



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS E DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE
CONGO-PB, MICRORREGIÃO DO CARIRI OCIDENTAL

JACQUELINE DA SILVA MENDES

Campina Grande
Paraíba

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Dissertação Apresentada na Área de Irrigação e Drenagem

**CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS E DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE
CONGO, PB, MICRORREGIÃO DO CARIRI OCIDENTAL**

JACQUELINE DA SILVA MENDES

CAMPINA GRANDE - PB

MARÇO – 2007

JACQUELINE DA SILVA MENDES

**CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS E DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE
CONGO, PB, MICRORREGIÃO DO CARIRI OCIDENTAL**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao curso
de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da
Universidade Federal de Campina Grande, PB,
em cumprimento às exigências para obtenção
do Grau de Mestre**

**ORIENTADORES: PROFa. DRA. LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES
PROF. DR. IÊDE DE BRITO CHAVES**

**CAMPINA GRANDE - PB
MARÇO – 2007**



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCEG

M537c Mendes, Jacqueline da Silva

Caracterização de águas e de solos do município de Congo, PB, microrregião do Cariri Ocidental / Jacqueline da Silva Mendes . — Campina Grande, 2007.
120f. : il. color.

Inclui Bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadores: Lúcia Helena Garófalo Chaves, Iêde de Brito Chaves.

1— Água 2— Solo 3— Qualidade da Água 4— Fertilidade do Solo I— Título

CDU 556



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

JACQUELINE DA SILVA MENDES

**CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS E DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE CONGO-PB,
MICRORREGIÃO DO CARIRI OCIDENTAL**

BANCA EXAMINADORA

PARECER


Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves - Orientadora

Aprovada


Dr. Iêde de Brito Chaves - Orientador

Aprovada


Dr. José Dantas Neto - Examinador

APROVADO


Dr. Alberício Pereira de Andrade - Examinador

APROVADO

MARÇO - 2007

A minha mãe, Josefa (Netinha); a meu tio Luís, a meu avô Cícero e à memória de minha querida, amada e inesquecível avó Hernestina, pela educação e amor que sempre me deram contribuindo para o meu caráter pessoal e pelo apoio incondicional à minha formação profissional

MINHA HOMENAGEM

A minha irmã Gloriquele, a meu irmão Ewerton e a todos os meus familiares e amigos que estiveram sempre presentes, dando-me força e me incentivando a ultrapassar todos os obstáculos que a vida me proporcionou

OFEREÇO

A um alguém que aprendi a respeitar, admirar e amar, e hoje é muito especial e imprescindível em minha vida; que não é apenas meu namorado mas também é meu amigo, companheiro, amado, amante, minha vida, meu tudo, minha razão de viver, incentivador maior de minhas conquistas e futuro papai de meus “filhotes”, Wesgley Guerra, pelo amor e estímulo em todos os momentos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a “Deus”, por me dar saúde, força e conhecimento para superar todas as barreiras impostas sobre o meu objetivo final, em prol da conclusão desta pesquisa.

À Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pela oportunidade de realizar este curso, e à CAPES, pela concessão da bolsa.

À professora Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves, pela orientação, por esclarecer minhas dúvidas, pelas valiosas críticas e sugestões apresentadas na elaboração deste trabalho, além dos ensinamentos que contribuíram tanto para a minha pesquisa como para a minha evolução profissional e pessoal.

Ao professor Dr. Iêde Chaves, pela ajuda durante os trabalhos de campo, por seu interesse e dedicação na tarefa de avaliar o conteúdo deste trabalho, pelas correções, sugestões e valiosos ensinamentos e discussões em diversas ocasiões.

Ao professor Dr. José Dantas, pelo total apoio e incentivo desde o primeiro momento em que entrei para o Mestrado e por oferecer suas valiosas contribuições.

Ao professor Dr. Albericio, por ter gentilmente aceitado participar da Banca Examinadora e pela colaboração na redação final deste trabalho.

Aos professores do Mestrado em Engenharia Agrícola: Carlos Azevedo, Francisco de Assis, Hugo Orlando Carvalho Guerra, José Dantas Neto, Lúcia Helena Garófalo Chaves e Vera Lúcia Antunes de Lima, que me proporcionaram a oportunidade de expandir meus conhecimentos.

Ao Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), por ter disponibilizado suas instalações, nas quais todas as análises químicas e físicas deste estudo foram realizadas.

À Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/SECTMA) pelo fornecimento de dados meteorológicos, e a Isnaldo, em especial, pela amizade, pelas aulas de GPS, disponibilidade e auxílio na elaboração dos mapas.

Aos funcionários e técnicos do DEAg: DSc. Adilson David Barros, MSc José Maria da Silva, Sr. Pedro, Chico e, em especial, aos técnicos (amigos) do Laboratório de Irrigação e Salinidade, Wilson Barros, Francisco (Doutor) pela amizade, pela dedicação e imensurável cooperação e colaboração nas análises químicas da água e do solo.

À secretária da Coordenação, Rivanilda, pela presteza no atendimento.

Aos meus colegas da Turma do mestrado: Spachson, Rogério, Márcia, Falcão, Joãozinho, Lamarque, Adriano, Gilson e Jardel, pelo companheirismo e pelas boas risadas que demos juntos ao longo desta caminhada. E em especial, a querida amiga-irmã, Josilda, companheira de lutas, pela ajuda constante, dedicação em todos os momentos do curso e, principalmente, pela grande amizade que construímos.

A amiga Ruceline, por estar sempre disponível a ajudar e pelo auxílio na estatística.

À Prefeitura Municipal do Congo – PB, em nome do prefeito José Carlos (Zequinha) pelo apoio nas coletas, hospedagem e alimentação.

Aos amigos que fiz no Congo: Gilberto, Edmilson, Paulinha, Ricardo, Ledenilson, Simone e Marisa pelo apoio que me deram para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os proprietários rurais do município, que com toda a sua simplicidade me receberam muito bem em suas propriedades.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE QUADROS E TABELAS	xi
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA.....	3
2.2. QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	5
2.3. QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO.....	9
2.3.1. FATORES QUE DETERMINAM A QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO...	9
2.3.2. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO.....	13
2.3.2.1. CLASSES DA ÁGUA QUANTO AO RISCO DE SALINIDADE.....	13
2.3.2.2. CLASSES DA ÁGUA QUANTO AO RISCO DE SODICIDADE.....	14
2.4. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO NORDESTE.....	15
2.5. PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO.....	16
2.6. EFEITOS DA QUALIDADE DA ÁGUA SOBRE AS PROPRIEDADES DO SOLO E NOS RENDIMENTOS DAS CULTURAS.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA.....	25
3.1.1. SITUAÇÃO GEOGRÁFICA.....	25
3.1.2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	26
3.1.3. ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	26
3.2. PERÍODO E LOCAIS DE AMOSTRAGEM.....	27
3.3. MÉTODOS DE AMOSTRAGEM.....	28
3.3.1. PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DA ÁGUA.....	28
3.3.2. PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DE SOLO.....	29
3.4. DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	30
3.5. PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS.....	30
3.5.1-ÁGUA	31
3.5.1.1. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	31
3.5.1.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	31
3.5.1.3. CÁLCIO E MAGNÉSIO.....	31
3.5.1.4. SÓDIO E POTÁSSIO.....	32
3.5.1.5. CLORETOS.....	32
3.5.1.6. CARBONATOS E BICARBONATOS.....	32
3.5.1.7. FERRO.....	32

3.5.1.8. SULFATOS.....	33
3.5.1.9. ALCALINIDADE.....	33
3.5.1.10. DUREZA TOTAL.....	33
3.5.1.11. RAZÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO (RAS).....	34
3.5.2. SOLO.....	35
3.5.2.1. QUÍMICAS.....	35
6.5.2.2. FÍSICAS.....	36
3.6. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS.....	37
3.7. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS QUANTO À SALINIDADE E SODICIDADE.....	39
3.8. APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO.....	40
3.8. TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1. DADOS CLIMATOLÓGICOS.....	42
4.1.1. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	42
4.1.2. VARIAÇÃO DA COTA E DO VOLUME DE ÁGUA DO AÇUDE CORDEIRO.....	43
4.2. ÁGUA.....	44
4.2.1. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO.....	44
4.2.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	46
4.2.3. CÁTIOS (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ E K^+) E ÂNIOS (Cl^- , CO_3^- , HCO_3^- E SO_4^-).....	48
4.2.4. ALCALINIDADE TOTAL.....	53
4.2.5. DUREZA TOTAL.....	53
4.2.6. FERRO TOTAL.....	54
4.2.7. CLASSES DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO.....	56
4.2.8. RELAÇÕES EMPÍRICAS ENTRE AS VÁRIAS CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA.....	62
4.3. SOLO.....	67
4.3.1. pH.....	67
4.3.2-CÁLCIO.....	69
4.3.3. MAGNÉSIO.....	71
4.3.4. POTÁSSIO.....	72
4.3.5. MATÉRIA ORGÂNICA.....	74
4.3.6. FÓSFORO.....	76
4.3.7-SALINIDADE E SODICIDADE DOS SOLOS.....	78
4.2.8. RELAÇÕES EMPÍRICAS ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DO SOLO E DO SOLO E DA ÁGUA.....	86
5. CONCLUSÕES.....	87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	103
APÊNDICES.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localização do município de Congo no Estado da Paraíba.....	25
Figura 2.	Vista parcial do ponto de captação de água do Açude Cordeiro.....	27
Figura 3.	Localização dos pontos de coleta de água no município de Congo, PB.....	28
Figura 4.	Localização dos pontos de coleta de solo no município de Congo, PB.....	28
Figura 5.	Variação mensal da precipitação pluviométrica (mm) no ano de 2006, acompanhada da precipitação média dos últimos 30 anos no município de Congo, PB. Fonte: AESA/DNOCS/CAGEPA.....	42
Figura 6.	Evolução do volume armazenado nos últimos 10 anos do açude Cordeiro, município de Congo, PB. Fonte: AESA/DNOCS/CAGEPA.....	44
Figura 7.	pH das águas coletadas em Poços Tubulares (PT), Poços Amazonas (PA), Açude (A), Rio (R) e Barreiro (B) em dois períodos do ano no município de Congo, PB.....	45
Figura 8.	Condutividade elétrica (dS m^{-1}) das águas coletadas em Poços Tubulares (PT), Poços Amazonas (PA), Açude (A), Rio (R) e Barreiro (B) em dois períodos do ano no município de Congo, PB.....	46
Figura 9.	Porcentagem das diferentes classes de água classificadas quanto a salinidade, problemas de infiltração e toxicidades de Na^+ e Cl^- , segundo Ayers e Westcot (1991).....	58
Figura 10.	Porcentagem do grau de restrição ao uso da água quanto a conveniência para irrigação baseada nas concentrações da CE (dS m^{-1}) das fontes de água no município de Congo, PB.....	59
Figura 11.	Porcentagem do grau de restrição ao uso da água quanto a conveniência para irrigação, baseada nas concentrações da RAS ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) ^{1/2} das fontes de água no município de Congo, PB.....	60
Figura 12.	Porcentagem do grau de restrição ao uso da água quanto à conveniência para irrigação, baseada nas concentrações de Cl ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) das fontes de água no município de Congo, PB.....	61
Figura 13.	Dispersão relativa para relação Ca x CE (A); Mg x CE (B); HCO x CE (C), Cl x CE (D) e SO ₄ x CE (E) das águas coletadas no município de Congo, PB (período chuvoso).....	65
Figura 14.	Dispersão relativa para relação Mg x CE (A); Na x CE (B); CO ₃ x CE (C), Cl x CE (D) e RAS x CE (E) das águas coletadas no município de Congo, PB (período seco).....	66
Figura 15.	Número de amostras de solo coletadas nas áreas não irrigadas, no período chuvoso, distribuídas em categorias de salinidade.....	79

Figura 16.	Número de amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas, no período chuvoso, distribuídas em categorias de salinidade.....	79
Figura 17.	Número de amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas, no período seco, distribuídas em categorias de salinidade.....	81
Figura 18.	Número de amostras de solo, coletadas nas áreas não irrigadas, no período chuvoso, e sua classificação, de acordo com a PST.....	83
Figura 19.	Número de amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas, no período chuvoso, e sua classificação, de acordo com a PST.....	83
Figura 20.	Número de amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas, no período seco, e sua classificação, de acordo com a PST.....	84
Figura 21.	Correlações entre a RAS do extrato de saturação e a PST das amostras de solo coletadas no período chuvoso (A) e no período seco (B).....	86

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1.	Limites máximos de diversos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água para consumo humano.....	8
Quadro 2.	Análises de laboratório necessárias para avaliar a água de irrigação e os valores considerados normais para utilização dessas águas.....	12
Quadro 3.	Classificação de água quanto ao grau de salinidade e sodicidade.....	37
Quadro 4.	Diretrizes para interpretar a qualidade da água para fins de irrigação.....	38
Quadro 5.	Critérios para classificação de salinidade e sodicidade do solo.....	39
Quadro 6.	Influência da salinidade do solo no crescimento das plantas.....	39
Quadro 7.	Classificação dos solos segundo sua PST.....	40
Tabela 1.	Relação dos pontos de coleta das amostras de água e identificação dos tipos de fonte.....	29
Tabela 2 -	Relação dos pontos de coleta das amostras de solo e identificação dos solos das áreas não irrigadas e irrigadas.....	30
Tabela 3.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a condutividade elétrica (dS m^{-1}) da água, em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB.....	47
Tabela 4.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a condutividade elétrica da água (dS m^{-1}), correspondentes às amostras de água coletadas em diferentes fontes de água, em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB.....	48
Tabela 5.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para os cátions (mg L^{-1}) correspondentes às amostras de água coletadas no período de chuva e de seca, e nas diferentes fontes de água, no município de Congo, PB.....	50
Tabela 6.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para os ânions correspondentes às amostras de água coletadas no período de chuva e de seca, e nas diferentes fontes de água, no município de Congo, PB.....	52
Tabela 7.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a alcalinidade total (mg L^{-1}) em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB.....	53
Tabela 8.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a Dureza (mg L^{-1}) em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB.....	54

Tabela 9.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o Ferro (mgL-1) em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB.....	55
Tabela 10.	Adequabilidade das amostras de água coletadas no período chuvoso e período seco, de acordo com as classificações de Richards (1954) e Ayers e Westcot (1991).....	56
Tabela 11.	Porcentagem relativa das diferentes classes de água do município de Congo, PB, baseada na classificação de Richards (1954).....	57
Tabela 12.	Matriz de correlação para as características das águas estudadas (período chuvoso) no município de Congo, PB.....	63
Tabela 13.	Matriz de correlação para as características das águas estudadas (período seco) no município de Congo, PB.....	63
Tabela 14.	Parâmetros das equações de regressão e coeficiente de determinação para diferentes relações entre as características químicas das águas estudadas conjuntamente, no período chuvoso.....	64
Tabela 15.	Parâmetros das equações de regressão e coeficiente de determinação para diferentes relações entre as características químicas das águas estudadas conjuntamente, no período seco.....	64
Tabela 16.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o pH, correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	68
Tabela 17.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o pH, correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	69
Tabela 18.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o cálcio (cmol _c kg ⁻¹), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	70
Tabela 19.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o cálcio (cmol _c kg ⁻¹), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	70
Tabela 20.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o magnésio (cmol _c kg ⁻¹), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	71
Tabela 21.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o magnésio (cmol _c kg ⁻¹), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	72

Tabela 22.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o Potássio (cmolc kg-1), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	73
Tabela 23.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o potássio (cmolc kg-1), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	73
Tabela 24.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a matéria orgânica (g kg-1), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	74
Tabela 25.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a matéria orgânica (g kg-1), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	75
Tabela 26.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o fósforo (mg dm ⁻³), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	77
Tabela 27.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o fósforo (mg dm-3), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	77
Tabela 28.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a CEes (dS m-1), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	78
Tabela 29.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a CEes (dS m-1), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	80
Tabela 30.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a PST correspondentes às amostras de solo coletadas no período chuvoso, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	82
Tabela 31.	Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a PST, correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos.....	84

CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS E DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE CONGO, PB, MICRORREGIÃO DO CARIRI OCIDENTAL

RESUMO: A pesquisa teve por objetivo avaliar a qualidade de águas utilizadas em áreas agrícolas da região de Congo, Paraíba, para o consumo humano e na irrigação, e caracterizar os solos das áreas irrigadas e não irrigadas da referida região. As amostras de água e solo foram coletadas em dois períodos do ano, ou seja, no período chuvoso (maio/2006) e no período seco (dezembro/2006). As amostras de água coletadas no açude Cordeiro, em poços e em rio, foram analisadas segundo a metodologia descrita em APHA (1998), e as amostras de solo, coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm (período chuvoso) e nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm (período seco) o foram com base na metodologia descrita em Richards (1954) e EMBRAPA (1997). A CEa e as demais características aumentaram no período seco, com exceção do pH, cuja variação foi pequena. A composição química de todas as águas foi semelhante, sendo predominantemente cloretadas e sódicas, em ambos os períodos, exceto as águas de baixa salinidade, que tiveram concentrações superiores de bicarbonatos. Em termos médios, tanto no período chuvoso, quanto no período seco, as águas dos poços se mais salinas que as águas do açude e do rio. De acordo com a Resolução do CONAMA/MS/OMS e com os resultados do pH, cátions e ânions, mais de 60% das águas coletadas em ambos os períodos deste estudo são consideradas próprias para consumo humano. Conforme classificação de Richards, no período seco em 56,25% das águas utilizadas para irrigação a salinidade variou de alto a muito alto, enquanto neste mesmo período 6,25% de águas apresentaram risco de sodificação médio. Por outro lado e de acordo com a classificação de Ayers e Westcot cerca de 2/3 das águas devem ser utilizadas apenas para irrigação de culturas tolerantes ao sais ou aos íons Na^+ e Cl^- . Em relação à fertilidade, os solos apresentaram altas concentrações Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e P, em ambos os períodos e áreas de estudo, não existindo deficiência desses elementos para as plantas. Quanto à MO, será necessária sua aplicação, uma vez que, nas áreas irrigadas, em ambos os períodos predominaram teores médios. Quanto à salinidade dos solos, nos dois períodos e nas duas áreas de estudo predominaram solos normais. Por outro lado, nos períodos chuvoso e seco se sobressaíram solos não sódicos e medianamente sódicos, respectivamente.

