

**Embrapa**  
**Semi-Árido**

**Embrapa**  
**Solos**

Cenários geoambientais e ...  
2007 LV-PP-2007.00409



CPATSA-13426-1

**ig Tech Consultoria Ltda**



## CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS DA REGIÃO NORDESTE: POTENCIALIDADES E DEMANDAS DE MODELOS DE GESTÃO DOS RECURSOS DE ÁGUA E SOLO



631.4  
C376c  
2007  
LV-PP-2007.00409

Recife  
Janeiro de 2007



**CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS DA REGIÃO NORDESTE:  
POTENCIALIDADES E DEMANDAS DE MODELOS DE GESTÃO  
DOS RECURSOS DE ÁGUA E SOLO**

Editor:  
Antonio Cabral Cavalcanti

Autores:  
Antonio Cabral Cavalcanti <sup>1/</sup>  
Maria Sonia Lopes da Silva <sup>2/</sup>  
Dalvino Troccoli Franca <sup>3/</sup>  
Eder João Pozzebon <sup>4/</sup>  
José Monteiro Soares <sup>5/</sup>

- <sup>1/</sup> Eng. Agrôn. D.Sc. Especialista em Solo e Meio Ambiente (ex-Pesquisador da EMBRAPA Solos)  
<sup>2/</sup> Eng. Agrôn. D.Sc. Pesquisadora da EMBRAPA Semi-Árido. Especialista em Manejo de Solo e Água  
<sup>3/</sup> Arquiteto M.Sc. em Recursos Hídricos – Diretor da Agência Nacional de Águas (ANA)  
<sup>4/</sup> Eng. Agrôn. D.Sc. Analista de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA)  
<sup>5/</sup> Eng. Agrôn. D.Sc. Pesquisador da EMBRAPA Semi-Árido, Especialista Irrigação e Drenagem



**Holding Tech Consultoria Ltda**



Recife  
2007

13426



# CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS DA REGIÃO NORDESTE: POTENCIALIDADES E DEMANDAS DE MODELOS DE GESTÃO DOS RECURSOS DE ÁGUA E SOLO

## Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1. Extensão (em km <sup>2</sup> ) e percentagem dos Grandes Cenários Geoambientais e Ecossistemas .....	5
Tabela 2.1 – Estado do Maranhão .....	6
Tabela 2.2 – Estado do Piauí .....	6
Tabela 2.3 – Estado do Ceará .....	6
Tabela 2.4 – Estado do Rio Grande do Norte .....	7
Tabela 2.5 – Estado da Paraíba .....	7
Tabela 2.6 – Estado de Pernambuco .....	7
Tabela 2.7 – Estado de Alagoas .....	8
Tabela 2.8 – Estado de Sergipe .....	8
Tabela 2.9 – Estado da Bahia .....	8
Tabela 2.10 – Norte de Minas Gerais .....	9

## Lista de Figuras

	Página
Fig. 1. <b>ANEXO: MAPA DOS CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS DA REGIÃO NORDESTE E NORTE DE MINAS GERAIS POTENCIALIDADES E DEMANDAS DE MODELOS DIFERENCIADOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS</b>	
Fig. 2. Regiões Hidrográficas do Brasil, segundo metodologia Otto Pfafstetter, adotada pela Agência Nacional de Águas - ANA .....	9
Fig. 3. Mapa Reduzido dos Cenários Geoambientais e Ecossistemas, com destaque para as unidades de zona úmida .....	11
Fig. 4. Paisagem de um trecho da baixada litorânea com praias, coqueiros e vegetação de restinga .....	12
Fig. 5. Detalhe de uma baixada litorânea com um sombrio esgoto poluindo diretamente suas praias. Município de Maceió-AL .....	12
Fig. 6. Detalhe pitoresco de um trecho dos Lençóis Maranhenses: dunas móveis permeadas de lagoas interligadas. ....	12
Fig. 7. Retrato de um mangue em seu estado natural .....	13
Fig. 8. Retrato de um mangue poluído por detritos .....	13
Fig. 9. Zona Úmida Costeira – <u>Setor Rural</u> – Superfícies movimentadas – relevo ondulado a montanhoso (ou escarpado), mostrando os topos cultivados de forma correta, enquanto as encostas se encontram preservadas com a vegetação natural de floresta .....	14
Fig. 10. Zona Úmida Costeira – <u>Setor Rural</u> – Superfícies movimentadas – relevo ondulado e forte ondulado, mostrando toda a área cultivada, erroneamente, com cana-de-açúcar, sem preservação das encostas e submetendo-as ao risco de erosão .....	14
Fig. 11. Perfil de Latossolo Amarelo Distrófico textura argilosa .....	15
Fig. 12. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo .....	15
Fig. 13. Zona Úmida Costeira – <u>Setor Rural</u> – Ampla superfície de “tabuleiro litorâneo” cultivado com cana-de-açúcar, vendo-se, ao fundo, parte da cidade de Maceió – AL .....	15
Fig. 14. Zona Úmida Costeira – <u>Setor Rural</u> – Terraço fluvial em destaque, na tangência com encostas movimentadas de relevo forte ondulado, cultivadas erroneamente .....	15
Fig. 15. Zona Úmida Costeira – <u>Setor Rural</u> – Terraço fluvial (várzea) usado com pastagem, ladeado por Encostas movimentadas com relevo ondulado e forte ondulado .....	15
Fig. 16. Encostas protegidas com vegetação natural .....	17
Fig. 17. Encostas desprotegidas, concorrendo para erosão e para assoreamento do leito dos rios .....	17
Fig. 18. Poluição nas margens do Rio Capibaribe, Pernambuco .....	17
Fig. 19. Zona Úmida Costeira – <u>Setor Urbano</u> . Áreas de grandes riscos para construção civil: áreas movimentadas ou próximas das encostas de tabuleiro. Maceió-AL .....	19
Fig. 20. Zona Úmida Costeira – <u>Setor Urbano</u> . Áreas de grandes riscos para construção civil: áreas próximas das encostas de tabuleiro, mostrando também um fundo de vale com áreas das mais susceptíveis de poluição. Município de Maceió-AL .....	19
Fig. 21. Fábricas às margens da lagoa de Mundaú, oferecendo grandes riscos de contaminação por poluentes químicos. Maceió-AL .....	19
Fig. 22. Planície litorânea de Maceió (anexa à Zona Úmida Costeira – Setor Urbano) submetida a intensa poluição por detritos e dejetos .....	20



Fig. 23. Paisagem de um de Cenário Geoambiental e Ecossistema da Zona Úmida de Altitude, notando-se o relevo suave ondulado e ondulado, muito uso agrícola e remanescente da vegetação de floresta tropical...	23
Fig. 24. Detalhe de remanescentes da vegetação floresta tropical subperenifolia e subcaducifolia, que se estende do Brejo de Palmeiras a Serra dos Cavalos, município de Caruaru-PE .....	23
Fig. 25. Perfil de Argissolo A proeminente textura média/argilosa .....	24
Fig. 26. Paisagem de uma Zona Úmida de Altitude, com relevo suave ondulado e ondulado, e muito uso agrícola..	24
Fig. 27. Forma artesanal de irrigação: irrigação em cochos ou por sulco fechado, “irrigação maracanã”, comum na zona de brejos de Camocim-PE .....	24
Fig. 28. Paisagem do topo das extensas superfícies tabulares altimontanas – Platô da Pré-Amazônia – usado com pastagem. Altitudes da ordem de 700-800m BR 222 (Santa Inês – Imperatriz), a cerca de 50 km depois de Buritirama-MA .....	25
Fig. 29. Paisagem do Platô da Pré-Amazônia, com detalhe para o Latossolo Amarelo textura argilosa e muito argilosa relevo plano, cultivado com milho .....	26
Fig. 30. Encostas com relevo variando de ondulado a montanhoso, que constituem os dissecamentos dos platôs da Pré-Amazônia. Estrada Santa Luzia - Buritirama – MA .....	26
Fig. 31. Vista panorâmica de um vale, ladeado por encostas onduladas, vendo-se na linha do horizonte o topo dos platôs, completando a paisagem da Pré-Amazônia, Estrada Buritirama - Bom Jesus das Selvas – MA, ....	26
Fig. 32. Remanescentes de floresta tropical subperenifolia, vegetação natural que ocorre na região da Pré-Amazônia. Bom Jesus das Selvas – MA .....	27
Fig. 33. Pequeno açude recém-construído num vale estreito com encostas onduladas, na região da Pré-Amazônia, Município de Bom Jesus das Selvas – MA .....	27
Fig. 34. Foto tirada num vale onde a água subterrânea está a pequena profundidade (10-20 m), mas onde se registra grande dificuldade de seu transporte para as partes altas .....	28
Fig. 35. Poço tubular numa agrovila do INCRA, onde a água subterrânea é bombeada de uma profundidade de 250-280m (estando o nível estático aos 80-100m). Município de Bom Jesus das Selvas – MA .....	28
Fig. 36. Paisagem da Baixada Maranhense, notando-se a topografia aplanada com depressões e alagados. Vista da rodovia Peritoró – Santa Inês .....	29
Fig. 37. Baixada Maranhense, notando-se a intensa presença do babaçu, desmatado de forma espaçada, permitindo áreas livres para pastagem. Nota-se o vigor da brotação da pindoba (babaçu novo) .....	29
Fig. 38. Paisagem da Baixada do “Complexo de Campo Maior”, no Piauí, notando-se o relevo aplanado, o campo de pastagem com muita carnaúba e o fácil armazenamento de águas superficiais .....	30
Fig. 39. Paisagem de Campo Maior, no Piauí, notando-se o pastoreio de animais em campo de pastagem com muita carnaúba .....	30
Fig. 40. Paisagem da zona semi-árida de caráter atenuado, com caatinga hipoxerófila .....	32
Fig. 41. Paisagem da zona semi-árida de caráter acentuado, com caatinga hiperxerófila .....	32
Fig. 42. Zona semi-árida de caráter acentuado (caatinga hiperxerófila) com destaque para um painel de solos pouco profundos (60-90cm) da classe dos Luvissoles (Bruno Não Cálculos), de significativa ocorrência em toda a zona semi-árida .....	32
Fig. 43. Mapa reduzido dos Cenários Geoambientais e Ecossistemas, com destaque para a Zona Semi-Árida, incluindo cenários com condições macro-climáticas de transição, como grandes Chapadas, Chapadas baixas; e a presença de brejos de altitude que sobressaem nessas paisagens .....	34
Fig. 44. Vista panorâmica de uma superfície de Tabuleiro Sertanejo, notando-se o relevo aplanado; tendo ao fundo, na linha do horizonte, a Chapada do Araripe, com suas encostas íngremes Município de Ouricuri-PE. ....	35
Figs. 45, 46 e 47. Perfis de solos irrigáveis nos tabuleiros sertanejos: Latossolo Vermelho-Amarelo textura média (à esq.), Argissolo Vermelho-Amarelo (ao centro), e Argissolo Amarelo endoplântico (à direita), ambos textura média/média e argilosa .....	35
Figs. 48 e 49. Perfil de Argissolo endopedregoso (a esq.) e de Argissolo pedregoso (mais apropriadamente seria “Petrossolo”). .....	36
Fig. 50. Vista panorâmica de uma ampla superfície de pediplanação no semi-árido atenuado (zona do agreste), com muitos espelhos d’água. Foto tirada de um brejo de altitude, em período chuvoso (março-julho), município de Caruaru-PE .....	37
Fig. 51, 52 e 53. Alguns dos perfis de solos pouco profundos e rasos que ocorrem nas superfícies de pediplanação do semi-árido: à esq., Luvissole (Bruno Não Cálculos); ao centro, Planossolo Solódico; e a direita, Neossolo Litólico .....	38
Fig. 54. Grande afloramento de calcário metamórfico do grupo Bambuí, com seu aspecto ruiforme. Bom Jesus da Lapa – BA .....	42
Figs. 55 e 56. Perfis típicos de solos desenvolvidos de calcários das Formações Bambuí e Caatinga, respectivamente: CAMBISSOLO textura argilosa, de cor bruno forte; e VERTISSOLO, de cor bruno avermelhado escuro	



(chocolate) .....	42
Fig. 57 e 58. Perfis de Neossolos Quartzoarênicos: à esq., e, à direita, “Areias Quartzosas típicas”, ambos fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado .....	43
Fig. 59. Vista panorâmica de um terraço fluvial no semi-árido, onde os solos e a umidade oferecem boa potencialidade para uso agrícola .....	44
Fig. 60. Terraço fluvial, onde está sendo executado um perfeito sistema de drenagem, vendo-se um canal coletor para onde convergem os canais paralelos em tubos enterrados. Ilha de Assunção, no Rio São Francisco, Cabrobó-PE .....	45
Fig. 61. Paisagem de um açude, bem posicionado num vale com opções de uso múltiplo da água (Mole e Cardier, 1992) .....	46
Fig. 62. Exemplo de uma situação favorável: açude para obtenção de água de boa qualidade, com capacidade para 50.000 m <sup>3</sup> . Zona do semi-árido atenuado. São João do Piauí .....	46
Fig. 63. Situação contrastante: coleta de água em um pequeno açude com água residual de má qualidade, na zona do semi-árido acentuado (Franca, 2003). (O emprego de cisternas rurais deverá aliviar tal situação desumana) .....	47
Fig. 64. Poço tubular em terraço fluvial (várzea) no semi-árido, com água retirada por cata-vento para caixa d'água de 5.000 litros, ao nível do chão. Santa Rosa-PB .....	47
Fig. 65. Poço escavado, com retirada de água por manivela rudimentar .....	48
Figs. 66 e 67. A esquerda, foto de um dessalinizador de pequeno/médio porte com capacidade para produzir 50 m <sup>3</sup> de água pura por hora; e a direita, esquema resumido do processo de osmose natural e reversa .....	49
Figs 68 e 69. Etapas inicial e final da construção de uma cisterna de placa com capacidade para 15.000 litros. Modelo de necessidade primária indispensável para a zona semi-árida (Fotos Franca, 2003) .....	49
Fig 70. Uma casa de taipa tendo ao lado uma cisterna de 15.000 litros para coleta da água de chuva canalizada do telhado .....	50
Fig 71. Qualidade da água de cisterna (à esq.) e de açude (à dir.) .....	50
Fig 72. Assentamento do Incra onde todas as casas são de alvenaria e possuem uma cisterna de 15.000 litros. Município de Santa Rosa-PB .....	50
Figs. 73 e 74. Sistema de implúvio: a esq., superfície rochosa cujo elevado escoamento superficial conduz a água captada da chuva para uma pequena barragem, à direita. Santa Rosa-PB .....	50
Fig. 75. Bovinos dessedentando a sede dentro de um pequeno açude, e caprinos nas bordas desse açude .....	51
Fig. 76. Criação de peixe, com destaque para um belo exemplar de carpa .....	51
Fig. 77. Demonstração de um campo de produção agrícola com emprego da técnica de captação de água de chuva <i>in situ</i> (Silva <i>et al</i> , 1989) .....	53
Fig. 78. Exuberante produção de milho e feijão com o emprego da técnica de captação de água de chuva <i>in situ</i> (Silva <i>et al</i> , 1989) .....	53
Figs. 79 e 80. Esquema de funcionamento de uma barragem subterrânea: à esqu., vista transversal; e a direita, vista aérea (Silva <i>et al</i> , 2001) .....	54
Fig. 81. Demonstração de uma barragem subterrânea, com plena utilização e produção de culturas (Silva <i>et al</i> , 2001) .....	54
Figs. 82 e 83. Construção de uma barragem subterrânea: à esq., escavação da vala e colocação de lona plástica e escavação de valeta no topo da superfície a montante; à direita, detalhe da colocação da lona plástica (Silva <i>et al</i> , 2001) .....	54
Fig. 84. Barragem assoreadora, construída de forma elementar com pneus empilhados, amarrados e protegidos com lonas plásticas. Serve para produção de culturas na área sedimentar desenvolvida pelo material assoreado à montante. (UFPB, 2000) .....	55
Fig. 85. Irrigação por superfície, em sulcos .....	55
Fig. 86. Irrigação por aspersão convencional .....	56
Fig. 87. Irrigação por aspersão – por pivô central .....	56
Fig. 88 e 89. Fotos com ilustrações de irrigação por aspersão – sistema linear móvel: campo irrigado (à esq.) e detalhes da captação e articulação ao longo do canal (à direita).....	56
Fig. 90. Irrigação localizada por gotejamento .....	56
Fig. 91. Mapa Reduzido dos Cenários Geoambientais e Ecossistemas, com destaque para as Grandes Chapadas, Superfícies Sedimentares Baixas .....	66
Figs. 92 e 93. Vistas da Chapada do Araripe: à esq., descida da chapada com exposição de solo desenvolvido de arenito; e, à direita, frente da chapada com suas encostas íngremes e o topo na linha do horizonte. (Fotos O. F. Lopes) .....	67
Fig. 94. Exemplo de captação de água de chuva em açudes escavados no topo das chapadas, com redução da infiltração por meio de compactação da bacia hidráulica. Chapada do Araripe (Foto Lopes, 2002) .....	68
Fig. 95. Vista panorâmica de uma parte da Chapada da Diamantina, notando-se o contraste entre as encostas íngremes e o corte horizontal das mesetas (Serra do Pai Inácio, a esq. da foto) .....	68



Fig. 96. Paisagem do topo da Chapada da Diamantina, com suas pitorescas formações geológicas (Serra do Camelo) .....	68
Figs. 97 e 98. Detalhes de nascentes e leitos de rios percorrendo os quartzitos e siltitos da Chapada da Diamantina .....	69
Fig. 99. Típica vegetação de cerrado, predominante no topo das chapadas. Chapada do Araripe (Foto Lopes, 2002) .....	69
Figs. 100 e 101. Cultivos sob condições de chuva na Chapada do Araripe: milho (à esq.) e feijão (à dir.). (Lopes, 2002).....	69
Fig. 102. Exemplo de uso agrícola sob condições naturais de chuva, ao nível empresarial, numa paisagem das amplas Chapadas da região central e sul do Piauí .....	69
Fig. 103. Vista panorâmica das extensas superfícies sedimentares baixas – chapadas baixas e medianas – constituídas de espesso manto de material sedimentar argilo-arenoso, que abrigam magnífico potencial de águas subterrâneas. Foto tirada do alto na rodovia São João do Piauí-São Raimundo Nonato .....	70
Fig. 104. Paisagem de uma das extensas superfícies sedimentares baixas, com vegetação natural de caatinga hipoxerófila (em primeiro plano); ao sopé das encostas íngremes das grandes chapadas (ao fundo). São João do Piauí .....	71
Fig. 105. Foto tirada dentro de uma das superfícies sedimentares baixas – chapadas baixas e medianas – vendo-se ao fundo, na linha do horizonte, as encostas das grandes chapadas. Município de São João do Piauí .....	71
Fig. 106. Paisagem <i>in loco</i> das Superfícies Sedimentares Baixas, mostrando detalhes do relevo aplanado, solo profundo (Latossolo Amarelo) e remanescentes da vegetação primária (floresta tropical caducifólia em transição para caatinga hipoxerófila). Município de Caracol – PI .....	71
Fig. 107. Exemplo de um poço tubular nas Chapadas Baixas, com detalhes da boca do poço com canalização de saída, casa de bomba (com chafariz), caixa d'água, cabo de força (ANA, 2001a) .....	72
Fig. 108. Foto de um poço tubular jorrante, com exemplo de desperdício de água. São João do Piauí .....	72
Fig. 109. Esquema do rebaixamento do nível estático de um poço tubular, após bombeamento (CPRM, 1998) .....	74
Fig. 110. Tipo de material geológico onde se faz a perfuração de um poço tubular: material sedimentar (à esq.) e rochas Cristalinas (à direita). (CPRM, 1998) .....	74
Fig. 111. Componentes de um poço tubular, bombeamento da água e rede distribuição (CPRM, 1998) .....	74
Figs. 112 e 113. Esquema de funcionamento de um poço tubular com bomba submersa, própria para vazões de médio a grande porte (>3.600litros/hora), a esq.; e com bomba centrífuga, à direita CPRM (1998) .....	75
Figs. 114 e 115. Esquema de retirada de água de um poço por sistema de bombeamento manual (à esq.) e por catavento (à direita). CPRM (1998) .....	75
Figs. 116 e 117. Fotos de uma barraginha recebendo água (à esq.) e de uma barraginha esvaziada (à direita). (Barros, 2000)...	76
Figs. 118 e 119. Fotos de um plantio tradicional, com solo desgastado (à esq.) e de solo usado com plantio direto, conservado e com manutenção da umidade (à direita). (Fancelli <i>et al</i> , 1985; EMBRAPA, 2001) .....	76
Fig. 120. Encostas íngremes de chapadas areníticas, tendo a piemonte superfícies sedimentares baixas .....	78
Fig. 121. Detalhe de encostas areníticas de Chapadas do Piauí (Serra da Capivara) .....	78
Figs. 122 e 123. Vista dos contrafortes quartzícos do Pré-Cambriano B. Chapada da Diamantina, Bahia .....	78
Fig. 124. Vista panorâmica de elevações (núcleos montanhosos) de rochas graníticas do Pré-Cambriano CD. Representam inselbergues que sobressaem das superfícies de pediplano na zona semi-árida (em primeiro plano). Município de Caruaru-PE .....	78
Figs. 125 e 126. Exemplos de superfícies muito desgastadas, com solos rasos e afloramentos rochosos, em relevo pouco movimentado – com elevado escoamento superficial – constituindo ótimas “superfícies produtoras de água”, para armazenamento à jusante. Município de São João do Piauí .....	79



	Índice	Pág.
1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
2.	<b>OS GRANDES CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS DO NORDESTE</b> ...	4
2.1 –	<b>BAIXADA LITORÂNEA</b> .....	10
2.1.1 –	Praias e dunas .....	10
2.1.2 –	Várzeas e Alagados .....	10
2.1.3 –	Mangues .....	10
2.1.4 –	Salinas .....	10
2.2 –	<b>AREIAS “QUARTZOSAS-MARINHAS” da Costa Maranhense</b> .....	13
2.3 –	<b>ZONA ÚMIDA COSTEIRA – fitogeografia da mata atlântica (com partes de cerrados)</b> .....	13
2.3.1 –	ESTRUTURA .....	13
2.3.1a –	<u>Superfícies movimentadas</u> – Áreas do Cristalino e Dissecamentos dos Tabuleiros .....	13
2.3.1b –	<u>Superfícies tabulares</u> – Tabuleiros Costeiros e Planalto da Conquista .....	13
2.3.1c –	<u>Terraços fluviais</u> .....	14
2.3.2 –	ORDENAMENTO DAS AÇÕES – SETOR RURAL e SETOR URBANO .....	16
2.3.2a –	<b>Setor Rural</b> – Potencialidades e Demandas .....	16
2.3.2b –	<b>Setor Urbano</b> – Fragilidades e Controles .....	17
2.4 –	<b>ZONA ÚMIDA DO INTERIOR – Núcleo da Bahia Central</b> .....	22
2.5 –	<b>ZONAS ÚMIDAS DE ALTITUDE – Brejos de Altitude</b> .....	22
2.6 –	<b>TERRAÇOS FLUVIAIS ÚMIDOS E SUBÚMIDOS</b> .....	25
2.7 –	<b>PRÉ-AMAZÔNIA – Platôs, Encostas e Vales</b> .....	25
2.8 –	<b>GRANDES BAIXADAS TÍPICAS</b> .....	28
2.8.1 –	Golfão Maranhense .....	28
2.8.2 –	Baixada Maranhense .....	28
2.8.3 –	Baixada Carolina-Riachão (MA) .....	30
2.8.4 –	Complexo de Campo Maior (PI) .....	30
2.9 –	<b>ZONA SEMI-ÁRIDA – cerca de 50% da Região Nordeste</b> .....	31
2.9.1 –	AS DUAS FEIÇÕES MACRO CLIMÁTICAS .....	31
2.9.1a –	<u>Semi-árido de caráter atenuado (agreste) – caatinga hipoxerófila</u> .....	31
2.9.1b –	<u>Semi-árido de caráter acentuado (sertão nordestino) – caatinga hiperxerófila</u> .....	31
2.9.2 –	<b>OS GRANDES CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS DO SEMI-ÁRIDO</b> .....	33
2.9.2a –	Tabuleiros Litorâneos (de zona seca e sub-úmida) .....	33
2.9.2b –	Tabuleiros do Sertão – de grande potencial para irrigação .....	35
2.9.2c –	Superfícies de Pediplanação – Áreas do Substrato Cristalino .....	37
2.9.2d –	Superfícies Cársticas – o Embasamento Calcário .....	41
2.9.2e –	Superfícies Arenó-quartzosas – (Bacias Sedimentares Areníticas) .....	43
2.9.2f –	Terraços Fluviais – (Grandes Várzeas de Rios Principais).....	44
2.9.3 –	<b>PROCEDIMENTOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMI-ÁRIDO</b> .....	45
2.9.3a –	Água para Uso Humano – População rural .....	46
i –	Água de açudes .....	46
ii –	Água de poços tubulares e poços escavados .....	47
iii –	Dessalinização das águas .....	48
iv –	Cisternas rurais e implúvios.....	49
2.9.3b –	Água para uso dos animais, para pesca ou pequena irrigação .....	50
2.9.3c –	Água para agricultura dependente de chuva (lavoura de sequeiro) .....	51
i –	Irrigação de salvação – ampliada ao nível comunitário .....	52
ii –	Captação de água de chuva <i>in situ</i> .....	52
iii –	Cobertura de proteção contra a insolação .....	53
iv –	Barragem subterrânea .....	53

v – Barragem de contenção .....	55
2.9.3d – Água para uso com irrigação .....	55
i – <i>A IRRIGAÇÃO E O USO RACIONAL DA ÁGUA</i> .....	57
ii – <i>SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO – ESCOLHA DE MÉTODOS MAIS EFICAZES</i> .....	59
iii – <i>PRINCIPAIS SOLOS E CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA</i> .....	60
iv – <i>CÁLCULOS DA IRRIGAÇÃO A PARTIR DA NECESSIDADE HÍDRICA MÁXIMA</i> .....	61
v – <i>MONITORAMENTO DA IRRIGAÇÃO – UMA PRÁTICA FUNDAMENTAL</i> .....	62
vi – <i>QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO</i> .....	62
vii – <i>IRRIGAÇÃO versus HIDROELETRICIDADE</i> .....	64
2.10 – <b><i>DOMÍNIO DAS GRANDES CHAPADAS</i></b> .....	65
2.11 – <b><i>SUPERFÍCIES SEDIMENTARES BAIXAS (Chapadas Baixas e Medianas)</i></b> .....	70
2.11.1 – Conceituações: Superfícies Contínuas (CBc) e Superfícies Descontínuas (CBd) .....	70
2.11.2 – Magnífico armazenamento de águas subterrâneas .....	72
2.11.3 – Técnicas que favorecem o controle das águas e a conservação do solo .....	75
2.11.3a – Barraginha .....	75
2.11.3b – Plantio Direto .....	76
2.12 – <b><i>NÚCLEOS EUTRÓFICOS – Áreas com destaque de solos férteis</i></b> .....	76
2.13 – <b><i>NÚCLEOS BASÁLTICO – Do Maranhão Ocidental</i></b> .....	77
2.14 – <b><i>SUPERFÍCIES IRREGULARES, MOVIMENTADAS E DESGASTADAS</i></b> .....	77
2.14.1 – Grandes complexos montanhosos: Serras, elevações e encostas íngremes de chapadas e planaltos .....	77
2.14.2 – Desníveis, encostas e pequenas elevações – destaque na zona centro-ocidental do Piauí .....	78
3. <b>BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA</b> .....	79



# CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS DA REGIÃO NORDESTE (\*): POTENCIALIDADES E DEMANDAS DE MODELOS DE GESTÃO DOS RECURSOS DE ÁGUA E SOLO

## 1. INTRODUÇÃO: BASES DO CONHECIMENTO

Antonio Cabral Cavalcanti

### **Fundamento: maior eficácia de resultados a partir das peculiaridades de cada ambiente**

A concepção deste trabalho se fundamenta na crença de que as ações relativas ao gerenciamento dos recursos naturais, onde se inserem a majestade das águas e o domínio dos solos, serão mais eficazes, isto é, terão mais concisão e obterão maiores resultados, se forem direcionadas e compatibilizadas conforme as particularidades, potencialidades e demandas de cada ambiente, dentro do complexo regional.

Este trabalho constitui uma explanação sumária sobre as principais situações ambientais, especialmente, em termos geomorfológicos e pedoclimáticos, da Região Nordeste e norte de Minas Gerais – quantificando-as e dimensionando-as cartograficamente – e tem o propósito de oferecer subsídios para ordenamento de diversas questões diferenciadas de gestão dos recursos hídricos e de solo (que induzem situações socioeconômicas), de acordo com as peculiaridades de cada um dos cenários geoambientais e ecossistemas aqui considerados.

O Cenário Geoambiental ou Geoambiente, aqui considerado, representa, basicamente, uma unidade geomorfológica com particularidade climática e com características pedológicas específicas.

### **Os solos como função das situações geomorfológicas e climáticas**

Os solos são resultantes dos fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos, em interação com os seres vivos, onde se destacam as espécies vegetais. Por conseguinte, ambientes distintos e peculiares são formados em função do complexo diferenciado desses fatores (ambientes “geomorfopedoclimáticas”).

Dos estudos da ciência do solo, as conceituações taxonômicas definem as propriedades dos solos, a par das suas condições ambientais. Por sua vez, as conceituações das classes de solo decorrem do estudo das suas propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas; que definem as características intrínsecas do solo, quais sejam: profundidade, textura, estrutura, fertilidade natural, capacidade de água disponível, drenabilidade (drenagem interna), pedregosidade, sodicidade, salinidade, etc. Esses conhecimentos são relacionados com a situação ambiental de ocorrência, ou seja, o posicionamento do solo e os fatores externos, tais como topografia, geomorfologia, rochosidade, drenagem da bacia hidráulica e da bacia hidrográfica, clima, vegetação e uso atual.

O objetivo do levantamento de solos consiste na identificação, caracterização e delineamento espacial dos solos, bem como a interpretação desses dados e torna-se possível definir as diferentes possibilidades de uso das terras e se estabelecer estratégias de programas de desenvolvimento rural.

O grande papel do mapa de solos é apresentar os mais diversos **compartimentos geoambientais**, distribuídos de forma geograficamente coordenada, de onde se podem extrair “mil e uma utilidades” inclusive as diferentes potencialidades, servindo como embasamento referencial para programas de desenvolvimento rural e para estudos ambientalistas, onde se insere a gestão dos recursos hídricos.

Torrado et al, 2005 destacam que a necessidade de compreensão da distribuição espacial dos solos e da sua dinâmica interna requer a integração dos estudos pedológicos com outros ramos do conhecimento, principalmente dos relacionados às Ciências da Terra, sendo importante considerar, no entanto, o significado das várias escalas de abordadas na pedopaisagem (“landscape”). Neste sentido, destacam-se a geologia, em particular a estratigrafia (principalmente dos depósitos superficiais mais recentes), a geomorfologia (quanto à morfogênese e morfografia) e a hidrologia (referente aos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais). De fato, a maior parte das pesquisas pedológicas só consegue adequadamente elucidar questões relacionadas à distribuição espacial dos solos, às condições de sua formação e evolução e à sua produtividade agrícola ou florestal, ou mesmo de obras em geral, a partir de uma prévia compreensão da paisagem como um todo, considerando os materiais geológicos de origem, as superfícies geomórficas e suas morfocronologias sob os diversos fatores paleoambientais que lhes deram origem.

Quanto à necessidade de estratificação para distinção de geoambientes e ecossistemas, os levantamentos de solo fornecem, em representação gráfica, os estratos mais pormenorizados que se tem do ambiente (Reswende et al, 2002). O mapa é, nesse contexto, uma representação gráfica espacial dos estratos em superfície plana e em escala menor, de um território qualquer. Nas estratificações de ambiente objetiva-se, em geral, a separação de estratos potencialmente diferentes quanto às comunidades possíveis. Os levantamentos de solos fornecem os estratos mais pormenorizados que se tem do ambiente.

Um estudo direcionado a partir dos mapas de solo do Nordeste possibilitou a elaboração do trabalho ora apresentado, com distinção e definição dos principais Cenários Geoambientais – base dos Ecossistemas dessa complexa região do país. Pode-se sugerir a aplicação de trabalhos dessa natureza para as demais regiões do Brasil.

(\*) Inclui o Norte de Minas Gerais



### **Um exemplo: instrumento para agilizar a implementação dos Assentamentos Rurais**

Um bom exemplo da aplicação do direcionamento das ações com base nos cenários geoambientais é na organização dos Assentamentos Rurais do INCRA (Cavalcanti, 2002). Por exemplo, os assentamentos que estão na Zona Úmida Costeira têm questões completamente diferenciadas daqueles situados em Pediplanos da Zona Semi-Árida, os quais são também diferentes de Assentamentos situados nos Tabuleiros, mesmo da Zona Semi-Árida. No primeiro caso, a água não é um problema maior, os solos aí são profundos e as dificuldades podem estar ligadas a uma topografia acidentada; no segundo caso, todo esforço deve estar voltado para a necessidade de captação de água de chuva; enquanto o terceiro caso está favorecido por um elevado potencial para irrigação. Outro exemplo é o que oferecem os Assentamentos situados nas Superfícies Sedimentares Baixas, onde há uma grande riqueza de água subterrânea, além de águas superficiais, e muita coisa pode ser feita para o progresso desses Assentamentos. Portanto, o grande lance é agrupar os assentamentos por situação Geoambiental, com vistas às suas potencialidades e demandas, e aplicar as melhores alternativas que serão similares entre si para centenas de Assentamentos conforme suas peculiaridades.

### **Fundamentos ligados à gestão dos recursos hídricos**

Há uma crescente preocupação e consciência universal quanto à necessidade de se avançar nos esforços de ordenamento do uso da água e de controle dos mananciais. A demanda do uso múltiplo para as diversas utilidades e atividades (humana, animal, industrial, agrícola e pecuária, de saneamento, com aquíicultura, navegação, turismo e recreação, etc.) torna-se cada vez maior, em decorrência do próprio aumento populacional, do crescimento industrial e do desenvolvimento agrícola e pecuário, *versus* as mesmas fontes de recursos hídricos. Há ainda a agravante de que essas disponibilidades estão sendo solapadas por fatores antrópicos e meteorológicos, além de estarem sendo, em muitos locais, agredidas por mau uso, desperdício, poluição e degradação dos rios, suas nascentes e todo o meio ambiente.

Pode-se depreender que, dos nove temas que compõem o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, da Agência Nacional de Águas (Guimarães, 2003), o presente trabalho se constitui subsídio para o tema 3 – Caracterização físico-biótica das bacias e sub-bacias – o qual abrange: geologia, áreas de mineração, jazidas minerais, etc; geomorfologia e solos; clima, planimetria/batimetria; rede hidrológica e delimitação de bacia e sub-bacia; fauna e flora; estudos hidrológicos; pedologia; hipsometria; áreas críticas; erosão, assoreamento, secas ou déficit de água, cheias e inundações, fontes de poluição; áreas de proteção (ecossistemas, áreas de proteção ambiental, parques nacionais, etc).

Sob a ótica da responsabilidade de gestão dos recursos hídricos, este trabalho se oferece como uma parcela de contribuição para direcionamento de políticas de gestão, de acordo com a Lei Federal nº 9.433 (de 8 de janeiro de 1997), no artigo 3º – “Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos: inciso II – a adequação da gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país”; inciso III – a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental; e inciso V – a articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo”.

Abrange setores de conhecimentos que corroboram com as afirmações de Braga *et al* (1999) de que um adequado gerenciamento dos recursos hídricos necessita de informações básicas que envolvem: *características físicas dos sistemas hídricos* (relevo, hidrografia, geologia, solo, cobertura vegetal, ações antrópicas, obras hidráulicas); *comportamento hidroclimatológico* (séries históricas e em tempo real de variáveis climáticas, fluviometria, sedimentometria e qualidade da água); e *dados socioeconômicos* (dados censitários sobre população, indústrias, produção e ocupação rural e, principalmente, dados referentes ao uso e impacto dos recursos hídricos, entre outros).

Dentre vários aspectos relacionados com particularidades ambientais, pode-se incluir a necessidade do planejamento integrado dos recursos hídricos, com interação das visões setoriais. O planejamento setorial em recursos hídricos procura assegurar a sustentabilidade dos múltiplos usos, com equidade e isenção, de forma a resultar em máximo retorno social e econômico (Domingues e Santos, 2003).

Metodologias de previsão de respostas hidrológicas embasadas na geomorfologia da bacia hidrográfica, com a finalidade de produzir o chamado Hidrograma Unitário Instantâneo Geomorgológico apresentaram bons resultados (Carvalho e Chaudrhy, 2001).

Branco e Rocha (1982) destacam que a qualidade da água, de modo geral, é afetada por fatores climáticos (insolação, vento, precipitações pluviométricas, temperatura) origem do manancial (rios, lagos ou águas subterrâneas), pelas características do manancial (solo, vegetação costeira, tamanho e forma, ganho e perda de água, espécie de seres vivos presentes, dinâmica das comunidades) e fatores antrópicos (atividades variadas que poluem o ar, o solo e a água).

### **Dados estatísticos sobre a água**

Do total de água da terra, 97,5% (1,386Mkm<sup>3</sup>) são de água salgada. E dos 2,5% de água doce, 68,9% estão nas Calotas Polares e Geleiras e 29,9% são águas subterrâneas. Restam 0,3% de água doce nos rios e lagos e 0,9% de outros reservatórios. Em relação à água doce do mundo, o Brasil possui uma distribuição de água superficial (sem contribuição externa) de 13,8%. Pelos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH,



da ANA o Brasil, com uma superfície de 8,55 milhões de km<sup>2</sup>, uma população de 169,8 milhões de habitantes (dados de 2000), possui uma vazão média de 182,17 m<sup>3</sup>/s (5.745 km<sup>3</sup>/ano), sendo que o Amazonas responde por 80,7% dessa disponibilidade hídrica (Guimarães, 2003). Pode-se perceber um contraste entre as várias regiões, por exemplo, entre as Regiões Norte e Sudeste, que apresentam as seguintes proporções, respectivas: superfície 45% e 11%; população 5% e 43%; recursos hídricos 68% e 6%. Para a **Região Nordeste** esses valores são: superfície 18%, população 29%, recursos hídricos 3%.

Pode-se deduzir que as águas das Calotas Polares e Geleiras devem permanecer “onde estão”, uma vez que servem até como termômetro sobre a estabilidade climática, pois seu derretimento significaria elevados riscos, numa demonstração de grave aquecimento da terra. Por sua vez, as águas subterrâneas requerem elevado custo de captação e muitos cuidados contra contaminação, bem como de rebaixamento do lençol. Então, restaria apenas, para uso imediato, uma parcela dos 1,2% das águas superficiais, desde que outra parte se apresenta com restrições de uso por qualidade ou acesso. Por sua vez, o fantástico volume de águas da Amazônia, infelizmente não pode ser transferido para as regiões carentes do país, nas concepções tecnológicas atuais.

Rebouças (2002) considera que a inserção da água subterrânea, recurso invisível, no sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos é um desafio à sociedade, em geral, e ao meio técnico. Assim, não se leva em consideração à prioridade que deveria ser dada ao uso da água subterrânea para abastecimento humano, por exemplo.

## 2. OS GRANDES CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS DO NORDESTE

Antonio Cabral Cavalcanti

A região Nordeste ocupa uma área de 1.550.940 km<sup>2</sup> (IBGE, 2003), o que representa 18,2% do território brasileiro. Insere-se o norte de Minas Gerais, com 121.491 km<sup>2</sup>, compondo a área de atuação da SUDENE, com um somatório de 1.671.641 km<sup>2</sup>.

Dentro do contexto dessa extensão territorial de 1,67 milhão de km<sup>2</sup> (19,6% do território nacional) há uma grande variabilidade de condições geoambientais – especialmente de geomorfologia, clima, solo e relevo – onde se destacam grandes e complexos cenários geoambientais com seus ecossistemas, suas particularidades e inter-relações (Embrapa, 1989; Silva *et al*, 1993; Cavalcanti *et al*, 1994). Essas situações estão discutidas, de forma sumária, em cada seção, a partir da apresentação do Mapa (Fig. 1, em anexo), cujas unidades estão distribuídas e quantificadas na Tabela 1, de acordo com sua ocorrência em cada Estado. As Tabelas 2.1 a 2.9 representam as particularidades por Estado.

O mapa e os dados apresentados foram produzidos com base na interpretação do Mapa de Solos do Nordeste, escala 1:2.000.000 (EMBRAPA, 1989), o qual resultou de uma conjunção dos levantamentos de solo efetuados em todos os Estados do Nordeste e norte de Minas Gerais, através do Convênio DNPEA(MA) e EMBRAPA/ SUDENE, nas escalas 1:400.000 a 1:1.000.000 (Jacomine *et al*, 1971, 1972, 1973a, 1973b, 1975a, 1977, 1986a, 1986b).

As áreas assinaladas no mapa, bem como os valores numéricos, são dados bastante generalizados, em função das pequenas escalas dos mapas usados como base de informações.

As **cores** utilizadas no mapa têm a intenção de relacionar a característica ambiental com as condições de umidade ou coisa afim: o verde procura representar áreas de vegetação mais úmida (florestal); o azul representa áreas de baixada, geralmente com questões de drenagem; o amarelo está relacionado com superfícies sedimentares, sendo que o amarelo menos queimado representa as chapadas altas e o mais queimado as chapadas baixas, enquanto o amarelo bem claro representa superfícies muito arenosas; o tom avermelhado se relaciona com áreas de solos particularmente férteis; o marron representa as superfícies de pediplanação do semi-árido; e o cinza escuro significa solos rasos e afloramentos rochosos das superfícies movimentadas.

### Integrações e correlações

Esses cenários formam compartimentos ambientais – distribuídos em maior ou menor extensão geográfica – dentro das bacias hidrográficas, as quais constituem a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei 9.433). A Fig. 2 apresenta um mapa com as grandes Regiões Hidrográficas do Brasil, segundo o enfoque da Agência Nacional de Águas (ANA, 2002b).

Por sua vez, os cenários e ecossistemas abordados nesta apresentação são particularidades dentro do quadro geral de ecossistemas brasileiros, editado pelo Ministério do Meio Ambiente (1997) que também apresenta registros de comprometimento ambiental.

Ab'Saber (1970), numa escala mais geral, apresentou grandes cenários do país como Domínios Morfoclimáticos do Brasil; para os quais Resende *et al* (2002) considera mais pertinente o termo pedobioclimático: 1. Domínio Morfoclimático da Amazônia; 2. Domínio do Subárido Nordestino; 3. Domínio dos Mares de Morros Florestados; 4. Domínio do Cerrado; 5. Domínio do Planalto das Araucárias; 6. Domínio das Pradarias Mistas; 7. Domínio “Pedobioclimáticos” transicionais.

Um estudo dessa natureza, em escala mais pormenorizada foi efetuado para o município de Petrolina, por Cavalcanti (1999) onde foram selecionadas diferentes situações geomorfológicas, pedológicas e climáticas (“geomorfopedoclimáticas”).

### Compreensão entre ecossistema, cenário geoambiental e unidade geomorfológica

Na definição de Braga *et al* (2002), ecossistema é um sistema estável, equilibrado e auto-suficiente, apresentando, em toda a sua extensão, características topográficas, climáticas, pedológicas, botânicas, zoológicas, hidrológicas e geoquímicas praticamente invariáveis. Em um ecossistema, o conjunto de seres vivos interage entre si e com o meio natural de maneira equilibrada, por meio de reciclagem de matéria e do uso eficiente da energia solar. As dimensões de um ecossistema são extremamente variáveis, desde o ecossistema de uma pequena lagoa até aquele relativo às dimensões da floresta tropical atlântica no Estado do Amazonas.

Cada cenário geoambiental, aqui considerado, pode abrigar um ecossistema ou vários ecossistemas. Por exemplo, a Baixada Litorânea contém distintos ecossistemas, tais como: das praias e dunas, dos mangues, dos alagados, das lagoas, das salinas. O cenário geoambiental das Grandes Chapadas, apresenta alguns ecossistemas diferenciados. As Chapadas do Maranhão e Piauí, de embasamento arenítico, possuem, em grande parte, ecossistemas similares, dominados por um bioma de vegetação de cerrado; enquanto na parte central do Piauí, ocorrem ecossistemas onde se desenvolve uma vegetação de transição caatinga/cerrado. As Chapadas areníticas de Ibiapaba (entre Piauí e Ceará) e do Araripe (entre Piauí, Ceará e Pernambuco) possuem ecossistemas diversos



relacionados com um bioma de vegetação florestal, na frente oriental; com vegetação de cerrado/caatinga, na parte central; e com vegetação de caatinga, na parte ocidental. O topo das Chapadas de Diamantina (Bahia) e do Espinhaço (Minas Gerais), ambas de embasamento quartzítico, possuem ecossistemas comparáveis entre si, relacionados com biomas típicos de cerrados e campos cerrados altimontanos.

Por sua vez, grandes complexos geomorfológicos podem abrigar diferentes cenários geoambientais e ecossistemas aqui considerados. Tal é o caso do “Planalto da Borborema”, grande arqueamento geológico verificado na frente litorânea de Paraíba a Alagoas e que se estende pelo sertão à altura do município de Arco Verde em Pernambuco (260 km para o interior). Abrange cenários geoambientais da Zona Úmida Costeira e cenários geoambientais componentes da Zona Semi-Árida.

Também o complexo geomorfológico denominado Depressão Sanfranciscana compreende unidades geomorfológicas e cenários geombientais distintos, tais como: Terraços Fluviais, Tabuleiros Sertanejos, Pediplanos, Superfícies Cársticas, Superfícies Arenosas, Chapadas, e Superfícies Movimentadas (serras e encostas de chapadas).

Tabela 1. Extensão (em km<sup>2</sup>) e percentagem dos Grandes Cenários Geoambientais e Ecossistemas da Região Nordeste e norte de Minas Gerais.

CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	TOTAL	%
<b>1. BAIXADA LITORÂNEA:</b> Praias e dunas	1.685	219	1.805	463	119	207	182	486	1.582	-	6.748	0,40
Várzeas, planícies, alagados	-	-	370	94	78	217	390	395	2.650	-	4.194	0,25
Mangues	6.408	290	58	200	140	307	120	553	1.008	-	9.084	0,54
Salinas	-	-	-	952	-	-	-	-	-	-	952	0,06
<b>2. AREIAS “Quartzosas-Marinhas” da Costa Maranhense</b>	10.716	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.716	0,64
<b>3. ZONA ÚMIDA COSTEIRA:</b>												
Superfícies Movimentadas	-	-	-	-	-	10.108	8.260	4.103	60.732	-	83.203	4,98
Superfícies Tabulares: Tabuleiros Litorâneos	8.438	-	-	4.835	4.725	929	4.259	2.244	28.404	-	53.834	3,22
Planalto da Conquista	-	-	-	-	-	-	-	-	5.292	2.713	8.005	0,48
<b>4. ZONA ÚMIDA do INTERIOR:</b> Núcleo da Bahia Central	-	-	-	-	-	-	-	-	11.589	-	11.589	0,69
<b>5. ZONA ÚMIDA DE ALTITUDE:</b> Brejos de Altitude	-	-	8.962	1.435	3.730	3.178	452	-	3.235	-	20.992	1,26
<b>6. TERRAÇOS FLUVIAIS úmidos e sub úmidos</b>	3.674	-	-	93	105	434	507	182	814	-	5.809	0,35
<b>7. PRÉ-AMAZÔNIA:</b> (Platôs, Encostas e Vales)	33.789	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.789	2,02
<b>8. GRANDES BAIXADAS TÍPICAS:</b> Golfão Maranhense	3.237	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.237	0,19
Baixada Maranhense	60.335	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60.335	3,61
“Baixada Carolina-Riachão”	6.184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.184	0,37
Complexo de Campo Maior	-	14.285	-	-	-	-	-	-	-	-	14.285	0,86
<b>9. ZONA SEMI-ÁRIDA:</b>												
Tabuleiros Semi-Áridos Litorâneos	-	3.798	15.524	8.730	-	-	-	-	-	-	28.052	1,68
Tabuleiros Semi-Áridos do Sertão	-	1.830	-	-	-	9.328	-	-	51.637	-	62.795	3,76
Pediplanos do Semi-Árido Atenuado (agreste)	-	3.808	2.240	7.972	5.012	25.481	9.364	5.957	45.092	-	104.926	6,28
Pediplanos do Semi-Árido Acentuado (sertão)	-	12.842	66.535	17.190	30.813	26.905	1.555	3.546	33.920	-	193.306	11,56
Superfícies Cársticas–Embasamentos calcários	-	-	-	6.653	-	-	-	-	24.544	2.642	33.839	2,02
Superfícies Areno-quartzosas	-	-	-	-	-	6.427	-	-	23.255	440	30.122	1,80
Terraços Fluviais – várzeas de rios principais	-	2.990	1.645	605	296	796	284	278	5.798	5.531	18.223	1,09
<b>10. DOMÍNIO DAS GRANDES CHAPADAS</b>												
Chapadas Areníticas (predominantemente)	17.632	48.234	13.143	-	-	2.325	-	-	79.033	13.470	173.837	10,40
Chapadas Quartzíticas (predominantemente)	-	-	-	-	-	-	-	-	12.134	6.316	18.450	1,10
<b>11. SUPERFÍCIES SEDIMENTARES BAIXAS (CHAPADAS BAIXAS E MEDIANAS) – “Abrigos” de Grandes Lençóis Águas Subterrâneas:</b>												
Superfícies Contínuas	67.820	43.402	-	-	-	-	-	-	55.629	28.675	195.526	11,70
Superfícies Descontínuas (com partes irregulares)	55.321	59.479	-	-	-	-	-	-	4.732	18.208	137.740	8,24
<b>12. NÚCLEOS EUTRÓFICOS:</b> Áreas com solos “férteis”	23.984	11.142	16.740	-	-	2.995	1.197	778	47.803	18.032	122.671	7,34
<b>13. NÚCLEOS BASÁLTICOS do Maranhão Ocidental</b>	6.968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.968	0,42
<b>14. SUPERFÍCIES IRREGULARES, MOVIMENTADAS E DESGASTADAS – Grandes “Produtoras de Água”:</b>												
Serras, Encostas Íngremes de Chapadas, Elevações.	24.689	22.483	17.510	3.613	11.038	7.670	960	3.233	59.430	25.002	175.628	10,51
Desníveis, encostas e pequenas elevações (no Piauí)	-	25.942	-	-	-	-	-	-	-	-	25.942	1,55
Águas superficiais (estimativa)	827	551	1.163	242	285	770	378	107	5.875	462	10.660	0,64
<b>TOTAL</b>	331.918	251.312	145.712	53.077	56.341	98.527	27.818	21.962	564.273	121.491	1.671.641	100,000



Tabela 2.1 – ESTADO DO MARANHÃO:

<i>CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSSISTEMAS</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>% estadual</i>	<i>% regional</i>
Baixada Litorânea: Praias e dunas (inclusive Lençóis Maranhenses) Mangues (*)	1.685	0,51	0,11
	6.408	1,93	0,38
Areias “Quartzosas-Marinhas” da Costa Maranhense	10.716	3,23	0,64
Tabuleiros Litorâneos (sub-úmidos)	8.438	2,54	0,51
Terraços Fluviais Úmidos e Subúmidos	3.674	1,11	0,22
Pré-Amazônia (platôs, encostas e vales)	33.789	10,18	2,02
Grandes Baixadas Típicas: Golfão Maranhense Baixada Maranhense Baixada Carolina-Riachão	3.237	0,98	0,19
	60.335	18,18	3,61
	6.184	1,86	0,37
Domínio das Grandes Chapadas	17.632	5,31	1,06
Superfícies Sedimentares Baixas (Chapadas Baixas e Medianas):			
Superfícies Contínuas	67.820	20,43	4,06
Superfícies Descontínuas (com Partes Irregulares)	55.321	16,67	3,31
Núcleos Eutróficos: Áreas de solos “férteis”	23.984	7,23	1,44
Núcleos Basálticos do Maranhão Ocidental (Estreito – Fortaleza dos Nogueiras)	6.968	2,10	0,42
Superfícies Irregulares e Movimentadas (elevações e encostas de chapadas)	24.689	7,44	1,48
Águas superficiais (estimativa)	827	0,25	0,05
TOTAL	331.918	100,00	19,86

(\*) Note-se a extensa franja de mangue que domina o litoral ocidental, a maior dos Estados do Nordeste.

Tabela 2.2 – ESTADO DO PIAUÍ:

<i>CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSSISTEMAS</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>% estadual</i>	<i>% regional</i>
Baixada Litorânea: Praias e dunas Mangues	219	0,09	0,01
	290	0,12	0,02
Baixadas Típicas: Complexo de Campo Maior	14.285	5,68	0,86
Zona Semi-Árida: Superfícies de Pediplanação (Embasamento Cristalino):			
Semi-árido atenuado (caatinga hipoxerófila)	3.808	1,52	0,23
Semi-árido acentuado (caatinga hiperxerófila)	12.842	5,11	0,77
Tabuleiros Litorâneos (sub-úmidos e semi-áridos)	3.798	1,51	0,23
Tabuleiros Interiores – Tabuleiros do Sertão	1.830	0,73	0,11
Terraços Fluviais (grandes várzeas dos principais rios)	2.990	1,15	0,18
Domínio das Grandes Chapadas	48.234	19,19	2,89
Superfícies Sedimentares Baixas (Chapadas Baixas e Medianas):			
Superfícies Contínuas	43.402	17,27	2,60
Superfícies Descontínuas (com Partes Irregulares)	59.479	23,67	3,56
Núcleos Eutróficos: Áreas de solos “férteis”	11.142	4,43	0,67
Superfícies Irregulares, Movimentadas e Desgastadas:			
Serras, Elevações e Encostas de Chapadas	22.483	8,95	1,35
Desníveis, encostas e pequenas elevações	25.942	10,32	1,55
Águas superficiais (estimativa)	551	0,22	0,03
TOTAL	251.312	100,00	15,03

Tabela 2.3 – ESTADO DO CEARÁ:

<i>CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSSISTEMAS</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>% estadual</i>	<i>% regional</i>
Baixada Litorânea – Praias e dunas Várzeas, planícies, alagados Mangues	1.805	1,24	0,11
	370	0,25	0,022
	58	0,04	0,003
Zona Úmida de Altitude – Brejos de Altitude	8.962	6,15	0,54
Zona Semi-Árida: Superfícies de Pediplanação (Embasamento Cristalino):			
Semi-árido atenuado (caatinga hipoxerófila)	2.240	1,54	0,13
Semi-árido acentuado (caatinga hiperxerófila) *	66.535	45,66	3,98
Tabuleiros Litorâneos (sub-úmidos e semi-áridos)	15.524	10,65	0,93
Terraços Fluviais (grandes várzeas dos principais rios)	1.645	1,13	0,10
Domínio das Grandes Chapadas	13.143	9,02	0,79
Núcleos Eutróficos: áreas com solos “férteis”	16.740	11,49	1,00
Superfícies Movimentadas (elevações e encostas íngremes de chapadas)	17.510	12,02	1,05
Águas superficiais (estimativa)	1.163	0,80	0,07
TOTAL	145.712	100,00	8,72



(\*) Note-se a grande extensão de superfícies de pediplanação no semi-árido acentuado (típico do sertão nordestino).

Tabela 2.4 – ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE:

<i>CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSSISTEMAS</i>	<i>Área (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% estadual</i>	<i>% regional</i>
Baixada Litorânea – Praias e dunas	463	0,87	0,03
Várzeas, planícies, alagados	94	0,17	0,006
Mangues	200	0,38	0,012
Salinas	952	1,79	0,06
Tabuleiros Litorâneos (Zona Úmida Costeira)	4.835	9,11	0,29
Zona Úmida de Altitude – Brejos de Altitude	1.435	2,70	0,09
Terraços Fluviais Úmidos e Subúmidos	93	0,17	0,006
Zona Semi-Árida: Superfícies de Pediplanação (Embasamento Cristalino):			
Semi-árido atenuado (caatinga hipoxerófila)	7.972	15,02	0,48
Semi-árido acentuado (caatinga hiperxerófila) *	17.120	32,26	1,02
Tabuleiros Semi-áridos Litorâneos	8.730	16,45	0,52
Superfícies Cársticas – Embasamento calcário	6.653	12,54	0,40
Terraços Fluviais (grandes várzeas dos principais rios)	605	1,14	0,036
Superfícies Irregulares, Movimentadas e Desgastadas (elevações)	3.613	6,81	0,22
Águas superficiais (estimativa)	242	0,46	0,014
TOTAL	53.077	100,00	3,18

(\*) Note-se a grande extensão de superfícies de pediplanação no semi-árido acentuado (típico do sertão nordestino).

Tabela 2.5 – ESTADO DA PARAÍBA:

<i>CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSSISTEMAS</i>	<i>Área (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% estadual</i>	<i>% regional</i>
Baixada Litorânea – Praias e dunas	119	0,21	0,007
Várzeas, planícies, alagados	78	0,14	0,005
Mangues	140	0,25	0,008
Tabuleiros Litorâneos (zona úmida)	4.725	8,39	0,28
Terraços Fluviais Úmidos e Subúmidos	105	0,19	0,006
Zona Úmida de Altitude – Brejos de Altitude	3.730	6,62	0,22
Zona Semi-Árida: Superfícies de Pediplanação (Embasamento Cristalino):			
Semi-árido atenuado (caatinga hipoxerófila)	5.012	8,90	0,30
Semi-árido acentuado (caatinga hiperxerófila) *	30.813	54,69	1,84
Terraços Fluviais (grandes várzeas dos principais rios)	296	0,53	0,018
Superfícies Irregulares, Movimentadas e Desgastadas (elevações)	11.038	19,59	0,66
Águas superficiais (estimativa)	285	0,51	0,017
TOTAL	56.341	100,00	3,37

(\*) Note-se a grande extensão de superfícies de pediplanação no semi-árido acentuado (típico do sertão nordestino).

Tabela 2.6 – ESTADO DE PERNAMBUCO:

<i>CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSSISTEMAS</i>	<i>Área (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% estadual</i>	<i>% regional</i>
Baixada Litorânea – Praias e dunas	207	0,21	0,012
Várzeas, planícies, alagados	217	0,22	0,013
Mangues	307	0,31	0,02
Zona Úmida Costeira (Floresta Tropical Atlântica)	10.108	10,26	0,60
Tabuleiros Litorâneos (zona úmida costeira)	929	0,94	0,06
Terraços Fluviais Úmidos e Subúmidos	434	0,44	0,03
Zona Úmida de Altitude – Brejos de Altitude	3.178	3,23	0,19
Zona Semi-Árida: Superfícies de Pediplanação (Embasamento Cristalino):			
Semi-árido atenuado (caatinga hipoxerófila)	25.481	25,86	1,52
Semi-árido acentuado (caatinga hiperxerófila)	26.905	27,31	1,61
Tabuleiros Interiores – Tabuleiros do Sertão	9.328	9,47	0,56
Superfícies Arenosas Típicas (Petrolina-Casa Nova)	6.427	6,52	0,38
Terraços Fluviais (grandes várzeas dos principais rios)	796	0,81	0,05
Domínio das Grandes Chapadas (Chapada do Araripe)	2.325	2,36	0,14
Núcleos Eutróficos: áreas com solos “férteis”	2.995	3,04	0,18
Superfícies Movimentadas (elevações e encostas íngremes de chapadas)	7.670	7,79	0,46
Águas superficiais (estimativa)	770	0,78	0,05
TOTAL	98.527	100,00	5,89



Tabela 2.7 – ESTADO DE ALAGOAS:

<b>CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% estadual</b>	<b>% regional</b>
Baixada Litorânea – Praias e dunas	182	0,65	0,011
Várzeas, planícies, alagados	390	1,40	0,023
Mangues	120	0,43	0,007
Zona Úmida Costeira (Floresta Tropical Atlântica)	8.260	29,69	0,49
Tabuleiros Litorâneos (zona úmida costeira)	4.259	15,31	0,26
Terraços Fluviais Úmidos e Subúmidos	507	1,82	0,03
Zona Úmida de Altitude – Brejos de Altitude	452	1,63	0,03
Zona Semi-Árida: Superfícies de Pediplanação (Embasamento Cristalino):			
Semi-árido atenuado (caatinga hipoxerófila)	9.364	33,66	0,56
Semi-árido acentuado (caatinga hiperxerófila) *	1.555	5,59	0,09
Terraços Fluviais (grandes várzeas dos principais rios)	284	1,02	0,017
Núcleos Eutróficos: áreas com solos “férteis”	1.197	4,30	0,07
Superfícies Irregulares, Movimentadas e Desgastadas (elevações)	960	3,45	0,06
Águas superficiais (estimativa)	378	1,36	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>27.818</b>	<b>100,00</b>	<b>1,66</b>

Tabela 2.8 – ESTADO DE SERGIPE:

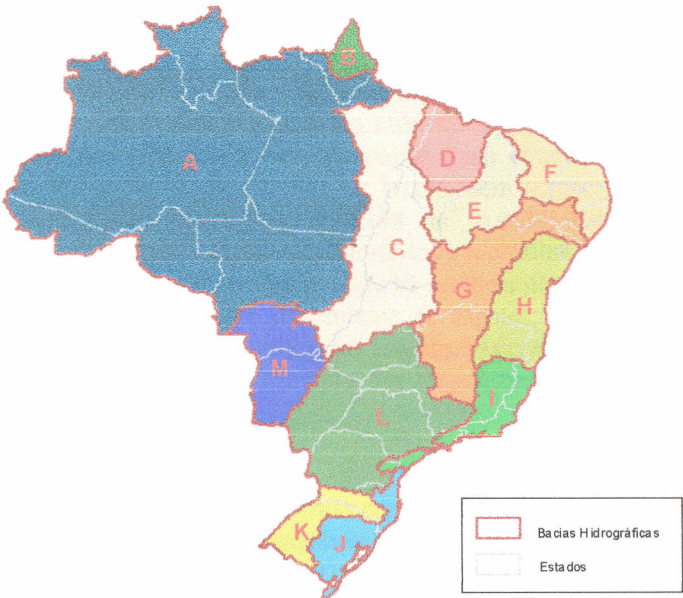
<b>CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% estadual</b>	<b>% regional</b>
Baixada Litorânea – Praias e dunas	486	2,21	0,03
Várzeas, planícies, alagados	395	1,80	0,023
Mangues	553	2,52	0,03
Zona Úmida Costeira (Floresta Tropical Atlântica)	4.103	18,68	0,25
Tabuleiros Litorâneos (zona úmida costeira)	2.244	10,22	0,13
Terraços Fluviais Úmidos e Subúmidos	182	0,83	0,011
Zona Semi-Árida: Superfícies de Pediplanação (Embasamento Cristalino):			
Semi-árido atenuado (caatinga hipoxerófila)	5.957	27,12	0,36
Semi-árido acentuado (caatinga hiperxerófila) *	3.546	16,15	0,21
Terraços Fluviais (grandes várzeas dos principais rios)	278	1,27	0,017
Núcleos Eutróficos: áreas com solos “férteis”	778	3,54	0,05
Superfícies Movimentadas (elevações)	3.233	14,72	0,19
Águas superficiais (estimativa)	107	0,49	0,006
<b>TOTAL</b>	<b>21.962</b>	<b>100,00</b>	<b>1,31</b>

Tabela 2.9 – ESTADO DA BAHIA:

<b>CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% estadual</b>	<b>% regional</b>
Baixada Litorânea – Praias e dunas	1.582	0,28	0,095
Várzeas, planícies, alagados	2.650	0,47	0,16
Mangues	1.008	0,18	0,06
Zona Úmida Costeira (Floresta Tropical Atlântica)	60.732	10,76	3,63
Zona Úmida do Interior (Floresta Tropical)	11.589	2,05	0,69
Terraços Fluviais Úmidos e Subúmidos	814	0,14	0,05
Tabuleiros Litorâneos (Zona Úmida Costeira) – Tabuleiros “Padrões”	28.404	5,03	1,70
Planalto da Conquista	5.292	0,94	0,32
Zona Úmida de Altitude – Brejos de Altitude	3.235	0,57	0,19
Zona Semi-Árida: Superfícies de Pediplanação (Embasamento Cristalino):			
Semi-árido atenuado (caatinga hipoxerófila)	45.092	7,99	2,70
Semi-árido acentuado (caatinga hiperxerófila)	33.920	6,01	2,03
Tabuleiros Interioranos – Tabuleiros do Sertão	51.637	9,15	3,09
Superfícies Cársticas	24.544	4,35	1,47
Superfícies Arenosas Típicas	23.255	4,12	1,39
Terraços Fluviais (grandes várzeas dos principais rios)	5.798	1,03	0,35
Domínio das Grandes Chapadas – Areníticas	79.033	14,01	4,73
Quartzíticas	12.134	2,15	0,73
Superfícies Sedimentares Baixas (Chapadas Baixas e Medianas):			
Superfícies Contínuas	55.629	9,86	3,33
Superfícies Descontínuas (com Partes Irregulares)	4.732	0,84	0,28
Núcleos Eutróficos: áreas com solos “férteis”	47.803	8,47	2,86
Superfícies Movimentadas (elevações e encostas íngremes de chapadas)	59.430	10,53	3,56
Águas superficiais (estimativa)	5.875	1,04	0,35
<b>TOTAL</b>	<b>564.273</b>	<b>100,00</b>	<b>33,76</b>

Tabela 2.9 – NORTE DE MINAS GERAIS:

CENÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSISTEMAS	Área (km²)	% estadual	% regional
Tabuleiros Litorâneos (Zona Úmida) – Planalto da Conquista	2.713	2,23	0,16
Zona Semi-Árida:			
Superfícies Cársticas	2.642	2,18	0,16
Superfícies Arenosas	440	0,36	0,03
Terraços Fluviais (grandes várzeas dos principais rios)	5.531	4,55	0,33
Domínio das Grandes Chapadas – Areníticas	13.470	11,09	0,81
Quartzíticas	6.316	5,20	0,38
Superfícies Sedimentares Baixas (Chapadas Baixas e Medianas):			
Superfícies Contínuas	28.675	23,60	1,72
Superfícies Descontínuas (com Partes Irregulares)	18.208	14,99	1,09
Núcleos Eutróficos: áreas com solos “férteis”	18.032	14,84	1,08
Superfícies Movimentadas (elevações e encostas íngremes de chapadas)	25.002	20,58	1,50
Águas superficiais (estimativa)	462	0,38	0,03
TOTAL	121.491	100,00	7,27



Código	Região hidrográfica
A	Amazonas
B	Costeira do Norte
C	Tocantins
D	Atlântica Nordeste Ocidental
E	Parnaíba
F	Atlântica Nordeste Oriental
G	São Francisco
H	Atlântica Leste
I	Atlântica Sudeste
J	Atlântica Sul
K	Uruguai
L	Paraná
M	Paraguai

Fig. 2. Regiões Hidrográficas do Brasil, segundo Metodologia Otto Pfafstetter, adotada pela Agência Nacional de Águas – ANA (2004)

Principais rios que ocorrem nas Bacias e Regiões Hidrográficas do Nordeste e norte de Minas Gerais

- C – Bacia do Tocantins – Rio Tocantins, no limite dos estados MA/TO.
- D – Região Hidrográfica Atlântica Nordeste Ocidental – R. Gurupi (no limite Maranhão/Pará); no Maranhão: R. Pindaré, R. Grajaú, R. Mearim, R. Itapecuru.
- E – Bacia do Parnaíba – no Maranhão: R. das Balsas; no Piauí: R. Gurguéia, R. Piauí, Rio Longa, Rio Poti (CE/PI).
- F – Região Hidrográfica Atlântica Nordeste Oriental – no Ceará: R. Acaraú, R. Curu, R. Jaguaribe; no Rio Grande do Norte: R. Apodi-Mossoró, R. do Carmo, R. Piranhas-Açu, R. Potengi, R. Curimataú (PB/RN); na Paraíba: R. Piranhas, R. Mamanguape, R. Taperoá, R. Paraíba; em Pernambuco: R. Capibaribe, R. Ipojuca, R. Una; em Alagoas: R. Coruripe, R. Paraíba do Meio, R. Mundaú.
- G – Bacia do São Francisco – em Pernambuco: R. do Pontal, R. da Garça, R. Brígida, R. Terra Nova, R. Pajeú, R. Moxotó, R. Ipanema (PE/AL); na Bahia: R. Carinhanha(BA/MG), R. Corrente, R. Grande, R. Paramirim, R. Verde, R. Jacaré, R. Salitre; em Minas Gerais: R. das Velhas, R. Jequitaiá, R. Verde Grande, R. Gurutuba.
- H – Região Hidrográfica Atlântica Leste – em Sergipe: R. Japarutuba, R. Sergipe, R. Vasa-Barris e R. Real (BA/SE); na Bahia: R. Itapecuru, R. Jacuípe, R. Paraguaçu, R. de Contas; em Minas Gerais/Bahia: R. Pardo, R. Jequitinhonha, R. Mucuri.



## 2.1 – BAIXADA LITORÂNEA – Ecossistemas de praias, alagados e mangues

O cenário geoambiental considerado como Baixada Litorânea compreende a extensa faixa costeira ao longo do litoral nordestino, com cerca de 3.100 km, colocada nas fronteiras do Oceano Atlântico (Fig. 3). São áreas de influência marinha, com solos, geralmente, não indicados para uso agrícola ou pecuário e que abrigam ecossistemas com seus biomas peculiares, onde se destacam: Praias e Dunas, Mangues, Várzeas e Alagados, Salinas.

### 2.1.1 – Praias e Dunas

As praias e dunas representam áreas de solos muito arenosos decorrentes do material geológico sedimentar com grande influência de erosões eólicas, que embelezam a orla marítima, alcançando, ao todo, **6.748 km<sup>2</sup>** (0,40% da área total); com fitogeografia dominada pelas restingas.

Esse longo cordão litorâneo tem sido relegado à falta de um maior controle ambiental, por atitudes negligentes comportamentais do homem. A Fig. 4 procura mostrar a bela paisagem das praias, enquanto a Fig. 5 é um exemplo de poluição desse ambiente.

Especialmente, no tocante às dunas, muitas áreas pitorescas se distribuem ao longo da paisagem do litoral nordestino, principalmente no Maranhão, Ceará e Bahia. Um destaque à parte é a grande formação dos Lençóis Maranhenses destacados no item 2.1.3.

### 2.1.2 – Várzeas, planícies, alagados

As várzeas e alagados – são ambientes, geralmente com solos hidromórficos e com lagoas, formadas por material geológico sedimentar argiloso, argilo-siltoso e argilo-arenoso, de origem fluvial e colúvio-aluvial.

Os solos predominantes são influenciados pelo lençol freático elevado, com sérios problemas de drenagem, da classe dos Gleissolos; havendo partes mais enxutas com Neossolo Flúvico (Solos Aluviais) ou Cambissolos glêicos. Ocupam faixas estreitas ou largas, nem sempre representáveis em levantamentos generalizados. Foram relacionadas abrangendo cerca de **4.194 km<sup>2</sup>** (0,25%). Esse ambiente complexo tem ecossistemas relacionados com fitogeografia de florestas, campos hidrófilos e higrófilos, além do ecossistema próprio das lagoas.

Nos perímetros urbanos, onde há carência de saneamento, essas áreas se encontram submetidas ao afluxo de material residual poluente proveniente de esgotos; além de servirem para deposição de lixo e outros produtos inadequados. Essas áreas requerem estudos básicos que visem o uso e ocupação do solo urbano de forma mais disciplinada e racional, a exemplo dos diagnósticos realizados para o município de Maceió (Cavalcanti e Silva, 2001).

### 2.1.3 – Mangues

Os mangues são ambientes conseqüentes do encontro das águas dos rios com as águas marinhas, ocorrendo em franjas litorâneas, em desembocadura de rios ou no entorno de lagoas (Fig. 6). Foram relacionados alcançando um total de **9.084 km<sup>2</sup>**, 0,54%. Diversas dessas áreas nas zonas urbanas se encontram submetidas a aterro para fins de construção civil.

Nesse ecossistema com bioma dos manguesais predominam solos muito mal drenados, de textura argilosa e siltosa e muito rica em detritos orgânicos, correspondente à classe dos Gleissolos Sálcos (Solos Indiscriminados de Mangue). São áreas muito susceptíveis de poluição e, mesmo protegidas pelo IBAMA, têm sido submetidas a diversos tipos de poluição por deposição de lixo, dejetos e detritos (Fig. 7). Isso decorre, especialmente, da falta de maior responsabilidade da população com a preservação desse nicho ecológico.

Destacadamente, no Estado do Maranhão, os mangues ocupam uma extensa franja quase contínua da ordem de 240 km no litoral ocidental, alcançando cerca de 4.800 km<sup>2</sup> (cerca de 80% do total dos mangues do Estado).

### 2.1.4 – Salinas

As **Salinas** se destacam na face norte do Estado do Rio Grande do Norte, especialmente nos Municípios de Macau e Mossoró; abrangendo apenas **952 km<sup>2</sup>** (0,06%). Constitui fonte de renda para a comunidade dessas áreas e uma grande facilitação no abastecimento do Norte e Nordeste com amortização do custo de transporte.

## GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Baixada Litorânea

A **gestão dos recursos hídricos** para essas áreas se encontra atrelada às mesmas recomendações apresentadas para a Zona Úmida Costeira como um todo, recaindo na necessidade de formação de redes de esgotos sanitários, controle de despejos domésticos e efluentes industriais, entre outros procedimentos específicos.

Além do mais, por serem áreas muito susceptíveis de poluição ambiental, requerem uma ação dinâmica na aplicação da legislação, com incentivos e recomendações educacionais de preservação ambiental e de não poluição por detritos e dejetos, especialmente nas zonas urbanas e nos terrenos de ocupação humana (ver 2.3).









Fig. 4. Paisagem de um trecho da baixada litorânea com praias, coqueiros e vegetação de restinga.



Fig. 5. Detalhe de uma baixada litorânea com um sombrio esgoto poluindo diretamente suas praias. Município de Maceió-AL.



Fig. 6. Retrato de um mangue em seu estado natural.



Fig. 7. Retrato de um mangue poluído por detritos.



## 2.2 – AREIAS “QUARTZOSAS-MARINHAS” da Costa Maranhense

Constitui um cenário geoambiental bastante peculiar, que merece destaque por ocupar uma grande extensão (10.716 km<sup>2</sup>, 0,64%) da parte centro-leste do Estado do Maranhão (ver Fig. 3), colocando-se entre a franja litorânea (onde se incluem os “Lençóis Maranhenses”) e outras formações mais para o interior (como as Superfícies Sedimentares Baixas Descontínuas e os Tabuleiros Litorâneos). Os Lençóis Maranhenses (Fig. 8) constituem uma superfície de dunas com cerca de 1.685 km<sup>2</sup>, recortada por depressões alagadas; que tem despertado grande interesse turístico.

O grande Cenário arenoso da Costa Maranhense possui uma estrutura geológica e pedológica dominada por areias quartzosas, tendo um ecossistema relacionado biomas de formações vegetais de cerrado. Assim sendo, essa área oferece muito baixa potencialidade para utilização agrícola e pecuária, podendo ser utilizada, precariamente, com pecuária extensiva, ou seja, tendo a vegetação como pastagem natural. Pode-se entender uma dificuldade de trânsito para pastoreio pelos animais, por afundamento das patas no solo muito arenoso.

A presença de água superficial se destaca nas passagens de alguns rios que cortam essa extensa superfície arenosa, formando baixadas que podem ser exploradas melhor com uso agrícola e com aquicultura.

É provável que se disponha de bom lençol de águas subterrâneas, o que poderia inspirar a utilização de algumas partes, a serem selecionadas, com fruticultura pelo método de fertirrigação.



Fig. 8. Detalhe pitoresco de um trecho dos Lençóis Maranhenses: dunas móveis permeadas de lagoas interligadas.



## 2.3 – ZONA ÚMIDA COSTEIRA – fitogeografia da mata atlântica (com partes de cerrados)

### 2.3.1 – ESTRUTURA

O cenário geoambiental da Zona Úmida Costeira (ver Fig. 3) é o grande representante tropical da mata atlântica (com algumas partes de cerrado), com uma precipitação pluviométrica em torno de 1.500-2.000 mm anuais.

Apresenta três feições geomorfológicas muito distintas, com implicações sobre suas potencialidades e demandas: Superfícies Movimentadas, Superfícies Tabulares (Tabuleiros Costeiros) e Terraços Fluviais.

#### 2.3.1a – Superfícies Movimentadas – Áreas do Cristalino e Dissecamentos dos Tabuleiros

São áreas de relevo variando de ondulado a montanhoso, representadas por Áreas Acidentadas do Cristalino, com embasamento geológico constituído por rochas graníticas do Pré-Cambriano; e por Dissecamentos dos Tabuleiros (encostas íngremes) com material sedimentar do Terciário, o mesmo dos tabuleiros (Figs. 9 e 10).

Ocorrem desde o litoral de Pernambuco, com penetrações de 100 a 150 km para o interior, descendo até a parte sul da Bahia onde tem maior avanço para oeste, chegando a 250 km. Abrange, em toda a Zona Úmida Costeira, a grande extensão de **83.203 km<sup>2</sup>** (4,98%).

Os solos predominantes – como também nos Tabuleiros – são muito profundos e argilosos das classes taxonômicas Latossolo e Argissolo (Embrapa, 1999), bem a moderadamente drenados (Figs. 11 e 12), com restrições principais ligadas a acidez e baixa fertilidade natural, além da topografia, quando em relevo mais acidentado.

#### 2.3.1b – Superfícies Tabulares – Tabuleiros Costeiros e Planalto da Conquista

As superfícies tabulares da Zona Úmida Costeira são representadas tipicamente pelos conhecidos Tabuleiros Costeiros e, particularmente, pelo Planalto da Conquista (ver Fig. 3).

Tabuleiros Costeiros – Constituem amplas ou pequenas plataformas que se destacam na paisagem por sua topografia plana, podendo apresentar descidas suaves para suas bordas (Fig. 13), com altitudes principais em torno de 50 a 200 metros. São limitados por encostas abruptas com topografia forte ondulada ou escarpada, que representam os dissecamentos dos tabuleiros (ver Fig. 9). Estão relacionadas com recobrimento de material geológico sedimentar argilo-arenoso do Terciário.

Ocorrem, desde a face leste do litoral do Rio Grande do Norte até o sul do estado da Bahia, alcançando um total de **53.834 km<sup>2</sup>** (3,22%), dos quais, 52% estão na Zona Úmida Costeira baiana. A vegetação natural é a floresta tropical atlântica, em fácies mais úmidas ou menos úmidas, tipo floresta tropical subperenifólia e subcaducifólia, respectivamente; ocorrendo também partes de cerrado (EMBRAPA, 1989).

Planalto da Conquista – constitui uma grande plataforma, com **8.005 km<sup>2</sup>**, 0,48%, que se eleva com cotas da ordem de 500 a 800 m, como um plano inclinado, na paisagem da Zona Úmida Costeira, no sul do estado da Bahia, penetrando para oeste no norte de Minas Gerais. O material geológico e a vegetação natural são bastante similares ao que foi mencionado para os Tabuleiros Costeiros.

2.3.1c – Terraços Fluviais – Constituem na unidade geomorfológica correspondente às várzeas dos rios principais e seus afluentes. Estão disseminados, em faixas extensas, largas ou estreitas, entrecortando ambas superfícies, as Movimentadas e os Tabuleiros (Figs. 14 e 15). Geralmente não são possíveis de apresentação em mapas muito generalizados. Os solos são constituídos por camadas estratificados, das classes dos Gleissolos e Neossolos Flúvicos.



Fig. 9. Zona Úmida Costeira – Setor Rural: **Superfícies movimentadas** – com relevo ondulado a montanhoso (ou escarpado), mostrando os topos cultivados de forma correta, enquanto



as encostas se encontram preservadas com a vegetação natural de floresta.



Fig. 10. Zona Úmida Costeira – Setor Rural: **Superfícies movimentadas** – com relevo ondulado e forte ondulado, mostrando toda a área, erroneamente, cultivada com cana-de-açúcar, sem preservação das encostas e submetendo-as ao risco de erosão.



Fig. 11. Perfil de Latossolo Amarelo Distrófico textura argilosa



Fig. 12. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico



Fig. 13. Zona Úmida Costeira – Setor Rural – Ampla superfície de “**tabuleiro litorâneo**” cultivado com cana-de-açúcar, vendo-se, ao fundo, parte da cidade de Maceió – AL.





Fig. 14. Zona Úmida Costeira – Setor Rural – **Terraço fluvial** em destaque na tangência com encostas movimentadas de relevo forte ondulado, cultivadas erroneamente.



Fig. 15 – Zona Úmida Costeira – Setor Rural – **Terraço fluvial (várzea)** usado com pastagem, ladeado por encostas movimentadas com relevo ondulado e forte ondulado.

### 2.3.2 – ORDENAMENTO DAS AÇÕES: SETOR RURAL e SETOR URBANO

As potencialidades, demandas e gestão dos recursos hídricos, na Zona Úmida Costeira, precisam ser abordadas conforme as duas situações distintas:

- a) do **setor rural** e
- b) do **setor urbano**

O setor rural representa o espaço formador e de domínio da própria bacia hidrográfica, no que requer os devidos cuidados de preservação (Figs. 9 a 15); e é onde ocorrem as consequências do desenvolvimento agrícola, pecuário e florestal (agrosilvopastoril).

No setor urbano registra-se o grande impacto gerado pela intensa ocupação do homem e suas necessidades de água para consumo e para indústria, aliadas às questões de poluição e degradação (Figs. 19 a 22).

#### 2.3.2a – Setor Rural – Potencialidades e demandas

Na zona úmida costeira, como um todo (superfícies movimentadas, tabuleiros e várzeas) há uma tradição secular da cultura da cana-de-açúcar, embora essa prática seja mais adequada nos tabuleiros e nas várzeas, que possuem relevo aplanado (ver Figs. 9, 13 e 14). Essa intensa utilização tem provocado desgastes físicos e químicos dos solos e, conseqüente perda de produtividade e de competitividade, notadamente em relação à Região Sudeste.

Nos terrenos movimentados, outras culturas têm sido desenvolvidas, com destaque para a banana, no norte de Pernambuco e o cacau, no sul da Bahia.

Os tabuleiros costeiros têm recebido especial tratamento com agricultura irrigada, destacando-se, além da cana-de-açúcar, a fruticultura (laranja em Sergipe e Bahia, e abacaxi na Paraíba, por exemplo). O procedimento de irrigação suplementar tem promovido um grande acréscimo na produtividade da cana nessas áreas, da ordem de 60 para 100 t/ha (Triunfo Agroindustrial, 1991). O mesmo acontece nas várzeas juntamente com diversas áreas menos acidentadas do cristalino.

Tem sido bastante discutida a necessidade de outras opções de culturas e práticas de manejo, tanto nas áreas acidentadas onde os solos são bastante uniformes, como nos tabuleiros, onde os solos apresentam uma maior variação de textura e de condições de drenagem. Vários estudos têm sido desenvolvidos na busca de definições de uso das terras da zona tropical úmida que conduzam ao melhoramento da produtividade das culturas, de acordo com as diversas condições ambientais e com a seleção de culturas alternativas, a exemplo de fruticultura (banana, citros, coco, caju, jaca, etc.), além da prática da silvicultura. (Hart, 1978; Gliessman et al, 1981; Ewel, 1984; Bittencourt et al, 1990; Rocheleau, 1991; Scherr, 1991; Vivan, 1993; Van Leeuwen, 1994; Reijntjes et al, 1994; Gomes Junior, 1995; entre outros).



## GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Setor Rural da Zona Úmida Costeira

Quanto à **gestão dos recursos hídricos**, verifica-se, de modo geral, que o setor rural de toda zona úmida costeira possui grande disponibilidade de água de boa qualidade, pela precipitação pluviométrica (média anual da ordem de 1.500 a 2.000mm) e pela possibilidade de armazenamento em reservatórios.

Dessa forma, o uso da água para os diversos fins deve ser direcionado para um aproveitamento sistemático no período chuvoso e para captação de água de chuva e seu armazenamento em médias e grandes barragens, tanto para consumo como para irrigação suplementar durante as estações sem chuva. São normas e procedimentos a serem conduzidos com base em conhecimentos de hidrologia e de previsões meteorológicas, de fitotecnia e práticas conservacionistas; adotando-se um monitoramento da utilização dos recursos naturais e cuidados no uso, manejo e conservação do solo e água, e na drenagem das terras.

Nas várzeas, as questões básicas recaem na necessidade de execução de sistemas de drenagem e de controle de poluição por efluentes tóxicos.

### **Proteção dos mananciais – das margens às nascentes – um princípio fundamental**

A proteção das margens dos rios é uma questão de lei que deve ser atendida com o devido rigor, uma vez que isso irá possibilitar a preservação da vegetação natural (Fig. 16), resultando na manutenção da umidade do solo, da biomassa, do ecossistema e na proteção dos mananciais; com conseqüente proteção contra erosão e assoreamento do leito dos rios (Fig. 17). As modificações naturais e artificiais na cobertura vegetal das bacias hidrográficas influenciam o seu comportamento hidrológico, enquanto produzem os mais variados impactos sobre o meio ambiente e a disponibilidade dos recursos hídricos (Tucci e Clarke, 1997).



Fig. 16. Encostas protegidas com vegetação natural.



Fig. 17. Encostas desprotegidas, concorrendo para erosão e para assoreamento do leito dos rios.

### **Os rios de Pernambuco denotam um exemplo bastante negativo**

No Estado Pernambuco, por exemplo, segundo o Relatório de Monitoramento de Bacias Hidrográficas do Estado (CPRH, 2000), a exceção do rio São Francisco, cada uma das 13 bacias hidrográficas perenes (todas litorâneas), principalmente os rios Beberibe, Jaboatão, Igarassu e Capibaribe (Fig. 18), apresentam, em maior ou menor grau, baixa qualidade da água e nível de poluição decorrentes de despejo de esgotos, lixo, efluentes industriais, agrotóxicos e resíduos do beneficiamento da cana-de-açúcar. Os técnicos da Diretoria de Recursos Hídricos e Florestais consideram a ausência de redes de esgoto nos centros urbanos, como o maior problema; além da não preservação da mata ciliar e dos mangues e do acúmulo de lixo jogado das bacias hidrográficas.

Dentre os índices encontrados nas águas desses rios, fora do padrão do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), foram registrados: CF – coliformes fecais, em níveis muito acima dos 1.000 coliformes a cada 100 mililitros; DBO – níveis acima dos 5 miligramas por litro; OD – níveis abaixo dos 5 miligramas por litro; pH – geralmente ácido, isto é, fora do padrão neutro ( $\text{pH} \pm 7$ ); T – turbidez elevada; C – cloro em nível elevado; AFO – em níveis elevados conseqüentes de carreamento de resíduos poluentes.



Fig. 18. Poluição nas margens do Rio Capibaribe



### 2.3.2b – **Setor Urbano – Fragilidades e Controles**

Diversos centros urbanos do Brasil estão colocados dentro do Cenário da Zona Úmida Costeira e abrangendo a Baixada Litorânea. Destacam-se, pelo grande impacto ambiental, algumas capitais e várias cidades de porte médio, onde o contingente humano e habitacional se torna cada vez mais crescente, a exemplo de Fortaleza, Recife, Maceió, Salvador. As cidades construídas nessa zona úmida estão submetidas aos ciclos de intensas chuvas e enchentes, comprometendo toda sua estrutura arquitetônica, desmoronando encostas (Fig. 19 e 20), alagando e poluindo as baixadas (ver Figs. 5 e 7; 21 e 22;).

Nas áreas acidentadas, tanto nas encostas ou próximo delas, quando desmatadas, os solos tornam-se frágeis e oferecem grandes riscos para construções, por desmoronamento (Cavalcanti e Silva, 2001).

Por sua vez, as planícies e vales, que são paisagens da Baixada Litorânea contíguas à Zona Úmida Costeira, estão expostas e susceptíveis a toda sorte de poluição por detritos e dejetos da população ou por deposição de poluentes industriais (Fig. 21).

Nesse contexto, surgem diversas questões relacionadas com fragilidades que requerem os devidos cuidados e controles, entre outras:

- Áreas de risco para construção civil – proteção de encostas,
- Áreas susceptíveis de poluição – demanda de serviços sanitários,
- Áreas com riscos de inundações – controle de enchentes,
- Águas subterrâneas – controle contra riscos de contaminação e de rebaixamento do lençol.

#### **GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Setor Urbano da Zona Úmida Costeira**

Na Zona Úmida Costeira há uma continuada disponibilidade de água proveniente dos 1.500 a 2.000 mm de chuvas que caem todos os anos, concentradas de abril a agosto.

Grandes questões, no que concerne à **gestão dos recursos hídricos** ocorrem nos centros urbanos e núcleos industriais, em decorrência de uma maior demanda, proporcional ao desenvolvimento dessas áreas. A poluição, o mau uso da água, o desperdício e a degradação se apresentam como os grandes vilões.

Uma política de uso do solo urbano mais convincente, educativa e proibitiva deveria fazer parte do programa de desenvolvimento de todas essas cidades. As principais questões podem ser abaixo resumidas, com suas demandas de providências diferenciadas.

a) Áreas de risco para construção – Criar instrumentos que impeçam a construção de casas em áreas de risco, prevenindo-se quedas de barreiras e destruição de casas e de vidas humanas. No caso das áreas já construídas, há que se tentar a remoção da população para áreas mais seguras e, nessa impossibilidade, tomar providências contra desmoronamentos, como a construção de muros de arrimo e aplicação de meios (plásticos) de proteção.

b) Áreas susceptíveis de poluição – Elaborar sistemas de esgotamento sanitário. Procurar estabelecer estações de tratamento de esgotos (ETE) e fazer tratamento do lixo e demais resíduos. Promover uma educação e conscientização mais intensa da população sobre procedimentos de saneamento, preservação do solo, higiene, coleta seletiva do lixo e de não poluição ambiental por deposição aleatória de lixo, detritos e dejetos.

c) Controle de enchentes – Pôr em prática medidas preventivas de controle de enchentes, tais como construção de barragens, alargamento de leitos de rios, reconstrução de pontes e limpeza de canais e galerias.

d) Poços subterrâneos – Disciplinar e monitorar o emprego desse sistema, que tem sido usado de forma um tanto indiscriminada pelas grandes cidades litorâneas; passando-se, inclusive, a adotar com o devido rigor, os direitos de outorga e cobrança do uso da água.

#### **Áreas de risco para construção civil**

É comum a população fazer construções em posições de encostas ou próximo de áreas acidentadas. Cria-se então uma situação de alto risco por desmoronamento, uma vez que os solos que compõem essas superfícies tornam-se frágeis quando desprotegidos de sua vegetação natural, e altamente susceptíveis de erosão. Lamentavelmente, nessas condições, irá acontecer o flagelo da ruptura, mais anos ou menos anos (5, 10, 20, 30 anos).

#### **Susceptibilidade de poluição – Da qualidade da água para uso humano**

A poluição das águas superficiais ou das águas subterrâneas requer uma constante preocupação e controle. A contaminação das águas superficiais se dá, geralmente, por despejos de dejetos e outros poluentes dos esgotos domésticos ou industriais, de lixo e detritos, bem como drenagem de áreas agrícolas tratadas com insumos químicos e pesticidas. No caso das águas subterrâneas a contaminação, por qualquer vazamento de poluente ou água salina, torna-se de difícil controle, uma vez que ela se espalha por todo o manancial, tal qual uma “injeção na veia”.

O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), da ANA, destaca como principais problemas no Brasil: lixo, poluição das águas, poluição ambiental, erosão, inundação (Guimarães, 2003).

Os padrões de qualidade da água para uso humano referem-se a um certo número de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microorganismos que possam comprometer a qualidade da água sob o ponto de vista de sua salubridade e de sua estética. Do ponto de vista de salubridade, exige-se que a água não contenha patógenos ou substâncias químicas em concentrações tóxicas ou



que possam tornar-se nocivas à saúde pelo uso continuado da água. A água pode tornar-se um perigoso veículo de doenças, dada a sua grande capacidade dispersora e uso obrigatório generalizado. Como muitos dos componentes dos líquidos residuários são nocivos à saúde, surge a necessidade da adoção de medidas de vigilância, assim como corretivos a serem adotados para que o homem possa receber água de qualidade compatível com a natureza de suas exigências orgânicas (Branco, 1999).

A Resolução nº 20, de 18/6/1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), classifica as águas doces, salobras e salinas do país, tendo como base fundamental o uso da água, estabelecendo classes e parâmetros de qualidade. A lei nº 8935, de 7/3/1989, dispõe sobre os requisitos mínimos para águas provenientes de bacias de mananciais destinados ao abastecimento público, que devem estar enquadrados na Classe 2 (Tucci, 1999). Dentre os limites dos parâmetros de qualidade da água para a Classe 2, podem ser destacados: **DBO<sub>5</sub>** a 20° C – demanda bioquímica de oxigênio (níveis acima dos 5 mg/l) – é o parâmetro que indica a quantidade de oxigênio, em um meio aquático, necessária à sobrevivência dos microorganismos aeróbios; os quais são responsáveis por consumir a matéria orgânica poluente existente na água (proveniente de esgotos ou outros resíduos); **OD** – oxigênio dissolvido ( $\geq 5$  mg/l em qualquer amostra) – baixos teores podem significar uma intensa atividade de bactérias decompondo matéria orgânica poluente; **pH** (entre 6 e 9); T – turbidez UNT ( $\leq 100$ ) – é o inverso da transparência e dá uma medida da quantidade de materiais em suspensão, representa a introdução prejudicial de pigmentos ou partículas insolúveis do solo, matéria orgânica ou microorganismos; C – cloreto ( $\leq 250$  mg/l) – em nível elevado, pode significar o lançamento de efluentes industriais ou de curtumes; **AFO** – indica a presença de amônia, fósforo e/ou outras substâncias, como consequência de resíduos de adubação do solo, utilizados na agroindústria ou agropecuária (criação de porcos, por exemplo). A presença do Fósforo pode também significar o lançamento de esgotos ou de efluentes de origem industrial. O Conama recomenda para água de Classe 2: Amônia ( $\leq 0,02$  mg/l), Nitrato ( $\leq 10$  mg/l), e Fosfato total ( $\leq 0,025$  mg/l). CF – coliformes fecais ( $\leq 1.000/100$ ml ou pelo menos 80% de um mínimo de cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês); **SDT** – sólidos dissolvidos totais ( $\leq 500$  mg/l).



