de sais dissolvidos (resíduo seco) em mg/l em relação com a condutividade (equação |14|);

permite determinar diretamente a classe de uma água onde somente a condutividade elétrica é conhecida.

Se se quiser, por qualquer razão, estimar o S.A.R. a partir do resíduo seco, basta entrar no diagrama pela escala do total de sólidos dissolvidos.

Graças a esse diagrama pode-se, com boa estimação, classificar as águas superficiais do Nordeste da seguinte maneira (tabela 3.2.3.2.2).

Figura 3.2.3.2.7 - Diagrama da classificação das águas superficiais do Nordeste em função do RAS, do resíduo seco e da condutividade elétrica.

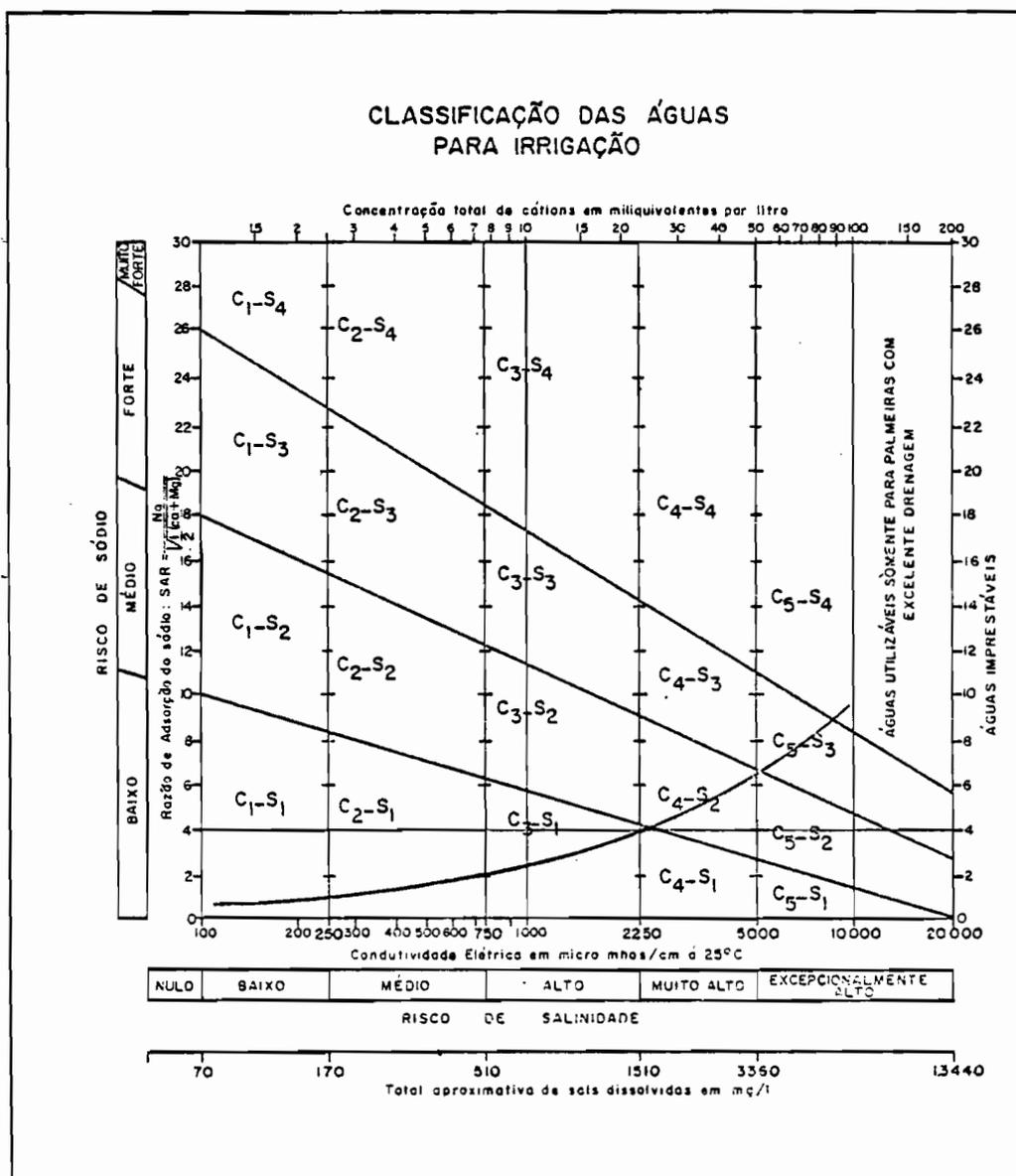


Tabela 3.2.3.2.2 - Tabela de classificação das águas superficiais do Nordeste.

Condutividade elétrica (micromhos/cm)	Resíduo seco (mg/l)	R.A.S.	Classe da água	Risco de sódio	Risco de salinidade
250	170	1,05	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Baixo	Baixo
250 - 750	170- 510	1,05-2,05	C <sub>2</sub> -S <sub>2</sub>	Baixo	Médio
750 - 2.250	510-1.510	2,05-4,00	C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	Baixo	Alto
2.250 - 5.000	1.500-3.360	4,00-6,50	C <sub>4</sub> -S <sub>1</sub> C <sub>4</sub> -S <sub>2</sub>	Baixo a médio	Muito alto
5.000 -10.000	3.360-6.725	6,50-9,90	C <sub>5</sub> -S <sub>2</sub> C <sub>5</sub> -S <sub>3</sub>	Médio a forte	Excepcionalmente alto

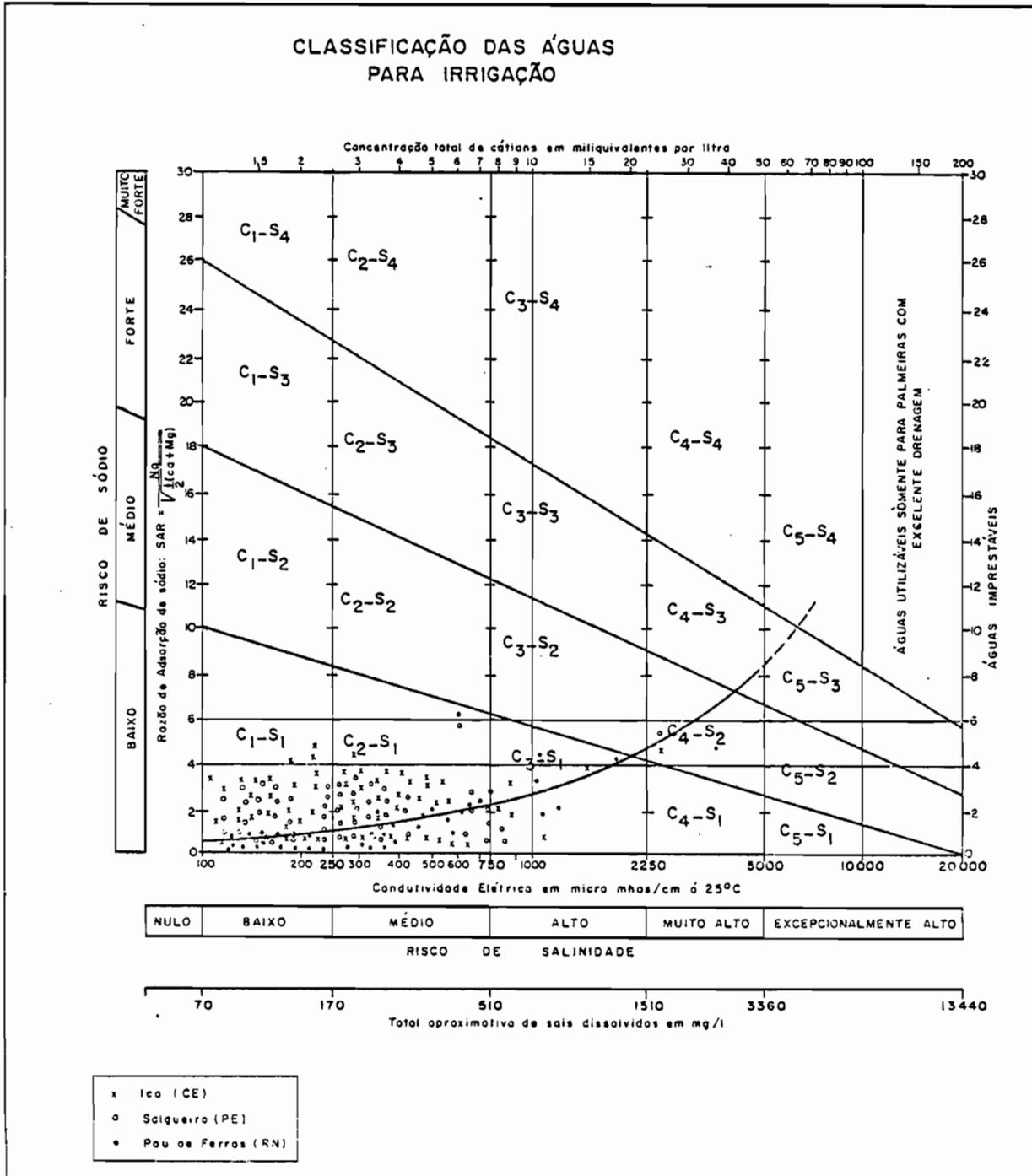
Do exame desta tabela pode-se concluir que as águas cuja condutividade elétrica ultrapassa 750 micromhos ou cuja concentração do resíduo seco é maior do que 510 mg/l, são águas de classe superior a C<sub>2</sub>S<sub>2</sub> e não devem ser usadas para a irrigação da maioria dos solos do Nordeste com exceção dos Latossolos e das Áreas Quartzosas muito permeáveis.

A figura 3.2.3.2.8 mostra a repartição de 161 águas de águas coletadas nos núcleos do projeto Sertanejo de Pau de Ferros (RN), Icó (CE) e Salgueiro (PE) - ver na figura 3.2.2.1.1 a localização geográfica destas águas - segundo o diagrama de classificação e a curva de regressão do RAS em função da condutividade.

A distribuição das águas segundo as classes é a seguinte: 69 águas localizam-se em C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>, 76 em C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, 14 em C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> e 2 em C<sub>4</sub>S<sub>2</sub>. Pode-se observar:

- que o risco de salinidade é bem superior ao risco de sódio;
- que 16 águas sobre 161, seja 10 %, são águas de alta salinidade que não podem ser utilizadas em solos pouco espessos e pouco drenados desenvolvidos no basamento cristalino;
- que mesmo no caso da utilização das águas de classe C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> ou C<sub>2</sub>S<sub>2</sub> nos tipos de solos como os solos Bruno-Não-Cálcicos, os Planossolos, Solonetz Solidizados e Vertissolos que são solos ricos em cations trocáveis, é preciso prever uma *lexiviação* suficiente para evitar a salinização precoce do solo.

Figura 3.2.3.2.8 - Repartição de 161 águas de açudes do Nordeste seco.



### 3.2.4 - Discussão de alguns pontos particulares

#### 3.2.4.1 - Relação entre a qualidade das águas dos açudes e a profundidade

As análises de águas amostradas no mesmo dia a diferentes profundidades nos dois açudes do Ceará, um, grande, o açude Orós de  $2.100.10^6 \text{m}^3$  de capacidade e o outro, pequeno, o açude Canto com capacidade inferior a 1 milhão de  $\text{m}^3$ , são apresentados na tabela 3.2.4.1.1.

Tabela 3.2.4.1.1 - Análises de águas amostradas a diferentes profundidades nos dois açudes

AÇUDE	PRO-FUND. (m)	DUREZA (°F)	pH	COND. (micro mhos/cm)	R.Seco	← (mg/l) →						
						Ca	Mg	Na	K	Cl	So <sub>4</sub>	HCo <sub>3</sub>
ORÓS (CE)	2,1	9,6	7,5	303	181,0	23,2	9,2	28,0	7,4	35,0	6,7	126,9
	4,2	9,6	8,1	303	197,0	24,0	8,7	27,5	7,5	34,5	5,7	126,9
	4,8	9,6	8,1	312	186,0	23,2	9,2	28,0	7,3	35,5	6,2	129,3
	9,7	9,8	8,1	303	187,0	24,0	9,2	28,0	7,3	34,5	5,3	131,8
CANTO (ICÓ,CE)	0,5	1,8	6,6	43	125,0	4,0	1,9	5,5	4,3	3,0	6,7	29,3
	1,0	2,8	6,7	59	106,0	4,0	2,4	5,5	4,4	2,5	9,6	34,2
	1,5	4,2	6,1	91	96,0	12,0	2,9	3,9	4,3	2,0	4,8	58,6
	3,0	2,9	6,1	56	60,0	5,6	3,6	2,0	2,9	0,5	6,7	34,2

Pode-se observar a grande homogeneidade das águas do açude Orós entre 2 e 10 m de profundidade, mas também uma certa variabilidade na subsuperfície do açude Canto entre 0,5 e 3 m. Podemos concluir, de acordo com WRIGHT (1934), que *não há estratificação prolongada nem grande resistência à mistura nas águas dos açudes do Nordeste seco*. De modo geral, com os dados que temos, podemos verificar que a composição hidroquímica não difere muito entre a superfície e a zona profunda do açude de onde saem, na maioria dos casos, as águas de irrigação.

#### 3.2.4.2 - Relações entre a qualidade das águas superficiais e a das águas subterrâneas

Viu-se mais acima que as águas superficiais do Nordeste semi-árido, procedentes em sua maioria das áreas cristalinas eram do mesmo tipo das águas subterrâneas, isto é, cloretadas sódicas onde

$$r \text{ Cl} > r \text{ HCo}_3 > r \text{ So}_4 \quad \text{e} \quad r \text{ Na} > r \text{ Ca} \gtrsim r \text{ Mg} > r \text{ K}$$

A relação  $r \text{ Cl} > r \text{ Na} + r \text{ K}$  que predomina nas águas subterrâneas é verificada somente nas águas superficiais originárias dos poços e dos rios.

A análise de algumas águas recolhidas na superfície (açudes, rios) e em profundidade (poços profundos de 20 a 60 m), na mes-

ma localidade, estão indicadas na tabela 3.2.4.2.1. As três primeiras concernem às águas da zona semi-árida nas rochas cristalinas, a última situa-se na zona úmida sedimentar da Mata.

Tabela 3.2.4.2.1 - Análises de águas de superfície e de águas subterrâneas recolhidas no mesmo lugar

PROCEDÊNCIA DAS ÁGUAS	DAS	ALCA	DURE	pH	R.Seco	Ca	Mg	Na	Cl	So <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
		LIN. TOTAL (9F)	ZA TOTAL (9F)								
São José de Espinhas (1) (PB)	Sup.	27,1	33,1	6,9	1069,0	73,1	45,2	135,4	292,0	28,3	330,5
	Prof.	41,2	27,0	8,2	2812,0	40,0	41,3	730,0	620,0	114,1	478,2
Quixaba Nova (2) (PB)	Sup.	20,7	4,7	6,7	1322,0	80,4	47,2	126,4	315,0	17,1	253,1
	Prof.	45,6	54,0	8,3	6654,0	72,0	87,4	2137,5	3275,0	169,1	531,9
Sumé (3) (PB)	Sup.	-	11,8	7,0	250,0	20,8	16,0	37,0	60,0	8,6	144,0
	Prof.	-	56,0	7,5	945,0	104,0	72,9	96,0	180,0	69,5	531,9
Escada (4) (PE)	Sup.	-	30,0	6,7	927	48,0	43,7	140,0	340,0	9,8	134,2
	Prof.	-	12,4	6,1	412	24,8	15,1	78,0	115,0	64,4	73,2

Fontes: (1) e (2) Brasil.SUDENE.Hidrologia, 43, 1973.  
(3) e (4) dados pessoais

Pode-se observar que na zona semi-árida a mineralização e a salinização aumentam muito da superfície para a profundidade e que o maior crescimento ocorre com o sódio e o cloreto. Na zona úmida sedimentar acontece o oposto: a mineralização é maior na superfície do que na profundidade. Essa última observação já foi mencionada por MENTE *et alii* (1966) e CRUZ (1966).

Na grande maioria dos casos, na zona do Sertão sobre rochas cristalinas as águas subterrâneas são bem mais ricas em cloretos do que as águas superficiais e notadamente as águas dos açudes. Nesta zona, o crescimento dos teores em cloreto em profundidade é um fenômeno geral já observado por muitos autores. Para destacar mais este fato, deve-se completar os gráficos das figuras 3.2.4.2.1 e 3.2.4.2.2 tiradas de CRUZ e MELO (1974), onde são representadas as distribuições da concentração em cloreto e em sódio em meq/l em relação com o resíduo seco em meq/l, nas águas subterrâneas do Sertão. Traça-se, nestes gráficos, a reta de regressão linear calculada a partir dos dados de águas superficiais.

Note-se que para os mesmos totais de sólidos dissolvidos, as concentrações em cloreto das águas subterrâneas são bem superiores às das águas superficiais. No caso do sódio atente-se para as concentrações bastante parecidas nos dois tipos de água.

Figura 3.2.4.2.1 - Relação entre o total de sólidos dissolvidos e as concentrações de cloreto em águas subterrâneas e superficiais de rochas cristalinas do Nordeste.

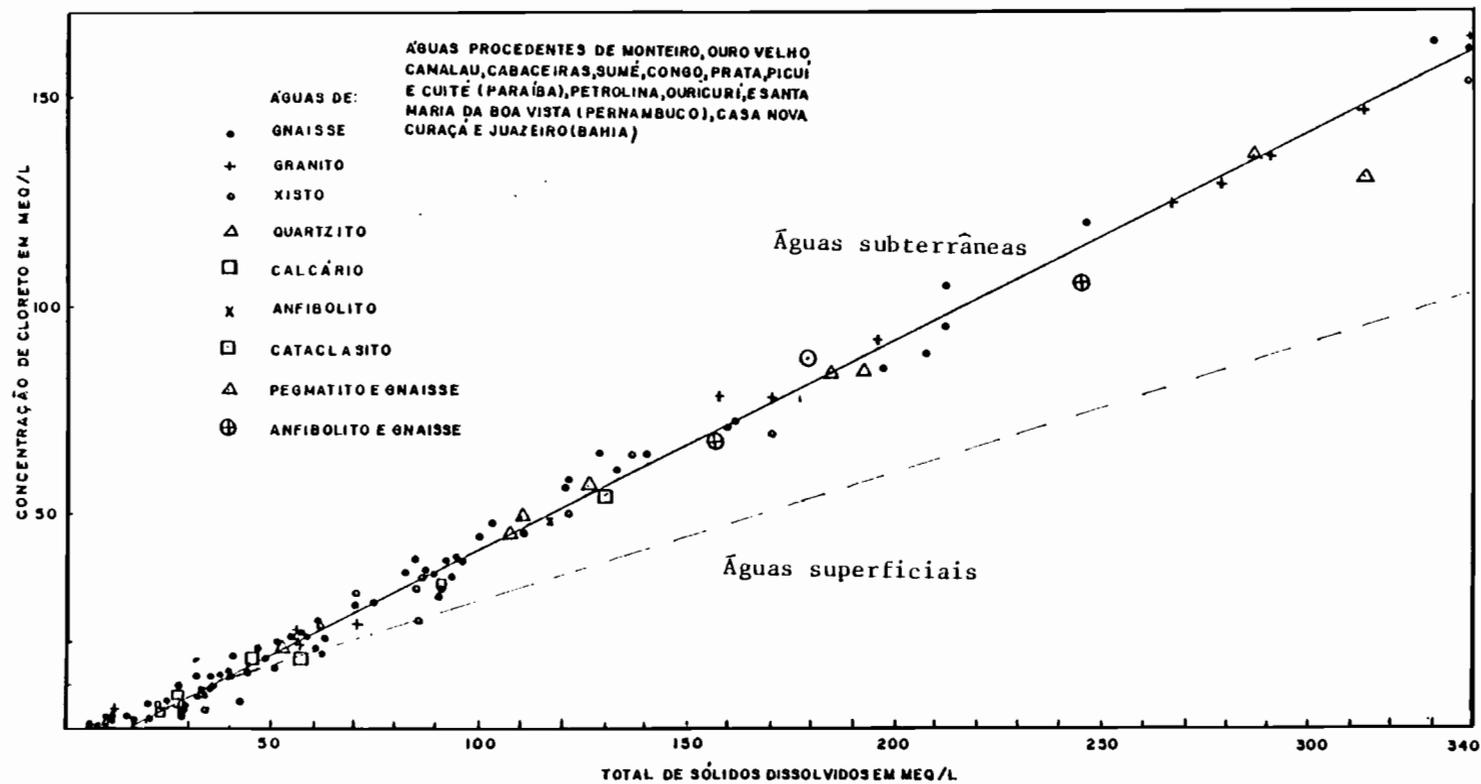
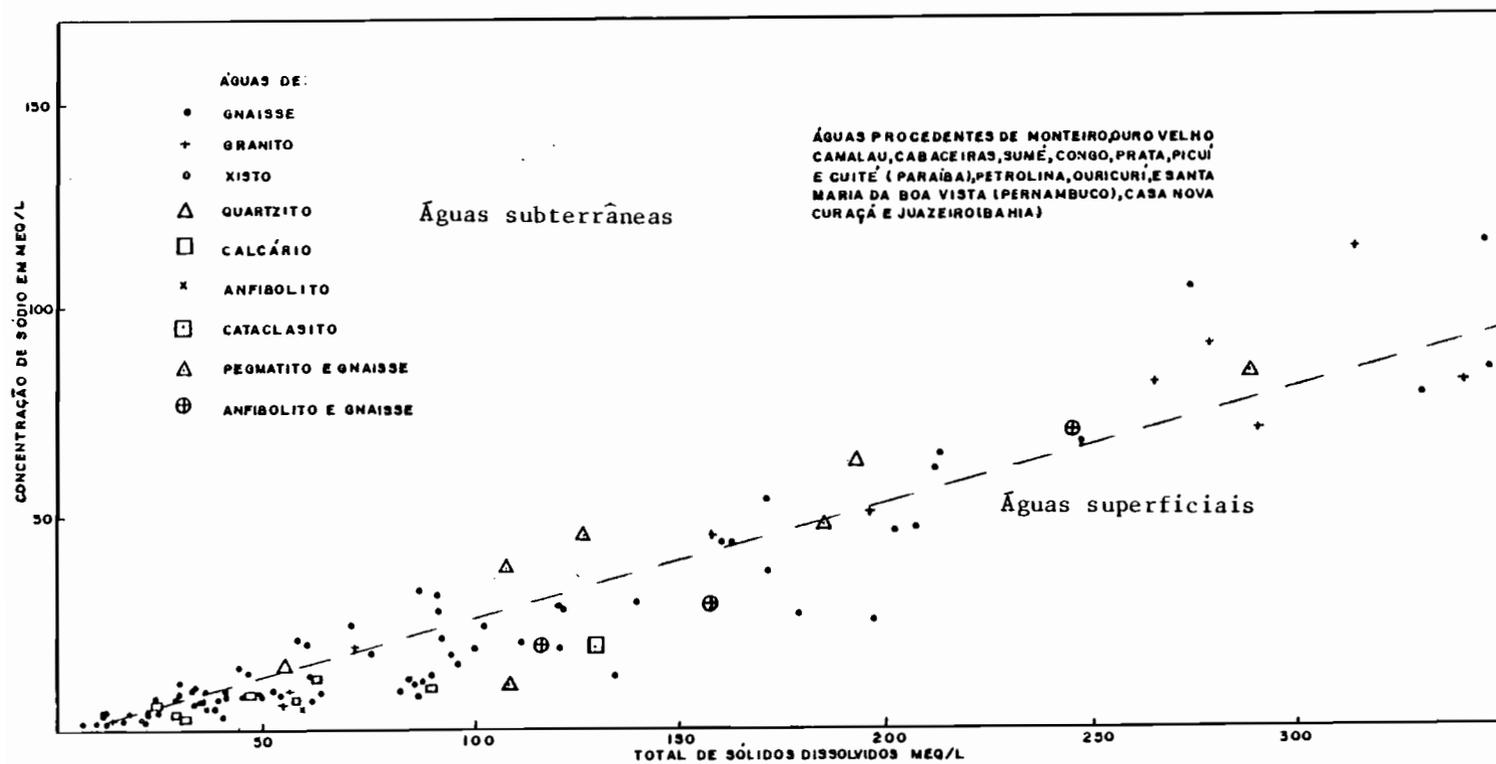


Figura 3.2.4.2.2 - Relação entre o total de sólidos dissolvidos e as concentrações de sódio em águas subterrâneas e superficiais de rochas cristalinas do Nordeste.



De tudo isso sobressaem-se dois ensinamentos importantes:

- 1) Que nas zonas de rochas cristalinas onde as águas subterrâneas apresentam maior proporção de sais dissolvidos, é melhor usar as águas superficiais. Infelizmente, são nestas zonas que os poços profundos foram mais intensamente perfurados em busca de águas permanentes (REBOUÇAS, 1973).
- 2) Que ao contrário, nos terrenos sedimentares, as águas subterrâneas menos mineralizadas e com vazão abundante devido ao tipo de lençol frático importante, deverão de preferência ser utilizadas em lugar das águas de superfície, o que não acontece atualmente.

#### 3.2.4.3 - Relação entre a qualidade das águas amostradas durante a estação seca e durante a estação chuvosa.

É a avaliação do papel da evaporação sobre a concentração dos elementos. Para fazê-lo comparou-se as análises das águas de mesma origem amostradas no mesmo lugar. Neste caso as águas foram recolhidas nos açudes, duas vezes por ano, uma no fim da estação seca e a outra no fim da estação chuvosa, isto é, ao nível mais baixo e mais alto das águas.

Para poder comparar as composições químicas precisa-se usar do método de cálculo de STABLER: as análises são expressas em meq/l, calcula-se os valores percentuais de cada cátion Ca, Mg, K e Na em relação com a soma dos cátions e os valores percentuais de cada ânion em relação com a soma dos ânions. Confronta-se em seguida esses valores percentuais entre si para poder estimar a concentração ou a diluição de cada íon.

Essa operação foi feita em mais de vinte águas de açude das regiões mais secas do Nordeste (Tauá, CE, pluviometria média anual de 550 mm, evaporação do tanque A de 3.255 mm/ano; Sumé, PB, pluviometria média anual de 550 mm, evaporação do tanque A de 2.895 mm/ano).

Dois exemplos são aqui apresentados. Trata-se de dois açudes do município de Tauá situados a alguns quilômetros de distância: o açude Várzea do Boi que tem uma capacidade de cerca de  $52.10^6 m^3$ , e o açude Antonica cuja capacidade não é conhecida mas que pode ser estimada em função da sua superfície em cerca de  $4.10^4 m^3$ .

Os resultados dos cálculos estão apresentados na tabela 3.2.4.3.1.

Tabela 3.2.4.3.1 - Papel da evaporação sobre a concentração dos elementos químicos dos açudes

AÇUDE	Período da amostragem	Ca	Mg	Na	K	Cl	So <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
		← meq/l →						
<u>VÁRZEA DO BOI</u> (Tauá, CE)	Estação seca	2,634	2,796	6,829	0,423	8,178	0,129	3,841
	Análises (meq/l)							
	Estação úmida	1,517	1,518	3,654	0,278	4,060	0,100	2,681
	Valores percentuais							
*Concentrações (%)	Estação seca	20,87	22,15	54,11	3,35	67,30	1,06	31,6
	Estação úmida	21,73	21,74	52,35	3,98	59,35	1,46	39,2
		-0,86	+0,41	+1,76	-0,63	+7,95	-0,4	-7,6
<u>ANTONICA</u> (Tauá, CE)	Estação seca	0,6781	1,038	4,002	0,452	2,086	0,139	3,081
	Análises (meq/l)							
	Estação úmida	0,638	0,399	0,831	0,165	0,324	0,100	1,640
	Valores percentuais							
*Concentrações (%)	Estação seca	10,99	16,82	64,86	7,32	39,32	2,61	58,05
	Estação úmida	31,40	19,61	40,85	8,14	15,73	4,85	79,61
		-20,41	-2,79	+23,99	-0,82	+23,59	-2,24	-21,56

\* Calculadas pelo método de STABLER.

O exame cuidadoso desta tabela coloca em evidência:

- que as concentrações mais importantes concernem aos elementos Na, Cl e HCO<sub>3</sub>;
- que as concentrações positivas referem-se ao Na e ao Cl e às concentrações negativas (diluição) ao Ca, a K, ao So<sub>4</sub> e sobretudo ao HCO<sub>3</sub>, mas que no açude pequeno de Antonica os valores da concentração são muito mais importantes do que em um grande açude;
- que no caso do açude pequeno onde as diferenças de composição química de uma estação para a outra são importantes, os valores dessas diferenças e as leis da geoquímica sugerem associação entre Ca<sup>++</sup> (-20,41 %) e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (-21,56 %) e entre Na<sup>+</sup> (+23,99) e Cl<sup>-</sup> (+23,59) para formar o bicarbonato de cálcio e o cloreto de sódio.

Essas observações e todas as outras que foram feitas não

se encontram neste trabalho, porém antecipamos algumas das conclusões que serão divulgadas no próximo relatório e particularmente aquela na qual o papel da evaporação sobre a concentração dos ions depende do tamanho do açude e do volume de água armazenada, o que parece lógico. Para os açudes grandes da ordem de  $10^6 m^3$  e mais, o poder da evaporação nas zonas mais secas do Nordeste não ultrapassa a concentração do sódio e do cloreto de alguns porcentos. Para os açudes menores com capacidade de  $10^4$  a  $10^5 m^3$  a evaporação provoca uma concentração em sódio e cloreto de cerca de 25 %. É o caso do açude Antonina da tabela 3.2.4.3.1. É o caso, também, de muitos outros açudes médios para os quais o cálculo foi feito. A mesma ordem de grandeza da taxa de evaporação foi avaliada igualmente pelo método isotópico com deutério e oxigênio 18 na mesma região do Sertão do Ceará por SANTIAGO et alii (1975).

#### 3.2.4.4 - Relações entre as características físico-químicas das águas superficiais e a natureza do solo

É a estimativa do papel do tipo de solo da bacia de recepção e de armazenagem sobre a qualidade da água. Esse papel que se julga muito importante e mesmo primordial de acordo com as pesquisas realizadas, nunca foi colocado em evidência no Nordeste.

No entanto, a influência da rocha atravessada ou da rocha-armazem sobre a geoquímica das águas subterrâneas no Nordeste já foi muitas vezes demonstrada, em particular, por KEGEL (1955), REBOUÇAS (1965), LEAL (1968), CRUZ (1967), CRUZ e MELO (1974), etc. Uma das melhores ilustrações desta influência pode ser percebida na comparação entre o mapa da qualidade e de distribuição do tipo de água subterrânea (CRUZ, 1968) e o mapa geológico. As águas que pertencem às áreas sedimentares paleozóicas e mesozóicas são de diversos tipos, principalmente bicarbonatado, sulfatado ou mixto, enquanto que nas fissuras das rochas precambrianas do embasamento cristalino, o tipo de água é unicamente clorurado de sódio e magnésio.

Os limites dos tipos de águas e das formações geológicas coincidem perfeitamente. Da mesma maneira o valor do resíduo seco que é inferior a 500 mg/l nas bacias sedimentares, é sempre superior a 1.000 mg/l no embasamento cristalino e pode atingir o valor altíssimo de 28.000 mg/l (CRUZ e MELO, 1974). Lembre-se que a água do mar tem um resíduo seco de cerca de 32.000 mg/l.

Quando se sabe a estreita dependência dos solos com a rocha subjacente (a rocha-mãe): solos montmoriloníticos rasos neutros ou básicos, ricos em cátions trocáveis e em minerais primários não intemperizadas no embasamento cristalino, solos caolínicos profundos, ácidos, desaturados, ou solos calcários, nas áreas sedimentares, ocorre a idéia de que a mesma subordinação do solo à rocha deve-se encontrar também entre o solo e a água. Todas as provas acumuladas neste assunto serão expostas no relatório em preparação a

ser publicado no início de 1984. Aqui são dados, apenas, três exemplos.

- . Relações entre as águas de riachos e o tipo de solo de suas bacias.

Na tabela 3.2.4.4.1 estão apresentadas as médias de mais de 40 análises de água de riachos e ribeirinhos com escoamento extremamente temporário de alguns dias por ano e de 2 a 3 km de percurso, recolhidas na mesma época, com solos muito diferentes formando um verdadeiro mosaico. O tipo de solo mencionado nessa tabela representa o solo dominante e algumas vezes o único solo da bacia.

Tabela 3.2.4.4.1 - Valores médios de algumas determinações analíticas de águas de riachos em função do solo da bacia.

Análises	Solos	AQ	LA	PV	V	PE	RE	SS	PS
Condutividade (micromhos/cm)		98,4	188,5	226,2	329,4	484,1	621,0	2.817,2	4.596,7
Cloreto (mg/l)		26,9	44,1	51,8	73,3	109,3	147,2	1.148,8	1.375,5
Sódio (mg/l)		12,7	24,8	36,9	36,7	56,8	70,6	528,6	750,0

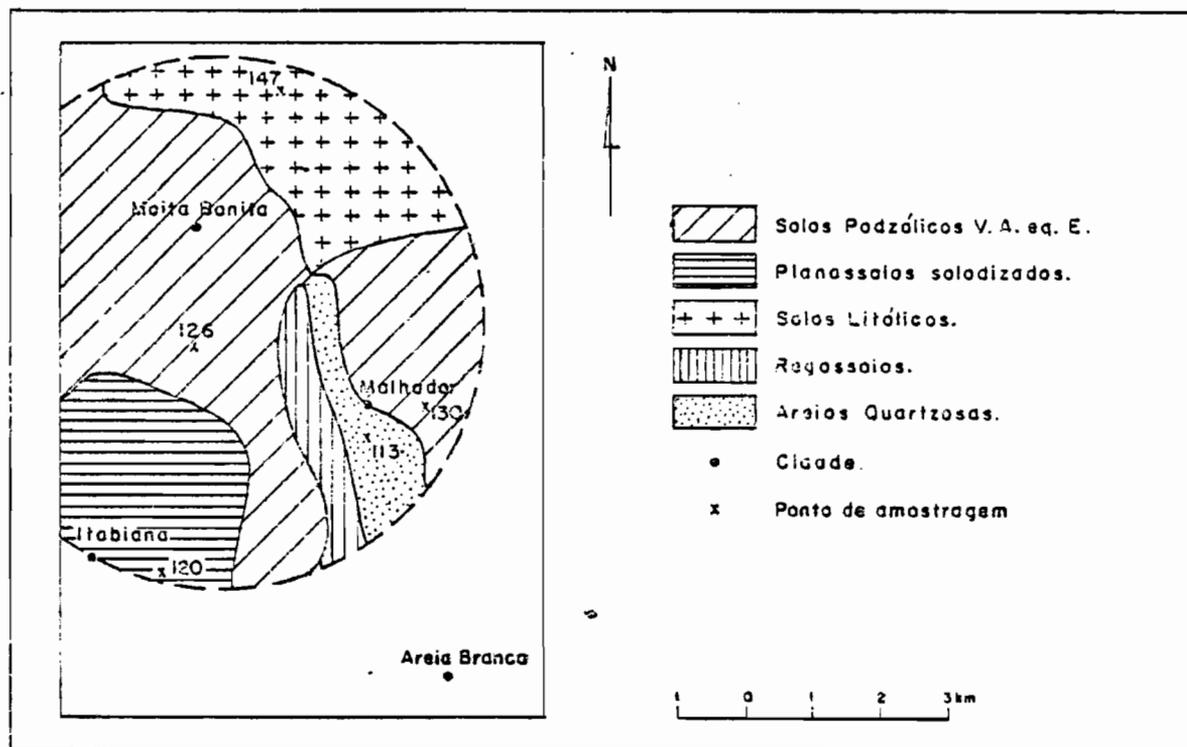
AQ = Areias Quartzosas. LA = Latossolos V.A.. PV = Podzólicos V.A. PE = Podzólicos V.A. equiv. Eutróficos. V = Vertissolos. RE = Solos Litólicos Eutróficos. SS = Solonetz Solodizados. PS = Planossolos Solodizados.

- . Pode-se constatar, a vista desses resultados analíticos que as médias das características da mineralização das águas dos riachos são diferentes segundo o tipo de solo e que há um gradiente crescente da salinização no ordem arrumada na tabela, isto é, das Areias Quartzosas até os Planossolos Solodizados.

Uma escala semelhante com todos os solos do Nordeste está sendo elaborada para publicação.

O segundo exemplo foi escolhido também no Estado de Sergipe, na mesma região semi-árida como no exemplo precedente. As águas superficiais foram também amostradas nos riachinhos durante a estação da chuva (mês de junho). As análises são extraídas do Levantamento dos Recursos Hídricos de superfície do Estado de Sergipe (CONDESE/ITPSI, vol. 1, 1974). A originalidade desse exemplo vem da amostragem das 6 águas que foram escolhidas no interior de uma área em volta de Moita Bonita (SE). A distância separando os pontos de amostragem é inferior a 4 km e os solos são muito diferentes (Fig. 3.2.4.4.1).

Figura 3.2.4.4.1 - Localização e tipo de solo das águas recolhidas nos riachinhos de Sergipe.



Algumas características analíticas dessas águas são apresentadas na tabela 3.2.4.4.2.

Tabela 3.2.4.4.2 - Algumas características das águas de riachinhos amostradas na mesma região com solos diferentes

Nº Amostra	Tipo de solo dominante	pH	COND. (1)	← mg/l. →			
				Na	K	Cl	So <sub>4</sub>
JC 147	Litólico	8,5	1.756	154,4	4,0	450,9	30,0
CB 120	Planossolo Solodizado	7,7	1.709	180,0	8,3	381,0	20,5
PI 126	Podzólico V.A. eq. Eutrófico	7,4	368	38,9	4,5	75,7	16,5
DV 130	Podzól. V.A. eq.E.	6,9	53	4,8	0,6	13,8	4,0
ST 119	Areias Quartzosas	6,0	71	12,3	0,2	17,2	3,2

(1) em micromhos/cm.

O exame dessa tabela permite notar as *grandes variações das características físico-químicas das águas segundo o tipo de solo* diferente das bacias, e isso, apesar da contiguidade da amostragem. Da mesma maneira que no exemplo precedente, pode-se constatar o gradiente decrescente da mineralização e da salinidade das águas do solo Litólico e do Planossolo Solódico até as Areias Quartzosas.

. Relações entre as águas de açudes e o tipo de solo de suas bacias

Este terceiro exemplo trata das águas de 6 açudes muito próximos - não tem mais de 15 kms entre cada um - situados em volta de Tauá (CE). As águas de superfície coletadas a 50 cm de profundidade foram amostradas em dois dias durante a estação seca. Trata-se dos açudes Montes, Várzea do Boi, Maravilha, Antonica, Faz. Raposa, Tiassé.

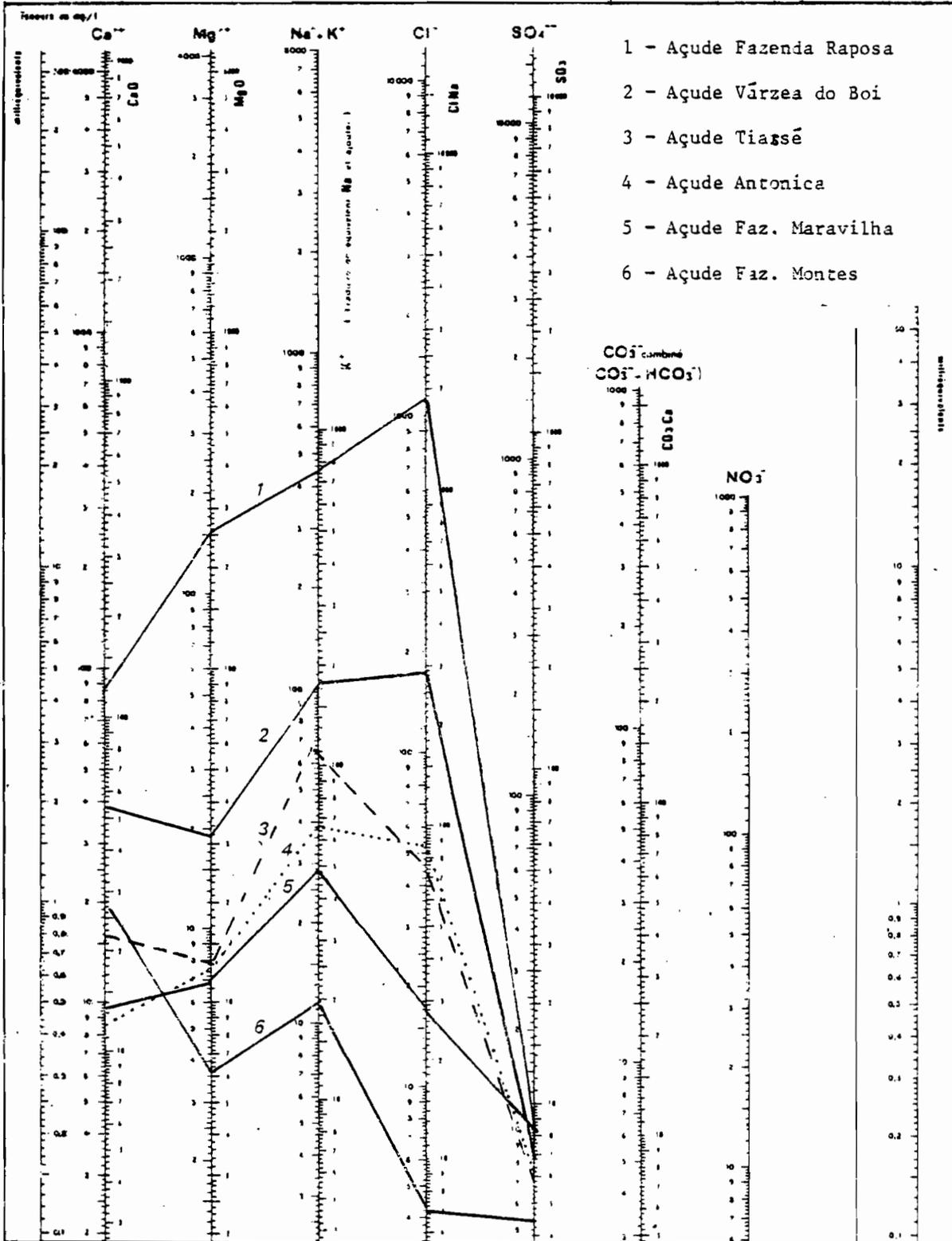
Os diagramas logarítmicos de SCHOELLER-BER KALOFF da figura 3.2.4.4.2 dão a representação da composição química dessas águas e permitem constatar a grande variação dessas composições apesar da proximidade da localização dos açudes. Os açudes que têm as águas mais mineralizadas (retas 1 e 2 da fig. 3.2.4.4.2) estão situados nas bacias onde predominam os Solonetz Solodizados ricos em cations e particularmente em sódio. As bacias dos açudes Maravilha e Antonica (retas 3 e 4 da fig 3.2.4.4.2) são constituídas de solos Litólicos Eutróficos muito ricos em minerais primários em via de intemperização. Os açudes 5 e 6 são localizados sobre uma associação de solos Bruno-Não-Cálcicos e de Podzólicos V.A. equivalente Eutróficos.

As variações físico-químicas das águas são importantes. A condutividade elétrica vai de 213 até 1.280 micromhos/cm, os teores de cloreto e de sódio variam respectivamente de 7 a 290 mg/l e de 9,5 até 157 mg/l.

Esse último exemplo, como também os dois precedentes, prova a estreita ligação entre a composição das águas superficiais e o tipo de solo onde elas escoam e que elas atravessam. Estes exemplos, mais todos os outros dados analisados e não apresentados aqui, autorizam a indicação de uma lista dos solos do Nordeste segundo a ordem decrescente do perigo da salinização que eles provocam: Planossolos Solodizados - Solonetz Solodizados - Litólicos Eutróficos - Podzólicos V. A. eq. Eutróficos - Vertissolos - Bruno-Não-Cálcicos - Regossolos - Podzólicos V.A. - Latossolos - Areias Quartzosas.

Para aproveitar das águas salgadas do Nordeste, e dos solos salinos devido à salinização primeira pedológica (Planossolos, Solonetz, etc.) ou a salinização segunda devida à irrigação mal conduzida, preconizou-se numa publicação recente (LEPRUN e DUARTE, 1983, anexo 8) a prática das pastagens mixtas algarobeira-gramíneas nativas (*Eriochloa polystachya*) ou outras espécies já conhecidas co-

Figura 3.2.4.4.2 - Diagrama das composições químicas das águas de seis açudes da região de Tauá (CE).



mo bem tolerantes aos sais. O objetivo não é somente a utilização e a valorização dos solos salinos como também da sua recuperação, e da irrigação com águas fortemente mineralizadas das pastagens consorciadas com a Algaroba.



#### 4 - BALANÇO E RECOMENDAÇÕES SOBRE O USO E A CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA NO NORDESTE BRASILEIRO

Ao termo desses 4 anos de cooperação técnica na SUDENE, parece oportuno estabelecer o balanço dos estudos e propor recomendações práticas baseadas no diagnóstico feito.

##### 4.1 - BALANÇO

O balanço dos estudos de manejo e conservação do solo no Nordeste já foi amplamente comentado no relatório anexo 2 (LEPRUN, 1981). Limitar-se-á, este, ao resumo e atualização do balanço até o fim de 1983.

##### 4.1.1 - Situação dos estudos de conservação e manejo do solo no Nordeste

###### 4.1.1.1 - Estudos e trabalhos já realizados e em andamento

Viu-se (LEPRUN, 1981) que não somente o Nordeste foi a primeira região do Brasil, desde 1928, a aplicar medidas de defesa contra a erosão, mas, também, que os dados já obtidos e as pesquisas em andamento continuaram no início de 1980, fatores, estes, extremamente favoráveis à conscientização dos problemas de conservação, assim como, constituição e divulgação de medidas e práticas simples de luta contra a erosão. O quadro 4.1.1.1.1 tirado do relatório de 1981 permite expor de maneira prática o conjunto dos projetos e dos estudos desenvolvidos no Nordeste através dos convênios.

A esses estudos convém juntar algumas pesquisas de conservação realizadas e financiadas pela EMBRAPA. Trata-se:

- do estudo de práticas de conservação de solos no município de Angical (BA) com culturas consorciadas de milho e feijão caupi segundo 5 sistemas diferentes de preparo do solo;
- do estudo de manejo de solos e nutrição de plantas efetuado na zona do Agreste da Paraíba (Campina Grande) com cultura de Algodão herbácea sob a influência de diferentes doses de adubação química (fósforo, principalmente) e de adubação verde com feijão caupi;
- do diagnóstico da erosão hídrica nos principais solos do Estado do Ceará, com marcadores enterrados no solo e talhões abertos.

Nosso otimismo a respeito da abrangência e do bom andamento dos trabalhos dos convênios no início de 1980 está muito atenuado neste momento. Com efeito, se se examinar o quadro 4.1.1.1.1 pode-se constatar hoje:

## Quadro 4.1.1.1.1

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E PESQUISAS DESENVOLVIDAS SOBRE CONSERVAÇÃO  
E MANEJO DOS SOLOS NO NORDESTE (Até o fim do ano de 1980) ATRAVÉS  
DOS CONVÊNIOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TIPO DE TRABALHO	CONVÊNIOS	SUDENE/IFA/UFPE (Pernambuco)	SUDENE/CCA/UFPA (Paráíba)	CNPq/FCPC/UFCE (Ceará-Ibiapaba)	CNPq/SUDENE/UFCE (Ceará-Quixadá)
Zona Ecológica		Agrreste-Sertão	Agrreste-Sertão	Planalto(floresta)	Sertão
Fluviometria (intervalo, a média)		1.000 - 400	1.200 - 400	1.200 - 1.000	700
Relevo		Plano a ondulado	Plano a ondulado	Ondulado	Plano a suave
Tipo de solo (1)		PLS-RE-NC-LVD-LVE	Diversas	LVD-AQD	PE
Declividade das parcelas (%)		3 - 16	Diversas (5-15)	3 - 10	4 - 5
Ano inicial das pesquisas		1963-66	1977	1979	1978
Valor total (estimado em 1.000 Cr\$)		9.400 desde 1977	1.650 desde 1977	?	?
Número de pessoas da equipe técnica		16	16	16	13
CONSERVAÇÃO DOS SOLOS (perdas por erosão)					
Pesquisa sobre fatores da equação de WISCHMEIER (R, K, SL, C, P) (2)		K, SL, C, P.	R (na Paraíba a to- de o NE) K dir. e indir.	R, K, dir. e indir.	R, K, dir. e ind.
Pesquisas sobre o balanço hídrico (BH) e a evapo- transpiração (ETP) e a permeabilidade (Pr)		-	Pr	BH, Pr	BH, ETP, Pr
Determinação das perdas por erosão:					
Com chuva natural		-	6 Parc. (21x3,5m)	-	-
Efeito de sistemas de preparo do solo		4 Parc. (20x50m)	-	* } 10 Parc. (21x4m)	* } 8 Parc. (22x3,5m)
Efeito de cobertura (C)		4 Parc. (10x25m)	-		
Efeito de comprimento de rampa (L)		3 Parc. (10x25,50, 100 m)	-		
Efeito das práticas conservacionistas (P)		4 Parc. (20x50m)	-	-	-
Com chuva simulada		(11 x 3,5 m)	(11 x 3,5 m)	(11 x 3,5 m)	(11 x 3,5 m)
Efeitos de sistemas de preparo do solo		-	Sobre 7 tipos solos	-	4 tratam. 8 parc.
Efeito do tipo de solo (avaliação de K)		*	-	-	*
Efeito de comprimento e da declividade (SL)		*	-	-	*
Efeito de cobertura (C)		5 tratamentos	-	-	-
Efeito de práticas conservacionistas (P)		4 tratamentos	-	-	-
Plantas testadas (3)		AA-AH-CB-CVS-F-L- M-MA-MD-MU P.S	-	C.F.	AA-M-F-SO
MANEJO DOS SOLOS (efeito sobre a produção)					
Determinação do efeito de práticas conservacionis- tas sobre a produção agrícola		(6 x 10 m)	-	-	-
Efeito de rotação cultural		12 tratam. 36 parc.	-	-	-
Efeito de adubação verde		5 tratam. 25 parc.	-	-	-
Efeito de cobertura morta		3 tratam. 25 parc.	-	-	-
Efeito de sulcos e camalhões em contorno		1 tratam. 20 parc.	-	-	-
Determinação do efeito do preparo do solo sobre a produção agrícola		(10 x 20 m)	-	-	-
Efeito do tipo de preparo do solo		24 parcelas	-	-	-
Efeito de direção de preparo e plantio		4 tratam. 20 parc.	-	-	-
Efeito do tipo de aração		4 tratam. 20 parc.	-	-	-
Efeito de sementeira		5 tratam. 20 parc.	-	-	-
Sistemas de cultivo com aproveitamento do esco- amento superficial		-	-	-	*
Número de parcelas fixas previstas		220	-	10	16
Número de simulador de chuvas		1	1	1	1

(1) PLS = Planossol Solódico, RE = Regossol, NC = Solos Bruno não Cálcicos, LVD = Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, LVE = Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico, AQD = Arenissos Quartzosos Distrófico, PE = Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico.

(2) R = Fator de erosividade das chuvas, K = Fator de erodibilidade do solo, SL = Fator topográfico, C = Fator uso e ma-  
nejo do solo, P = Fator práticas conservacionistas.

(3) AA = Algodão arbóreo, AH = Algodão herbáceo, C = Café, CB = Capim buffel, CVS = Capim sempre verde, F = Feijão,  
L = Lab lab, MA = Mamona, M = Milho, MD = Mandioca, MU = Mucuna, P = Palma, S = Soja, So = Sorgo.

\* PESQUISAS PREVISTAS.

- que o convênio SUDENE/IPA/UFRPE que tinha os objetivos mais ambiciosos, reduziu muito as suas atividades e funciona, agora, somente com um acordo entre o IPA e a UFRPE sob o impulso do Prof. E. MARGOLIS;
- que nada se sabe do andamento do convênio CNPq/FNPC/UFCE realizado na chapada de Ibiapaba(CE);
- que os convênios da SUDENE com o C.C.A. de Areia (PB) está sofrendo sérias dificuldades na liberação de recursos e, isso, apesar do valor e da seriedade dos estudos conduzidos pela jovem e competente equipe de conservação da Escola de Agronomia de Areia (Prof. I. de FRANÇA).