Palavras-chave: Qualidade da água, fertilidade, salinidade

CHARACTERIZATION OF WATERS AND SOILS FROM CONGO, PB, MUNICIPALITY, CARIRI OCCIDENTAL MICROREGION

ABSTRACT: The research was carried out to evaluate the quality of waters used in agricultural areas of Congo region, Paraíba State, Brazil for the human consumption and in the irrigation and to characterize soils of the irrigated and no irrigated areas of the related region. The water and soil samples had been collected in two periods of the year, in other words, in the rainy period (May/2006) and in the dry period (December/2006). Water samples collected in Cordeiro dam, in wells and in river, were analyzed according the described methodology in APHA (1998), and the soil samples collected in the depths of 0 - 20 and 20 - 40 cm (rainy period) and in the depths of 0 - 5 and 5 - 20 cm (dry period) were analyzed with base in the described methodology in Richards (1954) and EMBRAPA (1997). The CEw and other chemical characteristics increased in the dry period, except pH, whose variation was small. The chemical composition of all waters was similar, being predominantly chloride and sodic, in both periods, except waters of low salinity, which had relatively high bicarbonate concentrations. In average terms, as much in the rainy period as in the dry period, the waters of the wells presented more salt of what the waters of the dam and the river. In agreement with CONAMA/MS/OMS Resolution and with the results of pH, cations and anions, more of 60% the waters collected in both the periods of this study, are considered proper for human consumption. According to Richards's classification, in dry period in 56,25% of waters used for irrigation the salinity varied of high the very high, while in this same period, 6,25% of waters presented risk of medium sodium. On the other hand and according to Ayers and Westcot's classification about 2/3 of waters must be used only for irrigation of salt or ions Na^+ and Cl^- tolerant cultures. In relation to the fertility the soils presented high Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ and P concentrations in both periods and areas of study, not existing deficiency of these elements for the plants. As the MO, will be necessary the application of the same, once in the irrigated areas, in both periods, medium tenors prevailed. In relation to the soils salinity, in the two periods and the two study areas predominated normal soils. On the other hand, in the rainy and dry period predominated no sodic and middling sodic soils, respectively.

Key-words: water quality, fertility, salinity

1. INTRODUÇÃO

Durante séculos a humanidade não só considerou a água recurso inesgotável como a utilizou de forma predatória e insustentável. Na atualidade, a água representa um recurso vital para o desenvolvimento, tanto em quantidade como em qualidade, tornando-se um dos principais fatores limitantes ao crescimento social e econômico, em regiões do mundo ns quais já se faz sentir sua escassez.

Em nível global não há, propriamente, uma escassez hídrica, mas sim, má distribuição espacial e temporal que, somada à distribuição irregular da população humana sobre a terra, já faz com que algumas regiões do mundo se ressintam e sofram permanentemente com a falta desse recurso. Aliados a esses condicionantes climáticos, a explosão demográfica e o desenvolvimento industrial vêm acelerando os impactos ambientais sobre os recursos hídricos, degradando sua qualidade e, em conseqüência, diminuindo sua disponibilidade aos diversos usos (TUNDISI, 2003).

De modo geral, a escassez de água de boa qualidade ocorre sobretudo pela contaminação das águas através de esgotos sanitários, águas residuárias industriais, lixiviação e percolação de fertilizantes e pesticidas e inadequada disposição dos resíduos sólidos (STUDART; CAMPOS, 2001). De acordo com a Comissão Mundial de Água, neste século XXI mais de 50% dos principais rios do mundo estarão contaminados, pondo em risco a saúde humana e o meio ambiente, produzindo sérios reflexos socioeconômicos (FAO/UNESCO, 1973).

O Semi-Árido Nordeste se caracteriza por temperaturas elevadas e chuvas relativamente escassas e irregulares, distribuídas em 3 a 6 meses do ano, e um potencial de evaporação que supera, em muito, as alturas da precipitação (SILVA et al. 1987). No ambiente semi-árido os reservatórios estão submetidos a processos de evaporação elevada que causam concentrações de sais, deteriorando a qualidade da água, particularmente para consumo humano e para irrigação (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; ROCHA, 1999). Neste contexto, a água de irrigação com altas concentrações de sais prejudica os solos, dispersando partículas que afetam o arranjo estrutural diminuindo, como conseqüência, o movimento da água, seu armazenamento e drenagem; além do impedimento físico os sais concorrem por água e prejudicam a nutrição das plantas.

A utilização de águas superficiais e subterrâneas seja para consumo ou para irrigação, deve ser feita de maneira criteriosa para evitar riscos à saúde dos consumidores,

às culturas e ao meio ambiente. Devido a esses vários fatores, torna-se de grande importância a obtenção sistemática de informações quanto à qualidade das águas, uma vez que qualquer ação sobre os recursos hídricos não pode ser eficientemente planejada e implementada sem a disponibilidade de dados adequados e confiáveis.

No município de Congo, PB, cuja principal fonte de renda é a agricultura, devido à baixa incidência de chuvas e secas recorrentes, torna-se imprescindível a utilização da irrigação para garantir altas produtividades com qualidade possibilitando, inclusive, colheitas fora da época normal. Nessas regiões, com deficiências hídricas, o combate às causas de desperdício, a utilização de métodos de menor consumo, o acompanhamento da qualidade das águas disponíveis e a adoção de inovações tecnológicas, permitirão a racionalização do uso da água na agricultura e reduções consideráveis em seu consumo, além de minimizar a degradação dos corpos aquáticos e dos solos, diminuindo os problemas sociais e ambientais da região.

Neste contexto se objetivou com este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de águas utilizadas em áreas agrícolas da região do Congo, Paraíba, para o consumo humano e na irrigação, além de caracterizar os solos das suas áreas irrigadas e não irrigadas fornecendo, assim, um quadro diagnóstico da situação atual desses recursos.

Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- a. Estudar, no tempo, a qualidade da água em diferentes mananciais utilizados para consumo humano e para irrigação
- b. Realizar um estudo de correlação entre as diferentes características químicas das águas para simplificar as análises de laboratório
- c. Avaliar a situação atual dos solos da região quanto aos aspectos de fertilidade e salinidade
- d. Verificar o efeito qualidade da água de irrigação nas propriedades químicas dos solos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Recursos Hídricos da Região Semi-árida

Apesar da maior parte da superfície do nosso planeta ser constituído de água (3/4), cujo volume global estimado é de 1,59 bilhão de km³, grande parte deste total (97%) está concentrada em mares e oceanos, restando apenas 3% de água doce, dos quais 75% formam as calotas polares e, dos 25% restantes, 98,8% são de águas subterrâneas, restando apenas 1,2% de águas superficiais (rios e lagos) de acesso fácil ao consumo humano (CEBALLOS,1995).

O desenvolvimento industrial e tecnológico levou ao crescimento desordenado das cidades e com isto o meio ambiente sofreu fortes impactos, dentre eles a crescente demanda pelos recursos hídricos. O aumento do consumo e a contaminação pelas descargas dos esgotos sanitários, industriais e agrícolas, alteram a qualidade da água dos mananciais, tornando-a inaceitável para usos mais nobres, como o consumo humano e a irrigação (ESTEVES, 1998; VARGAS; LOPES; MARA, 1990).

A região Nordeste do Brasil, com uma área de 1.561.177,8 km², corresponde a 18,26% do território nacional e se caracteriza pelos seus limitados recursos hídricos (MICHALANY, 1994, apud BARROS, 1997). Nesta região predomina o clima semi-árido, com temperaturas elevadas (média de 27°C) e chuvas relativamente escassas e irregulares, que se concentram de 3 a 6 meses do ano. Os efeitos da continentalidade e da baixa latitude mantêm elevadas as temperaturas ao longo do ano, provocando altas taxas de evaporação, que podem ultrapassar a 2500 mm.ano⁻¹ (SILVA et al.1987). Por outro lado, nesta região o cenário de seca se caracteriza não só pela falta de precipitação, mas, também, pela deficiência de umidade do solo, repercutindo na quebra de produção agropecuária, gerando impactos sociais e econômicos negativos, particularmente em virtude da estrutura da população rural nordestina formada, predominantemente, pela pequena agricultura (VIEIRA, 1999). A gestão dos recursos hídricos na região semi-árida é um problema vital para a sobrevivência das populações nordestinas, uma vez que a água deve ser armazenada no período das chuvas para ser consumida na época da estiagem, tanto para consumo humano como para irrigação; este armazenamento, segundo Molle e Cadier (1992) é feito de várias formas, dentre as quais se destacam:

- (a) os poços, que podem ser profundos, escavados até atingir o lençol freático, revestidos de tijolos e cimento, ou de pouca profundidade, em que a alimentação é feita por águas de chuva, rios ou córregos;
- (b) as cacimbas, que são escavações feitas no terreno atingindo, em geral, algum veio de água, e conhecido popularmente como água de mina;
- (c) os barreiros, pequenas represas de barro com profundidade de aproximadamente 3 metros protegidos por uma parede de terra, para impedir a entrada de águas de enxurrada. Uma variante dos barreiros são os tanques de rocha, formados por pedras da região, que armazenam a água de chuva; às vezes, é construído um muro de tijolo e cimento para favorecer a acumulação;
- (d) os açudes, que são construídos aproveitando-se depressões no terreno e onde a água de chuva fica represada por uma barragem de terra, construída geralmente na parte mais baixa .

O Estado da Paraíba possui uma extensão de 56.439,838 km² (0,63% do território nacional) e uma população estimada em 2006 de 3.623.215 habitantes (IBGE, 2006). Aproximadamente 99% do seu território são atingidos pela seca periódica (VICENTE; CARNEIRO, 1993).

A hidrografia do Estado se caracteriza pela predominância de rios temporários, cujo regime de vazão depende da quantidade e da distribuição da precipitação pluviométrica (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985). As altas taxas de evaporação anual fazem com que a água dos pequenos reservatórios tenha também disponibilidade limitada. São também intermitentes ou temporários, ficando cheios apenas no período das chuvas e, muitas vezes secando completamente durante a estiagem (DINIZ, 1994). Quando não secam totalmente, os reservatórios estão submetidos a processos de evaporação elevada que causa concentrações de sais, deteriorando a qualidade da água (DINIZ, 2005).

2.2. Qualidade da Água para Consumo Humano

No mundo moderno a água doce é um recurso estratégico; sua ausência deste ou presença em quantidade ou qualidade inadequada, tem sido um dos principais fatores limitantes ao crescimento social e econômico de várias regiões do Brasil e do mundo. A demanda por água doce tem aumentado de maneira exponencial e, paralelamente, a degradação de sua qualidade tem reduzido ainda mais sua disponibilidade.

A preocupação do homem com a pureza da água vem desde a antiguidade, visto que nos primórdios das civilizações o homem procurou, para consumo, águas limpas, transparentes, sem cheiro e sem sabor. As águas turvas e pantanosas eram associadas a doenças. Na época dos antigos egípcios as águas eram consumidas após filtração em aparelhos domésticos de porcelana porosa ou após a sedimentação em potes de barro (AZEVEDO NETTO; ALVAREZ, 1982).

A descoberta dos microrganismos por Leewenhoek, em 1683, a associação entre a ingestão da água do rio Tâmis contaminada por esgotos com o desencadeamento de doenças entéricas a população, a epidemia de cólera em Londres na metade do século passado e a constatação de que muitos desses microrganismos eram causadores de enfermidades por Koch, Pasteur e outros pesquisadores trouxeram, na segunda metade do século passado, bases científicas para elaboração de normas de proteção de mananciais e da qualidade da água potável (BRANCO 1986; CEBALLOS, 1995).

A qualidade das águas está sujeita às alterações naturais e artificiais que influenciam suas características físico-químicas e biológicas. Dentre os diferentes fatores naturais se destacam a chuva (pelo poder de arraste de detritos, folhas, solos e fertilizantes químicos e orgânicos que escoam superficialmente), a intensidade da insolação (ao aumentar a temperatura ambiente, estimula a evaporação intensa e, com isso, a concentração de sais aumenta e simultaneamente diminui a concentração dos gases dissolvidos) e os ventos (que transportam poeira, sementes e esporos de fungos para o interior dos corpos aquáticos). A terem acesso aos mananciais para beber água, os animais estão contribuindo para a contaminação dos mesmos, através da deposição de fezes e urina. As alterações artificiais e/ou antrópicas têm o homem como principal agente poluidor; este, por sua vez, como usuário desses mananciais, pode contaminá-los através da coleta de água com a utilização de recipientes mal higienizados; também, os despejos de águas

residuárias domésticas e industriais (lançados nos córregos e nos rios), causam poluição orgânica e fecal mais acentuada (DINIZ, 1994).

O estudo sobre qualidade física, química e biológica das águas dos açudes nordestinos, iniciou-se no ano de 1932 com a vinda de Rodolpho von Ihering a Campina Grande, PB, para criar a Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste (CTPN), órgão subordinado à Inspeção de Obras Contra as Secas, hoje Departamento Nacional de Obras contra as Secas. Os primeiros trabalhos em ecossistemas aquáticos brasileiros tiveram início em 1934, por Stilmann Wright, a convite de von Ihering criando, na cidade, um centro de ecologia aquática. Wright caracterizou a qualidade física e química das águas dos açudes de Bodocongó, Puxinanã, Velho e Simão, todos próximos a Campina Grande, Paraíba, detectando que a evaporação propiciava o aumento da concentração de sais. Em seus primeiros trabalhos, Wright já reconheceu a alta produtividade dos açudes nordestinos e os classificou como eutróficos chamando a atenção para as peculiaridades químicas daqueles corpos d'água (ESTEVES, 1998).

Watanabe, Gadelha e Passerat-de-Silans (1989), estudando os açudes localizados nos municípios paraibanos de Cruz do Espírito Santo, Sapé, Cajá, Gurinhém e Juarez Távora, destacaram o aumento da salinidade, dureza e alcalinidade no sentido Litoral-Sertão, devido à natureza do terreno, à diminuição da precipitação pluviométrica e ao aumento da evaporação.

Watanabe et al. (1990) em pesquisa realizada na Bacia do Rio Gramame, PB, evidenciaram um rápido processo de degradação ambiental, devido, sobretudo, principalmente, à lixiviação dos solos agrícolas marginais e aos efluentes das indústrias de álcool, papel e têxtil.

Estudos realizados por Diniz (1994) e Diniz, König e Ceballos (1995) sobre a qualidade física, química e sanitária de 21 corpos lênticos (barreiros, tanques, cacimbas, cacimbões e açudes) de pequeno e médio porte, em sua maioria temporários, inseridos em pequenas comunidades rurais da Paraíba, evidenciaram elevada carga orgânica, altas concentrações de nitrogênio e de fósforo e contaminação fecal, originadas do escoamento superficial das bacias fortemente impactadas.

Mendes (2003), Mendes et al. (2003) e Barbosa e Mendes (2004), estudaram a qualidade física, química e biológica das águas da Barragem Acauã, em Itatuba, PB, avaliando suas qualidades hídricas e detectaram altas concentrações de nutrientes,

principalmente nitrogênio e fósforo, relacionadas às entradas de esgoto provenientes de sua bacia de drenagem.

Nota-se que são inúmeros os trabalhos sobre qualidade de água que vêm sendo realizados no Estado da Paraíba; no entanto, são desarticulados, pontuais e a maioria prioriza apenas os principais reservatórios e cursos d'água. Pelo fato de haver um grande número de corpos d'água em todo o Estado, os dados sobre esses ecossistemas aquáticos são insuficientes necessitando, assim, de um número maior de estudos relacionados ao tema.

Objetivando minimizar o processo de degradação dos mananciais destinados a usos múltiplos, a Legislação Federal fornece atualmente, através da resolução n°. 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 17 de março de 2005, subsídios para a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. De acordo com esta resolução, as águas doces se dividem em cinco classes:

I. Classe Especial - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II. Classe 1 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas, e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas a alimentação humana.

III. Classe 2 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);

- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV. Classe 3 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à dessedentação de animais.

V. Classe 4 - águas destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística;
- c) aos usos menos exigentes.

Para se estabelecer a caracterização da qualidade de água para consumo humano são necessárias a definição, determinação e interpretação dos parâmetros físico-químico-biológicos. Os limites desses parâmetros foram estipulados pela Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005, Portaria MS nº. 518 de 25 de março de 2004; e OMS (1999), conforme o Quadro 1, seguinte.