Fig.19. Zona Úmida Costeira – Setor Urbano. Áreas de grandes riscos para construção civil: áreas movimentadas próximas das encostas de tabuleiro. Maceió-AL



Fig.20. Zona Úmida Costeira – Setor Urbano. Áreas de grandes riscos para construção civil, mostrando também um fundo de vale com áreas das mais susceptíveis de poluição. Município de Maceió-AL





Fig. 21. Fábricas às margens da lagoa de Mundaú, oferecendo grandes riscos de contaminação por poluentes químicos. Maceió-AL.



Fig. 22. Planície litorânea de Maceió (anexa à Zona Úmida Costeira – Setor Urbano) submetida a intensa poluição por detritos e dejetos.

Os consumos médios *per capita* dos núcleos urbanos também são influenciados por fatores sociais, econômicos, climáticos e técnicos. Em geral, os consumos de água crescem com a melhoria dos níveis de vida e com o desenvolvimento do núcleo urbano; e quanto maior for o núcleo urbano, maior será a demanda para uso público, industrial e comercial (Sugai, 2003). Assim, são verificados os seguintes consumos, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINS):

Faixa populacional de	0 a 10.000 .....	consumo médio 116 L/hab.dia
“ “ “	10.001 a 100.000 .....	consumo médio 119 L/hab.dia
“ “ “	100.001 a 500.000 .....	consumo médio 135 L/hab.dia
“ “ “	> 500.000 .....	consumo médio 149 L/hab.dia

### Da captação, tratamento das águas e reuso

Modernamente, com o agravamento dos problemas de poluição dos corpos de água, foram estabelecidos conceitos e técnicas necessários a um correto sistema de abastecimento das cidades. São eles: captação das águas brutas em rios, poços, lagos, reservatórios, etc.; adução das águas brutas da fonte de captação aos pontos de consumo; tratamento da água bruta para torná-la própria para consumo; distribuição das águas tratadas através de um sistema de tubulações de distribuição. Coleta das águas usadas, esgotos, para afastá-las para um local seguro; tratamento das águas usadas para atingir o padrão assimilável pelo corpo receptor final (Campos, 2001).

A Agenda 21 dedicou importância especial ao **reuso**, recomendando aos países participantes da ECO, a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando a proteção da saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas. Face às grandes vazões envolvidas, especial atenção deve ser atribuída ao reuso para fins agrícolas (Hespanhol, 1999).

Abicalil alerta que, no Brasil, ainda são verificados elevados índices de internações hospitalares, decorrentes de doenças causadas pela deficiência ou mesmo inexistência de saneamento básico, especialmente nas Regiões Norte e Nordeste. A prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é uma questão que requer novos modelos de gestão, conforme discutidos por Pereira *et al* (2003).

### Na capital do país, um exemplo para ser seguido

O Distrito Federal oferece um belo exemplo, com a criação de estações de tratamento de esgoto (ETE), devendo ser, no ano 2005, a primeira unidade da federação a ter 100% de coleta e tratamento de esgotos, estando



atualmente com 66%. Prevê-se uma capacidade de abastecimento para 100 anos, com uma vazão de 2,5 m<sup>3</sup>/s, o que representa 9 milhões de litros de água por hora (CAESB, 2003).

### **Drenagem urbana e controle de enchentes**

As enchentes em áreas urbanas são causadas por dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada: enchentes devidas à urbanização e enchentes naturais em áreas ribeirinhas. É uma consequência do impacto no ciclo hidrológico Tucci (1999). Com o desenvolvimento urbano, a cobertura da bacia é alterada para pavimentos impermeáveis e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, gerando as seguintes alterações no referido ciclo: redução da infiltração no solo; aumento do escoamento superficial (devido à água que deixa de infiltrar); redução do escoamento subterrâneo (pela redução da infiltração e consequente alimentação do lençol freático); redução da evapotranspiração (devido à substituição da cobertura vegetal).

A sustentabilidade aponta à reintegração da água no meio urbano, trabalhando junto ao ciclo hidrológico, observando aspectos ecológicos, ambientais, paisagísticos e as oportunidades de lazer (Pompêo, 2000).

Considerando que a drenagem de áreas urbanas ocorre em uma rede complexa de galerias e canais, com grande variação de forma de relevo, interconectada com as ruas; e que o escoamento neste sistema está sujeito a efeitos de remanso e pode ocorrer em regime supercrítico ou sob pressão, em diferentes momentos, Neves et al (2001) aplicaram simulações de modelos hidrodinâmicos para representar os processos de drenagem urbana, atribuindo que, devido à grande variabilidade de condicionantes, necessitam de soluções particulares para cada tipo de alteração de rede.

### **Águas subterrâneas**

Os resultados obtidos por Nobre e Nobre (2001), para a Região Metropolitana de Maceió, permitem constatar que o atual sistema de exploração tem causado perturbações significativas no regime de fluxo das águas do sistema de aquíferos Barreiras/Marituba, a exemplo de processos de intrusão marinha já confirmados através da elevação dos teores de cloretos. Evidenciaram que o volume de águas subterrâneas ora extraídas já é superior à recarga; e que a regulamentação adequada do uso e projeção dos mananciais subterrâneos da região, que reflita aspectos técnicos de caracterização hidrogeológica, processos de reinjeção de águas pluviais devem ser considerados como uma das alternativas existentes.

### **Em Recife, bons exemplos de controles de riscos e de poluição**

Um razoável exemplo de providências para controle das enchentes, com bons resultados, é a cidade de Recife que, a exemplo de outras capitais e cidades litorâneas do Nordeste, se situa numa grande planície colúvio-aluvial. Essa cidade, que abriga a desembocadura de três rios, sofria enchentes periódicas quando coincidiam os picos das chuvas nas bacias hidrográficas desses rios e na cidade, agravadas pelo nível das marés altas. No final da década de 70, o governo desenvolveu um oneroso programa de melhoria de barragens, alargamento do leito dos rios (especialmente do Capibaribe) e de destruição de pontes antigas para dar lugar à construção de pontes maiores.

Proteção dos morros. Também nos morros de Recife tem-se promovido a construção de muros de arrimo, uso de plásticos protetores e outras formas preventivas de controle de queda de barreiras.

Cuidados com os poços tubulares. Quanto aos poços tubulares para uso das águas subterrâneas, é uma outra importante questão a ser equacionada nos grandes centros urbanos que se espalham nas planícies e nos vales litorâneos. Esse fato se refere, especialmente, à intensa perfuração de poços por parte dos grandes edifícios, que se erguem em número cada vez mais crescente, podendo acarretar um rebaixamento indisciplinado do lençol freático, junto com problemas contaminação e de salinização. No caso da cidade de Recife, estudos da UFPE (2001) mostram que dos 4.000 poços da cidade, 25% apresentam alto índice de salinização; e há uma projeção pessimista sobre o aumento desse percentual. Isso seria decorrente de erros de construção na estrutura dos poços, o que teria permitido a contaminação pelo lençol freático superior (que tem contato com estuário de rios e mangues). Outra hipótese, não descartada, seria uma possível intrusão marinha, uma vez que a partir do momento em que há uma grande diminuição do volume dos lençóis, o mar poderia passar a ocupar o espaço em defasagem. Providências estão sendo discutidas para evitar o agravamento da questão.

### **Da qualidade e demanda de água para indústria**

Silva e Simões (1999) citam que as principais propriedades mais usualmente empregadas para especificar a qualidade das águas naturais quanto à sua utilização industrial, tanto por influírem na no seu comportamento, como por afetarem os produtos resultantes dos processos nos quais participam, são: organolépticas (a cor, o sabor e o odor), dureza, alcalinidade, salinidade total, turbidez, teor em sílica.

A dureza é uma das principais propriedades relativas à qualidade das águas naturais. Está vinculada à presença de sais alcalino-terrosos dissolvidos na água, principalmente cálcio e magnésio. A principal consequência da dureza é a não formação de espuma na reação com sabões (no que requerem maiores especificações nas indústrias têxteis e de lavagem). Outra consequência bastante indesejável apresentada pelas águas duras é a tendência de formação de incrustações quando usadas para produção de vapor nas caldeiras.



A **d demanda de água** para indústria representa um uso consuntivo da ordem de 20% (só perdendo para a irrigação) destinado a um elenco de segmentos industriais e suas particularidades: têxtil, frigorífica, curtumes, celulose e papel, açúcar e álcool, cervejarias, conservas, laticínios, óleos vegetais, ferro e aço, acabamento de metais (galvanotécnica), petróleo, petroquímica, detergentes (Silva e Simões, 1999).

Na indústria de grande porte de ferro e aço o consumo de água é muito elevado, ficando na faixa de 100 a 500 m<sup>3</sup> por tonelada de aço, por exemplo. Silva e Simões (1999) destacam o Pólo de Camaçari, na Bahia, onde existe uma central petroquímica – COPENE – responsável pelo fornecimento de produtos de primeira geração para as empresas downstream atuantes no pólo. A demanda de água bruta para o Pólo Petroquímico de Camaçari é da ordem de 3.408 m<sup>3</sup>/h. (Para Pólo Petroquímico de Mauá, em São Paulo é da ordem de 1.260 m<sup>3</sup>/h e para Pólo Petroquímico de Triunfo, no Rio Grande do Sul é da ordem de 1.800 m<sup>3</sup>/h). A água bruta captada pela COPENE é tratada, obtendo-se a água clarificada que atende às necessidades de água de refrigeração de todas as empresas do Pólo, além de alimentar as Unidades de Água Potável e Desmineralizada. A água potável é distribuída para o Pólo e Água Desmineralizada, além de ser vendida às empresas do Pólo, alimenta as caldeiras dos sistemas de turbo-geração.

#### **Monitoramento da água**

No Brasil, estão sendo desenvolvidas atividades com o intuito de organizar, sistematizar e disponibilizar as informações sobre o monitoramento da qualidade das águas. Bases de dados confiáveis e eficazes são de suma importância para que a gestão seja eficiente e que, por exemplo, a outorga seja de fato um instrumento de garantia social e constitucional de acesso à água como previsto em lei. O monitoramento da qualidade das águas é realizado principalmente pelos órgãos estaduais de meio ambiente – OEMAs, empresas de saneamento e pela Agência Nacional de Águas (Sabbag *et al.*, 2003).

#### **A reciclagem da vinhaça, uma conquista da sociedade**

A reciclagem da vinhaça, com aproveitamento na própria cultura da cana-de-açúcar nos fins da década de 70, pode ser citado como um exemplo de conquista das pesquisas e da sociedade no aproveitamento de resíduos e de controle da poluição ambiental. A Portaria Ministerial No 323, de 29 de novembro de 1978 “Proíbe, a partir da safra 1979/1980, o lançamento direto ou indireto, do vinhoto em qualquer coleção hídrica pelas destilarias de álcool instaladas ou que venham a se instalar no país”; e a Deliberação Normativa COPAM no 12, de 16 de dezembro de 1986, “Estabelece normas complementares para armazenamento de efluentes das usinas de açúcar e destilarias de álcool e aguardente e para disposição de efluentes no solo”. Vários estudos têm sido efetuados nesse sentido, entre os quais, Dias (1981), Duarte (1981), Fraga *et al* (1994), Gomes (1981), Ribeiro (2002), Souza *et al* (1982), Valdes *et al* (1982), Baptistella e Scaloppi (1997).

## **2.4 – ZONA ÚMIDA DO INTERIOR – Núcleo da Bahia Central**

Esse Cenário Geoambiental pode ser assim particularizado, uma vez que representa a expressiva extensão geográfica de 11.589 km<sup>2</sup> (0,69%) de uma zona úmida (e sub úmida), porém não costeira, nem típica de zona úmida de altitude (brejos de altitude). Encontra-se distribuído no interior, na parte central do Estado da Bahia (ver Fig. 3), no entorno da Serra de Jacobina, abrangendo o município de Campo Maior, descendo por Tupiramutá, Utinga e Wagner.

Oferece uma situação bastante favorável em termos recursos hídricos, com precipitação pluviométrica da ordem de 1.000-1.500mm anuais, além de solos profundos das classes Latossolo e Argissolo, e uma boa topografia, variando de aplanada a ondulada.

A priori, as questões de potencialidades e demandas de gestão das águas seguem princípios bastante próximos daqueles comentados para a Zona Úmida Costeira, embora, com um aspecto mais favorável por ser uma área mais salubre, ou seja, com menos intensidade de doenças, tanto para os vegetais como para os animais.



## 2.5 – ZONAS ÚMIDAS DE ALTITUDE (Brejos de altitude)

As zonas úmidas de altitude, também conhecidas como “brejos de altitude” compreendem superfícies elevadas que sobressaem, de forma dispersa, na zona semi-árida; ou que ocorrem como prolongamentos da zona úmida costeira. Perfazem um total de 20.992 km<sup>2</sup>, 1,26% (ver Fig. 3). Constituem verdadeiros "oasis", devido às suas boas condições de solo e presença de água; cuja vegetação predominante pertence à floresta tropical subperinifolia ou subcaducifolia (Figs. 23 e 24).

De forma peculiar e diferente da maior parte da região Nordeste, nesses brejos de altitude ocorre uma estação com temperatura fria, no inverno, com menos de 18°C, além de apresentar, na maior parte do ano, noites com temperaturas mais amenas; o que condiciona, uma particularidade de Clima Mesotérmico, segundo a classificação de Köppen (citado por Jacomine *et al*, 1977). Esse fato proporciona a formação de solos com a porção superior (horizonte A) mais espessa e mais escura, em virtude da preservação da matéria orgânica, os quais pertencem às classes Argissolo ou Latossolo com A proeminente ou mesmo com A húmico. A Fig. 25 mostra um perfil de um Argissolo A proeminente (com 50-70 cm de espessura), comum na maior parte dessas áreas. A principal restrição de uso desses núcleos elevados recai na topografia, que em alguns lugares se torna mais ondulada, requerendo os devidos cuidados de manejo e conservação. De modo geral, essas áreas altimontanas estão emolduradas por encostas onduladas a forte onduladas, que apresentam solos rasos e pouco profundos e afloramentos rochosos.

Apresentam uma precipitação média anual da ordem de 1.200 a 1.800 mm, concentrada de abril a agosto, e possuem nascentes de rios, que, muitas vezes, se distribuem em abaciamientos de alto. Pela disponibilidade de água e condições pedoclimáticas, se oferecem como importantes núcleos de produção agrícola, principalmente com irrigação; onde são produzidas culturas diversas, tais como tomate, melão, maracujá, citros, café, inhame, etc.



Fig. 23. Exemplo de um de Cenário geoambiental e ecossistema da Zona Úmida de Altitude, notando-se o relevo suave ondulado e ondulado, muito uso agrícola e remanescente da vegetação de floresta tropical atlântica.



Fig. 24. Detalhe de remanescentes da vegetação floresta tropical subperinifolia e subcaducifolia, que se estende do Brejo de Palmeiras a Serra dos Cavalos, município de Caruaru-PE.



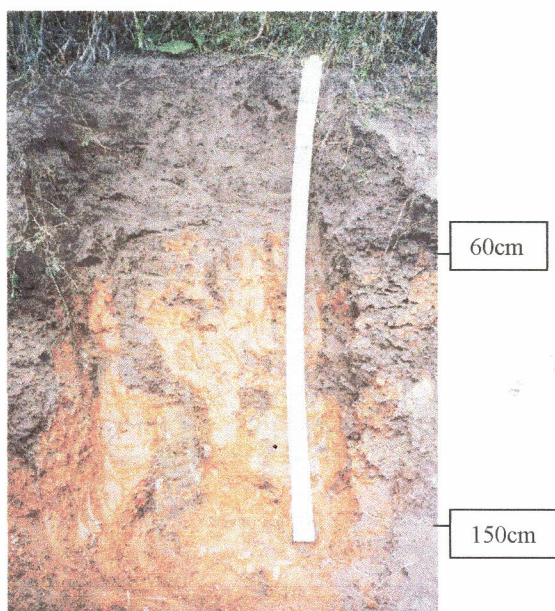


Fig. 25. Perfil de Argissolo A proeminente  
textura média/argilosa

Quanto às práticas de irrigação, tem sido utilizada, em diversos lugares, uma forma de irrigação de superfície não convencional, em sulcos fechados, posicionados em terrenos acidentados (Fig. 26 e 27), conduzindo-se a resultados erosivos das encostas e assoreadores das várzeas. Um grave problema oriundo dessa irrigação é o uso de agrotóxicos, às vezes, de forma indiscriminada, provocando a poluição dos mananciais a jusante.

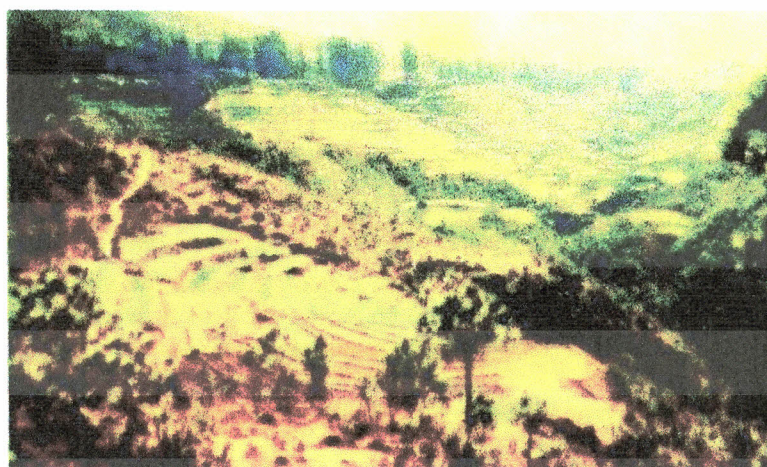


Fig. 26. Paisagem de uma Zona Úmida de Altitude, com relevo suave ondulado e ondulado, e muito uso agrícola



Fig. 27. Forma artesanal de irrigação: irrigação em cochos ou sulco fechados, "irrigação maracanã", comum na zona de brejos do Município de Camocim-PE .



Ocorrem, de forma dispersa, especialmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia (Jacomine *et al*, 1971, 1972, 1973a, 1973b, 1975a, 1977). Constituem grandes ou pequenos núcleos, que abrangem alguns municípios e adjacências, como os seguintes exemplos: no Ceará – Altaneira, Assaré, Serra do Baturité, Catarina, Itatira, Serra de Maranguape, Meruoca, Monsenhor Tabosa, Pedra Branca; no Rio Grande do Norte – Serra de Santana, Serra dos Martins; na Paraíba – Guarabira, Areias, Bananeiras, Lagoa Grande; em Pernambuco – Camocim, Serra dos Aires, Murici, Serra dos Cavalos, Garanhuns, Taquaritinga do Norte, Serra dos Ventos, Triunfo; em Alagoas – Mata Grande, Olho D'água; na Bahia – Mundo Novo, Morro do Chapéu.

#### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Zona Úmida de Altitude

Essas importantes áreas que, muitas vezes se erguem na paisagem do semi-árido, possuem uma situação característica de boa disponibilidade de água e de clima com uma estação fria. Portanto, demandam uma **gestão hídrica** bastante diferenciada e peculiar no caso da agricultura irrigada ou não, o que envolve seleção de culturas preferenciais, práticas de manejo e linhas de pesquisa que conduzam a melhores procedimentos técnicos, econômicos e conservadores do solo e água.

Uma questão associada, da maior relevância, recai na necessidade do controle da poluição dos efluentes, devido à aplicação indiscriminada de agrotóxicos, os quais são carregados para os mananciais localizados abaixo das áreas irrigadas, que servem para uso humano e animal.

Melhores estudos sobre uso e manejo de solo e água, certamente conduzirão aos controles da erosão, do assoreamento e da poluição dessas áreas, podendo se chegar à **geração de novas tecnologias**, apropriadas para esse tipo de situação ambiental.

## 2.6 – TERRAÇOS FLUVIAIS – Úmidos e Subúmidos

Os terraços fluviais constituem unidades geomorfológicas de grande significado para qualquer cenário geoambiental. Corresponde às faixas de várzeas, estreitas ou largas, distribuídas ao longo dos principais rios e riachos (ver Figs. 14 e 15). Nas zonas úmidas e subúmidas possuem vegetação de floresta galeria e campo hidrófilo de várzea, e os solos são das classes Neossolos Flúvicos (Solos Aluviais) e Gleissolos. Uma vez que ocorrem, geralmente, em faixas de menos de um quilômetro, não podem ser representados graficamente, embora tenham boa expressão nos Estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia; e, especialmente, nos principais rios da zona subúmida do Estado do Maranhão. Foram identificados numa extensão de **5.809 km<sup>2</sup>** (0,35%).

São áreas de bom potencial de uso agrícola e pecuário, inclusive com irrigação, com restrições principais ligadas à necessidade de sistema de drenagem e riscos de inundação por enchentes. Requerem os devidos cuidados de preservação ambiental, onde se inclui o controle contra degradação das margens (ver Figs. 16 e 17).

## 2.7 – PRÉ-AMAZÔNIA – Platôs, Encostas e Vales

Esse importante Cenário Geoambiental representa uma zona úmida muito característica que se destaca, como um escudo, na parte norte-ocidental do Estado do Maranhão, limite com o Estado do Pará, abrangendo a extensão de **33.789 km<sup>2</sup>**, 2,02% da área total (ver Fig. 3). Compreende amplas superfícies tabulares ou platôs altimontanos (altiplanos), entrecortadas por encostas movimentadas que descem para vales estreitos. A exemplo da Zona Úmida Costeira, três situações características compõem esse geoambiente: Superfícies tabulares (platôs altimontanos), Superfícies movimentadas e Vales intermontanos.

As superfícies tabulares ou platôs altimontanos representam altiplanos com 700 a 800m de altitude (Fig. 28), constituídos de material argiloso e muito argiloso desenvolvido de argilitos e arenitos finos do Cretácio (Formação Itapecuru), com solos profundos da classe dos Latossolos Amarelos “cauliníticos” (Fig. 29).

As Superfícies movimentadas são representadas, geralmente, por encostas de vales e possuem relevo variando de ondulado a montanhoso (Fig. 30), com Latossolos e Argissolos, apresentando dificuldades de uso e manejo das terras, além de restrições de obtenção de água.

Os vales são, geralmente, estreitos e intermontanos (Fig. 31), com predomínio de solos hidromórficos das classes Gleissolo e Plintossolo. Constituem grandes reservatórios de água superficial e subsuperficial.

A vegetação predominante é floresta tropical subperenifólia (Fig. 32), diferentemente das grandes chapadas geralmente ocupadas pela vegetação predominante de cerrado.

As condições pedológicas dos altiplanos são bastante favoráveis, em termos de solos profundos, bem a moderadamente drenados, oferecendo boas condições de manejo e conservação. As características relativamente desfavoráveis residem na textura muito argilosa e na acidez e baixa fertilidade natural. Neste caso, perfeitamente corrigível com a necessária prática de calagem e adubação.





Fig. 28 Paisagem do topo das extensas superfícies tabulares altimontanas – Platô da Pré-Amazônia – usado com pastagem. BR 222 (Santa Inês–Imperatriz), a cerca de 50 km depois de Buritirama-MA.



Fig. 29. Platô da Pré-Amazônia, com detalhe para o Latossolo Amarelo textura argilosa e muito argilosa relevo plano. cultivado com milho.



Fig. 30. Encostas movimentadas, com relevo ondulado a montanhoso, que constituem os dissecamentos dos platôs da Pré-Amazônia. Estrada Santa Luzia - Buritirama – MA.





Fig. 31. Vista panorâmica de um vale, ladeado por encostas onduladas, vendo-se na linha do horizonte o topo dos platôs, completando a paisagem da Pré-Amazônia, Estrada Buritirama - Bom Jesus das Selvas – MA.



Fig. 32. Remanescentes de floresta tropical subperenifolia, vegetação natural que ocorre na região da Pré-Amazônia. Bom Jesus das Selvas – MA.

#### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Região da Pré-Amazônia

A disponibilidade de recursos hídricos nessas áreas se apresenta com uma condição um tanto desfavorável, apesar dessa área estar submetida a um regime climático com elevada precipitação pluviométrica (em torno de 1650 mm anuais, concentrada nos meses dezembro-maio). Isso porque, para muitos locais, há uma grande distância para os rios, córregos e riachos da região; o que implica na necessidade de construção de pequenos e médios **açudes** para suprimento geral de água (Fig. 33).

Nos vales, a água subterrânea se oferece a uma pequena profundidade (10-20m). No entanto, deve-se encarar a questão do transporte dessa água para as partes altas (Fig. 34), o que tem sido feito, precariamente, nas costas, ou em lombo de animal, uma vez que ainda não tem sido empregado um sistema de bombeamento para recalque.

Nos altiplanos, destaca-se um espesso manancial de **água subterrânea**, geralmente de boa qualidade, porém que se coloca a uma profundidade bastante expressiva, em termos de custos operacionais de perfuração e bombeamento (Fig. 35). A profundidade do poço para essas superfícies tabulares é da ordem de 250-280 metros, estando o nível estático aos 80-100m (INCRA, 2002).

Outro fato interessante a se observar é que, apesar de se estar numa zona úmida, há necessidade de se recorrer à construção de **cisternas e implúvios** para captação de água de chuva, para assegurar uma boa disponibilidade de água para uso humano.

Por sua vez, para a lavoura dependente de chuva, levando-se em consideração o risco provável de veranico durante o período das chuvas, embora em menores proporções que nas regiões sub-úmidas e semi-áridas, torna-se de interesse que sejam utilizadas técnicas e procedimentos que possibilitem garantir as safras, como a prática de captação de água de chuva *in situ*.





Fig. 33. Pequeno açude recém-construído num vale estreito com encostas onduladas, na região da Pré-Amazônia, Município de Bom Jesus das Selvas – MA.



Fig. 34. Foto tirada dentro de um vale onde a água subterrânea está à pequena profundidade (10-20m), mas onde se registra um grandes problemas na falta de sistema de recalque para as partes



Fig. 35. Poço tubular numa agrovila do INCRA, onde a água subterrânea é bombeada de uma profundidade de 250-280m (estando o nível estático aos 80-100m). Município de Bom Jesus das Selvas – MA.



## 2.8 – GRANDES BAIXADAS TÍPICAS

Com essa denominação procura-se caracterizar grandes áreas baixas com restrições de drenagem, de características especiais, que se destacam na Região Nordeste, tais como: o Golfão Maranhense, a Baixada Maranhense, a “Baixada Carolina-Riachão” e o Complexo de Campo Maior (ver Fig. 3).

### 2.8.1 – Golfão Maranhense

Constitui uma baixada entranhada na desembocadura dos rios Grajaú e Mearim, na “saída” da Baixada Maranhense, ocupando uma extensão de  $3.237 \text{ km}^2$  (0,19%). Trata-se de uma área que, embora sobressaia algumas porções de terras melhores, de modo geral, apresentam excessivos problemas de drenagem, com solos argilosos salino-sódicos e, por conseguinte, apresentando, severas limitações na sua utilização.

Um uso alternativo tem sido a criação de búfalos e da pesca, com o represamento dos peixes na oscilação do nível das águas.

### 2.8.2 – Baixada Maranhense

Representa uma grande área, com extensão de  $60.335 \text{ km}^2$  (3,61% da área total), situada no norte-ocidental do Estado do Maranhão (Figs. 36 e 37).

Possui características peculiares em termos geomorfológicos e pedoclimáticos. A gênese dos solos está condicionada ao seu posicionamento numa área baixa, a qual está submetida à intensa precipitação pluviométrica, onde os solos, em sua maioria, apresentam problemas de drenagem. A propósito do assunto, essa área representa um dos berços e razão da criação no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) da classe dos PLINTOSSOLOS (antigamente denominados Larterita Hidromórfica).

Predominam terras baixas com topografia aplanada, embora ocorram também algumas superfícies onduladas sobressaindo no meio da paisagem. Além da restrição de drenagem, os solos também apresentam acidez e baixa fertilidade natural. Por razões dessa natureza, grande parte dessas terras tem potencial preferencial para pastagem. As terras melhor posicionadas e melhor drenadas podem ser trabalhadas com agricultura, com o devido cuidado de manejo, procedendo-se técnicas de drenagem e conservação. De modo geral, são terras mais adaptadas para pastagem.

O babaçu se oferece como uma palmeira nativa arraigada ao solo. Uma boa opção seria promover o raleamento dessas plantas e seu cultivo tecnificado, em consórcio com pastagem ou outra cultura econômica ou de subsistência.

#### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Baixada Maranhense

No que se refere à gestão hídrica, em termos de uso agrícola e pecuário, verifica-se que essas extensas superfícies merecem uma forma diferenciada de aproveitamento agropecuário. Deve-se estabelecer um zoneamento para ordenamento do uso do solo, estabelecendo-se procedimentos de controle de drenagem, devido às situações de intensa precipitação (1200-1800 mm), em solos que já oferecem baixa drenabilidade; contribuindo para seleção de culturas de terras altas e culturas e pastagem adaptadas para áreas baixas. Os cultivos devem levar em consideração o consórcio com a grande presença “indomável” do babaçu.

Depreende-se que a aquícultura nessas áreas seria uma prática a ser mais incentivada.



Fig. 36. Paisagem Baixada Maranhense, notando-se a topografia aplanada com depressões e alagados. Vista da rodovia Peritoró – Santa Inês.





Fig. 37. Baixada Maranhense, notando-se a intensa presença do babaçu, desmatado de forma espaçada, permitindo áreas livres para pastagem. Nota-se o vigor da brotação da pindoba (babaçu novo).

### 2.8.3 – “Baixada Carolina-Riachão”

Foi assim identificada uma expressiva área baixa contínua, com **6.184 km<sup>2</sup>**, 0,37%, característica por apresentar uma situação com predomínio de solos imperfeitamente drenados, da classe dos Plintossolos, onde sobressaem algumas partes de terras com solos bem drenados (Latosolos). Tem ocorrência na parte centro-ocidental do Maranhão, cerca de 300 km ao sul do “Bico do Papagaio”, estendendo-se do Rio Tocantins (município de Carolina) na direção leste/nordeste até Riachão.

A questão de disponibilidade e gestão dos recursos hídricos se apresenta bastante similar àquela mencionada para a grande Baixada Maranhense.

### 2.8.4 – Complexo de Campo Maior

Considera-se como “Complexo de Campo Maior” uma baixada que ocorre na parte norte-ocidental do estado do Piauí, com condições muito peculiares de solo e vegetação, abrangendo **14.285 km<sup>2</sup>**, 0,86%. A vegetação é a sua principal característica visual, formando parques de espécies de cerrados, de floresta subúmida e de caatinga úmida com presença marcante de carnaúba, em meio aos campos herbáceos (Figs. 38 e 39).

Constitui-se numa ampla superfície de depressão com solos derivados de um embasamento geológico de rochas sedimentares e metamórficas (arenitos, quartzitos e siltitos), com plano de clivagem quase horizontal. Dessa forma, a dificuldade no intemperismo das rochas, proporciona a formação de solos rasos e pouco profundos, com grandes problemas de drenagem. Esse aspecto condiciona uma permanência de água superficial armazenada em depressões por bom período do ano.

#### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Campo Maior

Considerando que a melhor opção de uso dessas áreas está na agropecuária, a gestão hídrica, nesses termos, deverá estar atrelada a um zoneamento para seleção de áreas com possibilidade de agricultura e das áreas destinadas a pastagem, com atenção voltada para os riscos de encharcamento e alagamento (inundação) nos períodos chuvosos.

O uso da água, tanto para fins humano como animal, requer os devidos cuidados para se evitar transmissão de doenças de veiculação hídrica.





Fig. 38. Paisagem da Baixada do “Complexo de Campo Maior”, no Piauí, notando-se o relevo aplanado, o campo de pastagem com muita carnaúba e o fácil represamento de águas superficiais.



Fig. 39. Paisagem de Campo Maior, no Piauí, notando-se o pastoreio de animais em campo de pastagem com muita carnaúba.



## 2.9 – ZONA SEMI-ÁRIDA – fitogeografia das caatingas (54% da Região Nordeste)

A zona semi-árida do Nordeste, incluindo parte do norte de Minas Gerais, abrange perto de 900 mil km<sup>2</sup> (896 km<sup>2</sup>), o que corresponde a pouco mais da metade (54%) da área total de 1.672.431 km<sup>2</sup>, assim distribuídos: 1.550.940 km<sup>2</sup> da Região Nordeste e 121.491 km<sup>2</sup> do norte de Minas Gerais, que é a área de atuação da SUDENE. Abrange parte de todos os estados nordestinos, com exceção do Maranhão (EMBRAPA, 1989).

Conforme citado no relatório do “Projeto de Gestão Hídrica em Assentamentos Rurais de Reforma Agrária no Nordeste do Brasil”, componente do “Programa Nacional de Convívio com a Seca e Inclusão Social (ANA, 2001a) “a Zona Semi-Árida compreende 895.931,3 km<sup>2</sup>, sendo 841.260,9 km<sup>2</sup> na Região Nordeste e 54.670,4 no norte de Minas Gerais e se caracteriza por apresentar reservas insuficientes de água, onde está o Polígono das Secas delimitado em 1936, através da Lei 175, e revisado em 1951. O semi-árido compreende áreas sujeitas repetidamente aos efeitos das secas e é delimitado pela isoeta de 800 mm/ano”

A abordagem sobre a Zona Semi-Árida, por sua grande abrangência e peculiaridade, será desmembrada em três seções:

1. As duas feições macro-climáticas do Semi-árido,
2. Os grandes Cenários Geoambientais, e
3. Procedimentos de Gestão dos Recursos Hídricos no Semi-árido

### 2.9.1 – As duas feições macro-climáticas do Semi-Árido

A Zona Semi-Árida abriga, em linhas gerais, duas grandes distinções macro-climáticas: semi-árido de caráter atenuado e semi-árido de caráter acentuado (EMBRAPA, 1989).

#### 2.9.1a – Semi-árido de caráter atenuado (zona do agreste) – de caatinga hipoxerófila

A zona do **SEMI-ÁRIDO ATENUADO** também conhecida como “zona de agreste”, possui uma condição climática mais amena, ou seja, menos agressiva que o semi-árido acentuado (Fig. 40). As chuvas variam em torno de 600-800 mm anuais, concentradas de março a julho (quase coincidente com o período chuvoso da zona úmida costeira), apresentando déficit hídrico no restante do ano. A temperatura média se coloca entre 23 e 33°C (com temperaturas noturnas mais brandas, com mínimo de 18-20°C nos meses mais frios). A evapotranspiração potencial é da ordem de 5 a 6 mm/dia.

A vegetação natural corresponde ao tipo caatinga hipoxerófila (Lima, 1970) – de porte arbóreo-arbustivo mais ou menos denso. Em diversos locais, se apresenta em transição para floresta tropical caducifólia, ou, em algumas chapadas, em transição para cerrado caducifólio.

A situação de semi-árido atenuado se destaca nas áreas com condições mais favoráveis de umidade, em termos de maior incidência de água de chuva, bem como de afluxo de águas de escoamento, ou seja, em condições com preservação de maior teor de umidade dos solos. Isso ocorre, especialmente, na faixa limite com a zona úmida costeira, nos sopés das grandes chapadas e dos planaltos, e em algumas superfícies elevadas.

Essas condições climáticas menos agressivas permitem – com riscos menores – a colheita de uma safra agrícola sob condições naturais de chuva (agricultura de sequeiro), onde se cultivam: milho, feijão, mandioca, algodão e batatinha, entre outras. Também suportam a prática de pastagem plantada, em maior número de espécies, uma vez que as mesmas oferecem maior resistência ao período dos meses sem chuva.

#### 2.9.1b – Semi-árido de caráter acentuado (sertão nordestino) – de caatinga hiperxerófila

A zona do **SEMI-ÁRIDO ACENTUADO** também conhecida como “sertão nordestino” compreende cerca de 2/3 de todo o semi-árido e está submetida a uma condição climática mais severa (Figs. 41 e 42), com chuvas mais irregulares e com veranicos mais freqüentes e mais longos. O período de expectativa das chuvas se estende de dezembro a abril, com uma precipitação média anual da ordem de 400 a 600 mm. A temperatura média diária é da ordem de 25-35°C (com mínima acima de 18°C); e a evapotranspiração potencial varia de 6 a 7 mm/dia, com déficit hídrico durante todo o ano.

A vegetação natural corresponde ao tipo caatinga hiperxerófila (Lima, 1970), com predomínio de espécies mais adaptadas à seca, como o pereiro e faveleira; e com maior número de cactáceas, onde se destacam o xique-xique e o facheiro, ausentes na caatinga hipoxerófila.

Nessas condições climáticas mais severas a agricultura dependente de chuva (agricultura de sequeiro) torna-se de altíssimo risco, com cerca de 80% de probabilidade de perda. Significa que a possibilidade de se obter uma boa safra é muito pequena, cerca de uma entre cinco vezes. Esse fato se deve, além das chuvas incertas e irregulares, especialmente, aos freqüentes **veranicos** (ocorrência de 2 a 3 semanas sem chuva durante o ciclo da planta). Por sua vez, a manutenção de campos de pastagem torna-se altamente comprometida, devido ao longo período de estiagem; somente sendo possível o uso de capins muito tolerantes, tais como o capim bufell e o capim corrente, assim mesmo, em solos favoráveis, que não sejam rasos nem mal drenados (Cavalcanti, 1999; CODEVASF, 1998).



Numa verdade impiedosa e implacável, a **zona semi-árida de caráter acentuado**, com cerca de 500 mil km<sup>2</sup>, representa o **maior “Cenário Problema”** do Nordeste, que deixa o forte e destemido homem nordestino, impotente e vulnerável aos rigores do seu próprio habitat.

Esse Cenário requer atitudes sérias e decididas dos profissionais de pesquisa e dos homens públicos para um **convivência com o semi-árido** dessa população com dignidade.



Fig. 40. Paisagem da zona semi-árida de caráter atenuado (zona do agreste) com vegetação de caatinga hipoxerófila.

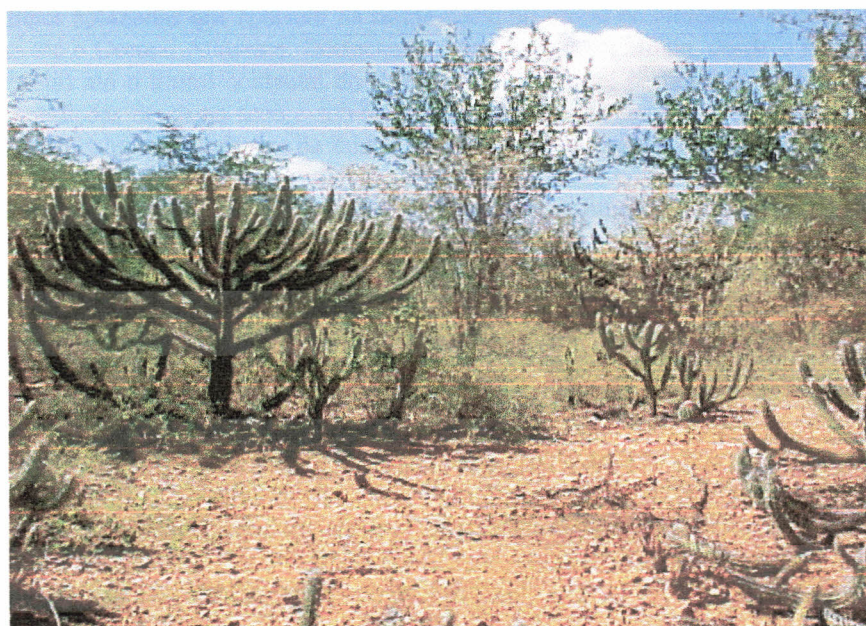


Fig. 41. Paisagem da zona semi-árida de caráter acentuado (do sertão nordestino) com vegetação de caatinga hiperxerófila (mais rica em cactáceas).





Fig. 42. Destaque para solos rasos e pouco profundos (50-80cm) da classe dos Luvisolos (Bruno Não Cálculos), de ocorrência na zona semi-árida.

### 2.9.1 – Os grandes Cenários Geoambientais do Semi-Árido

Dentro dos 900 mil km<sup>2</sup> da zona semi-árida, ocorrem situações com diversidades bastante peculiares, basicamente relacionadas com variações geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas; podendo ser destacados os cenários geoambientais relacionadas abaixo, a partir da interpretação do Mapa de Solos do Nordeste (Embrapa, 1989). A Fig. 43 representa um mapa reduzido, com destaque para os componentes da Zona Semi-Árida.

**Tabuleiros litorâneos** (de zona seca e sub-úmida);

**Tabuleiros sertanejos** – bom potencial para irrigação;

**Superfícies de pediplanação** – embasamento exposto do Complexo Cristalino;

**Superfícies cársticas** – o rico embasamento calcário;

**Superfícies areno-quartzosas** – Barra, Casa Nova-Petrolina, Bacia do Jatobá, Raso da Catarina, etc.;

**Terraços fluviais** – grandes várzeas dos principais rios,

Além desses, também ocorrem, inseridos no Semi-Árido de forma completa ou parcial, os seguintes cenários, que serão estudados separadamente nas respectivas seções:

**Domínio das Grandes Chapadas** (seção 2.10),

**Superfícies Sedimentares Baixas** (seção 2.11),

**Núcleos Eutróficos** (seção 2.12), e

**Superfícies Movimentadas, Irregulares e Desgastadas** (seção 2.14).

#### 2.9.2a - Tabuleiros Litorâneos (de zona seca e sub úmida)

São superfícies aplanadas que ocorrem na frente norte no litoral do Nordeste, onde as condições climáticas semi-áridas chegam até o Oceano Atlântico. Destacam-se, de forma descontínua, desde o litoral do Piauí, do Ceará (em maior abrangência) até o litoral ocidental do Rio Grande do Norte, perfazendo uma extensão de **28.052 km<sup>2</sup>** (1,68%). Possuem condições de clima seco e sub-úmido, compondo um cenário geoambiental e ecossistema muito diferente daquele dos Tabuleiros Litorâneos da Zona Úmida Costeira, domínio da mata atlântica, estudados no item 2.3.1b.

Geologicamente, representam o recobrimento de um manto sedimentar areno-argiloso, referido ao Terciário, sobre rochas do Pré-Cambriano. Formam superfícies aplanadas baixas, de forma similar aos Tabuleiros do sertão, que será estudado no item seguinte 2.9.2b (ao contrário dos dissecamentos abruptos verificados na zona úmida costeira).

Nestes tabuleiros a vegetação predominante é denominada caatinga litorânea, representada por uma caatinga arbóreo-arbustiva densa intermediária para floresta tropical caducifólia e com partes de transição para cerrado. Na parte ocidental do litoral do Rio Grande do Norte e no litoral do Ceará, a vegetação de caatinga se apresenta mais seca, em transição para caatinga hiperxerófila. Na costa oriental do Maranhão ocorre tabuleiros de zona sub-úmida com vegetação de cerrado, a exemplo do Tabuleiro de São Bernardo.

Os solos são geralmente profundos das classes dos Latossolos Amarelos textura média, ocorrendo partes mais arenosas com Neossolos Quartzarênicos, além de Argissolos textura arenosa/média. Essas amplas superfícies tabulares são cortadas por largas ou estreitas passagens de água, cujos solos apresentam problemas de drenagem, das classes Plintossolos e Planossolos, ambos textura arenosa/média.

#### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Tabuleiros Litorâneos de Zona Seca e Sub Úmida

A principal disponibilidade de recursos hídricos está na precipitação média anual da ordem de 500 a 900 mm, concorrendo para que, nas áreas com maior precipitação, se promova um armazenamento razoável de águas superficiais e onde as amplas superfícies de solos porosos direcionam as águas para acúmulo natural em calhas de drenagem. Tal é o caso dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí. Por outro lado, registram-se maiores dificuldades de convergência de águas nas áreas mais secas, como no Estado do Ceará.

A **gestão dos recursos hídricos** nesses tabuleiros deve estar direcionada para o aprimoramento de projetos de irrigação já implantados ou futuros, usando-se as águas de grandes rios e águas de grandes açudes. Portanto, desde que se disponha de mananciais e de infra-estruturas, esses tabuleiros abrangem terras recomendadas para uso com irrigação. É a expectativa, por exemplo, de irrigação no Piauí e Maranhão, com águas do Rio Parnaíba; e no Rio Grande do Norte, com águas de grandes açudes, com destaque para o Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Piranhas-Açú, com volume da ordem de 2 bilhões de metros cúbicos e vazão regularizada de 17,2 m<sup>3</sup>/s.

As questões básicas a serem equacionadas residem na implementação dos perímetros irrigados, com aporte de **recursos** e o devido **monitoramento dos mesmos**, a partir daqueles já elaborados. É o que se verifica, por exemplo, nos Tabuleiros do Piauí, onde a previsão de irrigação de 10.000 hectares, onde já se encontra estrutura e equipamento primário montado (com cinco potentes bombas ociosas), apenas 10% da área se encontram em funcionamento. Situação pior ocorre nos vizinhos Tabuleiros de São Bernardo, no Maranhão, com melhores solos e



onde, após os trabalhos básicos de implantação terem sido executados, a obra se encontra paralisada (ZEE - MMA, 2001). Por outro lado, esses tabuleiros demandam uma política que vise uma maior ordenação nos processos produtivos relacionados com o uso múltiplo das águas tais como: agricultura, pecuária, agroindústria e aquíicultura..

A gestão integrada de reservatórios no cristalino da zona semi-árida e a aplicação das águas (tanto para os tabuleiros, os terraços fluviais, como para os pediplanos) envolvem considerações especiais, conforme estudos de Gondim Filho (1988), Molinas (1996), Viana (1996), Freitas (1997), Campos e Souza Filho (1997), Oliveira e Lanna (1997), Souza Filho (1997), COGERH (2000b), Silva (2003), entre outros.

Independentemente do uso com irrigação, muitas dessas áreas de tabuleiro litorâneo poderiam ser usadas com agricultura dependente de chuva; obviamente, observando-se as questões de preservação ambiental. No entanto, grande parte se encontra entregue à vegetação natural que é usada como pasto em pecuária extensiva. Entre outras linhas de produção pode-se inserir a apicultura e avicultura.