Felizmente, não obstante os vários obstáculos encontrados, três convênios de conservação conseguiram realizar os programas definidos e obter dados úteis que podem ser divulgados. São os Convênios SUDENE/UFPB/C.C.A. de Areia, CNPq/SUDENE/UFCE de Fortaleza e SUDENE/CNPq/ORSTOM realizado em Sumé (PB) (ver § 2.4.2.4).

Neste momento de conjuntura muito difícil em que se encontra o país, ampliada pelas condições climáticas nordestinas particularmente aflitivas, parece instintivo ceder à tentação de cortar o financiamento das pesquisas cuja rentabilidade é a longo prazo. Todavia, deve-se saber que os estudos de conservação necessitam de uma duração média de 5 a 10 anos para dar resultados válidos e que possam ser divulgados com segurança. Se se interrompe esses estudos durante sua execução, perder-se-á o benefício dos dados e de todo o investimento inicial.

#### 4.2 - PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES PRECONIZADAS

As recomendações do relatório de 1981 serão repetidas, pois se conservam sempre atuais, mas serão ampliadas pelo acréscimo de recomendações técnicas.

##### 4.2.1 - Recomendações no domínio da conservação e do manejo do solo

###### 4.2.1.1 - Recomendações gerais

- *Concentrar todos os esforços da pesquisa na divulgação dos dados básicos diretamente utilizáveis.*
- *Explorar, coletar e divulgar, o mais rapidamente possível, o grande número de resultados brutos engavetados nos diferentes Órgãos e que estão perdidos para a comunidade técnica, científica e econômica do país.*
- *Obrigiar a todos os convênios e pesquisas financiados pelo Estado ou pelo Governo a publicar todos os resultados obtidos. Favorecer*

e ajudar a redação e publicação de sínteses regionais.

- *Desenvolver o setor das pesquisas pragmáticas e a vulgarização, o mais breve possível, dos resultados e das práticas simples já comprovadas.*
- *Formar, utilizar e conservar os técnicos de nível médio, técnicos esses que são os articuladores indispensáveis entre a pesquisa e o agricultor e que faltam cruelmente.*
- *Desenvolver pesquisas e experimentações na zona da Mata litoral, a zona mais populosa e mais explorada, e nas imensas zonas ocidentais do Maranhão, do Piauí e da Bahia onde as potencialidades são grandes e as informações básicas quase nulas.*
- *Reagrupar, regionalizar e reorientar os esforços e os meios em função das prioridades e das potencialidades.*
- *Criar estações experimentais de vulgarização para o pequeno agricultor em cada região natural do Nordeste: zonas da Mata, do Agreste, dos Sertões seco e mais úmido, de transição ao Amazonas.*

#### 4.2.1.2 - Recomendações técnicas

- *Estudar e intervir com prioridade nas zonas de maiores riscos de erosão hídrica determinadas no mapa de síntese, anexo 15.*
- *Continuar e ampliar a avaliação do diâmetro das gotas de chuva nas diferentes regiões climáticas do Nordeste de modo a estabelecer uma fórmula de cálculo do fator erosividade das chuvas de conformidade com as diferentes condições brasileiras.*
- *Avaliar o fator de erosividade das chuvas R de WISCHMEIER nas regiões carentes do Nordeste (Maranhão, Piauí, Bahia, Norte de Minas) e em particular nas capitais (Maceió, Recife, Natal, Fortaleza, Teresina, São Luís, etc.).*
- *Buscar e testar outros métodos de previsão da estimação das perdas de solo, compará-los com a equação de WISCHMEIER e escolher aquele que dá os resultados mais próximos das condições naturais nordestinas.*
- *Aproveitar mais dos quatro simuladores de chuva que existem no Nordeste e que são muito pouco ou nada utilizados.*
- *Estudar e avaliar métodos indiretos práticos e simples de estimar a susceptibilidade à erosão do solo: testes da estabilidade estrutural, medições dos agregados, grau de floculação, velocidade de infiltração, porosidade e densidade, etc.*
- *Determinar os valores de permeabilidade no campo de todos os grupos de solos, aumentar o número de medições de modo a acertar as*

médias e as suas variações.

- *Cuidar do preparo inicial dos Latossolos do Nordeste* que estão neste momento em fase de exploração mecanizada intensiva. São solos com grau de flocculação baixo na superfície e portanto frágeis, ácidos e cuja fertilidade natural, localizada principalmente no horizonte A, está ligada à matéria orgânica; esses fatos não suportam o desmatamento mecanizado pesado e a adubação nitrogenada com o sulfato de amônio que acidifica ainda mais o solo.
- *Preconiza-se movimentar o mínimo a superfície dos Latossolos* de maneira a conservar a camada orgânica fértil e sua estabilidade estrutural e natural, *usar de calagem* para elevar o pH e eliminar a toxicidade do alumínio trocável, e se se deve aplicar uma adubação nitrogenada, *que se use nitrocálcio ou ureia, mas, não, sulfato de amônio.*
- Em todo o Nordeste onde o preparo do solo e o plantio se fazem quase que exclusivamente no sentido do declive, *recomenda-se, insistentemente, a prática do preparo em contorno* qualquer que seja o tratamento, *mas, sobretudo, no caso de sulcos e camalhões ou de matumbos*, pois a redução das perdas em solo e em água podem atingir mais de 90%, isto é, parar a erosão e favorecer o máximo a infiltração.
- *Preconiza-se a técnica dos camalhões e sulcos fechados* muito pouco ou nada usada no Nordeste; *nas zonas mais secas* essa prática aumenta fortemente a infiltração e conserva a umidade do solo.
- Sobre os solos mais susceptíveis à erosão, como os Podzólicos V.A. Equivalente Eutróficos, as Terras Roxas, os Cambissolos, os Solonetz, etc., é necessário *reduzir o máximo possível o trabalho do solo.*
- *As rotações bienais ou trienais* das culturas são sempre benéficas pois reduzem a erosão. *Associadas às práticas do "mulch"* com restos de culturas ou *das faixas de vegetação* em contorno, sobretudo quando as declividades forem fortes, a prática das rotações culturais reduzem consideravelmente as perdas de solo e de água, sem baixar em proporção importante a produção.
- No Nordeste semi-árido a prática do "mulch" dos restos vegetais chocase com a dificuldade de guardar estes restos de cultivo durante toda a estação seca. Viu-se que resultados ótimos foram conseguidos com o "mulch" constituído pela cobertura morta do pousio natural cortado. No caso de rotação trienal com capoeira e "mulch de capoeira" incorporado, não somente o solo está bem protegido e o escoamento reduzido, como também a incorporação aumenta o teor de matéria orgânica e melhora o complexo sortivo.
- Apesar da eficiência do tipo de preparo do solo e de plantio da cana-de-açúcar, usado nas zonas da Mata e do Agreste sobre a erosão e o escoamento, o perigo erosivo do primeiro ano do plantio

quando o solo estiver descoberto, torna necessária uma melhor proteção do solo nu com os restos culturais de preferência à queima dos mesmos.

- Devido à notável proteção do solo pela caatinga nativa, aconselha-se a conservação dessa caatinga, o uso das pastagens nativas extensivas e em nenhum caso sugere-se a prática do desmatamento de área de captação para favorecer o escoamento para fins de irrigação de complementação com barreiros, como já se faz no Sertão seco.
- No caso de haver necessidade de implantação desse tipo de irrigação, é melhor escolher como bacia de captação as zonas com vegetação degradada ou sem vegetação, com solo pouco permeável como se apresentam na maioria dos casos a superfície dos Solonetz solodizados ou dos Planossolos.
- Não se pode e não se deve extrapolar os resultados obtidos com parcelas experimentais pequenas (100 a 1.000 m<sup>2</sup>) para toda a bacia. Há um efeito de escala que depende do solo e do estado de cobertura vegetal e que constitui um fator de correção. No caso dos solos Bruno-Não-Cálcicos do Sertão, as perdas de solo e de água são bem menores nas bacias do que nas parcelas.

#### 4.2.2 - Recomendações para o uso das águas

- *Preconiza-se* para a estimação do coeficiente de escoamento, isto é, da armazenagem dos açudes utilizar o diagrama 3.1.2.3.1, estabelecido em função do tipo de solo dominante e da pluviometria média anual e *calcular este coeficiente* graças à equação seguinte  $y$  (coeficiente de escoamento em %) = 0,03 x (pluviometria média anual) - 11,95.
- Devido aos fracos coeficientes de escoamento dos solos da zona semi-árida, e às possibilidades de escoamento somente após raras chuvas fortes ou da saturação do solo, é recomendado escolher a implantação do açude nas depressões mais profundas e estreitas de modo a reduzir a evaporação. *Precisa-se desconfiar dos leitos* dos riachos muitas vezes fissurados e onde os riscos de infiltração são fortes. *Verificar* para que a superfície da bacia de captação seja superior a 2-3 km<sup>2</sup>.
- A média e grande açudagem serão sempre preferidas à multiplicação dos pequenos açudes.
- Devido à estreita relação entre a natureza do solo e à mineralização das águas, os projetos de implantação de pequenos açudes cujas bacias de captação são constituídas dos seguintes solos: Solonetz, Planossolos Solodizados, Litólicos Eutróficos, não são aconselhados.
- Sugere-se procurar e usar das águas superficiais nas zonas das rochas cristalinas e das águas subterrâneas nos terrenos sedimentares.
- As regiões semi-áridas dos Estados de Alagoas, Sergipe, Paraíba, Rio

Grande do Norte, Pernambuco e Ceará estão na ordem de perigo decrescente as zonas com os maiores riscos de salinização.

- *Os riscos de salinidade das águas superficiais do Nordeste devido às concentrações em sais dissolvidos é sempre superior ao risco de sódio.*
- *Preconiza-se a estimação rápida da razão de adsorção do sódio (S.A.R.) das águas superficiais nordestinas graças à determinação fácil da condutividade elétrica (CE) com ajuda da equação seguinte:*

$$y \text{ (SAR)} = 0,0366 \cdot x^{0,608} \text{ (C.E)}$$

No caso da amostragem nos açudes, a determinação da C.E pode ser feita sobre a água de superfície pois não há diferença significativa com aquela da profundidade.

- *Não se deve usar para a irrigação, na maioria dos solos do Nordeste, com exceção dos Latossolos e das areias Quartzosas muito permeáveis, das águas de classe superior a  $C_2S_2$ , isto é, com C.E > 750 micromhos/cm, resíduo seco > 510 mg/l e RAS > 2,05.*
- *Recomenda-se aproveitar da notável adaptação da algarobeira (*Prosopis juliflora*) aos sais, plantando-se a algaroba em pastagem arbórea consorciada com uma gramínea resistente aos sais como *Eriochloa polystachya* nos solos holomórficos com ou sem lençol freático salinizado e usar das águas mineralizadas na irrigação de tais pastagens.*



## 5 - ABSTRACT

This final report at the end of the convention between ORSTOM and SUDENE on the management and conservation of soils in Northeast Brazil covering approximately 1.6 million sq. km. sums up four years of research activities, technical assistance and guidance on the factors and the processes of erosion of soils and on the quality and economy of water. The main focus was of the semi-arid area in the Northeast hinterland known as sertão located on the crystalline basement where annual rainfall averages are less than 600 mm in a very irregular pattern and where the soils are not very thick and permeable but are chemically rich, underground water reserves scarce and of small size and where surface and underground waters are very mineralized. This report completes the synthesis, diagnosis and research proposals report published in 1981 and comprises all the activities carried out and the publications presented in the annexes. At the end of the report a list of necessities steps and precautions based on the results and tests of the studies executed is suggested as a way to help make the best use of the soil-water inventory of as problematic a region as Northeast Brazil.

## 6 - RESUMÉ

Ce rapport de fin de convention entre l'ORSTOM et la SUDENE sur la gestion et la conservation des sols dans le Nordeste du Brésil, qui concerne près de 1,6 million de km<sup>2</sup>, fait le point de 4 années de travail de recherche, d'assistance technique et d'orientation sur les facteurs et les processus de l'érosion des sols et sur la qualité et l'économie de l'eau. A été particulièrement étudiée la partie semi-aride intérieure du Nordeste ou Sertão, située sur le socle cristallin où la pluviométrie annuelle est le plus souvent inférieure à 600 mm et très irrégulière, où les sols sont peu épais, peu perméables mais chimiquement riches, où les nappes phréatiques sont rares et peu étendues, et où les eaux superficielles et souterraines sont très minéralisées. Ce rapport complète le rapport de synthèse, de diagnostic et de propositions de recherches publié en 1981 et comprend sous forme d'annexes, tous les travaux réalisés et publications présentées. Plusieurs cartes à 1:5.000.000 des facteurs de l'érosion et une carte de synthèse des risques érosifs sont présentées. En fin de rapport une série de mesures et de précautions simples, appuyées sur les résultats et les démonstrations des études effectuées, est proposée, de manière à aider à gérer au mieux le patrimoine sol-eau de cette région difficile qu'est le Nordeste brésilien.



7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BAVER, L.O. e RHOADES, H.F. J. Amer. Soc. of Agron. 1932, V. 24, p. 920.
- 2 - BORGES, M.C. de A. Estudo hidro-agronômico de 47 açudes no Nordeste brasileiro. Recursos naturais. Meio ambiente e poluição. Vol. 1. SUPREN, IBGE, Rio de Janeiro, 1977, p. 123-140.
- 3 - BOTELHO DA COSTA, J.V. e LOBO AZEVEDO, A. Ann. do Inst. Sup. de Agr. Lisboa. V. 14, 1943, p. 83.
- 4 - BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa agropecuária. Divisão de Pesquisa pedológica. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, 1973. 301 p. (Boletim Técnico, 28). (Brasil.SUDENE-DRN. Divisão de Agrologia, Série Pedologia, 16).
- 5 - BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa agropecuária. Divisão de Pesquisa pedológica. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, 1971. 530 p. (Boletim Técnico, 21. SUDENE-DRN. Divisão de Agrologia. Série Pedologia, 9).
- 6 - BRASIL. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 683 p. (Boletim Técnico, 15). (Brasil.SUDENE-DRN.Divisão de Agrologia. Série Pedologia, 8).
- 7 - BRASIL. Ministério de Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife, 1973. 359 p. (Boletim Técnico, 26). (Brasil.SUDENE-DRN.Divisão de Agrologia. Série Pedologia, 14).
- 8 - BRASIL. SUDENE. GRUPO DO VALO DO JAGUARIBE & FRANÇA. MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES. ASMIC. "Hidrologia" / Les eaux de surface/ In. Estudo geral de base do vale do Jaguaribe / Mise en valeur du bassin du Jaguaribe / Recife, 1967. 10 v. ilustr. v. 4.
- 9 - BRASIL.SUDENE. Inventário dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Espinharas. Recife, 1973, 60 p. mapas tab. (Brasil.SUDENE.Hidrologia, 43).
- 10 - BRASIL.SUDENE. Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil. Fasc. 1. Classificação e disponibilidade de solos. Textos. Geotécnica, RS-RR, 117/77, 1978, 98 p.
- 11 - BRASIL.SUDENE-DRN. Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil. Fase I. Recursos hídricos II. Águas de superfície. Potencialidades. Texto. Vol. VIII. SUDENE, Recife, 1980.
- 12 - BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soils. J. Wileys & Sons edit. New York & London, 1964, 470 p.

- 13 - BURWELL, R.E., ALLMARAS, R.R. & SLONEKER, L.L. Structural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall. Journ. of Soil and Wat. Cons., 21, 1966, p.6-63.
- 14 - CABEDA, M.S.V. Computation of storm Ei values. West Lafayette, Purdue University, 1976, 6 p.
- 15 - CADIER, E., FREITAS, B.J. de. Bacia representativa de Sumé. Primeira estimativa dos recursos de água. Campanhas de 1973 a 1980. Recife, SUDENE. Ass. Esp. Área Desenvolvimento Rural - Coord. Rec. Hídricos, 195 p. 1982 (Brasil.SUDENE.Hidrologia, 14).
- 16 - CADIER, E. & CAMPELLO, S. Avaliação dos recursos hídricos de pequenas bacias do Nordeste semi-árido. V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Blumenau, SC, 1983. No prelo.
- 17 - CADIER, E., FREITAS, B.J.de & LEPRUN, J.C. Bacia experimental de Sumé (PB). Instalações e primeiros resultados. Recife, SUDENE. Coord. Rec. Hídricos, 87 p. 1983a (Brasil.SUDENE.Hidrologia, 16).
- 18 - CADIER, E., FREITAS, B.J. de & LEPRUN, J.C. Bacia experimental de Sumé (PB). Instalações e primeiros resultados. V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Blumenau, SC, 1983b. No prelo.
- 19 - CAMPOS FILHO, O.R. Avaliação da erosividade e sua relação com perdas de solo e água no Agreste de Pernambuco. U.F.P.B., C.C.A. de Areia (PB), 1983. 52 p. (Tese de mestrado).
- 20 - CARNEIRO, L.R.S. da, ANTONELLO, L.L. & BEZERRA, T.C.L. Estudo de micropedológico e pesquisa sobre gênese do Vale do Rio Doce - Minas Gerais. SNLCS, Rio de Janeiro, 1977. 130 p. (Boletim Técnico, 43).
- 21 - CARTER, C.E. et alii. Raindrop characteristics in South Central United States. American Society of Agricultural Engineers Transactions, St. Joseph, 17:1033-7, 1974.
- 22 - COLLINET, J. & VALENTIN, C. Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Nouvelles perspectives, applications agronomiques. Rapport ORSTOM, Abidjan, 1979. 41 p.
- 23 - CRANDALL, R. Geografia, Geologia, Suprimento d'Água, Transportes e Açudagem. Publicação da Inspeção de Obras Centrais Secas. Rio de Janeiro, nº 4, Série I. D.E. 1910 e Coleção Mossoroense, Mossoró, RN, 4a. edição, 1980. 131 p.
- 24 - CRUZ, W.B. da. Recursos de água subterrânea em Simplicio Mendes-Piauí. Água Subterrânea, Recife, 2 (5):1-16, jan./mar., 1966. Inclui bibliografia. Sinopse em inglês.
- 25 - CRUZ, W.B. de. Alguns aspectos de circulação e salinização de água subterrânea em rochas cristalinas no Nordeste do Brasil. Brasil.SUDENE.Série Hidrologia, 8, 1967,

- 26 - CRUZ, W.B. da & MELO, F. de A.F. de. Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE. Divisão de Documentação, 1973. 118 p. (Brasil.SUDENE.Hidrogeologia, 19).
- 27 - DELWAULLE, J.C. Relatório de missão ao Brasil. Ações possíveis em matéria de conservação dos solos do Nordeste. Nogent-sur-Marne, C.T.F.T., 1976. 27 p. anexos.
- 28 - DIXON, W.J. & MASSEY, F.J. Jr. Introduction to Statistical Analysis, 3rd Ed. New York, Mc. Graw. Hill Editors, Ch. 10 e 16, 1969.
- 29 - EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. Recife, 1975. 532 p. (Boletim Técnico, 35). (Brasil.SUDENE-DRN.Série Recursos de Solos, 5).
- 30 - EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. Recife, 1975. 506 p. (Boletim Técnico, 36). (Brasil.SUDENE-DRN.Série Recursos de Solos, 6).
- 31 - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco - Estado da Bahia. Recife, 1976. 404 p. (Boletim Técnico, 38) (Brasil.SUDENE-DRN.Divisão de Recursos Renováveis, Série Recursos de Solos, 7).
- 32 - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco - Estado da Bahia. Recife, 1977. 735 p. (Boletim Técnico, 52). (Brasil.SUDENE-DRN.Divisão de Recursos Renováveis.Série Recursos de Solos, 10).
- 33 - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Norte de Minas Gerais. Recife, 1979. 407 p. (Boletim Técnico, 60). (Brasil.SUDENE-DRN.Divisão de Recursos Renováveis.Série Recursos de Solos, 12).
- 34 - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- 35 - EVANS, D.D. & BUOL, S.W. Micromorphological study of soil crusts. Proc. Soil Sc. Soc of Am. 32 (1), 1968, p.19-22.
- 36 - FREITAS, M.B. de; CHOUDHURY, E.N. & FARIA, C.M.B. Manejo e conservação de solo no Nordeste pernambucano. Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 44 p. il. 1981 (EMBRAPA/CPATSA - Boletim de Pesquisa, 6).
- 37 - GOMES, J.M. & SANTOS, M.F. de. Bacia representativa do Riacho do Navio. I. Levantamento de reconhecimento de solos a 1:100.000, II. Levantamento semidetalhado de solos de uma sub-bacia do Riacho do Navio a 1:25.000, Recife, SUDENE, Div. Reprografia, 1977, 84 p. (Brasil.SUDENE.Recursos de Solos, 9).
- 38 - GUERRA, P. de B. Açudes e Xerófilas. Maiores riquezas de nossos ecossis-

- temas. 2a. Edição. Coleção Mossoroense. Mossoró, RN, V. XCVIII, 1983. 91 p.
- 39 - GUSMÃO, A.; JACCON, G.; SECHET, P. Banco de dados hidroclimáticos do Nordeste: descrição e inventário. SUDENE-DRN, 1979. 13 p. anexos.
- 40 - BENIN, S. e MONNIER. Compte-rendu VI<sup>e</sup> CONGRES INTERNATIONAL AISS. Paris, 1956, V.B. p. 49.
- 41 - HUDSON, N.W. Raindrop size distribution in high intensity storms. Rhodesian Journal of Agricultural Research, 1(1):6-11, 1963.
- 42 - HUDSON, N.W. The flour pellet method for measuring the size of raindrops. Research Bulletin, Salisbury, Dept. of Conservation and Extension, 4:26, 1964a.
- 43 - HUDSON, N.W. A review of methods of measuring rainfall characteristics related to soil erosion. Research Bull. 1, Depart. of Conserv. Salisbury, Rhodesia, 1964b.
- 44 - HUDSON, N.W. Soil conservation. Londres. Batsford, 1973.
- 45 - ICHIKAWA, M. and Tase N. Geochemistry of waters in Northeastern Brazil. Ann. Report, Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, nº 6 (1980), p. 37-40.
- 46 - INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Projeto de pesquisa sobre manejo e conservação do solo no Estado de Pernambuco. Relatório anual. Recife, 1977. 22 p.
- 47 - INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Projeto de pesquisa sobre manejo e conservação do solo no Estado de Pernambuco. Recife, 1978. 87 p.
- 49 - KEGEL, W. Águas subterrâneas no Piauí. Rio de Janeiro, Depto. Nac. Prod. Min. Div. Geol. Min., 1955, 50 p. ilustr. 23 cm (Boletim, 156). Inclui bibliografia.
- 50 - KITOVER, D.; PRAGANA, D.L. & IMÁZIO, A. Revisão da política de Açudagem e Irrigação das Bacias dos Açudes. SUDENE. B. Rec. Nat. 1(1), 1963, p. 71-140.
- 51 - LAWS, J.O. & PARSONS, D.A. The relation of raindrop size to intensity. Transactions American Geophysical Union, Washington, 24:452, 1943.
- 52 - LEAL, A.S. Considerações sobre circulação de água em rochas cristalinas e salinização em região árida. Recife. SUDENE, 1968.
- 53 - LEMOS, P. & LURZ, J.F. Soil crusting and some factors affecting it. Soil Sc. Soc. Amer. Proc., 21, 1957, p. 485-491.
- 54 - LEPRUN, J.C. Étude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali. Compte rendu de fin d'études sur les sols et leur susceptibilité à l'érosion. Rapport ORSTOM-DGRST, Paris, CRSTOM, 1978. 45 p.

- 55 - LEPRUN, J.C. A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro. Balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas. Recife, SUDENE DRN, 105 p. 1981 (Brasil.SUDENE.Recursos de Solos, 15).
- 56 - LEPRUN, J.C. & GOMES, J.M. Estabelecimento de um mapa da erosividade das chuvas do Nordeste na escala de 1/5.000.000. XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Salvador, Bahia, 1981. Resumos. p.76.
- 57 - LEPRUN, J.C.; CAMPOS Fº, O.R.; SILVA, I.F. & ANDRADE, A.P. Cálculo e comparação dos índices de erosividade das chuvas R de WISCHMEIER e  $KE > 25$  de HUDSON em vários postos pluviográficos do Nordeste brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., CAMPINAS, 1982. Resumos dos trabalhos. 1982. p. 16, nº 27.
- 58 - LEPRUN, J.C.; ASSUNÇÃO, M.S. de & CADIER, E. Avaliação dos recursos hídricos das pequenas bacias do Nordeste semi-árido: características físico-climáticas. Recife, SUDENE-DRN. Divisão de Hidrometeorologia, 1983, 71 p. il. mapas (Brasil.SUDENE.Hidrologia, 15).
- 59 - LEPRUN, J.C. & DUARTE, M.J. Aproveitamento dos solos e das águas salinizadas no cultivo da Algarobeira (*Prosopis juliflora*) no Nordeste semi-árido brasileiro. I CONGRESSO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS NATIVAS. Olinda, PE, 1983, Anais, no prelo.
- 60 - MALAVOLTA, E. Manual de Química agrícola. Adubos e adubação. 3a. edição. São Paulo, Ed. Agronomica Ceres Ltda. 1981, 596 p.
- 61 - MALAVOLTA, E. & NEPTUNE, A.M.L. Características e eficiência dos adubos nitrogenados. B. Inf. S.B.C.S. Campinas, SP, 8, 1, 1983, p. 4-14.
- 62 - MARGOLIS, E. & MELLO NETTO, A.V. de. Observações gerais sobre as perdas por erosão na zona do Agreste de Pernambuco. Recife, Inst. Pesq. Agron., 1977. 19 p. (IPA. Boletim Técnico, 74).
- 63 - MARGOLIS, E. & MELLO NETTO, A.V. de. Perdas por erosão em diferentes sistemas de plantio da mandioca. Resultados preliminares. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., Campinas, 1982. Resumos dos trabalhos. Campinas, 1982, p. 18, nº 34.
- 64 - MENTE, A.; GUSMÃO, G.A.; CRUZ, W.B. da. Estudo hidrogeológico da região de São João do Piauí. B. Rec. Nat. /da/ SUDENE, Recife, 4(3/4):325-66, jul./dez. 1966.
- 65 - MIDDLETON. Properties of soils which influence soil erosion. Dep. of Agric. Tech. Bull. nº 178, 1930.
- 66 - MORGAN, R.P.C. Soil erosion. Topics in applied geography. Longman editors. London, 1979. 113 p.
- 67 - NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, Fundação IBGE, 1979. 421 p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 4).
- 68 - PIOGER, R. Ressources en eau du Nord-est du Brésil: les eaux fluviales.

- Recife, SUDENE-FAO, 1964, 111 p.
- 69 - QUANTIN, P. e COMBEAU, A. Bull. Bureau interafricain des sols. Nº 59, 1962, p. 124.
- 70 - REBOUÇAS, A. da C. Algumas considerações sobre a hidrogeologia dos terrenos cristalinos do Nordeste. B. Rec. Nat. /da/ SUDENE, Recife, 3(1/4): 109-22, 1965.
- 71 - REBOUÇAS, A. da C. Le problème de l'eau dans la zone semi-aride du Brésil. Evaluation des ressources, orientation pour la mise en valeur. These Doct. Etat. Univ. Strasbourg, 251 p., 1973.
- 72 - REBOUÇAS, A. da C. & MARINHO, M.E. Hidrologia das secas - Nordeste do Brasil. Recife, PE, SUDENE-DRN, 1972, 126 p. (Brasil.SUDENE.Serie Hidrogeologia, 40).
- 73 - RIBEIRO, A.C. Produção e consumo de adubos nitrogenados no Brasil. B. Inf. S.B.C.S., Campinas, SP, 8, 1, 1983, p. 19-22.
- 74 - ROSE, C.W. Rainfall and soil structure. Soil Sc. Baltimore, 91, 1961, p. 49-54.
- 75 - ROTH, C.B.; NELSON, D.W.; ROMKENS, M.J.M. Prediction of subsoil erodibility using chemical, mineralogical and physical parameters. (U. S. Environmental Protection Agency Report, n. 660/2.7.74.043), 1974. 111 p.
- 76 - SAMPAIO; J.B.M. & LEPRUN, J.C. Determinação simples de algumas características analíticas e propriedades diagnósticas dos Latossolos do Nordeste brasileiro. XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. Resumos 135, p. 74, Curitiba, PR, 1983.
- 77 - SANTIAGO, M.M.F.; SALTI, E. & MATSUI, E. Fracionamento isotópico da água (O-18/O-16) do açude Santo Antônio de Russas durante a evaporação. Rev. Bras. Geoc. 5, 1975, p. 105-112.
- 78 - SILVA, A. de S.; PORTO, E.R. & GOMES, P.C.F. Seleção de áreas e construção de barreiros para uso de irrigações de salvação no tropico semi-árido. EMBRAPA, Circular Técnica, nº 3, C.A.R.T.S.A. Petrolina (PE), 43 p. 1981.
- 79 - SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A.P. de & CAMPOS FILHO, O.R. Efeitos da cobertura vegetal e de práticas conservacionistas sobre as perdas por erosão numa Terra Roxa Estruturada Eutrófica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1982. Resumos dos trabalhos. 1982. p. 25, nº 56.
- 80 - SOUZA BRASIL, T.P. de. O Ceará no começo do século XX, Fortaleza, 1903, p. 478.
- 81 - STOCKING, M.A. & ELWELL, H.A. Soil erosion hazard in Rhodesia. Rhod. agric. J. 70, 1973, p. 93-101.

- 82 - TASE, N. and ICHIKAWA, M. Quality of surface waters and their salinization in Northeastern Brazil. Hydrology, nº 10, 1980a, p. 31-39.
- 83 - TASE, N. and ICHIKAWA, M. Salinization of surface waters in Northeastern Brazil. Ann. Report, Inst. Geosci., Tsukuba, nº 6, 1980b, p. 41-43.
- 84 - TIULIN, A. The problem of soil structure. C.R. I comm. Aiss. Sov. Moscou. Vol. 1. 1933, p.111.
- 85 - VAGELER, P. Der kationen und wassechaushalt des Mineralbodens. Vol 1. Springer ed. Berlin, 1932.
- 86 - VALENTIN, C. Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdesertique. Dynamique de formation et consequences sur l'economie en eau. These 3<sup>e</sup> cycle. Univ. Paris VII, 1981, 229 p.
- 87 - VETTORI, L. Métodos de análise do solo. EPFS, Rio de Janeiro, 1969, 34 p. (Boletim Técnico, 7).
- 88 - VIEIRA, H.J.P., CADIER, E., LINS, M.J.A. & ASSUNÇÃO, M.S. Descrição da rede de bacias representativas e experimentais do Nordeste brasileiro. V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Blumenau, SC, 1983 no prelo.
- 89 - VOLKOFF, B. Caracterização dos horizontes de alguns solos ferralíticos do Estado da Bahia através do seu índice de instabilidade estrutural. In XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas, SP, Brasil, 1975, Anais, S.B.C.S., 1976. pp. 373-380.
- 90 - WISCHMEIER, W.H. Cropping management factor evaluations for a universal soil loss equation. Soil science Society of America Proceedings, Madison, 24(4), 1960, p. 322-326.
- 91 - WISCHMEIER, W.H., JOHNSON, C.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. J. of soil and water conserv. 26, 1971, p. 189-193.
- 92 - WRIGHT, S. Alguns dados da Física e da Química das águas dos açudes nordestinos. Bol. da Inspetoria de Obras Contra as Secas, V. 1 nº 1, 1934. Bol. Téc. do D.N.O.C.S., Fortaleza, 39, nº (1), 1981, p. 21-31.
- 93 - YAMAMOTO, S. and ICHIKAWA, M. On the occurrence and quality of water in the semi-arid region of the Brazilian Northeast, Tokyo Geography Paper, XVIII, 1973, p. 9-38.



8 - ANEXOS

- 8.1 - ANEXO 1 - Trabalho apresentado no 18º Congresso brasileiro de Ciência do solo, Salvador, BA, 1981.
- 8.2 - ANEXO 2 - Relatório da série Recursos de solos nº 15 da SUDENE
- 8.3 - ANEXO 3 - Trabalho apresentado no 4º Congresso/Encontro nacional de conservação do solo e da pesquisa sobre a conservação do solo, Campinas, SP, 1982.
- 8.4 - ANEXO 4 - Trabalho apresentado no 1º Simpósio do Trópico semi-árido, Olinda, PE, 1982
- 8.5 - ANEXO 5 - Trabalho a ser apresentado no 5º Congresso de Conservação do solo, Porto Alegre, RS, 1984.
- 8.6 - ANEXO 6 - Relatório da série Hidrologia nº 15 da SUDENE.
- 8.7 - ANEXO 7 - Relatório da série Hidrologia nº 16 da SUDENE.
- 8.8 - ANEXO 8 - Trabalho apresentado no 1º Congresso brasileiro de Forrageiras e Pastagens nativas, Olinda, PE, 1983.
- 8.9 - ANEXO 9 - Trabalho apresentado no 19º Congresso brasileiro de Ciência do solo, Curitiba, PR, 1983.
- 8.10- ANEXO 10 - Trabalho apresentado no 5º Simpósio brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Blumenau, SC, 1983.
- 8.11- ANEXO 11 - Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - da erosividade das chuvas.
- 8.12- ANEXO 12 - Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - da erodibilidade do solo.
- 8.13- ANEXO 13 - Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - do relevo e das declividades.
- 8.14- ANEXO 14 - Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - da densidade de população.
- 8.15- ANEXO 15 - Mapa de síntese do Nordeste a 1:5.000.000 - do risco de erosão hídrica.
- 8.16- ANEXO 16 - Mapas dos solos das bacias representativas.
- 8.17- ANEXO 17 - Bibliografia informativa de conservação do solo.



## 8.1 - ANEXO 1

TRABALHO APRESENTADO NO XVIIIº CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA  
DO SOLO, Salvador, BA, 1981.

153 ESTABELECIMENTO DE UM MAPA DA EROSIVIDADE DAS CHUVAS DO NORDESTE NA ESCALA DE 1/5.000.000. J.C. Leprun & J.M. Gomes. (SUDENE - DRN e OESTOM). Graças ao banco de dados da EM do DRN/SUDENE, à gravação dos dados pluviográficos em fita magnética e o preparo de um programa de computação (Mistral) são hidrológica francesa da SUDENE, D.R.M., Convênio DRN/C.C.A. de Araxá) correlações altamente significativas entre o fator da erosividade das chuvas de WISCHEMEIER  $R$  média anual (entre 1967-1980) e a pluviometria  $P$  média anual dos anos completos do mesmo período, foram encontradas. As equações são as seguintes: - Para os postos do sertão  $R = 106,7 + 0,302P$  ( $N = 25, r = 0,94$ )  $R = 0,13P^{1,24}$  ( $N = 25, r = 0,93$ ). - Para os 5 postos do litoral cearense e da transição ao amazonas  $R = 216,6 + 0,001P$  ( $N = 5, r = 0,99$ ). - Para os 4 postos da zona da mata costeira  $R = 0,05 P^{1,29}$  ( $N = 4, r = 0,99$ ). - Para os 5 postos da zona do Agreste e da mata interior  $R = 0,02P^{1,45}$  ( $N = 5, r = 0,99$ ). Essas correlações estatísticas permitem o estabelecimento de um mapa da erosividade das chuvas. Com efeito, se existe uma relação estatística entre  $R$  e  $P$  por um mesmo período recente (1967-1980), essa relação é igualmente válida para o período dos anos 1912-1967 para o qual existe um mapa de isoietas de Nordeste. Basta fazer corresponder aos valores  $P$  das isoietas, os diferentes valores de  $R$  calculados graças às equações precedentes. Este mapa e estas correlações estão apresentadas no relatório DRN-Sudene intitulado, "A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro" que sairá proximoamente.



8.2 - ANEXO 2

RELATÓRIO DA SÉRIE RECURSOS DE SOLOS, nº 15 DA SUDENE

As pessoas que desejem receber esse relatório podem fazer o pedido enviando-o ao seguinte endereço:

Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste  
SUDENE - DRN - RR - sala 329 - 3º andar  
Praça Sup. Gonçalves de Sousa s/n  
Cidade Universitária - 50.000 Recife (PE)

SUDENE  
SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO  
DO NORDESTE  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS  
DIVISÃO DE RECURSOS RENOVÁVEIS

O.R.S.T.O.M.  
OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE-MER  
(FRANÇA)

A EROSÃO, A CONSERVAÇÃO E O MANEJO DO SOLO  
NO NORDESTE BRASILEIRO

BALANÇO, DIAGNÓSTICO E NOVAS LINHAS DE PESQUISAS

Trabalho realizado mediante convênio SUDENE e ORSTOM

Série: Brasil. SUDENE. Recursos de solos, 15

Recife

1981



## 8.2 - ANEXO 3

TRABALHO APRESENTADO NO 4º CONGRESSO/ENCONTRO NACIONAL DE  
CONSERVAÇÃO DO SOLO E DE PESQUISA SOBRE A CONSERVAÇÃO DO  
DO SOLO, Campinas, SP, 1982.

- 27 CÁLCULO E COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS R DE WISCHMEIER E KE>25 DE HUDSON EM VÁRIOS POSTOS PLUVIOGRÁFICOS DO NORDESTE BRASILEIRO. J.C. Leprun\*, O.R. Campos Filho\*\*, I. de F. da Silva\*\*, A.P. de Andrade\*\* (\*SUDENE/ORSTOM, \*\*UFPA-CCA de Areia).

A partir dos dados pluviográficos do Banco de Dados da SUDENE e de um programa de computação do fator R de WISCHMEIER, foi estabelecido um programa computado do cálculo do fator KE>25 segundo a metodologia completa de HUDSON. Foram calculados os valores do fator R e do índice KE>25 de 206 anos completos, obtidos em 34 postos do Nordeste.  $R = E \cdot I_{30} \cdot 10^{-3}$ , onde E = energia cinética da chuva e  $I_{30}$  = intensidade máxima em 30 minutos; KE = E onde E = energia cinética das frações de chuva superiores a 25 mm/h. Nos dois casos a energia cinética é calculada pela equação  $EC = 12,142 + 8,877 \log I$  onde EC = t.m/ha-mm e I=mm/h. Excelentes correlações ligam os dois fatores de erosividade:

com dados anuais:

$$KE_a = 14,6 R_a + 497,8 \quad [1] \quad (N = 206 \text{ anos}, \quad r = 0,97^{**})$$

com dados das médias anuais:

$$KE_{ma} = 13,9 R_{ma} + 457,5 \quad [2] \quad (N = 34 \text{ postos}, \quad r = 0,99^{**})$$

Um diagrama estabelecido de acordo com a equação [2] permite uma rápida e boa avaliação de KE a partir do valor médio anual do fator R de WISCHMEIER para qualquer posto do Nordeste.

Convênios SUDENE/ORSTOM  
e SUDENE/UFPA

CÁLCULO E COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS  
R DE WISCHMEIER E KE > 25 DE HUDSON EM VÁRIOS POSTOS PLU-  
VIOGRÁFICOS DO NORDESTE BRASILEIRO.

J.C. Lepun\*, O.R. Campos Filho\*\*, I. de F. da Silva\*\*, A.P.  
de Andrade\*\* (\* SUDENE/ORSTOM, \*\* UFPA-C.C.A. de Areia)

RESUMO

A partir dos dados do Banco de Dados da SUDENE e de um programa de computação do fator R de erosividade da chuva de WISCHMEIER, foi estabelecido um programa computado do cálculo do índice KE > 25 de HUDSON. Foram calculados os valores dos dois índices de 206 anos com dados completos, obtidos em 34 postos do Nordeste.

São colocados em evidência: - valores muito diferentes dos dois índices para os mesmos postos, valores que não permitem escolher um índice de preferência a outro e isso em função mesmo da diferença de natureza e de cálculo dos dois índices,

- em consequência, a dificuldade do uso do índice KE ,

- a existência de correlações muito estreitas entre R e KE que pode permitir a fácil determinação do KE, a partir do valor de R, de qualquer posto do Nordeste.

INTRODUÇÃO

Ao lado do índice R de erosividade da chuva estabelecido nos E.U.A. por WISCHMEIER e SMITH (1958) que é muito conhecido e usado, existe um outro índice, KE > 25, determinado por HUDSON (1965 e 1971) na Rodésia, para as chuvas tropicais com altas intensidades. A literatura recente da área de conservação do solo, tanto brasileira como estrangeira, trata do índice KE de HUDSON, da sua possibilidade de melhor uso do que o R, mas, na verdade, os valores de KE e sua comparação com o fator R são quase inexistentes nessa literatura. Então, parece interessante tentar avaliar o índice KE > 25, compará-lo com o fator R e julgar o seu uso eventual numa grande região com clima tropical: o Nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODO

Lembramos: - que o fator R de WISCHMEIER e SMITH (1958) é igual a  $EI_{30}$  onde E é a soma das energias cinéticas de todas as frações de chuva com declives uniformes e  $I_{30}$  a intensidade máxima em 30 minutos dessa chuva;

- ainda, que o índice  $KE > 25$  da mesma chuva é a soma das energias cinéticas das frações de chuva, com declives uniformes, superiores a 25 mm por hora.

O exemplo da chuva da figura 1 analisada na tabela 1 ilustra os métodos de cálculo.

A avaliação das energias cinéticas é de 173 t-m/ha com o método de WISCHMEIER, o que dá um valor de  $R = EI_{30} \cdot 10^{-3}$  de  $173,0 \times 12,4 \times 10^{-3} = 2,14$  t-m/ha-mm/h; e de 137,3 t-m/ha com o método de HUDSON, o que dá um valor de  $KE > 25$  de 137,30 t-m/ha. Nos dois casos, a energia cinética é calculada pela equação  $Ec = 12,142 + 8,877 \log I$  onde  $Ec = t\text{-m/ha-mm}$  e  $I = \text{mm/h}$ .

A partir dos dados pluviográficos gravados em fita magnética do Banco de Dados da SUDENE, de um programa de computação do fator R de WISCHMEIER (Missão Hidrológica Francesa da SUDENE/D.H.M., Convênio SUDENE-DRN/UFPB-C.C.A. de Areia), e de trabalhos anteriores (LEPRUN e GOMES, 1981; LEPRUN 1981), foi estabelecido um programa computado de cálculo do índice  $KE > 25$  segundo a metodologia completa de HUDSON (1971, ed. 1973, p. 67).

As chuvas têm mais de 10 mm ou menos de 10 mm, porém com uma intensidade superior a 25 mm/h durante 15 minutos. Um período de 6 horas sem chuva ou de menos de 1 mm marca o limite entre duas chuvas unitárias.

Os valores do índice  $KE > 25$  de 206 anos completos, obtidos em 34 postos pluviográficos em todo o Nordeste (figura 2) foram calculados. Os postos do Sertão são os mais numerosos (27) contra 4 da zona de transição ao Amazonas (Ceará ocidental e Maranhão) e somente 2 na zona da Mata e 1 na zona do Agreste.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 figuram os valores dos índices R e KE para os 34 postos pluviográficos. A figura 3 dá a repartição dos valores anuais com 206 pontos, e médias anuais com 34 pontos. Vários comentários podem ser feitos na análise desses resultados:

- os valores dos dois índices são muito diferentes, assim, se considerarmos  $R = EI_{30} \times 10^{-3}$ , os valores de KE são mais de 10 vezes superiores aos valores correspondentes de R, mas se fosse escolhido  $R = EI_{30}$ , então, os valores de KE tornam-se cerca de 50 vezes inferiores aos valores correspondentes de R (exemplo URUCUI,  $R = EI_{30} = 634.400$ ,  $KE = 9762$ ). Estes últimos valores são da mesma ordem de grandeza dos de RAPP *et alii* (1972) in MORGAN (1979), na Tanzânia, que são os poucos dados conhecidos. Essa diferença de grandeza é normal, pois que na expressão do resultado do R entra o valor de  $I_{30}$ , ainda que o valor de KE seja somente a soma da energia cinética sem a multiplicação com  $I_{30}$ ;

- o ajustamento da figura 3 permite encontrar excelentes correlações entre os dois índices de erosividade:

- com dados anuais:

$$KE_a = 14,0 R_a + 497,8 \quad |1| \quad (N = 206 \text{ anos, } r = 0,97^{**})$$

- com dados das médias anuais:

$$KE_{ma} = 13,9 R_{ma} + 457,5 \quad |2| \quad (N = 34 \text{ postos, } r = 0,99^{**})$$

- as equações |1| e |2| e a reta do diagrama da figura 3 permitem uma rápida e boa avaliação do índice KE a partir do valor médio anual do fator R de WISCHMEIER.

### CONCLUSÕES

Para os postos do Nordeste e particularmente do Sertão, não é necessário fazer, agora, o demorado e fastidioso cálculo do  $KE > 25$  de HUDSON, esse índice podendo ser dado diretamente pelo diagrama ou calculado pelas equações a partir dos valores de R de WISCHMEIER, podendo os mesmos serem determinados diretamente a partir da pluviometria média anual (LEPRUN e GOMES, 1981).

Ainda mais, parece que os dois índices, com valores muito diferentes, não podem ser substituídos um pelo outro. Para saber qual dos dois é o melhor, precisa correlacionar cada um com os dados de perdas em terra obtidos com parcelas-padrões de cada zona climática do Brasil, o que representa um enorme trabalho quando se sabe que este teste do R de WISCHMEIER, embora seja muito usado, não foi ainda aplicado no Brasil.

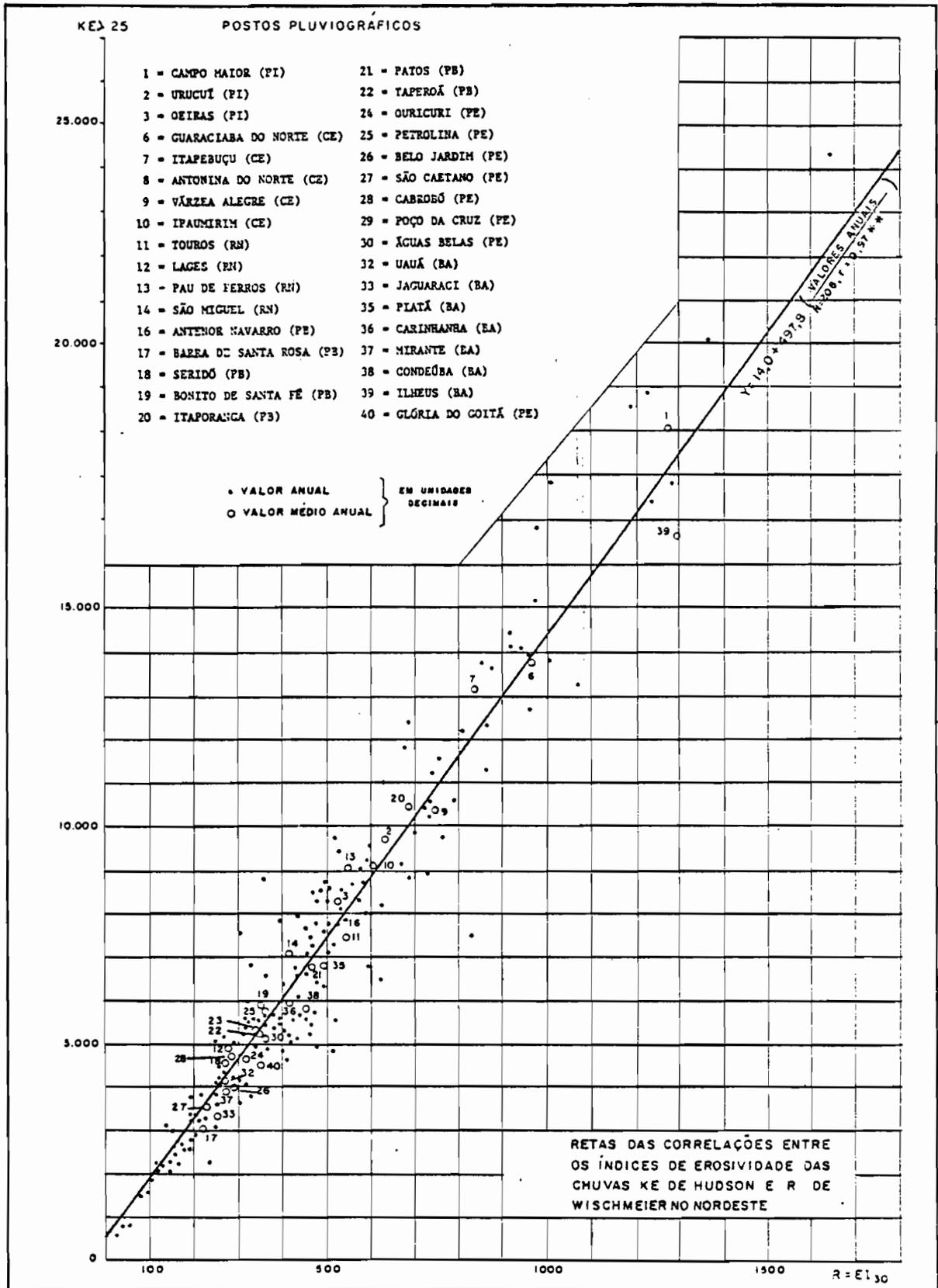
No estado atual dos estudos de conservação no Brasil, parece mais oportuno utilizar o fator R de erosividade de WISCHMEIER do que o  $KE > 25$  de HUDSON.

LITERATURA CITADA

- HUDSON; N.W. The influence of rainfall on the mechanics of soil erosion with particular reference to Southern Rhodesia, unpublished MSc thesis, University of Cape Town, 1965.
- HUDSON, N.W. Soil conservation: Londres, Batsford, 1971. 320 p.
- LEPRUN; J.C. A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro; balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas. Recife, SUDENE DRN, 1981, p. mapa. 105 p. (Brasil.SUDENE.Recursos de solos, 15).
- LEPRUN, J.C. e GOMES, J.M. Estabelecimento de um mapa da erosividade das chuvas do Nordeste na escala de 1/5.000,000. 18º CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Salvador, 1981. Resumos. 153, 0.76.
- MORGAN, R.P.C. Soil erosion. Topics in applied Geography. Longman, London and New-York. 1979. 113 p.
- RAPP, A., AXELSSON, V., BERRY, L., MURRAY-RUST, D.H. Soil erosion and sediment transport in the Morogoro river catchment, Tanxania, Geografiska Ann. 54-A: 125-55. 1972.
- WISCHMEIER, W.H. e SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions American Geophysical Union, Washington, 39:285-91, 1958.

Tabela 1 - Cálculo da energia cinética da chuva da figura 1.