Quadro 1. Limites máximos de diversos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água para consumo humano

Parâmetro	Unidade	Limite
pH		6,0 – 9,0
Cloretos	mg L ⁻¹	250
Sulfatos	mg L ⁻¹	250
Ferro	mg L ⁻¹	0,3
Cálcio	mg L ⁻¹	200
Magnésio	mg L ⁻¹	150
Sódio	mg L ⁻¹	200
Potássio	mg L ⁻¹	20
Dureza	mg L ⁻¹	500

Fonte: Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005; Portaria MS nº. 518 de 25 de março de 2004; OMS (1999)

2.3. Qualidade da Água para Irrigação

Atualmente, reconhece-se que a avaliação da qualidade da água utilizada na irrigação é imprescindível, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas, caracterizadas por baixos índices pluviométricos, distribuição irregular das chuvas ao longo do ano e intensa evapotranspiração, que favorecem o processo de salinização e sodificação, isto é, a acumulação gradativa de sais solúveis e/ou sódio trocável, na zona radicular das plantas dos solos irrigados.

2.3.1. Fatores que determinam a qualidade da água para irrigação

Segundo Krause e Rodrigues (1998) a agricultura irrigada depende tanto da qualidade como da quantidade da água; no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização; esta situação, todavia, está se alterando em muitos lugares. Para evitar problemas conseqüentes, deve existir um planejamento efetivo que assegure o melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade.

Pode-se definir a qualidade da água por suas características físicas, químicas ou biológicas, sendo que na sua avaliação para irrigação os parâmetros a serem analisados devem ser os físico-químicos. De acordo com Shalhevet e Kamburov (1976), a composição e qualidade das águas destinadas à irrigação dependem da zona climática, da fonte da água, do trajeto percorrido, da época do ano e da geologia da região. A qualidade da água de irrigação pode variar segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos, que são encontrados em quantidades pequenas, porém muitas vezes significativas, tendo sua origem na intemperização das rochas e dos solos, pela dissolução lenta do calcário e de outros minerais, que são levados pelas águas de irrigação e se depositam no solo, acumulando-se à medida que a água evapora ou é consumida pelas culturas (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000).

Assim, três aspectos são considerados importantes na determinação da qualidade agrônômica das águas de irrigação, sendo eles: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo afetar diretamente o rendimento das culturas; a sodicidade, determinada pela razão de adsorção de sódio (RAS) da água de

irrigação, refere-se ao efeito do sódio contido na água de irrigação, que tende a elevar a porcentagem de sódio trocável no solo (PST) afetando sua capacidade de infiltração (PIZARRO, 1985); enfim, a toxicidade diz respeito ao efeito de alguns íons sobre as plantas, sendo eles o cloreto, o sódio e o boro que quando encontrados em concentrações elevada, podem causar danos às culturas, reduzindo sua produção (HOLANDA; AMORIM, 1997); além desses parâmetros básicos de avaliação, Bernardo (2005) cita a concentração de bicarbonatos e o aspecto sanitário da água.

A concentração total de sais na água para irrigação normalmente é expressa em relação à sua condutividade elétrica (CE), podendo ser determinada com rapidez e muita precisão (DONEEN, 1975). É uma propriedade iônica que indica a capacidade de condução de corrente elétrica na água, tem proporcionalidade direta com a concentração de sais dissolvidos, crescendo com a temperatura e variando com o tipo de sal dissolvido para uma mesma concentração (SANTOS, 2000). De acordo com Rhoades, Kandiah e Mashali, (2000), poucas águas de uso generalizado em irrigação excedem cerca de 2 dS m⁻¹ de condutividade elétrica. Para Pizarro (1985) uma água de irrigação de boa qualidade deve apresentar uma CE de aproximadamente 0,75 dS m⁻¹.

Quanto ao perigo de sodicidade, a RAS é importante na determinação da qualidade da água de irrigação, pois expressa a possibilidade de que a água de irrigação provoque a sodificação do solo, no que depende da proporção do sódio em relação ao cálcio e magnésio (QUEIROZ et al. 1997).

A RAS é definida pela seguinte expressão:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2}}}$$

onde: Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ são expressos em (mmol_c L⁻¹) e RAS expressa em (mmol L⁻¹)^{1/2}

O conceito de RAS para classificar a água de irrigação, foi introduzido por Richards (1954), mas ultimamente o risco de sodicidade dos solos pela água de irrigação passou a ser avaliado através da RAS corrigida (RAS⁰), conforme procedimento sugerido por Suarez (1981). A RAS⁰ facilita o entendimento das alterações que ocorrem com o

cálcio na água do solo, através de reações com carbonatos e silicatos, visto que, nas águas ricas em bicarbonatos há tendência de precipitação, principalmente do cálcio, em forma de carbonato, sempre que a solução do solo se torna mais concentrada, aumentando o risco de sodicidade, cujo efeito é corrigido com o uso da RAS^o (HOLANDA; AMORIM, 1997). A RAS corrigida (RAS^o) para avaliar a salinidade da água é estimada pela expressão:

$$RAS^o = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca^o + Mg)}{2}}}$$

sendo, Ca^o, o teor de cálcio da água, corrigido pela salinidade da água (CEa) e a relação HCO₃/Ca conforme metodologia apresentada no anexo 1.

Pizarro (1985) também faz algumas críticas à RAS proposta por Richards (1954): (a) a suposição de que o cálcio e o magnésio têm a mesma seletividade de troca iônica, o que não corresponde à realidade pois, para uma mesma RAS, a adsorção de sódio cresce ao aumentar a relação Mg/Ca devido à menor energia de adsorção do magnésio; (b) não leva em conta a possibilidade de precipitação de sais, fenômeno que pode aumentar o risco de sodicidade, já que o cálcio é o cátion mais sujeito a reação, precipitando-se na forma de carbonato e sulfato, que são de baixa solubilidade; e (c) a classificação tem um erro conceitual pois os sais da solução do solo têm efeito floculante, oposto ao efeito dispersante do sódio trocável e, desta forma, para uma mesma RAS o risco de sodicidade será menor quanto maior for o risco de salinidade.

Em relação à toxicidade de íons, os problemas se processam de forma distinta. A toxicidade ocorre internamente na planta e não é provocada pela falta de água; normalmente, ela se origina quando certos cátions, absorvidos pela planta com a água do solo, são acumulados nas folhas durante a transpiração, em quantidades suficientes para provocar danos. Os danos podem reduzir significativamente os rendimentos e sua magnitude depende do tempo, da concentração dos íons, da sensibilidade das plantas e do uso de águas pelas culturas. Os íons tóxicos comumente contidos nas águas de irrigação, são o cloreto, o sódio e o boro e os danos podem ser provocados individualmente ou em combinação.

No Quadro 2, se acham as análises de laboratório necessárias para avaliar a água de irrigação e os valores considerados normais para utilização dessas águas .

Quadro 2. Análises de laboratório necessárias para avaliar a água de irrigação e os valores considerados normais para utilização dessas águas

Parâmetros	Símbolo	Unidades	Valores normais em águas de irrigação
SALINIDADE			
<u>Conteúdo de sais</u>			
Condutividade elétrica	CE	dS m ⁻¹	0 - 3
ou			
Sólidos dissolvidos totais	SDT	mg L ⁻¹	0 - 2000
<u>Cátions e ânions</u>			
Cálcio	Ca ⁺⁺	mg L ⁻¹	0- 400
Magnésio	Mg ⁺⁺	mg L ⁻¹	0 -60
Sódio	Na ⁺⁺	mg L ⁻¹	0 - 920
Carbonatos	CO ₃ ⁼	mg L ⁻¹	0 - 3,0
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	0 - 610
Cloretos	Cl ⁻	mg L ⁻¹	0 - 1050
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg L ⁻¹	0 - 960
NUTRIENTES			
Nitrato	NO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	0 -10
Amônio	NH ₄ ⁺	mg L ⁻¹	0 - 5
Fósforo	PO ₄ ⁻	mg L ⁻¹	0 -2
Potássio	K ⁺	mg L ⁻¹	0 - 78
VÁRIOS			
Boro	B	mg L ⁻¹	0 - 2
Alcalinidade	pH		6 -8,5
Razão de Adsorção de Sódio	RAS	(mmol _e L ⁻¹) ^{1/2}	0 -15

Fonte: Ayers e Westcot (1991)

2.3.2. Classificação das águas de irrigação

Para se classificar uma água em relação à conveniência para irrigação não se deve estudar cada parâmetro isoladamente e sim, levar em consideração o conjunto de fatores que determinam a qualidade da água, relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação (COSTA, 1982).

Segundo Barreto (2003), existem várias classificações para avaliação da qualidade da água destacando-se as de Scofield (1936), Wilcox (1948), Richards (1954), Thorne e Peterson (1954), University of California Committee of Consultants (1974), Christiansen et al. (1977) e Donnen (1975).

Atualmente, a FAO recomenda a classificação proposta pela University of Califórnia Committee of Consultants com pequenas adaptações (AYERS; WESTCOT, 1991), cujas diretrizes para classificação se baseiam no grau de restrição, referentes aos problemas potenciais, tais como salinidade, permeabilidade ou infiltração, toxicidade de íons específicos e outros.

2.3.2.1. Classes da água quanto ao risco de salinidade

Quanto ao perigo de salinidade, as águas são divididas em quatro classes, medida em que aumenta a concentração de sais e, conseqüentemente, sua condutividade elétrica, recebendo denominações sucessivas de C₁, C₂, C₃ e C₄, com os limites apresentados por Richards (1954), com as seguintes interpretações:

C₁ - Água de salinidade baixa (condutividade elétrica < 0,25 dS m⁻¹): Pode ser usada na irrigação da maioria das culturas, em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Há necessidade de alguma lixiviação mas isto se consegue em condições normais de irrigação, com exceção feita aos solos de muito baixa permeabilidade.

C₂ - Água de salinidade média (condutividade elétrica entre 0,25 a 0,75 dS m⁻¹, a 25° C): Pode ser usada sempre que haja um grau moderado de lixiviação. Sem necessidade de

práticas especiais de controle de salinidade, pode-se produzir em quase todos os casos, plantas moderadamente tolerantes aos sais.

C₃ - Água de salinidade alta (condutividade elétrica entre 0,75 a 2,25 dS m⁻¹, a 25° C): Não deverá ser usada em solos de drenagem deficiente. Mesmo nos solos de boa drenagem poderá necessitar de práticas especiais de controle de salinidade e só se aplica na irrigação de vegetais muito tolerantes aos sais.

C₄ - Água de salinidade muito alta (condutividade elétrica >2,25 dS m⁻¹, a 25° C): Em condições normais não é apropriada para irrigação; ocasionalmente, pode ser usada em circunstâncias especiais, como em solos muito permeáveis com drenagem adequada, devendo-se aplicar um excesso de água para boa lixiviação e só plantar culturas altamente tolerante aos sais.

2.3.2.2. Classes da água quanto ao risco de sodicidade

A classificação das águas de irrigação com respeito à RAS se baseia essencialmente no efeito do sódio trocável nas condições físicas do solo, causando problemas de infiltração pela redução da permeabilidade. Richards (1954) citado por Holanda e Amorim (1997), dividiu as águas em quatro classes tomando por base valores limites da RAS, em função da CEa, com as seguintes interpretações:

S₁ - Água com baixa concentração de sódio - ($RAS \leq 18,87 - 4,44 \log CE$): Pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.

S₂ - Água com concentração média de sódio - ($18,87 - 4,44 \log CE < RAS < 31,31 - 6,66 \log CE$): Só pode ser usada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade. Sob condições restritas de lixiviação ela apresenta um perigo de sodificação considerável em solos de textura fina e com alta capacidade de troca catiônica (CTC).

S₃ - Água com alta concentração de sódio - ($31,31 - 6,66 \log CE < RAS \leq 43,75 - 8,87 \log CE$): Pode produzir níveis críticos de sódio trocável na maioria dos solos, fazendo-se

necessário práticas especiais de manejo do solo, boa drenagem, alta lixiviação e adição de matéria orgânica.

S₄ - Água com muito alta concentração de sódio – ($RAS > 43,75 - 8,87 \log CE$): Geralmente, é imprópria para irrigação mas pode ser usada ocasionalmente em solos bem drenados ou com presença de gesso.

2.4. Qualidade da água de irrigação no Nordeste

Embora a irrigação venha sendo praticada há milênios, a importância da qualidade da água só começou a ser reconhecida a partir do início do século XX (BARRETO, 2003); já as pesquisas referentes a este tema evoluíram a partir de 1950.

Segundo Holanda e Amorim (1997), em torno de 70% das fontes de água avaliadas no Nordeste semi-árido brasileiro foram considerados de boa qualidade ($CE \leq 0,75 \text{ dS m}^{-1}$) para irrigação, com pequena variação ao longo do ano. Considerando-se apenas este aspecto poder-se-ia esperar que as áreas irrigadas com águas dessa qualidade não desenvolvessem problemas por acumulação de sais, o que não é verdade. Estima-se entre 25 e 30% a porcentagem de áreas afetadas por sais nos perímetros irrigados do Nordeste, fato que se deve, essencialmente, ao manejo de irrigação adotado, sob condição de intensa evaporação e drenagem deficiente, em solos de textura franco siltosa a argilosa, predominantes nas áreas de aluviões, onde se concentra a maioria dos perímetros irrigados. O manejo inadequado da irrigação pode provocar acumulação de sais por falta de drenagem ou promover a elevação do lençol freático, com conseqüente aumento das áreas salinizadas.

Estudo realizado por Medeiros (1992), sobre qualidade das águas de irrigação nas propriedades assistidas pelo subprograma Geração e Adaptação de Tecnologia (GAT-CNPq-BID), nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Ceará, constatou variações consideráveis ao longo do tempo para as características estudadas, com exceção do pH, tendo sido mais evidentes nas águas provenientes de poços amazonas inundáveis, açudes pequenos e médios e poços naturais situados no leito de riachos/rios.

Flutuações significativas da concentração de sais comprometendo a qualidade de água para irrigação são também observadas por Costa (1982). Caracterizando a qualidade

da água da microrregião homogênea de Catolé do Rocha, PB, observou que 74,3% das fontes de água estudadas apresentavam teores de médio a alto de sais no período da estiagem ($CE > 0,25 \text{ dS m}^{-1}$) recomendando, pois, a necessidade de se monitorar a adequabilidade da água ao longo do ano, como forma de orientação das práticas de manejo da irrigação na região semi-árida.

Situação mais crítica foi encontrada por Leite (1991), avaliando a qualidade da água superficial e a variação dos seus aspectos químicos em diferentes épocas do ano, para a bacia hidrográfica do riacho Capiá, no estado de Alagoas; nesta área foi constatada a presença de altos teores de sais e elevadas RAS, considerando-se a água não recomendável para utilização na irrigação.

Períodos cíclicos de anos secos associados ao material geológico com maiores teores de sais solúveis, são fatores de risco que comprometem a qualidade da água. Barros (1997) trabalhando nos municípios de Sapé e Lagoa Seca, ambos no estado da Paraíba, localizados em ambientes diversos em clima e geologia observou que, embora tenha encontrado altos valores de cloreto, dureza e alcalinidade, a RAS e condutividade elétrica não apresentaram restrições ao uso da água para irrigação, ficando esta mais comprometida ao uso para consumo humano.

2.5. Propriedades químicas do solo

Por serem sistemas dinâmicos e abertos, os solos estão em constantes modificações constituindo, assim, corpos heterogêneos com ampla variação das propriedades químicas, as quais podem influenciar diretamente na fertilidade dos solos e, conseqüentemente, na produtividade agrícola de determinada área, devendo ser manejadas da melhor forma possível (VITTI, 1987).

A reação do solo é uma propriedade química considerada importante, haja vista exercer influência nas condições químicas, físicas e biológicas do solo, e expressa em que condições o solo se encontra em termos de acidez ou alcalinidade. A reação do solo é avaliada através do seu pH o qual influencia a disponibilidade de nutrientes às plantas e, em contarpáida, a produção agrícola. Por outro lado, vários são os fatores que influenciam nos valores de pH do solo como, por exemplo, o teor de água no solo, a

natureza e proporção dos sais em solução e a concentração de CO₂ na atmosfera e no solo (MONIZ, 1972)

A capacidade de troca catiônica (CTC) é de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade que um solo possui de adsorver cátions e, em consequência de trocá-los com aqueles da solução do solo, tornando-os disponíveis para as plantas. Os cátions trocáveis mais comuns nos solos são: cálcio, magnésio, potássio e sódio (OLIVEIRA, 1998).

O cálcio é um elemento de ocorrência generalizada na natureza, mas existem muitos solos pobres em cálcio disponível para as plantas, geralmente solos ácidos (OLIVEIRA, 1998).

Mello et al. (1989) afirmam que o cálcio é um dos elementos mais utilizados na agricultura, principalmente como constituinte de corretivos e fertilizantes. O cálcio tem sua origem nas rochas ígneas, estando contido nos minerais, como dolomita, apatita, feldspatos cálcicos e anfibólios, que ocorrem também em rochas sedimentares e metamórficas. Em solos ácidos de climas úmidos, esses minerais são intemperizados e o cálcio é, em parte, perdido por lixiviação (RAIJ, 1991).