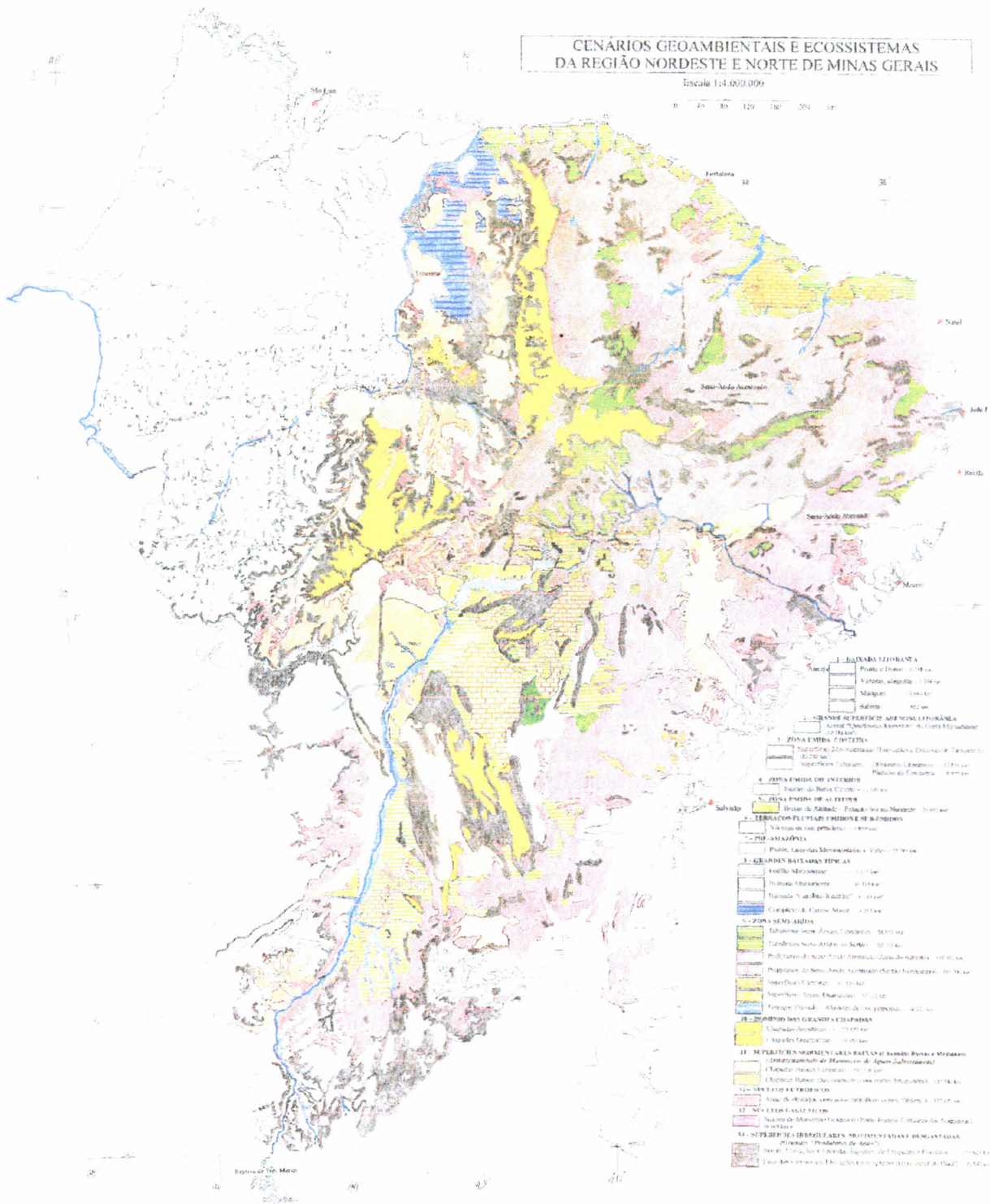


Fig. 43. Mapa dos Cenários Geambientais e Ecossistemas, com destaque para a Zona Semi-Árida, incluindo cenários com condições macro-climáticas de transição, como grandes Chapadas, Chapadas Baixas; e a presença de brejos de altitude que sobressaem nessas paisagens.

### 2.9.2b – Tabuleiros do Sertão – o grande potencial de terras irrigáveis

Os Tabuleiros do Sertão, ou "Tabuleiros Sertanejos" ou "Tabuleiros Interiores" são superfícies tabulares relacionadas com o recobrimento do manto sedimentar argilo-arenoso do Quaternário/Terciário, relativamente pouco espesso (em torno de 2 a 5 metros de profundidade) sobre as rochas cristalinas do Pré-Cambriano (gnaiesses, micaxistos e similares). A Fig. 44 procura ilustrar esse Cenário Geoambiental, que abrange **62.795 km<sup>2</sup>**, 3,76%.

Os solos têm características variadas em função da granulometria, profundidade e drenagem. Possuem fertilidade natural baixa a mediana, principalmente, das classes Latossolo e Argissolo. Os Latossolos apresentam



uma sequência de horizontes uniforme e são, geralmente, muito profundos, bem acentuadamente drenados (Fig. 45); enquanto os Argissolos possuem maiores variações de características, com nítida diferenciação de gradiente textural e de condições de drenagem (Figs. 45 e 47) e variam de muito profundos a pouco profundos. O clima predominante é do semi-árido acentuado.

#### Cenário Geoambiental com bom potencial para irrigação

Essas terras, juntamente com os Terraços Fluviais (ver 2.9.2.f), se constituem nas áreas mais recomendadas para irrigação na zona semi-árida do Nordeste. Justamente nesses tabuleiros sertanejos, no vale do rio São Francisco, é onde se tem promovido a maior utilização das terras, tendo-se formado um pólo de desenvolvimento para o Nordeste semi-árido, com a produção sistemática de fruticultura irrigada, inclusive para o mercado exportador, como: manga, uva, goiaba, banana, pinha, coco, além de outros produtos agrícolas.



Fig. 44 – Vista panorâmica de uma superfície de Tabuleiro Sertanejo, notando-se o relevo aplanado; tendo ao fundo, na linha do horizonte, a Chapada do Araripe, com suas encostas íngremes. Município de Ouricuri-PE



Figs. 45, 46 e 47. Perfis de solos irrigáveis predominantes nos tabuleiros sertanejos: à esquerda, Latossolo Vermelho-Amarelo textura média; no centro, Argissolo Vermelho-Amarelo; e, à direita, Argissolo Amarelo (endoplântico), ambos textura média/média e argilosa.

#### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Tabuleiros do Sertão

No que se refere à **gestão dos recursos hídricos**, são cenários apropriados para uso com agricultura irrigada. Pode-se registrar a necessidade de melhor definição das técnicas de manejo desses solos, tanto com irrigação como com agricultura sob condições naturais de chuva (lavoura de sequeiro), a partir das variações de solo, drenagem e situação de ocorrência. São procedimentos de irrigação e drenagem a serem conduzidos, junto aos irrigantes, de nível empresarial e particular, em consonância com as empresas públicas e privadas que gerenciam essas obras, a exemplo da Codevasf (1988, 1990, 1998), Chesf (1987a, 1987b, 1988), entre outras.



Para as áreas de tabuleiros que estejam fora da possibilidade de irrigação, por falta de manancial, torna-se necessário que sejam postas em prática todas as recomendações de **captação de água de chuva** e manejo das caatingas, dentro dos conceitos de convivência com a seca, que serão abordados na seção 2.9.3.

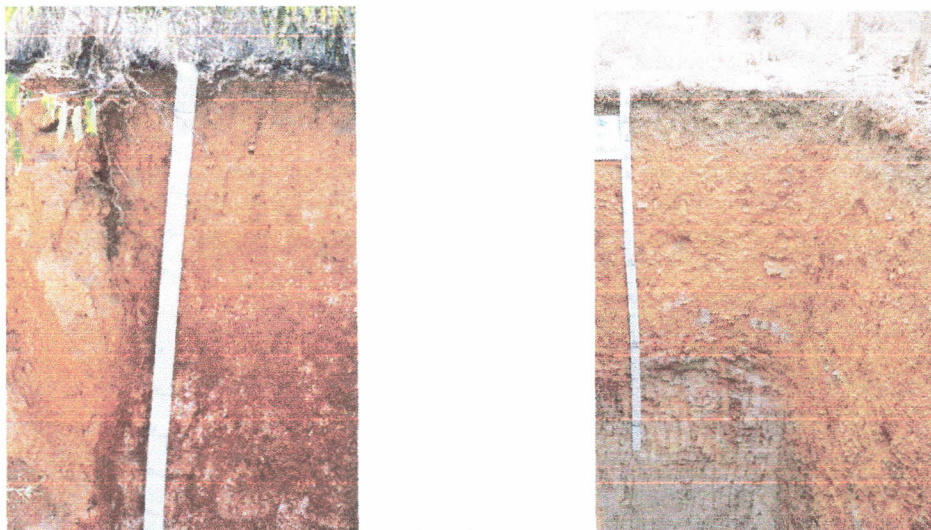
Uma abordagem mais ampla envolvendo as questões de irrigação e drenagem e as necessidades de uso da água com racionalidade e responsabilidade pelos irrigantes está apresentada no item 2.9.3d.

### **Embasamento concrecionário e as questões de drenagem**

Essas superfícies sedimentares tabulares apresentam na sua parte inferior, uma camada pedregosa e concrecionária assente sobre as rochas cristalinas do Pré-Cambriano (gnaisse, micaxisto). Essa leito pedregoso surge a uma profundidade oscilante, média da ordem de 100 a 250 cm, e possui uma espessura em torno de 50 a 100 cm (Fig. 48). É constituído de material pétreo, tamanho cascalho e calhau, representado por concreções ferruginosas e fragmentos de rocha (principalmente quartzo), às vezes solto e, às vezes, formando conglomerados lateríticos (CODEVASF, 1988, 1998). Sua disposição em ondulações, forma depressões e saliências, podendo gerar lagoas internas sem saídas laterais, quando submetida a irrigações. Esse condicionamento tem merecido atenção especial nos trabalhos de drenagem; e requer estudos da distribuição espacial da flutuação de profundidade desse leito concrecionário em relação à superfície do terreno, para possibilitar as “sangrias” de bolsões de águas internas.

Essa situação imperceptível tem merecido maiores esforços nos trabalhos de drenagem no vale do São Francisco. Por essas e outras razões, e pela necessidade de se provocar estresse hídrico das mangueiras, produto de exportação, cuidados de drenagem têm tomado muito impulso, através de decisões políticas para o aprimoramento de equipamento e processos de controle, coordenados por técnicos da CODEVASF (Batista *et al*, 2002).

Nos locais em que esse material pétreo está exposto à superfície – especialmente em encostas e plataformas erodidas – formam solos, geralmente classificados como Argissolo pedregoso (concrecionário ou não) (Fig. 49). Solo esse que, conforme a aglutinação desse material pétreo, se não muito cimentado, se apresenta com maior capacidade de armazenamento de água (oferecendo maior resistência para as culturas aos veranicos) e pode ser utilizado com fruticultura irrigada adaptada, como uva, por exemplo.



Figs. 48 e 49. Perfil de Argissolo endopedregoso (a esq.) e de Argissolo pedregoso (mais apropriadamente seria “Petrossolo”).

### **Da drenagem e dos riscos de salinidade**

Os procedimentos de irrigação não podem estar dissociados das técnicas de drenagem, especialmente na zona semi-árida onde a evapotranspiração é mais intensa e os riscos de salinidade estão sempre presentes. Esse princípio passa por uma avaliação das classes de terra para irrigação e dos seus fatores imitantes, que deverá demonstrar as condições de drenabilidade dos solos e o grau de risco de salinidade. Cuidados esses que passam a ser maiores para solos que têm adensamento abaixo dos 30-60 cm do horizonte superficial (de condições aráveis muito favoráveis); especialmente das classes dos Argissolos com fragipã e dos Argissolos endoplânticos.

Conforme assinalam especialistas, entre as principais medidas para prevenir ou reduzir os problemas de salinidade do solo e da água destaca-se a drenagem adequada, juntamente com a adoção de práticas culturais e de manejo apropriadas (Scaloppi e Brito, 1986; Cruciani, 1989; Batista *et al*, 2002; entre outros).

Por sua vez, a própria irrigação dos tabuleiros com as águas do Rio São Francisco de boa qualidade (C1, S1), e que contém, em média, algo da ordem de 50 g de sais por metro cúbico (50 mg/l), sugere, ao longo do tempo, os devidos cuidados com as boas práticas de irrigação e drenagem, especialmente para os solos que já possuem restrições de drenabilidade. Pode-se também admitir certos cuidados com a drenagem, contra incremento de sais,



conseqüente da própria aplicação da adubação nitrogenada e potássica (em torno 300-500 kg por hectare) mesmo que isso represente a percolação apenas de uma pequena parcela desses valores.

### **Melhor para os solos arenosos**

Nesse particular, as Areias Quartzosas levam vantagem, uma vez que não oferecem restrições de drenagem e, pelo contrário, com o aumento do potencial osmótico da solução do solo, têm aumentada sua capacidade de retenção de água pelo aumento das forças de capilaridade, justamente as maiores para solos arenosos, em detrimento das forças de adsorção, no contexto do potencial matricial.

## **2.9.2c – Superfícies de Pediplanação – Áreas do Substrato Cristalino**

As superfícies de pediplanação ou pediplanos constituem a unidade geomorfológica mais característica da zona semi-árida, e de maior expressão geográfica, onde alcança cerca de 300.000 km<sup>2</sup>; sendo 104.926 km<sup>2</sup> (6,28%) no semi-árido atenuado e 193.306 km<sup>2</sup> (11,56%) no semi-árido acentuado (ver Figs. 41 e 42),

Essas superfícies estão, geologicamente, relacionadas com a exposição do Complexo Cristalino Brasileiro, referido ao Pré-Cambriano, cujas rochas principais são: gnaisses, granitos, micaxistos e similares.

Nessas áreas, a topografia se apresenta típica de pediplanos, com relevo plano a suave ondulado (com partes onduladas), cujas declividades predominantes são menores que 15% (Fig. 50); de onde sobressaem serras e serrotes (inselbergues), que são maciços residuais remanescentes. O cenário representativo dessas elevações residuais será estudado, como Superfícies Movimentadas, Irregulares e Desgastadas no item 2.14.

As paisagens de pediplano da zona semi-árida ocorrem em todos os estados do Nordeste, com diferentes proporções, excetuando-se Maranhão (Embrapa, 1989; Jacomine *et al*, 1971, 1972, 1973a, 1973b, 1975a, 1975b, 1976, 1977/1979, 1979, 1986b).

As diferenças básicas de condicionamento climático e ambiental entre as duas faces dos pediplanos já estão retratadas na caracterização da zona semi-árida (ver 2.9.1). Nos pediplanos do semi-árido atenuado predominam solos profundos e pouco profundos; enquanto nos pediplanos do semi-árido acentuado os solos variam, principalmente de pouco profundos a rasos.

Em ambas situações climáticas destacam-se solos das classes: Argissolos lépticos, Planossolos, Luvisolos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos (Embrapa, 1999); que, em diversos locais, apresentam Afloramentos de Rocha. As Figs. 51, 52 e 53 mostram detalhes de alguns desses solos predominantes.



Fig. 49. Vista panorâmica de uma ampla superfície de pediplanação no semi-árido atenuado (zona do agreste), com muitos espelhos d'água. Foto tirada do alto de um brejo de altitude, em período chuvoso no agreste (março-julho). Município de Caruaru-PE.

### **Vocação para a pecuária extensiva – Manejo das caatingas.**

Em cerca de 75% das áreas de pediplano do semi-árido acentuado os solos não apresentam potencial para agricultura, tendo como vocação predominante, a pecuária extensiva, isto é utilizando-se, como pasto, a vegetação natural de caatinga. Nesse particular, verifica-se a necessidade de se aprimorar e incrementar, junto à comunidade, as técnicas de manejo das caatingas, a exemplo do consórcio CBL (caatinga-buffel-leucena). Envolve o raleamento e rebaixamento da vegetação natural e consórcio com a introdução de pastagem e forrageiras adaptadas (Guimarães Filho *et al*, 1995; Guimarães Filho *et al*, 2000; Guimarães Filho e Soares, 1999, 2000; Oliveira, 1993; Soares, 1995; Carvalho Filho, 1999; Cavalcanti, 1994; Cavalcanti e Lopes Filho, 2000; entre outros).





Fig. 51, 52 e 53. Perfis de alguns solos pouco profundos e rasos que ocorrem nas superfícies de pediplanação do semi-árido: à esq., Luvisolo (Bruno Não Cálculo); ao centro, Planossolo Solódico; e a direita, Neossolo Litólico.

### Riscos de degradação e desertificação – função do potencial de erosão

Esse Cenário Geoambiental se apresenta como dos mais susceptíveis aos processos de degradação e desertificação, que são tanto mais intensos quanto mais frágeis sejam essas superfícies e quanto mais intenso e desordenado seja o uso das terras. Sabe-se que esse tipo de depauperação está condicionado aos processos de erosão e que o potencial de erosão das terras está diretamente relacionado com as propriedades dos solos e de sua disposição geoambiental, submetidos às condições meteorológicas, que podem ser agravadas e aceleradas por ações antrópicas. As características intrínsecas do solo respondem pelo fator de erodibilidade do solo, em interação com sua situação ambiental, onde se inclui, de forma inalienável, o relevo e a declividade do terreno. Como outros fatores diretamente relacionados destacam-se o fator de erosividade das chuvas, a cobertura vegetal (tipo e densidade), o uso e manejo do solo e as práticas de conservação.

Para que sejam exercidas ações mais verdadeiras de controle de desertificação, deve-se estabelecer zoneamentos mais pormenorizados (em escala 1:100.000 ou maiores), com os estudos de interpretação e delimitação espacial do potencial de erosão das terras; que poderão adotar metodologias e critérios, conforme discutidos e propostos por Chaves (1994a, 1994b), Denardin (1990), Guimarães e Carvalho Junior (2002), Silva (2000), Silva *et al* (1999), Wischmeier & Smith (1978).

O impacto crucial do suporte populacional e as razões de sobrevivência. Com certeza, o princípio básico do agravamento da degradação ambiental nessas áreas está ligado ao suporte populacional, que cada vez mais cresce em áreas com as mais precárias condições de vida humana. O que acontece, então, como consequência, é o impacto da necessidade de sobrevivência, o que gera um ciclo vicioso que envolve, principalmente, a criação de animais rústicos (caprinos e ovinos), devoradores dos brotos que possam emergir para recuperação das plantas nativas.

Ai está formado o cenário onde se desenvolvem os processos mais elementares de degradação: a **vegetação solapada**, o **solo exposto** e a **ação das chuvas** que caem, muitas vezes, em forma de enxurradas.

Outra forma que contribui altamente para a degradação ambiental é o extrativismo indiscriminado da vegetação. É o que se vê, em maior escala, com a instalação de pólos indústrias, como: tecelagem, gesso, cerâmica, etc. Nessas áreas e arredores, a vegetação tem sido extraída de forma desordenada, expondo o solo a um acelerado processo de erosão. A forma violenta e acelerada dessa devastação requer que se estabeleçam, urgentemente, normas e critérios de conservação dessas áreas, onde a presença empresarial tornaria mais factível uma disciplina no processo.

Verifica-se que há necessidade de implantação e disseminação de tecnologias de manejo e conservação do solo, usando-se a vegetação natural da caatinga, isoladamente ou em consórcio, a exemplo do sistema CBL (caatinga-bufel-leucena). Alguns autores têm apresentado estudos e propostas relativas à essas questões, entre os quais, Lopes e Brito (1993), Guimarães Filho e Soares (1999, 20001), Guimarães Filho *et al* (2001), Porto e Silva (1995), Reis (1996).

Recomendações básicas. A elaboração de zoneamentos mais pormenorizados servirá como componente informativo fundamental para que se tomem as devidas providências e recomendações para atenuar ou mesmo refrear os processos erosivos, especialmente nas terras produtivas. Dentre as medidas de controle, podem ser destacadas:

- a) Fazer um zoneamento da bacia hidrográfica, enfocando as diversas áreas já em processo ou em níveis de susceptibilidade (risco) à degradação e desertificação;



- b) Assinalar as áreas com características para uso preferencial da pastagem como alimento dos rebanhos, usando-se a vegetação natural, *in natura*, ou em consórcio com outras culturas adaptadas;
- c) Selecionar áreas com possibilidade de implantação e disseminação de tecnologias do manejo da caatinga, isoladamente ou em consórcio, a exemplo do sistema CBL (caatinga-búfel-leucena);
- d) Implementar o replantio das espécies vegetais extraídas e também a aplicação de técnicas de reflorestamento da caatinga, com espécies de melhor qualidade por meio de parcelas, isoladas dos animais, com introdução de espécies nutritivas e da preferência palatável dos mesmos, tais como: mororó, carqueja, angico, moleque duro, caatingueira, malva, orelha-de-onça, etc.

### Superfícies “Produtoras de Água”

Um aspecto bastante interessante a ser considerado, é que muitas dessas áreas que não servem para qualquer utilização agrícola, especialmente as superfícies onduladas e rochosas, oferecem elevado coeficiente de escoamento superficial (run off), certamente da ordem de 0,6 a 0,9. E, sob essa ótica, podem ser consideradas como superfícies “grandes produtoras das águas” que caem, de 400 a 800 mm anuais, estando disponibilizadas para abastecimento de rios e lençol subterrâneo e para armazenamento em reservatórios (Silva, 2000; Silva *et al*, 1999).

### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Superfícies de pediplanação

**Captação de água de chuva – o único recurso.** No que se refere à **gestão dos recursos hídricos**, todas as tecnologias e recomendações voltadas para **captação de água de chuva** deverão ser indispensavelmente implementadas, como medidas preventivas com o objetivo de convivência com a seca. Maior ênfase deve ser dado às superfícies de pediplanação do semi-árido acentuado.

Os procedimentos técnicos a respeito do assunto estão destacadas na próxima seção 2.9.3.

### Salinidade e sodicidade decorrentes da própria constituição mineralógica das rochas

A presença de sódio nos solos desenvolvidos do Complexo Cristalino Brasileiro é uma conseqüência natural, devido ao predomínio das rochas granito, gnaiss e micaxisto, todas constituídas de quartzo, feldspato e mica. O intemperismo dessas rochas dá origem a solos com maior ou menor teor de sódio trocável, uma vez que esse elemento é transferido para as águas que neles transitam (águas superficiais) ou que se infiltram (águas subterrâneas). Destacam-se aqueles solódicos ou sódicos das classes Planossolos, Luvisolos e Neossolos Flúvicos;

Isso pode ser explicado, considerando-se que as águas que escoam pelas Superfícies de Pediplanação e são armazenadas em açudes, bem como as águas subterrâneas fissurais, têm sempre a possibilidade de serem ricas em sais solúveis e em sódio trocável, já que esse elemento é componente de algumas rochas originárias dos solos da zona semi-árida. Tanto é que, dos seis principais grupos de minerais que compõem as rochas que constituem o embasamento cristalino, referido ao Pré-Cambriano, três se destacam de maior abrangência no semi-árido: feldspato, quartzo e mica. Vieira (1975) ressalta que os feldspatos representam o grupo de maior importância, tanto pela abundância na crosta terrestre, como pelo importante papel na composição das rochas e pelo valor sob o ponto de vista agrícola. Quimicamente, são polissilicatos de alumínio com potássio, sódio ou cálcio; tendo como espécies representativas deste grupo, o ortoclásio, a albita e anortita, cujas fórmulas são: Ortoclásio ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ), Albita ( $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) e Anortita ( $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ). “Os feldspatos, em função de suas constituições química e cristalográfica, estão reunidos em duas categorias:

- Feldspatos alcalinos ou potássico-sódicos, que compreendem indivíduos resultantes da miscibilidade de moléculas de ortósio e albita ou de espécies que contenham potássio e sódio; e
- Feldspatos calco-sódicos ou plagioclásios, que são misturas isomorfas, em várias proporções, de moléculas de albita e anortita ou de feldspatos sódicos e cálcicos.”

Souza Filho (1997) reconhece que a salinização é um dos principais problemas da qualidade da água em reservatórios do semi-árido brasileiro.

As águas armazenadas nos açudes, com a evaporação, no decorrer dos anos, sofrem riscos de salinidade; no que precisam receber monitoramento de qualidade da água, onde se inclui o controle de descarga de fundo. A propósito, poderiam ser instalados dessalinizadores em açudes de grande porte, para possibilitarem o uso da água pela população rural.

### Contribuição dos íons das partículas e dos gases atmosféricos

Rebouças (1999a) explica que as características da água começam a ser compostas ainda no seu trajeto atmosférico. As partículas sólidas e gases atmosféricos de variadas origens (marinha, solos, biológica, queimadas, poluição industrial, insumos agrícolas) são dissolvidos pelas águas que caem na superfície da terra na forma de chuva, neblina e neve, principalmente. Como resultado, essas águas meteóricas podem ser consideradas como constituindo uma solução diluída (com teores médios de sais dissolvidos de uns poucos miligramas por litro, mg/L) e ligeiramente ácida (pH 4–6). Os componentes químicos dissolvidos podem ser considerados em dois grupos: 1) aqueles derivados de partículas primárias contidas na atmosfera ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  e  $Cl^-$ ); e 2) aqueles derivados dos gases ( $SO_4^{--}$ ,  $NH_4^{++}$ ,  $NO_3^-$ ). Além de engendrar mudanças na concentração de  $SO_4^{--}$ ,  $NO_3^-$  e  $Cl^-$  na água de



chuva, os gases NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e HCl também produzem íons de hidrogênio, H<sup>+</sup>. O resultado é a chamada chuva ácida, cujos danos no ambiente natural e antrópico, em geral, bem como na flora, fauna aquática, qualidade da água dos rios e outros corpos de água de superfície, vêm se tornando cada vez mais graves, sobretudo nas regiões mais desenvolvidas da Terra.

#### **Salinidade das águas subterrâneas fissurais – rochas fraturadas do embasamento cristalino**

Numa situação típica de pediplanos do semi-árido, Santos *et al* (1984) estudaram águas subterrâneas do cristalino no Estado do Rio Grande do Norte e procuraram relacionar a salinidade com a natureza do solo sobrejacente. Segundo esses autores “parece lícito supor que são os solos que mais decisivamente contribuem para a salinização das águas subterrâneas do freático. Estas se encontram distribuídas de tal modo no aquífero cristalino, que se pode estabelecer uma relação do tipo solo salino água salgada e solo não salino água doce/salobra”. Parece evidente que tanto o PSI das águas de chuva – fonte de recarga das águas subterrâneas – é muito baixo, quanto a rNa/rCl das águas subterrâneas do cristalino sejam caracteristicamente um reflexo do solo pelo qual percolam antes de atingir as fraturas. A relação rNa/rCl < 1 não poderia, desse modo, explicar uma possível origem marinha das águas subterrâneas do cristalino. Vale ressaltar ainda que a composição química das águas subterrâneas do aquífero cristalino é afetada por outros fatores que não somente a lixiviação dos solos, como a interação com estes através de fenômenos modificadores durante a percolação, antes que atinjam as fraturas. Nesse sentido a troca de bases desempenha importante papel, particularmente observado nos solos Planossolo sódico e solódico, Luvissolo, entre outros. O sódio, inicialmente mais alto do que os cloretos, aumenta gradativamente com o aumento da salinidade; porém a partir de uma determinada concentração da solução, seu valor cai rapidamente ao mesmo tempo em que aumentam os teores de cálcio e magnésio. Com o aumento da salinidade, o sódio, o cálcio e o magnésio crescem paralelamente e abaixo da linha de cloretos, enquanto que os bicarbonatos caem muito rapidamente. Quando se confrontam os dados dos parâmetros hidroquímicos das associações dos solos salinos e solos não salinos observa-se uma clara diferença com as águas das primeiras apresentando valores nitidamente superiores às águas das segundas, principalmente no que concerne aos teores de cloretos e de sódio.

Por sua vez, Rebouças (1999b) considera que “o mecanismo de concentração cíclica por evaporação dos componentes dissolvidos nas águas das chuvas, é o principal fator de salinização das águas superficiais, subterrânea e do binômio água/solo na zona semi-árida do Nordeste. As análises químicas de amostras de água de chuva coletadas durante um ciclo hidrológico, ao longo de um perfil de 1.100 km, que se estende de Recife até Araripina, indicam que entre 7 a 12 t/km<sup>2</sup>/ano de sais diversos caem da atmosfera, sendo 60-70% dos teores de sólidos totais dissolvidos (STD) de NaCl”.

Rebouças (1999b) destaca uma extensão 600.000 km<sup>2</sup> de domínio de Rochas Fraturadas do Embasamento que compreende rochas cristalinas e metamórficas pertencentes ao substrato geológico de Idade Pré-Cambriana, as quais são subablorantes sobre cerca de 400.000 km<sup>2</sup> na zona semi-árida do Nordeste. Esclarece que o aquífero fissural, das rochas cristalinas de um modo geral, caracteriza-se por possuir elevada anisotropia e heterogeneidade, sendo por isso, totalmente descontínuo no espaço. As melhores possibilidades de captação de água subterrânea ficam restritas às zonas fraturadas nas quais se desenvolveu o leito de riachos. As captações realizadas nessas zonas aquíferas tem logrado vazões muito variáveis, entre menos de 1 e mais de 10 m<sup>3</sup>/h. Entretanto, o fator mais limitante dessa província hidrogeológica é representado pela ocorrência de águas com altos teores de sólidos totais dissolvidos (STD), superior a 2.000 mg/l em 75% dos casos. 1.000 mg/l que o teor máximo permissível (VMP) pelos padrões de potabilidade. Essa característica é engendrada pela evaporação intensa, a qual provoca a concentração progressiva de sais nas águas dos açudes mal dimensionados ou não utilizados de forma racional na região, nos aluviões mal drenados e até nas águas subterrâneas das zonas e rocha fraturadas associadas aos aluviões e coberturas sedimentares argilosas.

#### **2.9.2d – Superfícies Cársticas – o embasamento calcário**

Compreende núcleos maiores e menores de embasamento calcário que somam **33.839 km<sup>2</sup>**, 2,02% (ver Fig. 43). Destacam-se no estado da Bahia, compreendendo o “Platô” e o “Baixio” de Irecê, com 24.543 km<sup>2</sup>; e ocorrem também, de forma descontínua, no norte de Minas Gerais, com 2.642 km<sup>2</sup> e no Rio Grande do Norte, onde abrange o município de Assu e “chapada” do Apodi, perfazendo 6.653 km<sup>2</sup>.

São núcleos de rochas calcárias metamórficas relacionadas com o grupo Bambuí do Pré-Cambriano A (Fig. 54), ao qual, em diversos locais, está sobreposto o calcário sedimentar da Formação Caatinga, referido ao Quaternário/Terciário. Esse material calcário possibilita a formação de solos de elevada fertilidade natural, sendo geralmente profundos a pouco profundos, principalmente das classes: Cambissolos Ta Eutróficos (Fig. 55), Cambissolos vérticos e Vertissolos (Fig. 56).

Os Cambissolos podem ser típicos (desenvolvidos diretamente do calcário, Fig. 55), latossólicos (resultantes da interação e retrabalhamento de material sedimentar argilo-arenoso do Terciário com rochas calcárias subjacentes). Possuem textura argilosa e média, e são bem a moderadamente drenados. Os Cambissolos típicos podem apresentar, como restrição fundamental, a profundidade, às vezes pequena, sobre embasamento de rochas calcárias.



Os Cambissolos vérticos e os Vertissolos (“Massapê”) apresentam textura argilosa e muito argilosa e possuem grande restrição de drenagem, de aeração da massa do solo e de excessiva pegajosidade.

#### **Terras de elevado potencial – classe 1**

Os Cambissolos típicos profundos, juntamente com os Cambissolos latossólicos, quando em relevo aplanado, constituem terras de classe 1, ou seja, se enquadram nas melhores classes de terra para irrigação no Nordeste (Cavalcanti *et al.*, 1994). são.

#### **GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Superfícies cársticas**

No que se refere à necessidade de **modelos diferenciados de gestão dos recursos hídricos**, verifica-se que essas áreas sofrem uma dificuldade básica de armazenamento de água, devido às brechas e dolinas do embasamento calcário, funcionando como verdadeiros “sumidouros”.

Nas áreas com presença de manancial para irrigação, se constituem em terras de grande potencial, a exemplo do Projeto “Baixio Irecê”.

Por sua vez, nas grandes áreas onde não se dispõe desse recurso hídrico e, considerando sua grande potencialidade agrícola e pecuária, torna-se recomendável que sejam melhor difundidas e postas em prática as técnicas possíveis de **captação de água de chuva** apresentadas para a zona semi-árida (ver 2.9.3).

#### **Águas subterrâneas dos domínios hidrogeológicos cársticos**

Rebouças (1999b) assinala as grandes áreas de ocorrência dos calcários do Grupo Bambuí de idade Cambriana, que ocorrem nas regiões do Jaíba e Rio Verde, no norte de Minas, e em Irecê, na Bahia; e destaca que a produtividade dos poços nos carbonatos e rochas pelíticas aquíferas é muito variada, ficando os valores mais frequentes entre 10 e 20 m<sup>3</sup>/h. (Os poços com vazões entre 50 e 150 m<sup>3</sup>/h nos sistemas cársticos vêm se tornando muito promissores às atividades de irrigação no norte de Minas).

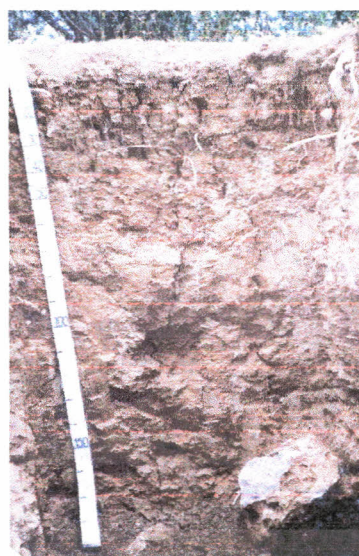
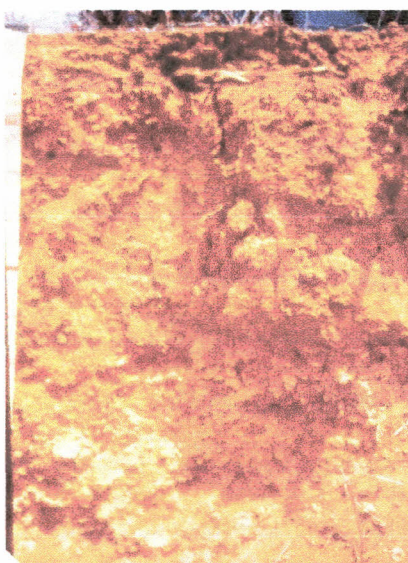
Profundos e abrangentes estudos foram desenvolvidos por Mistreta (1984) sobre a qualidade de água subterrânea em **formações calcárias**, especificamente no aquífero Jandaíra no Estado do Rio Grande do Norte. Esse aquífero se instala na porção superior da sequência carbonática da Formação Jandaíra da Bacia Potiguar, que apresenta grande variação litológica, tanto vertical como horizontal. O aquífero se apresenta, de maneira geral, como uma camada sub-horizontal com espessuras variando de 50 a 250m e uma espessura média saturada da ordem de 150 m, apresentando-se caracteristicamente livre na maior parte do domínio. A extensão das rochas carbonáticas da Formação Jandaíra, que constituem o aquífero Jandaíra com um domínio de 16.278 km<sup>2</sup>, abrangem uma superfície de 17.756 km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 15.598 km<sup>2</sup> estão no Estado do Rio Grande do Norte e apenas 2.158 km<sup>2</sup> na porção oriental do Estado do Ceará. Conexões hidráulicas existem entre ele e a unidade sotoposta, o aquífero Açu, da mesma forma que numa estreita faixa junto à orla atlântica ocorre conexão com o sistema aquífero Dunas-Barreiras, a ele sobreposto.

Segundo Mistreta (1984) a recarga do aquífero se processa essencialmente por águas pluviais e estudos de isótopos ambientais revelaram que essas águas são submetidas a intenso processo de evaporação antes de participarem de reservas aquíferas. O acesso às reservas aquíferas é geralmente feito por captação através de poços tubulares que atingiram profundidade máxima de 300m. Quimicamente, essas águas são insatisfatórias para consumo humano. Muitas amostras ultrapassam os valores ou intervalos recomendados tais como 69% para valores de TSD (Total de Sólidos Dissolvidos), 95% para dureza total, 77% para teores de Magnésio e 96% para teores de Flúor. Para agricultura, somente podem ser aplicadas para culturas com alta tolerância a sais e em solos de alta permeabilidade e boa drenagem. Em seu estado natural as águas do aquífero Jandaíra não são adequadas para consumo industrial devido principalmente ao seu caráter essencialmente icrustante. A dureza total é geralmente elevada, sendo a maioria das amostras classificadas na categoria de águas muito duras, com 75% das amostras com valores entre 85,00 e 1.300,00 (até 6.187), com média de 898,13 mg/l de CaCO<sub>3</sub> equivalente, tratando-se essencialmente de dureza devida a não-carbonatos. Relativamente aos ânions maiores nas águas do aquífero Jandaíra são representados por 52% de águas cloretadas, 21% de águas bicarbonatadas, 6% de águas sulfatadas e 21% de águas mistas.





Fig. 54. Grande afloramento de calcário metamórfico do grupo Bambuí, com seu aspecto ruiniforme. Bom Jesus da Lapa – BA



Figs. 55 e 56. Perfis de solos desenvolvidos de calcário: CAMBISSOLO típico textura argilosa, de cor bruno forte, da Formação Bambuí (a esq.), e VERTISSOLO, bruno avermelhado escuro (chocolate), da Formação Caatinga (a dir.).

### 2.9.2e – Superfícies areno-quartzosas – (Bacias sedimentares areníticas)

Constituem um Cenário Geoambiental muito peculiar que se destaca no semi-árido ocupando extensas áreas dispersas, abrangendo, ao todo, **30.122 km<sup>2</sup>**, 1,80% (ver Fig. 43); representado por superfícies sedimentares baixas relacionadas com formações areníticas (do Triássico, Jurássico, Cretáceo e Coberturas Sedimentares Cenozóicas), o que proporciona a gênese de solos muito arenosos, classificados como Neossolos Quartzarênicos (Embrapa, 1999).

Esses solos muito arenosos podem ser diferenciados em três grupos, conforme os teores de argila na seção de controle 100-150cm: com 10-15% (“Areias latossólicas”), 6-9% (“Areias intermediárias”) e <6% (“Areias típicas”) (CHESF, 1987). De modo geral, apresentam como restrições básicas, a deficiência de colóides e a baixa capacidade de retenção de água disponível para as plantas, somando-se ainda os baixos teores de soma de bases trocáveis e de capacidade de troca de cátions. Por outro lado, são solos que oferecem fácil manejo agrícola e ótimas condições de aeração e drenagem, geralmente em topografia aplanada (Figs. 57 e 58).

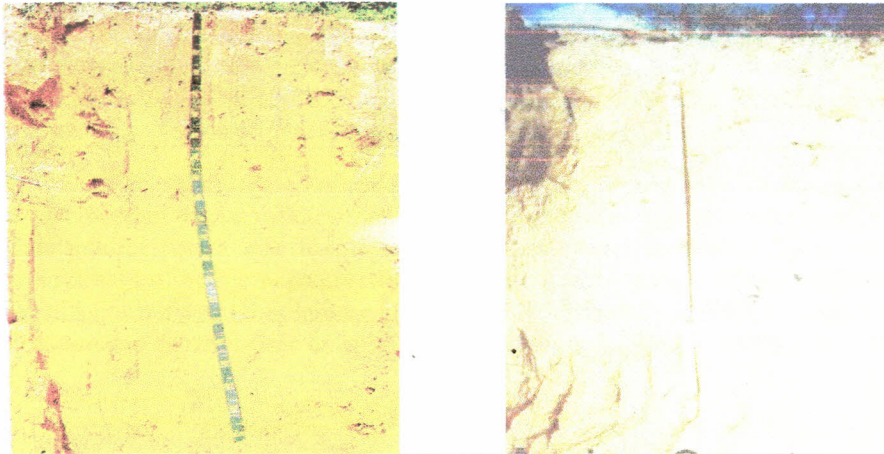
Algumas dessas superfícies estão colocadas estrategicamente junto aos mananciais, sugerindo sua utilização com agricultura irrigada, especialmente os Neossolos Quartzarênicos nos limites para Latossolos (“Areias latossólicas”), que possuem boa potencialidade para uso com irrigação (Cavalcanti, 1994).

Por sua vez, muitas áreas extremamente arenosas não se prestam para uso com lavoura dependente de chuva, devendo ficar destinadas à pecuária extensiva com bovinos e eqüinos. Os caprinos e ovinos parece que têm dificuldade de se embrenharem nessas áreas, atolando suas patinhas.

Esse Cenário Geoambiental se destaca em vários Estados do Nordeste (ver Fig. 43), entre outros: em Pernambuco – a Bacia do Jatobá (em Ibimirim-Petrolândia) e as areias de Petrolina-Casa Nova; na Bahia – a Bacia



do Tucano, que engloba o “Raso da Catarina” (do limite norte ocidental avançando para o Recôncavo Bahiano) e as verdadeiras dunas internas de Barra e de Remanso-Casa Nova.



Figs. 57 e 58. Perfis de Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzosas): “latossólicos” (à esq.) e “típicos” (à dir.).

#### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Superfícies arenosas

A gestão dos recursos hídricos, em termos de uso com agricultura, se apresenta diferenciada, conforme a granulometria dessas areias, juntamente com a distância dos mananciais. As áreas mais arenosas e distantes das águas devem ficar destinadas à pecuária extensiva, onde se insere o manejo das caatingas; enquanto as áreas com mais argila e quando nas proximidades de mananciais, podem ser usadas, preferencialmente, com irrigação localizada (fertirrigação) com fruticultura. Uma vantagem é a ausência de problemas de drenagem e a melhoria de suas condições físicas, com o uso continuado e incorporação de componentes coloidais.

No que se refere ao manejo desses solos com irrigação, tem havido uma forma equivocada, uma vez que requerem uma criteriosa avaliação diretamente no campo, quanto aos seus reais valores de movimento e retenção de água. Por exemplo, sua capacidade de campo deve estar relacionada com 6 kPa (e não 10kPa, como tem sido admitido nas análises atuais). Por falta de melhores informações, tem-se promovido uma verdadeira lavagem desses solos, com desperdício de energia, mão de obra e de fertilizantes, concorrendo para a sua perda de produtividade e contaminação de águas de percolação (Cavalcanti, 1994).

#### 2.9.2f – Terraços fluviais (grandes várzeas de rios principais)

Os terraços fluviais constituem unidades geomorfológicas de grande significado para qualquer cenário geoambiental. Correspondem às faixas de várzeas – estreitas ou largas – distribuídas ao longo dos principais rios e riachos. Na zona semi-árida, foram distinguidos nos mapeamentos de solos, ao nível de reconhecimento, num total de 18.448 km<sup>2</sup>, 1,10%.

##### As “Tábuas de Salvação” do Semi-Árido

Na zona semi-árida, de elevadas restrições de solo e água, os terraços fluviais se apresentam com significado especial, onde se constituem verdadeiras “tábuas de salvação”. Isso porque, possuem solos profundos, de elevada fertilidade natural e têm a presença de água mais assegurada durante a maior parte do ano; com destaque para o Rio São Francisco e seus afluentes. Por conseguinte, têm se constituído em ambiente propício para as práticas agrícolas, inclusive, para utilização com irrigação. As Figs. 59 e 60 são exemplos deste importante cenário geoambiental.

Nas várzeas, de modo geral, os solos requerem extremos cuidados de manejo, uma vez que vários desses terraços fluviais apresentam estado ou risco de salinidade e sodicidade. Condições essas que se tornam mais agravadas com o manejo desordenado e com a falta de um adequado sistema de drenagem em acompanhamento ao processo de irrigação. Um fato comprometedor é a degradação das terras, por salinização, até mesmo daquelas que antes eram de boa qualidade, conforme constatado nos estudos de solos pelo DNOS (1983) e como se pode reconhecer em muitos solos aluviais, como é o caso da extensa Ilha de Assunção em Cabrobó, Pernambuco (ver Fig. 60). Outro fator limitante a ser considerado, que pode comprometer o uso de algumas várzeas, é o risco de inundação por enches naturais ou por descarga de represas hidrelétricas.

#### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Terraços fluviais

Quanto à gestão dos recursos hídricos, com base nas considerações acima, verifica-se que a aplicação das



técnicas de drenagem e de controle de salinidade e sodicidade se tornam urgentes e indispensáveis nessas várzeas, onde os riscos se apresentam bem maiores e mais freqüentes.

Pode-se apontar como uma necessidade urgente, que seja estabelecida uma **política** mais profunda de normatização de uso e manejo das terras irrigáveis do Nordeste, envolvendo programas de monitoramento do processo de irrigação e drenagem, com especial atenção para a elaboração de sistemas de drenagem. E nesse particular, os terraços fluviais requerem cuidados muito mais especiais, onde deve incluir técnicas de recuperação das várzeas, para se evitar os processos de degradação, decorrentes do mau uso do solo.

Ainda sobre riscos de salinidade e sodicidade, dentre as terras irrigáveis, os terraços fluviais, para onde convergem as águas que descem das superfícies a montante, são os que correm maiores riscos (quando já não estão comprometidas). Uma política contra esse tipo de degradação ambiental deveria se iniciar pelo zoneamento das várzeas irrigadas e suas características – potencialidades e restrições – para a devida aplicação das técnicas de recuperação de solos afetados por sais (U.S. Salinity Laboratory, 1954; Jurinak, 1975; Cruciani, 1989; Batista, 2002), e com o devido monitoramento da irrigação e de aplicação de pesquisas, a exemplo de Maia *et al* (1997).



Fig. 59. Vista panorâmica de um terraço fluvial no semi-árido, onde os solos de boa fertilidade natural e a umidade oferecem boa potencialidade para uso agrícola.



Fig. 60. Terraço fluvial, onde está sendo executado um perfeito sistema de drenagem, vendo-se um dreno coletor, para onde convergem os drenos paralelos em tubos enterrados. Ilha de Assunção, no Rio São Francisco, Cabrobó-PE.



## 2.9.3 – Procedimentos de Gestão dos Recursos Hídricos no Semi-Árido

Maria Sonia Lopes da Silva; Antonio Cabral Cavalcanti; Dalvino Troccoli Franca

No tocante à disponibilidade dos recursos hídricos e os fundamentos técnicos para sua gestão – específicos para a zona semi-árida – pode-se afirmar com toda convicção que o procedimento prioritário deve estar direcionado para a captação de água de chuva e que uma consciência coletiva permanente deve ser estabelecida, como condição indispensável, em termos de ações preventivas para convivência com a seca.

Isto porque, de modo geral, nessas áreas, é muito limitada a presença de água subterrânea, de água de nascentes ou de rios perenes; com exceções para situações especiais (localizadas no semi-árido), como os terraços fluviais (2.2.7), as chapadas baixas (2.11) e partes úmidas de grandes chapadas (2.10).