Fração de chuva	(1) Tempo (mm)	(2) Chuva (mm)	(3) Intensidade (mm/h) $\frac{(2) \times 60}{(1)}$	(4) (5) Energia Cinética	
				por mm (tabela)	(4) x (2)
	-	-	-	-	-
1	10	0,2	1,20	12,8	2,5
2	06	0,4	4,00	17,5	7,0
3	09	0,5	3,33	15,5	7,7
4	09	0,0	-	-	-
5	06	0,9	9,00	20,6	18,5
6	09	5,3	35,33	25,9	137,3
TOTAL	49	7,3	-	-	173,0 t-m/ha



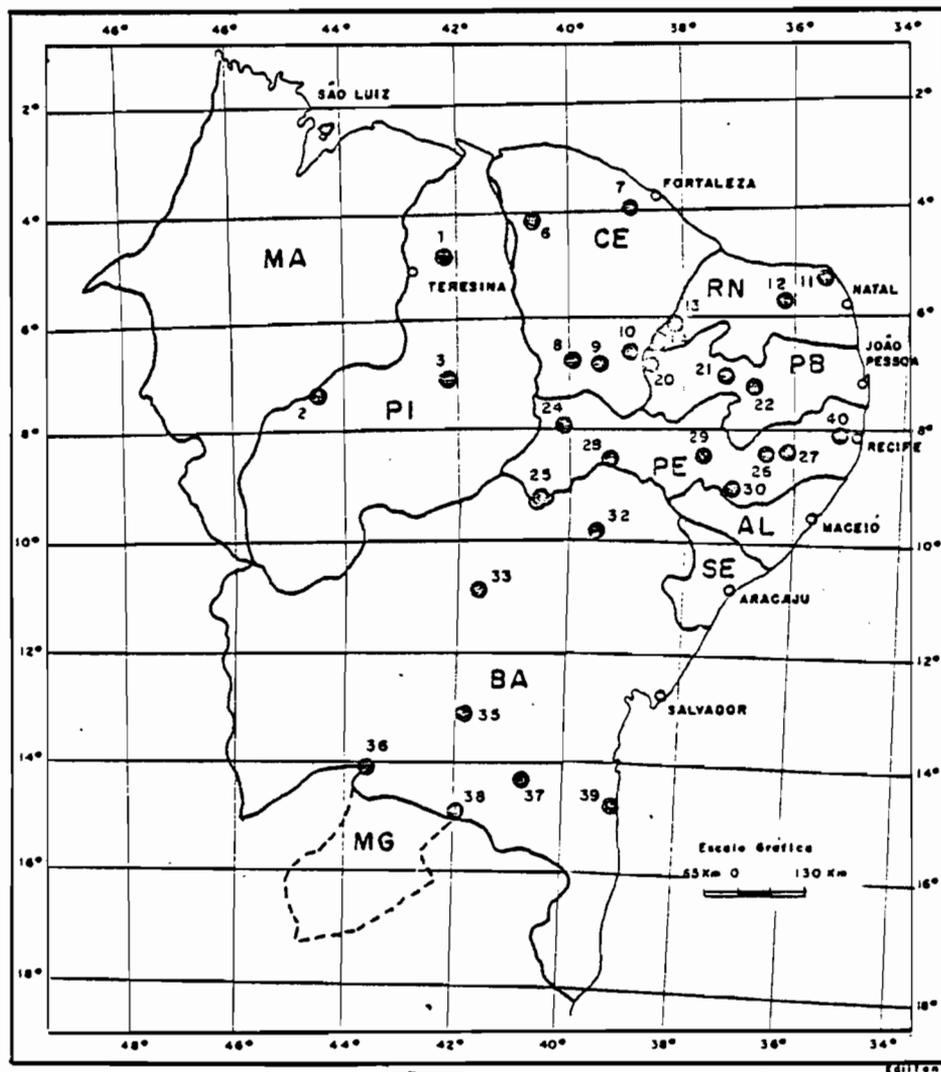


FIG. 2 - SITUAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOGRÁFICOS TRATADOS NO NORDESTE (ver os postos na tabela 2)

Tabela 2: Índice de erosividade das chuvas R de WISCHMEIER e KE de HUDSON do NORDESTE (em unidades decimais).

Postos pluviográficos	Estado	Numero de anos	$R=EI_{30} \times 10^{-3}$ média anual	KE > 25 média anual
1. CAMPO MAIOR	PI	7	1268,0	19.138
2. URUCUI	PI	3	634,4	9.762
3. OEIRAS	PI	7	526,4	8.281
6. GUARACIABA DO NORTE	CE	5	964,4	13.885
7. ITAPEBUÇU	CE	5	838,0	13.163
8. ANTONINA DO NORTE	CE	5	345,4	5.305
9. VÁRZEA ALEGRE	CE	3	746,3	10.441
10. IPAUMIRIM	CE	10	602,9	9.114
11. TOUROS	RN	7	549,4	7.438
12. LAGES	RN	9	276,9	4.918
13. PAU DE FERROS	RN	5	553,4	9.059
14. SÃO MIGUEL	RN	6	414,6	7.090
16. ANTENOR NAVARRO	PB	3	541,5	7.960
17. BARRA DE SANTA ROSA	PB	2	215,1	3.135
18. SERIDÓ	PB	11	268,8	4.549
19. BONITO DE SANTA FÉ	PB	4	363,4	5.813
20. ITAPORANGA	PB	9	682,7	10.547
21. PATOS	PB	4	477,1	6.809
22. TAPEROÁ	PB	10	351,5	5.365
24. OURICURI	PE	8	321,1	4.667
25. PETROLINA	PE	5	367,0	5.816
26. BELO JARDIM	PE	5	285,5	4.541
27. SÃO CAETANO	PE	7	232,8	3.524
28. CABROBÓ	PE	8	285,9	4.687
29. POÇO DA CRUZ	PE	6	317,8	4.847
30. ÁGUAS BELAS	PE	4	363,7	5.159
32. UAUÁ	BA	10	277,0	4.619
33. JAGUARACI	BA	5	247,8	3.328
35. PIATÁ	BA	4	494,5	6.823
36. CARINHANHA	BA	4	416,4	5.935
37. MIRANTE	BA	7	279,1	3.937
38. CONDEÚBA	BA	9	457,6	5.846
39. ILHEUS	BA	1	1291,5	16.687
40. GLÓRIA DO GOITÁ	PE	9	349,0	4.623

8.4 - ANEXO 4

TRABALHO APRESENTADO NO Iº SIMPÓSIO DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO,  
Olinda, PE, 1982.

COMPARAÇÃO DOS FATORES DA EROÇÃO HÍDRICA  
NO NORDESTE BRASILEIRO SECO E NA ÁFRICA  
DO OESTE SECO - CONSEQUÊNCIAS.

J.C. LEPRUN

SUDENE/DRN/ORSTOM

**RESUMO:** Uma análise comparativa dos vários dados do clima, dos solos, dos declives, da cobertura vegetal e das práticas culturais de duas regiões tropicais semi-áridas, uma no Nordeste do Brasil e a outra na zona do Sahel da África ocidental, coloca em evidência a melhor conservação dos solos e do meio físico natural do Nordeste. São preconizadas algumas recomendações para combater os dois pontos fracos da agricultura nordestina: o cultivo das fortes declividades e a prática quase exclusiva do preparo morro abaixo, e o perigo dos mesmos no caso de maior mecanização.

## 1. INTRODUÇÃO

A erosão hídrica, que depende de vários fatores: clima, solo, vegetação, homem, tem diferentes manifestações segundo as variações destes fatores, cujo conhecimento pode orientar as medidas mais adequadas de conservação. A comparação dos fatores de erosão entre duas regiões semi-áridas de dois continentes diferentes, pode ajudar para um melhor conhecimento destes fatores e a escolha dos meios de defesa.

Depois de trabalhar doze anos na África ocidental seca e, particularmente, no "Sahel", além de passar mais de dois anos participando do convênio SUDENE/ORSTOM sobre a conservação do solo no Nordeste e escrito um relatório de síntese (LEPRUN, 1981), parece-nos interessante comparar estes dois meios tropicais semi-áridos. Esses meios ecológicos apresentam numerosas analogias: clima tropical seco e quente, com fortes variações pluviométricas anuais, com secas periódicas catastróficas, embasamento geológico cristalino precambriano, vegetação xerófila caducifolia, rios com escoamento temporário, população pobre e pouco desenvolvida, submetida ao êxodo, com precários meios de existência, onde dominam a agricultura de subsistência e a pequena pecuária. No entanto, esses meios apresentam igualmente notáveis diferenças no que diz respeito ao solo, ao seu manejo e ao regime fundiário.

Após a exposição dos elementos de comparação da erosão e sua discussão, sugerimos uma série de recomendações sobre o aproveitamento agrícola.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

Para poder comparar os fatores da erosão, vamos analisar cada um dos fatores da equação de perda em terra de WISCHMEIER e SMITH (1960).

Essa equação de previsão de erosão, muito usada no Brasil e na África, permite, com efeito, estimar as perdas em terra por erosão ao determinar as seguintes variáveis:

R = erosividade da chuva  
 K = erodibilidade do solo  
 L = comprimento de rampa  
 S = grau de declive  
 C = uso e manejo do solo  
 P = práticas conservacionistas

que compõem a equação:

$E = R \times K \times L \times S \times C \times P$  onde E é a perda em terra por unidade de área (t/ha).

Os dados utilizados neste estudo foram tirados das principais fontes a seguir:

- Para o Nordeste: os relatórios dos convênios de conservação ligados à SUDENE (CFRPE/IPA; UFPB/CCA de Areia; ORSTOM), o Banco de Dados da HM/DRN da SUDENE, os trabalhos da Missão francesa da SUDENE, etc.
- Para a África seca: os principais trabalhos dos pesquisadores do ORSTOM (E.J. ROOSE, J. COLLINET, C. VALENTIN, etc) e do CTFT (J. PIOT, E. MILOGO) etc.

### 2.1 O Fator R : fator erosividade da chuva ou agressividade climática.

2.1.1 Definição: o fator R é o valor do produto da energia cinética de cada chuva unitária e sua intensidade máxima em trinta minutos:

$$R = EI_{30}$$

Esse produto é considerado por WISCHMEIER (1959) como a melhor expressão da potencialidade erosiva da chuva.

2.1.2 Método de cálculo: É necessário dividir o diagrama do pluviômetro de cada chuva unitária com seções e declives uniformes, determinar a quantidade e a intensidade das mesmas, calcular a energia cinética de cada seção segundo a equação seguinte  $E_c = 12,142 + 8,377 \log I$  onde  $E_c = t\text{-m/ha}$  por milímetro de chuva e  $I = \text{mm/h}$ , somar os valores das energias e multiplicar essa energia total pela maior quantidade de chuva registrada durante um período de 30 minutos consecutivos.

O exemplo da chuva da figura 2.1.2.1 analisada na tabela 2.1.2.2 ilustra o método de cálculo. A soma de todos os valores de R de todas as chuvas do ano dá o R anual. Então o valor de R anual depende, para cada chuva unitária, das intensidades instantâneas das seções de chuva, da

quantidade de chuva dessas secções, da intensidade máxima em 30 minutos e do número de chuvas unitárias durante o ano.

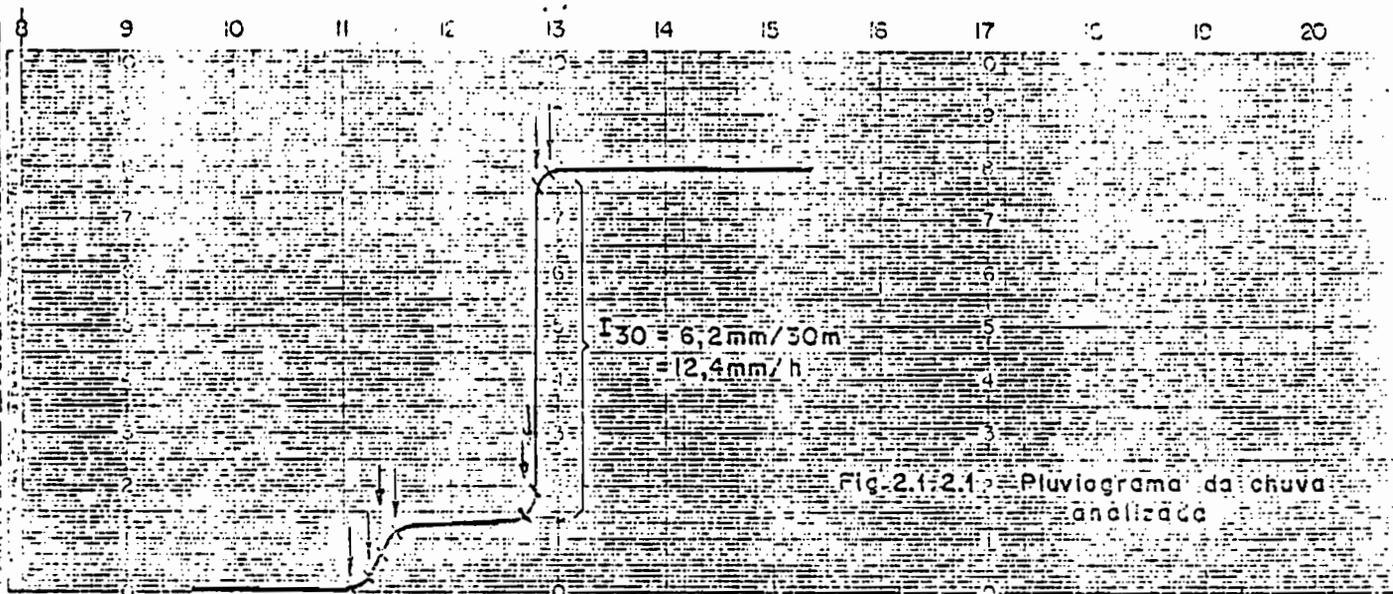


Tabela 2.1.2.2 - Cálculo da energia cinética da chuva da figura 2.1.2.1.

Fração de chuva	(1) Tempo (mm)	(2) Chuva (mm)	(3) Intensidade (mm/h) $\frac{(2) \times 60}{(1)}$	(4) (5) Energia Cinética	
				por mm (tabela)	(4) x (2)
-	-	-	-	-	-
1	10	0,2	1,20	12,8	2,5
2	06	0,4	4,00	17,5	7,0
3	09	0,5	3,33	15,5	7,7
4	09	0,0	-	-	-
5	06	0,9	9,00	20,6	18,5
6	09	5,3	35,33	25,9	137,3
TOTAL	49	7,3	-	-	173,0 t-m/ha

## 2.2 O Fator K : fator erodibilidade do solo

2.2.1 Definição: é um coeficiente determinado experimentalmente a partir da medida da erosão máxima de uma parcela-padrão de 22,1 m de comprimento e 9% de declividade, mantida continuamente descoberta e preparada com faixa reta arada no sentido do declive.

2.2.2 Métodos de cálculo: Nestas condições o fator erodibilidade do solo da parcela-padrão é  $K = \frac{E}{R}$  onde E é a perda em terra em t/ha/ano e R o fator erosividade da chuva precedente em t-mm/ha-mm/ano.

K pode variar de 0 a 1, porém os valores mais frequentes se situam entre 0,01 e 0,7. Quanto mais alto é o valor de K mais o solo é susceptível à erosão. O valor de K do solo se determina com parcelas sob chuvas naturais ou sob chuvas simuladas. Além disso, WISCHMEIER et alii (1971) estabeleceram um método nomográfico para, a partir de um diagrama, determinar facilmente K somente com cinco parâmetros do solo: a granulometria da fração 0,002 a 0,1 mm, a da fração grossa 0,1 a 2 mm, a porcentagem de matéria orgânica, a estrutura, a permeabilidade.

## 2.3 O Fator SL : fator topográfico

2.3.1 Definição: O fator S é o do grau de declive, o fator L é o do comprimento de rampa.

Todos os autores concordam e reconhecem a importância do papel desses dois fatores sobre a perda em terra. O crescimento da perda, com o declive e com o comprimento, seguiriam uma lei exponencial. Nas condições da parcela-padrão o fator LS é igual a 1.

2.3.2 Método de cálculo: A determinação dos fatores S e L separadamente pode se fazer com parcelas com declives e comprimentos diferentes nas mesmas condições de preparo do solo, sob chuvas naturais.

O ábaco único estabelecido por WISCHMEIER e SMITH (1960) dá diretamente o fator SL de acordo com a equação seguinte:

$$SL = \frac{\sqrt{L}}{100} \times (1,36 + 0,97 S + 0,138 S^2)$$

em unidades decimais onde S é o grau de declive em porcentagem e L o comprimento em metros.

Para HUDSON (1973) nas condições tropicais (Rhodésia)

$$SL = s^{1,5} \times L^{0,5}$$

## 2.4 O Fator C : uso e manejo do solo ou fator de cobertura vegetal.

2.4.1 Definição: Na equação de WISCHMEIER o fator C é a razão entre a erosão medida sobre a parcela-padrão usada para a determinação de K (mantida descoberta e arada) e uma parcela cultivada. Portanto, o fator C dá a estimativa da proteção do solo para a cobertura vegetal do início do preparo do solo para o plantio até a colheita. Os valores de C variam de 0 no caso do solo totalmente protegido a 1 quando o solo ficar sem cobertura vegetal.

2.4.2 Método de cálculo: É necessário determinar experimentalmente o fator C em parcelas sob chuvas naturais ou simuladas.

## 2.5 O fator P : prática conservacionista:

2.5.1 Definição: É a relação entre as perdas de terra de uma parcela cultivada com determinada prática e as perdas da parcela-padrão, isto é, com o preparo morro abaixo e a erosão máxima. Esse fator é também um fator de uso e manejo do solo e da água e é, portanto, muito ligado ao fator C precedente.

2.5.2 Método de cálculo: Também é necessária a determinação experimental do fator P que é melhor obtido com terreno amplo sob chuvas normais do que com parcelas pequenas sob chuvas simuladas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 O Fator R

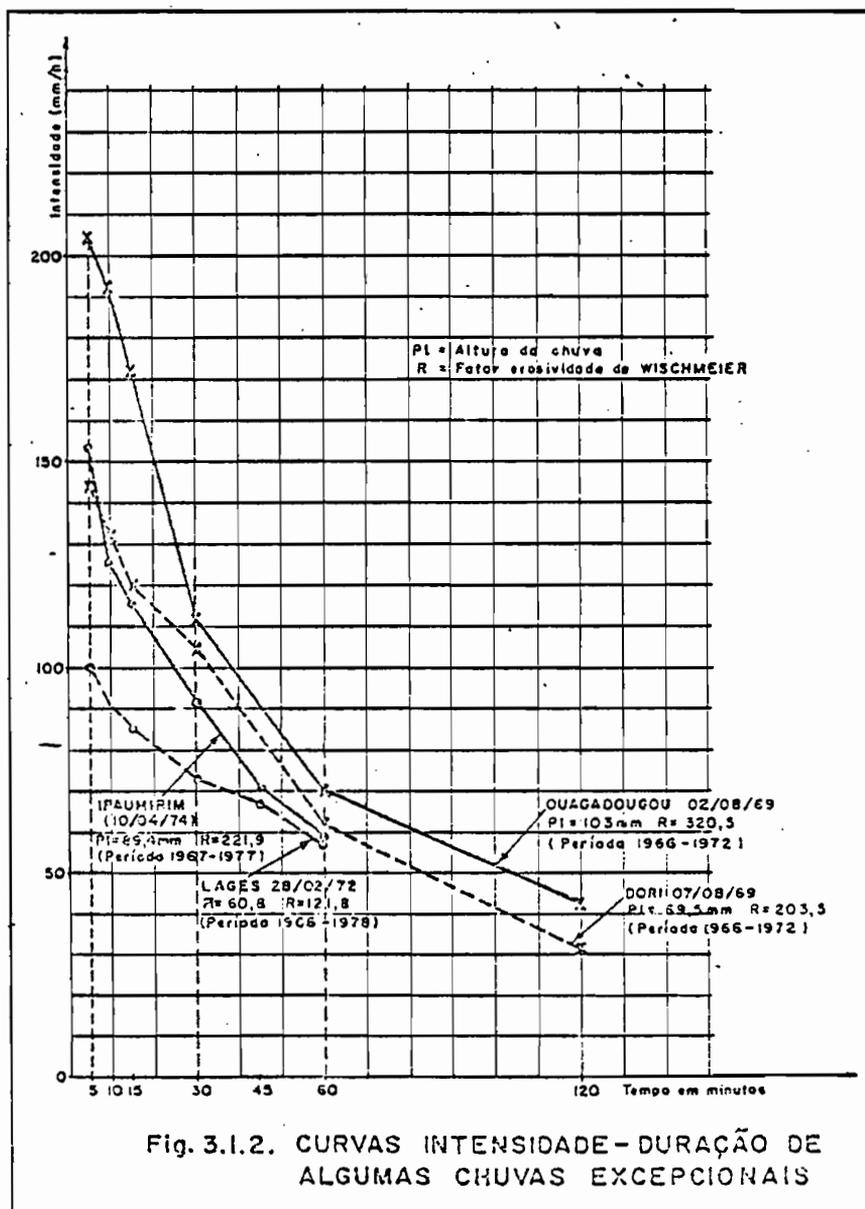
Para poder comparar os valores de R, precisa-se antes, analisar os diferentes componentes do R anual, isto é, as intensidades e o número de chuvas erosivas. A tabela 3.1.1 dá diferentes valores comparativos de dados das intensidades/durações de vários postos que têm pluviometrias comparáveis. Como se pode ver as intensidades em 30 minutos para as frequências anuais e decenais não são significativamente diferentes entre as duas regiões do Nordeste e da África.

Tabela 3.1.1 - Valores comparativos das intensidades máximas em função da duração para vários períodos de retorno.

Clima e Nº de meses secos	Póscos	Pluviometria méd.an. (mm)	Frequência	Duração (mn)	Intensidade (mm/h)	
Tropical quente de seca acentuada (7-8)	QUIXERANOBIM (Caará) (1)	660	Anual	15	-	
				30	53	
			Decenal	15	106	
				30	90	
	RIACHO DO NAVIO (Pernambuco)  (2)	545		Bianual	5	110
					10	98
					18	90
					30	83
					60	71
				Decenal	100	55
					5	123
					10	112
					18	102
					30	94
60	83					
100	68					
SAHELLEN (6-7)	KONGOUSSI (Alto Volta)  (3)	665	Anual	10	100	
				12	90	
				28	60	
				73	30	
			Decenal	15	120	
				25	90	
				55	60	
				150	30	
Tropical quente de seca moderada (5-6)	OEIRAS (Piauí)  (4)	865	Anual	5	90	
				10	75	
				30	63	
				60	40	
			Decenal	5	-	
				10	110	
				30	64	
				60	56	
SOUDANIEN (5-6)	OUAGADOUGOU (Alto Volta)  (3)	860	Anual	10	100	
				30	59	
				60	40	
				180	18	

Fontes: (1) O. PFAFSTETER (1957)  
 (2) J.F. Nouvelot et alii (1977)  
 (3) Y. BRUNET-MOREY (1963)  
 (4) J.C. LEPRUN (inédite)

Todavia, a comparação das curvas das intensidades-durações de chuvas excepcionais (fig. 3.1.2) mostra que para postos de mesmas pluviometrias os valores dos pares intensidade-duração são bem superiores na África do que no Nordeste.



Por outro lado, o número de chuvas erosivas (chuvas superiores a 10 mm) dado pela tabela 3.1.3 parece bem semelhante entre as duas regiões. Como essa mesma tabela coloca em evidência valores de R bem maiores para os postos africanos do que para os postos correspondentes do Nordeste, forçoso é constatar que são as intensidades instantâneas, isto é, que duram só alguns minutos (coluna 4 da tabela 2.1.2.2), que são responsáveis pelas diferenças entre valores de R. Assim podemos verificar que essas intensidades instantâneas são, frequentemente, maiores na África seca onde podem atingir muitas vezes 200 mm/h em 5 min. do que no Nordeste seco onde elas ficam mais próximas de 120 e 150 mm/h em 5 min.

Tabela 3.1.3 - Valores comparativos do fator R entre o Nordeste (NE) e a África do Oeste seco. (A.V. = Alto-Volta).

Postos	Pluviometria média anual (mm)	R <sub>EUA</sub>	Numero de chuvas erosivas médias anuais
TAPEROÃ (NE)	515	168	16
LAGES (NE)	500	160	15
DORI (A.V.)	510	260	13
OURICURI (NE)	607	185	17
OUAHIGOYA (A.V.)	600	301	16
PAU DE FERROS (NE)	751	266	29
MOGTEDO (A.V.)	753	378	20
ITAEIERA (NE)	862	382	24
FADA N'GOURMA (A.V.)	857	428	24
IPAUMIRIM (NE)	873	347	28
OEIRAS (NE)	865	288	26
OUAGADOUGOU (A.V.)	865	466	30

Fontes: África: ROOSE (1977)

Nordeste: Banco de dados DFM/SUDENE, CONVÊNIO SUDENE/ORSTOM e SUDENE/UFPB/CCA AREIA.

Em conclusão, podemos dizer que para pluviometrias médias anuais comparáveis, o fator R erosividade das chuvas, tem valores bem superiores, com cerca de 1,5 vezes mais na África do que no Nordeste (fig. 3.1.4 e 3.1.5). Na África a razão R média anual sobre P média anual é uma constante igual a 0,50 ( $R_{ma} = 0,50 P_{ma}$ ; ROOSE, 1977) e essa razão varia entre 0,25 e 0,45 ( $R_{ma} = 0,13 P_{ma}$ , LEPRUN, 1981) no Sertão do Nordeste.

FIG.3.1.4. ESBOÇO SIMPLIFICADO DO ZONEAMENTO DA PLUVIOMETRIA MÉDIA ANUAL E DOS VALORES MÉDIOS ANUAIS DO FATOR R EM UNIDADE AMERICANA NO NORDESTE BRASILEIRO.

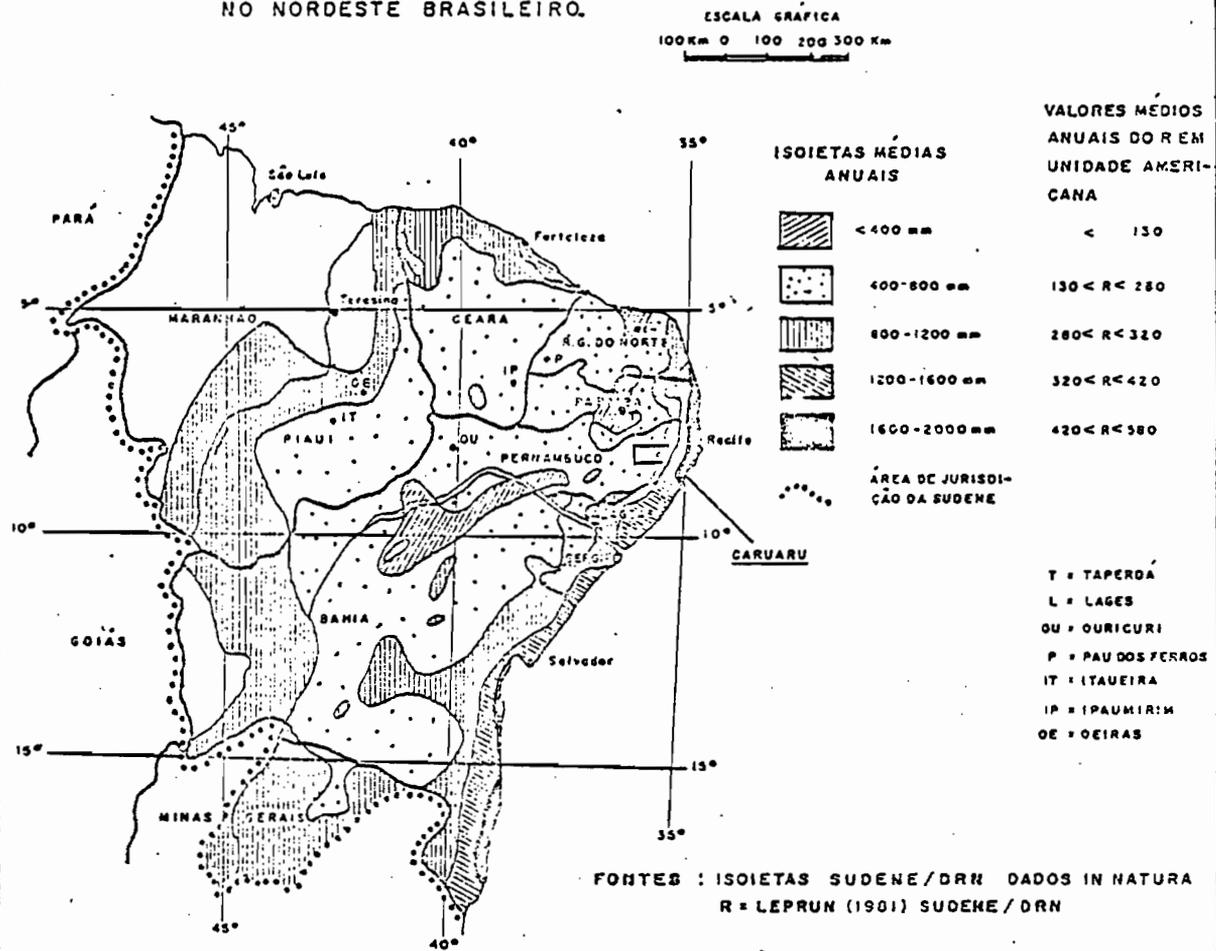
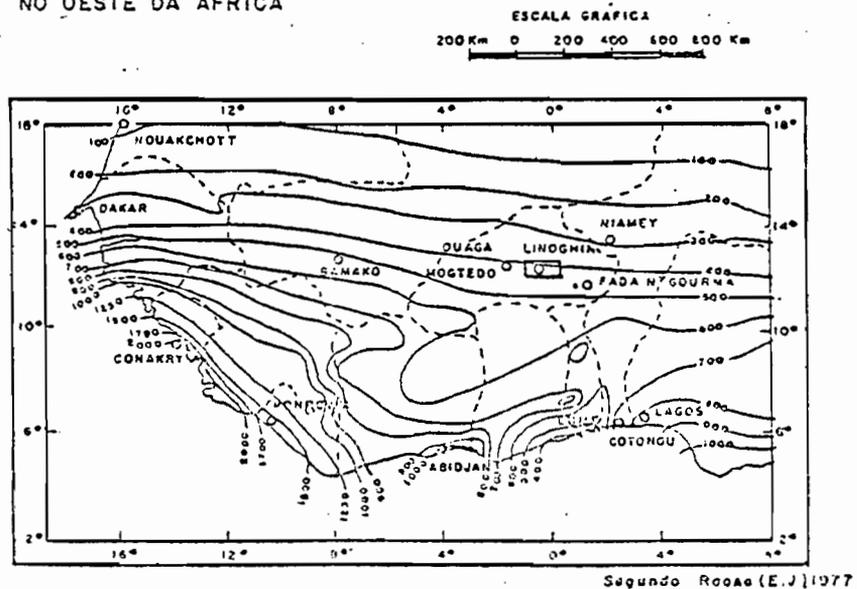


FIG. 3.1.5. ESBOÇO DA REPARTIÇÃO DO R DE WISCHMEIER EM UNIDADE AMERICANA NO OESTE DA AFRICA



### 3.2 O Fator K

O exame da tabela 3.2.1, e em particular dos valores de K medidos experimentalmente mais certos do que os calculados com o método normográfico, mostra que os solos do Nordeste seco são menos suscetíveis à erosão do que os solos da África seca. Os solos mais frequentes das duas regiões, solos Bruno não Cálcidos e solos "ferrugineux tropicaux" têm valores de K média respectivamente de 0,10 e 0,25.

Tabela 3.2.1 - Valores comparados do fator K determinado por diferentes métodos.

	Valores de K		
	Chuvas naturais	Simulador	Nomográfico
Latossolos	0,01	* 0,01 - 0,05	* 0,05 - 0,22
"Sols ferrallitiques"	0,01 - 0,17 ** (0,10)	0,01 - 0,1 ***	0,05 - 0,18 **
Solos Podzólicos	** 0,10	* 0,1 - 0,2	* 0,03 - 0,23
"Sols ferrugineux"	0,05 - 0,32 *** (0,25)	0,10 ****	0,20 - 0,30 ***
Solos Bruno Não Cálcidos	0,10	-	0,10 - 0,20
"Sols bruns entrophes"	0,15	0,08 ****	0,20 - 0,40
Solonetz (Nordeste)	-	* 0,12	* 0,5
Solonetz (África)	-	-	0,4 - 0,6

O algoritmo ( ) dá o valor mais frequentemente encontrado.

Fontes: \* Convênio SUDENE/C.C.A. de AREIA - PB  
 \*\* Convênio SUDENE/I.P.A.  
 \*\*\* ROOSE (1977)  
 \*\*\*\* COLLINET e LAFFORGUE (1979)

Essa melhor resistência dos solos do Nordeste à erosão se reforça quando se compara as características pedológicas médias mais frequentemente encontradas, características que influem sobre a erosão. Tratam-se dos teores em matéria orgânica e em cálcium trocável que têm papel sobre a estrutura da permeabilidade que depende em parte da granulometria e da estrutura e do estado da superfície que permite apreciar o comportamento global do solo à agressão hídrica das chuvas e do escoamento. Os dados da tabela 3.2.2 evidenciam os melhores valores e as características mais favoráveis na defesa contra erosão dos solos do Nordeste.

Tabela 3.2.2 - Comparação de algumas características do horizonte superior dos solos mais representativos das duas regiões.

	Nordeste seco (1)	África seca (2)
Granulometria	Argilosa-franco argilo-arenosa	Arenosa - franco-arenosa
Matéria orgânica (%)	0,5 - 4,0 (2,0)	0,5 - 1,0 (0,7)
Ca trocável (mE/100gr)	5,0 - 10,0	0,5 - 1,5
Permeabilidade (mm/h)	Boa (3) (50-400)	Fraca (15-25)
Estrutura	em blocos	massiva
	Estruturada - não pelicular-	nao estruturada - pelicular -

- Fontes: (1) Relatórios dos mapas pedológicos do Nordeste (1972-1972) Convênios MA/DNPEA - SUDENE/DRN, MA/CONTAP/USAID/CTA, EMBRAPA/SNLCS - SUDENE/DRN.  
 (2) Relatórios dos mapas pedológicos do Alto-Volta e do Niger (ORSTOM 1964-1969).  
 (3) Dados SUDENE/ORSTOM, inéditos.  
 ( ) Valores médios estimados mais frequentes.

### 3.3 O Fator SL

As declividades das savanas africanas são muito fracas, com cerca de 1 a 2% e muitas vezes menos que 1%, com vertentes compridas e uniformes da ordem do quilômetro ou da dúzia de quilômetros. As zonas montanhosas são pouco numerosas e também muito pouco cultivadas. Ao contrário, as vertentes convexas do relevo do basamento cristalino do Nordeste seco são curtas e declivosas, da ordem da centena de metros e de 5 a 15% a mais de declividade. As serras acidentadas têm declives superiores a 20, 30% intensamente cultivados.

### 3.4 O Fator C

Segundo as fontes do IBDF de 1975, 47% das superfícies do Nordeste suportam uma cobertura vegetal permanente (floresta, cerrado, caatinga) contra menos de 20% no Sahel africano segundo uma estimativa grosseira feita a partir de fotografias de satélite. Essa cobertura vegetal do Nordeste apresenta-se bem conservada, no seu conjunto, a um observador acostumado às outras zonas sub-áridas do mundo. Basta citar alguns dados a seguir (tabela 3.4.1) dos dois tipos de vegetação de zonas comparáveis para que se possa verificar.

Tabela 3.4.1 - Dados comparados da vegetação

	Estrato arbóreo e arbustivo	
	densidade	biomassa
Caatinga (Patos, Paraíba) (1)	17.200/ha	23 t/ha
Savana arbórea (Pete Olé, Senegal) (2)	133/ha	1,8 t/ha

Fontes: (1) I. HAYASHI, 1981.  
(2) LAMOTTE e BOURLIERE, 1978.

A savana arbórea do Sahel é bem pobre tanto em número de árvores como em biomassa em relação com a caatinga hiperxerófila do Sertão. A densidade da população rural das duas zonas secas é bastante semelhante ( $\approx 15$  ha/km<sup>2</sup>), mas a carga pecuária dos ovinos e caprinos, fortemente devastadora da vegetação lenhosa nativa, é maior no Sahel do que no Sertão (respectivamente cerca de 17 contra 11 por km<sup>2</sup>).

Os dados da tabela 3.4.2 permitem fazer uma idéia da proteção de várias plantas cultivadas.

Tabela 3.4.2 - Valores comparados do fator C de várias plantas cultivadas.

Culturas	(1) Nordeste	(2) África
Solo descoberto	.1	1
Milho	0,2 - 0,3	0,4 - 0,9
Mandioca	0,2	0,2 a 0,8
Algodão herbáceo	0,1 - 0,2	0,6 - 0,9
Soja	0,1	-

Fontes: (1) Calculados segundo os dados dos relatórios da IPA (1971 e 1978).  
(2) ROOSE (1977) e fontes diversas.

Esses valores de C destacam a eficiência bem maior da cobertura vegetal pelas culturas idênticas no Nordeste do que na África. Essa eficiência pode provir:

- das características físicas do solo melhores no Nordeste e em particular da estrutura (ver tabela 3.2.2),
- de técnicas culturais mais eficazes no Nordeste (plantas precoces, qualidade e densidade das plantas, trabalho do solo melhor conduzido, etc.),
- da menor agressividade das chuvas no período mais crítico do preparo do solo e do plantio.

### 3.5 O Fator P

As práticas culturais mais usadas na África seca são as seguintes: camalhões e matumbos (mandioca, inhame, batata) e um modo de preparo mínimo do solo sem lavouras (amendoim, milheto...). Os declives muito fracos não impõem o cultivo em contorno. O preparo do solo mais frequente é feito a mão e com uma tração animal ligeira e artesanal. A agricultura, muito primária, é amplamente extensiva, pois a terra pertence a todo o povoado, é utilizada durante alguns anos, em seguida é deixada em pousio e outras terras são então desmatadas e cultivadas. É o método da cultura itinerante (Shifting cultivation) cujos efeitos nefastos sobre o solo são bem conhecidos. (F.A.O., 1974). A queima em grande escala é o meio mais usado para o desbravamento. O uso de adubos orgânicos ou químicos é quase inexistente. A pecuária é também itinerante e os criadores em geral não são agricultores.

No Nordeste a prática cultural quase generalizada é o preparo do solo e o plantio no sentido do declive (morro abaixo) e isso mesmo com declividades fortes superiores a 20% nas zonas de serras. Apenas cerca de 12% do Nordeste são cultivados, dos quais menos de 7% cultivados com lavouras (fontes diversas, in LEPRUN, 1981). Nestas lavouras a força humana e animal predomina largamente a mecanização (CHEZE e GROS, 1978). A agricultura não é itinerante, pois 51% do Nordeste são constituídos de propriedades rurais com áreas cercadas. A pecuária não é, também itinerante. A terra tem sempre um proprietário e o regime fundiário relega o caboclo que busca os solos rasos dos relevos acidentados e pedregosos onde as roças são preparadas morro abaixo depois do desmatamento e queima. Para compensar a brevidade da estação chuvosa e dos acasos do clima, os plantios são precoces e a prática dos cultivos consorciados (plantas alimentares e plantas de lucro) muito usada.

Os valores de P da tabela 3.5.1 evidenciam a importância das práticas conservacionistas simples na luta contra a erosão. Para questões de solo e de práticas culturais, o cultivo em contorno é mais eficiente no Nordeste do que na África.

Tabela 3.5.1 - Valores comparados do fator P.

Práticas conservacionistas	Valor de P	
	Nordeste (1)	África (2)
Plantio morro abaixo	1,0	1,0
Plantio em contorno	0,3	0,6
Alternância de capinas	0,3	0,3

Fontes: (1) Valores calculados segundo dados do IPA (relatórios 1977/78).

(2) Médias tiradas de GOUJON (1968).

Parece interessante notar, graças aos resultados da tabela 3.5.2 obtidos na África, que para mesmos declives, o cultivo com faixas de vegetação alternadas (capim ou outro vegetal denso) é sempre mais eficaz (valor de P duas vezes menos) do que o cultivo em contorno, e que, mesmo

mesmo com declives de 20%, o cultivo com faixas de vegetação alternadas diminui mais da metade a perda em terra ainda que o cultivo em contorno perca quase toda essa eficácia.

Tabela 3.5.2 - Valores comparados do fator P com práticas e declives diferentes.

Declives (%)	Cultivo em contorno	Cultivo com faixas de vegetação alternadas
1,2	0,6	0,3
2.7	0,5	0,25
7.12	0,6	0,3
12.18	0,8	0,4
18.24	0,9	0,45

Fontes: GOUJON (1968).

### 3.6 Comparação de todos os fatores reunidos

Os dados da tabela 3.6.1 resumem as variações dos valores dos diferentes fatores de erosão das duas regiões.

Tabela 3.6.1 - Valores comparados dos diferentes fatores da erosão.

Fator	Nordeste seco (1)	África seca (2)
R (clima)	90 a 450	100 a 700
K (solo)	0,01 a 0,3	0,1 a 0,3
SL (topografia)	0,1 a 8	0,1 a 1
C (cobertura vegetal)	0,001 a 1	0,01 a 1
P (práticas conservacionistas)	0,1 a 1	0,1 a 1

Fontes: (1) J.C. LEPRUN (1981)

(2) E.J. ROOSE (1977)

Pode-se deduzir que:

- a situação do Nordeste é melhor do que a da África seca para todos os fatores com exceção do fator topográfico ligado ao relevo nordestino acidentado,

- no Nordeste os valores dos fatores variam aproximativamente da seguinte maneira:

R de 1 a 5  
 K de 1 a 10  
 SL de 1 a 80  
 C de 1 a 1000  
 P de 1 a 10

o que significa que é o fator C de cobertura vegetal que tem a maior escala de variação (1 a 1000), isto é, que tem eficácia preponderante sobre a erosão pois pode reduzir de 1000 vezes a perda do solo, se bem que essa redução seja bem menor para os outros fatores.

Um exemplo concreto de cultivo de milho nos dois lugares ecologicamente comparáveis, do Nordeste e do Sahel (tabela 3.6.2), permite ilustrar as diferenças dos fatores da erosão e suas conseqüências sobre a perda em terra e em água. Trata-se de Caruaru em Pernambuco e de Linoghin no Alto-Volta.

Tabela 3.6.2 - Comparação dos dados de perdas em terra e em água em dois lugares do Nordeste e da África.

			CARUARU (NE) (1)	LINOGHIN (A.V.) (2)
Solo			Litólico	Bruno não Cálcico
Pluviometria média anual (mm)			709	800
Anos de medidas			1969-74	1973-78
Temperatura média anual			24°	28°
R <sub>EUA</sub> erosividade média anual			260	310
K <sub>EUA</sub> erodibilidade média anual			0,08*	0,15
S declividade (%)			12,0	1,5
Cultivo de Milho	Perda em terra (t/ha)	Média	7,4	3,7
		Máxima	32,6	5,8
		Mínima	0,04	0,7
Perda em água (mm)	Média	43,6	165,3	
	Máxima	126,5	229,8	
	Mínima	2,8	67,7	
Rendimento (kg/ha)			2.993	2.950
Solo descoberto	Perda em terra (t/ha)	Média	21,43	13,9
		Máxima	-	35,0
		Mínima	-	6,7
Perda em água (mm)	Média	9,0	286,3	
	Máxima	-	516,4	
	Mínima	-	16,4	

Fontes: (1) MARGOLIS e VIEIRA (1975)

(2) PIOT e MILOGO (1980)

\* estimado segundo os dados do IPA, relatórios 1977 e 1978

Destacam-se imediatamente do exame da tabela precedente, com condições climáticas comparáveis:

- a importância do fator declividade sobre a erosão: com efeito, com chuvas menos erosivas ( $R = 260$  contra  $310$ ) e solos menos suscetíveis à erosão ( $K = 0,08$  contra  $0,15$ ) as perdas médias em terra com cultura e sob solo descoberto, são cerca de duas vezes maiores no Nordeste;

- a importância do fator cobertura vegetal e da qualidade do estado de superfície do solo (ver também a tabela 3.2.2) sobre as perdas em água: apesar da forte declividade que é dez vezes maior, o escoamento é consideravelmente menor (4 vezes sob milho e mais de 30 vezes em solo descoberto) no Nordeste do que na África.

#### 4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Tudo que precede evidencia os seguintes fatos:

- Favorecido pela relativa fraqueza da erosividade de suas chuvas, pelas boas propriedades superficiais desses solos e a permanência das estruturas, pela qualidade, pelo poder de regenerência e pela eficácia de sua vegetação cultivada ou natural, pelo fraco desenvolvimento da mecanização agrícola, e apesar da prática generalizada do cultivo morro abaixo de todos os tipos de declives, o Nordeste semi-árido parece bem preservado comparando-se com a zona do Sahel africano. Em particular, a erosão "normal", isto é, que se manifesta fora das culturas em meio natural, e a erosão agrícola "atual", isto é, a perda em terra sob o efeito do sistema de cultivo manual atual, se revelam à luz dos primeiros dados de medidas e das observações de campo, como bem menos agressivos no Nordeste do que no Sahel.

- No que diz respeito à erosão agrícola "potencial", isto é, no caso de um crescimento da mecanização tanto das áreas cultivadas como da intensificação de sua ação, a maior prudência deve prevalecer no Nordeste.

Visando este objetivo, preconizamos as recomendações seguintes:

- Aproveitar da notável resistência dos solos e da proteção eficaz da cobertura vegetal à erosão no Nordeste, para utilizar, desenvolver e esgotar em prioridade todas as técnicas biológicas de luta contra a erosão; técnicas mais baratas, simples e facilmente divulgadas, de preferência aos métodos de obras mecânicas difíceis, dispendiosos e perigosos.

- Usar, desenvolver e divulgar as práticas biológicas que deixem o solo coberto o máximo de tempo com a maior cobertura vegetal.

- Para isso, é preciso fazer conhecer melhor a prática das rotações culturais pouco praticadas no Nordeste a fim de substituir o cultivo bastante erosivo de certas plantas (cereal, mandioca) pelas plantas de "cobertura" eficazes, pouco erosivas, usadas como pastagens (gramíneas) ou como adubo verde (leguminosas).

- Favorecer ainda mais a prática das culturas consorciadas, já bem implantadas nos costumes culturais no Nordeste, ao escolher judiciosamente as espécies compatíveis com as necessidades do agricultor (cereais + leguminosas) de maneira a proteger o máximo da superfície do solo durante o máximo de tempo. O esforço será orientado sobretudo para cobrir, o mais rapidamente possível, o solo descoberto no início do plantio. Com efeito, foi mostrado (MARGOLIS et alii, 1980) que mais de 30% da erosão anual total aconteciam durante esse período crítico das primeiras chuvas.

- Tentar impor com prioridade, o uso do preparo do solo e do plantio em contorno sob vertentes curtas e declives inferiores a 10%, e a prática das faixas de vegetação permanentemente alternada sob vertentes compridas e declives de 10 a 20%. Só então outras técnicas conservacionistas favorecendo a infiltração ("mulch", camalhões fechados em nível, etc.) poderiam ser tentadas.

- Exigir, com ajuda de uma lei, a interdição do cultivo sob declives superiores a 20% e declarar todas as zonas de serras acidentadas terras de proteção e deixá-las com vegetação permanente natural ou não.

É a esse preço que poderão ser preservados, para o futuro, os solos do Nordeste, patrimônio frágil e inestimável.

##### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRUNET-MORET, Y. Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique occidentale. République de Haute-Volta. Rapport ORSTOM, Com. Interaf. Etudes Hydr., 1963. 23 p.
2. CHEZE, B. e GROS, A. Missão de estudo das possibilidades de desenvolvimento da cultura à tração animal no Norte e Nordeste do Brasil. C.E.E.M.A.T., Antony, 1978. 22 p.
3. COLLINET, J. e LAFFORGUE, A. Mesure de ruissellement et d'érosion sous pluies simulées pour quelques types de sols de Haute-Volta. Rapport ORSTOM, 1979. 129 p. 2 v.
4. F.A.O. Shifting cultivation and soil conservation in Africa. Roma, 1974. 248 p. (soils bulletin 24).
5. GOUJON, P. Conservation des sols en Afrique et à Madagascar. Première partie: les facteurs de l'érosion e l'équation universelle de WISCHMEIER. Bois et forêts des tropiques, Paris, 113: 1-16, 1968.
6. HAYASHI, I. Plant communities and their Environments in the Caatinga of Northeast Brazil. Latin American studies, 2: Univ. Tsukuba Sakura-mura, Ibarahi, Japan, 1981.
7. HUDSON, N.W. Soil conservation. Londres, Batsford. 1971. 320 p.
8. I.P.A. Projeto de pesquisa sobre manejo e conservação do solo no Estado

- de Pernambuco. Relatório anual. Recife, 1977. 22 p.
9. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Recife, 1978. 19 p.
  10. LAMOTTE, M. e BOURLIÈRE, F. Problèmes d'écologie: structure et fonctionnement des écosystèmes terrestres. Paris. Masson, 1978.
  11. LEPRUN, J.C. A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro; balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas. Recife. SUDENE-DRN, 1981. p. mapa.. (Brasil.SUDENE.Recursos de Solos, 15).
  12. NOUVELOT, J.F.; FERREIRA, P.A.S.; CADIER, E. Bacia representativa do Riacho do Navio; relatório final. Recife, SUDENE-DRN, 1979. 193 p. (Brasil. SUDENE.Hidrologia, 6).
  13. PIOT, J. e MILOGO, E. Rapport de synthèse de 6 années d'études du ruissellement de l'érosion à LINOUGHIN. Ougadougou, C.T.F.T. 20. Convention FAC/AVV, 1980. 47 p.
  14. PFAFSTETER, O. Chuvas intensas no Brasil; relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos. [Rio de Janeiro], Minist. Viação Obr. Publ. - Depto. Nac. Obras Saneamento, 1957 419 p.
  15. ROOSE, E.J. Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest; vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Paris, ORSTOM, 1977. 108p. (Travaux et Documents de l'ORSTOM, 78).
  16. WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. Soil Science Society of America Preceedings, Madison, 23: 246-9, 1959.
  17. \_\_\_\_\_. e SMITH, D.H. A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. In: INTERNATIONAL CONGRESS SOIL SCIENCE, 7, Madison, 1960. V. 1, p. 415.
  18. \_\_\_\_\_. JOHNSON, C.B., CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. Journal of soil and water Conservation, Baltimore, 26: 189-93, 1971.

ABSTRACT

A comparative analysis of different data on climate, soils, slopes, plant cover and cultural practices in two semi-arid tropical regions, one located in Northeast Brazil and the other in the Sahel region of Western Africa, evidences better conservation conditions of the soils and physical environment in the interior of Northeast Brazil. To remedy the two weak points of Northeast agriculture, namely, cropping along the line of stronger declivity and farm use of the strong declivity areas and also the damage resulting from the use of these cultural practices where mechanization is intensive, some anti-erosion practices have been suggested.

ABSTRACT

Une analyse comparative des différentes données du climat, des sols, des pentes, de la couverture végétale et des pratiques culturelles de deux régions tropicales semi-arides, l'une située dans le Nordeste brésilien, l'autre concernant le Sahel de l'Afrique occidentale met en évidence un meilleur état de conservation des sols et du milieu physique naturel à l'intérieur du Nordeste. Pour pallier aux deux points faibles de l'agriculture dans le Nordeste, la mise en culture suivant la ligne de plus grande pente et l'exploitation des fortes declivités, et au danger de ces façons culturelles dans le cas d'un accroissement de la mécanisation, quelques pratiques anti-érosives sont suggérées.

8.5 - ANEXO 5

TRABALHO A SER APRESENTADO NO Vº CONGRESSO DE CONSERVAÇÃO  
DO SOLO, Porto Alegre, RS, 1984.

PRIMEIRA AVALIAÇÃO DO DIÂMETRO DE GOTAS DE CHUVA  
DO NORDESTE

por

J.C. LEPRUN (SUDENE/DRN/ORSTOM)

RESUMO — A avaliação do diâmetro médio das gotas de algumas chuvas da zona semi-árida do Sertão e tropical úmida da Mata litoral do Nordeste brasileiro pelo método dos agregados de farinha de trigo de HUDSON foi realizada pela primeira vez no Brasil. Apesar do número pouco elevado de medições, as curvas de ajustamento dos resultados mostram que o diâmetro médio das gotas em função da intensidade de chuva são diferentes entre a zona semi-árida e a zona litoral úmida do Nordeste e também diferentes entre alguns países da Europa, da América e da África com clima tropical ou não tropical. Disso resulta uma séria limitação do uso do cálculo do fator erosividade R de WISCHMEIER.

1 - INTRODUÇÃO

Vimos num trabalho anterior (LEPRUN, 1981) que os pesquisadores de conservação do solo no Brasil usam muito a equação "universal" de perda de solo de WISCHMEIER e SMITH (1960), na qual o fator R erosividade da chuva igual a  $E \cdot I_{30}$  onde E = energia cinética e  $I_{30}$  a intensidade máxima em 30 minutos de chuva. Nessa equação a energia cinética foi estabelecida a partir das características das chuvas das grandes planícies do centro-sul dos Estados Unidos, e notadamente das medidas do diâmetro médio das gotas de chuva de LAWS e PARSONS (1943). Com efeito, a energia cinética de uma gota de chuva depende de sua massa e de sua velocidade de chegada ao solo, isto é, de seu diâmetro. Esse diâmetro varia com a intensidade da chuva.

O uso do método de cálculo da energia cinética do fator R de WISCHMEIER no Brasil significa que se considera as chuvas das diferentes regiões do Brasil não somente como semelhantes àsquelas dos Estados Unidos, mas também, semelhantes entre si. Torna-se então necessário avaliar o tamanho médio das gotas de chuva das grandes regiões climáticas do Nordeste: Mata, Agreste e Sertão, com diferentes intensidades para poder comprovar essa afirmação.