Os solos de regiões áridas e semi-áridas, como resultado da baixa precipitação que ocorrem nessas regiões e da pequena lixiviação a que os solos estão sujeitos, geralmente apresentam altos teores de cálcio, qualquer que seja a sua textura; nessas regiões o cálcio, é, em grande parte, substituído pelo sódio, o que determina o aparecimento de condições alcalinas, evento que conduz sensíveis alterações físicas, químicas e biológicas no solo (MELLO et al. 1989).

O magnésio é um elemento que ocorre em forma catiônica nos solos, ou seja, Mg⁺⁺; no passado, este elemento teve pouca atenção como componente de fertilidade do solo; no entanto, com o avanço da agricultura, o estudo deste elemento cresceu em importância (MELLO et al. 1989).

O magnésio no solo tem comportamento similar ao do cálcio. O magnésio também tem sua origem em rochas ígneas e os principais minerais que o contêm são a biotita, dolomita, clorita, serpentina e olivina. Uma diferença significativa entre o cálcio e o magnésio é que o magnésio faz parte da estrutura de minerais de argila, ocorrendo em ilita, vermiculita e montmorilonita (RAIJ, 1991).

Segundo Mello et al. (1989) o teor de magnésio nos solos depende da textura, lixiviação que o mesmo tenha sofrido, do material original, remoção pelas colheitas e erosão. Como íon trocável este elemento ocorre nos solos na proporção de 5 a 10 % do teor dos elementos existentes no mesmo (MELLO et al. 1989).

Em geral, os solos arenosos, ácidos de regiões úmidas, são os mais pobres em magnésio; já os solos das regiões áridas e semi-áridas, devido ao material de origem, apresentam grandes quantidades do elemento (MELLO et al. 1989). Em estudo realizado por Tito e Chaves (no prelo), avaliando a fertilidade dos solos do Perímetro Irrigado de Sumé, PB, se observaram, em todas as amostras analisadas, teores elevados de Ca^{++} e Mg^{++} , o que está de acordo com os autores acima citados.

O potássio é um elemento muito abundante em rochas e em solos. Para solos bem supridos deste elemento, seu teor pode superar 1% da massa total do solo. Grande parte desse potássio se encontra em minerais que contêm o elemento nas estruturas cristalinas (RAIJ, 1991). A concentração do mesmo varia de um solo para o outro dependendo do material originário, da quantidade de potássio trocável, do tipo de argila, do teor de umidade do solo, da intensidade de lavagem e da retirada, por parte dos vegetais, das espécies e concentração de outros íons presentes no solo (MELLO et al. 1989).

Em geral, os solos das regiões áridas e semi-áridas possuem níveis mais altos de potássio que aqueles das regiões úmidas onde ocorre lixiviação do elemento pelas águas da chuva e no processo de podzolização. Verifica-se, nas regiões áridas, que os teores deste elemento nos horizontes superficiais são iguais ou mais altos que aqueles dos horizontes subsuperficiais (JORGE, 1969).

Chaves et al. (2005) avaliando os teores de potássio em NEOSSOLOS FLÚVICOS dos Perímetros irrigados Engenheiro Arcoverde e São Gonçalo, PB, observaram que a maior parte das amostras apresentou teores variando de médio ($0,12 - 0,38 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) a alto ($> 0,30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Teores elevados de potássio foram notados também, para ilha fluvial de Picos, PE, do rio São Francisco, por Chaves et al. (2006), que concluíram que, na maior parte da ilha, quando usada para agricultura, não é oportuna a aplicação de potássio.

Face à grande diversidade de solos e climas do Nordeste, vários trabalhos têm revelado que os teores de potássio dos solos são baixos em relação às necessidades da maioria das culturas (COUTO et al. 1990; COUTO, 1997).

O sódio é um elemento de ocorrência generalizada na natureza e apresenta comportamento similar ao do potássio, ocorrendo em minerais primários e no solo na forma iônica. Devido à sua alta mobilidade é facilmente lixiviado, ocorrendo em pequenas quantidades nos solos de regiões úmidas porém o sódio poderá acumular-se, em grandes quantidades, em áreas inundadas pela água do mar, em áreas áridas e semi-áridas e em solos irrigados com água de alto conteúdo de sódio (BOHN; McNEAL; O'CONNOR, 1985).

Nos estudos de solos com problemas de sais, é necessário o conhecimento da porcentagem que o sódio representa em relação aos demais cátions adsorvidos, denominada percentagem de sódio trocável (PST), uma vez que esta indica a saturação do complexo sortivo do solo com o íon sódio (PEREIRA, 1981). Quando o teor de sódio trocável no solo excede 5 a 15% da capacidade de troca de cátions, o movimento de água dentro do solo é interrompido devido à dispersão de argila provocada pelos altos teores de sódio trocável e, neste sentido, o acúmulo de partículas dispersas em camadas inferiores contribui para a redução da permeabilidade dos solos (BOHN; McNEAL; O'CONNOR, 1985).

Efeitos da subsolagem e das práticas de manejo pelo cultivo do arroz contribuíram para minorar o efeito dispersivo do sódio em solos irrigados (GHEYI et al. 1995).

O fósforo é o macronutriente exigido em menor quantidade pelas plantas; não obstante, devido à sua baixa disponibilidade nos solos brasileiros, trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil; este elemento pode ser encontrado nos solos, nas formas orgânica e inorgânica, sendo muito variável a proporção em que elas ocorrem. Geralmente, o conteúdo de fósforo orgânico aumenta com o aumento da matéria orgânica e com a diminuição do pH (COELHO, 1973).

Chaves et al. (2005) em estudo realizado no Perímetro Irrigado no Estado da Paraíba, encontraram que em 86% das amostras coletadas teores altos deste elemento, como consequência do efeito residual de adubações anteriores, uma vez que a área estudada durante muito tempo foi cultivada, e se encontrava em pousio.

Em virtude da baixa mobilidade de fósforo no solo e, provavelmente, a decomposição da matéria orgânica, considerada fonte deste elemento, Pereira e Siqueira (1979) e Pereira e Cordeiro (1987) trabalhando em regiões submetidas a práticas de irrigação, encontraram maiores teores de fósforo na camada superficial dos solos, em comparação com outras camadas.

Além dos cátions trocáveis e do fósforo, a presença de matéria orgânica nos solos é importante, principalmente no que diz respeito à sua influência nas propriedades coloidais dos solos e à sua contribuição para a fertilidade dos mesmos. A matéria orgânica se constitui em importante fonte de nutrientes para o solo, em especial o nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes, desempenhando um importante papel, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. A expressão popular em nosso meio agrícola de que “a matéria orgânica aduba o solo e a planta”, provém da sua influência sobre tais propriedades, revertendo tudo no aumento da produção (KIEHL, 1979).

Canellas et al. (2000) ressaltam que de 15 a 80% do fósforo total encontrado no solo podem ser provenientes da matéria orgânica.

A reserva de carbono do solo é variável em função da quantidade e da taxa de decomposição da matéria orgânica, da quantidade de resíduos que retornam ao solo, das raízes das plantas e da intensidade da perturbação ou revolvimento a que o solo está submetido (ANDERSON; FLANAGAN, 1989). Em determinados ecossistemas naturais a retirada da vegetação e a introdução da agricultura com intensa perturbação do solo, podem a longo prazo, reduzir grande parte das reservas de carbono e nitrogênio (DUXBURY et al. 1989), acarretando o empobrecimento do solo.

A interação entre os fatores que afetam as propriedades químicas do solo, por ser fundamental no desenvolvimento de culturas, faz com que o estudo dessas propriedades seja um tema de elevada relevância.

2.6. Efeitos da qualidade da água sobre as propriedades do solo e nos rendimentos das culturas

Embora os benefícios da irrigação sejam incontestáveis, os projetos de irrigação podem causar impactos diversos ao meio ambiente, à qualidade do solo e da água, entre outros. Entre os impactos negativos, citam-se a modificação do meio ambiente, o consumo exagerado da disponibilidade hídrica da região, a contaminação dos recursos hídricos, a salinização do solo e a sua degradação que, em graus elevados, podem levar à desertificação (MMA, 1997; LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999).

Segundo Ayers e Westcot (1991), os problemas mais comuns que ocorrem no solo, relacionados aos efeitos da qualidade da água, dizem respeito à salinidade, à infiltração da

água no solo e à toxicidade de elementos às plantas; no entanto, entre os principais impactos ambientais negativos causados pela água é a salinização dos solos o de maior evidência.

De acordo com Santos (2000), embora a fonte principal e mais direta dos sais encontrados no solo seja a intemperização das rochas, raros são os exemplos em que mesma tenha provocado, de forma direta, problemas de salinidade no solo; comumente, esses problemas são associados à água de irrigação quando ela contém concentrações elevadas de sais, à deficiência ou mesmo ausência de um sistema de drenagem tendo, como consequência, a elevação do lençol freático, à irrigação inadequada (quanto ao método e/ou planejamento) e ao uso indiscriminado e excessivo de fertilizantes (CORDEIRO, 1988).

Pizarro (1985) cita que, normalmente em regiões áridas e semi-áridas as concentrações de sais na água de irrigação são maiores que as das de outras regiões aumentando, assim, os problemas de salinização e alcalinização dos solos irrigados.

Segundo Richards (1954), a concentração de sais na solução do solo é, via de regra, 2 a 10 vezes maior que a concentração de sais da água de irrigação devido, segundo o autor, à extração contínua da água pelo sistema radicular das plantas, a alta demanda evaporativa e à falta de lixiviação e drenagem.

Para Daker (1970) diferenças de textura podem provocar um movimento desigual na distribuição da água nas camadas do solo e, conseqüentemente, grande desuniformidade quanto à acumulação de sais ao longo do perfil. A distribuição de sais nos solos salinos e alcalinos pode ocorrer na superfície ou em horizontes ou, ainda, em camadas subsuperficiais, bem como pode estar bem distribuída em todo o perfil. Segundo o mesmo autor, o principal fator que pode concorrer para desuniformidade dos sais, quer no sentido horizontal quer no vertical, é o sistema de irrigação e o manejo de solo e água.

A salinização ocorre sobretudo em solos aluviais, baixios, planícies com pouca drenagem natural e áreas com irrigação inadequada (MMA, 1997). Usualmente, o produtor rural irriga em excesso; muitas vezes, por desconhecer os métodos de controle da irrigação e temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que pode comprometer a produção; este excesso tem, como consequência, além dos danos ao solo e às plantas, o desperdício de energia e água usadas em um bombeamento desnecessário (CEMIG, 1993).

Kovda (1977 apud COSTA, 1982) menciona que camponeses no norte da África vêm utilizando água subterrânea com conteúdo de sais de até 7 g L^{-1} para irrigação de oásis arenosos, sem causar salinização dos solos. Por outro lado, água de boa qualidade de rios

na Mesopotâmia, Norte da Índia, Paquistão, Irã e Ásia Central tem produzido forte salinização após um período relativamente curto de irrigação devido, provavelmente às limitações de drenagem, conduzindo ao abandono da área (FAO/UNESCO, 1973).

Da mesma forma se constata que, pela mesma razão no Nordeste do Brasil, muito embora seja usada água com baixo teor de sais para irrigação, ocorrem problemas de salinidade em 25-30% de todos os grandes perímetros irrigados (MEDEIROS, 1992). Normalmente, a salinidade nessas áreas está associada à falta de drenagem e à baixa eficiência do método de irrigação (superfície) utilizado, ocasionando a elevação do lençol freático e a conseqüente salinização (BERNARDO, 2005).

Pesquisas em Israel mostraram que a salinidade do solo pode aumentar consideravelmente em apenas um período de irrigação. Água com condutividade elétrica variando entre 700 e 4000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ tem aumentado a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de 200 a 2500 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Para essas condições, trabalhos realizados durante 5 anos em 10 diferentes tipos de solo, indicaram que em apenas um período de chuvas (precipitação entre 205 e 700mm), para solos de boa drenagem, foi suficiente para lixiviar os sais a profundidades superiores a 150 mm, enquanto para solos com texturas mais pesadas a lixiviação dos sais alcançou apenas 60 a 90 cm de profundidade no perfil mostrando, desta forma, a importância que a drenagem assume no controle da salinidade de áreas irrigadas (FAO/UNESCO, 1973).

Segundo Rhoades, Kandiah e Mashali (2000), se a água aplicada ao solo contiver mais carbonatos e bicarbonatos que cálcio e magnésio após a evaporação e utilização pelas plantas, o cálcio e o magnésio se precipitam sob a forma de carbonatos, aumentando a concentração relativa de sódio no complexo do solo e, conseqüentemente, afetando a permeabilidade por se constituir um agente muito ativo de dispersão da fração argila do solo.

Segundo Ayers e Westcot (1991) a sodificação do solo para um valor de RAS acontece com maior rapidez se a água de irrigação apresentar níveis de salinidade mais elevados; entretanto, quando se relaciona o nível de sodicidade do solo com a sua permeabilidade, a aplicação de água com concentrações eletrolíticas mais elevadas aumenta a permeabilidade do mesmo. Independentemente da RAS, águas com $\text{CEa} < 0,2$ dS m^{-1} causam, invariavelmente, problemas de infiltração e, para proporções acima de 3 entre Na^+ e Ca^{++} , os solos começam a se dispersar e se dá destruição de sua estrutura.

O efeito da salinidade sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas é discutido por pesquisadores, principalmente dos países de regiões áridas e semi-áridas, em função dos problemas socioeconômicos por ela causados. No Brasil este assunto tem maior importância na região Nordeste, onde a evapotranspiração supera a altura da precipitação e, por consequência, a percolação da água através do perfil é limitada não possibilitando a lixiviação dos sais do solo (LIMA, 1997).

Os sais contribuem para a elevação do potencial osmótico na solução do solo, o que influi diretamente no movimento da água e no desenvolvimento das plantas (RICHARDS, 1954). Em geral, as culturas são relativamente tolerantes à salinidade durante a germinação mas se tornam mais sensíveis na emergência e no estágio inicial do crescimento (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000); já para Doneen (1975) as altas concentrações salinas afetam o metabolismo da planta em vários aspectos e provoca mudanças na sua morfologia, prejudicando a germinação, o tamanho das plantas, dos ramos, das folhas e de outras partes da planta.

As plantas tolerantes à salinidade, chamadas halófitas ou halofíticas, absorvem os sais em altas taxas e o acumulam em suas folhas, como ocorre com o cloreto de sódio, para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1997).

A salinidade produz variações na relação entre potássio, cálcio e magnésio na planta, sendo maiores em plantas pouco tolerantes aos sais. Nas plantas desenvolvidas em condições salinas pode-se observar mudanças marcantes no metabolismo de nitrogênio, o que altera os processos de síntese e hidrólise dos compostos protéicos (FAO/UNESCO, 1973). Na opinião de Strogonov (1964) os maiores prejuízos nutricionais da salinidade são aqueles associados à nutrição catiônica.

Lima, Cavalcante e Feitosa Filho (2001) constataram em experimento realizado com pinheira, que, apesar de terem sido mais sensíveis aos sais na fase inicial de crescimento que durante o processo de germinação, as plantas se comportaram como sendo moderadamente tolerantes aos sais. A maior parte das variáveis sofreu interferência significativa dos níveis de CE das águas a partir de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Estudando os efeitos dos sais nas plantas, Hebron (1967) verificou que, em determinadas condições de salinidade, a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas; no entanto, constatou que concentrações de diversos íons podem provocar interferências indiretas

capazes de se constituírem em um obstáculo à absorção adequada de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico.

Em condições de solo sódico podem ocorrer deficiências de cálcio e de outros nutrientes, devido ao pH elevado e aos altos teores de bicarbonatos, que limitam a solubilidade de muitos minerais do solo alterando, portanto, a concentração de nutrientes na solução e, deste modo, sua disponibilidade para as plantas (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000).

O manejo adequado da salinidade é de fundamental importância para o sucesso da agricultura irrigada. São imprescindíveis práticas indispensáveis, tais como aplicação de lâminas de água excedentes para a lixiviação de sais no solo, a utilização de culturas tolerantes à salinidade e a construção de sistemas de drenagem. É necessário, também, o monitoramento de sais no solo visando à verificação do seu acúmulo temporal, facilitando as medidas a serem tomadas para diminuir a salinidade na zona radicular das plantas (WINKEL; TSCHIEDEL, 1999; SANTOS, 2000).

Ante o exposto, torna-se compreensível que uma exploração irrigada em regiões áridas e semi-áridas, caso não seja efetuada dentro de padrões técnicos recomendados, torna-se uma atividade insustentável em função de resultar em rendimentos agrícolas decrescentes até atingir o ápice da degradação com o conseqüente abandono da área agrícola.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da Área Estudada

3.1.1. Situação geográfica

O município do Congo, no Estado da Paraíba, localiza-se na mesorregião do Cariri Ocidental, situada sobre o Planalto da Borborema, a uma altitude aproximada de 480 m; sua área territorial é de 274 km². A sede municipal tem, como coordenadas geográficas, a latitude de 7°47'48" S e a longitude de 36°39'34" W; sua população estimada em 2006, era de 4.776 habitantes com densidade populacional de 17,43 hab/km² (IBGE, 2006).