Vale salientar que todas as tecnologias e recomendações para captação de água de chuva, apresentadas nesta seção, devem ser implementadas, indispensavelmente, e com maior ênfase, na zona do semi-árido acentuado.

Sob essa concepção, todo esforço deve ser despendido para armazenamento de água durante o período chuvoso em todas as suas formas possíveis de captação, através de construções e técnicas disponíveis, quais sejam:

- sistemas de barragens sucessivas para perenização de rios principais,
- construção de pequenas e médios açudes,
- barragens subterrâneas,
- barragens de contenção,
- cisternas rurais e implúvios.

Evidentemente, esses procedimentos devem estar aliados ao uso e manejo da água e solo, o mais racional possível, juntamente com qualquer método que possibilite maior permanência de umidade no local de utilização, a exemplo de outras técnicas:

- “irrigação de salvação” ao nível comunitário,
- captação de água de chuva *in situ*, e
- emprego de cobertura “morta” de proteção contra insolação.
- emprego de dessalinizadores

Diversas tecnologias e propostas têm sido apresentadas no sentido de atenuar os efeitos da seca no convívio do homem e dos animais com o seu ambiente na zona semi-árida do Nordeste (Brasil, 2003a; Brito *et al*, 1999; Carvalho Filho *et al*, 1994; Carvalho Filho, 1999; Cavalcanti, 1999; Cavalcanti *et al*, 1997; Cavalcanti *et al*, 1998; Cavalcanti *et al*, 2000; Dias, 2000; Dias *et al*, 2000; Duque, 1973; Franca, 2003a, 2003b; Embrapa, 1982; Gondim Filho, 1984; Gondim Filho, 1994; Gondim Filho *et al*, 2003; Guimarães Filho *et al*, 2001; Holanda, 2000; Molinas, 1996; Olinger, 1984; Porto *et al*, 1983; Oliveira e Lanna, 1997; Porto e Silva, 1995; Santos *et al*, 2002; Silva e Porto, 1982; Silva *et al*, 1984; Souza *et al*, 1984; Vieira, 2002; entre outros).

### 2.9.3a – Água para uso humano - população rural

A população rural possui uma grande dificuldade para obtenção de água para consumo, limpeza e higiene, ao contrário do homem situado na maioria das cidades, que geralmente possui água tratada e encanada derivada de grandes reservatórios.

A demanda de água para o homem do campo pode ser obtida através de alguns dispositivos, tais como: água de açudes, água de poços, e água de cisternas e implúvios.

#### i – Água de açudes

Em diversos locais a disponibilidade da água, tanto para uso humano ou animal, consiste em águas contidas em açudes de menor ou de maior capacidade (Figs. 61 e 62). Lamentavelmente, muitas vezes tem-se que recorrer à utilização de águas residuais de má qualidade (Fig. 63). Essa situação desumana deverá ser aliviada como o emprego da cisterna rural.

Torna-se necessário, evidentemente, que seja aplicado algum tratamento, quando para consumo humano, o mais simples que seja, como fervura e filtragem, tanto para as águas de açude e de poço como, e indispensavelmente, para as águas de barreiros.

A construção de açudes deve contemplar posições de vales, com amplas superfícies de escoamento que possibilitem uma melhor acumulação de água de boa qualidade, com vistas ao seu uso múltiplo, conforme recomendações apresentadas no “Manual do Pequeno Açude” por Molle e Cardier (1992). O emprego de dessalinizadores poderia ser uma prática recomendável, além de água de poços, também no tratamento de águas de grandes reservatórios que possuam água salinizada.





Fig. 61. Paisagem de um açude, bem posicionado num vale com opções de uso múltiplo da água (Molle e Cardier, 1992)

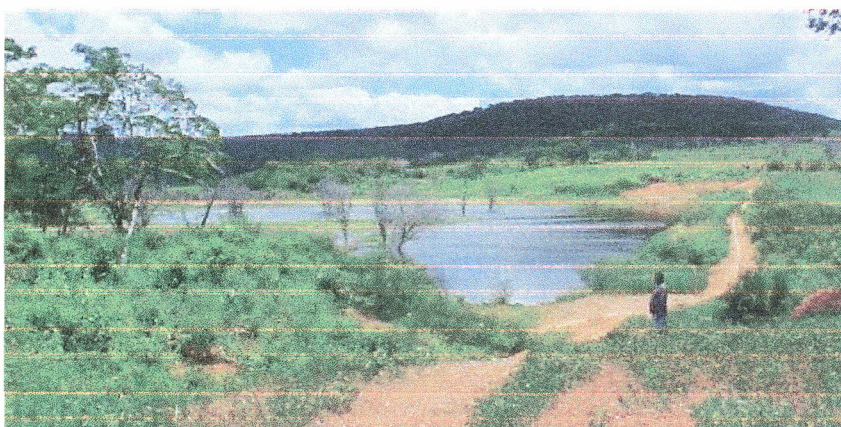


Fig. 62. Exemplo de uma situação favorável: açude para obtenção de água de boa qualidade, com capacidade para 50.000 m<sup>3</sup>. Zona do semi-árido atenuado. São João do Piauí.



Fig. 63. Situação contrastante com a Fig 62: coleta de água em um pequeno açude com água residual de má qualidade, na zona do semi-árido acentuado (Foto Franca, 2003). (O emprego de cisternas rurais deverá aliviar tal situação desumana).





Fig. 61. Paisagem de um açude, bem posicionado num vale com opções de uso múltiplo da água (Molle e Cardier, 1992)



Fig. 62. Exemplo de uma situação favorável: açude para obtenção de água de boa qualidade, com capacidade para 50.000 m<sup>3</sup>. Zona do semi-árido atenuado. São João do Piauí.



Fig. 63. Situação contrastante com a Fig 62: coleta de água em um pequeno açude com água residual de má qualidade, na zona do semi-árido acentuado (Foto Franca, 2003). (O emprego de cisternas rurais deverá aliviar tal situação desumana).



## ii – Água de poços tubulares e poços escavados

Quando há possibilidade de obtenção de água de poços no semi-árido, isso ocorre, na maioria das vezes, no embasamento geológico de rochas cristalinas (não sedimentares), que são águas fissurais, em menor quantidade e, muitas vezes, com salinidade. Esse assunto está apresentado no item 2.9.2c. Os poços tubulares ou os poços escavados, tipo poço Amazonas, são construídos, preferencialmente, ao nível dos aluviões, de onde a água é removida, geralmente, por energia eólica com uso de cataventos (Fig. 64) ou de forma manual por manivela (Fig. 65). Usualmente, uma parte dessa água é destinada também para dessedentar os animais.

Considerando que, muitas vezes, essas águas apresentam teores elevados de salinidade, há necessidade do emprego de dessalinizadores, o que será abordado adiante, no item 2.9.3a (iii).

Como grande exceção a ser destacada é a presença na zona semi-árida do cenário geoambiental de Superfícies Sedimentares Baixas (com embasamento geológico de rochas sedimentares) com elevada disponibilidade de água subterrânea de ótima qualidade. É o que se verifica, especialmente, na parte central e sul do Estado do Piauí (de regime semi-árido); o que se estende pelo Maranhão (de regime sub úmido). Essas superfícies estão discutidas na seção 2.11 (Superfícies Sedimentares Baixas).



Fig. 64 – Poço tubular em terraço fluvial (várzea) no semi-árido.



Fig. 65 – Poço escavado, com retirada de água por manivela rudimentar.



### iii – Dessalinização das águas

O emprego de dessalinizadores deve fazer parte dos cuidados com a qualidade da água, nos locais com expressivo volume de água salinizada, tanto água de poços como de grandes barragens.

A questão principal da utilização desse equipamento compreende a necessidade constante de manutenção e conservação, especialmente das membranas. Esses cuidados permanentes implicam na capacitação de pessoal local e na necessidade de recursos, o que deverá ser da responsabilidade de uma instituição, certamente da prefeitura local. A propósito do assunto, o Governo Federal tem buscado estruturar um programa denominado “Água Boa” da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, para instalar dessalinizadores, com base em que grande parte das águas subterrâneas da região denominada de “Polígono das Secas” possui elevados teores de sais. Diversas dificuldades foram verificadas e, em vista da constatação de que a maior parte dos dessalinizadores instalados estavam sem funcionamento, o Tribunal de Contas da União (TCU/ANA, 2000) procedeu uma “Auditoria de Natureza Operacional Dessalinização de Água” (17/10/2000). No intuito de solucionar os problemas verificados, foram feitas propostas que recaíram, em dois princípios básicos: a) necessidade de manutenção dos equipamentos e o monitoramento da água produzida; e b) fazer com que os municípios contemplados com a instalação dos dessalinizadores se comprometam formalmente, mediante termo de responsabilidade ou documento semelhante, a arcar com todas as responsabilidades que lhes cabem no processo, tais como: construção do abrigo, dos reservatórios, efetuação das ligações elétricas, disponibilização de operador para os equipamentos, pagamento da energia elétrica, e outras que se entendam necessárias (TCU/ANA, 2000; SOHIDRA, 2001).

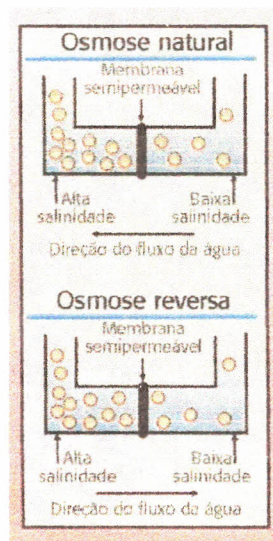
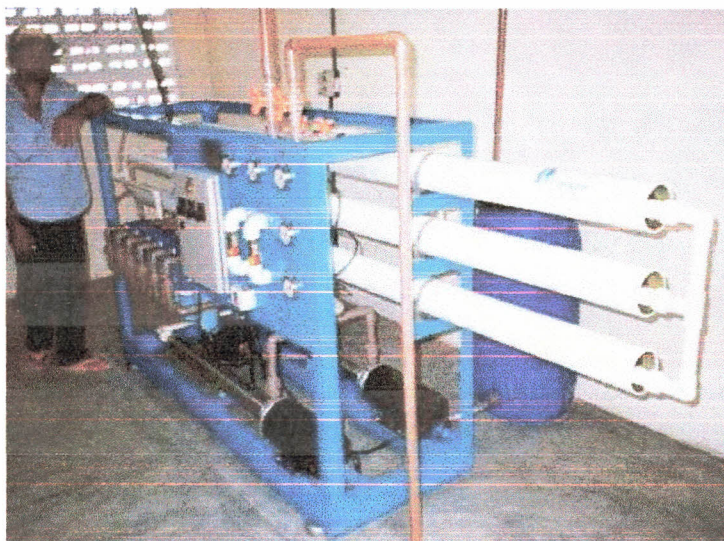
Geralmente, no meio rural, os dessalinizadores possuem 3, 6, 9 ou 12 membranas. A guisa de exemplos numéricos, os custos para instalação de um dessalinizador, conforme o número de membranas e produção, são da seguinte ordem (ANA, 2002c):

- a) com 6 membranas e produção de 25 m<sup>3</sup>/dia, para atender 1.200 a 1.300 pessoas ..... R\$ 27.000,00
- b) com 9 membranas e produção de 50 m<sup>3</sup>/dia, para atender 2.500 a 3.000 pessoas ..... R\$ 37.000,00

Por sua vez, o aproveitamento do rejeito, constituído da concentração de sais residuais, é uma questão que também precisa ser melhor definida. Propõe-se que o rejeito possa ser utilizado, por exemplo, em algumas das seguintes formas: na indústria química; na criação do peixe tilápia rosa ou criação de camarão; no cultivo de atríplex, planta forrageira tolerante a solo salino.

As técnicas e procedimentos para emprego de dessalinizadores e dos rejeitos são apresentados e discutidos por vários profissionais, entre eles, Amorim (1996), Amorim *et al* (1999), ANA (2003c), Araújo e Porto (1999), Coutinho *et al* (1997), Dubon e Pinheiro (2001), França e Farias Neto (1993), Maia *et al* (1997), Monteiro e Pinheiro (2001), Motta Sobrinho e Medeiros (1998), Nogueira (1994), Pinheiro e Silva (2001), Roque e Silva (1999, 2000).

A Fig. 66 mostra um dessalinizador de pequeno/médio porte com capacidade para produzir 50 m<sup>3</sup> de água pura por dia e a Fig. 67 procura explicar, de forma resumida, o processo de osmose (Calado, 1999). Na osmose natural a membrana semipermeável deixa passar somente um líquido (a água), ou solvente, mas não deixa passar os sais nela dissolvidos. A água pura tenderá passar para o lado de maior salinidade impulsionada pela pressão osmótica natural (diferença de pressão entre soluções de distintas concentrações iônicas) até atingir o equilíbrio das soluções entre os dois lados da membrana. A osmose reversa ocorre quando se aplica uma pressão (maior que a pressão osmótica) no lado da solução salina, invertendo a tendência natural. Neste caso, a solução salina deixa passar a água pura pela membrana, retendo a concentração de sais.



Figs. 66 e 67. A esquerda, foto de um dessalinizador com capacidade para produzir 50 m<sup>3</sup> de água pura por dia; e a direita, esquema resumido do processo de osmose natural e reversa.



#### iv – Cisternas rurais e implúvios

Os estudos aqui apresentados tiveram um grande enriquecimento por contar com os conhecimentos e interesses para desenvolvimento das ações de construção de cisternas de Dalvino Troccoli Franca (atual Diretor da Agência Nacional de Águas), a partir dos trabalhos extraídos de Franca (2003b).

Deve-se ter mente que a construção de cisternas rurais consiste numa **necessidade inalienável**, “como o ar que se respira”, a ser efetivada em todas as casas do campo e das agrovilas, para captação das águas de chuva que caem nos telhados e escoam para esses reservatórios. Tem o dever de ser uma prática comum, até mesmo nas casas das cidades. As técnicas de construção de cisternas rurais estão sendo disseminadas na zona semi-árida e amplamente difundidas por diversos profissionais e órgãos governamentais e não governamentais (Silva *et al*, 1988; Cavalcanti *et al*, 1995; SAg-PE, 1998; Szilassy, 1998; ANA, 2001b; Franca, 2003b; entre outros), destacando-se o modelo de cisterna de placa com capacidade média da ordem de 15.000m<sup>3</sup> (Figs. 68 a 72).

Órgãos do Governo e entidades civis estão desenvolvendo o programa “um milhão de cisternas”.  
Pode-se dizer: **antes tarde do que nunca**, mas ainda é **muito pouco**...

Os implúvios são implantados em locais que oferecem maiores superfícies de escoamento para captação de água de chuva e armazenamento em reservatórios, geralmente, de interesse comunitário. São estabelecidos, por exemplo, para captar água de telhados de prédios públicos em cisternas maiores, em lajedos que convergem para uma pequena barragem (Figs. 72 e 73), ou em superfícies de terrenos preparados para captação em grandes cisternas.



Figs 68 e 69 – Etapas inicial e final da construção de uma cisterna de placa com capacidade para 15.000 litros. Modelo para atender a necessidade primária indispensável para a zona semi-árida (Fotos Franca, 2003).



Fig 70. Uma casa de taipa tendo ao lado uma cisterna de 15.000 litros para coleta da água de chuva canalizada do telhado.

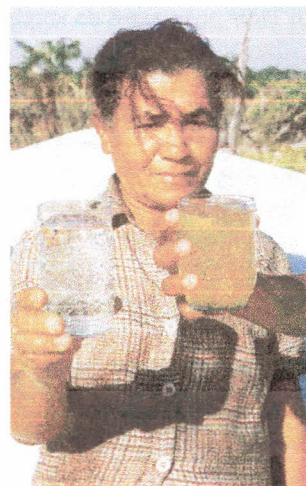


Fig 71. Qualidade da água de cisterna (à esq.) e de açude (à dir.).





Fig 72. Assentamento do Incra onde todas as casas são de alvenaria e possuem uma cisterna de 15.000 litros. Santa Rosa-PB.



Figs. 73 e 74. Sistema de implúvio: a esquerda, superfície rochosa cujo elevado escoamento superficial conduz a água captada da chuva para uma pequena barragem, à direita. Município de Santa Rosa-PB.

### **2.9.3b – Água para dessedentação de animais, para pesca ou para pequena irrigação**

A necessidade de dessedentar os animais (bovinos, equinos, caprinos e similares) é atendida, principalmente, por água de açudes de pequenos e médios portes (ver Figs. 61, 62 e 75), com complementação de águas de barreiros, geralmente temporários. Nos locais onde existem poços tubulares ou escavados, uma parte dessa água pode ser destinada ao uso dos animais.

Nos açudes, além da utilização das águas para uso animal e humano, pode-se exercer a prática da piscicultura (Fig. 76) e de pequenas irrigações, conforme o volume acumulado e a disponibilidade de solo.

O aproveitamento de áreas com pequenas irrigações, ao nível familiar ou comunitário, utilizando-se água armazenada em açudes, proveniente somente de captação de água de chuva, têm condições e critérios muito restritos. Para tanto devem ser procedidos os estudos pertinentes sobre as condições ambientais e estruturais, quanto à disponibilidade de solos e ao volume de água acumulado e vazão disponível, que justifiquem a construção ou ampliação de açudes, com custos economicamente viáveis, para a prática de agricultura irrigada.

Deve-se procurar disseminar a construção de açudes, a partir dos estudos das micro-bacias hidrográficas, para que possibilitem armazenamento das águas provenientes de superfícies que ofereçam bom escoamento superficial, junto com a escolha do local estratégico para barramento (Molle e Cardier, 1992). Ceará e Paraíba são exemplos dos Estados que mais exercem a prática da açudagem, no Nordeste.





Fig. 75. Bovinos dessedentando a sede dentro de um pequeno açude, e caprinos nas bordas desse açude.



Fig. 76. Criação de peixe, com destaque para um belo exemplar de pacu.

### 2.9.3c – Água para agricultura dependente de chuva (lavoura de sequeiro)

#### O RISCO DE PERDA DA SAFRA É DE 80%, DEVIDO AOS VERANICOS

Um dos grandes problemas da agricultura dependente de chuva (lavoura de sequeiro) está ligado, especialmente, aos veranicos, de forma mais grave na zona de semi aridez acentuada, fazendo com que a agricultura se torne de altíssimo risco, com cerca de 80% de probabilidade de perda. Esse fato se deve, além da incerteza e irregularidade das chuvas, aos prolongados veranicos que fatalmente ocorrem, durante duas ou mais semanas, solapando o ciclo da planta. A expectativa de chuva nessas áreas é de 400 a 600 mm, de dezembro a abril; para uma temperatura média diária entre 25-35°C e evapotranspiração potencial em torno de 6 a 7 mm/dia.

Por razões dessa natureza, torna-se **fundamental** que sejam utilizados todos e quaisquer procedimentos que possibilitem uma maior permanência da umidade do solo, ou mesmo, que possibilitem molhar as plantas nos veranicos; garantindo, pelo menos, uma lavoura por ano na estação chuvosa.

#### TÉCNICAS DE SUPORTE PARA AGRICULTURA FAMILIAR

Várias práticas devem ser recomendadas como suporte para a agricultura familiar, as quais devem ser direcionadas conforme os tipos de solo e situação ambiental, entre as quais:

- Irrigação de salvação (ampliada para uso ao nível comunitário),
- Captação de água de chuva *in situ*,.
- Cobertura de proteção contra insolação,
- Barragem subterrânea,
- Barragens de contenção ou Barragem assoreadora

Além das técnicas acima citadas, ou juntamente com elas, deve-se estimular o produtor e o mercado consumidor, para a produção de **culturas mais tolerantes à seca**, tais como o sorgo, a mamona, a mandioca, o algodão, culturas forrageiras, além de pastagem adaptada

#### i – Irrigação de salvação (ampliada ao nível comunitário)

Uma grande alternativa – talvez a **maior** – para superar o risco de perda de safra reside na captação e armazenamento das águas desde as primeiras chuvas – que caem em grande quantidade – o que serviria para molhar as plantas durante os veranicos. Existe uma tecnologia divulgada pela EMBRAPA conhecida como “barreiros de salvação” (Silva *et al*, 1981; Lopes *et al*, 1998).

Propõe-se que essa metodologia seja mais desenvolvida e ampliada, elevando-a ao **nível comunitário**. Esse procedimento mais avançado partiria da construção de pequenos a médios açudes (ver Figs. 61, 62 e 75) em passagens de água com boa superfície de captação, para armazenar, desde as primeiras chuvas, cerca de 50.000 a 100.000m<sup>3</sup> de água. Uma condição indispensável é que esses açudes estejam situados em locais estratégicos, com alcance para irrigar terras agricultáveis de interesse, ou seja, deverão estar o mais próximo possível da superfície de abrangência dos campos agrícolas. Os volumes acumulados incluem as perdas por evaporação, infiltração as reservas necessárias para usos domésticos e dessedentação de animais.

Seriam estabelecidos Programas de **Agricultura Familiar** para comunidades rurais, orientados por



entidades governamentais e não governamentais, ao nível e com apoio financeiro dos municípios.

A água armazenada ao longo do período chuvoso serviria para uma irrigação complementar, a qual poderia ser por sulcos (forma mais econômica), com aguadores (forma artesanal) ou por aspersão (num formato mais simplificado). O importante é que se tenha garantido o molhamento das plantas, com o que, se estaria “salvando” a plantação durante os veranicos comprometedores da vida da lavoura.

É de se esperar que um avanço e melhoria dessa tecnologia, ao nível comunitário, em proveito da agricultura familiar, deverá envolver o emprego moto-bombas e para distribuição das águas no sistema de sulcos já preparados para a prática da técnica de captação de água de chuva *in situ*. Para esse intento, faz-se necessário que sejam desenvolvidas maiores pesquisas e práticas de manejo do projeto, juntamente com a definição de dimensão de áreas e de número de famílias a serem beneficiadas.

**Simulação.** Fazendo-se uma breve simulação, espera-se que, para produção de feijão e milho (em consórcio), por exemplo, para se atender cerca de 30% das necessidades hídricas das culturas, como garantia contra os veranicos, seriam necessários em torno de 2.500 m<sup>3</sup> de água por hectare. Assim sendo, para se atender áreas de 4,0 ha por família (10.000 m<sup>3</sup> de água), para 5 famílias seriam necessários 50.000 m<sup>3</sup> de água, a serem acumuladas em uma ou mais barragens desde as primeiras chuvas.

Considerando-se, com muita garantia, uma precipitação mínima de 200 mm (2,0m) no período de chuva (dezembro-abril) e um coeficiente de escoamento de 50% (run-of = 0,50); para o abastecimento de cada barragem de 50.000 m<sup>3</sup> haveria necessidade de uma superfície de escoamento (área de drenagem) de 0,5 km<sup>2</sup>, equivalente a uma área de 1.000m x 500m (500.000m<sup>2</sup>):  $500.000\text{m}^2 \times 0,20 \text{ m} \times 0,5 = 50.000\text{m}^3$ . Uma só barragem poderia ser construída com o dobro das especificações anteriores e com um potencial de acumulação de 100.000m<sup>3</sup>. Na verdade, os volumes acumulados representam um excedente que pode servir, além das perdas e demanda para irrigação, para dessedentação de animais e para uso de tarefas domésticas de limpeza e saneamento.

Pode-se prever que uma precipitação inicial mínima acumulada de 60 mm/mes (dezembro a janeiro), daria para atender aos riscos dos primeiros veranicos:  $500.000\text{m}^2 \times 0,06 \text{ m} \times 0,5 = 15.000\text{m}^3$ .

## ii – Captação de água de chuva *in situ*

Este é outro procedimento ao qual também se deve dar ênfase como uma das técnicas de aproveitamento imediato das chuvas, com preservação da umidade do solo durante a lavoura.

Esse procedimento é próprio para solos – às vezes com características precárias – mas que se permitem armazenar água na parte subsuperficial ou ao longo do perfil. Essa água armazenada garante a sua utilização pela planta no período de veranico, evitando, assim a perda da safra. Por outro lado, solos profundos e permeáveis – de boas propriedades gerais – se apresentam frágeis durante esses veranicos. São evidências constatadas pelo autor, tanto nos campos experimentais da EMRAPA Semi-árido como durante os estudos de solo para seleção de terras irrigáveis, com vistas à transposição de águas do São Francisco (CODEVASF, 1998). Verifica-se, como solos melhor adaptados à seca, pela sua capacidade de armazenamento subsuperficial de água: Argissolos com adensamento subsuperficial (plínticos ou com fragipã), Argissolos plânicos, e Planossolos espesso arênicos. Tais solos permitem armazenar água na parte subsuperficial, formando uma “caixa d’água” que preserva a umidade do solo no período de veranico, garantindo assim a possibilidade da safra, para o agricultor. Atenção para esses solos com horizonte superficial de pequena espessura (menos de 20 cm) que se tornam encharcados e impróprios para cultivo, especialmente quando em situações abaciadas. Também os Argissolos pedregosos (concrecionários ou não) apresentam boa capacidade de armazenamento de água retida nas conchas dos cascalhos e calhaus.

Em linhas gerais, a captação de água e chuva *in situ* consiste em se recolher e represar a água da chuva diretamente no solo, armazenando-a em sulcos para permitir uma maior manutenção da umidade de campo para uso direto pelas plantas (Figs. 77 e 78).

Também é uma técnica desenvolvida pela EMBRAPA que precisa ser mais difundida e praticada com as comunidades rurais. Há vários trabalhos sobre o tema, entre os quais, Silva e Porto (1982), Porto *et al* (1983), Duret *et al* (1985), Silva *et al* (1989), Faria (1992), Lopes *et al* (1993), Lopes *et al* (1999), Anjos *et al* (1993a, 1993b, 1997), Anjos e Brito, (1999a, 1999b), Anjos *et al* (1999c), Anjos *et al* (1997, 2000).

Os resultados das pesquisas, relacionando as características dos solos e as culturas adaptadas, e um zoneamento pedológico, permitirão oferecer aos pequenos agricultores a forma mais conveniente de aplicação das técnicas de captação de água de chuva *in situ*.





Fig. 77. Demonstração de um campo de produção agrícola com emprego da técnica de captação de água de chuva *in situ* (Silva *et al*, 1989).



Fig. 78. Exuberante produção de milho e feijão com o emprego da técnica de captação de água de chuva *in situ*.

### **iii – Cobertura de proteção contra insolação**

A prática da agricultura deve ser reforçada por formas adicionais de proteção da superfície com vistas a aumentar a manutenção da umidade do solo, especialmente no estagio inicial da cultura, quando a insolação se faz mais agressiva às plantas. Deve ser posto em prática o emprego de cobertura morta, como restolhos de plantações ou outra forma disponível, a exemplo de Melo (2000) que utiliza palha de carnaúba.

### **iv – Barragem subterrânea**

A construção de barragens subterrâneas representa uma das atividades que devem ser incrementadas na zona semi-árida, desde que se disponha de várzeas que ofereçam boa capacidade de acumulação de água, extensão de alguns hectares e com solos de boas características produtivas, e que não sejam sódicos nem salinos; de modo que possibilitem uso agrícola sustentável.

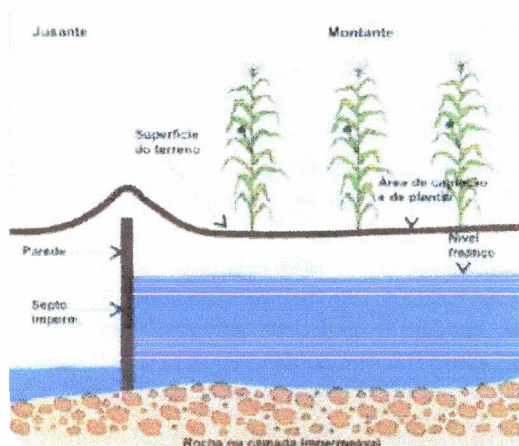
Em linhas gerais, a formação da barragem consiste na escavação e construção de uma parede de barramento num local adequadamente estudado do terraço fluvial, o que irá bloquear a saída natural das águas de escoamento, deixando essas águas represadas abaixo da superfície (Figs. 79 a 83).

Outro benefício evidente é que essa técnica de represamento subsuperficial reduz as perdas por evaporação, permitindo a manutenção da umidade dentro da massa de solo. No terreno exposto são desenvolvidas culturas anuais ou permanentes que se beneficiam dessa umidade, tipo sub-irrigação.

Muitas vezes, constrói-se um poço para coleta de água para usos domésticos, devendo-se atentar para os cuidados em se evitar a contaminação das águas por qualquer material poluente, inclusive adubo.

Dentre os trabalhos desenvolvidos e que servem de demonstração sobre o assunto podem ser citados, entre outros, Brito *et al* (1989), Silva *et al* (1994, 1998), Silva *et al* (1995), Silva *et al* (2001) e Franca (2003b).





Figs. 79 e 80. Esquema de funcionamento de uma barragem subterrânea: à esquerda, vista transversal; e a direita, vista aérea (Silva *et al*, 2001).



Fig. 81. Demonstração de uma barragem subterrânea, com plena utilização e produção de culturas. (Silva *et al*, 2001).



Figs. 82 e 83. Construção de uma barragem subterrânea: à esquerda, escavação da vala e colocação de lona plástica e escavação de valeta no topo da superfície a jusante; à direita, detalhe da colocação da lona plástica (Silva *et al*, 2001).



#### **v – Barragens de contenção ou Barragem assoreadora**

O emprego de barragens de contenção surge como uma alternativa simples e eficiente, como um processo de aproveitamento dos efeitos do escoamento das águas de chuva. São procedimentos rudimentares ou complexos que têm sido desenvolvidos em passagens de riachos, com o objetivo de atenuar os efeitos de degradação, resultando, ao mesmo tempo, na formação de superfícies de assoreamento, para uso com agricultura.

Consiste, em linhas gerais, na construção de pequenas barreiras ou obstáculos que bloqueiam a passagem livre das águas carregadas de sedimentos, os quais ficam retidos, formando bacias assoreadas, onde, após alguns anos, podem ser efetuadas práticas de pequena agricultura. A Fig. 84 demonstra uma forma elementar desse procedimento com a colocação de pneus amarrados e o uso de lona plástica (UFPB, 2000).

Blocos de rocha, cascalhos e calhaus, também podem ser utilizados para construção dessas obstruções, constituindo barragens por enrocamento (Franca, 2003a).



Fig. 84. Barragem assoreadora, construída de forma elementar com pneus empilhados, amarrados e protegidos com lonas plásticas. Serve para produção de culturas na área sedimentar formada pelo material assoreado à montante (UFPB, 2000).



### 2.9.3d – Água para uso com irrigação

*Antonio Cabral Cavalcanti; Eder João Pozzebon; José Monteiro Soares*

Quando há disponibilidade de mananciais, especialmente de rios perenes ou de grandes barragens, para irrigações seguras, em pequenas ou grandes áreas com condições pedológicas adequadas, elas obedecem aos sistemas clássicos de irrigação:

Irrigação por superfície – em sulcos (Fig. 85), por faixas ou por inundação;

Irrigação por aspersão – convencional, por pivô central, linear ou por auto propelido (Figs. 86 a 88);

Irrigação localizada – microaspersão, gotejamento (Fig. 89), xique-xique – onde se faz aplicação dos fertilizantes na água de irrigação (fertirrigação).

Os Cenários Geoambientais que abrigam as áreas com melhor destinação para agricultura irrigada compreendem: Tabuleiros (costeiros ou do sertão), Chapadas Baixas e Medianas e os Terraços Fluviais; com destaque para a Bacia Hidrográfica do São Francisco (CODEVAS, 1999).

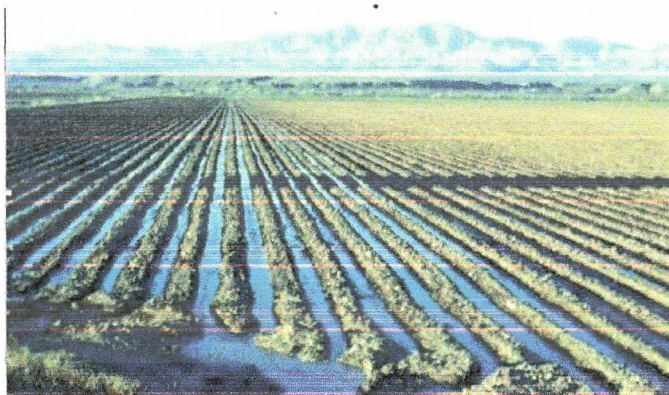


Fig. 85. Irrigação por superfície, em sulcos.



Fig. 86. Irrigação por aspersão convencional.



Fig. 87. Irrigação por aspersão – por pivô central.





Figs. 88 e 89. Fotos com ilustrações de irrigação por aspersão – sistema linear móvel: campo irrigado (à esq) e detalhes da captação e articulação ao longo do canal (à direita).



Fig. 90. Irrigação localizada por gotejamento.

## i – A IRRIGAÇÃO E O USO RACIONAL DA ÁGUA

### O dever de se utilizar a majestade das águas com racionalidade e responsabilidade

Dentre os usos múltiplos consuntivos da água, a agricultura responde, em média, por cerca de 70 %, enquanto 20% se destinam ao uso industrial e 10% ao abastecimento (ANEEL/ANA, 2001). Daí a especial atenção que merece a irrigação e o uso dos recursos hídricos.

Deve-se reconhecer como um dever dos técnicos responsáveis por projetos de irrigação, bem como dos usuários em geral, que a água seja utilizada com racionalidade e responsabilidade. Essa atenção deve fazer parte de todo o processo, desde o dimensionamento dos sistemas de irrigação. Implica em que a aplicação da água deve ser bem orientada, sem causar prejuízos por percolação profunda, nem por encharcamento do solo, e ainda sem provocar erosão e degradação ambiental (o que pode ocorrer conforme o tipo de solo e a declividade do terreno).

Situação muito esdrúxula é o que revelam os dados apresentados por Christofidis (2003). Os levantamentos realizados no período 1996-1998, em diversos estados brasileiros, envolvendo os cultivos efetivamente irrigados – com suas correspondentes áreas derivadas de diversas fontes – permitem definir a eficiência global (eficiência de condução distribuição e aplicação de água aos cultivos), servindo de elemento balizador. Em 1998, a água derivada dos mananciais para atender a cada hectare irrigado no Brasil, situava-se na faixa de 9.657m/ano, enquanto a parcela efetivamente consumida pelos cultivos foi de 5.323 m/ha.ano, resultando numa eficiência da ordem de 55,1%.

Fazendo uma projeção sobre demanda de água para agricultura e pecuária, Telles (1999), com base em dados do IBGE (1995), ressalta que o Brasil, em 2010, poderá requerer um consumo de água para irrigação de 928,3 m<sup>3</sup>/s; enquanto para dessedentação de animais essa demanda poderá ser de 114 m<sup>3</sup>/s (com 60 a 70% retornando sob a forma de urina e de outros dejetos).

### Necessidade de um instrumento legal para coibir a violência contra a majestade das águas

Quanto ao desperdício, é necessário que seja criado um instrumento legal com poder de polícia para combater o crime do mau uso, poluição e dos desperdícios das águas. Devem estar incluídas proibições contra: extravasamento nas irrigações, poluições esdrúxulas, lavagem de pátios com mangueiras, entre outras violências contra a majestade das águas.



### **Constatações nos pedidos de outorga: falhas no manejo e monitoramento da irrigação**

Em muitos pedidos de outorga de direito de uso da água, tem-se verificado, um consumo desordenado na aplicação da água pelos irrigantes, sem a devida atenção para as condições do solo e ao turno de rega. O fato é que, há muitas empresas especializadas em comercializar e instalar equipamentos de irrigação. No entanto, tem havido pouco interesse nas instruções agronômicas sobre o manejo e monitoramento da irrigação.

Em verdade, os cálculos estruturais de dimensionamento hidráulico de um sistema de irrigação podem ser efetuados sem o prévio conhecimento das necessidades hídricas da cultura e das condições ambientais de clima e solo. São cálculos relacionados puramente com a engenharia de irrigação (conjunto moto-bomba, altura manométrica, pressão, vazão, perdas de carga, diâmetro das tubulações, linhas de distribuição, aspersores, etc). Os técnicos responsáveis têm facilidade em definir estruturas hidráulicas e a lâmina bruta, em função da eficiência de aplicação de água (que é dependente do método de irrigação). No entanto, têm negligenciado, ou não têm se importado, em relacionar os dados dos equipamentos e sua aplicação com as condições e necessidades agronômicas do empreendimento, tais como a evapotranspiração, exigências da cultura e a capacidade de armazenamento de água do solo, para se determinar um adequado procedimento sazonal da irrigação em número de dias/mês e de horas/dia.

### **Dos malefícios causados pelo excesso d'água**

Para solos muito permeáveis (arenosos ou argilosos oxidicos) ou para solos com restrições de drenagem (argilosos de alta CTC ou que tenham adensamento subsuperficial) a água aplicada em excesso irá causar perda por percolação ou encharcamento, respectivamente. Como consequência, tais malefícios vão conduzir à perda de água, de energia, de nutrientes e da produtividade. Para solos imperfeitamente drenados, haverá falta de oxigenação e enfraquecimento do sistema radicular e comprometimento energético, acarretando fragilidade e exposição da cultura a pragas e doenças. Como reação em cadeia, passam a requerer maior aplicação de agrotóxicos, o que, por sua vez, irá causar poluição do solo e água, além de outros malefícios.

### **E a questão da drenagem e dos riscos de salinidade**

Quase nenhuma atenção tem sido dada à questão da drenagem das terras. Até parece que a ciência só trata da irrigação, e não do sistema como um todo: irrigação e drenagem.

A propósito da drenagem, R.J.S. Garrido (*in* Batista *et al*, 2002) comenta que apesar da importância que a drenagem agrícola representa nos projetos hidroagrícolas, os pleitos de outorga de direito de uso da água para irrigação, no Brasil, são acompanhados do projeto de engenharia de derivação e de aplicação da água, raramente apresentando o necessário projeto de drenagem. A questão é tanto mais grave no caso da região semi-árida onde os ganhos hauridos através de um bom projeto de irrigação podem ser desperdiçados pela falta de uma orientação segura para a drenagem.

A bem da verdade, é necessário que se dedique maior importância aos princípios de drenagem, especialmente uma avaliação criteriosa das condições de drenabilidade dos solos que estão sendo irrigados, pois nem todos são uniformemente permeáveis, como os Latossolos, Cambissolos e Areias Quartzosas. Por exemplo, no vale do São Francisco, registra-se uma grande ocorrência de solos irrigáveis das classes dos Argissolos com fragipã ou endoplânticos, que possuem adensamento subsuperficial, o que ocorre após cerca de 30-50 cm de um horizonte superficial arável de ótimas condições físicas. Essa parte adensada oferece uma ótima capacidade de armazenamento de água que pode ser aproveitada pelas raízes ("caixa d'água"), enquanto a superfície do terreno pode se mostrar enxuta. Essa situação favorável poderia ser aproveitada pelo irrigante, com a utilização de monitoramento de água ao longo do perfil de solo, por tensiometria, por exemplo. Por outro lado, pode levá-lo a se iludir, e achar que o solo esteja enxuto e promover uma irrigação excessiva, com nocivo encharcamento do sistema radicular das plantas.

Os especialistas reconhecem que a drenagem adequada, juntamente com a adoção de práticas culturais e de manejo apropriadas, e da seleção de culturas adaptadas aos níveis de salinidade existentes, constituem as principais medidas para prevenir ou reduzir os problemas de salinidade do solo e da água (Scaloppi e Brito, 1986; Cruciani, 1989; Batista *et al*, 2002; entre outros).

### **Da polêmica sobre o exagerado número de horas de irrigação noturna – aspectos da fisiologia vegetal**

No que se refere ao número exagerado de horas/dia, por quase todas 24 horas, em diversos casos, parece uma estranha e equivocada política de irrigação, por conta de custo mais barato de energia e outras aparentes economias e vantagens. Às vezes, há até uma exigência pública de só se disponibilizar ao usuário o uso de irrigação à noite. A questão dos horários de pico de energia é um fato importante a ser compatibilizado.

A irrigação noturna parece um contra senso. Isto porque, toda a atividade fisiológica de transpiração ocorre, normalmente, em cerca de 13 horas de luminosidade solar, enquanto à noite as plantas ficam em repouso. O máximo que se poderia permitir seria um acréscimo de água por mais algumas horas noturnas 3 a 6 horas (16 a 20 horas/dia), desde que essa água fique armazenada no solo, sem prejuízo de aeração do sistema radicular, nem se perca por percolação profunda.

Todas as funções vitais têm a água como elemento ativo e participativo do sistema, e a transpiração das plantas é uma exigência fisiológica sem a qual elas não alcançam sua produção máxima, mesmo que 98% da água



absorvida sejam jogados na atmosfera, e mesmo que as plantas possam sobreviver, em condições precárias, produzindo muito pouco.

### **Objetivo da irrigação: otimização da produtividade com o apoio da hidráulica**

Não se pode esquecer que a finalidade da agricultura irrigada é de se oferecer as melhores condições agronômicas – com o apoio dos conhecimentos hidráulicos para o adequado fornecimento de água – com o objetivo de se obter as maiores produtividades, tendo em vista maiores pagamentos. Isto é, com a irrigação, busca-se uma melhor resposta do sistema solo-água-planta, dentro do clássico binômio custo-benefício.

Atrrelado a esses objetivos, deve preponderar o uso do recurso natural – talvez o maior para a humanidade – a água, que deve ser feito com todos os princípios de racionalidade e responsabilidade.

### **O manejo da irrigação e a integração da cadeia produtiva**

A irrigação – base para a otimização da produtividade – só atingirá sua finalidade, com o manejo adequado que depende do pleno conhecimento e apoio dos segmentos básicos do sistema solo-água-planta. São eles: o balanço hídrico, relacionado com as condições climáticas da área (precipitação e evapotranspiração); as características e necessidades de água da cultura, em seus estágios de desenvolvimento; e a capacidade de armazenamento de água no solo. Conforme as demandas resultantes desses estudos, são dimensionados os sistemas de bombeamento da água a partir do ponto de captação no manancial, o esquema de distribuição de água para as plantas, a par da eficiência do método de irrigação adotado. Além do mais, para se completar a otimização de todo o ciclo produtivo, há uma necessidade de integração de vários sítios de conhecimento, onde se inserem: a mecanização do solo, técnicas de conservação, apoio nutricional (calagem e adubação), controle fitossanitário e as atividades de colheita e pós-colheita.

### **Necessidade de Fórum de debates**

Seria muito oportuno, no momento atual, quando há uma preocupação mundial sobre o uso racional da água, que se estabeleça um Fórum de Debates sobre as formas mais adequadas de procedimento da irrigação: dimensionamento, situações ambientais (pedoclimáticas), manejo e monitoramento, entre todas as questões envolvidas. Um fórum que contaria com a participação de palestrantes e debatedores do meio científico (professores, administradores, consultores), do meio comercial (produtores e fornecedores de equipamentos) e do meio dos produtores agrícolas (empresários, pequenos e médios irrigantes).

### **Outorga de direito de uso das águas**

As ações técnicas que envolvem análises dos pedidos de outorga são orientadas a partir do Sistema de Informações Hidrológicas, em bases georreferenciadas. O regime de outorga de direito de uso dos recursos hídricos tem como objetivo garantir o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso (Viana, 2003). O Comitê de Bacia é uma espécie de parlamento das águas. Reúne os usuários (indústrias, irrigantes e consumidores), o poder público (governo federal, estaduais e municipais) e organizações não governamentais. A Agência Nacional de Águas tem incentivado a formação de comitês, especialmente nas bacias onde há conflito pelo uso das águas e em regiões com rios muito poluídos.

## **ii – SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO – ESCOLHA DE MÉTODOS MAIS EFICAZES**

Recomenda-se utilizar métodos de irrigação que ofereçam maior eficiência na aplicação da água, os quais precisam ser mais compatíveis às culturas e às condições agronômicas de solo e clima do cenário geoambiental.

### **Irrigação por superfície (por inundação, por faixa, por sulco).**

Esse sistema tem sido relegado, apesar de mais barato, principalmente, em virtude de sua menor eficiência na aplicação da água, da ordem de 60-75 %.

#### **Irrigação por inundação**

Um caso muito especial é a cultura do arroz por inundação, que consiste num processo milenar, tecnicamente correto, onde se obtém as maiores produtividades, entre 5 t/ha (nas áreas problemáticas) a 8 t/ha (nas melhores condições pedoclimáticas). Atualmente, procura-se chegar a 10 t/ha; e o desafio da biotecnologia é elevar o potencial das variedades para mais de 12 t/ha. Por sua vez, tem-se procurado desenvolver variedades precoces, com duração de 90 a 120 dias. Deve-se reconhecer que apesar de ser um método que consome muita água (com grandes perdas por evaporação), todo esse consumo não passa de 4 a 5 meses do ciclo da planta, geralmente ocupando apenas uma safra anual.

A rizipiscicultura – criação de peixes associada ao arroz irrigado – é uma novidade que está agregando renda e outros benefícios importantes aos pequenos produtores em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, tais como: controle de invasores, redução do uso de agrotóxicos e aumento de renda por área.

O Instituto Riograndense de Arroz (Irga) – <http://planetaarroz.com.br> – tem proposto algumas técnicas para melhores respostas de produção, com o fim de justificar a grande demanda de água, tais como: a) propriedades do solo, que possibilitem bom manejo e melhor armazenamento de água e menor perda por percolação; b) qualidade das



sementes, que ofereçam melhor produção e resistência às pragas e doenças, além de oferecer menor ciclo de cultura; c) controle de plantas invasoras (como o arroz vermelho, por exemplo); d) controle de pragas, que respondem por 25% de perda de safra, entre os quais o gorgulho-aquático (que produz a bicheira-da-raiz), lagarta-da-folha e percevejo-dos-colmos; e) controle de doenças, especialmente provocadas por fungos, com destaque para as doenças: bruzone, murcha-parda, queima-das-bainhas.

No destaque das medidas que reduzem o consumo de água e antecipam a colheita, e a propósito da qualidade das sementes, deve-se recomendar o emprego de variedades com menor ciclo, cabendo aos produtores se manterem atualizados com os órgãos de produção de sementes selecionadas. A Embrapa lançou uma nova cultivar BRS Firmeza, com ciclo semiprecoce (115 a 125 dias da emergência a maturação), com produção de 7,5 t/ha; e o Irga oferece a variedade superprecoce IRGA 421, que apresenta um ciclo médio de 90 dias e um período de irrigação médio de 65 dias.

Por sua vez, o arroz de sequeiro que é cultivado em solos bem drenados e aerados, ao contrário das terras baixas ou inundadas, e que pode ser irrigado por aspersão convencional ou por pivô central, apresenta uma produção bem menor, de 1,8 a 2,2 t/ha (podendo alcançar 4,5 t/ha). Quando produzido sob dependência de chuva – conhecida como lavoura de sequeiro – sofrem queda de produção por deficiência hídrica durante os veranicos. Outro perigo que sempre ronda o arroz de terras altas é a doença bruzone, que pode acarretar perda total da lavoura, especialmente associada com os veranicos.