2 - MATERIAL E MÉTODO

As medições do diâmetro das gotas de chuva e sua distribuição foram feitas, faz tempo, por vários pesquisadores, meteorólogos e físicos. A bibliografia detalhada se encontra no trabalho de HUDSON (1964). Diversos métodos foram utilizados: fotografia da gota no momento de sua queda (WORTHINGTON, 1877), emulsão de óleo ou agregação numa massa de farinha de trigo (BENTLEY, 1904). Este último método é o mais usado. Ele foi testado por numerosos pesquisadores

com chuva natural ou simulada. A metodologia mais conhecida e utilizada foi estabelecida por HUDSON (1964) e foi esta metodologia a adotada no presente trabalho.

A chuva cai durante 1 a 3 segundos sobre uma caixa que contém uma camada de farinha de trigo de 30x25 cm e 2,5 cm de espessura. Esse tempo não pode ser ultrapassado pois então a probabilidade de gotas caindo no mesmo lugar torna-se importante. A intensidade da chuva que caiu durante essa operação deve ser medida com a ajuda de um pluviômetro ou de um pluviômetro e, nesse caso, a quantidade de chuva coletada em 5 minutos vezes 6 dá a intensidade em mm.h<sup>-1</sup>.

A caixa de farinha tem de ser tampada rapidamente após receber as gotas, a farinha colocada numa estufa a 105°C e passada por uma série de onze peneiras de 200 a 5.000 microns de diâmetros médios de malha em microns seguintes: 100 - 267,5 - 357,5 - 450 - 565 - 715 - 900 - 1.500 - 2.575 - 3.575 - 4.500. As bolinhas de farinha que ficam em cada peneira são pesadas. O diâmetro médio dos agregados será então calculado da seguinte maneira com ajuda do exemplo do quadro 1.

Quadro 1 - Detalhe das medições com os agregados de farinha na determinação do diâmetro médio das gotas de chuva (chuva de 15/02/1982 em Sumê).

Malhas das peneiras (micron)	4.000	3.150	2.000	1.000	800	630	500	400	315	200	0	Massa total
	5.000	4.000	3.150	2.000	1.000	800	630	500	400	315	200	
Diâmetro médio das malhas (micron)	4.500	3.575	2.575	1.500	900	715	565	450	357,5	265,5	100	
Massa (g)	0,01	0,06	0,22	0,10	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	-	0,51
% do total	1,96	11,76	43,14	19,61	5,88	5,88	3,92	3,92	1,96	1,96	-	99,99
% acumulada	99,99	98,03	86,27	43,13	23,52	17,52	11,76	7,84	3,92	1,96	-	100

Operações a seguir:

- buscar onde está situado o valor correspondente à percentagem acumulada de 50%: entre 82,27 e 43,13,

- calcular a posição média e a diferença com 50%:

$$\begin{array}{r} 86,27 - 43,13 = 43,14 \\ 50 - 43,14 = 6,87 \end{array}$$

- multiplicar essa diferença pelo diâmetro médio das duas peneiras correspondentes:

$$\begin{array}{r} 2.575 - 1.500 = 1.075 \\ 1.075 - 6,87 = 7.385,25 \end{array}$$

- dividir esse produto pelo valor médio acima mencionado:

$$7.385,25 \div 43,14 = 171,19$$

- somar com a diferença do diâmetro médio:

$$171,19 + 1.075 = 1.246,19 \text{ microns} = 1,246 \text{ mm}$$

O Diâmetro médio dos agregados de farinha do exemplo do quadro 1 correspondendo a 50% do volume acumulado = 1,246 mm

Convêm repetir as medições para diferentes intensidades de chuva de modo a obter toda a gama de pontos entre 10 e 120 mm por hora e mais.

Precisa-se, depois, correlacionar o diâmetro médio dos agregados de farinha com o das gotas de chuva. Para isso, vai-se medir o tamanho dos agregados de farinha obtidos com gotas de diâmetro e massa conhecida com a ajuda de pipetas ou seringas de volumes e diâmetro de orifícios calibrados. A altura da queda pode variar entre 1 e 3,5 m sem modificar de modo significativo as medidas (HUDSON, 1964).

O teste da farinha de trigo brasileira usada neste trabalho (marca Boa Sorte Especial) foi realizado no laboratório de Pedologia experimental do ORSTOM de Abidjan por VALENTIN e GOMES. A correlação dos diâmetros médios das gotas ( $De_{50}$ ) com o diâmetro dos agregados de farinha ( $D_f$ ) dá um excelente ajustamento (figura 1) com a equação seguinte da forma função de potência:

$$De_{50} = 0,878 D_f^{1,063} \quad (1) \text{ com } r = 0,99^{**} \text{ para 7 medições}$$

Dessa relação pode-se facilmente calcular o diâmetro médio das gotas de chuva em função da medida dos agregados correspondentes.

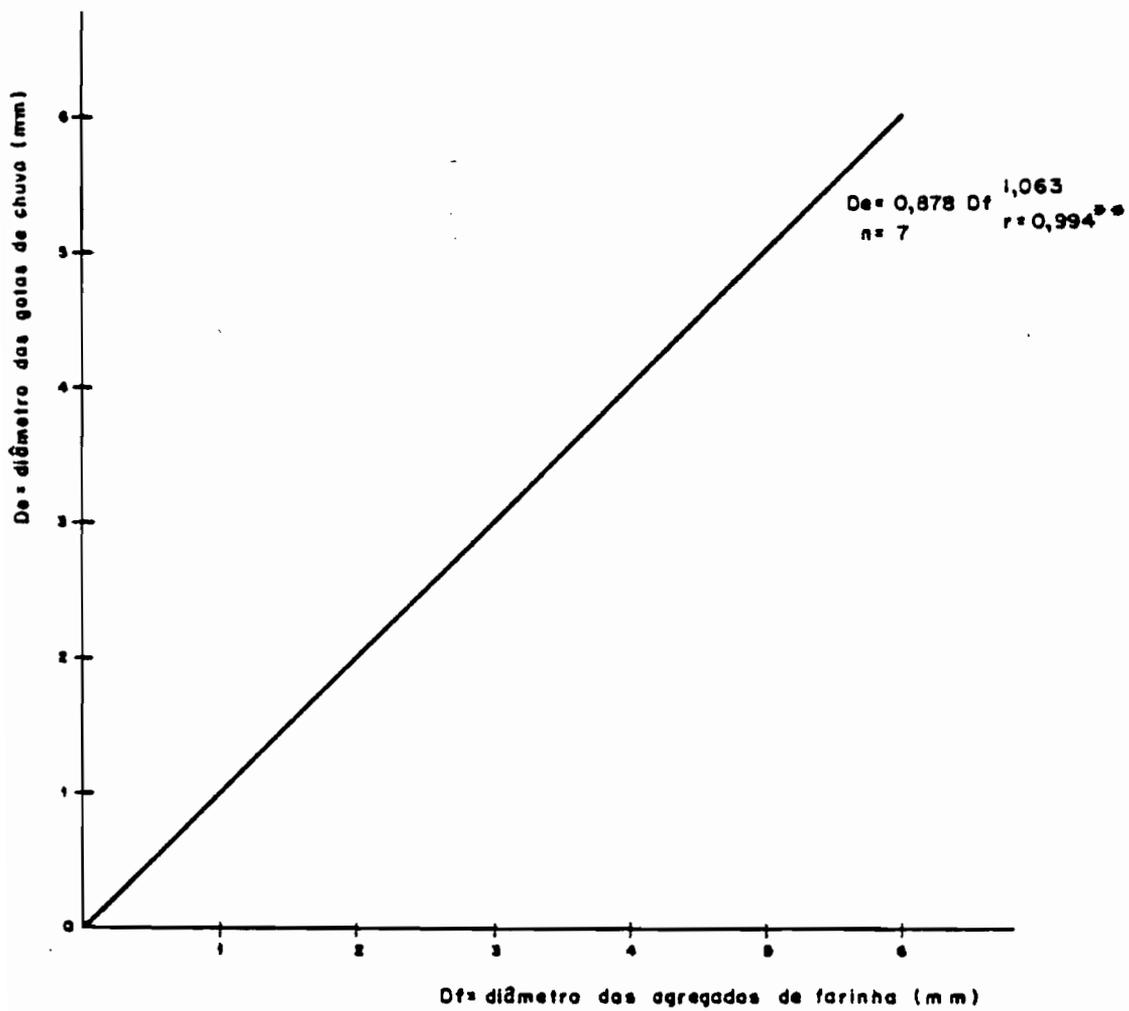
Assim no exemplo precedente com  $D_f = 1,246 \text{ mm}$  deduz-se um diâmetro médio das gotas  $De_{50} = 1,11 \text{ mm}$ .

É bom advertir que o conjunto da experimentação, das medidas e dos cálculos é muito demorado.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos diâmetros médios  $De_{50}$  das gotas de 10 chuvas da zona semi-árida do Sertão com diferentes intensidades foi feita em SUMÉ (Paraíba) e TAUÁ (Ceará) e de 7 chuvas da zona da Mata litoral foi realizada em Recife (Pernambuco), os resultados obtidos são apresentados no quadro 2, e colocados na figura 2,

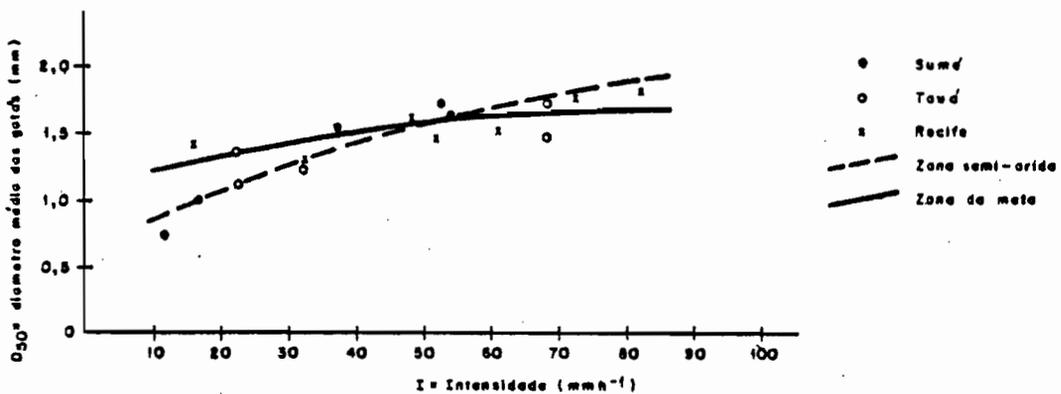
Figura 1 - Relação entre o diâmetro médio das gotas da chuva e o dos agregados de farinha.



Quadro 2 - Diâmetros médios de gota de chuva do Nordeste em função da intensidade e da zona climática.

Zona climática	Localidade	Pl média (mm.ano <sup>-1</sup> )	Data	Intensidade (mm/h)	Diâmetro médio De <sub>50</sub> (mm)
Semi-árido (Sertão)	Sumé (PB)	590	15/04/82	37,2	1,51
			"	16,8	1,01
			23/04/82	12,0	0,75
			"	52,8	1,70
			"	54,0	1,64
	Tauá (CE)	600	31/02/82	32,4	1,25
			15/02/82	22,8	1,11
			"	68,4	1,43
			15/02/82	69,0	1,69
			15/03/82	22,8	1,39
Tropical úmido (Mata)	Recife (PE)	1.760	03/05/82	32,4	1,35
			21/05/82	48,0	1,60
			21/05/82	72,4	1,75
			31/05/82	16,0	1,41
			31/05/82	82,2	1,81
			05/06/82	60,8	1,51
			21/06/82	52,0	1,48

Figura 2 - Diâmetro médio das gotas de chuva do Nordeste em função da intensidade.



permitem calcular os ajustamentos, a seguir, do diâmetro médio das gotas em mm em função da intensidade da chuva em  $\text{mm.h}^{-1}$  :

Zona semi-árida (Sertão)

$$D_{50} = 0,336 I^{0,387} \quad ( ) \text{ com } r = 0,89^{**}$$

Zona úmida (Mata)

$$D_{50} = 0,870 I^{0,150} \quad ( ) \text{ com } r = 0,77^*$$

Equações desse tipo  $D_{50} = a I^b$  já foram pesquisadas por BEST (1950).

Pode-se notar que as duas equações são bastante diferentes, está-se porém, bem consciente de que se precisará de um número de medições bem superior (algumas dúzias), para poder acertar com segurança essas correlações. Faltam, particularmente, as medições com fortes intensidades, isto é, superiores às afirmações de certos autores (HUDSON, 1964 e 1971; CARTER *et alii*, 1974...). Seguidos por muitos pesquisadores, inclusive no Brasil, esses autores consideram que para chuvas tropicais, o diâmetro das gotas não aumenta mais após uma intensidade de 76 mm por hora e que, conseqüentemente, a energia cinética fica constante e igual a  $28,8 \text{ T.m.ha}^{-1}$ , enquanto que no cálculo do fator R de WISCHMEIER a energia cinética continua a crescer com a intensidade após 76 e 100 mm por hora.

Existem outras avaliações do diâmetro das gotas em função da intensidade nos vários países:

- Centro-sul dos Estados Unidos (CARTER *et alii*, 1974)

$$D_{50} = 1,63 + 0,053 - 5,28.10^{-4} I^2 + 1,28.10^{-6} I^3$$

- Parte central dos Estados Unidos e Alemanha (LAW e PARSONS, 1943)

$$D_{50} = 1,24 I^{0,18}$$

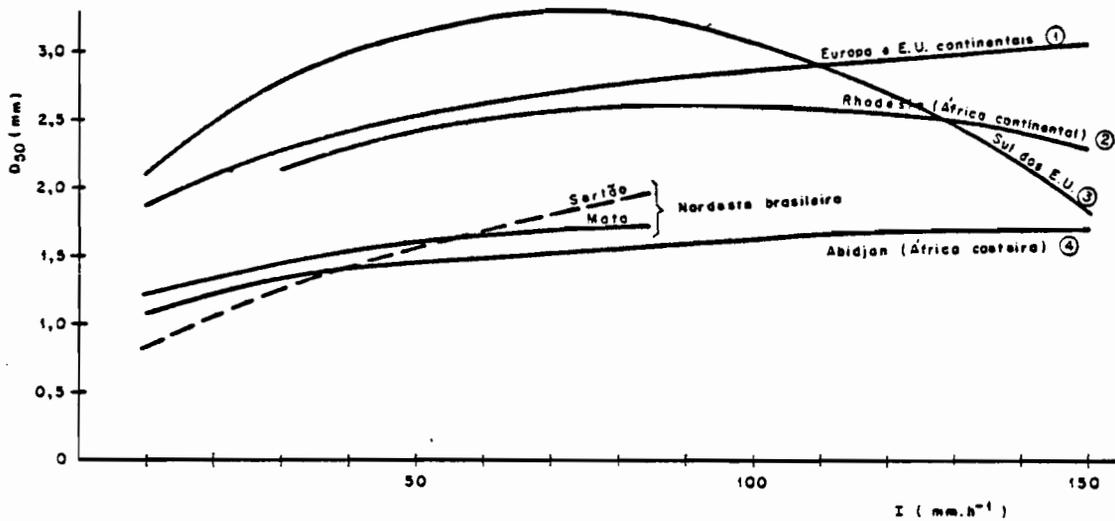
- África do Oeste, litoral da Costa do Marfim (VALETIN, 1978; COLLINET e VALENTIN, 1979)

$$D_{50} = 0,77. I^{0,16}$$

Alguns resultados das chuvas do litoral norte da Tunísia com clima mediterrâneo são disponíveis (MECHERGUI, 1980).

Esses dados foram colocados no diagrama da figura 3.

Figura 3 - Comparação do diâmetro médio das gotas de chuva do Nordeste e das outras regiões do mundo.



- Fontes:
- ① - LAWS E PARSONS (1943)
  - ② - HUDSON (1971)
  - ③ - CARTER E ALII (1974)
  - ④ - COLLINET E VALENTIN (1979)

O exame desse diagrama evidencia:

- a grande diferença entre o tamanho das gotas com mesma intensidade nos diferentes continentes e em diferentes locais de um mesmo continente (litoral ou interior);
- as diferenças notáveis entre as curvas das chuvas tropicais brasileiras e africanas, com, todavia, analogias entre as chuvas do litoral chuvoso Nordeste (Mata) e as do litoral chuvoso da África do Oeste (Abidjan);
- a grande divergência entre a curva dos Estados Unidos continentais utilizada na equação de WISCHMEIER e as outras curvas e, em particular, as do Nordeste brasileiro;
- as variações do diâmetro das chuvas do Sertão que, pequeno nas baixas intensidades (ele é então semelhante aquele da Tunísia) crescem rapidamente e ultrapassam, então, o diâmetro das gotas de chuva da zona da Mata;
- as diferentes evoluções do diâmetro das gotas em função das intensidades: enquanto alguns crescem continuamente com a intensidade, outros decrescem após 100 mm por hora;
- a falta, no presente trabalho, de medições com altas intensidades, o que, infelizmente, impede de seguir a evolução das curvas brasileiras e a sua comparação com as curvas precedentes quando a intensidade ultrapassar 80mm por hora.

#### 4 - CONCLUSÕES

A avaliação do diâmetro das gotas de chuva efetuada no Nordeste, apesar do número pouco elevado de medições, dá para perceber que não somente os resultados entre as chuvas brasileiras e as dos outros continentes são diferentes, como também, que são diferentes entre si na mesma grande região e que os dados do interior e do litoral do Nordeste, com climas diferentes, são diferentes.

Isso significa que o método de cálculo do fator R erosividade da chuva da equação de WISCHMEIER e SMITH (1960) baseado sobre as medidas do diâmetro das gotas do centro dos Estados Unidos e a energia cinética resultante, não pode ser usado satisfatoriamente no Nordeste, e sem dúvida, por extrapolação, no Brasil. Assim, evidencia-se, em particular, que a energia cinética e, consequentemente, o poder erosivo das chuvas do Nordeste deve ser bem mais baixo que aquele calculado até agora.

Torna-se urgente o estabelecimento de uma fórmula de cálculo do fator R erosividade da chuva que leva em conta a realidade das diferentes condições climáticas brasileiras, e com esse objetivo precisa-se abranger a rede de medições do diâmetro das gotas através das grandes regiões naturais do Brasil.

5 - LITERATURA CITADA

- BENTLEY, W. Studies of raindrops and raindrops phenomena. Monthly Weather Review, 32, 450, 1904.
- BEST, A.C. The size distribution of raindrops. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 76, 16, London, 1950
- CARTER, C.E. et alii. Raindrop characteristics in South Central United States. American Society of Agricultural Engineers Transactions, St. Joseph, 17:1033-7, 1974.
- COLLINET, J. & VALENTIN, C. Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Nouvelles perspectives, applications agronomiques. Rapport ORSTOM, Abidjan, 1979. 41 p.
- HUDSON N.W. The flour pellet method for measuring the size of raindrops. Research Bulletin, Salisbury, Dept. of Conservation and Extension, 4: 26, 1964.
- HUDSON, N. Soil conservation. Batsford Ed. London, 320p. 1971.
- LAWS, J.O. & PARSONS, D.A. The relation of raindrop size to intensity. Transactions American Geophysical Union, Washington, 24:452, 1943.
- LEPRUN, J.C. A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro. Balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas. Recife, SUDENE-DRN, 1981, 105 p. mapas. (Brasil.SUDENE.Recursos de Solos, 15).
- MECHERGUI, M. Etude de la dynamique de l'eau dans le sol dans les conditions naturelles par les méthodes tensiométriques et neutroniques. Memoires de fin d'études de l'INAT, Tunis, 1980.
- VALENTIN, C. Divers aspects des dynamiques, actuelles de quelques sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire. Relatorio ORSTOM, Abidjan, 1978, 141p.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. In: INTERNATIONAL CONGRESS SOIL SCIENCE, 7., Madison, 1960. V. 1 p. 418-25.
- WORTHINGTON, A.M. On the forms assumed by drops of liquid falling vertically on a horizontal plate. Proc. Roy.Soc. London. 25A, p. 261-271 e 498-503. 1877.

## 8.6 - ANEXO 6

## RELATÓRIO DA SÉRIE HIDROLOGIA nº 15 DA SUDENE.

As pessoas que desejem receber esse relatório podem fazer o pedido enviando-o ao seguinte endereço:

Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste  
SUDENE - DRN - RR - sala 329 - 3ª andar  
Praça Sup. Gonçalves de Sousa s/n  
Cidade Universitária - 50.000 Recife (PE)

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DAS PEQUENAS BACIAS DO  
NORDESTE SEMI-ÁRIDO: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-CLIMÁTICAS

(Primeira síntese dos resultados obtidos)

- JEAN-CLAUDE LEPLIN  
(Pedólogo do GRSTOM)
- NOISÉS SILVA DE ASSUNÇÃO  
(Geógrafo da SUDENE)
- ERIC CARRIER  
(Hidrologo do GRSTOM)

Série: Brasil.SUDENE.Hidrologia, 15



8.7 - ANEXO 7

RELATÓRIO DA SÉRIE HIDROLOGIA nº 16 DA SUDE

As pessoas que desejem receber esse relatório podem fazer o pedido enviando-o ao seguinte endereço:

Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SUDENE - DRN - BRE - sla 422 - 4º andar

Cidade Universitária - 50000 Recife (PE)

MINISTÉRIO DO INTERIOR

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE

ASSESSORIA ESPECIAL PARA A ÁREA DE DESENVOLVIMENTO RURAL

COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS

BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ

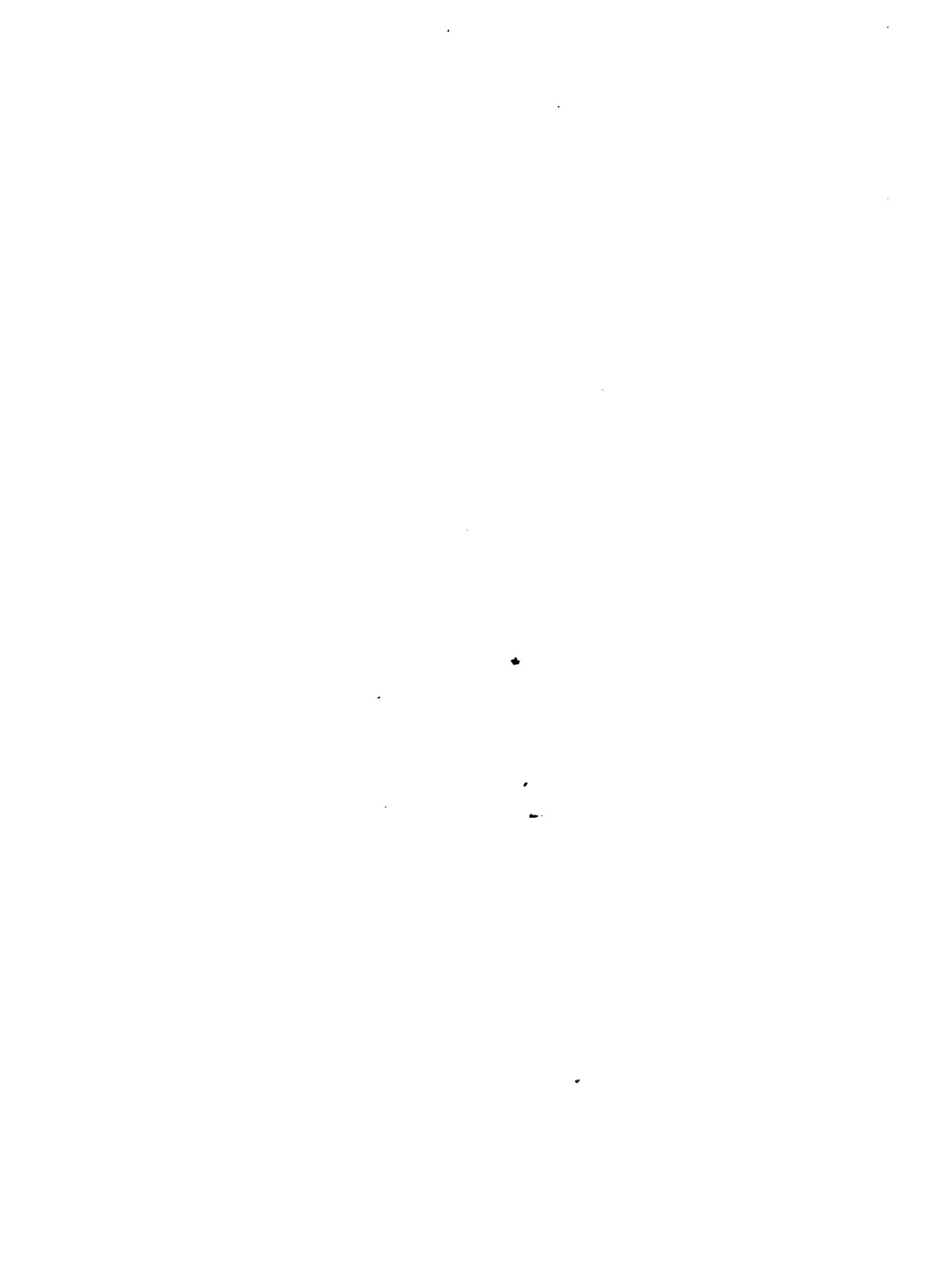
Instalação e primeiros resultados

- ERIC CADIER  
(Hidrólogo do ORSTOM)
- BERONILDO JOSÉ DE FREITAS  
(Engenheiro agrônomo da SUDENE)
- JEAN-CLAUDE LEPRUN  
(Pedólogo do ORSTOM)

Série: Brasil.SUDENE.Hidrologia, 16.

Recife

1983



8.8 - ANEXO 8

TRABALHO APRESENTADO NO Iº CONGRESSO BRASILEIRO DE  
FORRAGEIRAS E PASTAGENS NATIVAS, Olinda, PE, 1983.

APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS E DOS SOLOS SALINIZADOS  
NO CULTIVO DA ALGAROBEIRA - PROSOPIS JULIFLORA  
(Sw) Dc. NO NORDESTE SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO.

POR

LEPRUN JEAN-CLAUDE  
Pedólogo, Doutor. SUDENE/ORSTOM(FRANÇA)  
DUARTE MARIA JOSÉ  
Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.S. SUDENE-DRN-RR.

RESUMO — As análises físico-químicas das amostras dos horizontes A<sub>1</sub> e B de 16 solos diferentes do Nordeste, coletadas sob algarobeira, permitem evidenciar: i) a grande ubiquidade dessa planta que pode-se desenvolver em quase todos os tipos de substratos; ii) a sua notável adaptação aos solos salinos, nos quais a árvore atinge o seu desenvolvimento vegetativo e frutífero ótimo. Convém aproveitar essa adaptação plantando-se a algarobeira em pastagem arbórea consorciada com uma gramínea resistente aos sais nos solos halomórficos, Planossolos e Solonetz e nos solos salinizados dos perímetros irrigados com ou sem lençol freático salinizado. A experimentação de tais pastagens irrigadas deve ser tentada rapidamente, pois essas pastagens já dão resultados promissores em alguns países sul-americanos.

## 1 - INTRODUÇÃO

Apesar da farta bibliografia que existe sobre a algarobeira no continente sul-americano, os dados do edafismo e da ecologia desta espécie são raros (VALDÍVIA, 1972). No Nordeste, o número de dados comprovados, estabelecendo relações entre o solo e a algarobeira, é menor ainda. Pode-se citar os trabalhos de GOMES (1961 e 1975) e de NOBRE (1982) onde se nota que "... em diversos estados nordestinos a grande exuberância e produtividade da algarobeira em solos salinizados onde praticamente, nenhum outro vegetal tem conseguido prosperar...".

Como a EMBRAPA, em convênio com o IBDF, está ampliando as pesquisas com algaroba, através do Programa Nacional de Pesquisas Florestais (PNPF), e que os projetos de reflorestamento no Nordeste, com a participação da algaroba, estão em bom andamento, parece oportuno conhecer melhor as características edafológicas da algarobeira e das gramíneas nativas consorciadas, a fim de um melhor aproveitamento dos solos para a pastagem.

## 2 - DESENVOLVIMENTO

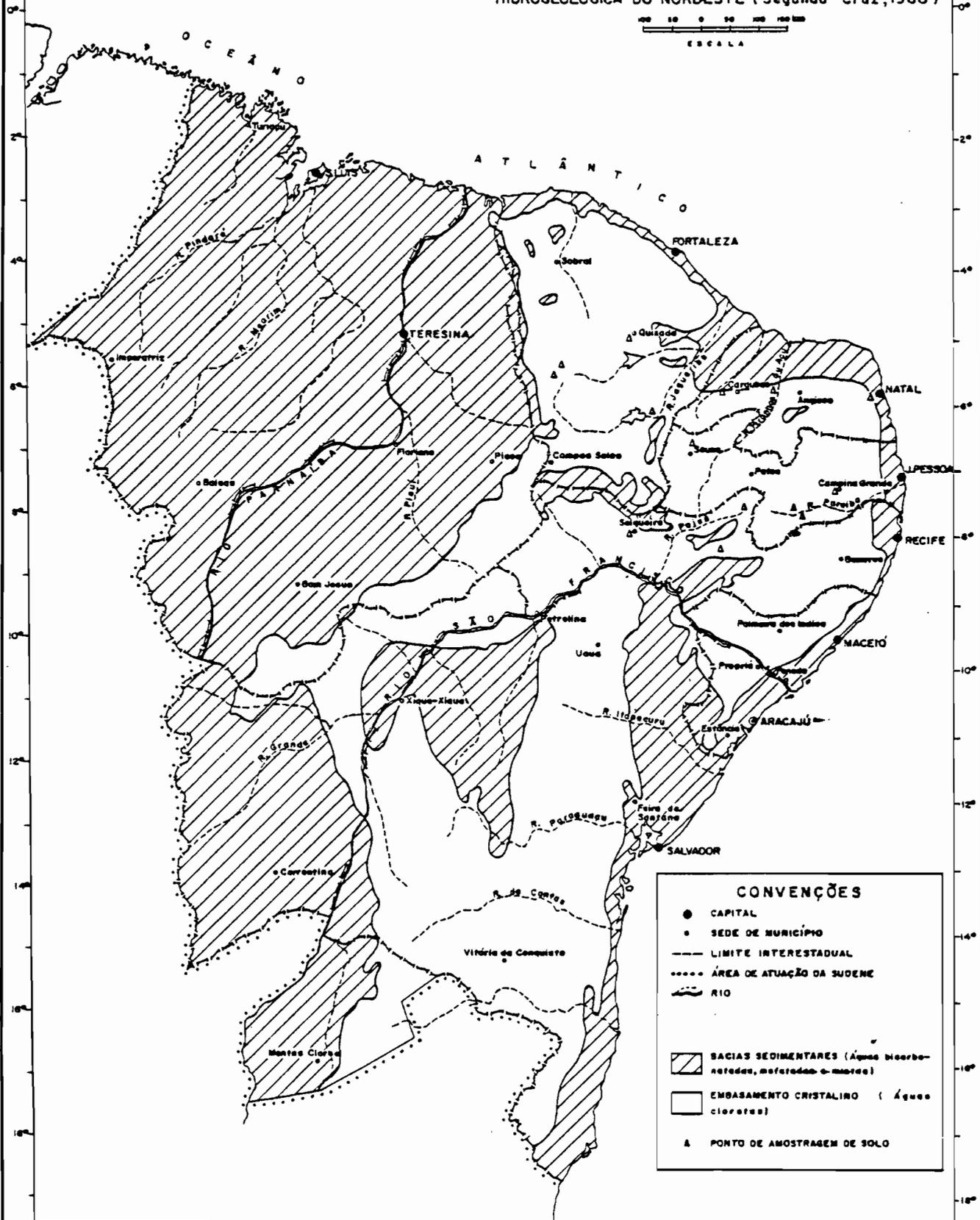
### 2.1 - Material e método

As amostras do horizonte A<sub>1</sub> situado entre 5 e 15 cm de profundidade e do horizonte mais profundo (B) situado entre 50 e 100 cm de 16 solos diferentes, foram coletadas sob algarobeira em diversos lugares do embasamento cristalino do Nordeste (figura 1).

Algumas determinações analíticas foram efetuadas a partir dessas amostras: granulometria, pH, carbono, nitrogênio, soma das bases trocáveis, capacidade total de troca das bases, percentagem do sódio

Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem de solo sob algarobeira no embasamento cristalino do Nordeste.

MINISTÉRIO DO INTERIOR  
 SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS  
 SITUAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM - GEOLÓGICA E  
 HIDROGEOLOGICA DO NORDESTE (Segundo Cruz, 1968)



**CONVENÇÕES**

- CAPITAL
- SEDE DE MUNICÍPIO
- LIMITE INTERESTADUAL
- ..... ÁREA DE ATUAÇÃO DA SUDENE
- ~ RIO
- [Hatched Box] BACIAS SEDIMENTARES (Águas liberadas, armazenadas e mortas)
- [White Box] EMBASAMENTO CRISTALINO (Águas cloradas)
- ▲ PONTO DE AMOSTRAGEM DE SOLO

QUADRO 1 - Resultados das determinações analíticas efetuadas a partir dos horizontes A e B sob algarobeira.

Solos	Análises	Argila (Z)	Areia total (Z) (1)	pH água	C (Z)	N (Z)	Materia Orgânica (Z)	S (meq) (2)	T (meq) (3)	Na (meq)	100 Na/T (4)	CE mmhos (5)	Umidade 15 atm (6)	Água (Z) Utiliz. (7)
Latossolo V.A. distrófico (Natal, RN)	A	10,7	82,2	5,4	2,33	0,10	3,96	12,50	17,00	0,11	0,64	0,30	3,2	6,1
	B	19,3	78,6	4,4	0,30	0,02	0,52	0,30	3,20	0,01	0,31	0,10	2,2	3,1
Podzólico V.A. Equiv. Eutrófico (Sta. Clara, CE)	A	23,4	58,4	6,3	1,10	0,10	1,90	8,10	9,40	0,08	0,85	0,30	16,1	14,8
	B	41,9	26,9	5,7	0,20	0,01	0,35	4,80	6,10	0,10	1,64	0,20	7,9	8,5
Podzólico V.A. Álico (Barra Sta. Rosa, PB)	A	10,1	85,0	4,3	0,31	0,03	0,53	0,22	4,30	0,02	0,46	1,50	3,2	1,5
	B	14,6	83,4	4,4	0,22	0,01	0,38	0,16	3,50	0,01	0,28	1,20	4,8	0,6
Bruno Não Cálcico Vértico (Tauá, CE)	A	14,6	56,2	5,2	2,20	0,14	3,80	10,50	18,00	0,30	1,66	2,15	12,5	5,4
	(B)	19,0	58,3	8,4	0,16	0,02	0,27	32,50	32,60	2,72	8,34	5,95	18,6	14,2
Bruno Não Cálcico (Cruzeta, RN)	A	12,0	61,0	5,7	1,3	0,12	2,25	6,2	8,7	0,17	1,95	-	5,7	7,2
	(B)	35,7	47,5	7,1	0,3	0,05	0,52	11,8	12,5	1,50	12,00	-	12,9	12,4
Bruno Não Cálcico Vértico (Sumé, PB)	A	18,5	56,2	6,3	0,72	0,08	1,24	13,75	18,32	0,63	3,44	0,22	5,7	8,0
	(B)	33,1	51,0	5,7	0,42	0,05	0,12	21,39	27,22	1,82	6,68	1,39	8,3	10,2
Vertissolo (Campina Grande, PB)	A	34,2	35,5	6,5	0,78	0,07	1,34	28,12	30,50	0,34	1,11	0,51	16,5	11,7
	(B)	30,0	44,8	7,6	0,26	0,04	0,45	30,84	30,80	0,77	2,50	0,62	10,1	8,5
Solo Litólico Eutrófico (Salgueiro, PE)	A	8,6	79,0	5,8	0,86	0,08	1,50	2,62	4,52	0,06	1,32	0,28	5,5	3,0
	(B)	25,6	68,5	6,2	0,25	0,03	0,43	5,35	7,26	0,96	13,22	0,75	16,1	4,4
Planossolo Solódico Eutrófico (Betânia, PE)	A	5,6	87,1	5,5	1,06	0,10	1,80	3,75	5,40	0,07	1,29	0,52	2,6	4,0
	(B)	30,5	45,3	5,8	0,47	0,04	0,80	13,50	15,00	2,30	15,33	0,47	13,2	8,2
Solonetz Solodizado (Iguatu, CE)	A	16,6	71,8	4,5	1,05	0,10	1,79	4,15	5,40	0,15	2,78	0,5	9,0	8,0
	(B)	40,0	41,5	7,2	0,33	0,03	0,56	21,40	21,50	4,70	21,86	2,4	18,5	18,1
Solonetz Solodizado (Quixadá, CE)	A	8,3	88,7	6,0	0,18	0,04	0,31	1,20	2,10	0,20	9,52	0,2	2,5	3,1
	(B)	32,2	58,2	8,1	0,02	0,01	0,03	8,00	8,00	3,70	46,25	1,6	-	-
Solonetz Solodizado (Logradura, PB)	A	8,2	75,8	6,5	0,30	0,04	0,51	3,90	5,00	0,27	5,40	0,60	3,6	3,0
	(B)	18,0	66,1	9,0	0,10	0,01	0,17	6,20	6,10	3,20	52,46	3,20	10,1	12,2
Solóchak Solonétrico (Sumé, PB)	A	34,0	27,4	6,6	1,01	0,1	1,72	20,20	34,60	2,94	8,49	10,0	-	-
	(B)	39,3	35,8	7,6	0,54	0,05	0,92	17,60	17,60	6,05	34,37	10,0	-	-
Solo Aluvial Eutrófico Hqlo-mórfico (Antonice, CE)	A	38,6	45,9	6,10	0,47	0,03	0,82	18,94	19,43	2,25	11,58	6,20	18,1	17,1
	(B)	40,4	40,5	6,90	0,44	0,04	0,77	20,57	20,57	2,95	14,34	5,70	17,5	16,2
Solo Aluvial Eutrófico Hqlo-mórfico (Souza, PB)	A	11,1	75,1	8,6	0,56	0,06	0,96	11,4	11,6	4,50	38,79	3,05	8,1	11,0
	(B)	15,5	75,8	10,0	0,14	0,02	0,24	18,2	18,2	10,20	56,04	9,60	8,0	7,4
Areia Quartzosas Distrófi-cas (Açu, RN)	A	4,0	91,0	5,4	0,06	0,06	1,02	1,50	3,10	0,05	1,61	0,20	2,4	0,6
	(B)	10,5	83,7	4,6	0,10	0,01	0,17	0,40	1,50	0,03	2,00	0,10	2,9	1,1

- (1) Soma da areia fina (0,02 a 0,2 mm) e de areia grossa (0,2 a 2 mm)  
 (2) S = soma das bases trocáveis em meq/100 g de solo  
 (3) T = capacidade total de troca em meq/100 g de solo  
 (4) Percentagem do sódio trocável (Se ≥ 15%, o horizonte é considerado mórfico)

- (5) Condutividade elétrica do extrato de saturação (Se ≥ 4 mmhos, o horizonte é considerado mórfico)  
 (6) Umidade ao ponto de murchamento  
 (7) X de água determinada pela diferença (capacidade do campo - ponto de murchamento)

QUADRO 2 - Valores das médias, dos desvios padrões, dos máximos e mínimos e dos coeficientes de variação dos resultados analíticos do quadro 1.

	Argila (%)	Areia (%)	pH	C (%)	N (%)	Mat. Org. (%)	S — meq/100 g —	T	Na	100Na/ T (%)	C.E mmhos	Umid. 15atm. (%)	Água util (%)
<u>Horizonte Superficial</u>													
Média	16,15	67,26	5,92	0,92	0,08	1,59	9,19	12,33	0,76	5,85	1,87	7,64	6,96
Desvio padrão	10,48	18,81	0,95	0,59	0,03	1,02	7,71	9,53	1,26	9,10	2,76	5,37	4,71
Valor máximo	38,6	91,0	8,6	2,33	0,14	3,96	28,12	34,63	4,50	38,79	10,0	18,1	17,1
Valor mínimo	4,0	27,4	4,3	0,18	0,03	0,31	0,22	2,10	0,02	0,46	0,2	2,4	0,6
Coef. de variação	64,89	27,96	16,04	64,13	37,50	64,15	83,89	77,29	165,79	155,53	1147,59	70,28	67,67
<u>Horizonte Profundo</u>													
Média	27,85	56,61	6,72	0,26	0,03	0,42	13,31	14,48	2,56	17,97	2,88	10,79	8,93
Desvio padrão	10,11	17,18	1,47	0,14	0,01	0,25	10,08	9,75	2,62	18,38	3,25	5,34	5,19
Valor máximo	41,9	83,7	10,0	0,54	0,05	0,92	32,50	32,60	10,20	56,04	10,00	18,6	18,1
Valor mínimo	10,5	26,9	4,4	0,02	0,01	0,03	0,16	1,50	0,01	0,28	0,10	2,2	0,6
Coef. de variação	36,30	30,34	27,87	53,84	33,33	59,52	75,73	67,33	102,34	102,28	112,84	49,49	58,12

trocável, condutividade elétrica do extrato saturado, umidade a diferentes pressões, segundo a metodologia da EMBRAPA (1979) (Quadro 1).

## 2.2 - Descrição

O exame do quadro 1 permite evidenciar:

- a grande dispersão geográfica da algaroba nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco; a sua grande extensão climática vai da zona do litoral (Natal-RN, pluviometria média anual de 1.550 mm) até a zona do Sertão semi-árido (Sumé-PB, pluviometria média anual de 450 mm), passando pela zona do Agreste (Campina Grande-PB, pluviometria média anual de 690 mm);
- a extrema variedade dos solos cultivados: Latossolos Vermelhos Amarelos Distróficos, Podzólicos V.A. Equivalente Eutróficos, Podzólicos V.A. Álicos, Bruno Não Cálcicos, Bruno Não Cálcicos Vérticos, Solonetz Solidizados, Litólicos Eutróficos, Vertissolos, Solos Aluviais Eutróficos Holomórficos, Areias Quartzosas Distróficas, Solonchak Solonézticos, etc;
- a grande dispersão dos resultados de cada determinação analítica, dispersão provada pelos valores elevados dos máximos, dos mínimos, das médias, dos desvios padrões e, mais particularmente, dos coeficientes de variação (100 desvio padrão/média) (Quadro 2). Assim, no horizonte superficial A<sub>1</sub>:
  - . a textura varia do polo muito arenoso (91% de areia) ao polo argiloso (41,9% de argila);
  - . o pH do solo flutua da reação muito ácida (4,3) do solo Podzólico Álico à reação básica (8,6) no solo Aluvial;
  - . a riqueza química ao comparar os valores de C, N, S e T, varia de muito fraca nas Areias Quartzosas, a elevada no Vertissolo;
  - . o grau de salinização, muito variável, vai de um valor praticamente nulo (Na = 0,02 - 100 Na/T = 0,46 - CE = 0,2) a um valor alto (Na = 4,50 - 100 Na/T = 38,79 - CE = 10).

No horizonte profundo as variações são da mesma ordem de grandeza, isto é, são muito importantes, em particular no que diz respeito à reação do solo (pH de 4,4 a 10,0), ao teor de matéria orgânica (0,03 a 0,92%), à riqueza em cátions (0,16 a 32,50 meq/100 g) e sobretudo ao teor em sódio (0,01 a 10,2 meq), à sua saturação (0,28 a 56,04%) e à taxa de água útil (0,6 a 18,1%).

Mediante o exposto, pode-se destacar os seguintes pontos:

- a extrema ubiquidade da algarobeira que pode crescer, de modo satisfatório, em uma grande variedade de substratos, incluindo solos arenosos ácidos distróficos, como também solos franco-argilosos; solos quimicamente pobres ou ricos; solos pouco, bastante ou muito salinos; solos com forte ou fraca retenção de água, com presença ou não de um lençol freático, etc;
- a notável adaptação da algarobeira aos solos salinos, seja com salinização primária devida a rochas: Solonetz Solidizados e Planossolos

Solodizados, seja com salinização secundária, como aluviões com lençol salgado ou solos Aluviais Halomórficos e Solonchak Solonétzicos muito salinos devido à irrigação mal conduzida.

### 2.3 - Outras observações

Essa última constatação, da resistência aos sais fora do comum da algarobeira, pode ser reforçada pelas observações seguintes que se fez em Sumê, no Sertão da Paraíba. No perímetro irrigado do açude dessalocalidade, gerado pelo DNOCS (MINIER, 1968) teve-se a oportunidade de estudar o lote que pertence ao Sr. L.M. de Freitas e que faz parte da unidade pedológica Sucuru Salgado, constituída de 77,7 ha de aluviões salinos que podem ser classificados como Solonchak Solonétzicos. São solos franco-argilosos muito firmes cuja salinização é elevada (CE variando entre 7 e 10 mmhos/cm, grande saturação do sódio podendo alcançar 29% da capacidade total de troca de cátions). A cerca de 1m de profundidade, encontra-se um lençol de água muito salgada (resíduo seco de 6.500 mg/l, CE de cerca de 9.300 mmhos/cm). A superfície do solo apresenta o aspecto característico dos Solonchak : afloramentos de sais de cloretos e carbonatos de sódio e cálcio.

Após o fracasso da tentativa de um cultivo de tomates, o agricultor teve a feliz idéia de plantar uma gramínea nativa suposta resistente aos sais, o capim angolinha (*Eriochloa polystachya* H.B.K.), em sulcos retos pouco profundos no sentido do declive. A pastagem teve ótimo crescimento. Como existia inicialmente um bosque de algarobeira, na parte mais alta do lote, as suas vagens eram consumidas pelos bovinos, e através das fezes caídas durante o pasto, as sementes germinaram em grande quantidade provocando uma verdadeira sementeira natural espontânea. Com os anos, o processo de disseminação se desenvolveu. Agora, o lote está em via de ocupação total pela pastagem e seus estados vegetativo e frutífero estão ótimos. Uma rápida estimativa dá a essa pastagem mista, herbácea e arbórea uma potencialidade alimentar de um pouco mais de 4 bovinos/ha/ano com um manejo racional, o que, levando-se em conta a natureza do solo, é um resultado inesperado.

A tolerância da pastagem consorciada com algaroba e capim angolinha à concentração de 6,5 g/l da água num solo de textura franco-argilosa de Sumê, permite encarar, ao aplicar o fator de correção de DURAND (1958) segundo o tipo de textura, uma irrigação da pastagem com uma água de concentração em sais dissolvidos de 21,6 g/l em solo arenoso (Quadro 3), o que é considerável quando se sabe que a água do mar tem uma concentração salina de cerca de 32 g/l.

Quadro 3 - Tolerância aos sais em função da textura do solo.

Textura do solo	Fator corretivo (1)	Algaroba + Capim angolinha	<i>Chloris gayana</i> e <i>Cynodon dactylon</i> (2)
Arenosa	1,5	21,6 g/l	10 g/l
Franco-siltoso	2,5	13 g/l	6 g/l
Franco-argilosa	5	6,5 g/l	3 g/l
Argilosa	5 a 10	6,5 a 3,2 g/l	3 a 1,5 g/l

(1) e (2) segundo J.E. DURAND (1958).

O quadro 3 dá também a tolerância aos sais em função da textura de duas espécies de gramíneas exóticas conhecidas pelas suas resistências aos sais, capim-de-Rhodes, *Chloris gayana* Kunth cv. Callide e capim-de-burro ou capim-estrela, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Pode-se notar que as espécies nativas consideradas, aguentam uma concentração em sais duas vezes maior do que as das espécies exóticas. Foram feitas outras observações pontuais de algarobeiras frutificando muito bem nos solos salinos do Nordeste. Trata-se dos perímetros irrigados de Custódia (PE), Moxotô (PE), São Gonçalo (PB), dos aluviões de Iguatu (CE), das margens do vale do Jaguaribe e de alguns arredores de Sobral (CE), cujas salinizações dos solos atingem valores altíssimos (CE de mais de 20 mmhos/cm).

Agora que a descomunal resistência da algarobeira e do capim angolinho à salinidade está provada, convém considerar a importância da superfície dos solos salinos e o alto teor em sais das águas das áreas cristalinas do Nordeste seco.

Os solos salinos e holomórficos do Nordeste representam cerca de 88.500 km<sup>2</sup> (SUDENE, 1978). Os perímetros irrigados do DNOCS são compostos de uma notável proporção de solos salinos. Assim em São Gonçalo-PB, 1.450 ha dos 4.170 ha totais são constituídos por aluviões salgados (DNOCS, 1971) e nos perímetros de Itans, Sabugi, Cruzeta e Pau de Ferros-RN, os solos salinos-sódicos e Solonetz representam mais de 300 ha (DNOCS, 1973). Numerosos exemplos poderiam ser citados. A esta proporção de solos cuja salinização é de origem pedológica, é necessário acrescentar as terras salinizadas pela irrigação mal conduzida. "...A operação do Projeto (São Gonçalo) intensificou o processo desalga em algumas partes descritas como das mais férteis da região e que hoje se encontram em fase de degradação..." (DNOCS, 1971).

Por outro lado, as águas subterrâneas das áreas cristalinas do Nordeste, dentre as quais mais de 71% são do tipo cloretadas sódicas, têm salinidade total elevada, o resíduo seco variando desde excepcionais valores inferiores a 1.000 mg/l até o máximo de 28.000 mg/l, 50 % das águas possuem valores superiores a 3.000 mg/l e a probabilidade de se encontrar águas com resíduo seco de 7.000 mg/l é somente de 20%, e acima de 10.000 mg/l a probabilidade é ainda de 9% (CRUZ e MELO, 1974).

No que diz respeito à qualidade das águas superficiais (LEPRUN, 1983), nota-se que mais da metade das águas dos açudes situados sobre o embasamento cristalino pode ser classificada (USDA, 1954) como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> ou mais, têm uma condutividade elétrica média de 520 micromhos/cm e um total de sais dissolvidos médio de 320 mg/l, o que confere a essas águas um risco de salinidade média a alta.

### 3 - CONCLUSÕES

Devido ao que ocorre - excepcional resistência aos sais da algarobeira e da gramínea nativa, grandes superfícies de solos salinos e sódicos, teores elevados em sais dissolvidos nas águas subterrâneas e superficiais do Nordeste semi-árido - torna-se urgente:

- o aproveitamento com pastagens mistas: algarobeira-gramíneas nativas (*Eriochloa polystachya* ou outras espécies já conhecidas como bem tolerantes aos sais: *Chloris inflata* ou *C. orthonothon*, capim mimoso do cacho roxo, a serem testadas) nas áreas de solos salinos, dos aluviões com lençol freático salgado, dos solos dos perímetros irriga-

dos salinizados, das margens dos açudes bastante salgadas. O objetivo é não somente a utilização e valorização desses solos salinizados, como também a sua recuperação através da algarobeira que tem a propriedade de baixar o pH e o teor em sais e de aumentar os teores de matéria orgânica e do nitrogênio (YADAV, 1975);

- o aproveitamento das águas cujo teor em sais dissolvidos impedem, ou limitam, o cultivo da maioria das plantas alimentares, ao irrigar a pastagem consorciada de algarobeira, como foi feita nos vários países da América do Sul, pelo menos durante os cinco primeiros anos, período o mais delicado do desenvolvimento da planta, incrementando assim a potencialidade real do Sertão: a pecuária.

#### 4 - LITERATURA CITADA

- BRASIL. DNOCS. Projeto de irrigação do açude São Gonçalo; VI. Levantamento detalhado dos solos. Hidroservice. DNOCS, 1971.
- BRASIL. DNOCS. Aproveitamento hidro-agrícola dos açudes de Itans, Sabugi, Cruzeta e Pau de Ferros, R.N; pedologia detalhante 3.2.2. 1973. 84 p.
- BRASIL. MINTER. Projeto Sumé-PB: Aproveitamento hidro-agrícola do açude público Sumé. Recife, DNOCS, 1968. 203 p.
- CRUZ, W.B. da. e MELO, F.de A.F. de. Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas no Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE, 1974. /Série: Brasil. SUDENE, Hidrologia, 19).
- DURAND, J.H. Les sols irrigables. Etude pédologique. Alger, 1958. 190p.
- GOMES, P. A algarobeira. Rio de Janeiro, SIA, 1961. 49 p. (Série SIA, nº 865).
- GOMES, P. Forragens fartas na seca. 3ª ed. São Paulo, Nobel. 1975. 233p.
- LEPRUN, J.C. Relatório de síntese do convênio de conservação do solo e da água no Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE-ORSTOM, 1983 (no prelo).
- NOBRE, F.V. A algarobeira no Nordeste brasileiro, especialmente no Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGAROBA, 1, Natal, 1982 Algaroba. Natal, EMPARN, p. 257-81.
- SUDENE. Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil. Fase I. Classificação e disponibilidades de solos. Textos. SUDENE-GEOTÉCNICA S.A. SR PR 115/77. 1978.
- USDA. Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. USDA. 1954, 160 p. (Agriculture Handbook, nº 60).
- VÁLDIVIA, S.V. El algaroba una especie florestal prometidora para los trópicos áridos. Peru, 1978, 20 p.
- YADAV, J.S.P. Improvement of saline alkali soils throug biological methods. Indian Forester, 385-95, Jul. 1975.