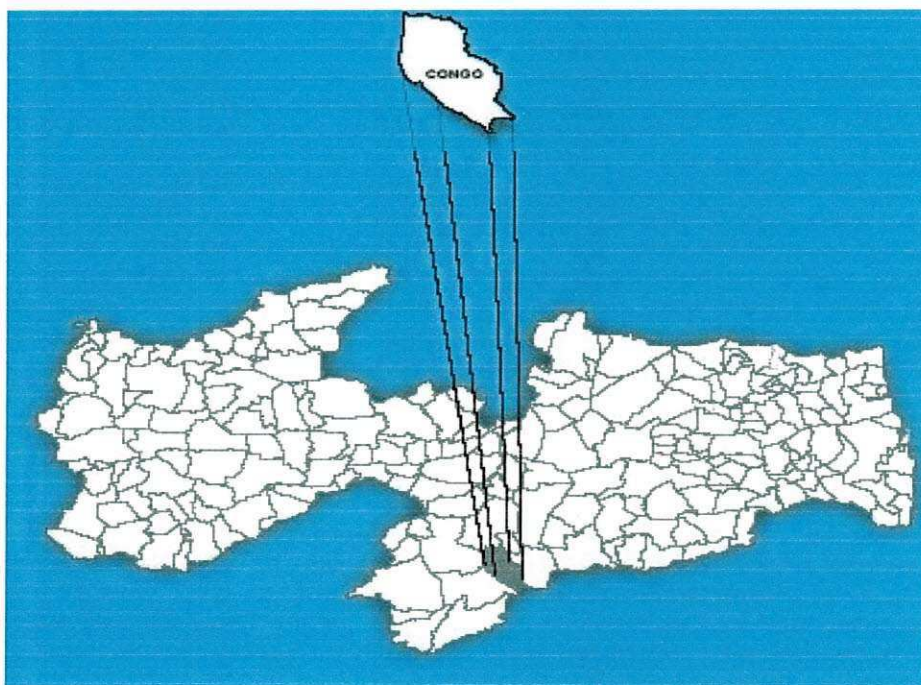


Figura 1. Localização do município de Congo, no Estado da Paraíba

3.1.2. Aspectos fisiográficos

Situado sobre a superfície do Planalto da Borborema, o município de Congo faz parte da região dos Cariris, uma das unidades mais amplas e regulares no conjunto da Borborema. No geral, o relevo é suave ondulado a plano, nos limites superiores que ultrapassam os 600 m nas áreas ao sul, na divisa com o Estado de Pernambuco. Na área central mais deprimida da paisagem, onde fica o município, a altitude varia de 400 a 500 m e o relevo se apresenta de suave ondulado a ondulado (BRASIL, 1972).

O clima, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Bsh: semi-árido quente, que se caracteriza por precipitações médias anuais muito baixas, em torno de 400 mm. A variabilidade espacial e temporal é uma constante, podendo as chuvas se concentrarem em dois a três meses no ano e a estação seca atingir 11 meses.

As médias de temperatura nunca são inferiores a 24⁰ C; contudo, as temperaturas noturnas, devido ao efeito da altitude, são mais amenas podendo atingir nos meses mais frios de inverno (junho/julho) valores inferior a 15⁰ C.

Os solos são originados de rochas do Pré-Cambrianas (CD), gnaisses e migmatitos, associadas a micaxisto e granito, tendo como classes predominante os LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos vertissólicos, associados a NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutrófico, nas áreas de relevo mais ondulado ao sul do município e a VERTISSOLOS HÁPLICOS Órticos típicos nas áreas com relevo mais plano ao norte. Em menores proporções podem ocorrer PLANOSSOLOS NÁTRICOS, NEOSSOLOS REGOLÍTICOS e NEOSSOLOS FLÚVICOS (Solos Aluviais), de grande importância como área de irrigação (BRASIL, 1972; ELC, 1978).

A vegetação predominante em todo o município e região, é a caatinga hiperxerófila com características fisionômicas (porte e densidade) bastante diversa, face às condições edafoclimáticas e à intensidade de sua utilização (MELO et al. 2004).

3.1.3. Águas superficiais

O município de Congo está situado na confluência dos riachos da Serra ou Espinho, também conhecido como rio de Umbuzeiro, e o riacho do Meio, como o rio de Monteiro,

ou Camalaú; após se confluírem com o riacho Sucuru, que corta a cidade de Sumé, ambos formam o rio Paraíba.

O suprimento de água ao município de Congo, PB, é assegurado pelo Açude Cordeiro, com capacidade máxima de acumulação de 69.965.945 m³ (Figura 2). Através da construção da Adutora do Congo, hoje o açude Cordeiro, abastece os municípios de Sumé, Serra Branca, São João do Cariri e o Distrito de Santa Luzia do Cariri.

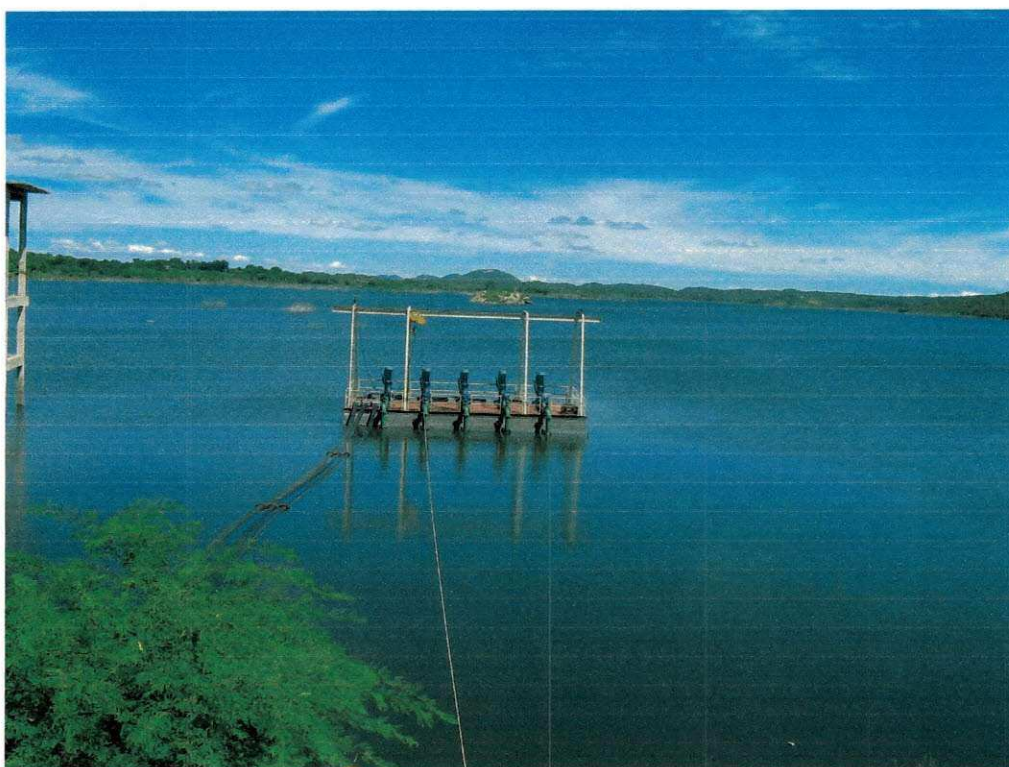


Figura 2. Vista parcial do ponto de captação de água do açude Cordeiro

3.2. Período e Locais de Amostragem

O trabalho de campo foi iniciado a partir de uma visita de reconhecimento e seleção da área de trabalho, que serviu de base para o planejamento das atividades de coleta de água e de solo.

Durante o período de estudo foram efetuadas duas coletas de amostras de água e de solo; a primeira coleta foi realizada no mês de maio de 2006, correspondendo ao período

após as chuvas, e a segunda no mês de dezembro do mesmo ano, referente ao período mais seco da região, período este em que não ocorreram precipitações no município.

Os pontos de coleta de água e de solo estão apresentados nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

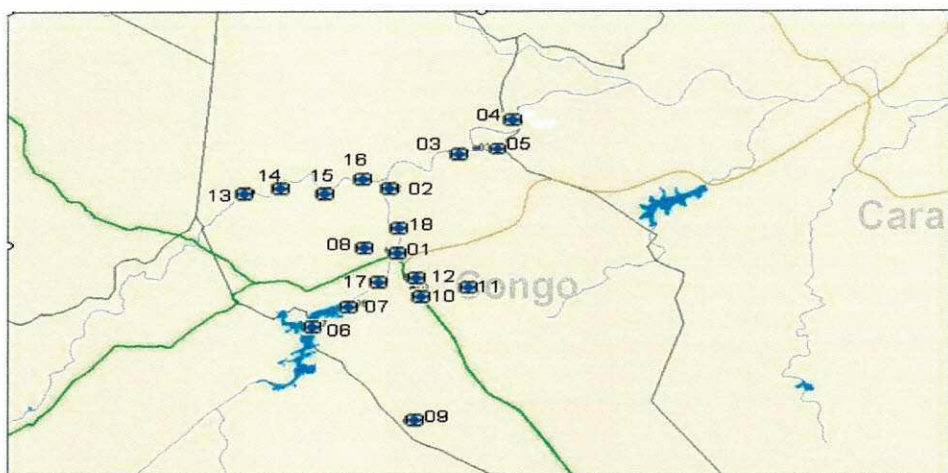


Figura 3. Localização dos pontos de coleta de água no município de Congo, PB

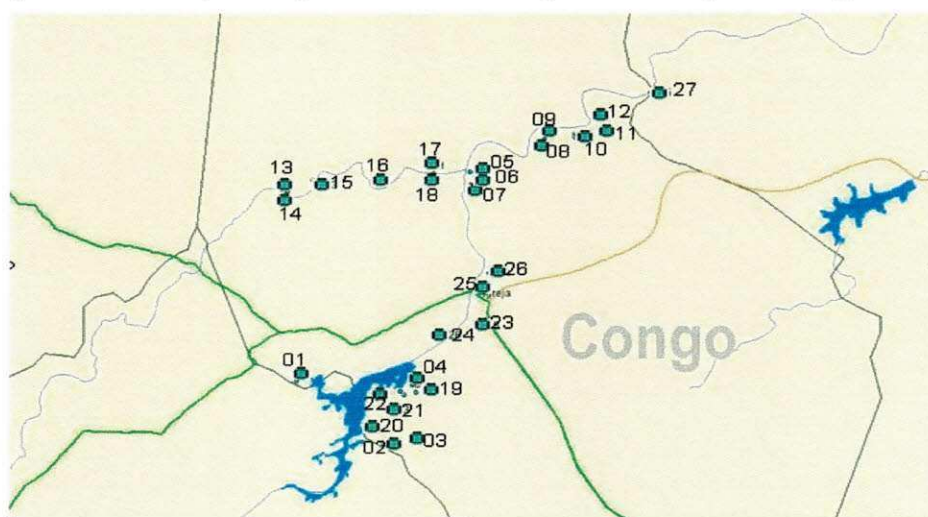


Figura 4. Localização dos pontos de coleta de solo no município do Congo, PB

3.3. Métodos de Amostragem

3.3.1. Procedimento de amostragem da água

As coletas de água foram realizadas em poços amazonas, poços tubulares, açudes, barreiros e rios, totalizando 18 pontos de amostragem de água. As características (nº da amostra e o tipo de fonte) de cada ponto de coleta, encontram-se na Tabela 1. Para coleta

das águas foram utilizadas garrafas plásticas de 0,5 litro. As garrafas foram lavadas de três a quatro vezes com a água do manancial a ser analisada. No caso da amostra de águas dos poços as coletas foram realizadas após 15 minutos de funcionamento da bomba. Para os açudes, rios e barreiros as garrafas foram mergulhadas rapidamente com a boca para baixo, até uma profundidade de 15 a 30 cm abaixo da superfície da água e, em seguida, inclinadas, direcionando-se suas bocas para cima. Depois das garrafas serem preenchidas até a borda, sem deixar espaço vazio (bolha de ar), foram fechadas imediatamente com as suas próprias tampas, de modo a não deixar vazamento. Após o procedimento de coleta as garrafas foram identificadas com a data de coleta, tipo de fonte e nome da propriedade. Coletadas as amostras, elas foram enviadas imediatamente ao laboratório. Durante a viagem, se evitou que as garrafas ficassem expostas a temperaturas acima de 25°C, acondicionando-as em caixas térmicas com gelo (SIMPLÍCIO; SANTOS, 2004).

Tabela 1. Relação dos pontos de coleta das amostras de água e identificação dos tipos de fonte

Ponto de coleta	Tipo de Fonte	Sigla
1, 2, 3, 9, 13, 14, 15, 16, 17 e 18	Poço Amazonas	PA
8, 10, 11 e 12	Poço Tubular	PT
6 e 7	Açude	A
4	Rio temporário	R
5	barreiro	B

3.3.2. Procedimento de amostragem do solo

As amostras de solos foram coletadas em áreas irrigadas e não irrigadas. Ressalta-se que as áreas que foram consideradas não irrigadas em algum momento anterior às coletas, já haviam sido irrigadas; no entanto, no período de desenvolvimento da presente pesquisa (maio/06 a dezembro/06) essas áreas não estavam sendo irrigadas. Em cada ponto selecionado das áreas não irrigadas e irrigadas (Tabela 2) foram coletadas cinco amostras simples de solo para formar uma amostra composta. No primeiro momento de coleta, período das chuvas, as amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e de 20 – 40 cm; já no segundo período de coleta, período seco, as amostras de solo foram

coletadas de 0 – 5 cm e de 5 – 20 cm de profundidade no intuito de se observar se haveria maior acúmulo de sais na camada superficial dos terrenos.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos colocando-se anotações e etiquetas no seu interior e exterior. Devidamente etiquetadas, foram encaminhadas para o laboratório onde foram analisadas.

Tabela 2. Relação dos pontos de coleta das amostras de solo e identificação dos solos das áreas não irrigadas e irrigadas

Ponto de Coleta	Solo	Sigla
<u>Área não Irrigada</u>		
1	LUVISSOLO HÁPLICO Órtico	TXo
8, 11	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	RLe
6, 13, 14, 15, 23, 26	NEOSSOLO FLÚVICO Psamíticos	RYq
<u>Área Irrigada</u>		
2, 4, 19, 22, 24, 27	LUVISSOLO HÁPLICO Órtico	TXo
3, 10, 20, 21	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	RLe
5, 7, 9, 12, 16, 17, 18, 25	NEOSSOLO FLÚVICO Psamíticos	RYq

3.4. Dados Pluviométricos

Os dados de precipitação pluviométrica da região e do volume do Açude Cordeiro, foram cedidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/SECTMA).

3.5. Procedimentos Analíticos

As análises das amostras de água e de solo foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola-Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG) onde foram determinadas as seguintes características:

3.5.1. Água

3.5.1.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

Denomina-se potencial hidrogeniônico ou pH, a condição ácida ou alcalina de uma solução, dada pela concentração ativa do íon hidrogênio. Geralmente, os valores de pH baixo são influenciados pela dissociação do ácido carbônico e, por outro lado, as reações dos íons carbonatos e bicarbonatos com moléculas de água, elevam os valores para a faixa alcalina (ESTEVES, 1998). Quando existe um equilíbrio entre esses dois processos, se produz um efeito tampão da mistura do carbonato-ácido carbônico, que atenua grandes flutuações dos valores de pH, mantendo as variações em limites mais ou menos estreitos (BRANCO, 1986).

O pH foi determinado seguindo-se a metodologia descrita em Apha (1998), e se utilizando um pHmetro da marca ORION, com eletrodo combinado MICRONAL, calibrado com soluções tampões de pH 4 e 7 ou 7 e 9.

3.5.1.2. Condutividade elétrica

A condutometria baseia-se na determinação da condutância elétrica de soluções iônicas. É a medida resultante da aplicação de uma força elétrica, que é diretamente proporcional ao número de íons presentes na solução; logo, a condutividade elétrica constitui bom indicador da concentração total dos sais na água (MOLLE; CADIER, 1992); para sua determinação, utilizou-se o método eletrométrico (APHA, 1998), empregando-se um condutivímetro de leitura direta do tipo Kondukto meter E527.

3.5.1.3. Cálcio e Magnésio

As concentrações de cálcio e magnésio foram determinadas pelo método de titulação (APHA, 1998), usando-se como solução titulante o EDTA 0,025N e soluções indicadoras de murexida e Eriocromo-T, respectivamente.

3.5.1.4. Sódio e Potássio

Determinaram-se as concentrações de sódio pelo método de fotometria de chama; as leituras foram realizadas usando-se um fotômetro da marca MICRONAL modelo B262, com filtros de sódio e potássio, respectivamente.

3.5.1.5. Cloretos

Empregou-se para determinação do cloreto, o método argentométrico de Mohr (APHA, 1998), usando-se uma solução de nitrato de prata 0,05N como titulante e como solução indicadora, o cromato de potássio a 5%.

3.5.1.6. Carbonatos e Bicarbonatos

As concentrações de carbonatos e bicarbonatos foram determinadas pelo método de titulação (APHA, 1998) usando-se como solução titulante, o ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 0,02 N e como soluções indicadora a Fenolftaleína e o metil orange, respectivamente.

3.5.1.7. Ferro

O ferro é um elemento muito freqüente na superfície da terra; conseqüentemente, seus compostos são encontrados em todos os corpos d'água, mesmo que em concentrações reduzidas (ESTEVES, 1998). Para sua determinação utilizou-se o método espectrofotométrico (APHA, 1998), fazendo-se a leitura no comprimento de onda de $480\mu m$.