#### Irrigação por sulco ou por faixa

Quanto à irrigação por sulcos ou por faixa, há solos argilosos em situações favoráveis, onde esses métodos podem ser aplicados, especialmente próximos de mananciais e onde se disponha de mão-de-obra familiar; devendo-se atentar para as técnicas de reuso das águas após percorrerem os sulcos abertos; além da possibilidade de que parte das águas retorne para os corpos d'água.

#### **Irrigação por aspersão** (convencional, por pivô, linear móvel, autopropelido)

O sistema por aspersão, nos seus diversos métodos, oferece uma boa eficiência, da ordem de 75-85%, e se constitui num sistema tecnicamente correto para a maioria das culturas e das condições pedoclimáticas. O emprego desse sistema deve estar bem orientado em termos de técnicas e manejos, partindo-se dos conhecimentos do balanço hídrico, das necessidades das culturas em seus diversos estágios de desenvolvimento, juntamente com a capacidade de armazenamento de água no solo, além da escolha da vazão de captação para distribuição das tubulações para os aspersores. Deve-se promover o monitoramento da irrigação, para se evitar falta ou o excesso de água no solo, com comprometimento da cultura.

O custo de instalação de um sistema de aspersão convencional automatizado é da ordem R\$ 3.000,00/ha (U\$=R\$ 2,20), praticamente o mesmo total necessário para instalação de um pivô central.

#### **Irrigação localizada** (microaspersão, gotejamento, xique-xique)

Constitui um sistema mais caro, onde a água é fornecida à planta “gota-a-gota” e que, portanto, oferece uma maior eficiência (80-90%). Os nutrientes são fornecidos na água de irrigação, daí o termo fertirrigação. Devido a essa forma muito controlada de aplicação de água, esse sistema permite atender solos com maiores restrições dentro dos parâmetros de classe de terra para irrigação convencional, tais como: solos pouco profundos, solos cascalhentos, solos com baixa capacidade de retenção de água. Nesse caso se destaca a utilização, com fruticultura, das Areias Quartzosas, de grande expressão geográfica no vale do São Francisco.

O custo de instalação de um sistema de irrigação localizado varia, especialmente conforme o espaçamento das plantas, sendo tanto maior quanto menor o espaçamento; e ainda é, comparativamente, cerca de 1,6 maior por microaspersão do que por gotejamento. Por exemplo: para frutícolas com espaçamento 7,0m x 7,0m, custa cerca de R\$ 2.500,00 por microaspersão; e para espaçamento de 2,0m x 0,5m, custa da ordem de R\$ 5.000,00/ha por microaspersão e de R\$ 3.000,00 por gotejamento (dados colhidos da Embrapa Meio Norte).

### **iii – PRINCIPAIS SOLOS E CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA**

#### Capacidade de água disponível

Com o objetivo de oferecer subsídios em termos de conhecimento dos solos e seu potencial de terra para irrigação, bem como os respectivos cenários geoambientais, serão apresentadas características sumárias sobre capacidade de água disponível, em  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$  (equivalente a 0,1 mm/cm) para os principais solos da área em foco (Cavalcanti, 1977; Cavalcanti *et al*, 1994). Esses parâmetros levam em consideração os sistemas de irrigação por superfície ou irrigação por aspersão, uma vez que a irrigação localizada pode ser aplicada para diversos solos, inclusive solos marginais, como, por exemplo, solos rasos e pouco profundos e solos muito arenosos, cujo enquadramento seria na classe 6, segundo conceitos do US Burec (1954, 1982, Carter, 1993).

Classes de terra para irrigação, com relação ao parâmetro capacidade de água disponível, em  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , considerada até a profundidade de 120 cm (Tabela 1).

Classe 1 ..... > 18



Classe 2 .....	12 – 18
Classe 3 .....	8 – 12
Classe 4 .....	5 – 8
Classe 5 .....	5 – 12
Classe 6 .....	< 5

Tabela 1. Capacidade de água disponível (CAD) de alguns dos principais solos do Nordeste e norte de Minas Gerais, e sua ocorrência no Cenário Geoambiental.

CAD cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup>	Classe de Solo	Cenário Geoambiental
> 18 Classe 1	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura média/argilosa	Tabuleiros do sertão
	CAMBISSOLO Eutrófico textura média e argilosa	Superfícies cársticas
	NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico textura média e argilosa (Solos Aluviais)	Terraços fluviais
12 – 18 Classe 2	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico e Eutrófico textura média e argilosa	Tabuleiros litorâneos secos Tabuleiros do sertão
	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura média e argilosa	Tabuleiros do sertão
	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico textura média/argilosa	Tabuleiros litorâneos úmidos
	NISSOLO Distrófico e Eutrófico textura argilosa (Terra Roxa Estruturada)	Núcleos Basálticos
	LUVISSOLO “pouco profundo” textura média/argilosa (Bruno Não Cálculo) (*)	Superfícies de pediplanação
	VERTISSOLO textura argilosa e muito argilosa	Superfícies cársticas
8 – 12 Classe 3	LATOSSOLO AMARELO Distrófico textura argilosa	Tabuleiros litorâneos úmidos
	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico textura média e argilosa	Tabuleiros litorâneos secos
	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico textura arenosa/média	Tabuleiros do sertão
5 – 8 Classe 4	LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO textura média (leve)	Tabuleiros do sertão e
	NEOSSOLO QUARTZOARÊNICO “latossólico”	Superfícies areno-quartzosas
	NEOSSOLO REGOLÍTICO textura arenosa e média	Superfícies de pediplanação
< 5 Classe 6	NEOSSOLO QUARTZOARÊNICO “típico” (**)	Superfícies areno-quartzosas

(\*) Considerar a profundidade efetiva média desse solo muito produtivo, que é da ordem de 60 cm.

(\*\*) Esses solos, apesar de, comparativamente, inadequados para os demais sistemas, são utilizados por fertirrigação

#### Capacidade de armazenamento de água

Há casos especiais, muito comuns no vale do São Francisco, de solos com diferentes condições de textura e/ou de estrutura e consistência entre os horizontes ou camadas; ou seja, entre a parte superior e as partes subsuperficial e central do perfil (Burgos e Cavalcanti, 1989). Essa característica acarreta marcante diferença de armazenamento de água ao longo do perfil. São casos em que o potencial de armazenamento de água do solo pode não ser revelado com a clássica medição da capacidade de água disponível, mas sim pelo fluxo de água ao longo do perfil definindo.

São exemplos, solos que possuem textura arenosa ou média no horizonte superficial (com 30-50 cm de espessura) sobre horizonte com adensamento subsuperficial de textura média ou argilosa. É o caso das classes ARGISSOLO abrupto plântico (ou com fragipã) e PLANOSSOLO espesso arênico (CODEVASF, 1998).

Esses solos requerem muito cuidado de manejo da irrigação, uma vez que, enquanto a parte superficial pode parecer seca, a camada subsuperficial adensada, quase impermeável, permite um bom armazenamento de água, que funciona como uma “caixa d’água”, disponível para utilização pelas raízes.

Atenção especial também deve ser dada aos solos cascalhentos, que permitem acumulação de água represada nas conchas dos cascalhos em meio à massa de solo. É o caso dos ARGISSOLOS e CAMBISSOLOS, ambos Eutróficos textura média e argilosa cascalhenta (CODEVASF, 1998).

Como foi mencionado na seção 2.9.3 (ii), esses solos oferecem maior suporte aos veranicos, para agricultura dependente de chuva, na zona semi-árida.

#### iv – CÁLCULOS DA IRRIGAÇÃO A PARTIR DA NECESSIDADE HÍDRICA MÁXIMA

**Invertendo a direção dos cálculos.** Os cálculos convencionais para elaboração de um projeto de irrigação, apresentados por diversos autores (Bernardo, 1989; Cuenca, 1989; Doorembos e Pruitt, 1997; Frizzzone, 1992b; Gomes, 1997; entre outros) partem da fórmula  $h = CAD.z.f$ , onde  $h$  = lâmina líquida de água requerida pela planta, em mm;  $z$  = profundidade efetiva do sistema radicular, em cm;  $f$  = fator de disponibilidade (coeficiente de segurança para que se proceda a irrigação antes da umidade do solo se aproximar do PMP). Daí, relacionando-se a lâmina líquida com a eficiência de aplicação ( $E_a$ ) chega-se à lâmina bruta ( $h_b$ ) =  $h/E_a$ . Conforme a evapotranspiração máxima ( $ET_m$ ) obtém-se o intervalo de irrigação, em dias:  $IR = h_b/ET_m$  (subtrai-se - 1 a 2 dias, para segurança).

#### Princípios adotados pela Superintendência de Outorga e Cobrança da ANA



## v – MONITORAMENTO DA IRRIGAÇÃO – UMA PRÁTICA FUNDAMENTAL

Para definição de valores mais reais sobre as exigências e procedimentos da técnica de irrigação e validação de cálculos deve-se recomendar o monitoramento da umidade do solo, para que se proceda a irrigação, de fato, quando haja manifestação da necessidade hídrica das culturas; o que pode ser feito com o emprego de tensiômetros ou outros sensores mais sofisticados. Mesmo porque, qualquer mudança climática, mesmo temporária (tempo nublado, vento forte, etc.) pode interferir na absorção de água pelas plantas e na relação solo-água-planta.

A propósito, pesquisadores da EMBRAPA Cerrados (Silva et al, 1999) têm desenvolvido estudos com monitoramento por tensiômetros em campos de produção em áreas de cerrado da Chapada dos Gerais no oeste da Bahia e no Planalto Central do Brasil. Os resultados têm demonstrado um comportamento mais realista e um tanto diferente daqueles definidos pelos cálculos teóricos e experimentais. Conhecimentos esses, que terão grande aplicação quando relacionados e extrapolados para cenários geoambientais similares.

## vi – QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Geralmente são adotados quatro critérios para avaliação da qualidade das águas para irrigação, com vista aos riscos que podem ser apresentados: salinidade total, medida pela condutividade elétrica (CE); razão de adsorção de sódio (RAS); Carbonato residual; e risco de Boro.

Uma classificação para as águas de irrigação, muito adotada, foi estabelecida pelo U.S. Salinity Laboratory (1954) que toma por base a salinidade registrada pela condutividade elétrica e o teor de sódio trocável expresso em RAS. Um diagrama cruza os valores numéricos e expressa as classes de água descritas abaixo (ver Cruciani, 1989).

### a) Condutividade elétrica

- C1 – Água de baixa salinidade – pode ser usada em irrigação para a maioria das culturas e tipos de solo.
- C2 – Água de salinidade média – pode ser usada se ocorrer uma lixiviação moderada. Plantas de tolerância moderada desenvolvem-se normalmente, sem precisar de controle de salinidade.
- C3 – Água de salinidade alta – não pode ser aplicada a solos drenagem pobre; sendo necessárias medidas de controle e só podem ser cultivadas plantas de boa tolerância aos sais.
- C4 – Água de salinidade muito alta – não pode ser usada para irrigações normais. Somente utilizável em condições excepcionais, em solos muito permeáveis com eficiente sistema de drenagem e para cultivos muito tolerantes.

### a) Teor de sódio

- S1 – Água de baixo teor de sódio – pode ser aplicada na maioria dos solos e culturas. Restrições apenas para culturas muito sensíveis, pelo risco de acumulação de sódio.
- S2 – Água moderadamente alcalina – apresenta restrição moderada, especialmente para solos de textura fina com alta capacidade de troca, sob condições de pequena lixiviação, a menos que haja  $\text{CaSO}_4$  no solo.
- S3 – Água altamente alcalina – prejudicial na maioria dos solos, exigindo medidas especiais de manejo, como adição de corretivos químicos e matéria orgânica, boa drenagem e lixiviação elevada.
- S4 – Água com teor de sódio muito elevado – não recomendada para irrigações.

**Relação entre RAS e PST.** Sabendo-se RAS, pode-se obter PST (percentagem de sódio trocável), através de uma equação de regressão:  $\text{PST} = 100 \frac{(0,147 \text{ RAS} - 0,0126)}{1 + (0,147 \text{ RAS} - 0,0126)}$

### Novos critérios

Condutividade elétrica na zona das raízes. Estudos desenvolvidos por Ayres (1977) introduz novos conceitos para avaliação da qualidade das águas para irrigação, comentados por Scaloppi e Brito (1986). Servem para estimar o risco potencial de um tipo de água para a produção de culturas sob uso prolongado. Esses estudos mostraram que os sais adicionados pelas águas de irrigação ( $\text{CE}_w$ ) se acumulam na solução do solo, adquirindo uma concentração na zona radicular ( $\text{CE}_{sw}$ ), de até três vezes a da água aplicada. Significa que uma coleta de amostra convencional do extrato de saturação do solo ( $\text{CE}_E$ ) expressa apenas a metade da concentração de sais da solução do solo na zona das raízes, ou seja:  $\text{CE}_E = \frac{1}{2} \text{CE}_{sw}$

As novas normas de qualidade das águas de irrigação levam em consideração:

- a) Salinidade, expressa em condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{CE}_w$ )
- b) Teor de sódio, expresso pelo novo conceito SAR ajustado
- c) Permeabilidade do solo
- d) Toxidez específica, causada por determinados elementos



Cruciani (1989) apresenta uma síntese das novas normas de qualidade das águas de irrigação, conforme o Quadro abaixo elaborado por Ayres (1977).

PROBLEMA	SEM PROBLEMA POTENCIAL	PROBLEMA CRESCENTE OU MODERADO	PROBLEMA SEVERO
Salinidade: CE <sub>w</sub> (dS/m)	< 0,75	0,75 – 3,0	> 3,0
Permeabilidade do solo: CE <sub>w</sub> (dS/m) RAS ajustado	> 0,5 < 0,6	< 0,5 6,0 – 9,0	< 0,2 > 9,0
Toxidez específica: Sódio (SAR aj) Cloro (meq/l) Boro (meq/l)	< 3,0 < 4,0 < 0,5	3,0 – 9,0 4,0 – 10,0 0,5 – 2,0	> 9,0 > 10,0 2,0 – 10,0

RAS ajustado

O valor de SAR ajustado é obtido a partir da equação desenvolvida pelo U.S.Salinity Laboratory (1954), onde o valor originário de SAR é multiplicado por um fator de ajuste, referido a um pH calculado (pHc). E para o cálculo desse pHc são incluídos os efeitos adicionais de precipitação ou dissolução do cálcio no solo, relacionados com as concentrações de carbonato e bicarbonato. Ou seja:

$$RAS\ aj = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}} [1 + (8,4 - pHc)]$$

$$pHc = (pK - pKc) + p(Ca + Mg) + pAlc$$

O valor de três termos da equação de pHc constam de uma tabela geral, elaborada por Wilcox (1966) e comentada por Jurinac (1975), os quais são função dos valores obtidos da análise da água, em termos de concentração iônica, expressa em meq/l.

**vii – CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS AFETADOS POR SAIS**

Batista et al (2002) adverte que a salinidade afeta as culturas de duas maneiras:

- Pelo aumento do potencial osmótico do solo. Quanto mais salino for o solo, maior será a energia gasta pela planta para absorver água e com ela os demais elementos vitais.
- Pela toxidez de determinados elementos principalmente o sódio, o boro e os bicarbonatos e cloretos, que, em concentrações elevadas causam distúrbios fisiológicos nas plantas.

O Laboratório de salinidade dos Estados Unidos apresenta a seguinte classificação:

Classe	CE (dS/m)	PST (%) *	RAS (%)	pH
Normal	< 4	< 15	< 13	< 8,5
Salino	> 4	< 15	< 13	< 8,5
Sódico	< 4	> 15	> 13	≥ 8,5
Sódico-Salino	> 4	> 15	> 13	< 8,5

\* Percentagem de sódio trocável (PST) =  $\frac{\text{Sódio trocável (mE/100 g de solo)}}{\text{Capacidade de troca de cátions (CTC)}} \times 100$

**vii – IRRIGAÇÃO versus HIDROELETRICIDADE**

Um fato pitoresco merece ser comentado sobre o conflito que já se acirrava na década de 1970, em termos de prioridades sobre a demanda das águas do Rio São Francisco entre a CHESF e a CODEVASF: para geração de energia elétrica ou para uso com irrigação. Falava-se do impacto sobre o rio que estava secando, assoreando e outras evidências. Foi quando “São Pedro”, em 1977, como que “para apagar o fogo”, despejou tanta água, que o velho Chico transbordou pelos quatro cantos, ultrapassando os diques de proteção e avançando por suas cidades ribeirinhas. (Que o digam, Pirapora, Januária, Petrolina, Juazeiro, e todas mais). Felizmente, hoje há um maior esforço e consciência nos entendimentos sobre o uso múltiplo das águas.

Lima *et al* (2003) consideram que o conflito instalado na Bacia do rio São Francisco é uma situação cada vez mais evidente. O crescimento da demanda por energia elétrica e por alimentos é uma realidade que deve ser analisada cuidadosamente pelo órgão gestor dessa bacia.

Paiva *et al* (2003) destaca, entre outras alternativas para equacionamento desses conflitos, o estabelecimento de quotas para os diversos usuários (com redução das demandas pretendidas) e a implementação de programas de redução de perdas e melhoria da eficiência da irrigação. No que tange à geração de energia, a interligação existente entre os sistemas Norte e Nordeste proporciona uma transposição de recursos entre bacias; e a ocorrência do período crítico nesta Bacia pode ser amenizada, como de fato ocorre, pela possibilidade de se importar energia de uma para outra Bacia que possua uma hidrologia diferente da sua. Reporta que profundos estudos efetuados pelo PLANVASF (1987) mostraram que, somando os projetos de irrigação já instalados e aqueles em estudo, e as demandas para o setor elétrico, a Bacia, nas condições atuais, não seria capaz de suprir todas as demandas pretendidas.



Moreira e Kelman (2003) apresentam metodologia que procura demonstrar ser possível realizar uma alocação de água em situação de escassez que considere simultaneamente a eficácia econômica e a equidade social, desde que haja cooperação entre os usuários; e, desta forma, todos sairão ganhando.

A respeito da hidroeletricidade e a inserção das hidroelétricas do Brasil nas bacias hidrográficas, Kelman *et al* (1999), entre outras considerações, destacam que por causa das peculiaridades do parque gerador brasileiro, entre as quais destaca-se a existência de grandes reservatórios e a transmissão de energia a grandes distâncias, o setor foi capaz de desenvolver tecnologia própria. Como consequência, foi capaz de oferecer ao consumidor um serviço de qualidade comparável ao existente nos países do “primeiro mundo”. O setor passa por transformações, impulsionadas pela descapitalização do setor público, que resultou no processo de privatização das empresas dessa área. O grande desafio é o de estabelecer “regras do jogo” para as empresas privadas que faça com que elas, buscando a maximização do lucro, acabem por adotar as melhores opções de operação e expansão do sistema, sob a ótica do interesse social.

Do potencial hidrelétrico brasileiro assinalado por Freitas (2003), com dados da Eletrobrás, destaca-se com alcance na Região Nordeste, em MW: Tocantins (5.578), Atlântico Norte/Nordeste (300), São Francisco (10.290) e Atlântico leste (1.895).



## 2.10 – DOMÍNIO DAS GRANDES CHAPADAS

Antonio Cabral Cavalcanti

Com essa denominação se pretende exaltar um dos cenários de maior importância para a região Nordeste. São as superfícies tabulares que se erguem, pitorescamente soberanas em cotas de 700 a 1.100m, abrangendo um total de 192.287 km<sup>2</sup>, 11,5% de toda área. Formam, especialmente, grandes e extensas paisagens (Fig. 91) destacadamente nos estados do Maranhão, Piauí e Bahia; e ainda, com bastante expressão, no Ceará, Pernambuco e norte Minas Gerais (Jacomine *et al.*, 1973a, 1973b, 1976, 1977, 1980, 1986a, 1986b; Embrapa, 1989; Silva, 1993; Cavalcanti, 1994).

As Chapadas possuem como componente litológico: arenito, meta-arenito, siltito e/ou quartzito. E, sob esse aspecto, podem ser distinguidas como, predominantemente areníticas, no Maranhão, Piauí, Ceará, Pernambuco e na parte ocidental da Bahia e de Minas Gerais, alcançando 173.837 km<sup>2</sup>, 10,40% (exemplos nas Figs. 92 a 94); ou predominante quartzíticas, na Bahia Central, com destaque para as Serras do São Francisco e do Tombador e Chapada da Diamantina (Figs. 95 a 98) e no norte de Minas Gerais (Serra do Espinhaço), onde perfazem 18.450 km<sup>2</sup>, 1,10%.

A vegetação de maior ocorrência é do tipo cerrado (Fig. 99), havendo também campo-cerrado, cerradão, ou transições floresta/cerrado ou catinga/cerrado. Verificam-se ainda frentes mais úmidas, com vegetação de floresta tropical, como na parte oriental das Chapadas Ibiapaba e Araripe.

Os solos de maior importância compreendem a classe dos Latossolos Amarelos textura média e argilosa, que são muito profundos e bem drenados e oferecem fácil manejo. São muito apropriados para agricultura, pastagem e reflorestamento. Como principal restrição, são ácidos e de fertilidade natural baixa, o que pode ser resolvido com uma aplicação da ordem de 3 a 5 toneladas de calcário e 500 a 700 kg de fertilizante NPK por hectare. Por sua vez, devido sua elevada estabilidade estrutural, são muito favoráveis para construção de estradas.

Em termos de disponibilidade hídrica, na maior parte das chapadas a precipitação pluviométrica varia, principalmente, de 800 a 1.500mm anuais, o que se constitui na forma mais geral da disponibilidade de água e o que favorece a prática da agricultura dependente de chuva; o que está exemplificado nas Figs. 100 a 102. Essas chapadas possuem água subterrânea de boa qualidade; o que, no entanto, geralmente, se apresenta com dificuldade de obtenção, em virtude de sua profundidade, da ordem de 200 a 300 m.

Esse cenário geoambiental – com seus ecossistemas nem sempre similares – se encontra distribuído por várias partes do Nordeste, onde se destacam como chapadas de grandes extensões. Ocorrem também como pequenas plataformas elevadas, dispersas.

### EXEMPLOS DE GRANDES CHAPADAS

Dentre as grandes chapadas podem ser ressaltadas, por suas amplitudes, importância ambiental e interesses econômico e social, as mencionadas a seguir.

#### a) Chapadas do Maranhão e Piauí.

Representam grandes chapadas de embasamento arenítico (e siltítico), situadas na parte central e sul desses Estados, alcançando, respectivamente, 17.632 e 48.234 km<sup>2</sup>, com predomínio de Latossolos argilosos. Os ecossistemas na abrangência dos cerrados são bastante similares nos dois Estados, embora, na parte centro-ocidental do Piauí, a vegetação se apresente como transição cerrado/caatinga. A maior disponibilidade e gestão dos recursos hídricos estão relacionadas com o uso racional das águas de chuva, suas forma de captação e armazenamento; a exemplo da intensa utilização com culturas sem irrigação, especialmente soja, milho e feijão, ao nível empresarial (ver Fig. 102).

#### b) Chapada de Ibiapaba ou Serra Grande – Piauí e Ceará

Ocorre dividindo os estados do Piauí e Ceará, e apresenta ecossistemas relacionados com vegetação de cerrados e de transição cerrado/caatinga, tendo na sua frente oriental uma vegetação mais úmida de floresta tropical. A disponibilidade e gestão dos recursos hídricos estão, principalmente, na dependência de uma moderada precipitação pluviométrica da ordem de 700-1.000 mm anuais, além de águas superficiais e barragens em alguns rios e riachos.

#### c) Chapada do Araripe – Piauí, Ceará e Pernambuco

Abrange os limites dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, inclinada para oeste, com cotas entre 750 e 950 m, constituindo uma grande unidade geomorfológica com 6.066 km<sup>2</sup> (ver Figs. 92 a 94, 99 a 101), que pode ser dividida em dois setores: 1) um setor oriental mais úmido (precipitação média anual em torno de 1.300mm), com Latossolos argilosos, vegetação de transição floresta/cerrado e apresentando também uma parte mais úmida com vegetação de floresta tropical na cuesta nordeste; e 2) o setor ocidental mais seco (precipitação média anual em torno de 800mm) com Latossolos textura média e vegetação de transição cerrado/caatinga (Cavalcanti e Lopes, 1994). A disponibilidade e a gestão dos recursos hídricos estão relacionadas, basicamente, com a utilização das águas de chuva, uma vez que quase não há recursos de águas superficiais e a água subterrânea está a uma grande profundidade.

#### d) Chapada dos Gerais – região de Barreiras

Está colocada na parte ocidental da Bahia, com a soberba extensão de 79.033 km<sup>2</sup>, possuindo ecossistemas relacionados com vegetação de cerrados e campos cerrados, além daqueles estabelecidos por muitas veredas tropicais, rica em buritis, que permeiam suas paisagens. Os solos que predominam nas chapadas são bastante arenosos (Latosolos textura média e Neossolos Quartzarênicos), no que requerem a devida calagem, adubação e, de preferência, a aplicação de colóides orgânicos ou minerais. Entre as encostas que delimitam esse grande núcleo sedimentar elevado destacam-se: a Serra do Ramalho, no limite sudeste; as Serras do Espigão Mestre, no limite oeste com o Estado do Tocantins; e Serra da Tabatinga, no limite norte com o Piauí.







Quanto à disponibilidade hídrica, a Chapada dos Gerais, além de estar beneficiada por elevada precipitação pluviométrica, é muito rica também em águas superficiais, com vários rios e veredas. Esse potencial hidrológico amplia a possibilidade do uso das terras com a prática de irrigação, o que vem sendo feito, geralmente com uso do pivô central, com cultura de soja, café, algodão. Além do mais, há a possibilidade de uso de águas subterrâneas não muito profundas, desde que se estabeleça o devido controle de rebaixamento de lençol, de riscos de contaminação e de comprometimento da vazão dos rios.

e) Serra do São Francisco – norte da Bahia Central

Constitui um maciço quantzítico elevado na parte central norte do Estado da Bahia, numa região das mais secas, próximo à margem direita do Rio São Francisco. Representa um bloco quase inóspito, com apenas algumas partes de topo com solos profundos, sob vegetação de cerrado altimontano; oferecendo, portanto, pequenas áreas com condições de atividade humana. Servem como grandes “produtoras de água”, uma vez que cerca de 500-600 mm de chuva anuais escoam quase livremente de suas superfícies rochosas.

f) Serra do Tombador e Chapada da Diamantina – Bahia Central

Formam um alinhamento norte-sul na parte central da Bahia. São núcleos altimontanos, predominantemente quartzíticos, que abrangem ecossistemas peculiares, formados por cerrados, campos cerrados e caatingas altimontanas; desenvolvidos em solos das classes dos Latossolos argilosos muito ácidos. A disponibilidade hídrica, na maior parte dessas amplas superfícies, está relacionada, principalmente, com as águas de chuva, embora se possa dispor também da riqueza de algumas nascentes de rios, especialmente na Chapada da Diamantina (ver Figs. 97 e 98).

A abrangência da Chapada da Diamantina possui paisagens muito pitorescas, apropriadas para uma promissora exploração com a atividade de ecoturismo (ver Figs. 95 e 96).

g) Serra do Espinhaço – norte de Minas Gerais

Forma um grande maciço situado na parte centro-oriental do norte de Minas Gerais, apresentando seus topos planos de forma bastante aproximada com o que se verifica na Chapada da Diamantina, embora com maiores restrições de disponibilidade de recursos hídricos.

### GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Grandes Chapadas

A maior **disponibilidade de água** nessas chapadas está na dependência da precipitação pluviométrica (principalmente de 800 a 1.500 mm anuais). O potencial de água subterrânea se encontra dificultado pela profundidade (da ordem de 200 a 300 m). De modo geral, os solos profundos e porosos nem sempre permitem uma riqueza em água superficial, em termos de formação de rios e riachos, que se distribuem em distâncias expressivas. Há algumas exceções de boa distribuição dessas águas, como o exemplo da Chapada dos Gerais (na parte ocidental da Bahia).

Quanto à **gestão dos recursos hídricos** dessas áreas, com relação ao uso agrícola, destaca-se a viabilidade de agricultura dependente de chuva, que, aliás, tem tomado muito impulso na região. Por sua vez, há uma necessidade de busca de melhores procedimentos para captação e armazenamento das águas de chuva em açudes. Nas áreas com riqueza de água superficial, (ou mesmo de água subterrânea), a irrigação pode ser desenvolvida, desde que adotadas as práticas de manejo e conservação.

Para melhor utilização do solo e água, tanto com agricultura dependente de chuva como com agricultura irrigada, devem ser levadas em consideração as condições pedoclimáticas locais e a seleção de culturas preferenciais. Em todos os casos, deve-se estar atento aos devidos cuidados contra os desperdícios, degradação do solo e a contaminação das águas que, inevitavelmente, vão escoar para as paisagens e mananciais à jusante.

Para uso humano, pode-se as águas superficiais e subterrâneas (de boa qualidade), sendo sempre aconselhável a construção de cisternas.



Figs. 92 e 93 – Vistas da Chapada do Araripe: à esq., descida da chapada com exposição de solo desenvolvido de arenito; e, à direita, frente da chapada com suas encostas íngremes e o topo na linha do horizonte. (Foto Lopes, 2002).





Fig. 94 Exemplo de captação de água de chuva em lagoas ou açudes escavados no topo das chapadas, com redução da infiltração por meio de compactação da bacia hidráulica. Chapada do Araripe (Foto Lopes, 2002).

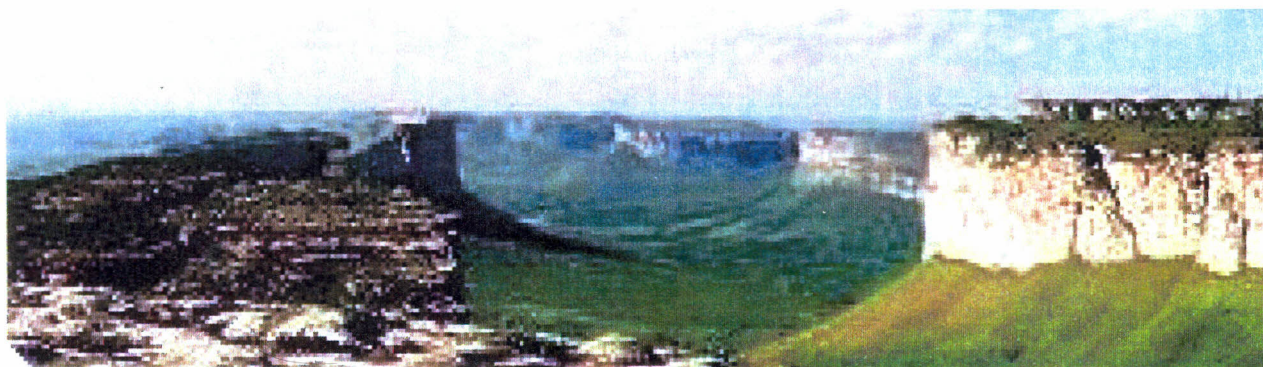


Fig. 95. Vista panorâmica de uma parte da Chapada da Diamantina, notando-se o contraste entre as encostas íngremes e o corte horizontal das mesetas (Serra do Pai Inácio, a esq. da foto).



Fig. 96. Paisagem do topo da Chapada da Diamantina, com suas pitorescas formações geológicas (Serra do Camelo).





Figs. 97 e 98. Detalhes de nascentes e leitos de rios percorrendo os quartzitos e siltitos da Chapada da Diamantina.



Fig. 99. Típica vegetação de cerrado, predominante no topo das chapadas. Chapada do Araripe (Foto Lopes, 2002).



Figs. 100 e 101. Cultivos sob condições de chuva na Chapada do Araripe: milho (à esq.) e feijão (à direita). (Lopes, 2002).



Fig. 102. Exemplo de uso agrícola sob condições naturais de chuva, ao nível empresarial, numa paisagem das amplas chapadas da região central e sul do Piauí.



## 2.11 - SUPERFÍCIES SEDIMENTARES BAIXAS (Chapadas Baixas e Medianas)

Antonio Cabral Cavalcanti

### 2.11.1 – Conceituações: Chapadas Baixas Contínuas (CBc) e Chapadas Baixas Descontínuas (CBd)

São aqui consideradas como **Superfícies Sedimentares Baixas**, ou ainda **Chapadas Baixas e Medianas**, as grandes áreas aplanadas que se espriam, geralmente, nos níveis inferiores ao domínio das grandes chapadas (ver Fig. 91). Representam uma das mais expressivas e importantes paisagens do Nordeste, por sua disponibilidade em solo (apesar de fertilidade natural baixa), topografia aplanada, tangência com a rede hidrográfica e riqueza em águas subterrâneas. Estão exemplificadas nas Figs. 103 a 105 e abrangem cerca de **333.266 km<sup>2</sup>** distribuídos, principalmente, de norte a sul nos estados do Piauí e Maranhão; e ainda na Bahia ocidental e no norte de Minas Gerais (Jacomine *et al.*, 1976, 1977, 1979, 1986a, 1986b; Embrapa, 1989).

Geologicamente, são constituídas de espesso manto de material sedimentar areno-argiloso derivado principalmente de arenitos finos do Triássico (Formação Sambaíba) e do Cretáceo (Formação Itapecuru).

As condições climáticas variam, principalmente, de um regime semi-árido atenuado ao sub-úmido, com precipitação média anual da ordem de 600-1.000mm, concentrada, na maioria dos locais, nos meses de dezembro a abril. A temperatura média diária é bastante uniforme, ao longo do ano, oscilando em torno de 23–33°C (com os meses mais frios acima de 18 °C), e a evapotranspiração fica entre 5 e 7 mm/dia. Essa situação climática e o componente pedológico concorrem para a formação de uma vegetação dos tipos: cerrado caducifólio, caatinga hipoxerófila, e transição dessas formações para floresta tropical caducifólia (Fig. 106).

Nessas superfícies predominam solos muito profundos, de baixa a média fertilidade natural, das classes taxonômicas Latossolos Amarelos textura média, Neossolos Quartzarênicos e Argissolos Amarelos textura arenosa/média (Embrapa, 1999).

Em várias partes dessas superfícies aplanadas sobressaem áreas irregulares, isto é, com relevo ondulado a forte ondulado. São superfícies correspondentes a elevações residuais, ou a encostas dos vales; cujos solos são das classes Argissolos “concrecionários” pouco profundos, Neossolos Litólicos e Afloramentos de Rocha.

A menor ou maior presença dessas áreas onduladas é o que procura distinguir os dois componentes das Superfícies Sedimentares Baixas ou Chapadas Baixas e Medianas, consideradas nesta explanação (ver Fig. 91):

**Chapadas Baixas Contínuas (CBc)** – abrange superfícies mais uniformes e, geralmente, mais amplas, alcançando 195.526 km<sup>2</sup>, 11,70%; e

**Chapadas Baixas Descontínuas (CBd)** – compreende superfícies menos uniformes, isto é, com boa presença de desníveis, encostas e pequenas elevações com relevo ondulado a forte ondulado; perfazendo 137.740 km<sup>2</sup>, 8,24%.



Fig. 103. Vista panorâmica das extensas superfícies sedimentares baixas – chapadas baixas e medianas – constituídas de espesso manto de material sedimentar argilo-arenoso, que abrigam magnífico potencial de águas subterrâneas. Foto tirada do alto, na rodovia São João do Piauí-São Raimundo Nonato.





Fig. 104. Paisagem de uma das extensas superfícies sedimentares baixas, com vegetação natural de caatinga hipoxerófila (em primeiro plano); ao sopé das encostas íngremes das grandes chapadas (ao fundo). Município de São João do Piauí.



Fig. 105. Foto tirada dentro de uma das superfícies sedimentares baixas – chapadas baixas e medianas – vendo-se ao fundo, na linha do horizonte, as encostas das grandes chapadas. Município de São João do Piauí.



Fig. 106. Paisagem *in loco* das Superfícies Sedimentares Baixas, mostrando detalhes do relevo aplanado, solo profundo (Latossolo Amarelo) e remanescentes da vegetação primária (floresta tropical caducifólia em transição para caatinga hipoxerófila). Município de Caracol - PI.



### 2.11.2 – Magnífico armazenamento de águas subterrâneas.

De uma forma muito peculiar, o espesso manto sedimentar com solo e embasamento geológico muito poroso, possibilita a formação de grandes lençóis de água subterrânea. Isso se verifica com maior intensidade nas superfícies intermontanas coletores das águas provenientes diretamente das chuvas, bem como das águas que escoam das superfícies elevadas circunvizinhas, para abastecer os aquíferos. Essa condição geoaambiental permite o armazenamento de um extraordinário lençol de água de boa qualidade, que se estende até mais de 100 metros de profundidade, com o nível estático surgindo à cerca de 20-30 metros, o que facilita a abertura de centenas de poços tubulares. A Fig. 107 mostra, num local dessas superfícies, um poço tubular com profundidade de 120m (ne  $\approx$  30m), vazão de 11 m<sup>3</sup>/h, e os componentes: boca do poço, casa de bomba, chafariz, caixa d'água de 15 m<sup>3</sup>, cabo de força e canalização de saída poço (INCRA, 200, 2001; ANA, 2002b).

Na parte central e sul do Piauí e Maranhão, essas superfícies sedimentares formam extensas áreas intermontanas entre as encostas íngremes das grandes chapadas. Situação essa, de especial importância para a formação de aquíferos. Em diversos lugares, especialmente no vale do rio Gurguêia (no sul do Piauí), o nível estático se inicia próximo à superfície, a menos de 10 metros (Cavalcanti, 1996), e onde se pode constatar a presença de muitos poços jorrantes.

Estudos efetuados pelo IBGE (Rivas *et al*, 1996) demonstram o potencial hídrico da bacia hidrográfica do rio Parnaíba (com cerca de 340.000 km<sup>2</sup>), que abrange quase todo o Estado do Piauí (e a parte leste do Maranhão). Esses estudos alertam que no vale do rio Gurguêia ocorre o maior desperdício de água subterrânea com poços que jorram água sem controle de aproveitamento.

A Fig. 108 mostra um poço tubular jorrante num local dessas chapadas baixas intermontanas, com profundidade de 110m (ne  $\approx$  25m), vazão de 65m<sup>3</sup>/h; sendo a água usada para lavagens domésticas e irrigação de culturas de quintal, no assentamento do INCRA "PA-Lisboa", município de São João do Piauí (INCRA, 2000, 2001; ANA, 2002).



Fig. 107 – Exemplo de um poço tubular nas Chapadas Baixas, com detalhes da boca do poço com canalização de saída, cabo de força, casa de bomba, chafariz, caixa d'água. (ANA, 2001).



Fig. 108 – Foto de um poço tubular jorrante, com exemplo de desperdício de água. São João do Piauí.



## DISPONIBILIDADE E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – Chapadas baixas e medianas

Esse Cenário Geoambiental se destaca pela especial disponibilidade de água subterrânea. Antes de tudo, deve-se frisar que a utilização dessas águas, mesmo numa área com tal riqueza, não implica em se dispensar o aproveitamento simultâneo e, talvez prioritário, das águas superficiais, com vistas às melhores formas de captação e armazenamento das águas de chuva, com o fim de atender a demanda de água e de se evitar o rebaixamento do lençol freático, além dos riscos de contaminação (\*).

Certamente, diante da riqueza em potencial de água subterrânea dessas extensas superfícies, de relevante interesse ambiental e social, a **gestão dos recursos hídricos** deve estar **direcionada**, especialmente, para uma melhor utilização desse extraordinário manancial submerso. São estudos e ações inter-relacionados de hidrogeologia, engenharia hidráulica e engenharia sanitária no dimensionamento e uso dos poços, onde se inserem: distribuição espacial, profundidade, vazão, recalque e sistemas de abastecimento e de saneamento. Um extremo cuidado deve ser dispensado para se evitar os riscos de poluição dessas águas.

(\*) Opinião pessoal do experiente hidrogeólogo Gildo Mistretta

Ainda sob a ótica de captação de água de chuva e utilização das águas superficiais, todos os procedimentos necessários à racionalização e valorização do uso das águas de precipitação devem ser postos em prática, tais como: estudo de locais para construção de açudes, construção de cisternas rurais e implúvios, captação de água de chuva *in situ*, etc.

O uso de dessalinizadores, apesar de em menor percentagem, deve também fazer parte dos cuidados com a qualidade da água; destacadamente nos lugares onde o recobrimento sedimentar está menos espesso e mais próximo do embasamento cristalino, deixando a água salinizada (INCRA, 2000; ANA, 2002b).

#### Das águas subterrâneas intersticiais

Rebouças (1999b) assinala no Nordeste a grande Bacia (sedimentar) do Maranhão com 700.000 km<sup>2</sup>, formado pelos aquíferos sobrejacentes: Poti–Piauí, Cabeças, Pimenteiras e Serra Grande (sobre o embasamento cristalino) e os principais aquíferos das bacias costeiras: Bacia Potiguar (25.000 km<sup>2</sup>), Bacia do Sergipe–Alagoas (10.000 km<sup>2</sup>), Bacia da Bahia (56.000 km<sup>2</sup>).

#### Qualidade das águas

Profundos estudos foram desenvolvidos por técnicos do CPRM, coordenados por Silva e Soares Filho (1997) sobre as qualidades das águas subterrâneas intersticiais abrangendo principalmente a Bacia Sedimentar do Parnaíba – Aquíferos das Formações Serra Grande, Fronteiras e Cabeças – no Estado do Piauí; e parte da Bacia Sedimentar do Araripe. Esses estudos em 20 municípios comprovam e registram, numericamente, duas situações distintas na qualidade das águas subterrâneas: 1) para as camadas sedimentares mais espessas e 2) para as camadas sedimentares menos espessas e próximas do embasamento cristalino. De modo geral, a primeira situação abriga águas de ótima qualidade, enquanto a segunda passa a oferecer riscos de salinidade.

1) As análises predominantes nas águas subterrâneas nas superfícies sedimentares mais espessas apresentam os seguintes resultados médios: Salinidade (\*): 65,5 a 396 mg/l – o que significa **baixa** concentração de sais; pH: 7,0 a 8,3 – neutra a alcalina; dureza (\*\*): 48,4 a 220,7 mg/l CaCO<sub>3</sub> – classificadas como muito mole, **mole** e dura; potabilidade **muito boa**; SAR (Sodium Adsorption Ratio) < 2,0 – baixo risco de sódio – excelente (S<sub>1</sub>); Condutividade Elétrica: 150 a 2.500 dS/m – C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>; Bicarbonatadas cloretadas, bicarbonatadas cálcicas, bicarbonatada magnesiana, bicarbonatada mista; cloretadas cálcicas, manesianas, sódicas.

2) As análises predominantes nas águas subterrâneas nas superfícies sedimentares menos espessas, próximas ao embasamento cristalino apresentam os seguintes resultados médios: Salinidade (\*): 496 a 1.595 mg/l – **alta** concentração de sais; pH: 7,7 a 8,3 – ligeiramente alcalina a alcalina; dureza (\*\*): 288 a 1.163 mg/l CaCO<sub>3</sub> – classificadas como **dura a muito dura**; potabilidade **boa**; SAR < 4,0 – baixo risco de sódio (S<sub>1</sub>); Condutividade Elétrica: 300 a 3.200 dS/m – C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>; Cloretadas cálcicas e magnesianas, cloretadas (70%) e bicarbonatadas (30%). Cloretados de cálcio relaciona-se com áreas aflorantes de rochas cristalinas.

Andrade Junior *et al* (2003) e Silva *et al* (2003) pesquisando 105 poços no **Aquífero Serra Grande**, que ocorre na Bacia Sedimentar do Parnaíba componente das Superfícies Sedimentares Baixas, na parte central e sul do estado do Piauí, verificaram os seguintes valores: Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup> 1,3–14,2 (média 4,4) meq/l; pH 6,1–8,8 (média 7,3); Na<sup>+</sup> 0,2–16 (média 3,7) meq/l; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 0,5–6,0 (média 2,6) meq/l; Cl<sup>-</sup> 0,7–29,0 (média 5,6) meq/l; CE 40–3.400 (média 890) umhos, 0,10–3,00 (média 0,9) dS/m; SAR 0,2–12 (média 2,8). A vazão se colocou em torno de 3,0 e 30,0 m<sup>3</sup>/h. Constataram também que as águas com salinidade estavam relacionadas com as camadas sedimentares menos espessas e próximas do embasamento cristalino.

(\*) Salinidade (medida pelo teor de resíduo sólido) – Baixa concentração de sais < 414,0 mg/l (Shoeller, 1975)

(\*\*) Dureza – capacidade da água de consumir sabão e também de provocar incrustação, medida em mg/l CaCO<sub>3</sub> (10° F): muito mole 0 – 70; mole 70 – 120; dura 120 – 200; muito dura > 200 mg/l CaCO<sub>3</sub>.



### Ilustrações didáticas do CPRM (1998)

As Figs. 109 a 115, copiadas do CPRM (1998), constituem uma sequência didática que ilustra, de forma expedita e clara, o funcionamento de um poço e seus componentes.

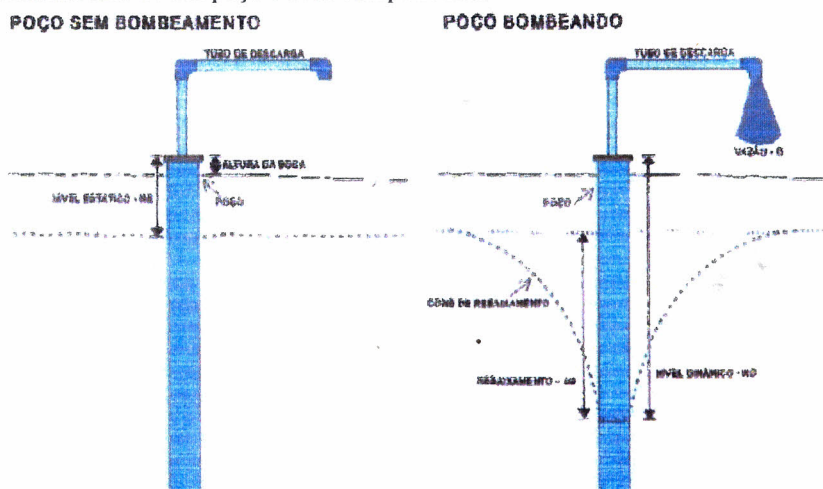


Fig. 109. Esquema do rebaixamento do nível estático de um poço tubular, após bombeamento (CPRM, 1998).