8.9 - ANEXO 9

TRABALHO APRESENTADO NO 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA  
DO SOLO, Curitiba, PR, 1983.

DETERMINAÇÃO SIMPLES DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS  
ANALÍTICAS E PROPRIEDADES DIAGNÓSTICAS DOS  
LATOSSOLOS DO NORDESTE BRASILEIRO.

J.B.M. SAMPAIO<sup>(1)</sup>, J.C. LEPRUN<sup>(2)</sup>

RESUMO

Os valores do pH em água com relações 1:2,5, do alumínio trocável extraído com KCl N, da soma das bases S, do grau de saturação em bases V e do grau de saturação em  $Al^{3+}$  dos horizontes A<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> de 85 perfis de Latossolos tirados dos relatórios do levantamento pedológico exploratório de oito Estados do Nordeste (CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA, norte de MG), foram correlacionados estatisticamente entre si. As correlações altamente significativas encontradas, indicam que é possível, a partir da medida do pH em água, obter-se imediatamente boas estimações: a) do teor de alumínio trocável o que permite evidenciar o caráter álico, apreciar o perigo da toxidez e a necessidade do uso de corretivos; b) do valor de S e do grau de saturação V que dão uma idéia da fertilidade do solo, da necessidade da calagem e do caráter eutrófico ou distrófico; c) do grau de saturação em alumínio ( $100 Al^{3+}/S+Al^{3+}$ ) que permite estimar o estado do complexo sortivo do solo. O interesse para o agricultor e o agrônomo ou pedólogo é evidente: diagnóstico de boa probabilidade, prático, rápido e muito barato.

SUMMARY: SIMPLE DETERMINATION OF SOME ANALYTICAL CHARACTERISTICS AND DIAGNOSTIC PROPERTIES OF LATOSOLS IN NORTHEAST BRAZIL

The pH values in water with a 1:2.5 ratio, of the exchangeable aluminium extracted with KCl N, of the sum of bases V, of the rate of saturation in bases V and of the rate of saturation in  $Al^{3+}$  of the horizons A<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> of 85 profiles of latosols from the reports of exploratory soils surveys in eight northeast states (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, the northern part of Minas Gerais) were statistically correlated between them. The resulting highly expressive correlations reveal that it is possible through the measuring of pH in water to obtain good estimates of the following: a) the exchangeable aluminium content which makes it possible to identify the allitic character, estimate the danger of toxicity and the need for the use of soils amendments; b) the value of S and of the rate of saturation V which give an idea of the fertility of the soils, of the need for liming and of the eutrophic and dystrophic characters; c) the rate of saturation in aluminium ( $100 Al^{3+}/S+Al^{3+}$ ) which assesses the state of the absorbing complex of the soils. The interest for the farmer and the agronomist or soil scientist is obvious: diagnosis of good probability, practical, rapid and cheap.

(1) Pedólogo da SUDENE.

(2) Pedólogo, convênio SUDENE/ORSTOM (França).

## INTRODUÇÃO

Os Latossolos do Nordeste brasileiro, constituídos pelos Latossolos Amarelos, Vermelhos Amarelos, Vermelhos Amarelos Distróficos e/ou Eutróficos e pelos Latossolos Vermelhos Escuros Distróficos e/ou Eutróficos, representam cerca de 560.500 km<sup>2</sup> (SUDENE-GEOTÉCNICA, 1978), seja um pouco mais de 33% da superfície total do Nordeste e cerca de 34% da superfície do polígono das secas. Esses valores fazem desses solos os mais representativos do Nordeste.

Dentre eles, destacam-se particularmente os Latossolos Vermelhos Amarelos Distróficos que formam aproximadamente 87% de todos os Latossolos nordestinos. Isso significa que todos os Latossolos Distróficos, Vermelhos Amarelos e Escuros juntos, isto é solos com baixa saturação de bases, bastante ácidos, de baixa fertilidade natural, porém apresentando problemas de toxicidade de alumínio desde a superfície, representam cerca de 90% dos Latossolos do Nordeste brasileiro.

Já MELFI e PEDRO (1977) falaram da latossolização pedológica como sendo o fenômeno mais importante que afeta as formações superficiais do Brasil, pois "80% dos solos brasileiros são fortemente desaturados e marcados pela presença do alumínio em seu complexo de troca".

Torna-se urgente o melhor conhecimento dos dados de fertilidade e a determinação rápida de alguns parâmetros, permitindo o diagnóstico dos constrangimentos desses solos pelas razões a seguir, as quais constituem os objetivos do presente trabalho:

- a) a grande extensão e repartição geográfica dos Latossolos que vão da zona úmida da "mata" do litoral atlântico até os cerrados das fronteiras ocidentais com Goiás e Pará, passando pelas caatingas do "sertão" central seco;
- b) a importância agrícola desses Latossolos devido a seu relevo plano e suas boas propriedades físicas acrescida das restrições devido às suas características químicas ligadas à acidez e à presença do alumínio trocável e à necessidade de aplicação de corretivos e fertilizantes;
- c) enfim a exploração recente e a utilização intensiva dos Latossolos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os valores do pH, o alumínio trocável Al<sup>3+</sup>, a soma das bases permutáveis S, o grau de saturação em bases V e o grau de saturação em alumínio dos horizontes A<sub>1</sub> e B<sub>21</sub> ou B<sub>22</sub>, no caso de ausência do B<sub>21</sub>, de 85 perfis de Latossolos tirados dos relatórios dos levantamentos pedológicos exploratórios de oito Estados do Nordeste: Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, norte de Minas Gerais (BRASIL, 1973, 1971, 1972, 1975, 1976-77, 1979), foram coletados e correlacionados estatisticamente entre si. (Quadro 1). Os métodos de análise utilizados foram os seguintes (EMBRAPA, 1979): pH em água determinado potenciométricamente numa suspensão solo-líquido de 1:2,5; Al<sup>3+</sup> extraído com uma solução normal de KCl na proporção de 1:10; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> trocáveis, extraídos com o método precedente e determinados pela E.D.T.A.; K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> trocáveis, extraídos com HCl 0,05 N e determinados por fotometria de chama; valor S obtido pela soma de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>; valor V calculado pela fórmula  $\frac{S \times 100}{T}$  onde T capacidade de permuta de cátions é obtida pela soma de S + H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>; grau de saturação em alumínio calculado pela fórmula  $100 \frac{al^{3+}/S}{al^{3+} + S}$  (KAMPFRATH, 1967).

As correlações estatísticas foram testadas, calculadas e ajustadas pelo método dos mínimos quadrados com a busca da equação de regressão li-

near ou curvilínea que se adapte da melhor maneira à distribuição dos pontos dos pares de dados. O método dos mínimos quadrados determina os parâmetros a e b da função teórica de modo que a soma dos quadrados dos desvios dos pontos seja mínima.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Correlações entre pH e $Al^{3+}$

A distribuição dos dados da figura 1 revela uma excelente correlação entre os valores do pH e do  $Al^{3+}$  tanto no horizonte  $A_1$  quanto no horizonte  $B_2$ , as duas curvas de ajustamento exponenciais quase se confundindo em uma só. As equações obtidas são as seguintes:

Horizonte  $A_1$  : número de dados  $n = 85$ , coeficiente de correlação  $r = -0,88^{**}$

$$y = 18,10 \cdot 10^3 e^{-2,16x} \quad (1)$$

Horizonte  $B_2$  :  $n = 79$ ,  $r = -0,81^{**}$

$$y = 13,51 \cdot 10^3 e^{-2,10x} \quad (2)$$

O uso dos logaritmos no cálculo das correlações obrigando a colocar um valor superior a zero a  $al^{3+}$ , troca-se cada valor de 0 por 0,001, o que faz com que a curva nunca toque o eixo de x, mas fica assintótica e quase confundida com ele.

Verifica-se que esses valores estão muito próximos daqueles obtidos com a mesma solução extratível de KCl N pelos PRATT e BLAIR (1961) (Quadro 2).

Outros autores estabeleceram relações entre  $Al^{3+}$  e pH: MAGISTAD (1925), PIONKE e COREY (1967) nos Estados Unidos, CERVANTES et alii (1979) na Colômbia, USAID (1980) no Peru, e ZUNIGA (1967) e CAMARGO e VAN RAIJ (1975) no Brasil.

Neste último trabalho, a regressão encontrada é linear e a equação se escreve:

$$y = -1,76x + 9,57 \quad \text{com } r = 0,72^{**} \quad \text{e } n = 53 \text{ amostras}$$

superficiais de diversos Latossolos e solos Podzólicos do Estado de São Paulo. Em comparação, a regressão linear calculada para as 85 amostras do horizonte  $A_1$  dos Latossolos do Nordeste deu a equação seguinte:

$$y = 0,60x + 3,75 \quad (4) \quad \text{com } r = 0,64^*$$

e para o horizonte superficial de 313 Latossolos do todo Brasil (trabalho inédito):

$$y = 0,76x + 4,72 \quad (5) \quad \text{com } r = 0,65^{**}$$

sejam, equações muito semelhantes nos casos (4) e (5), mas com um coeficiente de correlação bem mais fraco na equação linear (4) do que na equação exponencial (1).

Para os Latossolos muito intemperizados e bem drenados da bacia Amazônica (oxisols e ultisols do Peru, USAID, 1980), a relação entre pH e  $Al^{3+}$  é quadrática, com uma equação parabólica da forma:

$$y = 13,91 - 4,32x + 0,33x^2 \quad (6)$$

com  $r = -0,87^{**}$ . Essa equação dá resultados bastante próximos da equação (1).

## Correlação entre pH e S

Existe uma correlação linear razoável entre o pH e a soma das bases trocáveis dos horizontes A<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> dos Latossolos do Nordeste (figura 2).

Horizonte A<sub>1</sub>, n = 85, r = 0,78\*\*

$$y = 2,79x - 12,19 \quad (7)$$

Horizonte B<sub>2</sub>, n = 79, r = 0,64\*\*

$$y = 1,65x - 7,14 \quad (8)$$

Correlações entre V e Al<sup>3+</sup>

Foi encontrada uma estreita correlação entre o grau de saturação em bases V e o teor em Alumínio trocável Al<sup>3+</sup> nos horizontes A<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (Figuras 3 e 4). Os ajustamentos obedecem às equações exponenciais muito próximas:

Horizonte A<sub>1</sub>, n = 85, r = -0,91\*\*

$$y = 1,92e^{-0,06x} \quad (9)$$

Horizonte B<sub>2</sub>, n = 79, r = -0,76\*\*

$$y = 1,75e^{-0,07x} \quad (10)$$

Correlações entre pH e 100 Al<sup>3+</sup>/S+Al<sup>3+</sup>

As curvas de ajustamento exponencial (Figura 5) provam as boas correlações entre a reação do solo e a saturação em alumínio 100 Al<sup>3+</sup>/S+Al<sup>3+</sup>.

Os coeficientes de correlação são respectivamente de -0,82\*\* e -0,80\*\* nos horizontes A<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>.

Essas correlações colocam em evidência as ligações estreitas entre as diversas determinações analíticas.

Destacam-se particularmente os ajustamentos exponenciais entre o pH e Al<sup>3+</sup> S e V. Precisa-se notar as similitudes das curvas da mobilização do Al<sup>3+</sup> em função do pH (Figura 1), com a curva experimental de solubilização do Al<sup>3+</sup> (CHARLOT, 1957 e também PRATT, 1966, citado por WUTKE in MONITZ, p. 163 1972); e com os diagramas pH - concentração em Al<sup>3+</sup> nas águas africanas (LEPRUN, 1979).

O teor de Al<sup>3+</sup> extratível por KCl N depende então, estreitamente, da acidez e ainda mais da acidez ativa ou iônica devida aos íons H<sup>+</sup> liberados e dissolvidos pela solução KCl, do que da acidez potencial ligada às moléculas não ou dificilmente dissociáveis por essa solução. Pode-se chamar a primeira acidez de "mineral" em oposição à orgânica, pois não se encontrou correlação entre o teor de carbono e o pH de uma parte, e Al<sup>3+</sup> de outra parte. Por outro lado, os horizontes B<sub>2</sub> praticamente sem matéria orgânica, possuíam teores de Al<sup>3+</sup> tão elevados como, também, nos horizontes A<sub>1</sub> (médias de 0,65 meq em A<sub>1</sub> contra 0,67 meq em B<sub>2</sub>).

Determinação dos valores de Al<sup>3+</sup>, S, V e 100 Al<sup>3+</sup>/S+Al<sup>3+</sup> em função do pH.

No quadro 3 foram calculados os diferentes valores dos parâmetros ligados ao pH: a) Al<sup>3+</sup> correlacionado ao pH e calculado pelas equações (1) e (2); b) S correlacionada ao pH e calculada pelas equações (7) e (8); c) V correlacionada a Al<sup>3+</sup> e calculado pelas equações (9) e (10), o qual, Al<sup>3+</sup>, já sendo correlacionado ao pH; d) 100 Al<sup>3+</sup>/S+Al<sup>3+</sup> correlacionado ao pH e calculado graças aos valores de Al<sup>3+</sup> e S obtidos mais acima.

Do exame desse quadro pode-se tirar dois tipos de informações:

a) agrícolas e práticas, por exemplo:

- abaixo do pH 5,6 aparece o problema de toxidez, pois o teor de  $Al^{3+}$  trocável atinge, então 0,1 meq. Com efeito, um grande número de trabalhos considere -1 a 2 ppm de  $Al^{3+}$  como limites para a maioria das plantas (HUCHINSON, 1945; JENNY, 1961; COULTER, 1969, in SEGALLEN, 1973), pois inibe, então, a absorção do fósforo, o desenvolvimento das raízes e a nodulação das leguminosas;

- a esse pH de 5,6 corresponde um valor de S de 3,4 meq no horizonte A<sub>1</sub> e somente 2,1 meq no horizonte B<sub>2</sub>, valores que representam uma soma de  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  inferior ou igual a 2 meq que pode ser considerado como o nível limite de fertilidade abaixo do qual a calagem é necessária. Essa calagem deverá ser calculada à base do horizonte B<sub>2</sub> mais carente e se fazer em profundidade no caso de culturas perenes e arbustivas.

b) pedológicas, por exemplo:

- se ao pH de 5,6 no horizonte A<sub>1</sub> corresponder um valor de V de 48 a 50% que representa a separação que foi proposta entre o caráter eutrófico e distrófico, para o mesmo pH, esse valor cai a 40% no horizonte B<sub>2</sub>;

- o caráter álico ( $100 Al^{3+}/S+Al^{3+} > 50\%$ ) no horizonte B<sub>2</sub> aparece abaixo de um pH de 4,6, o que corresponde a um teor em  $Al^{3+}$  superior a 0,3 meq que está de acordo com exigência de classificação brasileira (EMBRAPA 1981).

## CONCLUSÕES

As intercorrelações obtidas entre vários parâmetros de 85 Latossolos do Nordeste brasileiro mostram o vínculo estrito entre o pH e  $Al^{3+}$ , S, V e  $100 Al^{3+}/A+Al^{3+}$ . As correlações encontradas permitem o estabelecimento de abacos dando diretamente os valores desses parâmetros em função do pH no horizonte superficial A<sub>1</sub> e latossólico B<sub>2</sub>. Esses abacos podem ser úteis: a) para o agricultor que cultiva sobre Latossolos e que, afastado de qualquer laboratório, precisa saber, com uma estimativa razoável, a fertilidade global de seu solo, o risco de toxidez pelo  $Al^{3+}$  e as doses de corretivos a usar; b) ao pedólogo e agônomo do campo de saber os riscos de erro razoáveis, as características taxonômicas e analíticas dos Latossolos das zonas onde eles devem intervir. Cada vez que seja possível, a análise de todos os parâmetros deverá ser feita num laboratório especializado e a comparação e correção do abaco efetuadas.

## LITREATURA CITADA

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa agropecuária. Divisão de Pesquisa pedológica. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, 1973. 301 p. (Boletim Técnico, 28) (Brasil.SUDENE-DRN. Divisao de Agrologia. Série Pedologia, 16).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa agropecuária. Divisão de Pesquisa pedológica. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, 1971. 530 p. (Boletim Técnico, 21. SUDENE-DRN. Divisao de Agrologia. Série Pedologia, 9).
- BRASIL. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 683 p. (Boletim Técnico, 15). (Brasil.SUDENE-DRN.Divisão de Agrologia. Série Pedologia, 8).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife, 1973. 359 p. (Boletim Técnico, 26) (Brasil.SUDENE-DRN.Divisao de Agrologia.Série Pedologia, 14).
- CAMARGO, O.A. de & RAIJ van B. Relações entre Alumínio trocável, bases trocáveis e pH em solos. In XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas, S.P. Brasil, 1975. Anais. S.B.C.S., 1976. pp. 95-101.
- CERVANTES, O.; LEON, A. & MARIN, C. Relaciones entre pH aluminio y matéria orgânica e algunos suelos de Colombia. Revta. Inst. Colomb. Agropec. 5:43: 64.
- CHARLOT, G. L'analyse qualitative et les réactions en solution. Masson ed., Paris, 365 p. 1957.
- COULTER, B.S. The chemistry of hydrogen and aluminium ions in soils, clay minerals and resins. Soils and Fertilizers, 32, 3, pp. 215-223. 1969.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. Recife, 1975. 532 p. (Boletim Técnico, 35) (Brasil,SUDENE-DRN.Série Recursos de Solos, 5).
- EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. Recife, 1975. 506 p. (Boletim Técnico, 36) (Brasil.SUDENE-DRN.Série Recursos de Solos, 6).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem esquerda do rio Sao Francisco - Estado da Bahia. Recife, 1976. 404 p. (Boletim Técnico, 38) (Brasil.SUDENE-DRN.Divisao de Recursos Renováveis.Série Recursos de Solos, 7).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do rio Sao Francisco - Estado da Bahia. Recife, 1977. 735 p. (Boletim Técnico, 52) (Brasil.SUDENE-DRN.Divisao de Recursos Renováveis.Série Recursos de Solos 10).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Norte de Minas Gerais. Recife, 1979. 407 p. (Boletim Técnico, 60). (Brasil.SUDENE-DRN.Divisao de Recursos Renováveis.Série Recursos de Solos, 12).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos (2a. Aproximação). Rio de Janeiro. 107 p. 1981.
- HUTCHINSON, G.E. The biogeochemistry of aluminium and related elements. Quat. rev. Biol. 181, pp. 1-29, pp. 128-153, pp. 242-262, pp. 331-363. 1943.
- JENNY, H. Reflexions on the soil acidity merry-goround. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25, pp. 428-433. 1961.
- KAMPRATH, E.J. A acidez do solo e a calagem. Washington, Departamento de Estado, 1967. 20 p. (International Soil Testing. Boletim Técnico, 4).
- LEPRUN, J.C. Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique occidentale sèche. Genèse. Transformations. Degradation. Thèse doctorat d'Etat. Sci. Strasbourg, 1969 e Mém. Sci. Géol. 58, Strasbourg, 1970, 224 p.
- MAGISTAD, O.C. The aluminium content of soil solution and its relation to soil reaction and plant growth. Soil Sci. 20, pp. 181-226. 1925.
- MELFI, A.J. & PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte I: Caracterização dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. Rev. bras. Geog. 7: 271-286. 1977.
- PIONKE, H.B. & COREY, R.B. Relations between acidic aluminium and soil pH value of soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 31: 749-752. 1967.
- PRATT, P.F. Química do solo: curso intensivo. Rio de Janeiro, Aliança para o Progresso. 88 p. 1966 (Convênio MA/DPFS-USAID/Brasil, nº 1).
- PRATT, P.F. & BLAIR, F.L. A comparison of three reagents for the extraction of aluminium from soils. Soil Sci. 91: 357-359. 1961.
- SEGALEN, P. L'aluminium dans les sols. Initiations. Documentations techniques O.R.S.T.O.M., Paris, nº 22, 281 p. 1973.
- SUDENE-GEOTÉCNICA. Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil. Fase I. Classificação e disponibilidade de solos. Textos. Geotécnica S.A. R.S.P.R. 115-77. 73 p. 1978.
- U.S.A.I.D. Agronomic economic research ou soil of the tropics. 1978-1979 Report. Soil Sc. department North Carolina State University. Raleigh. N.C. 283 p. 1980.
- ZUNIGA, A.A.T. Extração de diversos ions do solo com extração normal Kcl. Tese de Mestrado. E.S.A.L.Q. USP. 36 p. 1967.

Quadro 3. Valores dos parâmetros analíticos calculados segundo as equações de correlação em função do pH.

pH	Horizonte A <sub>1</sub>				Horizonte B <sub>2</sub>			
	Al <sup>3+</sup> -- meg/100g --	S -- % --	V -- % --	Sat.Al <sup>3+</sup> -- % --	Al <sup>3+</sup> -- meg/100g --	S -- % --	V -- % --	Sat.Al <sup>3+</sup> -- % --
3,5	9,55				8,81			
3,6	7,70				7,14			
3,7	6,21				5,79			
3,8	5,00	0,10			4,70			
3,9	4,03		10	95	3,81	0,1	5	95
4,0	3,25				3,09			
4,1	2,62	v	v	^	2,50	v		^
4,2	2,11				2,03			
4,3	1,70				1,65			
4,4	1,37	0,1		93	1,34	0,1	5	91
4,5	1,11	0,4	10	75	1,08	0,3		79
4,6	0,89	0,6		58	0,89	0,5	10	66
4,7	0,72	0,9		44	0,71	0,6		53
4,8	0,58	1,2	20	32	0,58	0,8		42
4,9	0,47	1,5		24	0,47	1,0	20	33
5,0	0,38	1,7		18	0,38	1,1		25
5,1	0,30	2,0	30	13	0,31	1,3		19
5,2	0,24	2,3		9	0,25	1,5		15
5,3	0,20	2,6		7	0,20	1,6	30	11
5,4	0,15	2,9	40	5	0,16	1,8		8
5,5	0,13	3,1		4	0,13	1,9		6
5,6	0,10	3,4		2,8	0,11	2,1	40	5
5,7	0,08	3,7	50		0,09	2,3		
5,8	0,07	3,9			0,07	2,5		3
5,9	0,05	4,3			0,06	2,6		2
6,0	0,04	4,5	60		0,05	2,8	50	
6,1	0,04	4,8			0,04	2,9		
6,2	0,03	5,1		2,0	0,03	3,1	60	2
6,3	0,02	5,4	70	v	0,02	3,3		v
6,4	0,02	5,6			0,02	3,4	70	
6,5	0,01	5,9	80		0,01	3,6		

Quadro 2. Comparação dos valores de Al<sup>3+</sup> no horizonte A obtidos com PRATT e BLAIR (1961) e nesse trabalho.

pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Al <sup>3+</sup> meg/100g	
	PRATT e BLAIR	Latossolos Nordeste
3,6	7,75	7,70
4,0	1,06	3,25
4,1	2,50	2,60
5,0	0,17	0,38
5,4	0,12	0,15
5,6	0,04	0,10

Quadro 1. Diferentes dados analíticos dos Latossolos do Nordeste

Horizonte A1					Horizonte B2				
pH	Al <sup>3+</sup>	S	V	100Al <sup>3+</sup> /ΣAl <sup>3+</sup>	pH	Al <sup>3+</sup>	S	V	100Al <sup>3+</sup> /ΣAl <sup>3+</sup>
	meq/100g	meq/100g	%	%		meq/100g	meq/100g	%	%
5,0	0,5	2,5	24	17	5,1	0,7	0,5	15	54
5,1	0,2	0,4	20	33	4,9	0,2	0,3	14	40
5,2	0,2	0,6	19	22	5,1	0,2	0,3	13	40
4,5	1,1	0,6	13	65	4,4	0,9	0,2	7	82
4,4	0,4	0,7	23	36	4,6	0,4	0,3	17	57
5,3	0,1	0,4	27	20	5,1	0,2	0,3	27	40
5,3	0,2	3,2	38	6	4,9	0,3	0,5	15	57
4,6	1,6	0,3	5	84	4,8	0,6	0,2	9	75
5,3	0,0	6,1	58	0	5,0	1,5	1,3	30	54
6,0	0,0	1,4	67	0	5,7	0,0	1,4	74	0
5,1	0,1	2,9	48	3	4,9	0,4	0,9	33	31
5,2	0,2	1,3	36	13	5,0	0,3	0,4	17	67
5,5	0,4	0,6	20	40	5,1	0,5	0,3	10	63
5,5	1,7	0,7	7	71	4,8	1,5	0,5	7	75
5,9	0,6	2,7	34	18	4,4	1,3	0,4	8	76
5,8	0,0	5,8	67	0	4,6	1,0	2,0	36	33
4,5	2,1	0,7	6	75	4,6	1,5	0,4	7	79
4,6	2,5	1,1	7	69	5,1	0,8	0,3	7	73
4,7	3,4	1,0	5	77	5,3	0,4	0,3	9	57
5,1	0,6	1,6	26	27	5,0	0,6	1,6	36	27
5,0	0,3	3,4	36	8	4,2	0,9	0,9	17	50
4,7	0,9	1,8	19	33	4,7	1,0	0,9	16	53
5,4	0,2	3,8	36	5	4,9	1,0	0,7	14	59
4,3	1,7	0,8	9	68	4,7	1,1	0,3	9	79
4,9	0,4	1,9	26	17	4,8	1,0	0,9	17	53
5,0	0,3	1,3	25	19	4,7	0,9	0,5	10	64
4,9	0,3	3,1	36	9	6,2	0,0	2,3	57	0
4,6	1,2	0,5	7	71	5,0	3,2	0,9	12	78
4,3	1,3	0,8	8	62	4,3	1,6	0,5	8	76
5,5	0,1	6,4	54	2	5,2	0,5	1,0	27	38
4,7	0,8	1,7	24	32	4,8	1,0	1,4	25	42
5,0	0,9	2,3	24	28	4,8	0,4	0,7	25	36
4,4	1,4	1,3	13	52	4,5	3,6	0,5	19	55
4,5	2,7	0,6	5	82	5,2	0,7	0,3	8	70
4,4	1,3	0,6	8	68	4,7	0,3	1,7	52	6
4,9	0,3	2,5	23	41	5,5	0,2	2,3	72	8
5,0	0,4	1,9	45	17	6,7	0,0	5,7	85	0
6,8	0,0	10,6	91	0	5,0	0,7	0,8	19	47
4,4	1,9	1,0	9	66	6,5	0,0	5,7	74	0
6,3	0,0	5,8	95	0	6,7	0,0	5,6	85	0
6,8	0,0	10,5	91	0	4,6	1,0	3,3	8	77
4,3	0,9	0,8	13	53	6,3	0,0	7,6	82	0
7,7	0,0	12,3	100	0	4,8	1,0	1,3	25	43
6,0	0,0	4,9	60	0	4,9	1,4	2,2	35	39
4,7	1,3	2,6	27	33	4,4	0,6	1,4	27	30
4,5	0,7	1,7	29	29	4,6	0,7	0,4	10	64
4,2	1,7	0,7	8	71	4,6	2,1	0,3	8	88
5,3	0,4	1,8	37	18	4,8	0,3	3,0	79	9
6,4	0,0	5,2	93	0	5,0	0,3	1,0	42	21
6,8	0,0	4,5	92	0	4,6	0,5	0,2	10	71
5,3	0,2	1,2	32	14	4,6	0,6	0,4	21	60
6,0	0,2	1,5	63	12	4,6	0,5	0,4	18	56
4,9	0,3	0,9	25	25	4,6	0,6	0,3	14	67
5,3	0,1	1,2	39	8	4,3	0,8	0,3	11	73
5,3	0,2	1,6	35	11	4,4	0,7	0,4	17	64
4,5	0,5	0,9	24	36	4,6	5,0	0,2	6	75
4,4	0,9	0,2	5	82	4,9	0,6	0,5	18	50
5,9	0,0	2,7	51	0	4,8	0,5	0,2	7	71
4,8	0,4	0,8	24	33	4,6	1,0	0,3	10	77
4,7	0,8	0,7	15	53	4,8	0,6	0,6	20	50
4,8	0,7	0,7	15	50	4,5	1,1	0,4	13	73
4,5	1,0	1,0	15	50	5,2	0,2	0,2	15	50
4,8	0,7	0,2	5	78	4,9	0,4	0,2	9	67
4,8	0,8	0,4	9	67	4,6	0,4	0,3	16	57
4,7	0,6	0,3	8	67	5,7	0,0	0,3	23	0
5,4	0,2	0,3	16	40	4,3	0,3	1,9	33	37
4,9	0,3	1,9	45	14	4,9	0,3	2,5	60	11
6,2	0,0	3,2	68	0	4,8	1,2	0,4	13	75
4,6	1,3	0,4	8	76	5,2	0,3	0,2	9	60
5,1	0,4	1,3	33	24	5,2	0,7	0,1	3	80
4,4	1,6	0,6	10	73	5,1	0,8	0,4	17	61
4,9	0,9	0,2	5	82	5,5	0,4	0,1	8	80
5,4	0,5	0,7	23	42	4,4	0,7	0,1	6	88
4,5	0,6	0,5	14	53	5,2	1,0	0,5	17	67
5,1	1,0	0,2	7	83	4,8	0,1	0,2	22	33
4,9	0,5	0,5	17	50	4,1	1,3	0,3	-	-
5,0	0,8	1,1	30	42	3,3	0,3	1,8	46	14
5,1	0,4	0,3	18	57	4,7	0,4	1,3	45	24
4,9	0,7	0,4	12	64	5,8	0,0	2,3	70	0
5,7	0,3	1,0	33	23	6,8	0,0	3,1	89	0
5,0	0,0	3,9	57	0					
5,4	0,2	1,9	45	10					
6,2	0,0	4,7	80	0					

Figura 1 Relações entre pH e o alumínio trocável nos horizontes A<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> dos Latossolos do Nordeste.

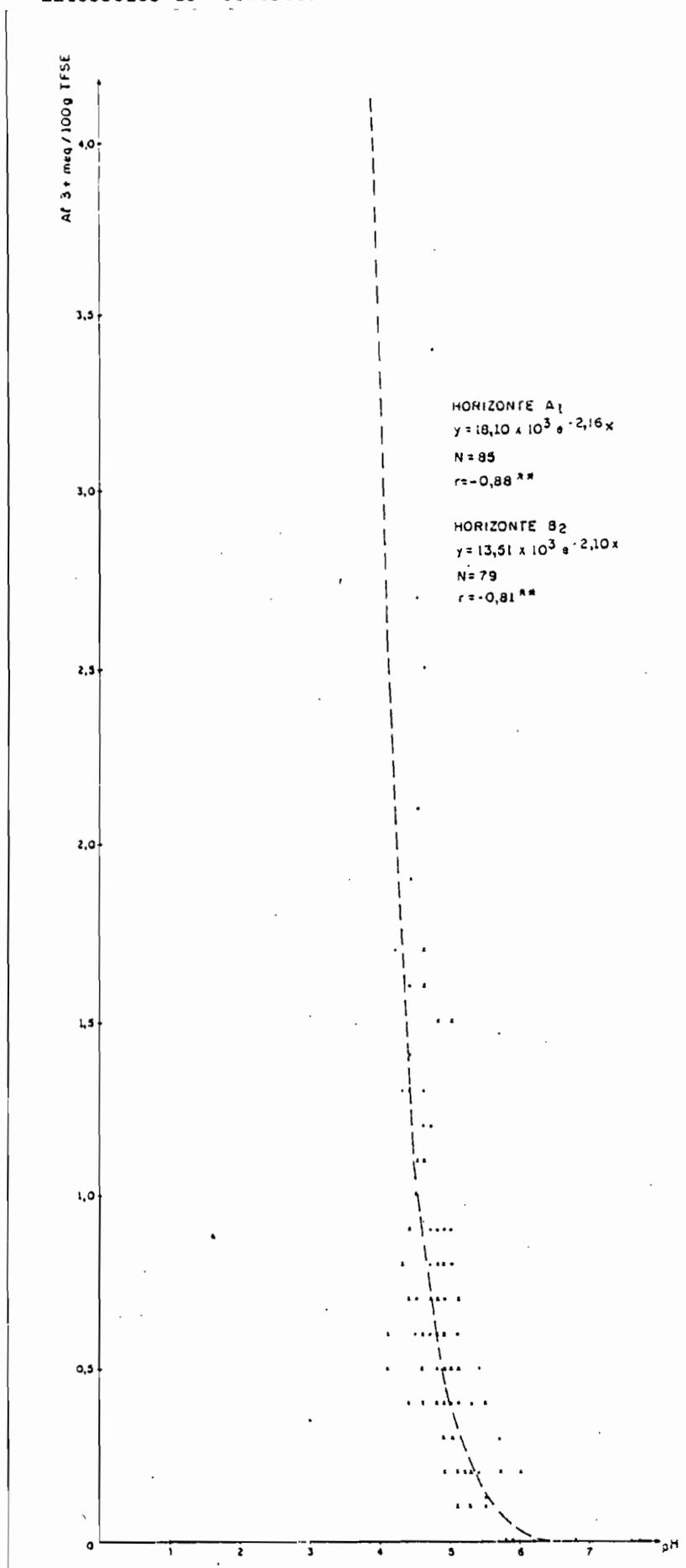


Figura 2 Relações entre pH e a soma das bases trocáveis S dos Latossolos do Nordeste. a) nos horizontes B<sub>2</sub>; b) nos horizontes A<sub>1</sub>.

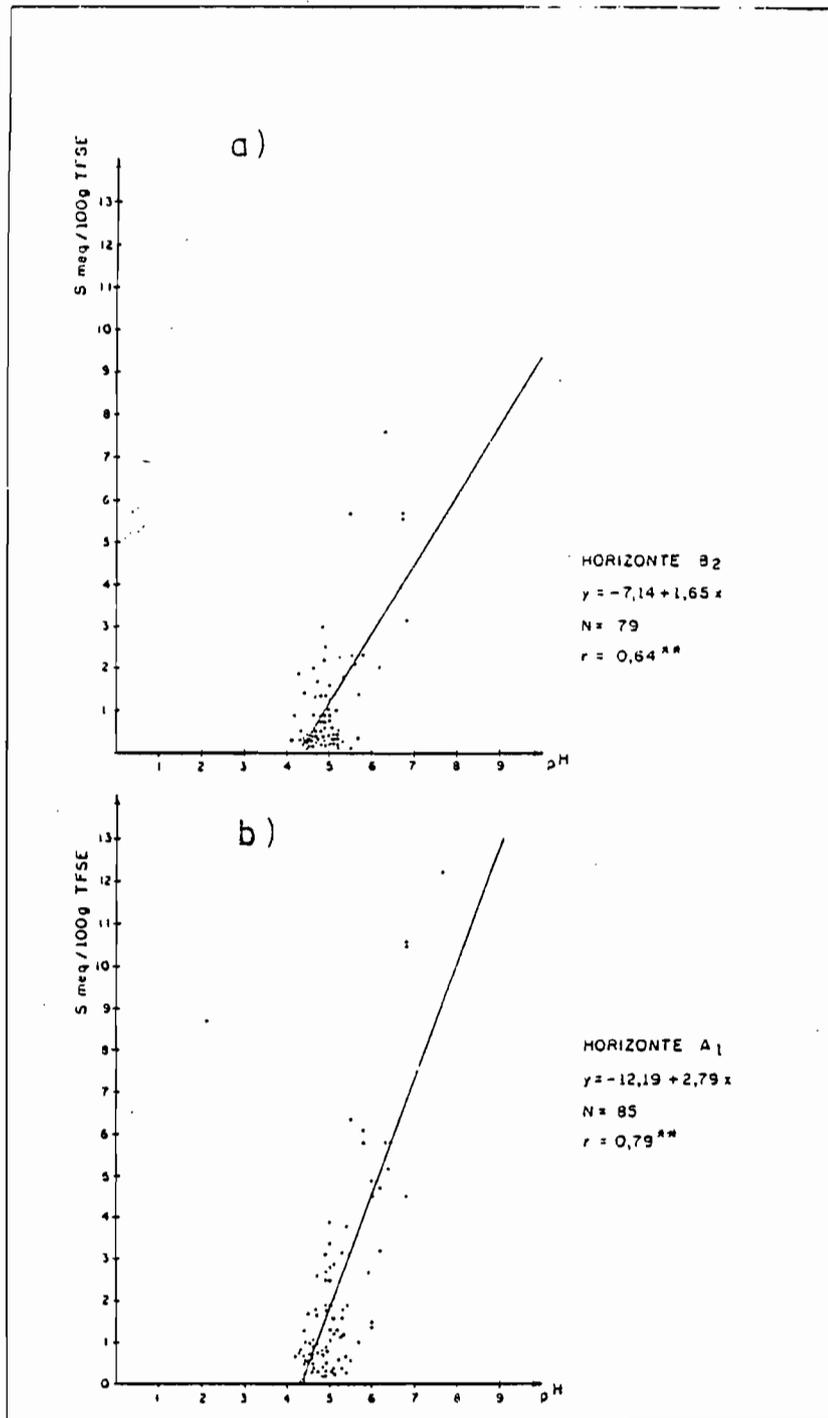


Figura 3 Relações entre o grau de saturação em bases V e o alumínio trocável no horizonte A<sub>1</sub> dos Latossolos do Nordeste.

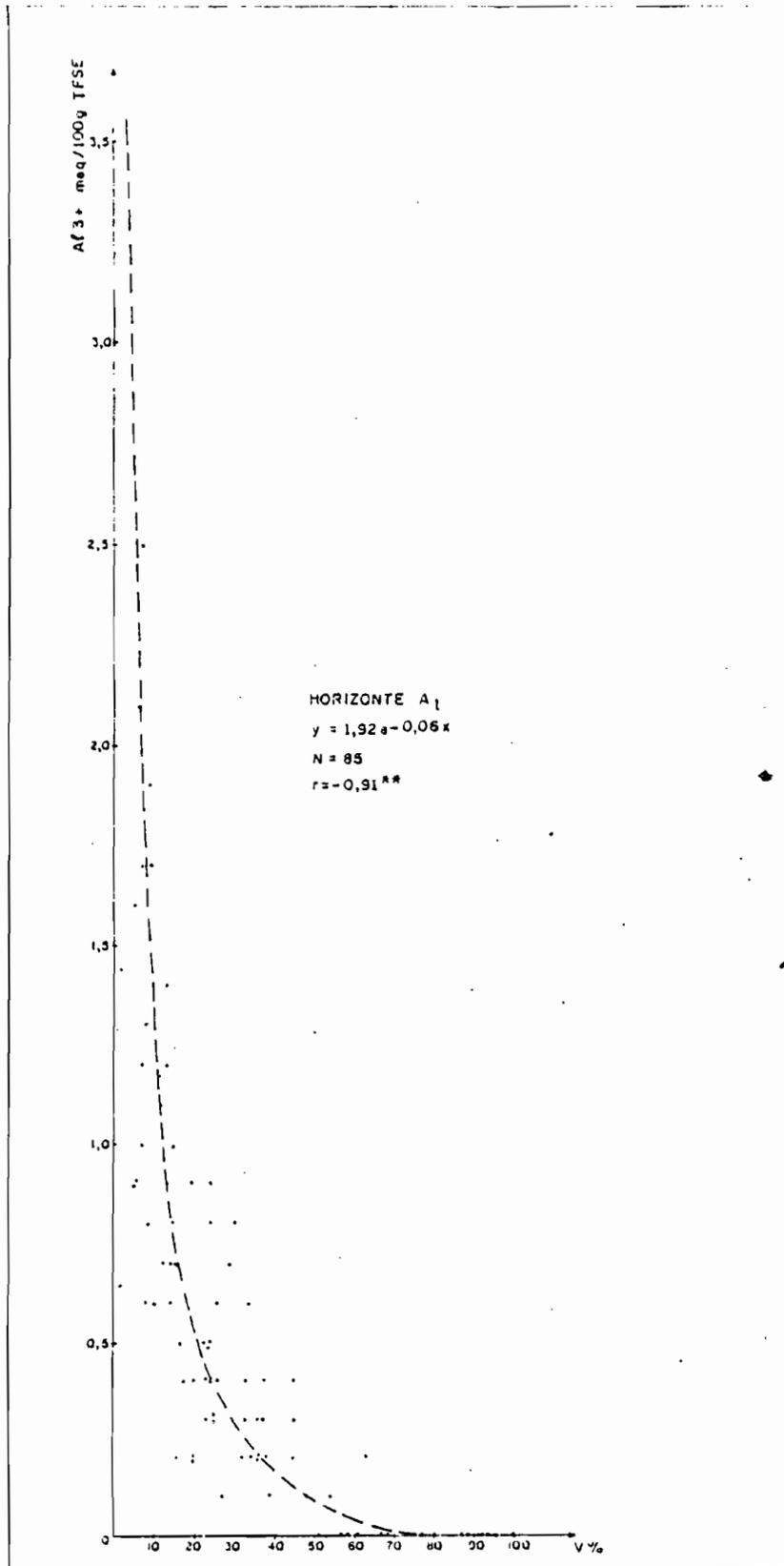


Figura 4 Relações entre o grau de saturação em bases V e o alumínio trocável no horizonte B<sub>2</sub> dos Latossolos do Nordeste.

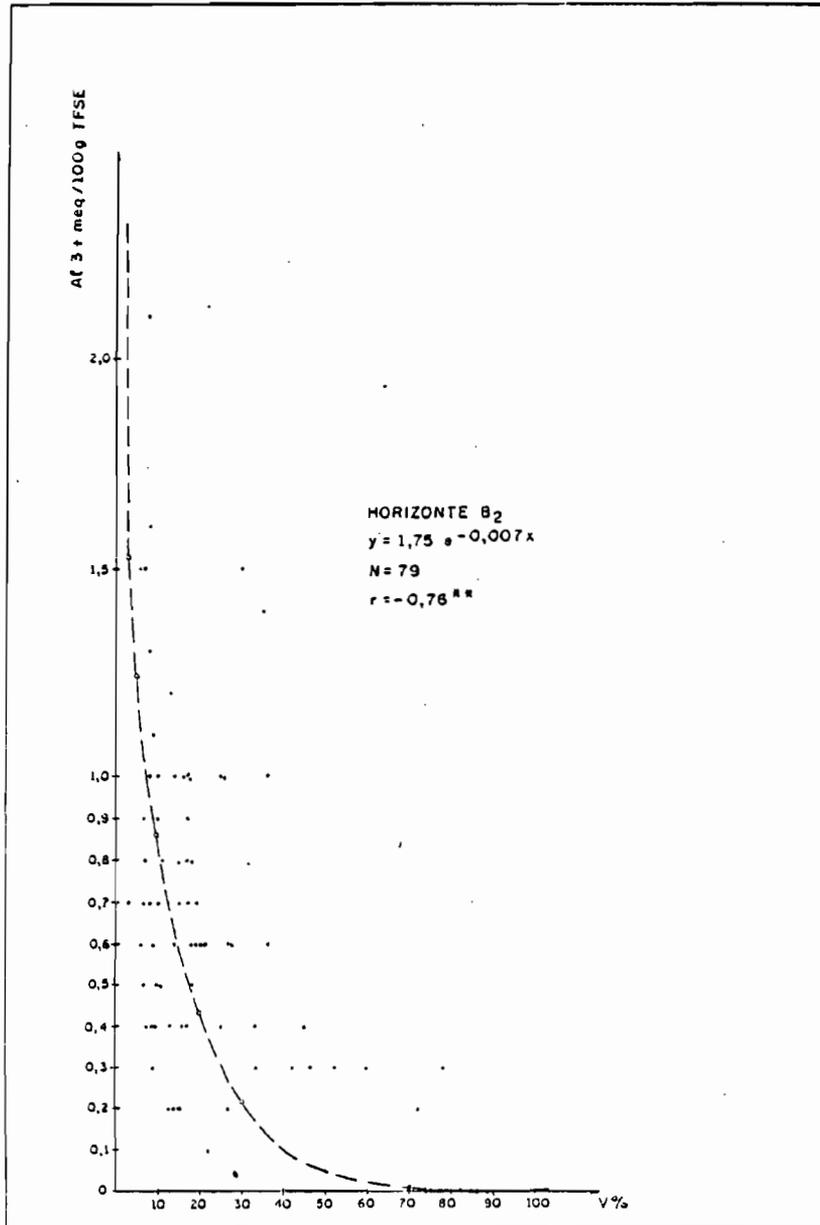
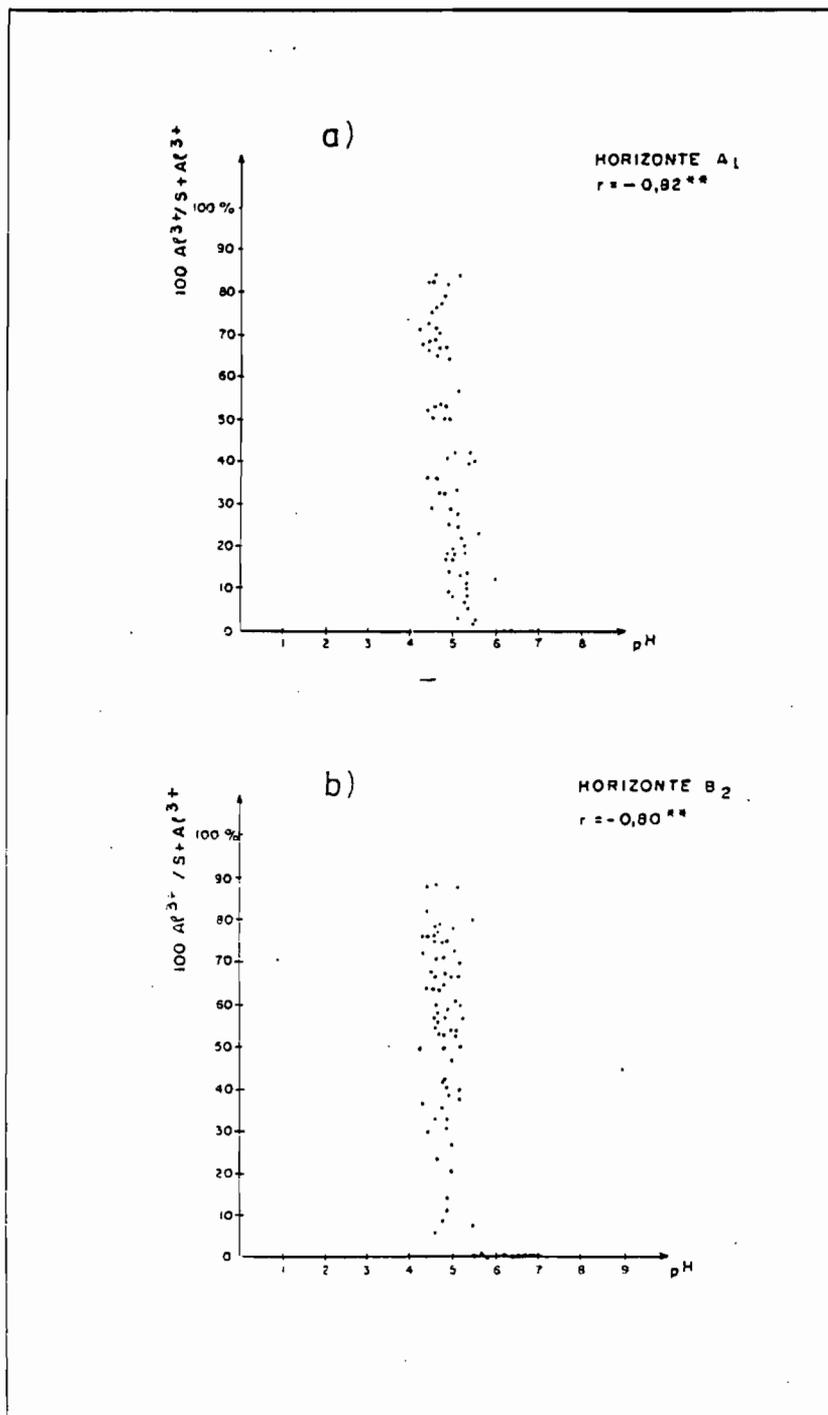


Figura 5 Relações entre pH e o grau de saturação em alumínio trocável dos Latossolos do Nordeste. a) nos horizontes  $A_1$ ; b) nos horizontes  $B_2$ .



BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ, PB  
INSTALAÇÕES E PRIMEIROS RESULTADOS

POR

E.CADIER<sup>1</sup>, B.J.FREITAS<sup>2</sup> e J.C.LEPRUN<sup>3</sup>

**RESUMO** — A finalidade dos estudos hidrológicos sobre bacias e parcelas experimentais é de quantificar as variações hidrológicas provocadas pelas diversas modificações do meio ambiente. Os estudos sobre a Bacia Experimental de Sumé têm como objetivo criar uma metodologia para medir escoamentos e erosões sobre microbacias e permitir assim quantificar as consequências do desmatamento da caatinga. Os resultados devem ser utilizados para o dimensionamento e a operação de pequenos perímetros de irrigação. Paralelamente, outros experimentos sobre as necessidades hídricas dos cultivos e a operação são desenvolvidas em colaboração com a UFPB (Campina Grande) e a equipe do Programa do Trópico Semi-Árido da SUDENE. Quatro microbacias e cinco parcelas foram instaladas. As suas características, equipamentos e roteiros de medição são aqui detalhados. Os resultados obtidos são muito promissores, pois permitem desde o primeiro ano uma quantificação das consequências do desmatamento. Estas consequências são consideráveis, pois, quando o solo está pouco ou medianamente saturado em água, o desmatamento aumenta de seis até vinte vezes o escoamento, e de dez até cem vezes a erosão.

DESCRIÇÃO

Localização

A Bacia Experimental de Sumé faz parte de uma bacia representativa mais ampla, de mesmo nome, escolhida numa zona com características físico-climáticas semelhantes a uma parte importante do sertão nordestino, onde o armazenamento da água de superfície, por açudagem, parece ser a solução para regularizar os recursos hídricos. Apresenta-se com solos rasos, subsolo derivado do embasamento cristalino, carente em lençóis freáticos importantes, vegetação de caatinga, clima seco semi-árido, relevo suave ondulado a ondulado, de conformidade com os critérios de determinação das zonas hidrológicas homogêneas de NOUVELOT (1974). A bacia situa-se na parte superior da bacia do Rio Paraíba (7°40'S, 37°00'W.Gn), a cerca de 15 km de Sumé (PB) na BR-412, ligando Sumé a Monteiro (fig. 1).

Clima

O clima é, segundo a classificação de GOSSEN, do tipo subdesértico quente de tendência tropical 2b, com seca de inverno de 9 a 11 meses e apresenta as características seguintes (figuras 2 e 3):

- 1 Hidrólogo do ORSTOM - Convênio SUDENE/ORSTOM
- 2 Hidrólogo da SUDENE
- 3 Pedólogo do ORSTOM - Convênio SUDENE/ORSTOM

8.10 - ANEXO 10

TRABALHO APRESENTADO NO 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA  
RECURSOS HÍDRICOS, Blumenau, SC, 1983.

BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ, PB  
INSTALAÇÕES E PRIMEIROS RESULTADOS

POR

E.CADIER<sup>1</sup>, B.J.FREITAS<sup>2</sup> e J.C.LEPRUN<sup>3</sup>

RESUMO -- A finalidade dos estudos hidrológicos sobre bacias e parcelas experimentais é de quantificar as variações hidrológicas provocadas pelas diversas modificações do meio ambiente. Os estudos sobre a Bacia Experimental de Sumé têm como objetivo criar uma metodologia para medir escoamentos e erosões sobre microbacias e permitir assim quantificar as consequências do desmatamento da caatinga. Os resultados devem ser utilizados para o dimensionamento e a operação de pequenos perímetros de irrigação. Paralelamente, outros experimentos sobre as necessidades hídricas dos cultivos e a operação são desenvolvidas em colaboração com a UFPB (Campina Grande) e a equipe do Programa do Trópico Semi-Árido da SUDENE. Quatro microbacias e cinco parcelas foram instaladas. As suas características, equipamentos e roteiros de medição são aqui detalhados. Os resultados obtidos são muito promissores, pois permitem desde o primeiro ano uma quantificação das consequências do desmatamento. Estas consequências são consideráveis, pois, quando o solo está pouco ou medianamente saturado em água, o desmatamento aumenta de seis até vinte vezes o escoamento, e de dez até cem vezes a erosão.