A partir dos resultados das determinações já citadas, foram calculados os seguintes parâmetros:

3.5.1.8. Sulfatos

Os sulfatos foram estimados pela seguinte equação:

$$\text{Sulfato (mmol}_c \text{ L}^{-1}) = [(\text{CO}_3^{=} + \text{HCO}_3^- + \text{Cl}^-) - \text{CEa}] - 10\%. \quad \text{Eq. 1}$$

No caso dos resultados serem expressos em mg L^{-1} multiplicam-se aqueles expressos em $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ pelo fator 48.

3.5.1.9. Alcalinidade

A alcalinidade de uma água é definida como sua capacidade de neutralizar ácidos. Embora muitos compostos possam contribuir para a alcalinidade da água, a maior proporção de alcalinidade é causada por 3 formas principais: hidróxidos (OH^-), carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$) e bicarbonatos (HCO_3^-) (SAWYER; McCARTY, 1987).

A alcalinidade em carbonatos, em bicarbonatos e a alcalinidade total, foram calculadas pelas equações a seguir:

$$\text{Alcalinidade em } \text{CO}_3^{=} \text{ (mg L}^{-1}) = \text{CO}_3^{=} \text{ (mmol}_c \text{ L}^{-1}) \times 50 \quad \text{Eq. 2}$$

$$\text{Alcalinidade em } \text{HCO}_3^- \text{ (mg L}^{-1}) = \text{HCO}_3^- \text{ (mmol}_c \text{ L}^{-1}) \times 50 \quad \text{Eq. 3}$$

$$\text{Alcalinidade Total (mg L}^{-1}) = \text{Alcalinidade em } \text{CO}_3^{=} + \text{Alcalinidade em } \text{HCO}_3^- \quad \text{Eq. 4}$$

3.5.1.10. Dureza total

A dureza é causada pela presença de cátions bivalentes, dos quais o cálcio e o magnésio são os mais abundantes. Águas de mananciais superficiais ou subterrâneos, adquirem dureza pelo contato com formações geológicas de calcário. No Nordeste brasileiro, onde os terrenos são ricos neste elemento, as águas têm abundantes sais de cálcio e magnésio, principalmente na forma de carbonatos e bicarbonatos, ocasionando problemas de dureza nas águas (SAWYER; McCARTY, 1987).

A quantificação da dureza foi determinada pelo método empírico, com base nas concentrações de cálcio e magnésio, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Dureza (mg L}^{-1}\text{)} = \frac{[(\text{leitura do Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) \times 0,025 \times 1000]}{20} \times 50 \quad \text{Eq.5}$$

em que:

Normalidade do EDTA = 0,025N

Volume da alíquota de água = 20 ml.

3.5.1.11. Razão de Adsorção de Sódio corrigida (RAS^o)

A RAS corrigida foi calculada a partir da equação:

$$RAS^o = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca^o + Mg)}{2}}} \quad \text{Eq.6}$$

em que:

Na - Concentração de sódio na água, em mmol_c L⁻¹

Ca^o - Concentração de cálcio na água, corrigida pela relação HCO₃⁻ / Ca⁺⁺ (mmol_c L⁻¹) e CEa (dS m⁻¹), de acordo com a Equação 7.

Mg - Concentração de Magnésio na água, em mmol_c L⁻¹.

Para determinação do Ca^o usou-se a Equação 7 ajustada por Medeiros (1992).

$$Ca^o = (0,956 + 0,0564 \text{ CEa} + 1,0645 \text{ CEa}^{0,09565}) \times (\text{HCO}_3^- / \text{Ca})^{-0,667} \quad \text{Eq. 7}$$

3.5.2. Solo

No laboratório as amostras de solo após secagem ao ar, foram destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira com malha de 2,0 mm de abertura; para sua caracterização, foram realizadas as seguintes determinações:

- Químicas: pH em água (1:2,5) (solo:água), condutividade elétrica em água 1:2,5 (solo:água), cátions trocáveis, fósforo assimilável e carbono orgânico; pH e condutividade elétrica da pasta de saturação, condutividade elétrica do extrato, cátions e ânions solúveis.
- Físicas: análise granulométrica, densidade aparente, densidade real, porosidade total, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível.

3.5.2.1. Químicas

O pH, CE em água, cátions trocáveis, fósforo assimilável e carbono orgânico, foram determinados usando-se a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997).

Calculou-se a matéria orgânica multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724.

A Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do solo foi calculada pela seguinte equação:

$$\text{PST (\%)} = \frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}} \cdot 100 \quad \text{Eq. 8}$$

em que:

$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ - concentrações expressas em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$.

A pasta saturada para determinação do pH e retirada do extrato para análise da salinidade do solo, foi preparada de acordo com procedimento descrito por Richards (1954), a qual foi deixada em repouso durante 12 horas. O extrato foi retirado mediante uma bomba de vácuo comum.

No extrato de saturação as análises de pH, CE, cátions e ânions solúveis, seguiram o mesmo método descrito para as análises de água recomendada em APHA (1998).

A RAS do extrato de saturação foi calculada pela Equação 6.

3.5.2.2. Físicas

A análise granulométrica foi feita através do método do densímetro, utilizando-se o NaOH 1N como agente dispersante. Para determinação da densidade aparente usou-se o método da proveta; na densidade real, o método do balão volumétrico, que usa o álcool metílico para medir o volume deslocado por uma massa de solo conhecida, em um frasco de 50ml. No cálculo da porosidade total empregou-se a equação a seguir:

$$\text{Porosidade Total (\%)} = \frac{\text{Densidade real} - \text{Densidade aparente}}{\text{Densidade real}} \times 100 \quad \text{Eq. 9}$$

Todas essas metodologias seguiram os procedimentos descritos por EMBRAPA (1997).

Obtiveram-se a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente nas tensões de 0,033 MPa e 1,5 MPa, respectivamente, em panela a pressão (Extrator de Richards) seguindo-se o procedimento descrito por Richards (1954). No cálculo da água disponível empregou-se a equação a seguir:

$$\text{AD (\%)} = \text{CC (\%)} - \text{PMP (\%)} \quad \text{Eq. 10}$$

em que: AD – água disponível para as plantas;
CC – capacidade de campo
PMP – ponto de murcha permanente

3.6. Classificação das Águas

As águas foram classificadas, quanto à conveniência para irrigação, de acordo com o perigo de salinidade e sodicidade, pelos padrões propostos por Richards (1954) (Quadro 3).

Quadro 3. Classificação de água quanto ao grau de salinidade e sodicidade

Classe de salinidade	Faixa de CEa (dS m ⁻¹)	Risco de salinidade	Classe de sodicidade	Faixa de RAS (mmol _c L ⁻¹)	Risco de sodicidade
C ₁	< 0,25	Baixo	S ₁	RAS < 18,87 – 4,44 log CEa	Baixo
C ₂	0,25 - 0,75	Médio	S ₂	18,87 – 4,44 log CEa < RAS < 31,31 – 6,66 log CEa	Médio
C ₃	0,75 – 2,25	Alto	S ₃	31,31 – 6,66 log CEa < RAS < 43,75 – 8,87 log CEa	Alto
C ₄	> 2,25	Muito Alto	S ₄	RAS > 43,75 – 8,87 log CEa	Muito Alto

Para se interpretar a qualidade da água para irrigação, tomaram-se como base as diretrizes preconizadas pela UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS (1974), citadas por Ayers e Westcot (1991) (Quadro 4) e, para abastecimento humano, conforme a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005; utilizou-se ainda, a Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25 de março de 2004. Quando o parâmetro não era referenciado na Resolução nem na Portaria, as referências da OMS (1999) foram tomadas como base e todas estabelecem os padrões de potabilidade da água, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 4. Diretrizes para se interpretar a qualidade da água para fins de irrigação¹ (AYERS; WESTCOT, 1991)

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	RESTRICÇÃO AO USO		
		NENHUMA	LIGEIRA A MODERADA	SEVERA
<u>Salinidade</u> (afeta a disponibilidade de água para a cultura)				
CEa	dS m ⁻¹	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
SDT	mg L ⁻¹	< 450	450 - 2000	> 2000
<u>Infiltração</u> (Efeitos sobre a taxa de infiltração da água no solo a partir da avaliação conjunta entre RAS e CE)				
RAS= 0 - 3 e CEa=		> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
RAS= 3 - 6		> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
RAS= 6 - 12		> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
RAS= 12 - 20		> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
RAS= 20 - 40		> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9
<u>Toxicidade de Íons Específicos</u> (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na ⁺)				
Irrigação superficial	RAS	< 3	3 - 9	> 9
Irrigação aspersão	(mmol _c L ⁻¹) ^{1/2}	< 3	> 3	
Cloro (Cl ⁻)				
Irrigação superficial	(mmol _c L ⁻¹)	< 4	4 - 10	> 10
Irrigação aspersão	(mmol _c L ⁻¹)	< 3	> 3	
Boro	(mg L ⁻¹)	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3
<u>Outros Problemas</u> (afetam culturas sensíveis)				
Nitrogênio (N- NO ₃ ⁻)	(mg L ⁻¹)	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻) (apenas aspersão convencional)	(mmol _c L ⁻¹)	< 1,5	1,5 - 8,5	> 8,5
pH	faixa normal	6,5 - 8,4		

1-Fonte: University of Califórnia Committee of Consultants, 1974

3.7. Classificação dos Solos quanto a Salinidade e Sodicidade

Os critérios adotados para classificação de salinidade e sodicidade do solo, foram definidos em função da condutividade elétrica (CE), do percentual de sódio trocável (PST) e do pH do extrato de saturação, conforme proposta do Comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo (BOHN; McNEAL; O'CONNOR, 1985) (Quadro 5).

Quadro 5. Critérios para classificação de salinidade e sodicidade do solo

Denominação	CE (dS m ⁻¹)	PST	pH
Salino	>2	<15	< 8,5
Salino/sódico	>2	>15	< 8,5
Sódico	<2	>15	≥ 8,5
Normal	<2	<15	< 8,5

O parâmetro salinidade também foi observado levando-se em conta a influência da salinidade do solo no crescimento das plantas e se considerando a condutividade elétrica, conforme U.S. Salinity Laboratory Staff (1969) (Quadro 6).

Quadro 6. Influência da salinidade do solo no crescimento das plantas

Categoria	CE (dS m ⁻¹)	Influência para as plantas
Não salino	0 - 2	Salinidade imperceptível
Ligeiramente salino	2 - 4	Plantas muito sensíveis podem ser afetadas
Medianamente salino	4 - 8	Rendimento de várias plantas são afetadas
Fortemente salino	8 - 16	Somente plantas tolerantes produzem satisfatoriamente
Muito fortemente salino	>16	Pouquíssimas plantas tolerantes se desenvolvem satisfatoriamente

O parâmetro sodicidade foi observado tendo em vista apenas a percentagem de sódio trocável, conforme Pizarro (1985) (Quadro 7).

Quadro 7. Classificação dos solos, segundo sua PST

Classe	PST
Não sódico	< 7
Ligeiramente sódico	7 – 11
Medianamente sódico	11 – 20
Fortemente sódico	21 – 30
Excessivamente sódico	> 30

3.8. Aplicação de Questionários

Um questionário, com a finalidade de levantar informações agronômicas relativas às áreas, foi aplicado a todos os proprietários de cujos solos se coletaram as amostras (Apêndice 1).

3.9. Tratamento Estatístico

Todos os dados obtidos das amostras de água e solo foram analisados através de métodos de estatística descritiva; utilizaram-se as ferramentas do "Microsoft EXCEL for Windows 98", e se calcularam, para todos os dados do período de estudo, a média, como medida de tendência central, e os valores máximos e mínimos. As medidas de dispersão foram avaliadas através do desvio padrão (dispersão absoluta) e coeficiente de variação – CV (dispersão relativa). De acordo com os valores de CV, a variabilidade das medidas descritivas das características dos solos foi classificada, segundo Warrick e Nielsen (1980) em baixa ($CV < 12$), média ($12 < CV < 62$) e alta ($CV > 62$).

- Para as águas

Fez-se a análise de correlação utilizando-se os pontos de água e se correlacionando todas as variáveis físico-químicas, para observação da existência ou não de correlação estatisticamente significativa entre os parâmetros estudados. A correlação linear foi determinada pelo programa STAT 7.0, utilizando o teste de correlação de Pearson, com nível de significância de 1 e 5% de probabilidade.

Com o objetivo de se conhecer a interdependência dos parâmetros estudados, determinou-se a correlação entre a condutividade elétrica e os parâmetros cujo coeficiente de correlação (r) com esta variável foi superior a 0,80.

- Para o solo

Relacionou-se a RAS do extrato de saturação com a PST do solo de todas as parcelas com as quais se efetuou a coleta de solo.

- Para solo e água

Relacionou-se a RAS da água de irrigação com a PST da camada superficial do solo das parcelas irrigadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dados Climatológicos

4.1.1. Precipitação pluviométrica

No município de Congo, PB, no ano de 2006 a precipitação foi de 498,3 mm; portanto, um pouco inferior à precipitação média anual, que é de 555,9 mm. O período chuvoso teve início no mês de março estendendo-se até junho, ocasião em que ocorreram 92,51% da precipitação anual (Figura 5). Observa-se um retardamento do início das chuvas, de fevereiro para março; compensado, contudo, por um prolongamento acima dos valores médios das precipitações para os meses de maio e junho demonstrando, assim, uma distribuição melhor da precipitação, ao longo do período chuvoso. Março e abril, meses freqüentemente mais chuvosos, também foram os que apresentaram as maiores precipitações. Em março, a precipitação acumulada foi de 137 mm e, em abril, de 118 mm perfazendo, no conjunto, um percentual de 51% da precipitação anual.

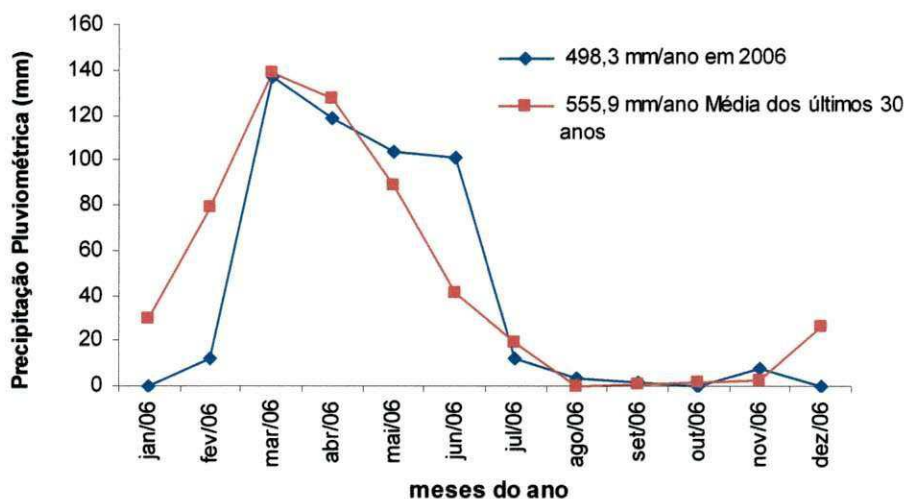


Figura 5. Variação mensal da precipitação pluviométrica (mm) no ano de 2006, acompanhada da precipitação média dos últimos 30 anos no município de Congo, PB. Fonte: AESA/DNOCS/CAGEPA

4.1.2. Variação do volume de água do açude Cordeiro

A evolução do volume de água armazenado nos últimos 10 anos do açude Cordeiro, principal reservatório do município de Congo, PB, é apresentada na Figura 6 a partir da qual se observa que os volumes de água acumulados apresentaram níveis diferenciados, oscilando em valores bem baixos após os anos críticos de seca, 1998 e 1999, anos esses relacionados ao El Niño (DINIZ, 2005), nos quais não ocorreu nenhum volume de recarga, e após o ano excepcional de 2004, ocasião em que o açude Cordeiro teve uma forte sangria.

No final de 1999 o açude Cordeiro se apresentava com menos de 15% de sua capacidade de armazenamento; já as chuvas que ocorreram em 2004 fizeram com que as águas do açude transbordassem pela primeira vez, desde a sua construção. No início deste estudo (maio/06), o volume de água armazenado no açude Cordeiro era de 55.113.000 m³ (78,77% da capacidade total de armazenamento) e foi reduzido ao longo de seis meses (junho/06 a dezembro/06) para 41.75.000 m³ (59,67% da capacidade). A redução de quase 20% do volume do açude, em parte causada pelo aumento da evaporação nos meses secos, contribuiu para a baixa concentração dos sais da sua água e, provavelmente, deve ter influenciado na condutividade elétrica e nos teores de cloretos das fontes dela dependentes, como é o caso da recarga dos poços ao longo do leito do rio e das áreas de irrigação abastecidas diretamente do manancial.

Embora não exista uma relação direta entre altura da precipitação e recarga do açude, pode-se observar que a partir do ano de 2000 até 2003, os picos de recargas foram menores; contudo, mais homogêneos, mantendo um volume médio de armazenamento, que embora baixo, permaneceu constante. A partir de 2004, ano de cheia, as variações dos níveis de recarga e depleções foram maiores ao longo dos anos, tendendo a uma queda do volume armazenado, fato que pode estar relacionado ao maior volume de evaporação em razão do aumento do espelho de água, muito embora a diminuição crescente do volume do açude possa ser atribuída ao aumento do consumo após a instalação da adutora, ampliando as redes de abastecimento locais e interligando cidades ao sistema adutor.