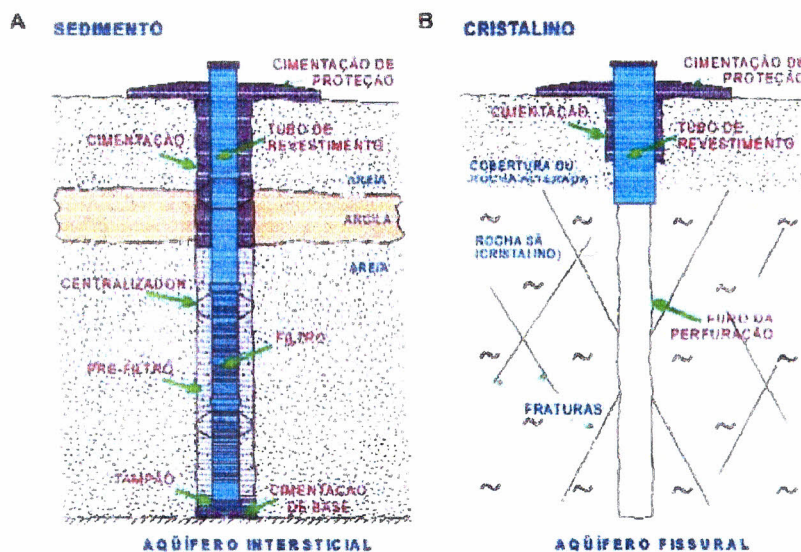


Fig. 110. Tipo de material geológico onde se faz a perfuração de um poço tubular: material sedimentar (à esq.) e rochas cristalinas (à direita). (CPRM, 1998).

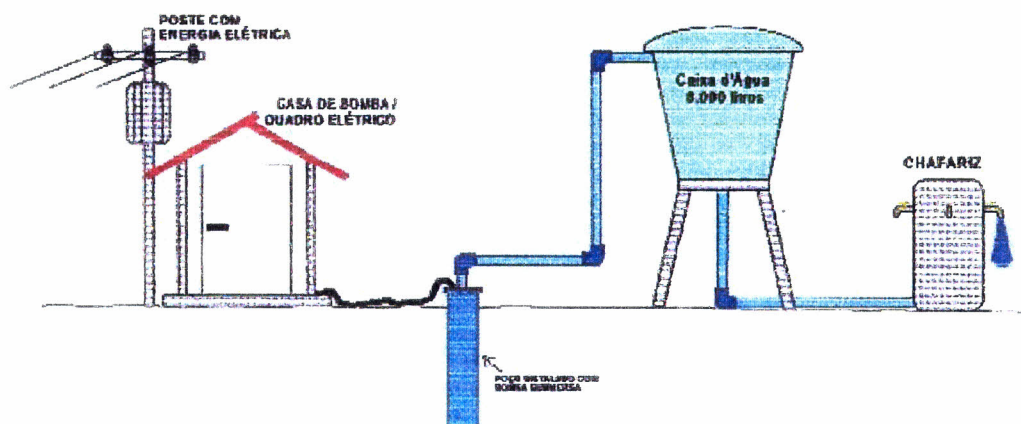
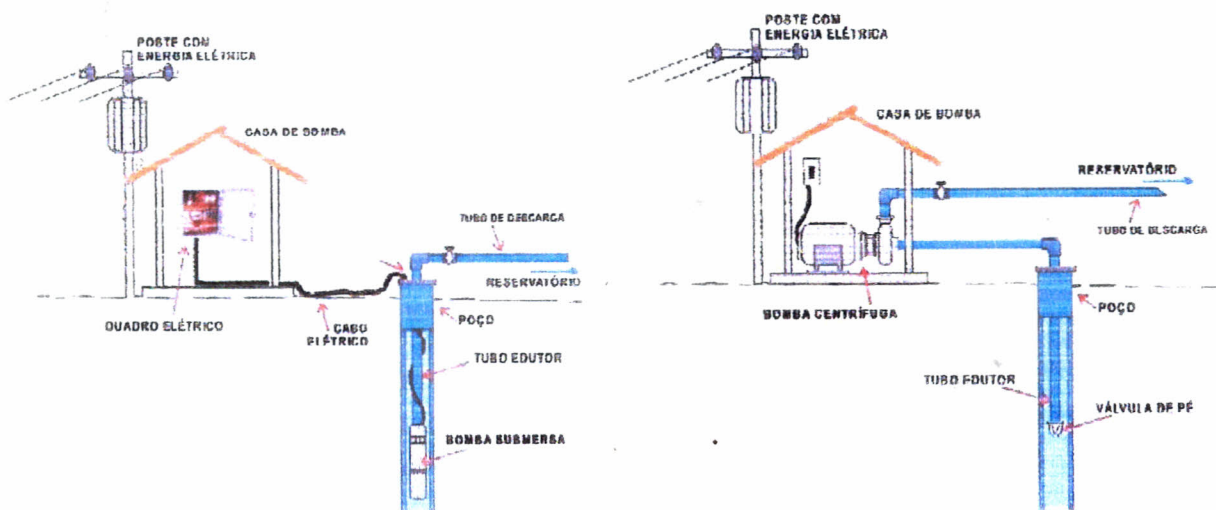
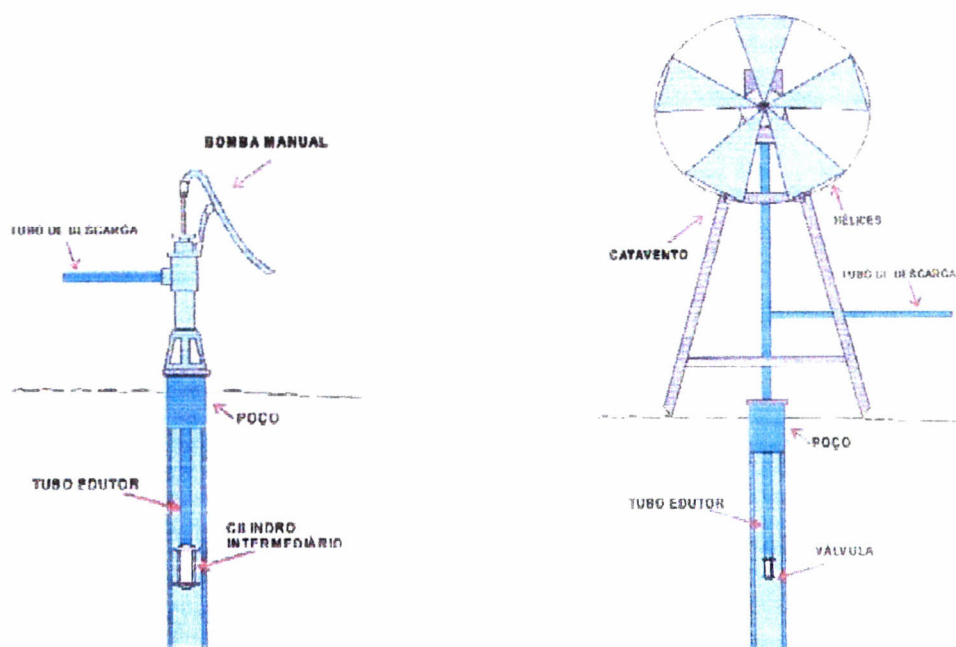


Fig. 111. Componentes de um poço tubular, bombeamento da água e rede distribuição (CPRM, 1998).





Figs. 112 e 113. Esquema de funcionamento de um poço tubular com bomba submersa, própria para vazões de médio a grande porte (>3.600litros/hora), a esq.; e com bomba centrífuga, à direita CPRM (1998).



Figs. 114 e 115. Esquema de retirada de água de um poço por sistema de bombeamento manual (à esq.) e por catavento (à direita). CPRM (1998).

### 2.11.3 – Técnicas que favorecem o controle das águas e a conservação do solo

#### 2.11.3a – Barraginha

Trata-se de um projeto da EMBRAPA (2001), que consiste em dotar cada propriedade, ou micro-bacia, de pequenos barramentos ou mini-açudes, nos locais em que ocorram enxurradas volumosas e erosivas, amenizando seus efeitos desastrosos, retraindo juntamente materiais assoreadores e poluentes, como terra, adubo, agrotóxicos em geral, esterco orgânicos contaminados, etc., que iriam diretamente para os córregos e mananciais, provocando contaminação, enchentes temporárias e outros danos (Barros, 2000).

É um procedimento apropriado para superfícies sedimentares onde predominam solos porosos e profundos, os quais, sob barragens, funcionam como esponja porosa armazenadora da água infiltrada. O objetivo da implantação deste sistema é carregar (Fig. 116) e descarregar o lago (Fig. 117), proporcionando a infiltração num espaço de tempo rápido entre uma chuva e outra, de modo que, durante a estação chuvosa ocorram de 12 a 15 recargas completas do volume do lago, bem como do espaço poroso do solo, funcionando como uma caixa de água natural.

O Sistema provoca a elevação do lençol freático, o que pode ser percebido visualmente, pela elevação do nível da água das cisternas, umedecimento das baixadas e mesmo o surgimento de minadouros. Além disto, esse sistema proporciona a filtragem da água retida e sua posterior liberação para os córregos e rios, de maneira lenta ao longo do ano, estabilizando e perenizando os cursos de água e mananciais.





Figs. 116 e 117. Fotos de uma barraginha recebendo água (à esq.) e de uma barraginha esvaziada (à direita).

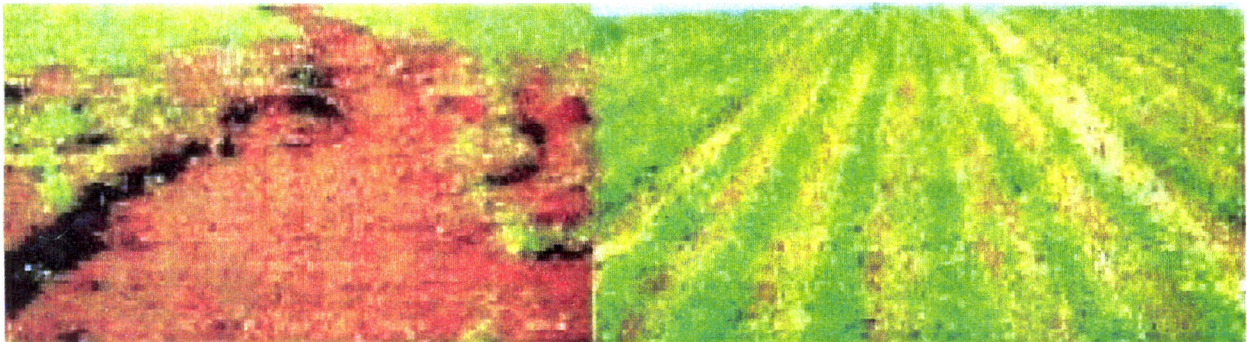
### 2.11.3b – Plantio Direto

O plantio direto representa um procedimento técnico que procura promover a conservação do solo e a manutenção de sua umidade; o que se torna facilitado por meio de menores revolvimentos do solo provocados por aração e gradagem (Figs. 118 e 119). Em outras palavras, significa manter o solo produtivo sem desgaste de suas propriedades, além de manter, por mais tempo os teores de água necessários à produção das culturas.

Como fundamento prático, em linhas gerais, ao terminar a colheita da safra, toda a palhada é deixada no solo, conservando-o e mantendo sua umidade, enquanto se processa a mineração de parte da matéria orgânica. O novo plantio é praticado em meio ao restolho disponível no terreno, com a semeadura em sulcos e covas sobre o resto de culturas anteriores (Fancelli *et al*, 1985; UFU, 2001; EMBRAPA, 2001).

Essa é uma prática que está sendo muito utilizada com agricultura irrigada ou agricultura dependente de chuva nas superfícies sedimentares, tanto nos cenários das chapadas baixas, como nas grandes chapadas e nos tabuleiros.

O plantio direto faz parte do interesse nacional de sustentabilidade do meio ambiente, a exemplo da campanha da EMBRAPA (2001) “Se a água é problema, conserve o solo”.



Figs. 118 e 119. Fotos de um plantio tradicional, com solo desgastado (à esq.) e de solo usado com plantio direto, conservado e com manutenção da umidade (à direita).

## 2.12 - Núcleos Eutróficos - Áreas com solos férteis

Dentro da abrangência dos macro-ambientes, podem ser destacados alguns cenários geoambientais de características peculiares. Neste caso, são áreas que possuem solos com elevada potencialidade em termos de fertilidade natural, o que é expresso pelo caráter eutrófico (saturação de bases acima de 50%) e elevada soma de bases trocáveis. São solos desenvolvidos ou influenciados por minerais ferro-magnesianos, constituintes de rochas básicas, ou de rochas calcárias, gerando solos principalmente das classes: Argissolos Vermelho-Amarelos Ta e Tb, Brunizens, Nitissolos e Luvisolos (EMBRAPA, 1999).

Esses ambientes ocorrem numa distribuição dispersa no Nordeste, formando “núcleos” maiores ou menores, atingindo um somatório de **122.671 km<sup>2</sup>**, 7,34% (ver Fig. 89). Destacam-se abrangendo vários municípios e adjacências, conforme alguns dos mencionados a seguir. No Maranhão: Bacabal; Esperantinópolis, Presidente Dutra, Tuntum, Vitorino Freire; no Piauí: Angical, Esperantina, Canto do Buriti, Itaueira, Paes Landim, Padre Marcos, Picos; no Ceará: Ipú, Novo Oriente, Parambu, Monsenhor Tabosa, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Acopiara, Potengi, Assaré, Cedro, Várzea Alegre, Juazeiro, Milagres; na Paraíba: Catolé do Rocha, Monte Orebe; em Pernambuco: .....; em Alagoas: Palmeira dos Índios, Limoeiro de Anadia, S. José da Lage; em Sergipe: Feira Nova, Aquidabã, Ribeirópolis; na Bahia: margem esquerda – Cotegipe, Brejolândia, Santa Maria da Vitória; margem direita – Macajuba, Itaberaba, Iaçu, Contendas do Sincorá, Manoel Vitorino, Brumado, Ibiaçucê, Guanambi, Itapitanga, Potiraguá, Macarani.



## DISPONIBILIDADE E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

No que concerne aos recursos hídricos, registra-se uma variação na disponibilidade de água, conforme a zona de ocorrência desse Cenário Geoambiental. Quando está situado numa zona úmida ou sub-úmida (no Maranhão e grande parte da Bahia, por exemplo) possuem boa oferta de águas pluviais e presença de rios; e se está numa zona semi-árida, as restrições são mais severas.

Uma questão a se levar em consideração é que, por serem áreas de elevada potencialidade agrícola, merecem as devidas atenções em termo de sua utilização e que sejam aplicados investimentos para o desenvolvimento estrutural dessas áreas, tais como construção de açudes para irrigação e de estradas vicinais. Por sua vez, essas áreas requerem que sejam adotadas, ao máximo, as técnicas de captação de água de chuva, com destaque para açudagem e captação in situ, além dos cuidados de drenagem e de conservação, entre outras práticas.

### 2.13 - Núcleos Basálticos - do Maranhão Ocidental

Dentre os ambientes eutróficos, pode ser identificado como um Cenário Geoambiental de características peculiares, relacionado com o embasamento de rochas basálticas, uma superfície aplanada (com partes onduladas) que se destaca na parte centro-ocidental do Maranhão. Ocorre na margem direita do Rio Tocantins, entre Imperatriz, Porto Franco e Estreito, e avança, de forma descontínua, para leste até Fortaleza dos Nogueiras, perfazendo **6.968 km<sup>2</sup>**, 0,42%. Uma superfície similar, em termos de solos de rochas basálticas, se destaca, com menor extensão, na outra margem do rio, no Estado de Tocantins.

Favoravelmente, os solos são desenvolvidos diretamente dessas rochas básicas, ou estão influenciados pela interação das mesmas com material sedimentar de recobrimento. Assim sendo, formam solos de elevada potencialidade de uso agrícola, das classes Nitissolo Eutrófico (Terra Roxa Estruturada) e Latossolo Vermelho (onde se inclui o antigo Latossolo Roxo). A presença de Afloramentos de Rocha perturba alguns desses ambientes.

## DISPONIBILIDADE E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Em termos de disponibilidade e gestão de recursos hídricos, além de uma razoável precipitação pluviométrica da ordem de 800-1.200 mm, distribuída nos meses de novembro-maio, destaca-se a possibilidade de utilização das águas do Rio Tocantins para estabelecimento de projetos de irrigação. Por sua vez, lençóis de água subterrânea poderiam estar disponíveis nas formações areníticas que circundam esse ambiente.

A propósito, importantes estudos de impacto ambiental, com vistas à construção da Barragem de Serra Quebrada, foram efetuados pela Themag Engenharia para Eletronorte (1989).

Na verdade, nessa região do vale do Tocantins poderia ser implantado um promissor pólo de desenvolvimento, com base na agricultura irrigada, uma vez que há solos profundos e bem drenados, muitos deles férteis, e um rio de elevado potencial hídrico e com menores riscos de degradação; ao contrário das fragilidades que se verificam nos vales do São Francisco e Parnaíba.

### 2.14 - Superfícies Irregulares, Movimentadas e Desgastadas

#### 2.14.1—Grandes complexos montanhosos: Serras, elevações e encostas íngremes de chapadas e planaltos

Muitos núcleos elevados e rochosos – caracterizando grandes complexos montanhosos – sobressaem na região Nordeste (Ver Figs. 43 e 91), formados, principalmente, de rochas do Pré-Cambriano Inferior, CD (granitos, gnaisses micaxistos) e do Pré-Cambriano Superior, B (arenitos, meta arenitos, siltitos e quartzitos). São elevações do porte de serras e montanhas, ou de encostas íngremes de chapadas e de planaltos, que se distribuem por quase todos os estados do Nordeste e norte de Minas Gerais, abrangendo um total de **175.628 km<sup>2</sup>**, 10,51%.

As Figs. 120 a 124 são exemplos desses cenários geoambientais (ver ainda as Figs. 92 e 93; 95 a 98).

Os solos são predominantemente rasos e pouco profundos das classes dos Neossolos Litólicos e Argissolos Litólicos, junto a muitos Aforamentos de Rocha.

São áreas geralmente destinadas à preservação ambiental. Algumas delas, com belas paisagens, nascentes e cachoeiras, podem ser dedicadas à promissora atividade do ecoturismo, a exemplo de passagens da Serra do Ramalho (ver Fig. 120) e Chapada da Diamantina (ver Figs 95 a 98), entre outros lugares pitorescos.

## DISPONIBILIDADE E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

### GRANDES “PRODUTORAS” DE ÁGUA.

Essas elevações, que geralmente não servem para qualquer utilização agrícola, são superfícies de elevado escoamento superficial (“run off”), certamente da ordem de 0,7 a 0,9. Considerando a precipitação pluviométrica de 500 a 1.300mm nessas áreas de solos rasos, rochosas e muito declivosas, podem ser consideradas como excelentes “produtoras de água” (Silva *et al*, 1999; Silva, 2001).

O grande volume de água que esco, quase livremente, dessas superfícies contribuem para abastecer os rios e os lençóis subterrâneos, enquanto uma parte se perde por evaporação. Um aproveitamento direto desse potencial requer que sejam convenientemente estudados e espacializadas locais de barramento nas superfícies que “se espriam a seus pés” para captação e armazenamento em reservatórios, para usos múltiplos, inclusive irrigação.



Especialmente, quando as superfícies a piemonte oferecem terras de boa potencialidade agrícola, sugerem que sejam efetuados investimentos na construção de barragens e demais infra-estruturas, para possibilitar uma maior utilização dessas terras, com aumento da disponibilidade de água. Tal é o caso da extensa superfície do vale do Rio Verde Grande – com terras de classe 1 – na parte ocidental das grandes encostas da Serra do Espinhaço e outras elevações ao norte.



Fig. 120. Encostas íngremes de chapadas areníticas, tendo a piemonte superfícies sedimentares baixas.



Fig. 121. Detalhe de encostas areníticas de Chapadas do Piauí (Serra da Capivara)



Figs. 122 e 123 – Vista dos contrafortes quartzíticos (do Pré-Cambriano B) da Chapada da Diamantina, Bahia.



Fig. 124. Vista panorâmica de elevações (núcleos montanhosos) de rochas graníticas do Pré-Cambriano CD. Representam inselbergues que sobressaem das superfícies de neodinlanacão na zona semi-árida (em primeiro plano). Município de Caruaru-PF.

#### 2.14.2 – Desníveis, encostas e pequenas elevações – destaque na zona central do Piauí

Podem ser assim distinguidas amplas superfícies muito desgastadas que, embora apresentem os mesmos problemas de susceptibilidade à erosão, apresentam topografia menos movimentada. Esse Cenário se destaca na parte central do Estado do Piauí, onde alcança **25.942 km<sup>2</sup>**, 1,55%.

Trata-se de áreas propícias para evolução dos processos de degradação e desertificação, com solos predominantemente rasos e pouco profundos junto com Aforamentos Rochosos (Figs. 125 e 126).



Também representam superfícies de elevado escoamento superficial, o que lhes confere a possibilidade de serem utilizadas como “grandes produtoras de água”, como implúvios para armazenamento nas partes baixas, cujos locais de barramento devem ser convenientemente estudados e espacializados.

Geralmente, são áreas destinadas à preservação ambiental e ao uso com pecuária extensiva, isto é, usando-se a vegetação natural como pastagem; parecendo fundamental que se procure evitar a presença de caprinos e ovinos, devastadores da vegetação nativa e aceleradores dos processos de degradação ambiental.



Figs. 125 e 126. Exemplos de superfícies muito desgastadas, com solos rasos e afloramentos rochosos, em relevo pouco movimentado – com elevado escoamento superficial – constituindo ótimas “superfícies produtoras de água”, para armazenamento à jusante. Município de São João do Piauí.

### 3. BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

- Ab'sáber, A.N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. São Paulo. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia. 1970. 15p (Geomorfologia, 20)
- Abicalil, M.T. **Atual situação dos serviços de água e esgotos no Brasil**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001–2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 135-158.
- Agência Nacional de Águas. **Projeto de Gestão Hídrica em Assentamentos Rurais de Reforma Agrária no Nordeste do Brasil**. Programa de Convívio com a Seca e Inclusão Social no Nordeste. ANA–INCRA. Brasília. (Relatório). 2001a, 117p.
- Agência Nacional de Águas. **Programa de aproveitamento das águas de chuva – cisternas rurais**. Brasília. 2001b. 15p.
- Agência Nacional de Águas. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. ANA. Brasília. 2002a, 32 fl il: il. 28 x 28 cm.
- Agência Nacional de Águas. **Recomendações para Gestão Hídrica em Assentamentos Rurais de Reforma Agrária no Nordeste do Brasil**. ANA–INCRA. Brasília. (Relatório Final). 2002b, 170p. il.
- Agência Nacional de Águas. **Programa de Gestão de Sistemas de Dessalinização das Águas**. ANA, Superintendência de Usos Múltiplos. Brasília.. 2002c, 170p. il.
- Agência Nacional de Energia Elétrica/Agência Nacional de Águas. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Arnaldo Augusto Setti ...[et al.]. ANEEL/ANA. Brasília. 2001. 326p. il.
- Agência Nacional de Águas. **O Estado das Águas no Brasil 2001–2002**. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. 494p.
- Amorim, M. C. C. - Porto, E. R. - Silva, A. S. - Liberal, G. S. **Dessalinização por osmose inversa: um estudo de caso**. Petrolina. EMBRAPA Semi-Árido. 1996. (Série Documentos, ).
- Andrade Júnior, A.S; Silva, E. F. de F. e; Silva, A. de S. e; Gomes, M. A. F.; Sousa, V. F. de. **Aquífero Serra Grande: uso da água e forma de exploração**. In: XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA Goiânia, 2003
- Anjos, J.B. dos.; Brito, L.T. de L. **Sistema de cultivo em camalhões com sulcos barrados**. Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido, 1999a. (Instruções técnicas,10). 3p. il.
- Anjos, J.B. dos.; Brito, L.T. de L. **Captação de água de chuva para cultivos de milho e feijão caupi**. Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido, 1999b. (Instruções técnicas,13). 3p. il.
- Anjos, J.B. dos.; Brito, L.T. de L.; Silva, M.S.L. da. **Metodos de captacion de agua de lluvia in situ para cultivos en zonas aridas**. In: Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Agricultura Conservacionista, 4., 1997, Morelia, Mexico. Estudio de caso en América Latina: Memória. Morelia: FAO/FIRA/INIFAP, 1997. P. 291-301.



- Anjos, J.B. dos; Brito, L.T. de L.; Silva, M.S.L. da. **Rainwater capture and irrigation**. In: FAO (Roma, Itália). Manual on integrated soil management and conservation practices. Rome, 2000. Cap. 15, p.131-141.
- Anjos, J.B. dos; Lopes, P.R.C.; Silva A, M.S.L.; Silva. A. de S. **Cultivo mínimo em sistemas de captação de água de chuva "in situ"**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24., 1993, Goiânia, GO. Resumos...Goiânia: SBSCS, 1993a. v.3, p.95-96.
- Anjos, J.B. dos; Lopes, P.R.C.; Silva, M.S.L. da. **Preparo de solos em vazantes**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1993b. 4p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico 52).
- Anjos, J.B. dos.; Lopes, P.R.C.; Silva, M.S.L. da. **Retenção do escoamento superficial da água de chuva utilizando cultivos em camalhões com sulcos barrados**. In: Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Agricultura Conservacionista, 4., 1997, Morelia, Mexico. 5., 1999, Florianópolis: EPAGRI, 1999a. p.54.
- Anjos, J.B. dos; Silva, M.S.L. da; Lopes, P.R.C.; Brito, L.T. de L. **Sistemas de captação de uso de água de chuva no semi-árido do Nordeste do Brasil**. In: Congresso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, 14.; Congresso de la Sociedad Agronômica de Chile, 50.; Congresso Nacional de la Ciencia del Suelo, 9., 1999, Temuco, Chile. Resúmenes... Temuco: Universidad de la Frontera, 1999c. p.651.
- Araújo, J.C de; Santaella, S.T. **Gestão da Qualidade**. In: In: Gestão de águas: princípios e práticas. Org. por Nilson Campos e Ticiania Studart. Porto Alegre: ABRH, 2001. p.139-157.
- Ayres, R.S. **Quality of water for irrigation**. J.Irrig. Drain. Div., New York, 103:135-54.
- Azevedo, L.G. T. de; Porto, R. La Laina; Zahed Filho, K **Modelos de simulação e de rede de fluxo**. In: Técnicas Quantitativas para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Org.: Rubem La Laina Porto ...[et al.]. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 1997. Porto Alegre, 1997. p.165-237.
- Barbosa, P.S.F. **Modelos de programação linear em recursos hídricos**. In: Técnicas Quantitativas para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Org.: Rubem La Laina Porto ...[et al.]. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 1997. Porto Alegre, 1997. p.97-163.
- Barros, M.T.L de. **A programação dinâmica aplicada à engenharia de recursos hídricos**. In: Técnicas Quantitativas para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Org.: Rubem La Laina Porto ...[et al.]. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 1997. Porto Alegre, 1997. p.239-303.
- Barros, L.C. de. **Barragens de contenção de águas superficiais**. EMBRAPA Milho e Sorgo. Sete Lagoas. 2000.
- Barth, F.T.; Pompeu, C.T.; Fill, H.D.; Tucci, C.E.M.; Kelman, J.; Braga Jr, B.P.F. **Modelos para Gestão de Recursos Hídricos**. São Paulo: Nobel: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 1987. 526p.
- Batista, M.de J.; Novaes, F.de; Santos, D.G. dos; Suguino, H.H. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. 2ª. ed. rev. e ampl. . Brasília: CODEVASF, 2002. 216p. il. (Série Informes Técnicos).
- Baptistella, J; Scaloppi, J.E.. **Aspectos técnicos e econômicos da aplicação de efluentes por aspersão em cana-de-açúcar**. In: VII Cong. Nacional de Irrigação e Drenagem. 1997
- Bernardo, S. **Manual de irrigação**. 5ª. ed. Viçosa: Imprensa da Universidade Federal de Viçosa, 1989. 596p.
- Bittencourt, V.C. de; Carmello, Q.A. de C.; Beauclair, E.G.F. de; João e J. & Clemente, J.L. **Produtividade da cana-de-açúcar e suas relações com a fertilidade dos solos e o manejo da cultura**. STAB, Piracicaba, 8:10-14, 1990.
- Braga Jr, B.P.F; Gobetti, L. **Análise multiobjetivo**. In: Técnicas Quantitativas para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Organizado por Rubem La Laina Porto ...[et al.]. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 1997. Porto Alegre, 1997. p.361-420.
- Braga Jr, B.P.F.; Massambani, O. **Weather Radar Technology for Water Resources Management**. UNESCO PRES. 1997. Science and Technology for Latin América and the Caribbean. Rostlan – Montevideo. 516 p.
- Braga Jr, B.P.F; Porto, M.F. do A; Tucci, C.E.M. **Monitoramento de Qualidade e Quantidade das Águas**. In: Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação. (Org. e coord. científica: A. da C. Rebouças; B.P.F. Braga Jr; J. G. Tundisi). São Paulo. Escrituras Editora. 1999. p. 637-649.
- Braga Jr, B.P.F; Hespanhol, I.; Conejo, J.G.L.; Barros, M.T.L. de; Veras Jr, M.S.; Porto, M.F. do A.; Nucci, N.L.R.; Juliano, N.M. de A.; Eiger, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002, 305p.
- Branco, S.M. **Água, Meio Ambiente e Saúde**. In: Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação. (Org. e coord. científica: A. da C. Rebouças; B.P.F. Braga Jr; J. G. Tundisi). São Paulo. Escrituras Editora. 1999. p.249-304.
- Branco, S.M.; Rocha, A.A. **Elementos de Ciência do Ambiente**. CETESB, São Paulo, 2ª ed. 1982. 206p.



- Brito, L.T. de L.; Silva, A. de .S.; Maciel, J.L.; Monteiro, M.A.R. **Barragem subterrânea I: construção e manejo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38p. Boletim de pesquisa, 36.
- Brito, L.T. de L.; Silva, D.A. da; .S.; Cavalcanti, N.B.; Anjos, J.B.dos; Rego, M.M.do. **Alternativas tecnológicas para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido**. Campina Grande, PB. Rev.Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3. n.1. p111-115. 1999.
- Burgos, N.; Medeiros, L.A.R.de; Melo Filho, H.F.; Araújo Filho, Lopes, O.F.; Cavalcanti, A.C.; Santos, J.C.P.dos; Leite, A.P; Neto, M.B.; Parahyba, R.B.V. **Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco, escala 1:100.000**. In: Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco. EMBRAPA/CNPS – ERP/NE. 2000. 54p. (56 mapas color.) (Impressão em Arc Info).
- Burgos, N.; Cavalcanti, A.C. **Levantamento Detalhado de Solos do CPATSA**. EMBRAPA Semi-árido (CPATSA). Petrolina. 1989. 69p. (3 mapas escala 1:7.500).
- Cadier, E. **Método de avaliação dos escoamentos das pequenas bacias do Semi-Árido**. (SUDENE, Série Hidrologia n. 21). 75p., Recife, 1984.
- Campos, J.N.B.; Souza Filho, F.de A. de. **Aplicação de matrizes de transição na estimativa de potenciais máximos esperados em 20 reservatórios do Estado do Ceará**. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12°. Vitória. 1997 Anais 2. p.151-158.
- Campos, N. **Gestão de águas: novas visões e paradigmas**. In: Gestão de águas: princípios e práticas. Org. por Nilson Campos e Ticiania Studart. Porto Alegre: ABRH, 2001. p.17-23.
- Campos, N.; Studart, T. **Gestão de águas: princípios e práticas**. (Organizadores). Porto Alegre: ABRH, 2001. 197p.
- Carter, Val. H. **Classificação de terras para irrigação**. Brasília. Secretaria de irrigação. Elaborado pelo Bureau of Reclamation (D.A, USA). 1993. 208 p.:il. (Manual de irrigação, v. 2).
- Carvalho Filho, O.M. de. **Produção de forragem em diferentes sistemas de cultivo de palma forrageira**. Petrolina. PE. 1999. (EMBRAPA-CPATSA. Pesq. em Andamento, 94). 5p.
- Carvalho Filho, O.M. de; Barreto, A.C.; Languidey, P.H. **Sistema integrado leucena, milho e feijão para pequenas propriedades da região semi-árida**. Petrolina. PE. 1994. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica.31). 17p. il.
- Carvalho, M. A. de; Chaudrhy, F.H. **Aplicação de hidrograma unitário geomorfológico na previsão de respostas hidrológicas**. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 6, n.4, Out/Dez 2001, 5-17.
- Cavalcanti, A.C. **Capacidade de água disponível em solos da Região Nordeste do Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 16, 1979. Manaus. Resumos... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. p.13.
- Cavalcanti, A.C. **Melhoramento de solos arenosos por adição de material argilo-mineral de alta CTC. Fertilidade, movimento e retenção de água**. (tese doutorado em irrigação e drenagem) UNESP. Botucatu. 1994. 104p.
- Cavalcanti, A.C. **Levantamento detalhado de solos e classificação de terras para irrigação da “Fazenda Veredão” em Gilbués-PI**. Recife. (Relatório Técnico). 1996. 30p. 1 mapa.
- Cavalcanti, A.C. **Unidades ambientais de identificação “geomorfo-pedológicas”**. In: Diagnóstico Ambiental do município de Petrolina, Pernambuco. EMBRAPA - CNPS, ERP/NE. (Relatório Técnico). Recife. 1999. 60p, 1 mapa color.
- Cavalcanti, A.C. **Potencialidades e demandas dos Assentamentos relacionados com suas situações geoambientais**. In: Recomendações para Gestão Hídrica em Assentamentos Rurais de Reforma Agrária no Nordeste do Brasil. Agência Nacional de Águas-INCRA. Brasília. (Relatório Final). 2002. p.146-156.
- Cavalcanti, A.C.; Lopes, O.F. **Condições edafoclimáticas da Chapada do Araripe e viabilidade de produção de culturas**. EMBRAPA/CPATSA - UEP Recife. 1994. 36p..
- Cavalcanti, A.C.; Ribeiro, M.R.; Araújo Filho, J.C.; Silva, F.B.R. **Avaliação do potencial das terras para irrigação no Nordeste** (para compatibilização com os recursos hídricos). EMBRAPA/CPATSA - UEP Recife. 1994. 38p, 1 mapa color.
- Cavalcanti, A.C.; Silva, F.H.B.B.da. **Áreas de risco para construção civil e áreas susceptíveis de poluição**. In: Diagnóstico Ambiental do município de Maceió-AL. EMBRAPA Solos, UEP Recife. Recife. 2001. 94p, 5 mapas color.
- Cavalcanti, A.C.; Silva, F.H.B.B da; Pereira, J.C. **Classificação de terras para irrigação do estado de Pernambuco**. In: Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. EMBRAPA Solos, UEP Recife. 2001.



- Cavalcanti, J. **Raspa de mandioca para alimentação animal no semi-árido brasileiro**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1994. (Circular Técnica, 32). 39p.
- Cavalcanti, J.; Lopes Filho, F. **Raspa de mandioca para alimentação animal no semi-árido brasileiro**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 2000. 3p. il. (Instruções Técnicas da EMBRAPA Semi-Árido, 39).
- Cavalcanti, N. de B.; Oliveira, C.A.V.; Brito, L.T. de L. **Adoção de tecnologia para convivência do homem com a seca na região semi-árida do Nordeste brasileiro: o caso da cisterna rural**. Petrolina, PE (Brasil), 1995. 11 p. Boletim de Pesquisa - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, n. 48.
- Cavalcanti, N. de B.; Muniz, J.N.; Lima, A.L. de; Rocha, F.A. da S.; Oliveira, C.A.V.; Brito, L.T. de L. **Tecnologia e convivência com a seca: crítica e alternativa a pequena produção**. Revista Ceres, Viçosa, v.44, n.254, p.381-391, 1997. Unidades: CPATSA (630.5)
- Cavalcanti, N. de B.; Oliveira, C.A.V.; Brito, L.T. de L. **Vulnerabilidade dos pequenos agricultores em relação as tecnologias de convivência com a seca: um estudo de caso** Petrolina, PE (Brasil), 1998. 15 p. Boletim de Pesquisa - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, n. 52.
- Chaves, H.M.L. **Aplicacion de los métodos de prediccion de riesgo de erosion potencial y actual em la planificacion de conservacion de suelos y águas a nível de microcuencas**. In: FAO (ed): Erosion de suelos em America latina. Santiago. 1994a.. P.187-190.
- Chaves, H.M.L. **Estimativa da erosão atual e potencial no vale do São Francisco**. CODEVASF-FAO. Brasília. 1994b. (Relatório Final de Consultoria). 37p. il.
- Christofidis, D. **Recursos hídricos, irrigação e segurança alimentar**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001–2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 111-134.
- Cirilo, J.A. **Programação não linear aplicada a recursos hídricos**. In: Técnicas Quantitativas para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Organizado por Rubem La Laina Porto ...[et al.]. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 1997. Porto Alegre, 1997. p.305-359.
- Cirilo, J.A.; Abreu, G.H.F.G.; Costa, M.R.; Goldemberg, D.; Baltar, A.M.; Azevedo, L.G.T.; Costa, W.D.; Sampaio, Y. **Avaliação de barragens subterrâneas como forma de convivência com as secas no semi-árido brasileiro**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001–2002. Org: Marcos A.V. de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 461-472.
- Companhia de Águas e Esgotos de Brasília. **Projeto da Estação de Tratamento de Esgotos Melchior**. CAESB, Brasília, 2003.
- Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Levantamento detalhado de solos e classificação de terras para irrigação nas áreas do Baixo Irecê**. Brasília, 1987a. n.p. (Relatório técnico PROTECS/CODEVASF).
- Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Levantamento ultradetalhado de solos para fins de irrigação nas áreas do Projeto Nilo Coelho**, Brasília, 1988b. n.p. (Relatório técnico PROSPED/ CODEVASF).
- Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Levantamento detalhado de solos e classificação de terras para irrigação nas áreas do Projeto Salitre**. Brasília, 1990. n.p. (Relatório técnico PROTECS/CODEVASF).
- Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Levantamento semidetalhado de solos e classificação de terras para irrigação do Projeto Sertão de Pernambuco**. Projeto transposição de águas do rio São Francisco. Recife, 1998. n.p. (Relatório técnico PROJETEC/CODEVASF).
- Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Inventário de Projetos**. 3. ed., rev. e atual. Brasília: CODEVASF, 1999. 224 p. il.
- Companhia de Hidrelétrica do Vale do São Francisco. **Projeto de ocupação da borda do lago de Itaparica, margem esquerda. Relatório de Pedologia**. Recife, 1987b. Tomos 1, 2 e 3. 695p. Relatório técnico THEMAG Engenharia/CHESF).
- Companhia de Hidroelétrica do Vale do São Francisco. **Projeto Manga de Baixo**. Projeto de ocupação da borda do lago, áreas do cristalino. Recife, 1987c. n.p. (Relatório técnico THEMAG Engenharia/ CHESF).
- Companhia Hidroelétrica do São Francisco. **Levantamento detalhado de solos e classificação de terras para irrigação nas áreas do Projeto Caraíbas**. (Projeto PG). Recife. 1988a. n.p. (Relatório técnico PROTECS/CHESF).
- Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **O Caminho das Águas**. Publicação em 15 slides. Fortaleza: COGERH, 2000a. (<http://www.cogerh.com.Br/versao3/public>)
- Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **VII Seminário de Planejamento e operação das águas dos vales de Jaguaribe e Banabuiú**. Relatório. Fortaleza: COGERH, 2000b. 18p.



- Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos. **Relatório de Monitoramento de Bacias Hidrográficas do Estado.** CPRH. Recife, 2000.
- Conejo, L.T. **Instrumentos de Gestão.** In: Curso de Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Nacional de Brasília/Agência Nacional de Águas. Brasília. 2003. n. p.
- Costa, F.J.L. da. **Water Resources National Plan – PNRH – conceptual and methodological basis.** In: Water Resources Management. Brazilian and European Trends and Approaches. Proceedings/edited By Gilberto. Valente Canali (et al.). Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Porto Alegre, 2000. p.165-191.
- Coutinho, E. C.; Ribeiro, L. A. T.; Medeiros, A. L. R. otta Sobrinho, M. A. **Dessalinização de Água por osmose inversa utilizando turbinas eólicas de pequeno porte.** In: Resumos do V Congresso de Iniciação Científica de UFPE. p.331-331, 1997.
- Cruciani, D.E. **A drenagem na agricultura.** Editora Nobel S.A. São Paulo. 1989.
- Cuenca, R.H. **Crop water requits.** In: \_\_\_\_\_. Irrigation system design an engineer approach. 1. ed. Englewood Cliffs- New Jersey, Prentice Hal, 1989. cap. 5, p.115-88.
- Denardin, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos.** Piracicaba. 1990 (tese de doutorado USP-ESALQ). 81p.
- Departamento Nacional de Obras e Saneamento. **Levantamento semidetalhado de solos, classificação de terras para irrigação e aptidão agrícola das terras para lavoura de sequeiro.** Projeto Transposição de Águas do Rio São Francisco para as bacias dos rios Brígida, Terra, Nova, Pajeú, Poti e Assu. Rio de Janeiro. 1983. 388p. (Relatório Técnico GEOTÉCNICA/DNOS).
- Departamento Nacional de Obras e Saneamento. **Levantamento semidetalhado de solos, classificação de terras para irrigação e aptidão agrícola das terras.** Projeto tabuleiros Litorâneos do Piauí e Maranhão. Recife, 1986. n.p. (Relatório técnico IESA-PROJETEC/DNOS).
- Dias, C.A.B. **Análise preliminar da possibilidade de utilização do vinhoto com recurso energético.** In: Anais do II Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro. 1981. p.510-526.
- Dias, W. **Programa Permanente de Convivência com o semi-árido (seca).** Brasília: Câmara dos Deputados, 2000. 35p. Unidades: CPAMN (FOL 210/00).
- Dias, W.; Pimentel, J.; Pires, W. **Projeto de Lei N.1.114/99 - Programa Permanente de Convivência com o Semi-árido (Seca).** Brasília: Câmara dos Deputados, 2000. 14p. Unidades: CPAMN - UEPP (FOL 412/00)
- Domingues, A.F. **Planejamento de Recursos Hídricos e uso do solo: O desafio brasileiro.** In: O Estado das Águas no Brasil 2001–2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 325-333.
- Domingues, A.F. **A água, um bem público a ser preservado.** In: A Problemática do Uso das Águas e Impactos na Formação Profissional. Antena Temática. n. 02. CNI/ SENAI. Brasília. 2002, p. 5 e 6.
- Doorenbos, J.; Pruitt, W.O. **Necessidades hídricas das culturas.** (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24). Tradução de: H.R.Gheyi, J.E.C.Metri, F.A.V.Damasceno. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1997. 204p. il.
- Duarte, N. de F. **Potenciais impactos ambientais da monocultura da cana-de-açúcar.** Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 1981. 37p.
- Dubon, J. A. M. Pinheiro, J. C. V. **Aproveitamento de Águas Residuais Provenientes de Dessalinizadores Instalados no Estado do Ceará.** In: III Encuentro de las Aguas - Agua, Vida y Desarrollo, v.III, , 2001.
- Duque, G.J. **Solo e água no Polígono das Secas.** Fortaleza, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOS). 4ª ed. 1973. 223p.
- Duret, T.; Baron, V.; Anjos, J.B. dos **Mecanização agrícola alternativas para o cultivo de sequeiro.** Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1985. 10p. (EMBRAPA-CPATSA. Pesquisa em Andamento, 43).
- Eid, N.J. **Planejamento de Uso Múltiplo.** In: Curso de Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Nacional de Brasília/Agência Nacional de Águas. Brasília. 2003. n. p.
- ELETRONORTE. **Levantamento de reconhecimento de solos e classificação de terras para irrigação.** In: Estudos de impacto ambiental com a construção da Barragem de Serra Quebrada. ELETRONORTE/THEMAG Engenharia (Relatório Técnico). São Paulo. 1990.
- EMBRAPA/EMBRATER. **Semi-árido brasileiro: convivência do homem com a seca.** Implantação de sistemas de exploração de propriedades agrícolas. Brasília: EMBRAPA/EMBRATER, 1982. Unidades: CNPC (631.586 - E55s).



- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Mapa de Solos da Região Nordeste do Brasil (escala 1:2.000.000)**. (mapa derivado dos levantamentos dos estados nas escalas 1:400.000 a 1.000.000). EMBRAPA, CNPS – Regional Nordeste. Recife. 1989 (não publicado).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Produção de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. xxvi, 412p.: il.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **A água é um problema? Conserve o solo. (Painéis)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001.
- Ewel, J. J. *et al.* **Tropical agroecosystem structure**. *Agro-ecosystems*. (9):183-90, 1984.
- Fancelli, A.L. *et al.* **Atualização em plantio direto**. (Coord.: Antonio Luiz Fancelli, Pablo Vital Torrado e Joaquim Machado). Campinas, Fundação Cargil. 1985. vii, 343p.
- Faria, C.M.B. de. **Práticas que favorecem a capacidade produtiva do solo na agricultura de sequeiro do semi-árido brasileiro**. Petrolina. EMBRAPA-CPATSA, 1992. (Circular Técnica, 28). 30p. il.
- Forattini, G.D. **Fiscalização: Sistemas de Fiscalização**. In: Curso de Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Nacional de Brasília/Agência Nacional de Águas. Brasília. 2003. n. p.
- Fraga, G.P.; Abreu, C.A.de; Mendes, J.M.B. **Poluição do solo e aquífero subterrâneo pela vinhaça infiltrada sob tanques de armazenamento**. CETESB. São Paulo. 1994. 52p.
- Franca, D.T. **Plano de Convivência com a Seca**. Parte I: Abastecimento da população rural difusa no semi-árido do Nordeste do Brasil. Agência Nacional de Águas. In: XI Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva (Palestra). México. 2003a. 22p. il.
- Franca, D.T. **Alternativas tecnológicas – Convivência com a Seca**. Parte II: Aproveitamento das águas de chuva. Agência Nacional de Águas. In: XI Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva (Palestra). México. 2003b. 33p. il.
- França, K. B.; Farias Neto, S. R. **Dessalinização de águas salobras de baixo custo energético via eletrodiálise**. In: VI Congresso Brasileiro de Energia e Seminário Latino Americano de Energia. 1993.. p.1061-1066.
- Freitas, A.J. de. **Gestão de recursos hídricos**. In: Gestão de Recursos Hídricos. Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Demétrios D. da Silva, F. F. Pruski e La Laina Porto (editores). MMA/SRH – Universidade Federal de Viçosa - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Brasília. 2000. p. 1-120.
- Freitas, M.A.de S. **Geração de vazão em região semi-árida usando o modelo alternating renewalreward/ Fragmentos (RRF)**. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12º. Vitória. 1997 Anais 2. p.283-289.
- Freitas, M.A.V de. **Hidroeletricidade no Brasil: Perspectivas de Desenvolvimento e Sustentabilidade**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001 – 2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 49-63.
- Frizzzone, J.A. **Irrigação por superfície**. Piracicaba: Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1992a. 62p (Didática, 2).
- Frizzzone, J.A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1992b. 53p (Didática, 3).
- Frizzzone, J.A.; Silveira, S. de F.R. **Análise econômica de projetos hidroagrícolas**. In: Gestão de Recursos Hídricos. Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. D. D. da Silva, F. F. Pruski e La Laina Porto (edit). MMA/SRH – Universidade Federal de Viçosa - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Brasília. 2000. p. 449-617.
- Gliessman, S.R; Garcia, E.R.; Amador, A.M. **The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems**. *Agro-ecosystems*. (7): 173-85, 1981.
- Gomes, C.S. **Pro-hidrogênio e Pro-metano: uma alternativa de saneamento ao Pro-Alcool**. In: Ingeniería Sanitaria; 35 (1/2): 55-7. Ene. Jun. 1981.
- Gomes, H.P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 2ª. ed. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1997. 390p.
- Gomes Júnior, R.N. **Degradação dos solos dos Tabuleiros Costeiros cultivados com cana-de-açúcar**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25. Viçosa, 1995. p.1956-1958.
- Gondim Filho, J.G.C. **Sustentabilidade do desenvolvimento do semi-árido sob o ponto de vista dos recursos hídricos**. Fortaleza-CE. Projeto ARIDAS. 1994. 94p. (Impresso).
- Gondim Filho, J.G.C. **Reflexões sobre as secas**. Recife. DNOCS. 1984. 72 p. il.