DESCRIÇÃO

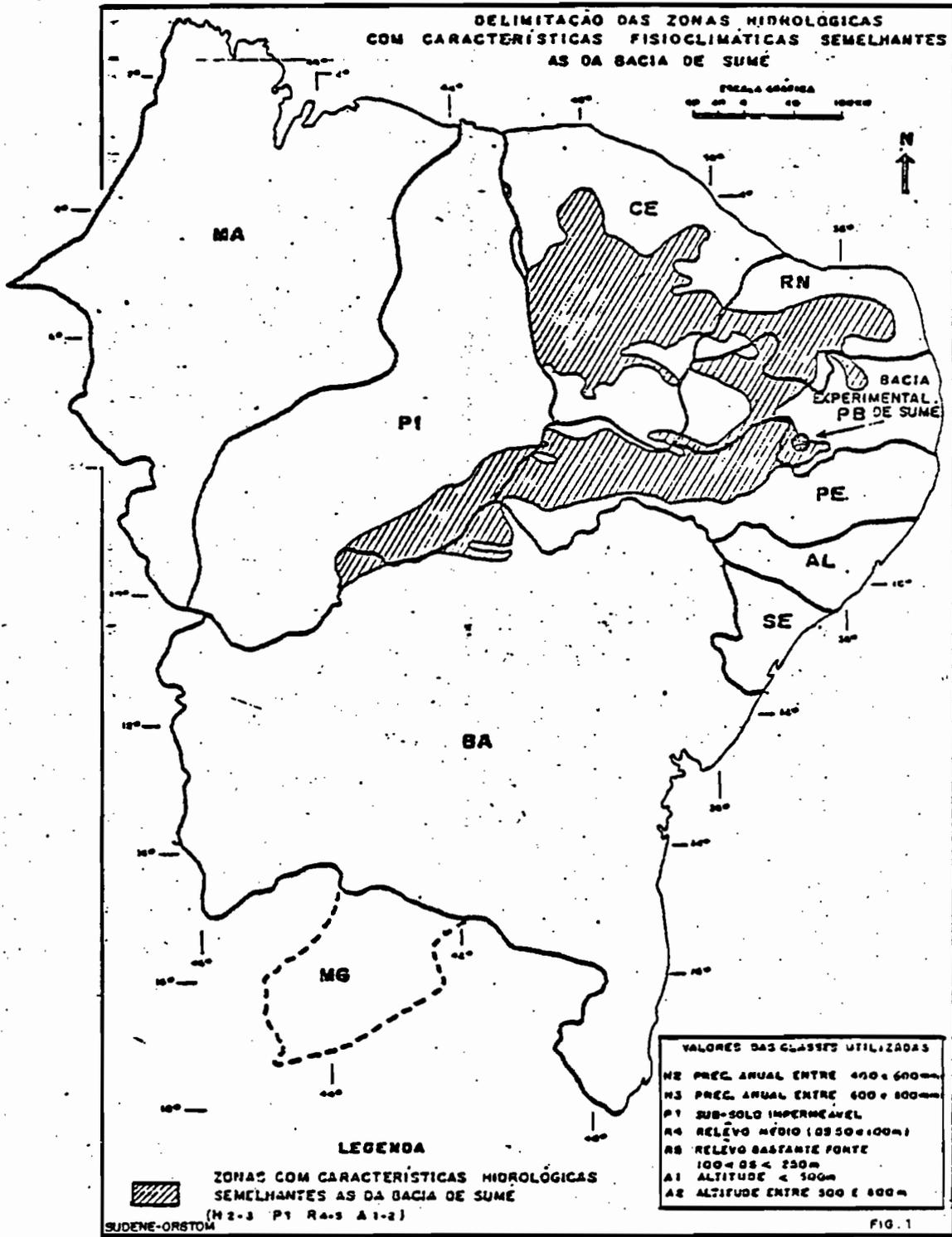
Localização

A Bacia Experimental de Sumé faz parte de uma bacia representativa mais ampla, de mesmo nome, escolhida numa zona com características físico-climáticas semelhantes a uma parte importante do sertão nordestino, onde o armazenamento da água de superfície, por açudagem, parece ser a solução para regularizar os recursos hídricos. Apresenta-se com solos rasos, subsolo derivado do embasamento cristalino, carente em lençóis freáticos importantes, vegetação de caatinga, clima seco semi-árido, relevo suave ondulado a ondulado, de conformidade com os critérios de determinação das zonas hidrológicas homogêneas de NOUVELOT (1974). A bacia situa-se na parte superior da bacia do Rio Paraíba (7°40'S, 37°00'W Gn), a cerca de 15 km de Sumé (PB) na BR-412, ligando Sumé a Monteiro (fig. 1).

Clima

O clima é, segundo a classificação de GOSSEN, do tipo subdesértico quente de tendência tropical 2b, com seca de inverno de 9 a 11 meses e apresenta as características seguintes (figuras 2 e 3):

- 1 Hidrólogo do ORSTOM - Convênio SUDENE/ORSTOM
- 2 Hidrólogo da SUDENE
- 3 Pedólogo do ORSTOM - Convênio SUDENE/ORSTOM



- Precipitação anual média de 590 mm, com variações interanuais importantes (decenal seca de 300 mm, decenal úmida de 900 mm) e desvio pluviométrico anual médio em relação à normal de cerca de 50%, isto é, um dos mais expressivos do mundo (NIMER, 1975).
- Precipitação em 24 h, ultrapassada 5 vezes por ano: 36 mm; uma vez por ano: 63 mm; uma vez cada 10 anos: 106 mm; uma vez cada 100 anos: 152 mm.
- Temperatura média anual de 24°C
- Insolação anual média de 2.800 horas.
- Evaporação anual média no tanque classe A: 2.900 mm.

Os dados de precipitação provêm do posto da cidade de Sumê; os demais do posto de Ouro Velho.

### Geologia

O subsolo pertence ao embasamento cristalino pré-cambriano impermeável, localmente fissurado, representado principalmente por gnaisses, quartzitos e xistos.

### Pedologia

Mais de 85% da superfície da bacia são constituídos de solos Bruno Não Cálculos Vérticos muito representativos da zona semi-árida; os demais 15% são compostos de manchas de solos Bruno Não Cálculos modais associados a raros Vertissolos. São todos solos com permeabilidade lenta a moderada com cerca de 26 mm/h pelo método de MÜNTZ (LEPRUN, ASSUNÇÃO e CADIER, 1983).

### Relevo

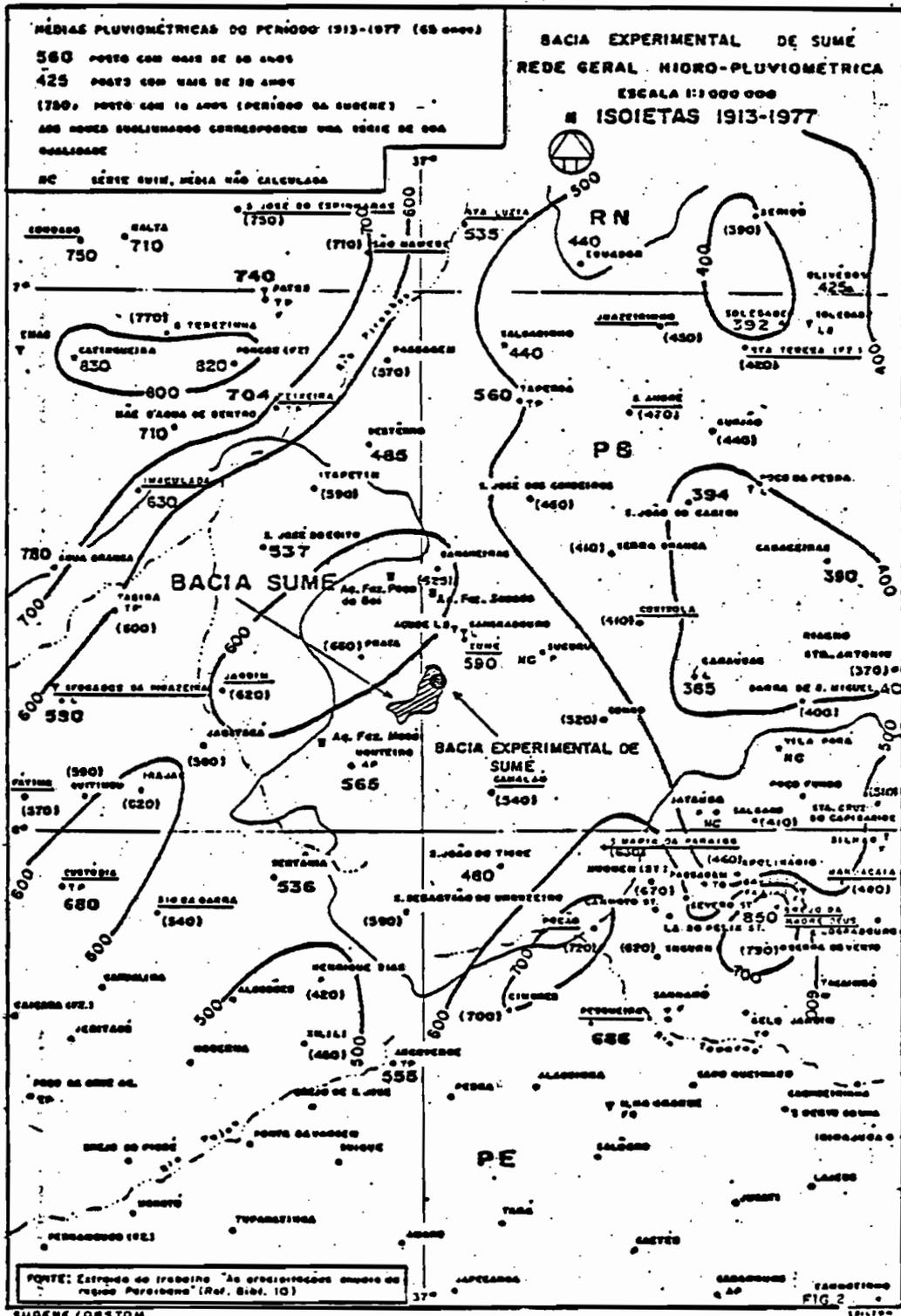
O relevo é pouco ondulado a ondulado, com declividade das vertentes variando entre 4 e 9%.

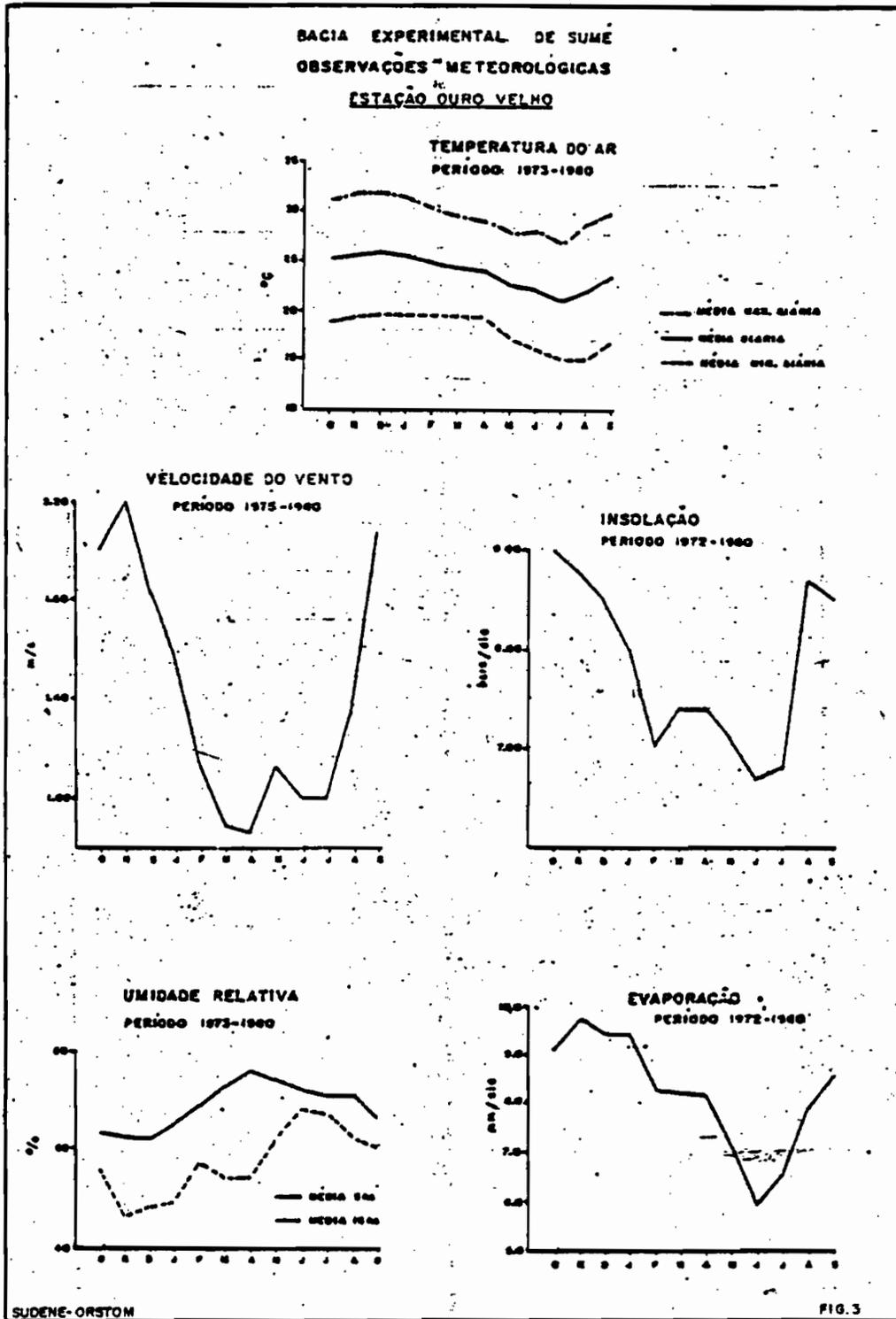
### Vegetação

O recobrimento vegetal é de dois tipos: a "caatinga" nativa densa hiperxerófila arbustiva e arbórea, e um pouso de dois anos.

## HISTÓRICO

A Bacia Representativa de Sumê, de 137,4 km<sup>2</sup>, foi instalada em 1971 e estudada durante 8 anos (1972-1980) do ponto de vista pluviométrico e fluviométrico (CADIER e FREITAS, 1982). Ela é constituída por 3 sub-bacias, dentre as quais a de Umburana, de 10,7 km<sup>2</sup>, onde foi delimitada a bacia experimental. Essa bacia experimental funciona desde 1982 (BRASIL.SUDENE, 1982) e já tem um ano de dados disponíveis. Os experimentos foram localizados na Fazenda Nova, a montante do açude do mesmo nome, com boas condições de acessibilidade, numa zona parcialmente desmatada que foi cultivada em contorno com tomates no início de 1980 e depois abandonada. Existe no município de Sumê um Núcleo do projeto Sertanejo, vários açudes particulares e um açude público com 45 milhões de m<sup>3</sup> de capacidade, operado pelo Departamento Nacional de Obras contra a Seca (DNOCS) que abastece um ativo perímetro de irrigação. Nessa área, Técnicos da UFPB, sediados em Campina Grande, desenvolvem com o





apoio da equipe técnica do Programa do Trópico Semi-Árido (T.S.A.) da SUDENE, com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em algumas propriedades beneficiárias do Projeto SERTANEJO, projetos de experimentação e de difusão de tecnologia em pequena irrigação.

### INSTRUMENTAÇÃO

O equipamento foi instalado em cada uma das microbacias e parcelas para permitir coletar e medir o escoamento e a erosão, provocados por cada chuva. Esses equipamentos foram concebidos para funcionar sem intervenção direta dos operadores durante os escoamentos. As medições são realizadas logo depois de cada cheia, o que implica na localização permanente de um técnico no campo durante a estação de chuvas.

Na zona de experimentação hidrológica, instalou-se o dispositivo seguinte (figura 4):

- Quatro microbacias quase idênticas:
  - duas microbacias instaladas na caatinga - superfície entre 0,6 e 0,8 ha; declividade média de 7%;
  - duas outras desmatadas, com um pousio de 2 anos, num antigo cultivo de tomate com sulcos em contorno - superfície entre 0,48 e 1,07 ha; declividade média de 7%.
- Cinco parcelas do tipo WISCHMEIER (WISCHMEIER, 1960) de 100 m<sup>2</sup> com 22,1 m de comprimento e 4,5 m de largura:
  - duas com uma declividade em torno de 4%, uma sem vegetação, preparada de acordo com as normas de WISCHMEIER e SMITH (1978) e mantida continuamente descoberta e preparada com faixa reta arada no sentido do declive. É preconizada uma aração cada vez que houver novos rebentos de vegetação ou quando a camada superficial formada necessitar disso. A outra, em pousio de 2 anos;
  - duas com uma declividade em torno de 7%. Uma preparada de acordo com as normas de WISCHMEIER, e a outra em pousio de 2 anos;
  - uma com declividade em torno de 9%, que corresponde à declividade da parcela padrão de WISCHMEIER, instalada na caatinga nativa.

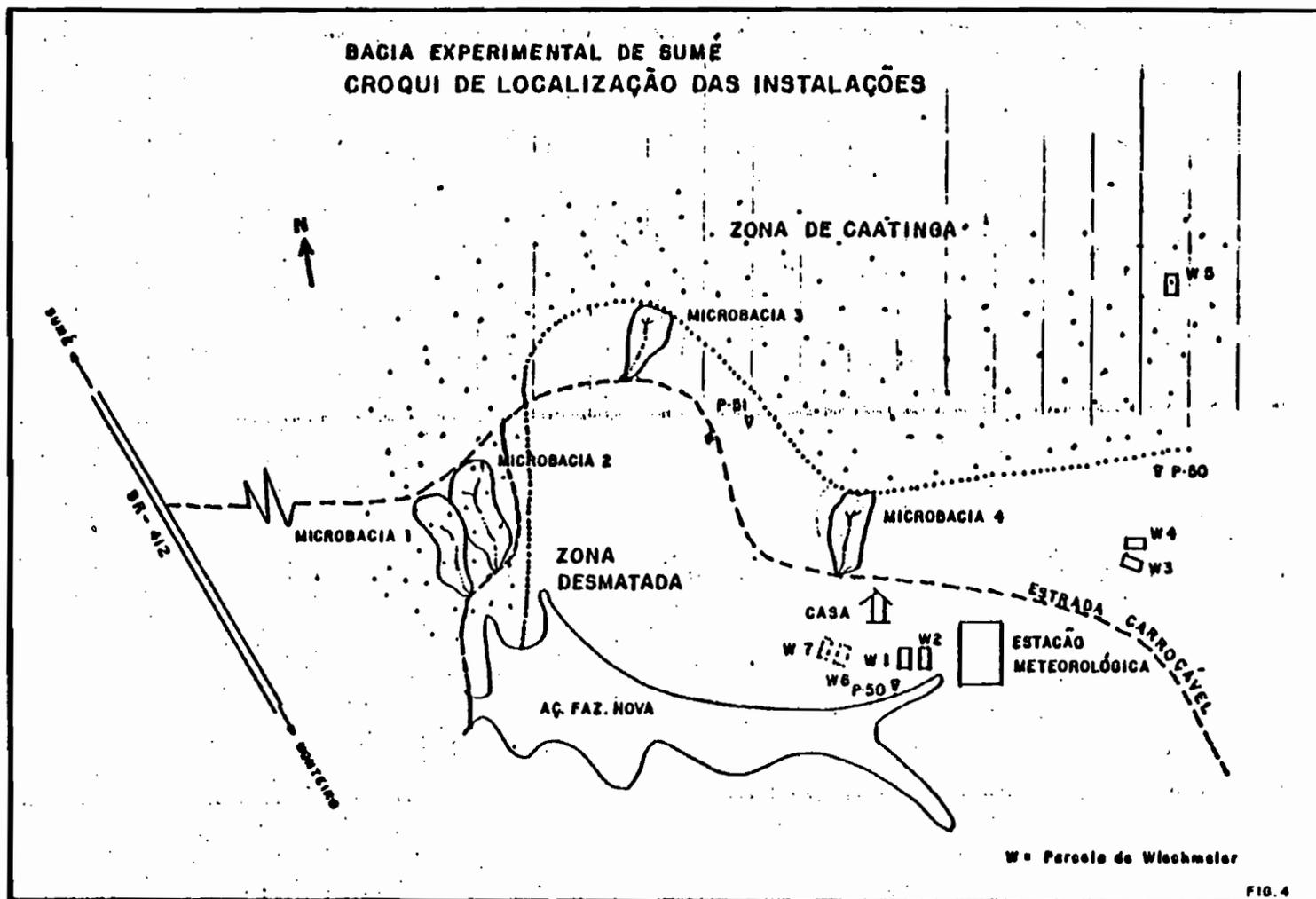
Foram instalados também pluviômetros, pluviógrafos e uma estação meteorológica.

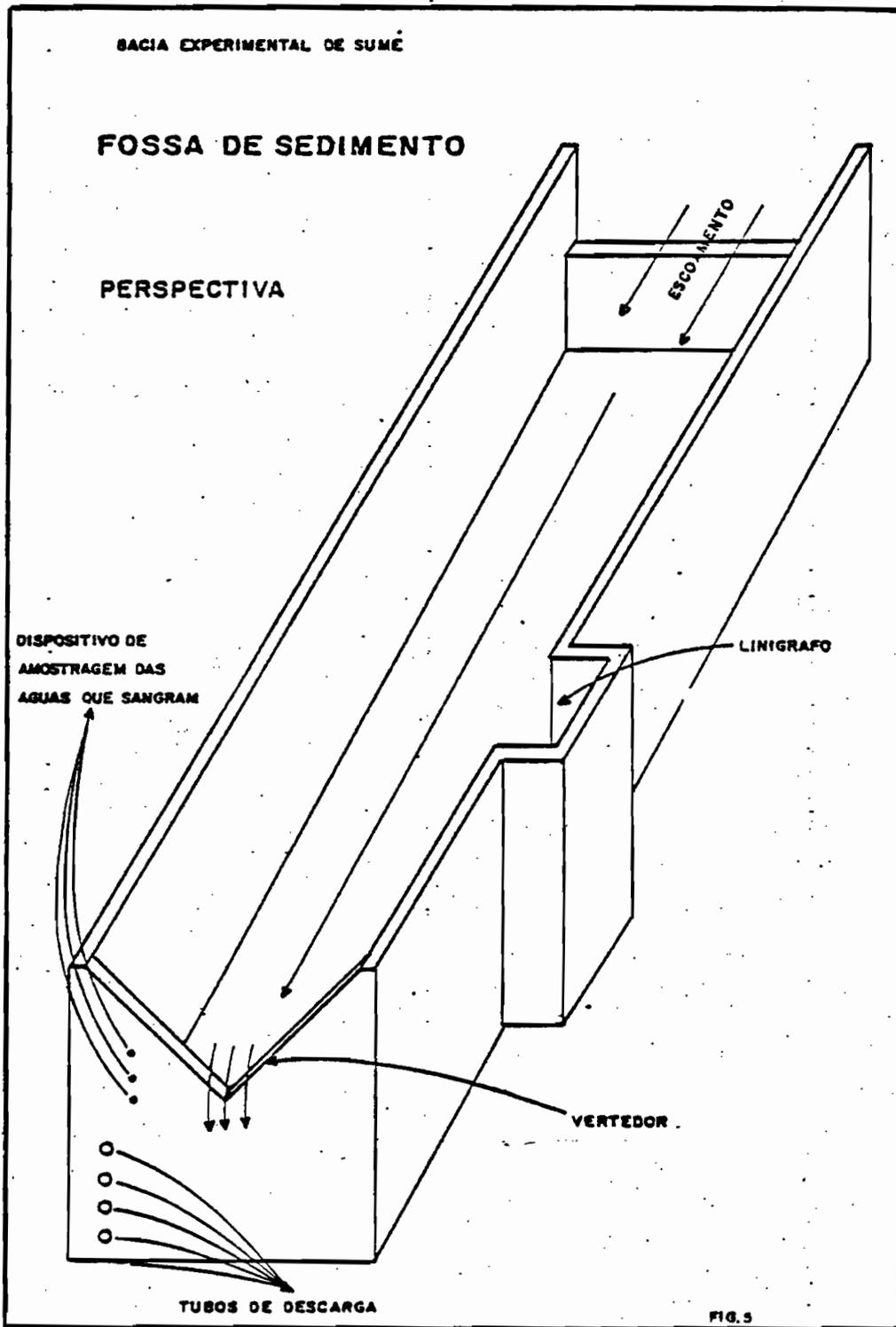
Assim, poder-se-á comparar os escoamentos e a erosão das diversas superfícies coletoras estudadas e avaliar ao mesmo tempo, o efeito da escala nas medições, bem como a influência da cobertura vegetal e do preparo do solo.

#### Equipamento das microbacias

As quatro microbacias foram equipadas com fossas de sedimentação e linígrafos. As fossas, de forma retangular, têm 2.300 l de capacidade, um vertedor triangular de soleira delgada de 90° de abertura, completados por um linígrafo e um dispositivo de amostragem das águas que sangram (figura 5). O volume escoado é calculado somando-se o volume colhido na fossa com o eventual volume sangrado. O vertedor foi dimensionado para uma vazão máxima de 270 l/s, correspondendo a uma descarga provocada por uma chuva com intensidade de 100 mm/h que escoasse em sua totalidade sobre uma superfície de 1 ha com uma velocidade média de 0,2 a 0,3 m/s no canal da fossa. Este modelo de fossa pode ser utilizado razoavelmente no Nordeste semi-árido, para microba-

BAGIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ  
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES





cias não superior a 4 ha.

#### Equipamento das parcelas

O equipamento é constituído por 2 tanques de 1.000 l de capacidade tipo "Eternit" incluindo um partidor das descargas que transbordam (figura 6). Assim, 11,1% dos volumes que transbordam do primeiro tanque são colhidos num segundo tanque de 1.000 l. Os dois tanques têm capacidade para receber um escoamento máximo de 10 m<sup>3</sup>, que corresponde a uma lâmina de 100 mm em cada parcela. Ressalte-se que a calibragem do partidor é realizada detalhadamente, devendo-se verificar frequentemente os tubos do partidor, para que os mesmos permaneçam livres de obstrução.

### ESTUDOS REALIZADOS E DADOS COLETADOS

#### Pluviometria e fluviometria para avaliação dos períodos de retorno

O pluviômetro e o pluviógrafo localizados ao lado das parcelas 1 e 2, permitem medir as chuvas precipitadas nos experimentos (figura 4). As chuvas diárias precipitadas neste posto e os totais mensais registrados nos outros pluviômetros da Bacia Hidrográfica Representativa de Sumé, assim como as isoietas do ano hidrológico 1981-82, estão apresentadas no relatório de campanhas 1973-1980 (CADIER e FREITAS, 1982). Examinando este material pode-se observar:

- A distribuição espacial dos totais anuais foi extremamente irregular neste ano, pois variaram entre 200 e 600 mm. (Frequência de ultrapassagem variando entre 0,98 e 0,50, com menos de 20 km de distância).
- Na sub-bacia de Umburana e na Bacia Experimental foi observado um total anual de 340 mm, que corresponde a uma frequência de ultrapassagem entre 0,85 e 0,90 (ano seco de período de retorno entre 7 e 10 anos).
- Apesar dos baixos totais anuais e mensais registrados, observou-se no pluviômetro das parcelas, três chuvas de total superior a 30 mm (quadro 1).

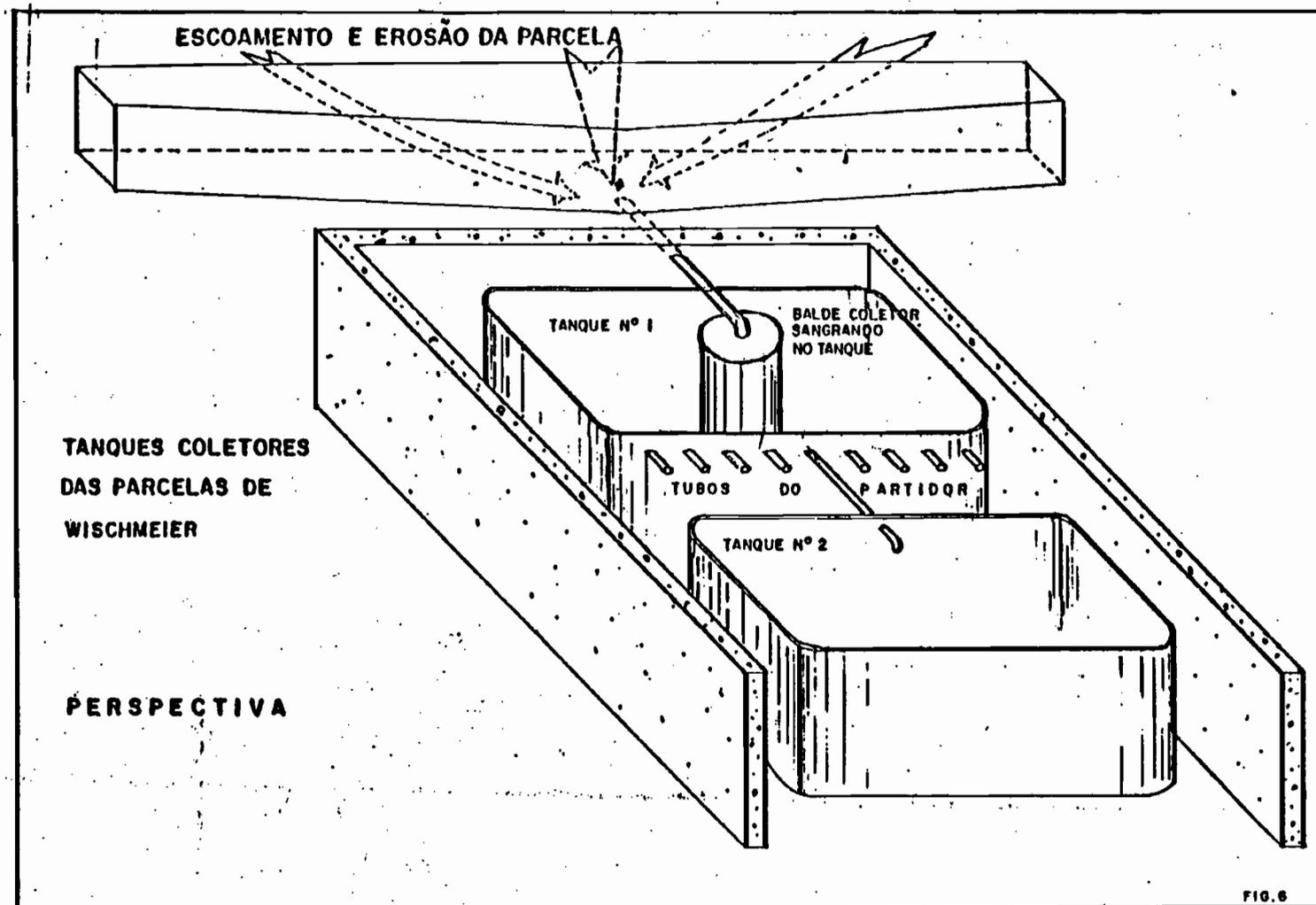
Quadro 1 - Maiores chuvas observadas

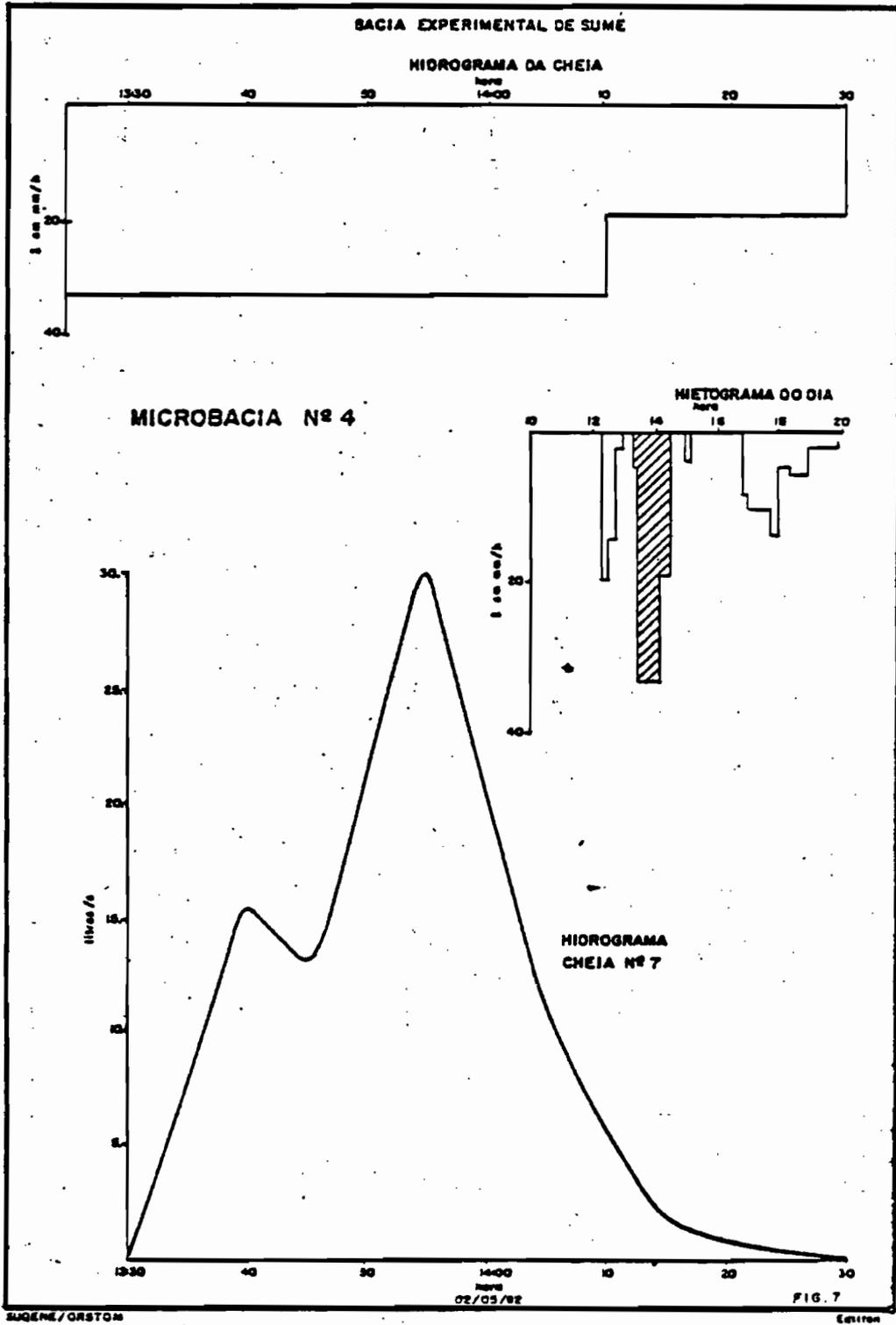
Data	Chuva (mm)	IH (1) 0,90 (mm)	IH (1) 0,95 (mm)	Condições de saturação hídrica do solo
16/04	40,6	3,0	8,5	Solo seco
24/04	31,6	19	32	Saturação fraca do solo
03/05	70,2	46	75	Saturação mediana do solo

(1) IH = Índice de Umidade dos solos (mm), utilizado comumente nas bacias hidrográficas representativas ( $IH_i = K(IH_{i-1} + P_{i-1})$ ).

A chuva registrada em 03/05/82 com 70,2 mm corresponde a um valor de ultrapassagem aproximadamente de uma vez cada dois anos. Esta chuva ocorreu com condições prévias de saturação mediana do solo (IH = 46). A cheia correspondente deveria então ter um período de retorno superior a um ano (figura 7).

Uma confirmação indireta desses períodos de retorno pode ser obtida com os registros do posto pluviométrico de Umburana (10,7 km<sup>2</sup>) e os volumes co-





lhidos pelo açudé Fazenda Nova (12,4 km<sup>2</sup>, com uma superfície ativa de 9,14 km<sup>2</sup>) (quadro 2). Os escoamentos observados nesses postos permitem avaliar a importância dos deflúvios observados neste ano, pois essas duas bacias próximas ao local da experimentação são também, na sua maior parte, cobertas por solos semelhantes aos solos testados. Não foi observado nenhum escoamento importante nestes postos antes do dia 3 de maio de 1982.

Quadro 2 - Escoamentos observados no dia 3 de maio de 1982.

Bacia	Superfície (km <sup>2</sup> )	Lâminas escoadas (mm)	Chuva média (mm)	IH 0,9 (mm)	IH 0,95 (mm)
UMBURANA	10,7	8,8	66,3	45	70
Aç. FAZ. NOVA	9,14	9,4	(80)	(45)	(73)

No posto de Umburana o volume da cheia do dia 03/05/82 é o quarto maior observado em seis anos desde 1977.

A chuva que originou esta cheia é bastante heterogênea pois varia entre 39 e 85 mm na bacia de Umburana. A distribuição das suas intensidades é complexa e observam-se vários picos de intensidade e de deflúvio.

Os registros pluviográficos coletados foram incluídos nos arquivos do Banco de Dados Hidrometeorológicos da SUDENE, prevendo-se realizar uma análise mais apurada da relação existente entre as intensidades das chuvas e os deflúvios e perdas em terra.

#### Escoamento e erosão

As características físico-morfológicas seguintes foram determinadas nas microbacias e parcelas (quadros 3 e 4).

Quadro 3 - Características das microbacias.

Micro-bacia	Área (ha)	Perímetro (m)	Índice de compactidade de	Declividade de média (%)	Cobertura vegetal
1	0,62	398	1,4	7,0	Caatinga nativa
2	1,07	466	1,3	6,1	Caatinga nativa
3	0,52	302	1,2	7,1	Pousio: desmatada cultivada em contorno
4	0,48	270	1,1	6,8	Desmatada cultivada em contorno

Quadro 4 - Características das parcelas

Parcelas	Declividade	Cobertura vegetal e estado da superfície
1	3,8 %	Desmatada e preparada de acordo com as normas de WISCHMEIER
2	3,9 %	Desmatada - cultivada em contorno
3	7,2 %	Desmatada - cultivada em contorno
4	7,0 %	Desmatada e preparada de acordo com as normas de WISCHMEIER
5	9,5	Caatinga nativa

O volume de sedimento transportado para as fossas das microbacias foi calculado somando-se a quantidade de sedimento retida na fossa (em suspensão e depositada no fundo) com o volume de sedimento, que foi eventualmente levado pela água de sangria. As amostras de água carregadas de sedimentos são coletadas da seguinte maneira:

- Determinação do peso de sedimento contido na amostra por um processo de reconcentração por floculação com Sulfato de Alumínio, seguida de eliminação da água por evaporação em estufa e pesagem do resíduo-seco.
- Obtenção do total do sedimento contido no volume total da água amostrada, multiplicando-se seu volume pela concentração da amostra.

Os volumes d'água e os sedimentos escoados das parcelas foram calculados somando-se o conteúdo do primeiro tanque com 9 vezes o conteúdo do segundo. O processo de amostragem do material sólido é igual ao das microbacias.

### RESULTADOS OBTIDOS

O quadro 5 apresenta os resultados obtidos em cada microbacia e parcela para cada chuva que provocou um escoamento em, pelo menos, um dos experimentos, e o quadro 6 os totais mensais e anuais dos escoamentos e das perdas em terra.

Apesar do curto período de observação e do pequeno número de cheias registradas devido ao ano de baixa pluviosidade - quase 50% do total anual precipitado foi concentrado em apenas três chuvas - já foram evidenciados resultados interessantes. As figuras 8 e 9 estabelecidas com os dados dos quadros 5 e 6 permitem conferir a homogeneidade dos comportamentos das instalações e comparar entre si os resultados com experimentos similares. Podemos notar sucessivamente:

- O Papel da declividade - Comparando-se as parcelas 1 e 4, ambas preparadas segundo as normas de WISCHMEIER, verifica-se que elas diferem entre si unicamente pela declividade; a parcela 4, de declividade maior, parece ter escoamento ligeiramente superior. As erosões observadas na parcela 4 são nitidamente superiores. Comparando-se as parcelas 2 e 3, ambas instaladas em área anteriormente cultivada em contorno, e ora em pousio, diferem entre si apenas pela declividade; a parcela 3, de declividade maior, tem escoamento e erosão nitidamente superiores.
- O papel do preparo do solo e da cobertura vegetal - Comparando-se as parcelas 1 e 2, de mesma declividade, observam-se na parcela 1 (WISCHMEIER) escoamentos e erosões bem superiores aos da parcela 2. Comparando-se as parcelas 3 e 4 de mesma declividade, a parcela 4, preparada segundo WISCHMEIER parece ter um escoamento e uma erosão ligeiramente superiores aos da parcela 3.
- Nas microbacias 1 e 2 com caatinga, não foram observados escoamentos suficientes para evidenciar diferenças de comportamento entre elas.
- Nas microbacias desmatadas, comparando-se as microbacias 3 e 4, ambas desmatadas e cultivadas em contorno, constata-se que a microbacia 3 produz escoamentos e erosões superiores em 20 a 30% aos da microbacia 4.

Esses resultados comprovam a influência preponderante dos fatores C (co-

QUADRO 5 - RECOAMENTOS E EROSÕES OBSERVADAS POR CRIEIAS

Sociedade Representativa de RUMÉ

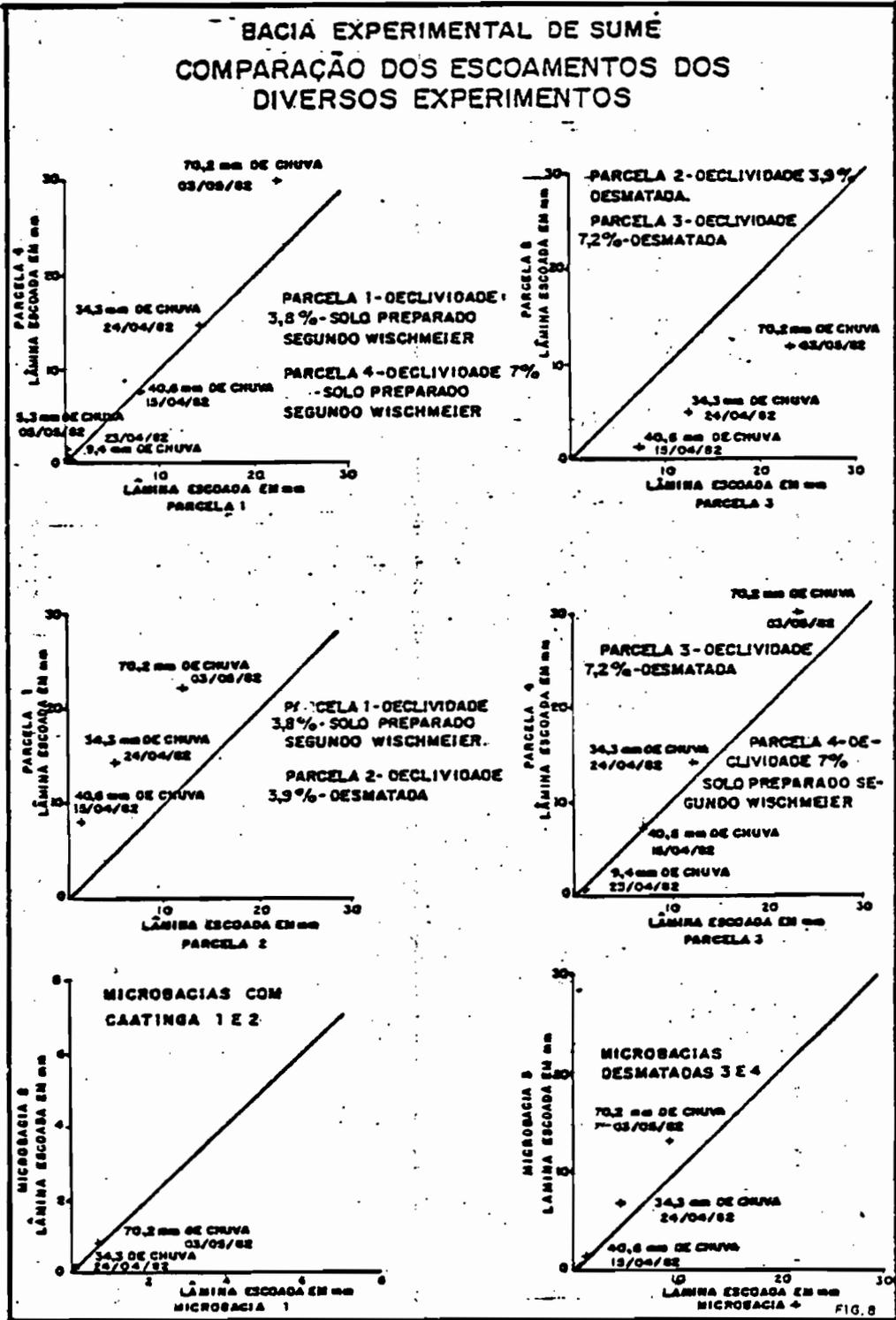
CRIEIA	DATA	CURVA mm	LÂMINA ESCOADA (mm)										SEDIMENTO (kg/ha)										ÍNDICE DE UNIDADE	
			PARCELAS					MICROBACIAS					PARCELAS					MICROBACIAS					090	095
			01	02	03	04	05	01	02	03	04	01	02	03	04	05	01	02	03	04				
01	31/03/82	16,7	0,095	0,055	1,57	0,090	0,050	0,0006	0,0056	0,0176	0,0479	3,4	1,7	81,1	3,1	0,6	0,001	0,04	0,23	1,59	0,3	3,5		
02	15/04/82	40,6	8,11	1,29	7,30	7,76	1,60	0,0379	0,0039	1,09	1,08	577	79	649	904	10	1,38	0,05	21,3	29,2	3,5	9,3		
03	23/04/82	9,4	0,420	0,020	1,13	0,93	0,07	-	0,0026	0,020	0,040	16,8	0,2	204	127	0,3	-	0,01	1,4	1,59	20,6	35,1		
04	24/04/82	34,3	14,4	4,91	12,4	14,6	1,57	0,0621	0,0145	6,64	4,44	574	201	1203	2042	19	1,17	0,14	299	238	30,0	44,5		
05	25/04/82	5,4	0,255	0,050	0,160	0,110	-	-	-	0,0067	0,0080	2,3	1,5	1,8	0,6	-	-	-	0,08	0,25	57,9	74,9		
06	02/05/82	11,4	0,120	0,030	0,170	0,170	-	0,0027	0,0037	0,0095	0,0100	0,1	0,4	4,2	10,9	-	-	-	0,09	0,10	32,6	59,1		
07	03/05/82	70,2	22,4	12,1	23,2	30,3	4,06	0,729	0,791	12,9	0,22	164	100	1304	1391	24	6,2	4,6	114	87,8	39,6	67,0		
08	05/05/82	5,3	0,130	0,175	0,650	1,39	0,0025	0,0064	-	0,109	0,0693	16,2	98,9	381	485	0,08	0,14	-	4,56	3,90	80,1	117,6		
09	07/05/82	3,1	-	0,0080	0,0340	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,20	-	-	-	-	-	-	69,2	110,9		
10	09/05/82	6,0	0,010	0,010	0,0202	-	-	-	-	0,006	0,003	0,2	2,2	15,7	-	-	-	-	0,028	0,026	-	-		
11	10/05/82	2,6	-	0,025	0,150	-	-	-	-	0,002	0,006	-	0,8	1,7	-	-	-	-	0,021	0,128	-	-		
12	12/05/82	8,7	0,010	0,150	0,980	0,170	0,030	-	-	0,175	0,076	2,4	8,0	71,4	13,0	0,4	-	-	8,02	3,28	-	-		

241

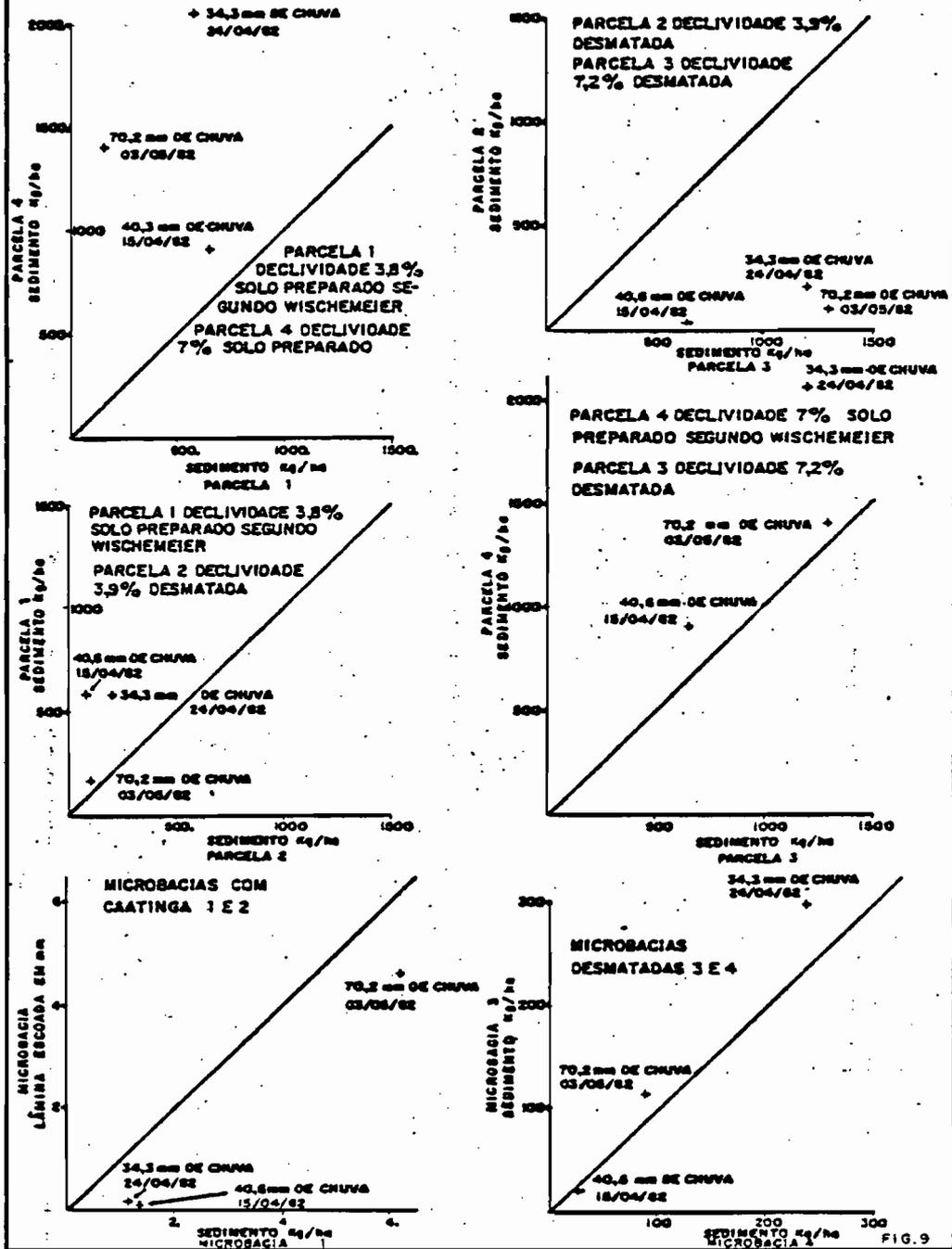
QUADRO 6 - TOTAIS MENSAIS E ANUAL DOS RECOAMENTOS E EROSÕES OBSERVADAS

	CURVA mm	LÂMINA ESCOADA (mm)										SEDIMENTO (kg/ha)										
		PARCELAS					MICROBACIAS					PARCELAS					MICROBACIAS					
		01	02	03	04	05	01	02	03	04	01	02	03	04	05	01	02	03	04			
TOTAL	MARÇO	16,7	0,095	0,055	1,57	0,090	0,050	0,0006	0,0056	0,0176	0,0479	3,4	1,7	81,1	3,1	0,6	0,001	0,04	0,23	1,59		
	ABRIL	89,7	23,2	6,27	21,0	23,4	3,24	0,10	0,021	7,76	5,57	1170	282	2060	3070	29,3	2,55	0,300	322	269		
	MAYO	105,6	22,7	12,4	25,2	32,0	4,1	0,74	0,79	13,2	9,4	183	210	1778	1900	24,5	6,34	4,6	127	95		
	1982	212,0	46,0	19,0	48,0	56,0	7,0	0,84	0,82	21,0	15,0	1355	495	3920	4975	55	9	5	450	366		

### BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ COMPARAÇÃO DOS ESCOAMENTOS DOS DIVERSOS EXPERIMENTOS



### BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ COMPARAÇÃO DA EROSIÃO NOS DIVERSOS EXPERIMENTOS



SUDENE/ORSTOM

FIG. 9

bertura vegetal) e S (declividade) de WISCHMEIER sobre as perdas em solo e água no Nordeste (LEPRUN, 1981).