Figura 6. Evolução do volume armazenado nos últimos 10 anos do açude Cordeiro, município de Congo, PB. Fonte: AESA/DNOCS/CAGEPA

4.2. Água

4.2.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH das fontes de água em estudo oscilaram de acordo com o período chuvoso e de seca (Figura 7). Nas 18 e nas 16 amostras de água coletadas nos período de chuva (maio/06) e no período de seca (dezembro/06), respectivamente, pois duas fontes de água secaram no decorrer do ano, o pH variou de neutro para alcalino (7,0; 8,34) e de (7,0; 8,54) com valores médios de 7,54 e 8,03 nos períodos chuvoso e de seca, respectivamente.

A pequena variação do pH entre os dois períodos de coleta pode estar associada à alta alcalinidade e à capacidade de tamponamento, que permitem manter um pH mais ou menos estável no sistema (DINIZ, 2005).

A Resolução CONAMA considera os valores de pH de 6 a 9 normais para consumo humano e, segundo Ayers e Westcot (1991), o pH normal das águas usadas na irrigação varia entre 6,5 a 8,4. Com base nessas faixas de pH, pode-se dizer que as águas coletadas em todas as fontes tiveram pH adequado tanto para consumo humano quanto para irrigação.

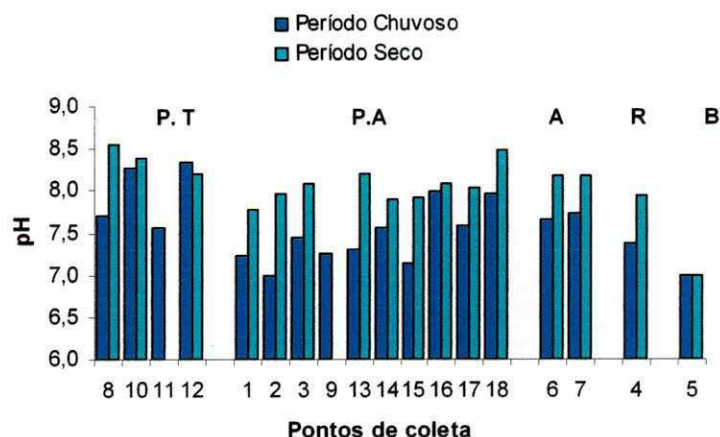


Figura 7. pH das águas coletadas em Poços Tubulares (PT), Poços Amazonas (PA), Açude (A), Rio (R) e Barreiro (B) em dois períodos do ano, no município de Congo, PB

Ceballos (1995) encontrou no açude de Bodocongó, em Campina Grande, valores de até 9,4 na época de verão, com mínimos de 7,9 na época de chuva. As águas coletadas na época de verão, dos Açudes Santo Antônio (São Sebastião do Umbuzeiro), Pocinhos e Poções (Monteiro), Camalaú (Camalaú), Sumé (Sumé), Serra Branca (Serra Branca) e Namorados (São João do Cariri), todos situados na região do cariri paraibano, tiveram seus valores de pH variando de 7,53 a 8,22 (SUDEMA, 2005). Esta faixa de pH é semelhante àquela encontrada nas águas objeto deste estudo. As fontes de água do Nordeste Brasileiro são consideradas ecossistemas aquáticos que, em geral, apresentam elevados valores de pH (ESTEVEZ, 1998).

Observa-se que, no geral, as variações do pH das águas dos poços Amazonas foram maiores, particularmente as dos pontos de coleta 1, 2, 3 e 13.

A explicação dos altos valores de pH se baseia, por um lado, na composição química dos solos, ricos em íons carbonatos e bicarbonatos e, por outro, no balanço hídrico negativo, cuja evaporação supera a precipitação, concentrando sais durante a época de estiagem, que influenciam no pH.

4.2.2. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) é a capacidade que a água possui de conduzir a corrente elétrica; este parâmetro é a expressão dos íons dissolvidos na água, que são partículas eletricamente carregadas. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos maior será a CE (MATHEUS et al.1995); logo, a CE constitui um bom indicador da concentração total dos sais na água (MOLLE; CADIER, 1992).

A CE das amostras de água variou de 0,06 a 2,60 dS m^{-1} , com média de 0,95 dS m^{-1} (períodos chuvoso) e de 0,09 a 4,22 dS m^{-1} com média de 1,20 dS m^{-1} (período da seca) (Tabela 3). Verifica-se que no período chuvoso os valores de CE das águas provenientes das diversas fontes foram menores em virtude, provavelmente, do efeito de diluição pelas águas das chuvas, enquanto, após este período ocorreu um aumento gradual da CE, ocasionado pela intensa evaporação de água na região que, nesta época, concentra os sais e, em consequência, eleva a CE (Figura 8).

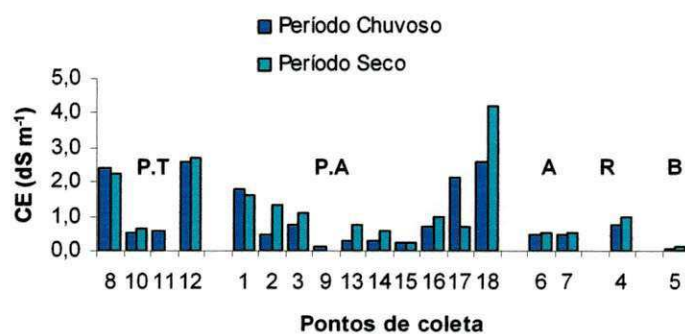


Figura 8. Condutividade elétrica (dS m^{-1}) das águas coletadas em Poços Tubulares (PT), Poços Amazonas (PA), Açude (A), Rio (R) e Barreiro (B) em dois períodos do ano no município de Congo, PB

Segundo Molle e Cadier (1992) a concentração de sais em uma água é perceptível ao paladar quando a CE atinge valores superiores a 0,8 dS m^{-1} . Levando em consideração este valor e os resultados de CE das amostras de água do Congo, PB, pode-se dizer que 27,8% e 50% das mesmas coletadas nos períodos chuvoso e seco, respectivamente, teriam sabor salgado e seriam desagradáveis para o ser humano.

Tabela 3. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a condutividade elétrica (dS m^{-1}) da água em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB

Medidas	Período Chuvoso (dS m^{-1})	Período Seco (dS m^{-1})
Máximo	2,60	4,22
Mínimo	0,06	0,09
Média	0,95	1,20
Desvio Padrão	0,89	1,06
CV (%)	93,79	88,63

Por outro lado, Sawyer e McCarty (1987) observam que numerosas comunidades ao redor do mundo consomem água com CE superior a $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, sem apresentar problemas de saúde.

A variação dos valores de CE observada da primeira para a segunda coleta se deve, provavelmente, ao efeito da concentração de sais decorrente da diminuição das precipitações pluviométricas e do aumento da evaporação ocorrido durante uma amostragem e outra; esta variação da CE mostra a variação da qualidade da água durante os dois períodos.

Levando em consideração os tipos de fontes, constata-se que, em termos médios, tanto no período chuvoso quanto no seco as águas dos poços tubulares são mais salinas que as águas dos poços amazonas e estas, por sua vez, são mais salinas que as águas de açude (Tabela 4), corroborando com os resultados de Medeiros (1992) que também encontrou, para as águas estudadas nos estados do RN, PB e CE, salinidade maior em águas de poços seguidas das de açudes; entretanto, não se deve prever a salinidade da água com base simplesmente na categoria de sua fonte, haja vista, tanto existem poços tubulares com água de salinidade baixa como também poços amazonas com salinidade alta, conforme se observa na Figura 8; salienta-se que no caso do ponto P5 (barreiro), suas águas sempre apresentaram níveis de salinidade baixos, como pode ser constatado na Figura 8. Medeiros (1992) também encontrou, para alguns corpos d'água de pequeno porte, níveis de salinidade baixos; contudo, como demonstram Molle e Cadier (1992), no período seco, não havendo utilização mas apenas perdas por evaporação, ocorrerá concentração salina.

De acordo com Ayers e Westcot (1991) o valor considerado normal para águas de irrigação é de 3 dS m^{-1} ; diante disto, todas as amostras de água coletadas no período chuvoso foram consideradas normais para este uso, enquanto no período seco apenas 1

amostra de água (6,25%) apresentou valores superiores ao valor considerado normal para irrigação.

Tabela 4. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a condutividade elétrica da água (dS m^{-1}), correspondentes às amostras de água coletadas em diferentes fontes de água em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB

Fonte	Medidas	Período Chuvoso	Período Seco
Poços Tubulares	Máximo	2,60	2,70
	Mínimo	0,51	0,62
	Média	1,53	1,85
	Desvio Padrão	1,13	1,09
	CV (%)	73,7	59,2
Poços Amazonas	Máximo	2,60	4,22
	Mínimo	0,13	0,24
	Média	0,93	1,27
	Desvio Padrão	0,89	1,18
	CV (%)	95,3	92,3
Açude	Máximo	0,47	0,54
	Mínimo	0,46	0,53
	Média	0,46	0,54
	Desvio Padrão	0,01	0,01
	CV (%)	2,29	1,32

4.2.3. Cátions (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+) e Ânions (Cl^- , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- e $\text{SO}_4^{=}$)

De acordo com os valores apresentados na Tabela 5, o íon sódio (Na^+) é o que predomina entre os cátions presentes nas águas, seja no período chuvoso como no período seco. Em uma seqüência decrescente, os teores médios dos cátions nas águas foram de $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$ nos dois períodos deste estudo, confirmando os resultados obtidos por Costa (1982) e Medeiros (1992) para a composição de águas provenientes da região semi-árida nordestina.

Comparando os teores dos cátions presentes nas amostras de água, vê-se que os teores de Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ aumentaram de um período para o outro, ou seja, do período chuvoso para o período seco; este aumento já era esperado uma vez que no período seco a baixa precipitação pluviométrica e a evaporação da água provocam um aumento na concentração dos elementos nas águas; ressalta-se, que a amostra de água coletada no P1

não entrou na estatística dos dados. Este ponto corresponde a um poço amazonas localizado nas proximidades de uma fossa séptica que recebe toda a carga de esgoto sanitário do município do Congo, PB. Na época da primeira coleta (período chuvoso), o poço amazonas estava recebendo contribuições da referida fossa que havia transbordado. Se os teores de cátions da amostra de água coletada neste ponto fossem considerados na análise descritiva dos dados, ter-se-iam teores maiores desses elementos no período chuvoso não refletindo, para os períodos em estudo, a real composição química desses elementos nas águas do município.

Tendo em vista as diferentes fontes de água, as maiores médias dos teores dos cátions foram, em geral, encontradas nas águas dos poços tubulares, tanto no período chuvoso quanto no período seco, corroborando com os altos valores de CEa, que também foi mais elevada neste tipo de fonte; provavelmente os altos valores de CE devem ter ocorrido, provavelmente, devido à presença desses íons na água.

De acordo com o que estabelece a OMS (1999) em relação aos valores máximos permissíveis dos cátions (Ca^{++} , Mg^{++} e K^+) presentes nas águas utilizadas para consumo humano e com base nos resultados das análises das águas coletadas nos dois períodos, diz-se que, em relação a todos esses elementos, todas elas são consideradas próprias para o consumo humano. Com respeito ao íon sódio, a Portaria do Ministério da Saúde recomenda um valor máximo permissível de 200 mg L^{-1} ; assim sendo, 77,7% (período chuvoso) e 81,3% (período seco) das águas apresentaram concentrações abaixo dos limites, sendo o seu uso recomendado para consumo humano.

Pelos valores referenciados por Ayers e Westcot (1991), em relação aos valores normais dos cátions presentes em águas de irrigação e com base nos resultados das análises das águas coletadas nos dois períodos, pode-se dizer que: em relação a Ca^{++} e ao K^+ todas elas são consideradas próprias para sua utilização na irrigação; no que se refere ao Mg^{++} , 83,33% e 93,75%, período chuvoso e seco, respectivamente, apresentou valores normais para irrigação; para o sódio, mais de 90% indicaram seus valores abaixo do limite recomendável para águas de irrigação.

Tabela 5. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para os cátions (mg L^{-1}) correspondentes às amostras de água coletadas, no período chuvoso e seco, e nas diferentes fontes de água, no município de Congo, PB

Medida	Período							
	Chuvoso				Seco			
	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K
Máximo	92,00	66,90	486,49	8,49	61,25	128,55	952,01	14,94
Mínimo	6,00	1,35	4,05	1,31	5,25	5,55	9,76	2,03
Média	34,91	25,01	149,64	4,65	35,35	33,88	174,55	7,67
Desvio Padrão	24,03	21,15	167,36	2,62	14,86	31,22	243,13	3,64
CV (%)	68,84	84,55	111,84	56,48	42,03	92,15	139,29	47,41
	Poço Tubular							
Máximo	56,25	66,90	423,01	8,49	61,25	78,15	401,85	10,64
Mínimo	18,25	11,10	92,92	2,75	19,50	13,35	80,22	3,46
Média	38,00	37,24	253,73	6,15	40,58	44,45	280,54	7,05
Desvio Padrão	15,60	25,15	183,46	2,44	20,88	32,48	174,76	3,59
CV (%)	41,06	67,55	72,31	39,69	51,45	73,07	62,30	50,88
	Poço Amazonas							
Máximo	92,00	63,45	486,49	8,49	47,50	128,5	952,01	14,94
Mínimo	11,75	5,25	4,05	1,31	15,00	10,65	25,21	2,03
Média	38,00	25,47	149,02	3,62	38,03	37,95	191,84	7,23
Desvio Padrão	30,10	21,82	179,61	2,29	10,50	37,32	310,05	4,18
CV (%)	79,22	85,69	120,53	63,25	27,62	98,33	161,62	57,81
	Açude							
Máximo	25,25	14,55	48,48	8,49	25,25	18,15	59,06	9,92
Mínimo	24,00	14,25	46,37	7,77	24,75	18,00	59,06	9,20
Média	24,63	14,40	47,42	8,13	25,00	18,08	59,06	9,56
Desvio Padrão	0,88	0,21	1,50	0,51	0,35	0,11	0,00	0,51
CV (%)	3,59	1,47	3,16	6,24	1,41	0,59	0,00	5,31

Em relação aos ânions e de acordo com a Tabela 6, o íon cloreto (Cl^-) predomina entre os ânions presentes nas águas, seja no período chuvoso ou no período seco. Em uma seqüência decrescente e se considerando os teores médios dos ânions nas águas, tem-se $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{CO}_3 > \text{SO}_4^{=}$ nos dois períodos desse estudo; a relação seqüencial foi também a encontrada por Medeiros (1992) para a composição aniônica de águas da região semi-árida.

Comparando os teores dos ânions presentes nas amostras de água (Tabela 6), observa-se que os teores de todos os elementos aumentaram, corroborando com a afirmativa de que no período chuvoso, devido à ocorrência das chuvas que provocam o

efeito de diluição, os elementos se encontram em menores concentrações; já para o período seco ocorre, devido à diminuição das precipitações, a concentração dos elementos.

Assim como aconteceu com os cátions e tendo em vista as diferentes fontes de água, em geral as maiores médias dos teores dos ânions também foram encontradas nas águas dos poços tubulares para os dois períodos em estudo.

De acordo com o que estabelecem a Resolução do CONAMA e a Portaria do Ministério da Saúde em relação aos valores limites dos ânions (Cl^- e SO_4^{2-}) presentes nas águas utilizadas para consumo humano e com base nos resultados das análises das águas coletadas nos dois períodos, pode-se dizer, em relação ao cloreto, que 16,7% (período chuvoso) e 37,5% (período seco), se apresentaram acima dos limites estabelecidos pela resolução. Os cloretos não são nocivos ao homem, mas em concentrações em torno de 250 mg L^{-1} , apenas conferem gosto salgado à água que é, muitas vezes, rejeitada pelo consumidor (SAWYER; McCARTY, 1987). As amostras de água coletadas no período chuvoso não apresentaram problemas em relação ao íon sulfato porém, dentre aquelas coletadas no período seco, 6,25% (1 amostra - P18) estiveram acima do valor permissível para consumo; este ponto se localiza próximo à cidade e recebe contribuições de poluentes da mesma. Como altos níveis de sulfato têm a ver com poluição, diz-se que a maior concentração deste elemento na amostra ocorreu em razão dessas contribuições.

Pelos valores referenciados por Ayers e Westcot (1991) quanto aos valores normais dos ânions (Cl^- e SO_4^{2-}) presentes em águas de irrigação e com base nos resultados das análises das águas coletadas nos dois períodos, pode-se dizer, em relação ao íon SO_4^{2-} , que em ambos os períodos de coleta todas as amostras de água foram consideradas próprias para sua utilização na irrigação; para o Cl^- , no período seco todas as amostras de água foram consideradas próprias para sua utilização na irrigação, enquanto, no período chuvoso apenas 6,25% (correspondentes a apenas 1 amostra) apresentaram limites superiores ao referenciado por Ayers e Westcot (1991). Como esta água foi coletada em um poço localizado próximo à cidade, provavelmente o seu teor de cloreto, excedendo o limite para irrigação, pode ter sido influenciado por contribuições da cidade, uma vez que, segundo Philippi, Romero e Bruna (2004), o aumento do teor de cloretos na água indica a presença de esgotos, em virtude da excreção do cloreto na urina.