- Gondim Filho, J.G.C. **Gestão integrada dos reservatórios da Bacia do Rio Curu**. Universidade Federal do Ceará (Tese de Mestrado – Pós Graduação em Recursos Hídricos). 1988. 114p.
- Gondim Filho, J.G.C.; Franca, D.T.; Germano, A. de O.; Medeiros, V.V.R.; Molion, L.C.B. **Prevenção de eventos críticos**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001–2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 447-460.
- Graziera, M.L.M. **Direito das Águas e Meio Ambiente**. São Paulo: Ícone. 1993. 136p.
- Guimarães Filho, C.; Soares, J.G.G.; Riché, G.R. **Sistema capim buffel-leucena para produção de bovinos no semi-árido**. Petrolina. EMBRAPA-CPATSA, 1995. 39p. (Circular Técnica, 34).
- Guimarães Filho, C.; Soares, J.G.G. **Sistema CBL para produção de bovinos no semi-árido**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1999. 3p. (Instruções Técnicas da EMBRAPA Semi-Árido, 2).
- Guimarães Filho, C.; Soares, J.G.G. **Manejo dos rebanhos em anos de seca**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 2000. 41p. il. (Documento da EMBRAPA Semi-Árido, 84).
- Guimarães Filho, C.; Lopes, P.R.C.; Sá, I.B. **Elementos a serem considerados na formulação de um programa de convivência com a seca para o semi-árido brasileiro e diagnóstico da degradação ambiental**. Embrapa Semi-Árido, 2001. 15p. (No CD ROM do ZEE)
- Guimarães Filho, C.; Soares, J.G.G.; Correia, R.C.; Araújo, G.G.L.de. **Subsídios para uma estratégia emergencial de redução dos efeitos da secas na pecuária do semi-árido brasileiro**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 2000. 6p. (Impresso).
- Guimarães, R.F.; Carvalho Junior, O.A. **Confecção de cartas morfométricas da bacia do São Francisco como subsídio ao estudo de vulnerabilidade ambiental**. CODEVASF. 2002. 46p. il. (no prelo).
- Guimarães, V.S. **Monitoramento Hidrológico e Sistema de Informações**. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Informações Hidrológicas. (Palestra). Brasília, 2003. 114 slides.
- Hart, R.D. **Methodologies to produce agroecosystem management plants for small farmers in tropical environments**. In: World Agricultural Workshop (3). Conferences on basic techniques in ecological agriculture; paper presented. Montreal, Int. Fed. Org. Agric. Movements, 1978.
- Hespanhol, I. **Água e Saneamento Básico – Uma visão realista**. In: Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação. (Org. e coord. científica: A. da C. Rebouças; B.P.F. Braga Jr; J. G. Tundisi). São Paulo. Escrituras Editora. 1999. p. 227-247.
- Holanda, F.J.M. **Manual de convivência com os efeitos das estiagens**. Fortaleza, 2000. 54p. Unidades: CPAMN (333.736 - H723m).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **O Brasil em números**, v.4. Rio de Janeiro, 1995. 212p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Os Estados Brasileiros**. IBGE, 2003. <http://www.ibge.gov.br/ibgeteen>.
- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Plano de desenvolvimento Sustentável do Assentamento Saco, em Caracol-PI**. INCRA – Superintendência do Piauí. Projeto Lumiar-Incra-Cootapi & Associados. 2000. 69p.
- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Plano de desenvolvimento do Assentamento Lisboa, em São João do Piauí**. INCRA – Superintendência Regional do Piauí. 2001. 50p.
- Jacomine, P.K.T.; Silva, F.B.R.; Formiga, R.A. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte**. Bol.Téc.21-MA-SDN. Recife, 1971. 531p. 1 mapa col.
- Jacomine, P.K.T.; Ribeiro, M.R.; Montenegro, J.O. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba**. Bol.Téc.15 - MA-SDN. Recife, 1972. 683p. 1 mapa col.
- Jacomine, P.K.T.; Cavalcanti, A.C.; Burgos, N. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Pernambuco**. Boletim Técnico, 26 - Convênio MA/DNPEA - SUDENE/DRN. 2v. Recife, 1973a. 713p. 1 mapa col.
- Jacomine, P.K.T.; Almeida, J.C.; Medeiros, L.A.R. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Ceará**. Bol.Téc.28 -MA-SDN. 2v. Recife, 1973b. 803p. 1 mapa col.
- Jacomine, P.K.T.; Cavalcanti, A.C.; Pessoa, S.C.P. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Alagoas**. Bol.Téc.35 - MA-SDN. Recife, 1975a. 532p. 1 mapa col.
- Jacomine, P.K.T.; Montenegro, J.O.; Ribeiro, M.R. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Sergipe**. Bol. Téc., 36 - MA-SDN. Recife, 1975b. 506p. 1 mapa col.



Jacomine, P.K.T.; Cavalcanti, A.C.; Ribeiro, M.R. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do estado da Bahia**. Boletim Técnico, 38 - Convênio EMBRAPA/ SNLCS - SUDENE/DRN. Recife, 1976. 404p. 1 mapa col.

Jacomine, P.K.T.; Cavalcanti, A.C.; Silva, F.B.R. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do estado da Bahia**. Boletim Técnico, 53- Convênio EMBRAPA/ SNLCS - SUDENE/DRN. Recife, 1977/1979. 1296p. 2 mapas col.

Jacomine, P.K.T.; Cavalcanti, A.C.; Formiga, R.A. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do norte de Minas Gerais**. Boletim Técnico, 60- Convênio EMBRAPA/ SNLCS - SUDENE/DRN. Recife, 1979. 407p. 1 mapa col.

Jacomine, P.K.T.; Cavalcanti, A.C.; Pessôa, S.C.P. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Boletim de Pesquisa 36 - EMBRAPA/ SNLCS - SUDENE/DRN. 2v. Rio de Janeiro, 1986b. 782p. 1 mapa col.

Jacomine, P.K.T.; Cavalcanti, A.C.; Pessôa, S.C.P. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão**. Boletim de Pesquisa 35 - EMBRAPA/ SNLCS - SUDENE/DRN. 2v. Rio de Janeiro, 1986a. 796p. 1 mapa col.

Jurinak, J.J. **Salt-affected soil**. Soil Science 619. Lecture Notes. Utah State University. In: Curso de Química de Solos, Pós-Graduação em Ciência do Solo, Mestrado. (Apostila). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 1975. 93 p.

Kelman, J.; Pereira, M.V.F.; Araripe Neto, T.A.; Sales, P.R. de H. **Hidroeletricidade**. In: Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação. (Org. e coord. científica: A. da C. Rebouças; B.P.F. Braga Jr; J. G. Tundisi). São Paulo. Escrituras Editora. 1999. p. 371-416.

Kelman, J. **Evolution of Brazil's water resources management system**. In: Water Resources Management. Brazilian and European Trends and Approaches. Proceedings/edited By Gilberto. Valente Canali (et al.). Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Porto Alegre, 2000. p.19-36.

Lanna, A.E. **Introdução**. In: Técnicas Quantitativas para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Organizado por Rubem La Laina Porto ...[et al.]. - Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997 ABRH. Porto Alegre, 1997. p.15-41.

Lima, J.E.F.W.; Ferreira, R.S.A.; Cruz, H.P. **Estimativa da redução da capacidade de geração de energia devido ao uso da água para irrigação na bacia do rio São Francisco**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001-2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 165-178.

Lima, D. de A. **Recursos vegetais de Pernambuco**. Bol. Téc. Inst. Pesq. Agron. (IPA). Recife, (41):1-32. 1970.

Lopes, L.H. de O.; Silva, M.S.L. da; Anjos, J.B. dos; Brito, L.T. de L. **Captação e armazenamento de água de chuva no semi-árido brasileiro: Barreiro para irrigação de salvação**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12. 1998. Fortaleza-CE. Resumos... Fortaleza: SBCS/UFC, 1998. p.214-215.

Lopes, O.F. **Chapada do Araripe: Documentação fotográfica (Acervo particular)**. Recife. 2002.

Lopes, P.R.C.; Brito, L.T.L. **Erosividade da chuva no Médio São Francisco**. Revista Brasileira de Ciência do solo, Campinas, 1993. v.17, n.1, p.129-133.

Lopes, P.R.C.; Silva, M.S.L. da; Silva, A. de S.; Anjos, J.B. dos. **Conservação da capacidade produtiva dos solos em sistemas de captação de água de chuva "in situ"**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. Resumos... Goiânia: SBCS, 1993b. v.3, p.97-98.

Lopes, P.R.C.; Anjos, J.B. dos.; Silva, M.S.L. da. **Captação de água de chuva para cultivos de milho e feijão caupi**. In: REUNION BIENAL DE LA RED LATINOAMERICANA DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 5., 1999, Florianópolis: EPAGRI, 1999. p.53.

Maia, C. E.; Moraes, E. R. C. Oliveira, M. de. **Uso do gesso, cloreto de cálcio e húmus de minhocas combinado com o manejo da água na dessalinização de solos afetados por sais no perímetro irrigado de Itans/Sabugá, RN**. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Informação, Globalização, Uso do Solo (CD ROM), v.1, n.1, p. 1-5, 1997.

Melo, F. de B. **Sistemas de produção de sementes em convivência com a seca**. EMBRAPA Meio Norte. Teresina, 2000 (Fita de Vídeo VHS, NTSC; 45 min.)

Ministério do Meio Ambiente. **Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento**. Subsídios ao planejamento de gestão ambiental. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. (Projeto Cenários para o Planejamento da Gestão Ambiental). Brasília, 1997. 188p. il. e mapas col.

Ministério do Meio Ambiente. **ZEE do baixo Parnaíba**. Brasília, 2001....p. il. e mapas col. (CD Rom)



- Mistretta, G. **Monografia do Aquífero Jandaíra da Bacia Potiguar**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. (Dissertação de Mestrado: Área de Concentração: Geologia Geral e de Aplicação). São Paulo. 1984. 391p e 24 mapas.
- Molle, F.; Cardier, E. **Manual do pequeno açude**. Recife, SUDENE/ORSTON; SUDENE/TAPI 1992. 521p.
- Molinas, P.A. **A gestão dos recursos hídricos no semi-árido nordestino: a experiência cearense**. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 1, n.1, Jan/Jun 1996, p. 69-88.
- Monteiro, V. P. Pinheiro, J. C. V. **Dessalinização: Critérios Sócioeconômicos para definir prioridades na Instalação de Dessalinizadores no Ceará**. In: III Encuentro de las Aguas - *Agua, vida y desarrollo*, v.III, , 2001.
- Moreira, H.J.da C. **Tabela para a determinação das necessidades de água para irrigação**. (Planilha eletrônica Excel). Agência Nacional de Águas. Brasília. 2002.
- Moreira, M.M. **Aspectos Político-Institucionais: Implementação do SINGERH**. In: Curso de Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Nacional de Brasília/Agência Nacional de Águas. Brasília. 2003a. n. p.
- Motta Sobrinho, M. A.; Medeiros, A. L. R. **Análise técnica de sistemas de dessalinização acionados por sistemas híbridos eólico-solar-bateria**. In: Anais do V Congresso de Engenharia Mecânica Norte e Nordeste, v.3, p.17-24 , 1998.
- Muniz, J.N.; Ribeiro, C.A.A.S. **Interdisciplinaridade: A metodologia integrada na elaboração de planos diretores de recursos hídricos**. In: Gestão de Recursos Hídricos. Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. D. D. da Silva; F. F. Pruski; La Laina Porto (editores). MMA/SRH – Universidade Federal de Viçosa - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Brasília. 2000. p. 413-434.
- Neves, M.G.F.P. das; Villanueva, A.O.; Tucci, C.E.M. **Simulação hidrodinâmica integrada do escoamento em redes de drenagem urbana e nas ruas**. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 6, n.3, Jul/Set 2001, 111-139.
- Netto, O.C. **Economia de Recursos Hídricos**. In: Curso de Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Nacional de Brasília/Agência Nacional de Águas. Brasília. 2003. n. p.
- Nobre, M.M.M.; Nobre, R.C.M. **Caracterização hidrológica para o uso racional e proteção dos mananciais subterrâneos em Maceió – AL**. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 6, n.1, Jan/Mar 2001, 7-20.
- Nogueira, J. W. L. **Dessalinização utilizando energia solar no Nordeste do Brasil**. Encontro Latino-Americano de Ingeniería Química - ELAIT'94, v.1, p.106-111 , 1994.
- Olinger, G. **Processo de extensão rural e sistema de convivência com a seca no Nordeste [Zona semi-árida, Brasil]**. Brasília, DF, 1984. 35 p. Estudos Diversos - Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural n. 17.
- Oliveira, J.A. de; Lanna, A.E.L. **Otimização de um sistema de múltiplos reservatórios atendendo a múltiplos usos no nordeste brasileiro**. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 2, n.2, Jul/Dez, 1997, p. 123-141.
- Pereira, D.S.P.P; Emerenciano, E.M.; Baltar, L.A. de A.; Abicalli, M.T. **Instrumentos para a regulação e o contrato de prestação de serviços de saneamento**. Brasília: IPEA, 1988. (Série Modernização do Setor de Saneamento, 10). 104 p.
- Pereira, D.S.P.P; Emerenciano, E.M.; Baltar, L.A. de A. **Os serviços de água e esgotos no Brasil – A questão dos subsídios**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001–2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 158-163.
- Pinheiro, J. C. V.; Silva, L. A. C. **Estratégias para Formulação e implantação de um programa de dessalinização da Água Salobra no Ceará**. In: III Encuentro de las Aguas - *Agua, vida e desarrollo*, v.III, 2001.
- PLANASF. **Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco**: Análise de oferta/demanda de água do Rio São Francisco, NTP.87/04, Brasília, 1987
- Pompêo, C.A. **Drenagem urbana**. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. Vol. 5, n.1, Jan/Mar, 2000, p. 15-23.
- Porto, E.R.; Garagory, F.L.; Silva, A. de S.; Moita, A.W. **Risco Climático: Estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio**. Cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina, PE: (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 32). 1983. 129p.
- Porto, E.R.; Silva, A. de S. **Utilización racional de areas agrícolas en el semi-árido brasileiro**. In: Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en America Latina y el Caribe, 4., 1995, Montecillo, México. Memorias... Mexico: Red de Formacion Ambiental para America Latina y el Caribe, 1995. p. 249-261.



- Porto, R. La L; Azevedo, L.G.T.de. **Sistemas de suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos**. In: Técnicas Quantitativas para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Org.: Rubem La Laina Porto ...[et al.]. Ed. Universidade/UFRGS – ABRH, 1997. Porto Alegre, 1997. p.43-95.
- Pozzebom, E.J. **Tabela para a determinação das necessidades de água para irrigação** (por ponto de captação). (Planilha eletrônica Excel). Agência Nacional de Águas. Brasília. 2003.
- Rebouças, A. da C. **Água Doce no Mundo e no Brasil**. In: Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e Conservação. (Org. e coord. científica: A. da C. Rebouças; B.P.F. Braga Jr; J. G. Tundisi). São Paulo. Escrituras Editora. 1999a. p. 1-37.
- Rebouças, A. da C. **Águas subterrâneas**. In: Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação. (Org. e coord. científica: A. da C. Rebouças; B.P.F. Braga Jr; J. G. Tundisi). São Paulo. Escrituras Editora. 1999b. p. 117-151.
- Rebouças, A. da C. **Inserção da água subterrânea no Sistema Nacional de Gerenciamento**. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. Vol. 7, n.4, Out/Dez 2002, p.39-50.
- Reijntjes, C.; Haverkort, B.; Waters-Bayer, A. **Agricultura para o futuro: uma introdução a agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos**. Trad. John Cunha Comerford. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1994. 324p.
- Reis, J.G. **Conservação do solo no semi-árido nordestino: uma análise crítica**. SUDENE. Recife, 1996. 51p.
- Resende, M.; Curi, N.; Rezende, S.B. de.; Corrêa, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4ª. ed. Viçosa: NEPUT. 2002. 338p.:il.
- Ribeiro, F.M. **A produção mais limpa no setor sucroalcooleiro** – Informações Gerais. CETESB. Câmara Ambiental do Setor Sucroalcooleiro. São Paulo. 2002. 14p.
- Rivas, M.P.; Fortunato, F.F.; Silva, M.L.P.da; et al. **Macrozoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do rio Parnaíba**. IBGE. 1996. Série Estudos e Pesquisas em Geociências. 111p.
- Rocheleau, D. E. **Participatory research in agroforestry: learning from experience and expanding our repertoire**. Agroforestry Systems,15:111-137. 1991.
- Roque, O. C. C.; Silva Filho, M. P. **Alternativas de Disposição do Resíduo de Dessalinização por Osmose Reversa**. V Jornada Científica de Pós-Graduação da Fiocruz. Anais da V Jornada Científica de Pós-Graduação da Fiocruz, v.Único, p.326-326 , 1999.
- Roque, O. C. C.; Silva Filho, M. P. **Evaporação Forçada do Rejeito da Dessalinização por Osmose Reversa**. VI Jornada Científica de Pós-Graduação da Fiocruz. Anais da VI Jornada Científica de Pós-Graduação da Fiocruz, v.Único, p.336-336, 2000.
- Sabbag, S.K.; Alves, V.P.; Brito, C. **Situação do monitoramento da qualidade da água no Brasil**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001-2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 197-205.
- Santos, D.G. dos. **A experiência brasileira na elaboração de planos diretores como instrumentos de gestão de recursos hídricos**. In: Gestão de Recursos Hídricos. Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. D.D. da Silva, F. F. Pruski e La Laina Porto (ed.). MMA/SRH – Universidade Federal de Viçosa - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Brasília. 2000. p. 435-448.
- Santos, D.G. dos; Anjos, E.F.S.; Bronzatto, L.A; Lobo, L.W. dos S. **A bacia hidrográfica do rio Verde Grande/Rio São Francisco – MG: as ações da Agência nacional de Águas – ANA na reestruturação do sistema de gestão na bacia**. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória. 2002.8p.
- Santos, J. P. dos; Azevedo, S.G. de; Mistretta, G. **Novos aspectos da salinização das águas subterrâneas do Cristalino do Rio Grande do Norte**. IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Comunicação Técnica , 314. São Paulo. 1984. 27p.
- Santos, Leonax dos. **Aspectos Político-Institucionais: Sistema nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. In: Curso de Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Nacional de Brasília/Agência Nacional de Águas. Brasília. 2003a. n. p.
- Scaloppi, J.E.; Brito, R.A.L. **Qualidade do solo e da água para irrigação**. Inf. Agropec., Belo Horizonte. 12(139). 1986.
- Scherr, S. J. **On-farm research: the challenges of agroforestry**. Agroforestry Systems,15:95-110. 1991.
- Secretaria da Agricultura de Pernambuco (SAg-PE). **Manejo de cisterna**. Recife, 1998. 24p. Unidades: CPATC.
- SEMA. **Proibido o lançamento de vinhoto nos rios**. Engenharia Sanitária. 1978.
- Setti, A.A. **Legislação para uso dos recursos hídricos**. In: Gestão de Recursos Hídricos. Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. D. D. da Silva, F. F. Pruski e La Laina Porto (ed.). MMA/SRH – Universidade Federal de Viçosa - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Brasília. 2000. p. 121-412.



- Silva, A. de S.; Brito, L.T. de L.; Rocha, H.M. **Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro. Cisternas rurais – II**. Petrolina, 1988. 79p.il. EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 16).
- 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 trópico semi-árido**. Petrolina, 1981. 43p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 3).
- Silva, A. de S.; Porto, E.R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1982. 47 p. Documentos, 14.
- Silva, A. de S.; Porto, E.R.; Brito, L.T. de L.; Monteiro, M.A.R. **Captação de água de chuva "in situ": Comparação de métodos e densidade de plantio**. Petrolina, 1989. P.5-24. EMBRAPA-CPATSA. Boletm de Pesquisa, 35).
- Silva, A. de S.; Soares, J.M.; Porto, E.R. **Tecnologias de baixo custo para convivência o homem com a seca**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1984. 40p.
- Silva, E.M. de; Neves, J.L.; Rodrigues, L.N. **Manejo da irrigação por tensiometria para culturas de grãos na região do cerrado**. Planaltina, EMBRAPA Cerrados. (Circular Técnica, ISSN 1517-0187; n.6). 1999. 60p.il.
- Silva, E. F. de F. e; Silva, A. de S. E.; Andrade Júnior, A. S. De; Hermes, L. C.; Bastos, E. A.; Rufino, M.do S. M. **Características físico-químicas das águas subterrâneas do aquífero serra grande na mesorregião sudeste piauiense**. In: XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA Goiânia, 2003.
- Silva, F.A.Caetano da; Soares Filho, A.R. **Projeto Hidrogeológico do Piauí**. In: Programa de Água Subterrânea para a Região Nordeste. Companhia de Produção de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil. Teresina. 1997. CD Rom, 20 vol.
- Silva, F. B. R. e; Riché, G. R.; Tonneau, J. P.; Sousa neto, N. C. de; Brito, L. T. de L.; Correia, R. C.; Cavalcanti, A. C.; Silva, F. H. B. B. da; Araújo Filho, J. C. de. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina, PE:EMBRAPA-CPATSA/Recife: EMBRAPA-CNPS. Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v. il.
- Silva, F.H.B.B da; Cavalcanti, A.C.; Nogueira, L.R.Q. **Aplicação prática da pedologia para estimar o escoamento superficial de água em regiões semi-áridas**. In: Proceedings of the 9th International Rainwater Catchment Sysytems Conference. Petrolina. 1999. EMBRAPA Solos, UEP Recife. 8 p. il..
- Silva, F.H.B.B da. **Método de determinação do escoamento superficial de bacias hidrográficas a partir de levantamentos pedológicos**. EMBRAPA Solos. CD Rom, Documentos 21. 2000.
- Silva, G.A.da; Simões, R.A.G. **Água na Indústria**. In: Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação. (Org. e coord. científica: A. da C. Rebouças; B.P.F. Braga Jr; J. G. Tundisi). São Paulo. Escrituras Editora. 1999. p. 339-368.
- Silva, L.M.C da.. **Bacia do Rio Vaza Barris: Alternativas para o gerenciamento da escassez hídrica**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001–2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 473-487.
- Silva, M.S.L. da; Anjos, J.B. dos; Lopes, P.R.C.; Silva, A.S. **Sistemas de captação de água em barragens subterrâneas**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1995. 4p. il (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 58).
- Silva, M.S.L. da; Anjos, J.B. dos; Honório, A.P.M. **Barragem subterrânea: Uma alternativa tecnológica para convivência com a seca**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 2001. 7p. il (EMBRAPA-CPATSA. Instruções Técnicas, Impresso).
- Silva, M.S.L. da; Lopes, P.R.C.; Anjos, J.B. dos; Brito, L.T. de L.; Porto, E.R. **Barragem subterrânea - uma alternativa para pomares**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E DA ÁGUA, 10. 1994, Florianópolis, SC. Resumos... Florianópolis: SBCS/EPAGRI, 1994. p.286-287.
- Silva, M.S.L. da.; Lopes, P.R.C.; Anjos, J.B. dos.; Silva, A. de S.; Brito, L.T. de L.; Porto, E.R. **Exploração agrícola em barragens subterrâneas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.6, p.975-980, 1998.
- Silva, O.F. da. **Instrumentos de Gestão: Sistema de Informações**. In: Curso de Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Nacional de Brasília/Agência Nacional de Águas. Brasília. 2003. n. p.
- Soares, J.G.G. **Cultivo da maniçoba para produção de forragem no semi-árido brasileiro**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1995. 4p.(EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 59).
- SOHIDRA. **Proposta de manutenção e acompanhamento a 300 dessalinizadores instalados em municípios cearenses**. Projeto Água Doce. Governo do estado do Ceará. SRH. Superintendência de Obras Hidráulicas. Fortaleza. 2001. 188p.



- Souza Filho, F.A. de. **Modelo de previsão do processo de salinização em reservatórios**. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12°. Vitória. 1997 Anais 2. p.53-60.
- Souza Filho, F.A. de; Gouveia, S.X. **Sistemas de suporte de às decisões**. In: In: Gestão de águas: princípios e práticas. Org. por Nilson Campos e Ticiania Studart. Porto Alegre: ABRH, 2001. p.81-98.
- Souza, R.F.; Silva, A. de S.; Olinger, G.; Possídio, E.L. de; Almeida, E.J. de; Franco, F. **Convivência do homem com a seca e irrigação no Nordeste**. In: Conferencia sobre a Convivência do Homem com a Seca e Irrigação no Nordeste. Fundação Bahiana para Estudos Econômicos e Sociais. Salvador, 1984. 76p.
- Souza, R.de M. **Utilização racional do vinhoto**. In: Atualidades do Conselho Nacional do Petróleo, 14, n. 79, 1982. p.51-53.
- Souza, S.C.R.de; Andrade, J.M.F.de; Donadon, M.A. **Controle ambiental na distinção no solo dos efluentes líquidos gerados pelas indústrias cítricas e sucro-alcooleiras**. CETESB. São Paulo. 1982.
- Sugai, M.R. von Borstel. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001–2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 287-296.
- Szilassy, E. **Construção de cisternas redondas com formas de metal**. Recife. 1998. AMAS (ONG), 16p. il.
- Teixeira, E.C.; Rangel, D.M.F.V.; Mendonça, A.S.F. **Impactos regionais da redução do aporte de águas interiores em águas estuarinas e costeiras**. In: O Estado das Águas no Brasil 2001–2002. Org: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 489-494.
- Telles, D.D'Alkmim. **Água na Agricultura e Pecuária**. In: Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação. (Org. e coord. científica: A. da C. Rebouças; B.P.F. Braga Jr; J. G. Tundisi). São Paulo. Escrituras Editora. 1999. p. 305-337.
- Tribunal de Contas da União. **“Auditoria de Natureza Operacional Dessalinização de Água”** TCU/ Agência Nacional de Águas. Brasília. 2000. 75p.ANA.
- Triunfo Agroindustrial. **Levantamento detalhado dos solos da Uusina Triunfo S/A**. (Relatorio geral PROSPED LTDA). v.1. Recife. 1991.
- Torrado, P.V.; Lepsch, I.F.; Castro, S.S de. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: Tópicos em Ciência do Solo. (Topics in Soil Science). Vol. IV. Tópicos Ci.Solo, 4:145-192. 2005
- Tucci, C.E.M. **Plano Diretor de drenagem urbana: Princípios e concepção**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. Vol. no 2 jul/dez. 1997, 5-12.
- Tucci, C.E.M. **Água no Meio Urbano**. In: Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação. (Org. e coord. científica: A. da C. Rebouças; B.P.F. Braga Jr; J. G. Tundisi). São Paulo. Escrituras Editora. 1999. p. 475-507.
- Tucci, C.E.M.; Clarke, R.T. **Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão**. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. Vol. 2, n.1, Jan/Jun, 1997, p. 135-152.
- Tucci, C.E.M.; Hespanhol, I.; Cordeiro Neto, O. de M. **Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”**. In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. Vol. 5, n.3, Jul/Set, 2000, p. 31-43.
- Universidade Federal da Paraíba. **Construção de barragens assoreadoras**. UFPB (Campus de Campina Grande) – (Departamento de Engenharia Agrícola). Campina Grande. 2001.
- Universidade Federal de Pernambuco. **Risco de salinização nos poços tubulares da cidade de Recife**. UFPE (Departamento de Recursos Hídricos e Hidrogeologia) – UFRPE (Departamento de Tecnologia Rural-Recuperação de Áreas Degradadas). Recife. 2001.
- Universidade Federal de Uberlândia. **Plantio direto na integração lavoura-pecuária**. In: Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado. Ed: N.A. Rubéns; L. Calazans; P. L. de Freitas. Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Ciências Agrárias. Uberlândia. 2001. 282p. il.
- United States. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. **Manual. Irrigated land use: land classification**. Denver, 1953. v.5, pt.2, 54p.
- United States. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. **Land classification technics and standards: field investigation procedures**. Denver, 1982. pt.513, 102p. (Series, 510).
- United States Salinity Laboratory. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Agricultural handbook, 60. Riverside. 1954. 60p.



Valdés, Jiménez, M.E; Obaya Abreu, M.C; Garcia Peña, A. **Tratamiento de los residuales en la industria alcohólica.** In: Symposium Panamericano de Combustibles y Productos Químicos Vic Fermentation "Avances en Digestion Anaeróbica", 2. Guatemala, ICAITI, 1982. p.105-23.

Van Leeuwen, J. **Planejamento de ensaios com sistemas agroflorestais.** Anais, I Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais e I Encontro sobre Sistemas Agroflorestais nos Países do Mercosul, Porto Velho, RO. 1994. EMBRAPA, v. 2: p.431-438. 1994.

Viana, F.L. **Comportamento hidrológico das pequenas bacias do Nordeste.** Universidade Federal do Ceará. (Tese de Mestrado). Fortaleza. 1996.

Viana, F.L. **O mecanismo de Outorga e Cobrança em implementação pela Agência Nacional de Águas – ANA.** In: 5ª Conferência Latino-Americana sobre Meio Ambiente. (Palestra). Belo Horizonte. 2002b.

Viana, F.L. **Agência Nacional de Águas: Uma Guardiã dos Rios.** In: A Problemática do Uso das Águas e Impactos na Formação Profissional. Antena Temática. n. 02. Confederação Nacional de Indústria/ Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Brasília. 2002a., p. 3 a 5.

Viana, F.L. **Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos.** In: Curso de Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Nacional de Brasília/Agência Nacional de Águas. Brasília. 2003. n. p.

Vieira, L.S. **Manual da Ciência do Solo.** São Paulo. Ed. Agronômica Ceres. 1975. 464p. il.

Vieira, V.P.P.B. **Sustentabilidade do semi-árido brasileiro: desafios e perspectivas.** In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 7, n.4, Out/Dez 2002, 105-112.

Vivan, J. L. **Pomar ou floresta: princípios para manejo de agroecossistemas.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 96p.

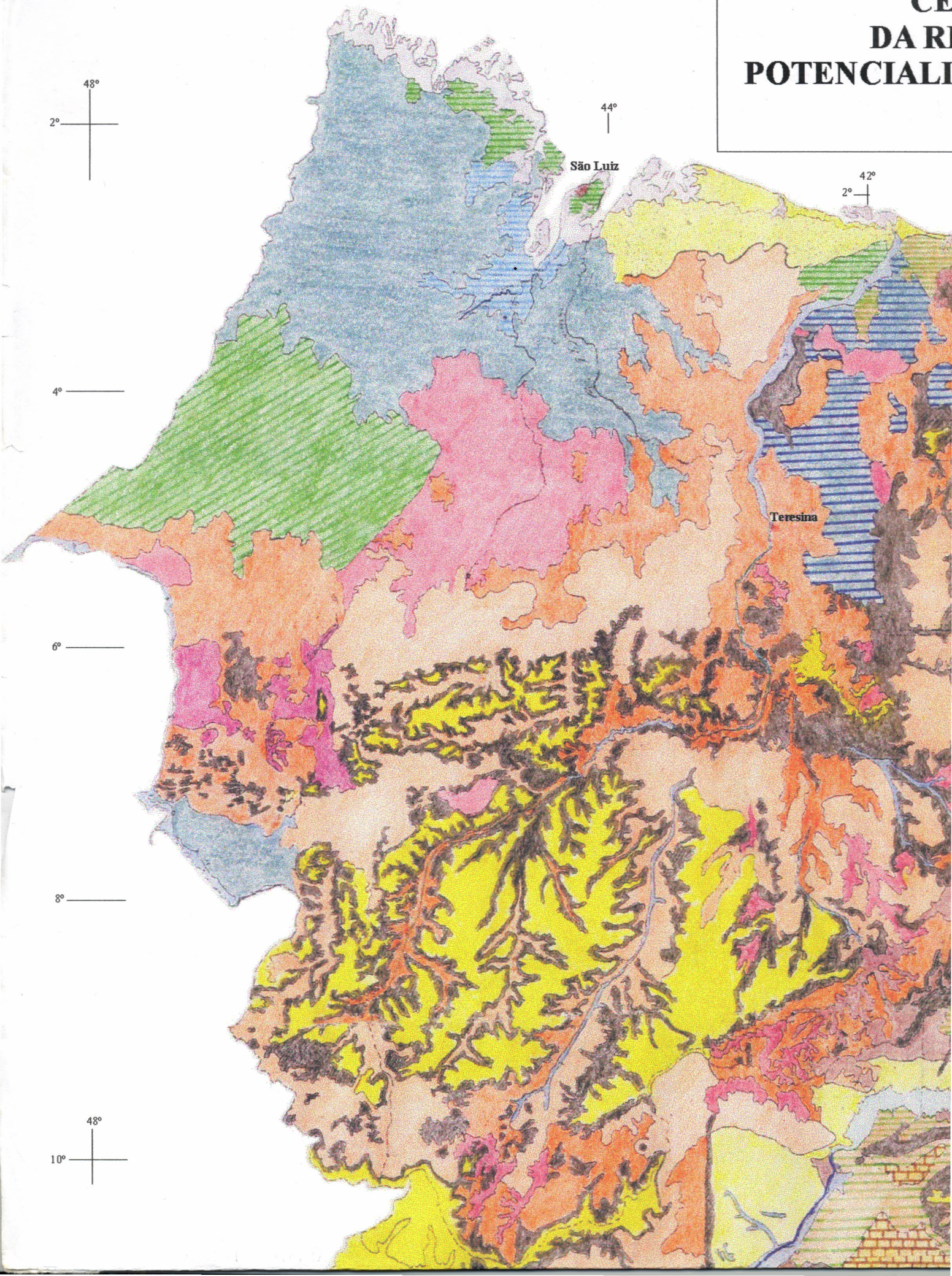
Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning.** Washington. 1978. USDA Handbook No. 537. 57p.

Wilcox, L.V. **Tables for calculating pHc values of waters.** U.S. Salinity Laboratory Riverside, Ca 1966. 36 p.

Zinato, M.C. do. **A construção da cidadania propulsionada pela água.** In: Gestão de Recursos Hídricos. Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. D. D. da Silva; F. F. Pruski e La Laina Porto (ed.). MMA/SRH – Universidade Federal de Viçosa - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Brasília. 2000. p. 619-659.

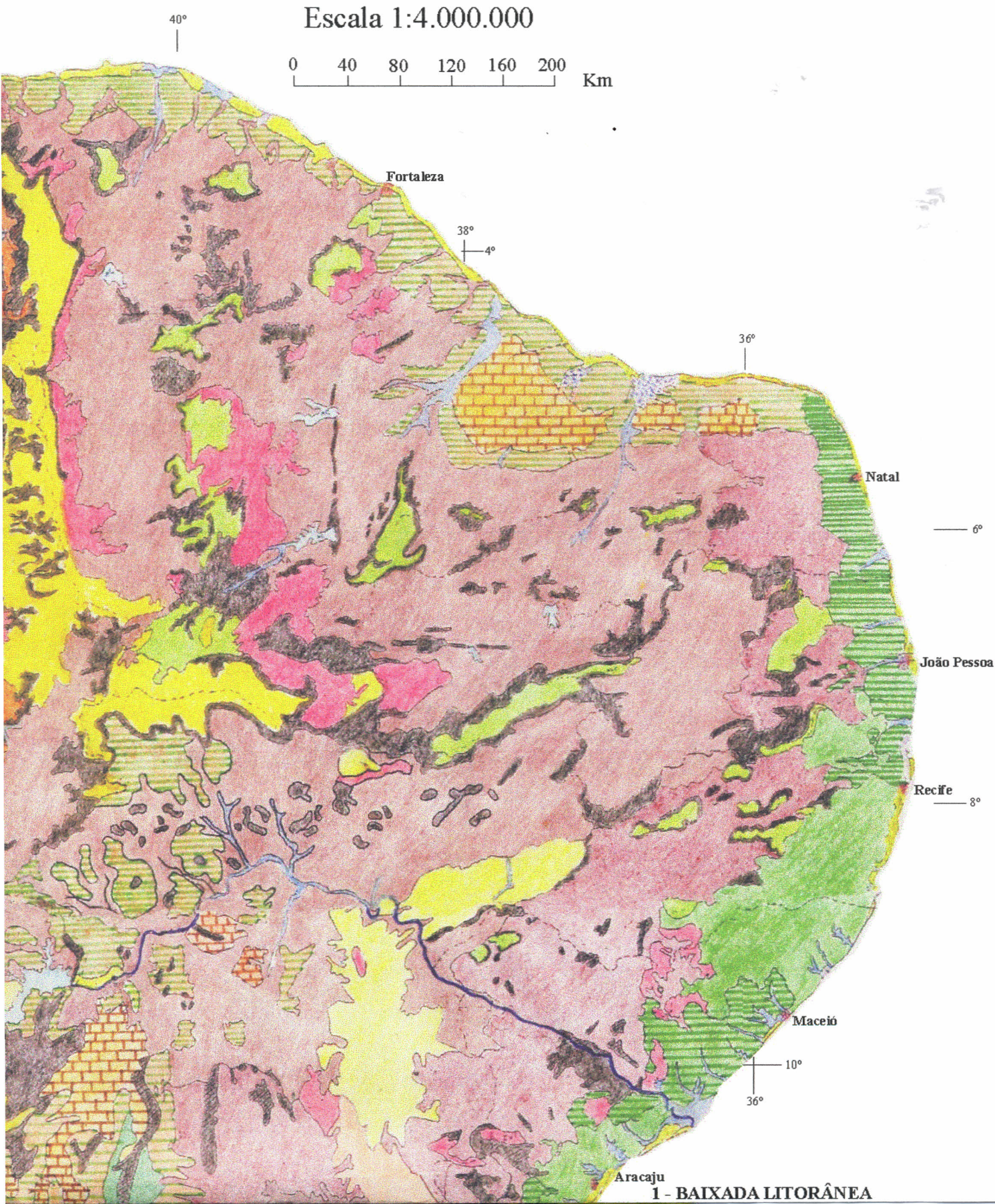


CE  
DA RI  
POTENCIALI





# **ÁRIOS GEOAMBIENTAIS E ECOSSISTEMAS GIÃO NORDESTE E NORTE DE MINAS GERAIS: ADES E DEMANDAS DE MODELOS DIFERENCIADOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**





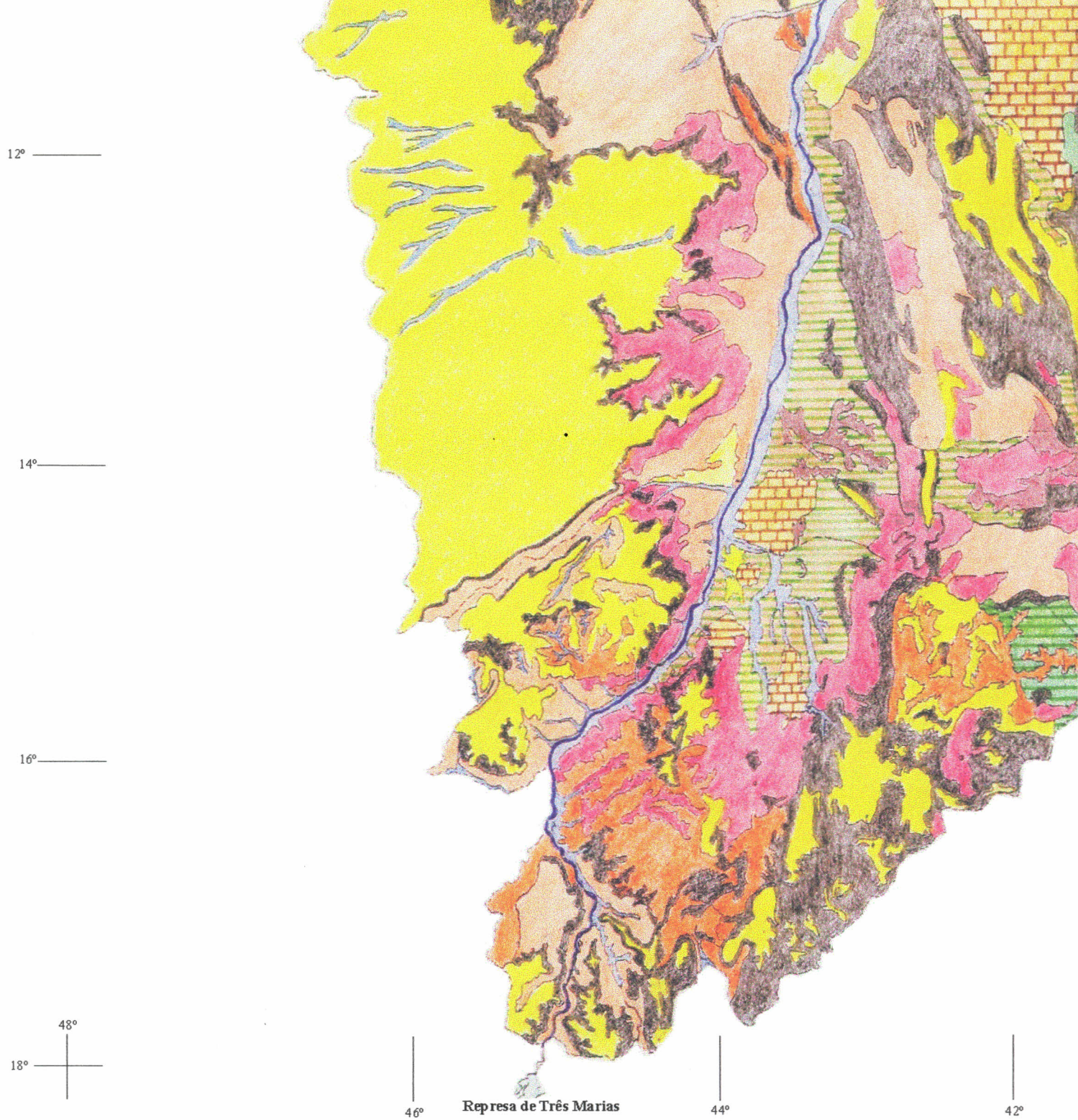


Fig. 1. Mapa dos Grandes Cenários Geom  
da Região Nordeste e Norte de Minas





Praias e Dunas ( 6.748 Km<sup>2</sup> )

Várzeas, alagados ( 4.194 Km<sup>2</sup> )

Mangues ( 9.084 Km<sup>2</sup> )

Salinas ( 952 Km<sup>2</sup> )

## 2 - GRANDE SUPERFÍCIE ARENOSA LITORÂNEA

Areias "Quartzosas-Marinhas" da Costa Maranhense ( 10.716 Km<sup>2</sup> )

## 3 - ZONA ÚMIDA COSTEIRA

Superfícies Movimentadas (Elevações e Encostas de Tabuleiros) ( 82.203 Km<sup>2</sup> )

Superfícies Tabulares - Tabuleiros Litorâneos ( 53.834 Km<sup>2</sup> )  
Planalto da Conquista ( 8.005 Km<sup>2</sup> )

Salvador

## 4 - ZONA ÚMIDA DO INTERIOR

Núcleo da Bahia Central ( 11.589 Km<sup>2</sup> )

## 5 - ZONA ÚMIDA DE ALTITUDE

Brejos de Altitude - Estação fria no Nordeste ( 20.992 Km<sup>2</sup> )

## 6 - TERRAÇOS FLUVIAIS ÚMIDOS E SUB-ÚMIDOS

Várzeas de rios principais ( 5.809 Km<sup>2</sup> )

## 7 - PRÉ-AMAZÔNIA

Platôs, Encostas, Movimentadas e Vales ( 33.789 Km<sup>2</sup> )

## 8 - GRANDES BAIXADAS TÍPICAS

Golfão Maranhense ( 3.237 Km<sup>2</sup> )

Baixada Maranhense ( 60.335 Km<sup>2</sup> )

Baixada "Carolina-Riachão" ( 6.184 Km<sup>2</sup> )

Complexo de Campo Maior ( 14.285 Km<sup>2</sup> )

## 9 - ZONA SEMI-ÁRIDA

Tabuleiros Semi-Áridos Litorâneos ( 28.052 Km<sup>2</sup> )

Tabuleiros Semi-Áridos do Sertão ( 62.795 Km<sup>2</sup> )

Pediplanos do Semi-Árido Atenuado (Zona do Agreste) ( 104.926 Km<sup>2</sup> )

Pediplanos do Semi-Árido Acentuado (Sertão Nordestino) ( 193.306 Km<sup>2</sup> )

Superfícies Cársticas ( 33.839 Km<sup>2</sup> )

Superfícies Areno-Quartzosas ( 30.122 Km<sup>2</sup> )

Terraços Fluviais - Aluviões de rios principais ( 18.223 Km<sup>2</sup> )

## 10 - DOMÍNIO DAS GRANDES CHAPADAS

Chapadas Areníticas ( 173.837 Km<sup>2</sup> )

Chapadas Quartzíticas ( 18.450 Km<sup>2</sup> )

## 11 - SUPERFÍCIES SEDIMENTARES BAIXAS (Chapadas Baixas e Medianas) (Armazenamento de Mananciais de Águas Subterrâneas)

Chapadas Baixas Contínuas ( 195.526 Km<sup>2</sup> )

Chapadas Baixas Descontínuas (com partes Irregulares) ( 137.740 Km<sup>2</sup> )

## 12 - NÚCLEOS EUTRÓFICOS

Áreas de destaque com solos eutróficos (solos "férteis") ( 122.671 Km<sup>2</sup> )

## 13 - NÚCLEOS BASÁLTICOS

Núcleo do Maranhão Ocidental (Porto Franco-Fortaleza dos Nogueiras) ( 6.968 Km<sup>2</sup> )

## 14 - SUPERFÍCIES IRREGULARES, MOVIMENTADAS E DESGASTADAS (Grandes "Produtoras de Água")

Serras, Elevações e Encostas Íngremes de Chapadas e Planaltos ( 175.628 Km<sup>2</sup> )

Encostas e Pequenas Elevações (destaque no centro-norte do Piauí) ( 25.942 Km<sup>2</sup> )

tais e Ecossistemas  
rais