Todas essas comparações permitem avaliar também a homogeneidade dos experimentos e melhorar assim a confiabilidade dos resultados. Geralmente, essas comparações demonstram um comportamento coerente dos experimentos: uma declividade maior ou o desmatamento, aumentam o escoamento e a erosão, e estes são mais acentuados nas parcelas que nas microbacias.

Entretanto, a influência da preparação do solo segundo normas de WISCHMEIER não foi claramente evidenciada pois esta preparação aumenta fortemente o escoamento e a erosão nas parcelas com declividade de 4%, enquanto que não parece ter uma influência tão grande nas parcelas com 7%. Esta anomalia poderia ser provocada por pequenas heterogeneidades entre as parcelas. Da mesma forma a microbacia desmatada 3, gera escoamentos e erosões superiores aos da 4.

A figura 10 permite comparar a média dos escoamentos observados nas microbacias com caatinga, à média dos escoamentos observados no mesmo dia nas microbacias desmatadas, e isso para cada uma das chuvas que provocou escoamento; a mesma coisa foi feita para as parcelas. Esta figura demonstra o acréscimo considerável de escoamento provocado pelo desmatamento, superando sempre uma relação de 6 vezes a mais, para as principais cheias observadas neste ano.

#### ESTUDOS A SEREM REALIZADOS

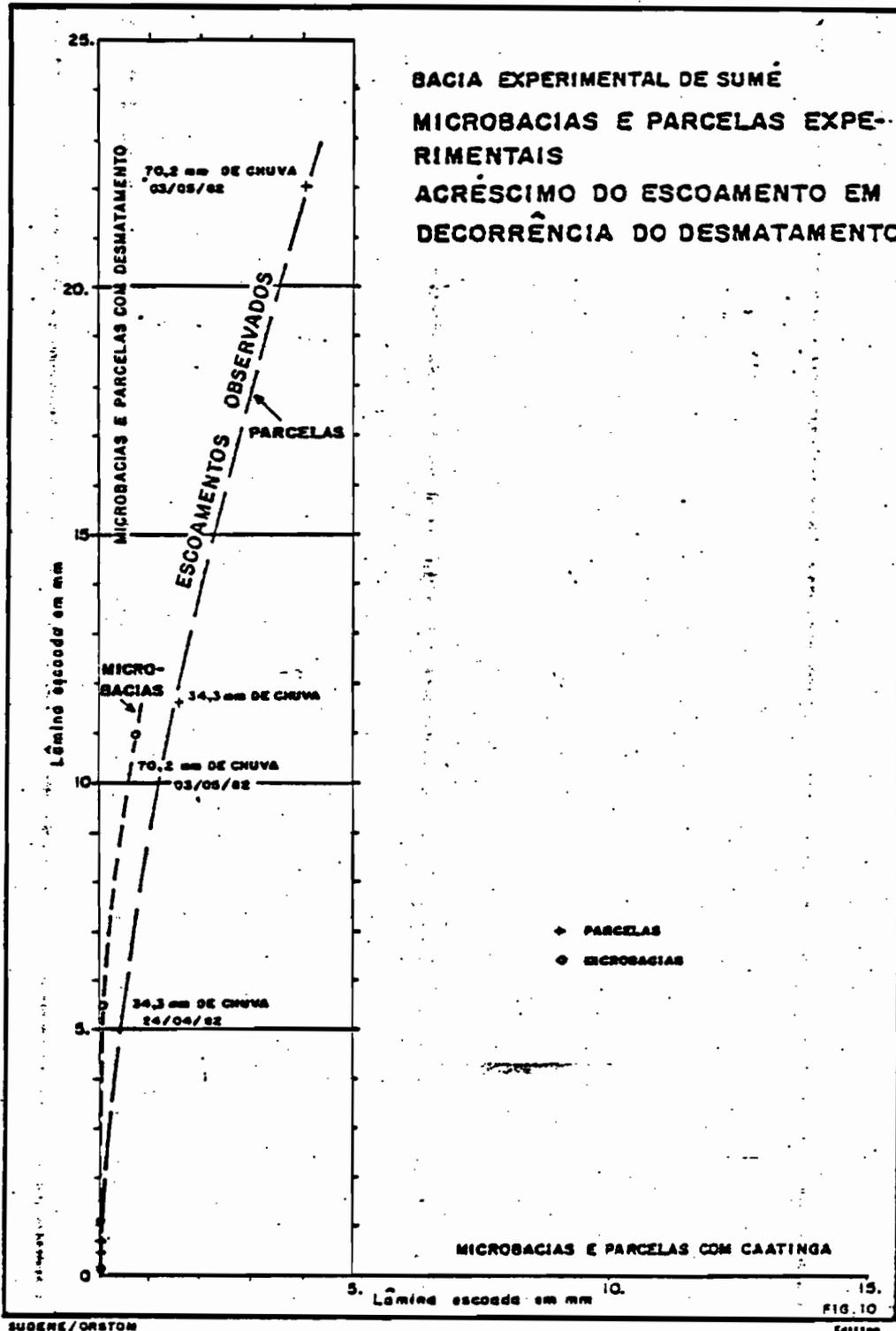
Os resultados colhidos são pouco numerosos, pois só foram observadas três cheias importantes. As campanhas de medições futuras deverão normalmente permitir corrigir esta lacuna. Por isso, deve ficar claramente entendido que os resultados aqui apresentados, apesar da sua importância, são parciais e provisórios. Da mesma forma seria muito prematuro tentar realizar, agora, uma interpretação generalizada.

Os resultados obtidos constituem apenas o produto do primeiro ano de observação. Apesar da nitidez dos fenômenos evidenciados, é imperativo complementar, nos próximos anos, a pequena amostra de cheias já observadas. Isso permitirá uma análise estatística mais confiável e um melhor conhecimento do comportamento dos diversos experimentos com maiores saturações hídricas dos solos.

É claro que esses resultados só podem ser utilizados no sertão com clima semi-árido. Os solos Bruno Não Cálcicos estudados cobrem aproximadamente 10% do Polígono das Secas, mas representam a grande maioria dos solos de baixa permeabilidade desenvolvidos sobre formações geológicas carentes de aquíferos importantes. Nestas zonas, a captação e o armazenamento das águas de superfície devem ser estudados com prioridade por razão dos coeficientes de escoamento elevados, da impermeabilidade dos reservatórios e da escassez dos outros recursos.

Para atingir rapidamente, com os meios disponíveis, a meta principal fixada, isto é, evidenciar o papel da cobertura vegetal no escoamento e na erosão, foi necessário o abandono de algumas etapas, não se dando relevância a alguns aspectos fundamentais. Para poder entender melhor os fenômenos que se quer analisar, prever e extrapolar, serão indispensáveis alguns estudos complementares:

- Desenvolvimento de outras experimentações análogas com outros tipos de solo ou de tratamento da superfície do solo (gradagem ou compactação e diversas práticas culturais) visando conservar os solos e favorecer a infiltração ou aumentar os escoamentos.



- Análise mais detalhada do papel das intensidades e da vegetação: qual é a interceptação das chuvas segundo o grau de desenvolvimento foliar (fator C de WISCHMEIER)? Qual é o papel dos estratos herbáceos? Qual é o acréscimo da permeabilidade causada pelas raízes, fauna e microfauna?

Para isso seria necessário ampliar o número de parcelas, diversificar os tratamentos sobre as microbacias e as parcelas (mobilização do solo em pousio e seu preparo no sentido do declive, etc.); realizar medições de umidade e permeabilidades do solo no campo, utilizando sonda neutrônica e infiltrômetro de aspersão; medir a erosão química e desenvolver estudos em conjunto com botânicos.

Enfim, para ter um conhecimento mais completo do comportamento dos diversos experimentos, é necessário observar chuvas e cheias com fortes condições prévias de saturação hídrica dos solos, o que poderá ser verificado durante um período de alta pluviosidade.

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O que precede permite tirar as conclusões seguintes sobre os resultados obtidos em 1982:

- a) O escoamento nas microbacias desmatadas foi em torno de vinte vezes superior ao das microbacias com caatinga. A erosão correspondente ficou entre dez a cem vezes superior.
- b) O escoamento nas parcelas desmatadas foi de sete vezes superior ao da parcela protegida pela caatinga. A erosão correspondente ficou entre dez a cem vezes superior.
- c) Nas parcelas desmatadas o tratamento do solo de acordo com as normas de WISCHMEIER parece incrementar o escoamento (1,5 vezes) e a erosão (entre 1,3 e três vezes).
- d) Nas parcelas desmatadas o declive parece também incrementar o escoamento (de uma a três vezes) e muito mais a erosão (de três a dez vezes para uma variação do declive de 4 a 7%).
- e) O escoamento e a erosão foram sempre superiores nas parcelas do que nas microbacias, pois o escoamento nas parcelas foi de duas a dez vezes superior ao escoamento das microbacias correspondentes, enquanto que a erosão nas parcelas ficou em torno de cinco a dez vezes superior àquela das microbacias. Como era de se esperar, as variações relativas da erosão são mais acentuadas que as dos escoamentos.

Os resultados deste primeiro ano de experimentação em Sumé são importantes pois atingiram dois objetivos principais: i) fixar uma metodologia, ii) obter dados necessários para o dimensionamento de pequenos aproveitamentos hidráulicos.

Para alcançar o primeiro objetivo, foi necessário criar dispositivos para medir e registrar os escoamentos e a erosão em parcelas e microbacias. A operacionalidade do conjunto foi comprovada durante esta primeira campanha. Os planos e roteiros de utilização da aparelhagem descritos neste relatório, podem agora ser recomendados para emprego em outras zonas do Brasil.

Por outro lado, os primeiros resultados obtidos permitem quantificar a influência da vegetação sobre o escoamento e a erosão. Esta influência é considerável, observando-se em 1982 um acréscimo dos escoamentos provocado pela retirada da vegetação, variando entre seis e vinte vezes. O acréscimo cor-

respondente a erosão, provocado pelo desmatamento foi ainda mais forte, pois atinge uma relação de dez até cem vezes.

Esses resultados já podem ser utilizados nos modelos de simulação de pequenos perímetros de irrigação com solos similares para otimizar dimensionamentos e regras de exploração segundo as condições físico-climáticas e os cultivos previstos. Isso corresponde a uma das prioridades do desenvolvimento agrícola no semi-árido do Nordeste (BRASIL. EMBRAPA, EMATER, 1982), prevendo-se nos próximos anos a difusão de grande número de pequenos açudes ou barreiros, sendo às vezes previsto o desmatamento da área de captação.

Além do efeito da declividade ou da preparação do solo, foi também evidenciado "o efeito de escala", pois mediram-se simultaneamente as cheias sobre áreas de captação com superfície da ordem de 100 m<sup>2</sup>, 1 ha e 10 km<sup>2</sup>. A redução do escoamento e da erosão é muito forte entre as parcelas de 100 m<sup>2</sup> e as microbacias da ordem de um hectare. A redução é mais fraca entre as microbacias e as bacias de 10 km<sup>2</sup>. Entretanto, temos que assinalar que, no início do período de chuvas, algumas precipitações provocam pequenas cheias nas microbacias, enquanto que não se observa nenhum escoamento nas bacias maiores. Isso poderia ser explicado pela heterogeneidade do terreno e, por exemplo, pelo armazenamento da água nos terrenos permeáveis das zonas aluviais das bacias maiores, o que deveria logicamente garantir, durante os anos muito secos, um escoamento proporcionalmente maior nas bacias muito pequenas sem zonas aluviais. Esta diferença deveria ser mais atenuada durante os períodos mais chuvosos.

O dispositivo criado pode ser utilizado agora em outras regiões, entretanto a aparelhagem concebida para armazenar e registrar automaticamente os escoamentos e as erosões, requer durante o período de chuvas a presença permanente de uma equipe de operação. Com efeito, depois de cada grande cheia terão que ser esvaziados e limpos quatorze tanques e fossas, e coletadas 55 amostras de água para o cálculo da erosão, no conjunto da área estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. EMBRAPA EMBRATER. Região Nordeste. Semi-Árido Brasileiro: Proposta de Implantação de Sistemas de Exploração de Propriedades Agrícolas para Assegurar a Convivência do Homem com a Seca. Anexo 1.
- BRASIL. SUDENE. Projeto Bacia Experimental. Recife, SUDENE-DRN, 1982. 19 p. il. "Convênio SUDENE/ORSTOM".
- CADIER, E. & FREITAS, B.J. Bacia Representativa de Sumé: primeira estimativa dos recursos de água. Campanhas de 1973 a 1980. Recife, SUDENE-DRN, 1982. 190 p. il. (Brasil.SUDENE.Hidrologia, 14). Bibliografia. "Convênio SUDENE/ORSTOM".
- JACCON, G. As precipitações anuais da região paraibana, homogeneização e análise regional. Recife, SUDENE-DRN, 1982. 97 p. il. Bibliografia.
- LEPRUN, J.C. A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro; balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas. (Brasil. SUDENE.Recursos de solos, 15). 107 p. 1981.
- LEPRUN, J.C.; ASSUNÇÃO, M.S. & CADIER, E. Avaliação dos recursos hídricos das pequenas bacias do Nordeste semi-árido: características físico-climáticas. (Primeira síntese dos resultados obtidos). Recife, SUDENE-DRN-Divisão de Hidrometeorologia, 1983. 71 p. il. mapas (Brasil.SUDENE.Hidrologia, 15). Bibliografia. "Convênio SUDENE/ORSTOM".
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro. Fundação IBGE. 1979. 421 p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 4).
- NOUVELOT, J.F. Planificação da implantação de bacias representativas; aplicação à área da SUDENE. Recife, SUDENE-DRN, 1974. 91 p. mapa de bolso. Bibliografia. "Convênio SUDENE/ORSTOM".
- WISCHMEIER, W.H. Cropping management factor evaluations for a universal soil loss equation. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 24(4):322-6, 1960.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predictions rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington, U.S. Department of Agriculture 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

EXPERIMENTAL BASIN AT SUMÉ, PB  
OPERATIONAL NETWORK, MEASUREMENTS  
AND PRELIMINARY RESULTS

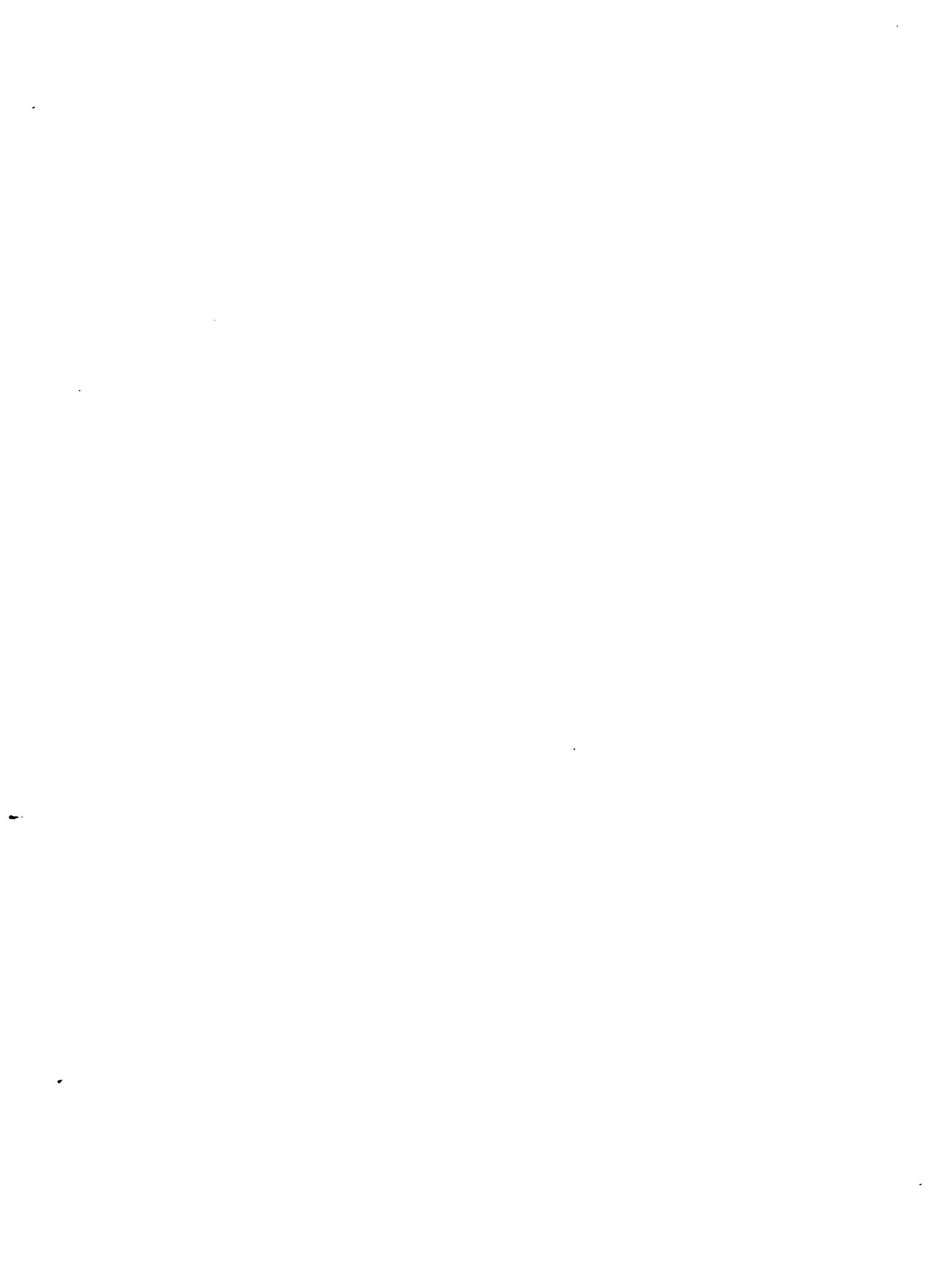
BY

E. CADIER<sup>1</sup>, B.J. FREITAS<sup>2</sup> e J.C. LEPRUN<sup>3</sup>

ABSTRACT — The purpose of the present studies on experimental basins, and erosion plots is to quantify the hydrological consequences of any possible modifications to the ecosystem. The studies performed at Sumé experimental basin aim at providing us with a basis for setting up a methodology for measuring both runoff and erosion effects on micro-basins and the possibility of significant consequences by land clearing. They shall also be used for the measurements and operation of small irrigation perimeters. Along this line, other trials on crops water requirements, as well as of small reservoirs management are being conducted through a joint work of Federal University of Paraíba (Campina Grande) and SUDENE's working group in charge of the Semi-Arid Tropic Development Program. Four micro-basins and five plots have been installed. Further, specifications are also presented of their characteristics, equipment used and measurement methods. Thus far, the results have been very promising since they made it possible to, in the first year, permit a preliminary quantification of the land clearing effects. This is of the utmost importance since in areas where soils water saturation ranges from small to medium rate land clearing increased runoff from six to twenty times and erosion from ten to one hundredfold.

---

1 A ORSTOM hydrologist.  
2 A SUDENE's hydrologist  
3 A ORSTOM soils specialist.



8.11 - ANEXO 11 - 12 - 13 - 14

8.12 ,

8.13           MAPAS DE SÍNTESE DO NORDESTE A 1:5.000.000

8.14

- . DA EROSIVIDADE DAS CHUVAS
- . DA ERODIBILIDADE DO SOLO
- . DO RELEVO E DAS DECLIVIDADES
- . DA DENSIDADE DE POPULAÇÃO

As pessoas interessadas que desejem receber um ou a totalidade desses mapas podem fazer o pedido enviando-o ao seguinte endereço:

Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste  
SUDENE - DRN - RR - sala 329 - 3º andar  
Cidade Universitária - 50.000 Recife (PE)



8.15 - ANEXO 15

MAPA DE SÍNTESE DO NORDESTE A 1:5.000.000  
DO RISCO DA EROSÃO HÍDRICA:



8.16 - ANEXO 16

MAPAS DOS SOLOS DAS BACIAS REPRESENTATIVAS



BACIA REPRESENTATIVA DE IBIPEBA

MAPA DE SOLO

ESCALA GRAFICA

1 Km 0 1 2 3 4 5 Km

48°00'

42°00'

41°30'



11°36'

11°30'

LAGOA GRANDE

LAJEDO VERMELHO

AC. OSVALDO

AC. BOM DESERTO

LA. DO CANTO

FAZ. ISABEL

FAZ. PASSAGEM

11°40'

42°05'

CONVENÇÕES

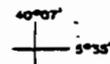
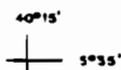
-  LIMITE BACIA
-  LIMITE SUB-BACIA
-  RIACHO
-  ESTACÃO FLUVIOMÉTRICA
-  PONTO DE INFILTRAÇÃO

LEGENDA

-  CAMBISSELOS EUTRÓFICOS
-  ASSOCIAÇÃO DE CAMBISSELOS EUTRÓFICOS + PODZÓLICOS VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO
-  LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO E EUTRÓFICO
-  ASSOCIAÇÃO DE SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICOS + AFLORAMENTOS DE ROCHA
-  AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS

BACIA REPRESENTATIVA DE TAUÁ  
 MAPA DE SOLO

ESCALA GRÁFICA

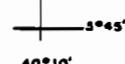
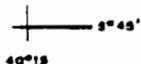


**CONVENÇÕES**

- LIMITE BACIA
- - - LIMITE SUB-BACIA
- ∇ ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA
- PUNTO DE INFILTRAÇÃO

**LEGENDA**

- ASSOCIAÇÃO DE:  
 PLANOSOLS SOLIDISADOS +  
 SOLGRETZ SOLIDISADOS + SO-  
 LOS BRUNO NÃO CÁLCICO + SO-  
 LOS LITÓLICOS + AFLORAMEN-  
 TO DE ROCHAS.
- ASSOCIAÇÃO DE:  
 SOLOS BRUNO NÃO CÁLCICO +  
 SOLOS LITÓLICOS + VERTISO-  
 LOS + AFLORAMENTO DE RO-  
 CHAS.
- ASSOCIAÇÃO DE:  
 PLANOSOLS SOLIDISADOS +  
 SOLOS LITÓLICOS + SOLOS BRU-  
 NO NÃO CÁLCICO.
- ASSOCIAÇÃO DE:  
 VERTISOLOS + SOLOS BRUNO  
 NÃO CÁLCICO + AFLORAMENTO  
 DE ROCHAS.

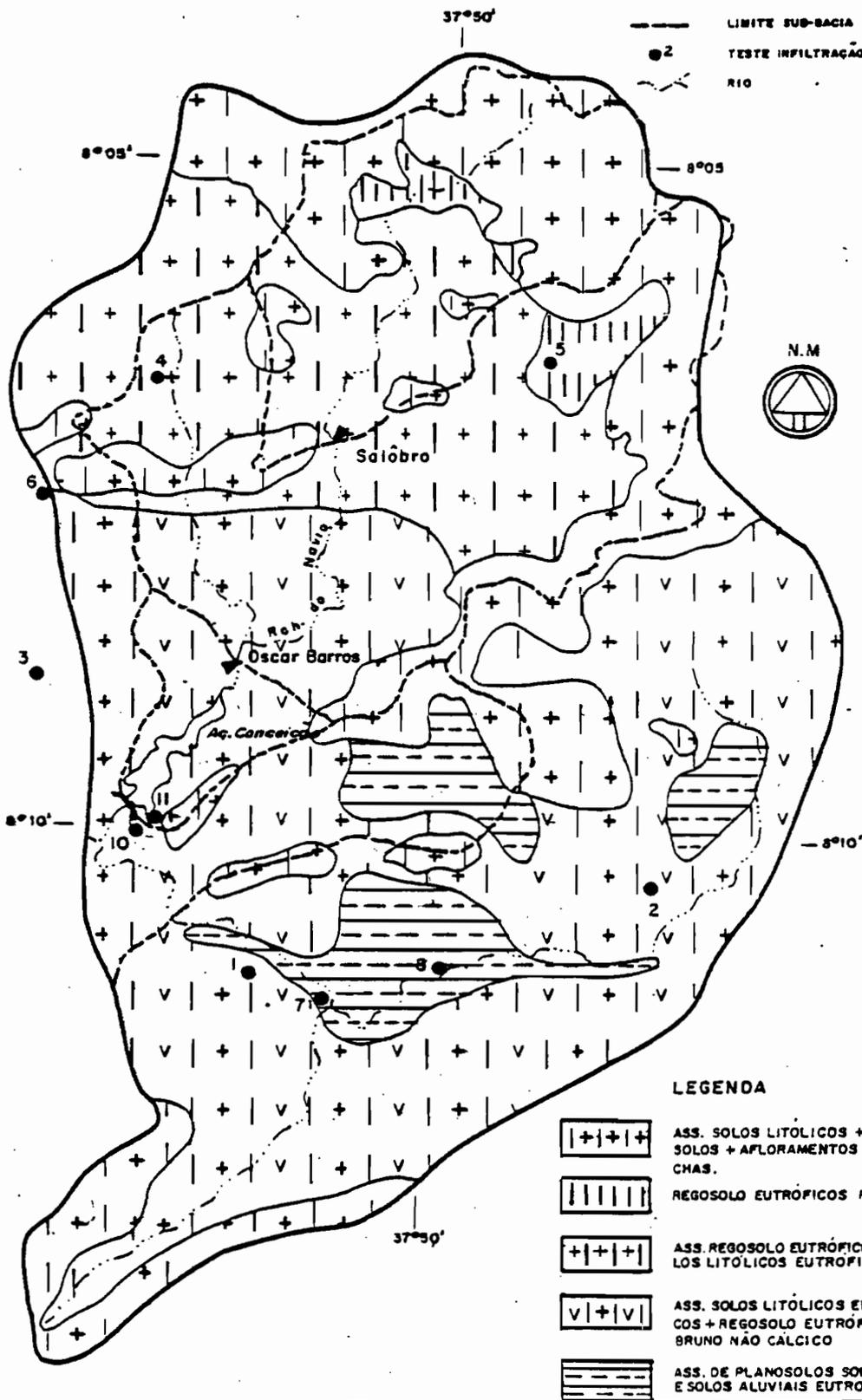


BACIA REPRESENTATIVA DO RIACHO DO NAVIO  
**MAPA DE SOLO**

ESCALA GRÁFICA  
 300 m 0 300 m 1500 m

CONVENÇÕES

- ▼ POSTO FLUVIOMÉTRICO
- ÁREA MAPEADA
- - - LIMITE SUB-BACIA
- 2 TESTE INFILTRAÇÃO
- ~ RIO



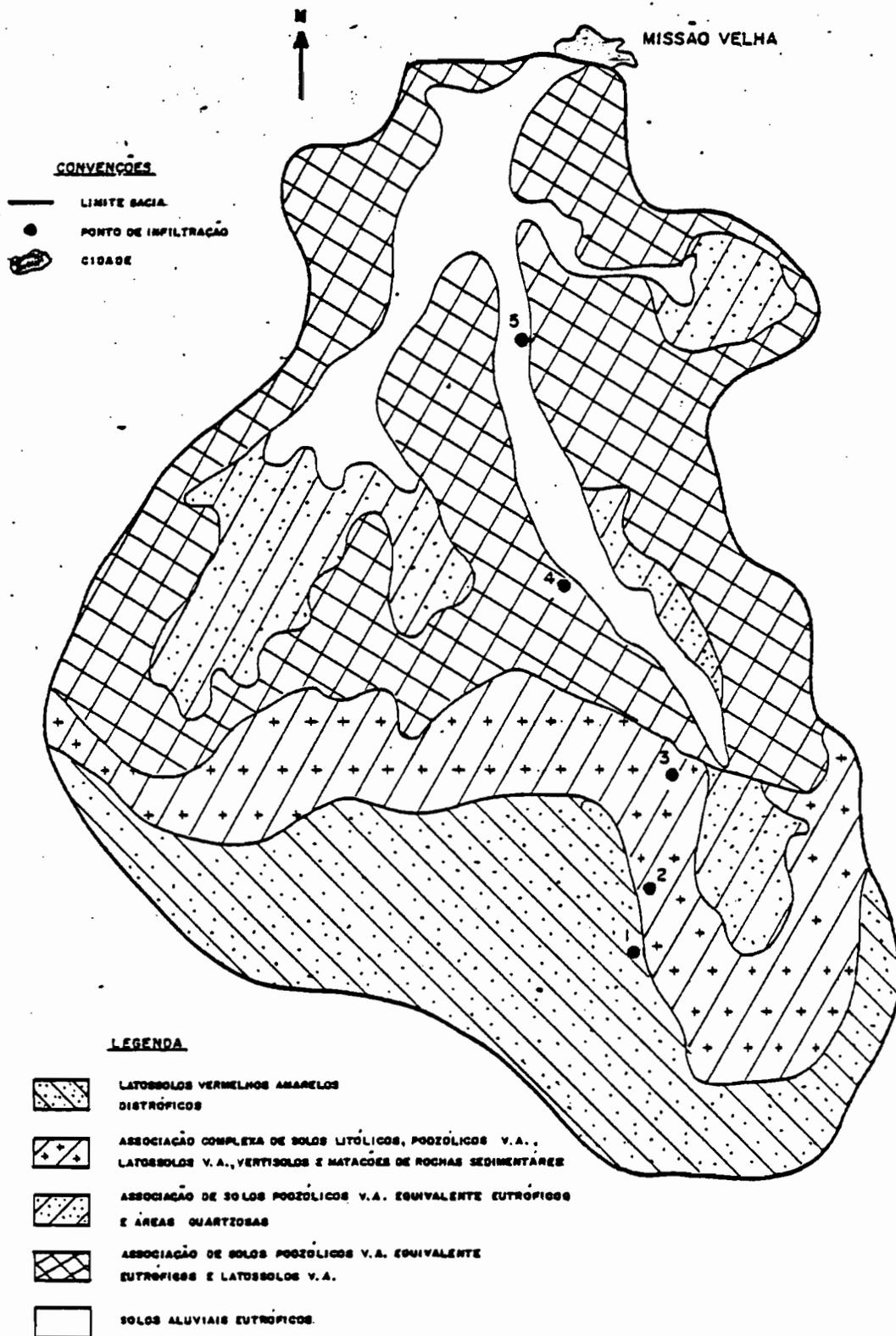
LEGENDA

- ASS. SOLOS LITÓLICOS + REGO-SOLOS + AFLORAMENTOS DE ROCHAS.
- REGOSOLO EUTRÓFICOS RASO
- ASS. REGOSOLO EUTRÓFICOS + SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS
- ASS. SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS + REGOSOLO EUTRÓFICO + BRUNO NÃO CÁLCICO
- ASS. DE PLANOSOLOS SOLÓDICOS E SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS

## BACIA REPRESENTATIVA DE MISSÃO VELHA

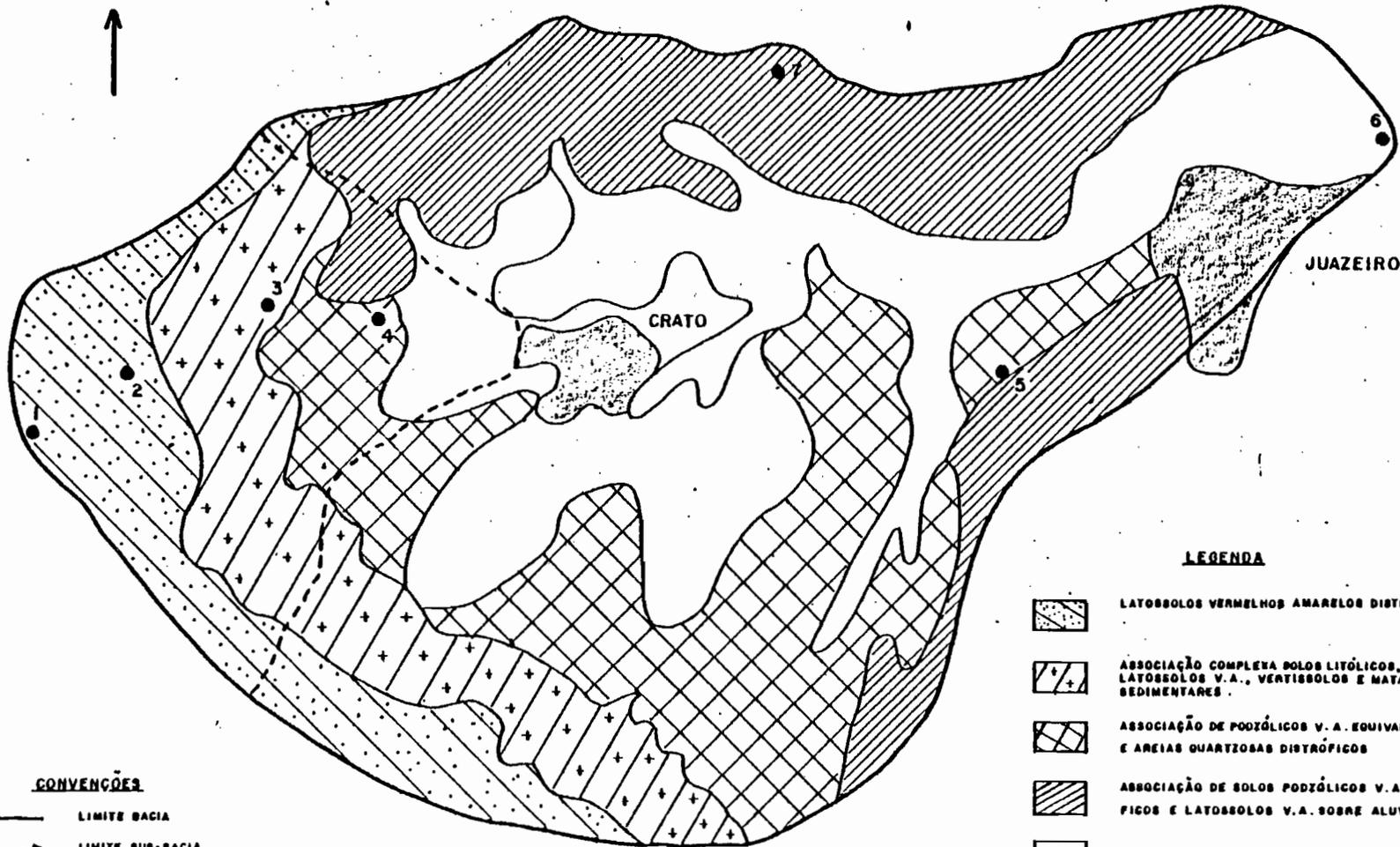
## MAPA DE SOLO

ESCALA GRÁFICA  
1 KM 0 1 2 3 KM



BACIA REPRESENTATIVA DE BATATEIRAS  
 MAPA DE SOLO

ESCALA GRÁFICA  
 1 KM 3 KM



**CONVENÇÕES**

- LIMITE BACIA
- - - LIMITE SUB-BACIA
- PONTO DE INFILTRAÇÃO
- CIDADE

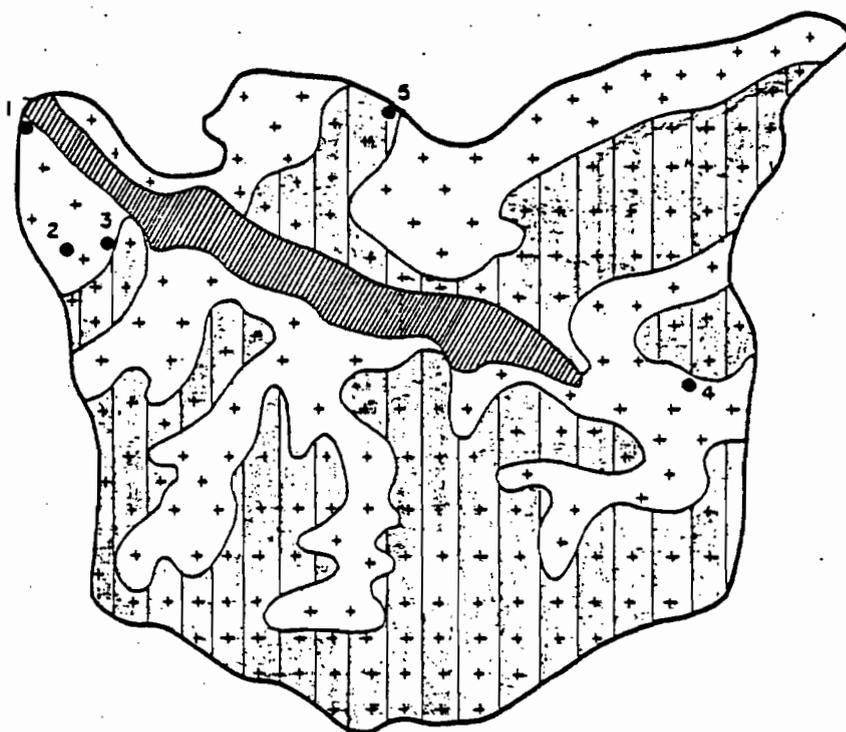
**LEGENDA**

-  LATOSSOLOS VERMELHOS AMARELOS DISTRÓFICOS
-  ASSOCIAÇÃO COMPLEXA SOLOS LITÓLICOS, PODZÓLICOS, V.A., LATOSSOLOS V.A., VERTISSOLOS E MATAÇÕES DE ROCHAS SEDIMENTARES
-  ASSOCIAÇÃO DE PODZÓLICOS V.A. EQUIVALENTE EUTRÓFICOS E AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICOS
-  ASSOCIAÇÃO DE SOLOS PODZÓLICOS V.A. EQUIV. EUTRÓFICOS E LATOSSOLOS V.A. SOBRE ALUVIÕES
-  SOLOS ALUVIAS EUTRÓFICOS

BACIA REPRESENTATIVA DE QUIXABINHA

MAPA DE SOLO

ESCALA APROX. 1:125.000



**LEGENDA**

-  SOLOS LITOLÓGICOS EUTRÓFICOS ASSOCIADOS  
A SOLOS BRUNO NÃO CÁLCICOS  
SOBRE XISTOS
-  SOLOS LITOLÓGICOS DISTRÓFICOS ASSOCIADOS  
A AFLORAMENTOS SOBRE ARENITOS

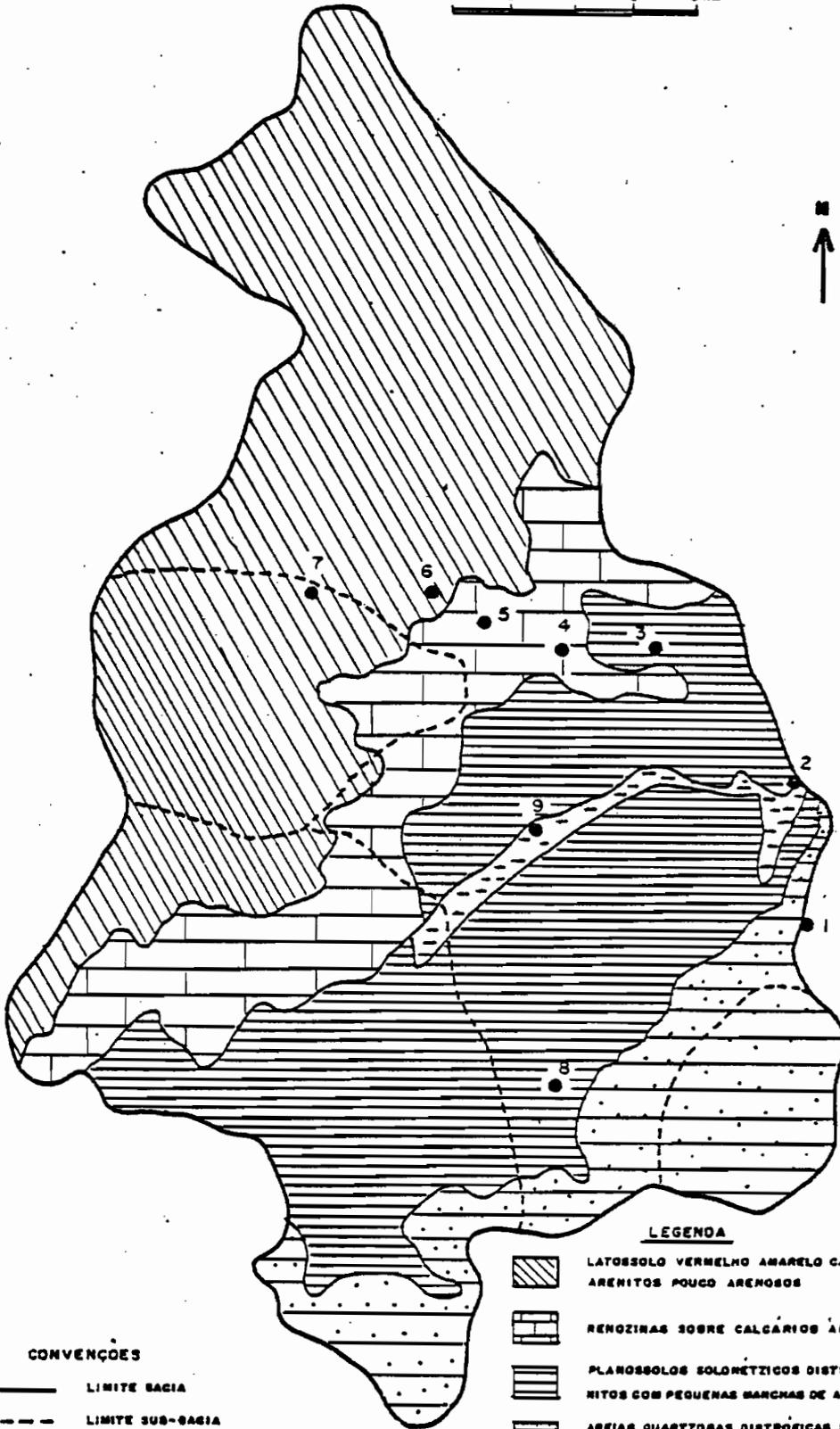
**CONVENÇÕES**

-  LIMITE BACIA
-  PONTO DE INFILTRAÇÃO
-  AÇUDE

BACIA REPRESENTATIVA DE AÇU

MAPA DE SOLO

ESCALA GRAFICA



CONVENÇÕES

- LIMITE BACIA
- - - LIMITE SUB-BACIA
- 2 PONTO DE INFILTRAÇÃO

LEGENDA

- LATOSSOLO VERMELHO AMARELO CÁMBICOS SOBRE ARENITOS POUCO ARENOSOS
- RENOSINAS SOBRE CALCÁRIOS ARENOSOS
- PLANOSSOLOS SOLONCHÉTICOS DISTRÓFICOS SOBRE ARENITOS COM PEQUENAS MANCHAS DE AREIAS QUARTZOSAS
- AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS SOBRE ARENITOS + PLANOSSOLOS SOLONCHÉTICOS.
- SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS



## 8.17 - ANEXO 17

## BIBLIOGRAFIA INFORMATIVA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO

- . RELATIVA AO NORDESTE
- . RELATIVA AO BRASIL
- . INTERNACIONAL

Essa bibliografia não é exaustiva. Bastante completa no que diz respeito ao Nordeste, ela é somente complementar à bibliografia de conservação já existente no país (EMBRAPA, EMATER, etc) e apenas orientadora quanto às referências internacionais.

- ARAGÃO, O.P. Relatório técnico-científico de treinamento sobre manejo do complexo solo, água, planta. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA, 1977.
- ARAGÃO, O.P. Diretrizes para estabilização da agricultura de sequeiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1980. Anais. Recife, p. 34-48, 1981.
- BARROS FILHO, A.; ALBUQUERQUE, I. de A.; TORRES, C. de A.; OLIVEIRA, L.B. de. Levantamento pedológico e conservacionista da Estação Experimental de Cedro - Vitória de Santo Antão - Pernambuco. Recife, IPA, 1966, 44 p. (IPA. Boletim técnico, 15).
- BERTONI, J. Observações sobre o "método lavoura seca" nos campos do INFAOL. Recife, INFAOL, 1973, 10 p.
- BONDAR, G. Solos da Bahia, sua conservação e aproveitamento. B. Geogr., Rio de Janeiro, 9 (19): 241-81, jun. 1951.
- BRASIL. SUDENE. Projeto "Conservação da água e sistemas de irrigação" uma experiência do uso da pequena irrigação nas propriedades agrícolas do Nordeste Semi-Árido (Resumo informativo). Brasília, D.F., 1981. 25 p.
- BURGOS, N.; JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C. Aptidão agrícola dos solos do Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro, Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 55 p. (Bol. téc. nº 27).
- CARNEIRO, J.O. & MIRANDA, M.P. Melhoramento e manejo de pastagem em áreas de sequeiro do Nordeste semi-árido. Boletim Técnico DNOCS, Fortaleza, 36(1):69-83, 1978.
- CARVALHO, J.H. de. Como regular o trabalho de cultivadores, arados e semeadeiras a tração animal. Teresina, ANCAR-PI, 1969, 6 p.
- CARVALHO, J.H. de. Esquema de um programa integrado para conservação dos recursos naturais, solo, água, fauna, flora, etc. no Estado do Piauí. Teresina, AEAP, 1977, 4 p. resumo de uma palestra.
- CAVALCANTE, L. F.; CHAVES, I. de B.; SILVA, A. A. de. Comparação entre valores de infiltração final em solos da Paraíba obtidos com chuva artificial e cilindro infiltrômetro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 a, p. 17.
- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; SILVA, I. de F. Permeabilidade dos solos da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 b, p. 16.
- \_\_\_\_\_.; FERNANDEZ, M. B.; LEITE, J. A. Avaliação da erodibilidade de quatro solos do município de São Mamede-PB, através do nomograma de WISCHMEIER e colaboradores. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 c, p. 19.
- CHAVES, I. de B. Erosividade das chuvas na microregião homogênea brasileira. Número 98. (Estado da Paraíba). Piracicaba, ESALQ, 1977. 99 p. Tese Mestrado.
- \_\_\_\_\_. & FREIRE, O. Erosividade das chuvas na microrregião homogênea brasileira nº 98 (Estado da Paraíba). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, 1978. p. 175-80.

- CHAVES, I. de B. & DINIZ, E. J. Erosividade de chuvas no Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 a, p. 11.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. Probabilidades de ocorrência de chuvas críticas no Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 b, p. 10.
- \_\_\_\_\_.; SILVA, I. de F. da.; CAVALCANTE, L. F. Cobertura de pedras e seus efeitos nas perdas de solo e água. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 c, p. 33.
- CHEZE, B. & GROS, A. Missão de estudo das possibilidades de desenvolvimento da cultura à tração animal do norte e nordeste do Brasil: C.E.E. M.A.T., Antony, 1978. 22 p.
- COELHO, M.A. & SILVA, J.R.C. Regime hídrico do solo sob condições de chuva simulada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., CAMPINAS, 1982. Resumos dos trabalhos. Campinas, 1982, p. 20, nº 39.
- DIAS, J. de D. de O. A erosão. Recife, 1942
- \_\_\_\_\_. Programa de conservação dos solos de Pernambuco em mecanização agrícola e assistência técnica. Recife, Associação dos Engenheiros Agrônomos do Nordeste, 1949. 45 p. (Publicação, 1).
- DUQUE, J. G. O Nordeste e as lavouras xerófilas. 3 ed. Mossoró, Escola Superior de Agricultura de Mossoró-Fundação Guimarães Duque, 1980. 238 p. il. (Coleção Mossoroense, 143).
- DUQUE, J. G. Apreciação sobre os solos do Nordeste; conservação da fertilidade e economia da água. B. Geogr., Rio de Janeiro, 8 (93): 1033-71, dez. 1950.
- DUQUE, J.G. Solo e água no polígono das secas. 4a. ed., Fortaleza, DNOCS, 1973, 223 p. (BRASIL. DNOCS. Publicação, 154 p.).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. Conservação de água e sistemas de irrigação; plano de trabalho. Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1975. n.p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Brasília, DF. Projeto: uso e manejo de água na agricultura. Subprojeto: pesquisa em uso e manejo de água em agricultura de sequeiro na região Nordeste. Brasília, D.F., 1980. 59 p.
- EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Projeto de pesquisa sobre manejo e conservação do solo no Estado de Pernambuco. Relatório anual 1978. Recife, SUDENE/IPA/UFRPE, 19 p., 1978.
- FAO. Soil fertility and mineral nutrition of pastures in the northeast of Brazil with particular reference to "propasto", livestock development in the northeast of Brazil, 1979. Roma, 1979, 65 p.
- FILHO, J.N.; SOUZA, A.R. de & PENIC; P. Algumas considerações sobre conservação do solo para o sistema de produção com água do escoamento superficial - SAES. Recife, PE, IPA, s.d. 7 p.

- FREITAS, H. D. de. Sobre a necessidade de um serviço de controle à erosão. R. Ceres, Viçosa, 2(8): 147-53, 1940.
- FREITAS, M. B. de. Resultados de experimentos de rotação de lavoura e de perdas de erosão em Pesqueira, Pernambuco. In: REUNIÃO DE INVESTIGAÇÃO AGRONÔMICA DO NORDESTE, 1., Recife, 1958. Anais. Recife, IANE, 1958. p. 25-32.
- FREITAS, M. B. de. Roteiro para utilização do Agreste com base na conservação do solo. Recife, 1972, 33 p.
- FREITAS, M.B. de; CHOUDHURY, E.N. & FARIA, C.M.B. Manejo e conservação de solo no Nordeste pernambucano. Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 44 p. il. 1981 (EMBRAPA/CPATSA - Boletim de Pesquisa, 6).
- FERRI, M.G. Observações sobre a economia de água de plantas da caatinga. Ci. e Cult. São Paulo, I(4):200, 1953.
- GUERRA, P. de B. Agricultura de vazantes - um modelo agrônomico nordestino. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. 3. Fortaleza, 1975. Anais. Fortaleza, CE, MINTER/DNOCS-ABID, 1975. V. 4, p. 325-30.
- GUSMÃO, A.; JACCON, G.; SECHET, P. Banco de dados hidroclimatológicos do Nordeste: descrição e inventário. SUDENE-DRN, 1979. 13 p. anexos.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Projeto de pesquisa sobre manejo e conservação do solo no Estado de Pernambuco. Relatório anual. Recife, 1977. 22 p.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Recife, 1978. 19 p.
- KNUDSON, D.M. Potencial do uso da terra em Minas Gerais. Brasil. R. Ceres, Viçosa, 13 (73): 91, 103, maio/jul. 1966.
- LAGO, J.C. & MARCOLIS, E. Estimativa da erodibilidade de um solo Podzólico Vermelho Amarelo Estrófico pelo método do nomograma. Agros, Pelotas, RS, vol. XVI, nº 3 e 4, 1981, p. 49-58.
- LIRA, M. de A.; MACIEL, G.A.; DINIZ, E.A.; TABOSA, S.N. & ARCOVERDE, A.S. S. Experimento de espaçamento e densidade de plantio na cultura do milho forrageiro. Pennisetum typhoides (Burm) em Pernambuco. Pesq. Agrop. Pernambuco, 2(2):131-36. 1978.
- LIRA, M. de A.; ARAÚJO, P.E.S.; REIS, O.V. dos & VAIÓ NETO, F. Consórcio de milho com mandioca. Pesq. Agropec. Pernambuco, Recife, PE, 2(2):137-46, 1978.
- LIRA, M. de A.; FARIS, M.A.; ARAÚJO, M.R.A. de ; VENTURA, C.A. d'O. & MANGUEIRA, O.B. Consorciação de sorgo, milho, algodão e feijão macassar. Pesq. Agropec. Pernambuco, Recife, PE, 2(2):153-63, 1978.
- LIU, W.T. Run off farming in Northeast Brazil. Petrolina EMBRAPA-CPATSA 1976. 11 p.
- LIU, W.T. Land and water management of dryland farming system research in Northeastern Brazil. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA, 1976. 7 p.
- LIU, W.T. Alguns aspectos para o desenvolvimento de sistemas agrícolas para o trópico semi-árido do Nordeste Brasileiro. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA, 1978. 21 p.
- LEITE, P.S. Aspectos de agricultura do Nordeste. Revista Econômica do Nordeste. Fortaleza, 1(2):20-8, 1969.

- LEITE, J.A. Características físicas e fator de erodibilidade de quatro solos representativos do Município de São Mamede. PB. UFPB, C.C.A. Areia (PB), il. 87 p. 1979 (Tese de mestrado).
- LEPRUN, J.C. Comparação dos fatores da erosão hídrica no Nordeste brasileiro seco e na África do Oeste seco. Consequências. I SIMPÓSIO BRASILEIRO DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO. Olinda (PE). Anais, 1982. No prelo.
- LEPRUN, J.C.; CAMPOS Fº, O.R.; SILVA, I.F. & ANDRADE, A.P. Cálculo e comparação dos índices de erosividade das chuvas R de WISCHMEIER e KE 25 de HUDSON em vários postos pluviográficos do Nordeste brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., CAMPINAS, 1982. Resumos dos trabalhos. 1982. p.16, nº 27.
- MAGALHÃES, A.A. de; MILLAR, A.A. & CHOUDHURY, E. N. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. Turrialba, 29(4):269-73, 1979.
- MARGOLIS, E. Efeito das queimas em solos litólicos da zona do Agreste de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 16, São Luiz, 1971. Resumo dos trabalhos, p. 55
- MARGOLIS, E.; MELLO NETTO, A. V. de; ALBUQUERQUE, I. de A.; MONTENEGRO FILHO, M.; CAMPELLO, G. de A. B. Levantamento da capacidade de uso da terra e planejamento conservacionista da Estação Experimental de També. Recife, IPA, 1975, 36 p. (IPA. Boletim técnico, 73).
- MARGOLIS, E. Efeito da queima em solos Litólicos do Agreste de Pernambuco. Pesq. agropec. Pernambuco, Recife, 1(1):81-88, 1977.
- MARGOLIS, E. Efeito de práticas conservacionistas sobre as perdas por erosão no Podzólico Vermelho Amarelo de Glória de Goitá. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA - CNPT, 1978, p. 323. Resumo.
- MARGOLIS, E. Efeito das práticas conservacionistas sobre as perdas por erosão no Podzólico Vermelho Amarelo de Glória de Goitá (PE). Pesq. agropec. Pernambuco, Recife, 2 (1):1.12, 1978.
- MARGOLIS, E. & MELLO NETTO, A.V. de. Perdas por erosão em diferentes sistemas de plantio da mandioca. Resultados preliminares. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., CAMPINAS, 1982. Resumos dos trabalhos. Campinas, 1982, p. 18, nº 34.
- MAFRA, R.C. Instruções práticas sobre a cultura do "feijão de arranca" em Pernambuco. Recife, IPA/ANCAR-PE, 25 p. 1975.
- MELLO NETTO, A. V. de; CORDEIRO, A. A.; BARROS FILHO, A.; ALBUQUERQUE, I. de A.; CALDAS, C. C.; OLIVEIRA, E. P. de; OLIVEIRA, L. B. de. Levantamento dos solos e planejamento conservacionista de propriedade "terra preta" - Vitória de Santo Antão. Recife, IPA, 1964, 90 p. (IPA. Boletim técnico, 11).
- MELLO NETTO, A. V. de; BARROS FILHO, A.; ALBUQUERQUE, I. de A.; OLIVEIRA, L. B. de. Estudo pedológico, conservacionista e de utilização agrícola da propriedade Barra Vitória de Santo Antão. Pernambuco. Recife, IPA, 1965, 73 p. (IPA. Boletim técnico, 13).
- MELLO NETTO, A. V. de; TORRES, C. de A. Levantamento pedológico e conservacionista da Espatação experimental do Cedr - Vitória de Santo Antão - PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 10, Piracicaba, 1965. Anais (Resumo). Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, EPES, 1971, p. 61.

- MELO, P.P. de. Alguns aspectos da erosão dos nossos solos. B. Secret. Agric. Industr. Com. Est. Pernambuco, Recife, 11(1/2):1-4. 1944.
- MELLO, V. de; SILVEIRA, J.V.A.; SAMPAIO, J.B.M. de; OLIVEIRA, C.A. de. Levantamento conservacionista dos solos de Sapê, Maú e parte de Maman-guape, Mulungu e Caldas Brandão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais. Campinas, SBCS, 1976, p. 585-90. Recife, SUDENE, 1975, 31 p. (BRASIL. SUDENE. Série Recursos de Solos, 3).
- MOTA, F.O.B.; HOLANDA, J.S. de; BATISTA, R.B. Sugestões de pesquisas em solos para o Rio Grande do Norte. EMPARN, Natal. Documentos nº 10, 48p. 1983.
- MORAIS, E.; MELLO NETTO, A.V. Observações gerais sobre as perdas por erosão na zona do Agreste de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, S.P., 1975. Anais. p. 563-569. 1976.
- OLIVEIRA, J.B. de. Efeito do manejo do solo na erosão de Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico e Planossolo Solódico da microregião homogênea 68 do Ceará. Fortaleza, UFCE, 1981. 96 p. il. "Tese mestrado".
- OLIVEIRA, J.B. & SILVA, J.R.C. Efeitos do manejo do solo na erosão do Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico e Planossolo Solódico da microregião 68 do Ceará. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., CAMPINAS, 1982. Resumos dos trabalhos. 1982. p. 25, nº 54.
- PEREIRA, W. Avaliação da erosividade das chuvas em diferentes locais do Estado de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1977, 73 p. Tese Mestrado.
- PEREIRA, W.; SILVA, T.C.A. da; GOMES, F.R. Avaliação da erosividade da chuva em diferentes locais do Estado de Minas Gerais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA. CNPT, 1978, p. 141-3.
- RABELLO, J.M. Hipótese sobre a formação dos desertos, contribuição ao estudo das secas do Nordeste. Boletim do DNOCS, (1):5-17, 1958.
- RAMOS R. AUGMAR e MARINHO R. HELENIRA. Estudo da erodibilidade de um solo litólico sem cobertura vegetal e sob duas condições de pastagem nativa de caatinga. EMBRAPA/CNPCOT, Brasília, Boletim de pesquisas, 2, 1979, 15 p.
- REGO, A. de S. Importância da data do plantio do algodoeiro anual no Estado da Paraíba. Recife, PE, SUDENE, 16 p. 1966 (BRASIL.SUDENE.Série Agricultura, 3).
- SANTOS, J.F. dos. Determinação de escoamento superficial em três solos do Brejo paraibano. UFPC, C.C.A. Areia (PB) il. p., 1979 (Tese mestrado).
- SANTOS, M.X. dos & MENEZES, E.A. "Irrigação de salvação" em cultivo consorciado: arranjo das culturas e economia de água. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1981. 3 p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 6).
- SAUNDERS, L. C. U. et alii. Coeficiente de descarga dos aspersores "Vee-Jet 80.100" de dois simuladores de braços rotativos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DE SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 a, p. 2.
- \_\_\_\_\_. Comparação de resultados da calibração de dois simuladores de chuva de braços rotativos para pesquisa conservacionista no Ceará. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DE SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 b, p. 1.

- SILVA, A. A. da; CHAVES, I. de B.; CAVALCANTE, L. F. Percentagem de água escoada com aplicação de chuva simulada em três solos do Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife 1980. p. 15.
- SILVA, A. de S. Perspectivas para manejo de água e solo em "sistemas integrados de produção para as regiões áridas e semi-áridas do Nordeste. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA, 1979, n.p.
- SILVA, A. de S. & ANAYA GARDUÑO, M. Algunas consideraciones sobre manejo del melo y del agua para el desarrollo de la agricultura tradicional en el Noroeste de Brazil; requisito parcial del entrenamiento em "manejo del suelo y del agua". Petrolina, EMBRAPA-CPATSA, 1979. 1 v.
- SILVA, A. de S. & MAGALHÃES, A.A. Sistema de produção com água do escoamento superficial (SAES). Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1979. n.p.
- SILVA, A. de S. et alii. Uma técnica simples de exploração de vazantes de açudes. Petrolina, EMBRAPA-Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-árido, 1981. 17 p. (Boletim de Pesquisa).
- SILVA, I. de F. da; CHAVES, I. de B.; MONTENEGRO, J. O. Erodibilidade dos solos do Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980. p. 18.
- SILVA, I. de F. da; ADRADE, A.P. de & CAMPOS FILHO, O.R. Efeito da cobertura vegetal e de práticas conservacionistas sobre as perdas por erosão numa Terra Roxa Estruturada Eutrófica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., CAMPINAS, 1982. Resumos dos trabalhos. 1982. p. 25, nº 56.
- SILVA, J. R. C. et alii. Determinação da erosividade: programação para cálculo do índice EI<sub>30</sub> com uma calculadora H-P-33E. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 a, p. 7.
- \_\_\_\_\_. Erosividade das chuvas em Tianguá-CE: primeiro ano de determinação do índice EI<sub>30</sub>. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 b, p. 12.
- SILVA, J.R.C. Cálculo da erodibilidade pela equação do homograma de WISCHMEIER et alii (1971) no sistema internacional de unidades: programa para calculadora H.P. 33-E. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., CAMPINAS, 1982. Resumos dos trabalhos. Campinas, 1982, p. 17, nº 28.
- SILVA, J.R.C.; SAUNDERS, L.C.U. & PAIVA, J.B. Erosividade das chuvas de Quixadá (CE): resultados do ano de 1980. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., CAMPINAS, 1982. Resumos dos trabalhos. Campinas, 1982, p. 16, nº 25.
- SILVA, J.R.C.; SAUNDERS, L.C.U. & PAIVA, J.B. Avaliação da erodibilidade de alguns solos do Ceará pelo método homográfico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., CAMPINAS, 1982. Resumos dos trabalhos. Campinas, 1982, p. 17, nº 29.
- SOUZA WALTER C. de. Conservação do solo. EMATER Rio Grande do Norte, Natal, 1978, 90 p.

- TENORIO, E. C. Gramíneas usadas na conservação dos solos em Pernambuco. Recife, Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1970. 21 p. (IPA, Boletim Técnico, 45).
- VERDOLIN, H. Conservação do solo. Teresina, AEAPI, 1978, 17 p. (Palestra proferida em 28-02-78, a convite da AEAP).
- ZEHNTNER, L. Estudo sobre as maníobas do estado da Bahia em relação ao problema das secas. Rio de Janeiro, Inspetoria de Obras contra as Secas, 1914, 113 p. Publ. 41. Série 1, A. Botânica.

## BIBLIOGRAFIA

## BRASIL

- ACARESC. Manual do líder de conservação do solo. Florianópolis, s.d. 23 p. il.
- \_\_\_\_\_. Programa nacional de conservação de solos - PNCS. Florianópolis, s.d. 8 p.
- ACARPA. Nível de mangueira no controle a erosão. Curitiba, s.d. 8p. il.
- \_\_\_\_\_. Programa integrado de Conservação dos Solos. Diretrizes básicas de ação, 1976. s.n.t. 65 p. il.
- \_\_\_\_\_. Projeto de financiamento especial para implantação da infra-estrutura de prestação de serviços conservacionistas. Curitiba, 1976. 19p.
- ACARPA/EMBRATER. Perfil do projeto conservação de solos para o Programa Nacional de Conservação de Solos. Curitiba, 1976.
- ACARPA/EMBRATER/SEAG. Perfil do projeto conservação dos solos. Curitiba, 1977. 24 p.
- ALVES, C.S. Controle e estabilização de vaçorocas. Trigo e Soja. Porto Alegre, (37):6-9, nov./dez. 1978.
- AMARAL, N.D. Noções de conservação do solo. São Paulo, Nobel, 1978. 120p. il.
- ANÔNIMO. Como usar adubação verde. Ruralidade, Goiânia, 4(17):34, jun./jul. 1975.
- ANÔNIMO. Conservação do solo; dever de todos. Agricultura de Hoje, 1(19):44, dez. 1975.
- ANÔNIMO. Conservação do solo: uma necessidade. O Agricultor, Vitória, 10(76):4, nov./dez. 1976.
- ANÔNIMA. Erosão: um programa para manter o verde na terra. Agricultura a força verde, 1(3):61-3, set. 1977.
- ANÔNIMO. Importância da conservação do solo. A Lavoura. Rio de Janeiro, 81:43-44, mar./abr. 1978.
- ARAÚJO, Z.B. de. Considerações sobre adubação verde. Seiva, Viçosa, 10(36):4-15, maio/jun. 1951.
- ASSIS, A.F.F. de et alii. Uso do trator no controle à erosão. Secretaria de Agricultura. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. São Paulo, Campinas, 1979. 32 p. (Instruções Práticas, 153).
- ASSIS, A.F.F. A Secretaria da Agricultura e suas diretrizes básica em conservação do solo. Revista da CATI, Campinas, 1(1):45, out./dez. 1973.
- \_\_\_\_\_. Conservação do solo em cafezal. Secretaria da Fazenda/Superintendência dos Serviços do Cafe. São Paulo, 1950. 233 p. il.
- ASSIS, A.F.F. de & NETO, J.S. O Solo precisa ser conservado. 3 ed. rev. e atual. Campinas, 1979. 16 p. (Instrução Práticas, 136).

- AYRES, Q.C. La erosina del suelo y su control. Barcelona. Omega, 1960. 441 p.
- AZZI, G.M. & CARVALHO, P.C.T. de. A conservação do solo nas usinas de açúcar da região de Piracicaba. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 56 (2):6-25, ago. 1960.
- BAENA, A.R. Noções básicas de conservação e manejo dos solos. Lavras, 1978. 72 p.
- BARRETO, G.B.; BERTONI, J. e FORSTER, R. Perdas de terra e água em canais não vegetados. In: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 19, Campinas, SP, 1960. Anais, Campinas, SP, p. 373-376, 1960. Publicado também em Bragantia, Campinas, SP, 20(3): XXV-XXVIII, fev., 1961 (nota nº6).
- BARROS, W.D. de. A erosão no Brasil. Rio de Janeiro, Ministério da Viação e Obras Públicas, 1956. 350 p. il.
- \_\_\_\_\_. Plantas na conservação dos solos brasileiros. Rio de Janeiro, SIA 1961. 53 p. (Estudos Brasileiro, 14).
- BELART, J.L. Conceito de conservação. Belém, SUDAM, 1976. 111 p.
- BELTRAMA, L.F.S. & TAYLOR, J.C. Causas e efeitos da compactação do solo. Lavoura Arrozeira. Porto Alegre, 33(318):59-62, jan./fev. 1980.
- BENATTI JÚNIOR, R.; BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. Efeito de algumas práticas conservacionistas mecânicas na produção de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15º, Campinas, SP, jul., 1975. Anais, Campinas, SP, SBCS, p. 551-554, 1975.
- BENATTI JÚNIOR R.; BERTONI, J. e MOREIRA, C.A. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. Rev. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, 1(2-3):121-123, maio-dez., 1977.
- BENATTI, R. Cuidado com a erosão. Chácaras e Quintais. São Paulo. 60 (713):32-5, maio 1969.
- BERTONI, J. Sistemas coletores para determinação de perdas por erosão. Bragantia, Campinas, SP, 9(5-8):147-155, maio-dez., 1949.
- BERTONI, J. Conservação do solo e mecanização da agricultura. In: MESAS REDONDAS DO ALGODÃO, DO CAFÉ E DA CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1ª., São Paulo, SP, 1948/1949. Anais, São Paulo, SP, Soc. Rural Bras., 3:277-291, 1950.
- BERTONI, J. Conservação do solo em milho. In: CURSO DE EXTENSÃO RURAL PARA A DIVISÃO DE FOMENTO AGRÍCOLA, 1ª, Varnhagem, MG, 1957. Curso de Extensão Rural para a Divisão de Fomento Agrícola, Varnhagem, MG, p. 1-11, 1957.

- BERTONI, J. O espaçamento dos terraços em culturas anuais, determinado em função das perdas por erosão. Piracicaba, SP, 1957. 43 p. (Tese - Doutorado - ESALQ, USP).
- BERTONI, J. Determinação da velocidade de infiltração da água no solo por meio de diagramas de pluviôgrafos e linígrafos. Bragantia, Campinas, SP, 18(13):169-197, out., 1959.
- BERTONI, J. Rotação de culturas. Manual Técnico do Engenheiro Agrônomo Regional, São Paulo, SP, DATE, PDV, Secr. Agric., 7 p., 1961.
- BERTONI, J. Determinación de pérdidas por la erosión en Brasil. In: REUNIÓN LATINO-AMERICANA DE FITOTECNIA, Sa., Buenos Aires, 1961. Actas, Buenos Aires, 2:64,65, 1961.
- BERTONI, J. Pesquisas sobre conservação do solo no Estado de São Paulo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 14a., Curitiba, PR, 1962. Anais, Curitiba, PR, SBPC, 1962.
- BERTONI, J. Conservação do solo, um problema nacional. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 14a. Curitiba, PR, 1962. Anais, Curitiba, PR, SBPC, 1962.
- BERTONI, J. Conservação do solo. Ciência e Cultura, São Paulo, SP, 15 (4):315, dez. 1963.
- BERTONI, J. Conservação do solo. In: Cultura e Adubação do Cafeeiro, S. Paulo, SP, Inst. Bras. de Potassa, 1963, cap. V, p. 86-94.
- BERTONI, J. Cordões de vegetação permanente, uma prática simples de conservação do solo. In: ENCONTRO DE TÉCNICOS EM AGRICULTURA, 19, Campinas, SP, ag., 1964. Resumos, Campinas, SP, resumo nº 1, ag., 1964. Publicado também no B. Div. Ass. Tecn. Especializada (DATE) São Paulo, SP, 1965.
- BERTONI, J. Conservação do solo em pastagem. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 99, São Paulo, SP, 1965. Anais, São Paulo, SP, p. 583-586, 1965.
- BERTONI, J. Alguns aspectos do manejo do solo na cultura de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO, 6a., Piracicaba, SP, maio, 1965. Anais, Piracicaba, Secr. Agric. do Estado de São Paulo, e USP, p. 105-122, 1965.
- BERTONI, J. Soil conservation. In: COFFEE RESEARCH WORK AT INSTITUTO AGRONÓMICO. Instituto Agronômico, Campinas, SP, p. 18-20, oct., 1965.

- BERTONI, J. O plantio e o preparo do solo em contorno e as perdas por erosão. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 19, São Paulo, SP, abr. 1966. Anais, São Paulo, SP, Ed. Min. Agric., Secr. Agric. do Estado de São Paulo, p. 101-104, 1966.
- BERTONI, J. O plantio e o preparo do solo em contorno e o aumento da produção. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 19, São Paulo, SP, abr., 1966. Anais, São Paulo, SP, Ed. Min. Agric., Secr. Agric. do Estado de São Paulo, p. 393-395, 1966.
- BERTONI, J. A conservação do solo na Amazônia. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, Belém, PA, 1967. Atas, Conservação da Natureza e Recursos Naturais, Belém, PA, 7:69-77, 1967.
- BERTONI, J. A potencialidade erosiva da gota de chuva. Not. geomorfológica, Campinas, SP, Pont. Univ. Cat. Campinas, 7(13,14):55-56, jul. dez., 1967.
- BERTONI, J. Conservação do solo. Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, Seção de Conservação do Solo, 1968. 52p. (mimeografado).
- BERTONI, J. Establecimiento de un programa de conservación del suelo. AGL:DP/ARG/68/526, FAO, Roma, 1971, 53 p.
- BERTONI, J. Conservação dos recursos naturais: o solo. In: CICLO DE DEBATES SOBRE RECURSOS NATURAIS, MEIO AMBIENTE E POLUIÇÃO, Rio de Janeiro, RJ, 1975. Anais, Rio de Janeiro, RJ, SUPREN-IBGE. 9p., 1975.
- BERTONI, J. Nomograma para solução da equação de perdas de solo do Estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 29, Passo Fundo, RS, abr., 1978. Anais, Passo Fundo, RS, EMBRAPA, p. 325, 1978.
- BERTONI, J. e PASTANA, F.I. Relação chuva-perdas por erosão em diferentes tipos de solos. Bragantia, Campinas, SP, 23(1):3-11. jan. 1964. Publicado também In: REUNIAO DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 14a., Curitiba, PR, 1962. Anais, Curitiba, PR, p. , 1962. Publicado também em Ciência e Cultura, São Paulo, SP, 15(3):216, set., 1963.
- BERTONI, J; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F. e BENATTI JÚNIOR, R. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico, Éirc., Instituto Agronômico, Campinas, SP, (20):1-56, nov., 1972.

- BERTONI, J. e BENATTI JÚNIOR, R. Efeito, na produção de milho, da direção de plantio e dos tratos culturais. B. téc., Instituto Agrônômico, Campinas, SP, (8):1-12, jan., 1974. Publicado também In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 149, Santa Maria, RS, jul., 1973. Anais, Santa Maria, RS, p. 680-689, 1973.
- BERTONI, J.; BENATTI JÚNIOR, R e MOREIRA, C.A. Plantio direto da soja. O Agrônômico, Campinas, SP, 23:102-111, 1973.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. e BENATTI JÚNIOR, R. Cálculo de sistemas coletores. Circ., Instituto Agrônômico, Campinas, SP, (45):1-19, abr., 1975.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. e BENATTI JÚNIOR, R. Metodologia para a determinação de perdas por erosão. Circ., Instituto Agrônômico, Campinas, SP, (44):1-14, mar., 1975.
- BERTONI, J.; BENATTI JÚNIOR, R. e LOMBARDI NETO, F. Efeito de sistemas de preparo do solo: intensidade, profundidade e equipamento, na produção de culturas anuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 159, Campinas, SP, 1975. Anais, Campinas, SP, SBCS, p. 541-546, 1975.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. e BENATTI JÚNIOR, R. Estudo, em lisímetros monolíticos, de perdas de água e evapotranspiração, em três tipos de solos, sob diferentes condições de uso. Bragantia, Campinas, SP, 35(12):123-145, abr., 1976.
- BEZERRA, J.E.S. Influência de sistemas de manejo do solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um podzólico vermelho amarelo cambió distrófico, fase terraço e sobre a produção de milho (Zea mays l). Viçosa, Universidade Federal, 1978. 61 p. il. Tese para obtenção do grau de Magister Scientiae.
- BICUDO, A.A. Preparo do composto. Rio de Janeiro, MA/SIA, 1953. 23 p.
- BRANDÃO, S. Adubação Verde. Revista Ceres, Viçosa, 1:483-495, maio/jun. 1940.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. Legislação sobre conservação de solos. Brasília, 1978. 22 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Serviço Nacional de Formação de Profissional Rural. Conservação de solo e água; CBR. Brasília, 1979. 1v. il.

- CASSOL, E.A. Solos: formação, propriedades, utilização e conservação. In: Grande Manual Globo; agricultura, pecuária receituário industrial. Porto Alegre, Globo, 1978. v.1. p.162-172.
- CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA. Glosario de conservación de suelos y aguas. México, A.I.D. 1962. 221 p.
- COLEGIO DE POSTGRADUADOS. Chapingo. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo, 1977. 584 p. il.
- COLEGIO DE POSTGRADUADOS. Manual de conservación del suelo y del agua; instructivo. Chapingo, 1977. 248 p. il.
- CORREA, A.A.M. Conservação do solo. Dirigente Rural, Rio de Janeiro, 5 (7):51-96, abr. 1966.
- \_\_\_\_\_. Conservação do solo e da água. FIR, São Paulo, 12(4):49-53, dez. 1969.
- \_\_\_\_\_. Conservação do solo e da água. In: BRASIL. Ministério da Agricultura. Livro anual da agricultura 1968; revolução tecnológica. Brasília, 1968. p. 35-43.
- \_\_\_\_\_. Conservação do solo e educação da infância. Seleções Agrícolas, Rio de Janeiro, 15(165):23-24, jan. 1960.
- \_\_\_\_\_. Métodos de combate à erosão do solo. Rio de Janeiro, SIA, 1959, 152 p.
- CRUZ, A.L. da. Adubação verde. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola - M.A., 1958. 42 p.
- DEFESA dos solos gauchos contra a erosão. Dirigente Rural. São Paulo, 19 (6):50-55, jun. 1980.
- ELTZ, F.L.F. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. solo da unidade de mapeamento São Jerônimo - primeira etapa experimental. Porto Alegre, UFRGS/Faculdade de Agronomia, 1977. 97 p. il. Tese apresentada como um dos requisitos ao grau de Mestre em Agronomia - Área de concentração solos.
- EMATER. Amazonas/SUFRAMA. Recomendações técnicas sobre manejo e conservação de solos no Estado do Amazonas. Manaus, 1977. 15 p. (Distrito Agropecuario da SUFRAMA, 7).

- EMBRAPA, SNLCS. Práticas de conservação de solos. SNLCS, Série Miscelânea, 3, Rio de Janeiro, 1980, 88 p.
- EMATER. Seminário de uso e manejo das terras, resumo das palestras. Manaus, 04 a 08 de julho de 1977. Manaus, 1977. 106 p. il.
- FERNANDES, M.R. & RODRIGUES, R.A. Água, solo e vida. EMATER. Minas Gerais. 2 ed. Belo Horizonte, 1980.
- FERNANDES, M.R. Planejamento conservacionista simplificado. EMATER. Minas Gerais. Boletim Técnico, Belo Horizonte, 1980. 12 p. il.
- \_\_\_\_\_. Práticas conservacionistas para área acidentadas dos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. EMATER. Minas Gerais. Belo Horizonte, s.d. 45 p. il.
- FREITAS, E.C. Conservação: o trabalho da Embrapa na pesquisa dos solos. Agricultura a Froça Verde, Brasília, 2(17):60-1, abr. 1979.
- FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. Conceito de conservação. Trad. J.L. Belart. Belém, SUDAM, 1976. 111 p. (Divulgação, 7).
- \_\_\_\_\_. Plano do sistema de unidade de conservação do Brasil. Brasília, 1979. 107 p.
- FUNDAÇÃO EDUCACIONAL PADRE LENDELL DE MOURA - FEPLAM, Porto Alegre. Manual de Conservação do Solo. 2.ed. Porto Alegre, 1975. 63 p. il.
- FUNDAÇÃO GAÚCHA DO TRABALHO. Conservação do Solo; manual de instrução. Rio de Janeiro, José Olympio, 1973. Mod. 1, 2.
- GALETI, P.A. Consciência técnica na batalha contra erosão. Agricultura de Hoje, 2(14):60-4, maio 1976.
- \_\_\_\_\_. & SANTIAGO, A.C. O Manejo do solo e da água. São Paulo, Nestlé, 1969. 122 p.
- GUEDES, L.V.M. Características e vantagens do plantio direto. Agroquímica Ciba-Geigy. São Paulo, (9):16-21, 1979.
- \_\_\_\_\_. Uma técnica que controla a erosão. A Granja, Porto Alegre, 35(377): 58-61, jun. 1979.
- \_\_\_\_\_. As vantagens do plantio direto no combate à erosão. A Lavoura. Rio de Janeiro, 82:56-57, jan./fev. 1979.

- GUSTAFSON, A.F. Uso y explotación de los suelos. Buenos Aires, Suelo Argentino, 1948. 539 p. il. (Biblioteca "Suelo Argentino").
- HELD, R.B. & CLAWSON, M. Conservação do solo; passado, presente e futuro. Rio de Janeiro, O Cruzeiro, 1975, 315 p.
- HENIN, S. et alii. Os solos agrícolas. Rio de Janeiro, FORENSE, 1976. 334 p.
- HOMBEECH JUNIOR, C. Von. Preservação e uso dos recursos de água e solo; aspectos legais que regem a política brasileira para o setor. Ministério do Interior. Brasília, 1977. 48 p.
- HULL, W.X. ed. Manual de conservação de solo. Rio de Janeiro, Aliança para o Progresso, 1950. 307 p. il.
- ILIVEIRA, J.B. Noções básicas sobre conservação de solo. Ceará, 1973. 35 p. il.
- LEME, H.A. de. Cultivo mínimo, nova técnica da agricultura tratorizada como prática na conservação dos solos. Sítios e Fazendas, São Paulo, 28(4):56-58, abr. 1962.
- LEPSCH, I.F. Solos - formação e conservação. São Paulo, Melhoramentos, 1977. 160 p. il.
- LIMA, M.R. & SALVIO NETO J. Há uma tabela de espaçamentos para terrações: saiba como usá-las. Agricultura e Pecuária, Rio de Janeiro, (566):5-7, dez. 1971.
- LIMA, O.F. Como se destrói o solo e como se evita sua destruição. Agricultura e Pecuária. Rio de Janeiro, (576):6-7, out. 1972.
- \_\_\_\_\_. Métodos educacionais conservacionistas. Sorocaba, 1972. 9 p.
- \_\_\_\_\_. Terraceamento. Sorocaba, s.d. 31 p. il.
- LIMA, P.O.de. Adubação verde para as terras cansadas. Brasil Açucareiro Rio de Janeiro, 69(1):35-39, jan. 1967.
- LOMBARDI NETO, F. Universal soil loss equation 'USLE), runoff erosivity factor, slope length exponent, and slope steepness exponent for individual storms. West Lafayette, Indiana, 1979, 127. (Tese (Doctor of Philosophy) - Purdue University Library).

- LOMBARDI NETO, F. e BERTONI, J. Manejo dos restos culturais: efeito da queima sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo e sobre a produção do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14º, Santa Maria, RS, jul., 1973. Anais (Resumos), Santa Maria, RS, p. , 1973.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. e BENATTI JÚNIOR, R. Práticas conservacionistas em cafezal e as perdas por erosão em solos podzolizados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15º, Campinas, SP, jul., 1975. Anais, Campinas, SP, p. 559-562, 1975.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. e BENATTI JÚNIOR, R. Manejo do solo e dos restos culturais do milho e as perdas por erosão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15º, Campinas, SP, jul., 1975. Anais, Campinas, SP, p. 537-540, 1975.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. e BENATTI JÚNIOR, R. Práticas conservacionistas em cafezal e as perdas por erosão em Latossolo Roxo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15º, Campinas, SP, jul. 1975. Anais, Campinas, SP, p. 581-584, 1975.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. e BENATTI JÚNIOR, R. Efeito de algumas práticas conservacionistas vegetativas na produção de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15º, Campinas, SP, jul., 1975. Anais, Campinas, SP, p. 547-550, 1975.
- LOMBARDI NETO, F. e BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. B.Téc. Instituto Agronômico, Campinas, SP, (27):1-12, set., 1975.
- LOMBARDI NETO, F. e BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo. B. Téc. Instituto Agronômico, Campinas, SP, (28):1-12, out., 1975.
- LOMBARDI NETO, F. e ARRUDA, F.B. Sistemas para determinação do escoamento superficial em estudos de balanço hídrico. Bragantia, Campinas, SP, 35(1):XV-XVIII, jan., 1976 (nota nº 4).
- LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. de.; SILVA, I.R. da. e BERTONI, J. Simulador de chuva e sua utilização em pesquisa de erosão do solo. Circ. Instituto Agronômico, Campinas, SP, 1979 (no prelo).

- MARQUES, J.Q. de A. Desproporção entre o tempo de construção pela natureza e o de destruição pelo homem. Seiva, Viçosa, MG, 3(9): 1942.
- MARQUES, J.Q. de A. Problemas do Brasil; o problema da erosão no Brasil e a nova Estação Experimental de Conservação do Solo da Escola Superior de Agricultura de Viçosa. Seiva, Viçosa, MG, 3(10):8-11, , 1942.
- MARQUES, J.Q. de A. Importância do problema de conservação dos solos. Ceres, Viçosa, MG, 1(23):291-298, maio-jun., 1943.
- MARQUES, J.Q. de A. Controle da erosão. Ceres, Viçosa, MG, 5(26):121-134, nov.dez., 1943.
- MARQUES, J.Q. de A. Organização geral da Estação Experimental de Conservação do Solo da Escola Superior de Agricultura de Viçosa. Ceres, Viçosa, MG, 5(25):46-52, set.-out., 1943.
- MARQUES, J.Q. de A. Nota prévia sobre um novo conjunto mecânico para terraceamento e trabalhos similares. Bragantia, Campinas, SP, 4(10): 593-625, out., 1944.
- MARQUES, J.Q. de A. Princípios básicos de sistemas de cultura em faixas. Ceres, Viçosa, MG, 6(35):288-297, set.-out., 1945.
- MARQUES, J.Q. de A. Plantio em contorno para combater a erosão. Notas Agrícolas, São Paulo, SP, Secr. Agric., Ind. e Com., nº 16, (série avulsa), jul., 1946.
- MARQUES, J.Q. de A. Conservação do solo. Chácaras e Quintais, São Paulo, SP, 73(3):298-300, março, 1946.
- MARQUES, J.Q. de A. Cultura em faixa. Revista dos Criadores, São Paulo, SP, Associação Paulista dos Criadores de Bovinos, 17(7):67-73, jul., 1946.
- MARQUES, J.Q. de A. Sugestões para a solução do problema de conservação dos solos. Colheitas e Mercados, B. Divulgação do D.P.V., São Paulo, SP, 4(78):27-33, jul.ago., 1948. Publicado também In: MESAS REDONDAS DO ALGODÃO, DO CAFÉ E DA CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1a., São Paulo, SP, 1948/1949. Anais, São Paulo, SP, Soc. Rural Bras., 1: 287-321, 1950.
- MARQUES, J.Q. de A. Política de Conservação do Solo. Serviço de Informação Agrícola (SIA), Rio de Janeiro, RJ, Ministério da Agricultura, 734: 1-73, 1949. Publicado também In: MESAS REDONDAS DO ALGODÃO, DO CAFÉ E DA CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1a., São Paulo, SP, 1948/1949. Anais, São Paulo, SP, Soc. Rural Bras., 3: 811-871, 1950.

- MARQUES, J.Q. de A. A conservação das máquinas agrícolas. Serviço de Informação Agrícola, (SIA), Rio de Janeiro, RJ, Ministério da Agricultura, 508: 1-12, 1949.
- MARQUES, J.Q. de A. Conservação do solo: sugestões para a solução do problema no Estado de São Paulo. In: MESAS REDONDAS DO ALGODÃO, DO CAFÉ E DA CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1a., São Paulo, SP, 1948/1949. Anais, S. Paulo, SP, Soc. Rural Bras., 1: 287-321, 1950.
- MARQUES, J.Q. de A. Pesquisas sobre conservação do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2a., Campinas, SP, jul., 1949. Anais, Campinas, SP, p. 683-732, 1949.
- MARQUES, J.Q. de A. Planejamentos conservacionistas. In: MESAS REDONDAS DO ALGODÃO E DA CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1a. São Paulo, SP, 1948/1949. Anais, São Paulo, SP, Soc. Rural Bras., 3: 295-301, 1950.
- MARQUES, J.Q. de A. Conservação do solo em cafezal. B. Superint.Serv. Café, São Paulo, SP, Secr. Agric., 234 p., 1949.
- MARQUES, J.Q. de A. Processos modernos de preparo do solo e defesa contra a erosão. B., Instituto Central de Fomento da Bahia, (19):1-198, 1950.
- MARQUES, J.Q. de A. Determinação de perdas por erosão. Archivo Fito-técnico del Uruguay, Montevideo, Instituto Fitotécnico y Semillero Nacional "La Estanzuela", 4(3):505-556, 1951.
- MARQUES, J.Q. de A. Os recursos naturais renováveis do Brasil, seu potencial, sua exploração e sua conservação. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO SOBRE PROBLEMAS DA TERRA, Campinas, SP, 6p., 1953.
- MARQUES, J.Q. de A. Conservação do solo. B., Instituto Agronômico, Campinas, SP, (86): 1-13, maio, 1957.
- MARQUES, J.Q. de A. Levantamentos e planejamentos conservacionistas. A Rural, Rev. Soc. Rural Bras., São Paulo, SP, 37(430):38-43, fev.1957.
- MARQUES, J.Q. de A. Conservação do solo em cafezal. 16a. aula teórica do curso de pós-graduação em cafeicultura, Instituto Agronômico, Campinas, SP, 18p., 1955.
- MARQUES, J.Q. de A. Conservação do solo no Brasil. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1º, São Paulo, SP, abr., 1966. Anais, São Paulo, SP, p. 777-782, 1966.

- MARQUES, J.Q. de A.; GROHMANN, F. e BERTONI, J. Levantamento e classificação das terras para fins de conservação do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2a., Campinas, SP, jul., 1949. Anais. Campinas, SP, p. 651-682, 1949.
- MARQUES, J.Q. de A.; GROHMANN, F.; BERTONI, J. e ALENCAR, F.M.A. de. Algumas conclusões gerais preliminares das determinações de perdas por erosão realizadas em São Paulo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3a., Recife, PE, jul., 1951. Anais, Recife, PE, p. 775-804, 1951.
- MARQUES, J.Q. de A.; BERTONI, J. e GROHMANN, F. Levantamento conservacionista. B., Instituto Agronômico, Campinas, SP, (67):1-33, jul., 1955.
- MARQUES, J.Q. de A.; BERTONI, J. e GROHMANN, F. Determinação de perdas por erosão em São Paulo, de 1943 a 1953. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE AGRONOMIA, 29, Piracicaba, SP, mar.-abr., 1954. Anais, Piracicaba, SP, p. 436-438, 1954.
- MARQUES, J.Q. de A. Manual Brasileiro para Levantamentos Conservacionistas, 2a. aprox. Escritório Técnico de Agricultura Brasil-Estados Unidos (ETA), Rio de Janeiro, RJ, 135p., jul., 1958.
- MARQUES, J.Q. de A. e BERTONI, J. Sistemas de preparo do solo em relação à produção e à erosão. Bragantia, Campinas, SP, 20(9):403-459, abr., 1961.
- MARQUES, J.Q. de A.; BERTONI, J. e BARRETO, G.B. As perdas por erosão no Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, SP, 20(47): 1143-1181, nov. 1961.
- MONDARDO, A. Conservação do solo. EMBRATER/EMBRAPA. Brasília, 1978. 35p. il.
- \_\_\_\_\_. Normas técnicas; conservação do solo - região centro-oeste. Dourados, 1977. 44 p.
- MONTEIRO, J. de A. Conservação dos recursos em terra. Informativo Estatístico de Minas Gerais, Belo Horizonte, 6(63):5-19, 1970.
- NOLLA, D. & WUNSCH, W.A. Conservação integral do solo e suas implicações ecológicas. Engenheiro Agrônomo, Porto Alegre, 1(2):11-4, jan. 1979.
- NOLA, D. Erosão do solo, o grande desafio. Secretaria de Agricultura, Porto Alegre, 1982, 412 p.

- OLIVEIRA, L.B. de. O estudo físico do solo e a aplicação racional de técnicas conservacionistas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 2:281-285, 1967.
- OSORIO, F.H.S. Importância da conservação do solo. A Granja, Porto Alegre, 24(242):30-40, mar. 1968.
- PACHECO, E.B. Conservação e preparo do solo. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, 5(56):14-16, ago.1979.
- PARANÁ. Secretaria de Agricultura. Manual de conservação do solo. Curitiba, s.d. 86 p. il.
- PASSOS, H.G. Conservação do solo. A Granja, Porto Alegre, (293):28-32, jun. 1972.
- PINTO, L.R.L. Alguns aspectos da conservação do solo. Agronomia, Rio de Janeiro, 15(3):181-203, jul./set. 1956/1957.
- PINTO, L.R.L. Planejamento conservacionista. Agronomia, Rio de Janeiro 15(3):205-215, jul./set. 1956/1957.
- POTTKER, D. Efeitos do tipo de solo, tempo de cultivo e da calagem, sobre a mineralização da matéria orgânica em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS/Faculdade de Agronomia, 1977.
- PUNDEK, M. Manual de conservação do solo. ACARESC. Florianópolis, s.d. 23 p. il.
- QUEIROZ, C.C. Práticas de uso, manejo, conservação e recuperação do solo de custo reduzido. EMBRATER. Brasília, 1980.
- RECHE, A. Erosão: a morte lenta do solo. Agricultura de Hoje, Rio de Janeiro, 5(51):34-6, ago. 1979.
- \_\_\_\_\_. Plantio direto: a proteção do solo. Agricultura de Hoje, Rio de Janeiro, 4(39):32-3, jul. 1978.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Manual técnico; conservação do solo e da água. Campinas, 1978. lv. il.
- \_\_\_\_\_. Práticas de controle à erosão; tabelas de espaçamento. Campinas, 1979.
- \_\_\_\_\_. Regulamentação para concursos de conservação do solo. São Paulo, 1974, 12 p.

- SEMINÁRIO DE CONSERVAÇÃO DOS SOLOS E DA ÁGUA, 2. Bandeirantes, 24 e 25 de agosto de 1978. Anais. Curitiba, EMATER-PR, 1978. 41 p. il.
- SILVA, J.G., LIMA, R.K. & SILVA, P.C. Conservação do solo. Rio de Janeiro, Fundação Gaúcha do Trabalho, 1973. 50 p.
- SILVA, R.F. Defesa contra a erosão custa pouco e rende muito. Agricultura e Pecuária, Rio de Janeiro, (560):6-7, jun. 1971.
- SILVA, R. da. Prados e canais escoadouros conservam o solo. FIR; São Paulo, 11(11):52-53, jul. 1969.
- SILVA, R.F. da. Algumas práticas usadas na conservação do solo. São Paulo. Secretaria de Agricultura. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Campinas, 1969. 15 p. (Instruções Práticas - SCR, 56).
- \_\_\_\_\_. Como conservar o solo e a água. Campinas, 1970 (Informações Práticas, 67).
- \_\_\_\_\_. A erosão e seu controle. Campinas, São Paulo, 1970. 14 p. il. (Instruções Práticas, 66).
- SCHMITT, B. Minhocas podem ajudar na recuperação do solo. Agricultura de Hoje. Rio de Janeiro, 4(47):23-3, abr. 1979.
- SCHRADER, O.L. Serviço de conservação dos solos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América do Norte. Agronomia, Rio de Janeiro, 8(2):137-149, abr./jun. 1949.
- SCHULTZ, C.A. Manual do plantio direto; técnicas e perspectivas. Porto Alegre, Agropecuária, 1978. 84 p. il.
- SCHULTZ, L.A. Métodos de conservação do solo. Porto Alegre, SAGRA, 1978. 74 p. il.
- STOCKING, M. Modelling soil Losses: suggestions for a brasilian approach. Mission Report. UNDP Proj. BRA/82/011. FAO proj. TCP/BRA/2201, Brasília, 61 p., 1982.
- TAYLOR, J.C. & BELTRAME, L.S.F. Por que, quando e como utilizar a subsolagem. Lavoura Arrozeira. Rio de Janeiro, 33(321):33-34, maio/jun. 1980.
- TORRES FILHO, A. É urgente cuidar da conservação dos solos agrícolas. Seleções Agrícolas, Rio de Janeiro, 15(170):5-6, jun. 1960.

UNTAR, A. Conservação do solo. Revista EMATER-MT, Cuiabá, 1(3):13-14, dez. 1977.

\_\_\_\_\_. Conservação do solo erosão e quanto custa. Revista EMATER-MT, 1(5):20-21, mar./maio 1978.

\_\_\_\_\_. Estágio da conservação em Mato Grosso. Revista EMATER-MT, Cuiabá 1(4):20-21, jan./fev. 1978.

\_\_\_\_\_. Medidas práticas de conservação do solo. Revista EMATER-MT, Cuiabá, 2(6):34-8, jun./set. 1978.

USAID. Manual de conservação do solo. Rio de Janeiro, 1950. 307 p. il.

VERDADE, F. da C.; GROHMANN, F. e MARQUES, J.Q. de A. Perdas de elementos nutritivos pela erosão: I. Nitrogênio e suas relações com as quantidades existentes no solo e na água da chuva. Bragantia, Campinas, SP, 15(10):99-106, jun., 1956.

VICENTE, J.C. da et alii. Recomendações para o preparo do solo com base no controle à erosão. Sete Lagoas-MG, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, s.d. Sp.

WORTHEN, E.L. Suelos agrícolas; su conservación y fertilización. Traducción de José Luiz de la Loma. 2.ed. México, UTHEA, 1959. 416p. il.

ZENKER, R. Conservação do solo. Porto Alegre, Fecotrigo, 1977. 18 p. il. (Edições Fecotrigo, 1).

ZNAMENSKIY, V. Fertilidade do solo, problemas de erosão e práticas agropecuárias de Goiás. Goiânia, 1967. 86 p.

BIBLIOGRAFIA

## INTERNACIONAL

- BERGSMA, E. Soil erosion hazard mapping on an area near Merida (Spain). Workshop assesment of erosion in USA and Europe. Ghent, 1978.
- CABLIK, J., JÚVA, K. Soil erosion control, SZN, Prague, 1963.
- CARSON, M.A. The mechanics of erosion. Monographs in Spatial and Environmental Systems Analysis. Pion ed. London, 1971, 174 p.
- CASENAVE, A. Le mini-simulateur de pluie: conditions d'utilisation et principes de l'interpretation des mesures. Cah. ORSTOM, série Hydrol., vol. XIX, n<sup>o</sup> 4, 1982, pp. 207-228.
- CHISCI G., DEGIDIO, G. & SFALANGA, M. Misure del trasporto solido in alcune ricerche agro-idrologiche. Atti convegno "Misma del trasporto solido al fondo nei corsi d'acque." CNR-P.F. "Conservazione del suolo". Firenze, B.2.2.5, 1977.
- DENEUVE, H. Les travaux de défense contre l'érosion en France. Bull. Techn. Inform. Min. Agricul. Paris, 1950. pp. 50-51 et 45-56.
- DOWNES, R.G. Institution building for soil and water conservation in Brasil. Report project BRA/82/011. Mineo. a soil and water conservation 1982, 38 p.
- \_\_\_\_\_. Soil conservation in Iran. FAO Report LA; Misc/67/44, mineo. 1967.
- \_\_\_\_\_. Land, Land use and soil conservation. In: Conservation, C. 2. Pelican books, Constin e Frith ad., 1971.
- ESTADOS UNIDOS. Soil conservation Service. Engineering field manual for conservation practices. Washington, D.C., 1969.
- \_\_\_\_\_. Sediment sources, yields and delivery ratios. In: National Engineering Handbook, Section 3, Sedimentation. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, 1971.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Manual de conservação do solo. Washington, International Cooperation Administration, 1960. 307 p.
- \_\_\_\_\_. Secretaria de Estado. Serviço de Conservação de Solos. Manual de conservacion de suelos. 2.ed. México, Limusa, 1973. 332 p. il.
- F.A.O. La défense des terres cultivées contre l'érosion hydrique. Coleção "Progrès et mise en valeur, Agriculture", 81, FAO, Rome, 1967, 202p.
- \_\_\_\_\_. Schifting cultivation and soil conservation in Africa. FAO/SIDA/ARCN Seminar, Ibadan, Julho 1973, in "Soils bulletin", 24, Rome, 1974, 248 p.
- \_\_\_\_\_. Techniques spéciales de conservation. Cahier F.A.O. conservation des sols, 4, Rome, 1974, 104 p.
- FAO. Soil conservation an international study. Roma, s.d. 189 p. il. (FAO Agricultural Studies, 4).

- \_\_\_\_\_. La conservation des sols dans les pays en développement. Bulletin pédologique de la FAO, 30, Rome, 1976, 92 p.
- \_\_\_\_\_. L'influence de l'homme sur le cycle hydrologique. Coleção Irrigação et drainage. Numero especial, 17, Rome. 1965.
- \_\_\_\_\_. Legislative principles of soil conservation. Soil bulletin, 15, por CHRISTY, L.C. and Soil resources development and conservation Service. Land and Water Development Division, FAO, Rome, 1971.
- \_\_\_\_\_. La conservation des sols. Etude internationale. Etude agricole FAO, n° 4, FAOT. Rome. 1962.
- \_\_\_\_\_. FAO/UNDP projet. Upland development and Watershed Management. AGL:DP/ROK/65/522. FAO. Rome. 1974.
- \_\_\_\_\_. A erosion del suelo por la agua. Cuadernos de Fomento Agropecuario, 81, F.A.O., Paris, 1976. 207 p.
- \_\_\_\_\_. L'aménagement des bassins versants. Cahier FAO conservation des sols n° 1, FAO. Rome. 1977. 356 p.
- FOURNIER, F. Climat et erosion. La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. P.U.F. Paris, 1960. 201 p.
- \_\_\_\_\_. Conservation des sols. Conseil de l'Europe, Coll. Sauvegarde de la Nature en Europe. Vol. 5, Strasbourg, 1972. 206 p.
- GARD, L.E., VAN DOREN, C.A. Soil losses as affected by cover, rainfall and slope. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 14, 1949, pp. 374-380.
- HENIN, S. L'érosion liée à l'activité agricole en France. In: Colloque sur l'érosion agricole des sols en milieu tempéré non méditerranéen. C. Rendus. Strasbourg, 1979. 251 p.
- HOLY, M. Erosion control. SNTL/ALFA, Prague, 1978.
- HOLY, M. Erosion and environment. Pergamon Press ed. Oxford, 1980, 225 p.
- \_\_\_\_\_. & GREENLAND, D.T. Soil physical properties and crop production in the tropics. Wiley interscience public. New-York, 1979, 551 p.
- KIRKBY, M.J. & MORGAN, R.P.C. Soil erosion: a publication of the British Geomorphological Research Group. Wiley-interscience Publication New-York, 1980, 312 p.
- KOOLHAAS, M.H. La equacion universal de perdida de suelo. Montevideo, Fac. de Agronomía, Boletim, 130, 1977. 39 p.
- LAL, R. Erosivity in tropical countries. FAO/UNEP Consultation on Methodology for assessing soil degradation. Rome, pp.18-20, 1977. 12 p.
- MORGAN, R.P.C. Soil erosion. Topics in applied geography. Longman editors. London, 1980. 113 p.

- \_\_\_\_\_. Soil erosion in the United Kingdom : field studies in the silsoe area. 1973-75. Nat. Coll. Agr. Engng. Silsoe, occasional Paper 4, 1977.
- \_\_\_\_\_. Estimating regional variations in soil erosion hazard in Peninsular Malaysia. Malay. Nat. J. 28, 1974. pp. 94-106.
- RICHTER, G. Soil erosion mapping in Germany. Workshop assessment of erosion in USA and Europe. Ghent 27/2/1978.
- ROOSE, E.J. Contribution à l'étude de la resitance à l'érosion de quelques sols tropicaux. In: C.R. X<sup>e</sup> Congrès Soc. Int. Sci. Sol, Moscou, 11, 1974, pp. 54-61.
- \_\_\_\_\_. Use of the universal soil loss equation to predict erosion in West Africa. In: S.S.S.A. Special publication, n° 21, 1976, pp. 60-74.
- \_\_\_\_\_. Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées. Trav. et doc. ORSTOM, n° 130, Paris, 1981. 569 p.
- SELBY, M.J. Slope erosion due to extreme rainfall: a case study from New-Zealand. Geografiska Annaler 58 A, 3, 1976, pp. 138.
- SAONE, B. D. (1973) Review of cultivation and compaction research. Nat. Inst. Agric. Eng. Scottish Station, Subject Day Paper, n° 2, 1973, 58p.
- STOCKING, M.A., ELWELL, H.A. Soil erosion hazard in Rhodesia. Rhod. Agric. J., 70, 1973, pp. 93-101.
- \_\_\_\_\_. Rainfall erosivity over Rhodesia. Trans. Inst. Br. Geogr. New Series, 1, pp. 231-245, 1976.
- \_\_\_\_\_. Modeling soil losses. Suggestions for a brasilian Approach. Mission report FAO TCP/BRA/2201, Brasilia, Agosto 1982, 61 p.
- THORNES, J.B. Semi-arid erosional systems: case studies from Spain. Geograph pap. 7, London School of Economics and political Science, 1976 75 p.
- TONDEUR, G. Erosion du sol spécialement au Congo Belge. Publication des services de l'agriculture du Ministère des Colonies et du Gouvernement Général du Congo Belge, Bruselles, 3<sup>e</sup>ed. 1950, 240 p.
- VALENTIN, C. Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdesertique. Dynamique de formation et conséquences sur l'économie en eau. These 3<sup>e</sup>cycle. Univ. Paris VII, 1981, 229 p.
- ZACHAR, D. Soil erosion, SAV, Bratislava, 1970.