Tabela 6. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para os ânions (mg L^{-1}) correspondentes às amostras de água coletadas no período chuvoso e seco, e nas diferentes fontes de água, no município de Congo, PB

Medida	Período							
	Chuvoso				Seco			
	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄
Máximo	48,00	392,84	598,22	141,60	49,20	496,54	1597,02	361,92
Mínimo	0,00	18,91	0,89	2,88	0,00	11,59	18,61	1,92
Média	9,56	178,51	172,40	35,32	16,60	191,21	289,27	42,50
Desvio Padrão	14,31	118,64	208,74	37,97	15,24	120,75	393,42	90,30
CV (%)	149,58	66,46	121,08	107,50	91,82	63,15	136,00	212,49
	Poço Tubular							
Máximo	48,00	392,84	492,76	113,28	45,60	496,54	564,54	17,28
Mínimo	0,00	231,80	13,29	2,88	15,60	199,47	58,49	4,32
Média	27,00	334,74	252,80	49,20	33,40	355,63	363,95	10,08
Desvio Padrão	21,77	71,19	273,51	48,44	15,76	149,12	268,83	6,60
CV (%)	80,61	21,27	108,19	98,46	47,20	41,93	73,86	65,47
	Poço Amazonas							
Máximo	13,20	305,61	598,22	141,60	49,20	308,66	1597,0	361,92
Mínimo	0,00	52,46	0,89	6,72	3,60	90,89	34,56	7,20
Média	5,10	161,22	206,85	36,72	16,53	181,64	349,97	67,57
Desvio Padrão	5,86	92,23	228,91	38,72	13,23	68,26	477,84	112,12
CV (%)	114,9	57,21	110,66	105,44	80,03	37,58	136,54	165,93
	Açude							
Máximo	4,80	115,29	81,54	15,36	9,00	124,44	102,81	6,24
Mínimo	4,80	103,70	77,10	7,68	4,80	111,02	101,03	1,92
Média	4,80	109,50	79,32	11,52	6,90	117,73	101,92	4,08
Desvio Padrão	0,00	8,20	3,13	5,43	2,97	9,49	1,25	3,05
CV (%)	0,00	7,48	3,95	47,14	43,04	8,06	1,23	74,87

Analisando-se pontualmente os resultados dos cátions e ânions presentes nas águas coletadas no município de Congo, PB, pôde-se constatar que as águas dos pontos P4, P5, P6, P7, P9, P10, P11, P13, P14, P15 e P16, em ambos os períodos deste estudo, são consideradas próprias para o consumo humano, de acordo com o que estabelecem a Resolução do CONAMA, a Portaria do Ministério da Saúde e a OMS (1999); no entanto, pelo fato da escassez de água de boa qualidade em muitas localidades da região semi-árida, a população consome águas que apresentam teores dos elementos acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA/MS/OMS, como foi constatado “in locu”, durante o trabalho de campo da presente pesquisa.

4.2.4. Alcalinidade Total

A alcalinidade total das amostras de água variou de 16 a 482,50 mg L⁻¹, com média de 183,22 mg L⁻¹ (período de chuva) e de 9 mg L⁻¹ a 558,5 mg L⁻¹ com média de 215,66 mg L⁻¹ (período da seca) (Tabela 7). Comparando-se os valores de alcalinidade entre as duas épocas de amostragem, verificam-se maiores valores durante a estiagem, conferindo maior capacidade de tamponamento às águas durante este período (ESTEVEES, 1998).

Tabela 7. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a Alcalinidade Total (mg L⁻¹) em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB

Medidas	Período Chuvoso (mg L ⁻¹)	Período Seco (mg L ⁻¹)
Máximo	482,50	558,50
Mínimo	16,00	9,00
Média	183,22	215,66
Desvio Padrão	132,14	141,88
CV (%)	72,12	65,79

Comumente as águas altamente alcalinas são desagradáveis ao paladar e têm encontrado objeção por parte dos consumidores; quanto a restrição do uso na irrigação por aspersão, águas com altos teores de bicarbonatos não são tóxicas porém podem formar depósitos brancos nas folhas e frutas, diminuindo o valor comercial dos produtos agrícolas. Nas águas de irrigação a determinação e o controle da alcalinidade total se tornam importantes com o objetivo de evitar problemas de corrosão e de incrustação nas tubulações (SAWYER; McCARTY,1987).

4.2.5. Dureza total

A dureza total das amostras de água variou de 20,63 a 490 mg L⁻¹, com média de 206,32 mg L⁻¹ (período de chuva) e de 36,25 a 624,38 mg L⁻¹, com média de 234,69 mg L⁻¹ (período de seca) (Tabela 8).

Tabela 8. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a Dureza (mg L^{-1}) em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB

Medidas	Período Chuvoso (mg L^{-1})	Período Seco (mg L^{-1})
Máximo	490,00	624,38
Mínimo	20,63	36,25
Média	206,32	234,69
Desvio Padrão	152,54	146,72
CV (%)	73,93	62,52

De acordo com o que estabelece a Portaria do Ministério da Saúde em relação aos valores limites da dureza na água utilizada para consumo humano (500 mg L^{-1}), pode-se dizer que todas as amostras de água coletadas no período chuvoso e 93,75% das amostras coletadas no período seco são consideradas próprias para o consumo.

De acordo com o valor de dureza, Sawyer e McCarty (1987) classificaram as águas como brandas ($0 - 75 \text{ mg L}^{-1}$), moderadamente duras ($75 - 150 \text{ mg L}^{-1}$), duras ($150 - 300 \text{ mg L}^{-1}$), e muito duras ($>300 \text{ mg L}^{-1}$); portanto, 38,9% e 27,8% das amostras de água coletadas no período chuvoso, foram classificadas moderadamente duras e muito duras, respectivamente. Em relação àquelas coletadas no período seco, tem-se 50% e 10,8% classificados como duras e muito duras, respectivamente.

O aumento da dureza no período de estiagem pode ter sido proporcionado pela concentração dos sais de carbonatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio, como consequência da evaporação das águas.

As águas duras têm sabor desagradável e podem causar efeitos laxativos no homem. Nas águas de irrigação a dureza pode causar incrustações nos equipamentos de irrigação, danificando-os e até mesmo interrompendo a irrigação.

4.2.6. Ferro Total

O ferro total das amostras de água variou de $0,07$ a $1,58 \text{ mg L}^{-1}$, com média de $0,31 \text{ mg L}^{-1}$ (período de chuva) e de $0,15$ a $4,68 \text{ mg L}^{-1}$, com média de $0,84 \text{ mg L}^{-1}$ (período de seca) (Tabela 9).

Tabela 9. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o Ferro (mg L^{-1}) em dois períodos de coleta, no município de Congo, PB

Medidas	Período Chuvoso (mg L^{-1})	Período Seco (mg L^{-1})
Máximo	1,58	4,68
Mínimo	0,07	0,15
Média	0,31	0,84
Desvio Padrão	0,37	1,32
CV (%)	120,50	156,41

Considerando que a concentração de ferro em águas para consumo humano recomendada pela Resolução CONAMA e pela Portaria do MS é de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$, no período chuvoso mais de 70% das águas analisadas possuíram valores deste elemento dentro dos normais mas no período seco 62,5% dessas águas apresentaram valores superiores aos do padrão proposto pela resolução.

Os coeficientes de variação (CV%) para as águas analisadas foram classificados alto para a CE, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , CO_3 , HCO_3 , Cl^- , SO_4^- , Alcalinidade Total, Dureza Total, Ferro Total, em ambos os períodos e médio para o K^+ .

Apesar do período entre as duas coletas de água ter sido relativamente curto, seis meses, neste intervalo de tempo ocorreu uma redução de 20% do volume do açude Cordeiro, o que deve ter contribuído para o aumento das concentrações de todos os parâmetros analisados nas águas coletadas no período seco e relacionadas com aquele reservatório. Essas concentrações poderiam ter sido ainda maiores caso as comportas do referido açude não tivessem sido abertas para perenizar o rio e contribuir para a renovação das águas dos poços amazonas, como aconteceu durante o período desta pesquisa; outro fato a ser considerado é que o período chuvoso no ano de 2006 foi atípico em relação à média dos últimos 30 anos (Figura 5), ou seja, ocorreu melhor distribuição da precipitação pluviométrica na região do município do Congo, PB durante os meses de março, abril, maio e julho, contribuindo para a lixiviação dos sais.

Um fato a se considerar é que, com a ocorrência de um período seco mais prolongado na região, fazendo diminuir o volume de água do açude Cordeiro, as concentrações observadas dos parâmetros analisados nas águas, poderão ser maiores aumentando, desta forma, o risco de uso dessas águas.

4.2.7. Classes de água para irrigação

A adequabilidade das águas estudadas durante os dois períodos de coleta, maio/06 (período chuvoso) e dezembro/06 (período seco), conforme classificação de Richards (1954) e Ayers e Westcot (1991), encontra-se na Tabela 10.

Tabela 10. Adequabilidade das amostras de água coletadas no período chuvoso e período seco, de acordo com as classificações de Richards (1954) e Ayers e Westcot (1991)

Ponto	Fonte	Classe de água conforme			
		Richards (1954)		Ayers e Westcot (1991)	
		Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco
1	PA	C ₃ S ₄	C ₃ S ₁	SS2-IF3-Na3-Cl3	SS2-IF1-Na2-Cl2
2	PA	C ₂ S ₁	C ₃ S ₁	SS1-IF3-Na3-Cl1	SS2-IF1-Na2-Cl2
3	PA	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	SS2-IF2-Na2-Cl2	SS2-IF2-Na2-Cl2
4	R	C ₂ S ₁	C ₃ S ₁	SS2-IF1-Na2-Cl2	SS2-IF2-Na2-Cl2
5	B	C ₁ S ₁	C ₁ S ₁	SS1-IF3-Na1-Cl1	SS1-IF3-Na1-Cl1
6	A	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	SS1-IF2-Na1-Cl1	SS1-IF2-Na1-Cl1
7	A	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	SS1-IF2-Na1-Cl1	SS1-IF2-Na1-Cl1
8	PT	C ₄ S ₁	C ₄ S ₁	SS2-IF1-Na3-Cl3	SS2-IF1-Na3-Cl3
9	PA	C ₁ S ₁	*	SS1-IF3-Na1-Cl1	*
10	PT	C ₁ S ₁	C ₂ S ₁	SS1-IF2-Na2-Cl1	SS1-IF2-Na2-Cl1
11	PT	C ₂ S ₁	*	SS1-IF2-Na2-Cl1	*
12	PT	C ₄ S ₁	C ₄ S ₁	SS2-IF1-Na3-Cl3	SS2-IF1-Na3-Cl3
13	PA	C ₂ S ₁	C ₃ S ₁	SS1-IF2-Na1-Cl1	SS2-IF1-Na1-Cl2
14	PA	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	SS1-IF2-Na1-Cl1	SS1-IF2-Na1-Cl1
15	PA	C ₁ S ₁	C ₁ S ₁	SS1-IF2-Na1-Cl1	SS1-IF2-Na1-Cl1
16	PA	C ₂ S ₁	C ₃ S ₁	SS1-IF2-Na2-Cl1	SS2-IF2-Na2-Cl2
17	PA	C ₃ S ₁	C ₂ S ₁	SS2-IF1-Na3-Cl3	SS1-IF2-Na2-Cl2
18	PA	C ₄ S ₁	C ₄ S ₂	SS2-IF1-Na3-Cl3	SS3-IF1-Na3-Cl3

• As fontes de água de onde foram retiradas as amostras 9 e 11 estavam secas no momento da 2ª coleta.

(1) Classificação proposta por Richards (1954). O "C" refere-se à salinidade e o "S" à sodicidade da água de irrigação, enquanto os números 1, 2, 3 e 4 correspondem, respectivamente, ao risco baixo, médio, alto e muito alto.

(2) Classificação citada por Ayers e Westcot (1990). O "SS" refere-se à salinidade, "If" à infiltração, "Na", à toxicidade do sódio e "Cl", à toxicidade do cloreto, enquanto os números 1, 2 e 3 para cada parâmetro correspondem, respectivamente, ao grau de restrição nenhum, ligeiro a moderado e severo no uso da água

Levando-se em consideração a classificação do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (RICHARDS, 1954) constata-se, na Tabela 11, que 33,3% do total das águas analisadas no período chuvoso apresentam risco de salinização alto a muito alto ($CE > 0,75 \text{ dS m}^{-1}$ – classes C_3 e C_4). No mês mais crítico do ano (período seco), este percentual aumentou para 56,25%. No que diz respeito ao risco de sodificação constata-se, no período chuvoso, que somente 5,6% das águas indicaram risco muito alto ($RAS > 43,75 - 8,87 \log CE$ – Classe S_4); já no período seco este percentual foi para 6,25% de águas apontando risco de sodificação médio ($18,87 - 4,44 \log CE < RAS < 31,31 - 6,66 \log CE$ – Classe S_2) isto é, dentre as águas analisadas os riscos de salinização acontecem com bem mais frequência que os de sodicidade. Resultados semelhantes foram obtidos por Leprun (1983) e Medeiros (1992).

Tabela 11. Porcentagem relativa das diferentes classes de água do município de Congo, PB, baseada na classificação de Richards (1954)

Classe	Perigo de		Qualidade da água	Período	
	Salinidade	Sodicidade		Chuvoso	Seco
C_1S_1	Baixo	Baixo	Excelente	16,7%	12,5%
C_2S_1	Médio	Baixo	Boa	50,0%	31,25%
C_3S_1	Alto	Baixo	Regular	11,0%	37,5%
C_3S_4	Alto	Muito alto	Inadequado	5,6%	-
C_4S_1	Muito alto	Baixo	Inadequado	16,7%	12,5%
C_4S_2	Muito alto	médio	inadequado	-	6,25%

Segundo Richards (1954) para se utilizar as águas contendo salinidade alta a muito alta e sodicidade média e muito alta, seria oportuno se adotar práticas especiais de manejo de solo e água, culturas persistentes aos sais e sob condições de solo de boa drenagem. Salienta-se que o uso inadequado das águas de alto ou muito alto perigo de salinidade poderá causar uma acumulação excessiva de sais principalmente nos solos de textura argilosa, caso em que é indispensável acrescentar, nas lâminas de água a serem aplicadas, a necessidade de lixiviação calculada de acordo com as recomendações de Richards (1954).

Com relação à classificação da adequabilidade de água para irrigação proposta pela Universidade da Califórnia e recomendada pela FAO (AYERS; WESTCOT, 1991), combinando-se os problemas potenciais citados nesta classificação se encontraram 8

classes de água na 1ª coleta: 1211, 1221, 1311, 1331, 2122, 2133, 2222 e 2333; e 9 diferentes classes de água na 2ª coleta: 1211, 1221, 1222, 1311, 2112, 2122, 2133, 2222 e 3133, sendo o 1º algarismo referente ao problema de salinidade, o 2º à infiltração, o 3º à toxicidade de Na^+ e o 4º à toxicidade de Cl^- , enquanto os números 1, 2 e 3 para cada classe correspondem, respectivamente, a restrições de uso nenhuma, ligeira a moderada e severa. Verifica-se que as classes 1211, 2133 e 1221 predominaram na 1ª coleta, com 28%, 22% e 17%, respectivamente, do total de análises; já na 2ª coleta as classes 1211 e 2122 são as predominantes, com 25% e 19%, respectivamente, do total de análises (Figura 9).

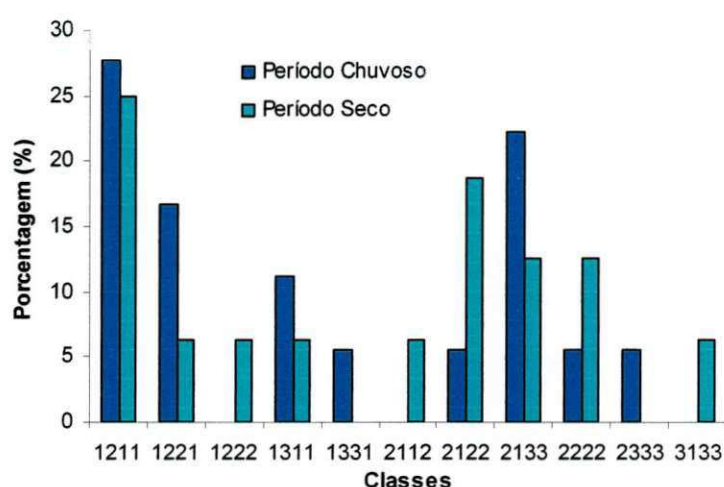


Figura 9. Porcentagem das diferentes classes de água classificadas quanto à salinidade, problemas de infiltração e toxicidades de Na^+ e Cl^- , segundo Ayers e Westcot (1991)

Observa-se, a partir da Figura 10, que 61,1% das amostras de água coletadas no período chuvoso não apresentaram problemas para irrigação, quanto ao perigo de salinidade, uma vez que seus valores de CE são menores que $0,7 \text{ dS m}^{-1}$; já o restante das amostras de água (38,9%) devido os seus valores de CE terem variado de $0,7$ a 3 dS m^{-1} , apresentaram grau de restrição ao uso para irrigação, ligeiro a moderado.

No período seco a porcentagem de amostras de água sem problemas para irrigação diminuiu para 37,50% aumentando, conseqüentemente, a porcentagem de amostras de água com problemas para irrigação; 56,25% mostraram grau de restrição ligeiro a moderado e 6,25% dessas amostras apresentaram restrição severa ($\text{CE} > 3,0 \text{ dS m}^{-1}$), respectivamente (Figura 10).

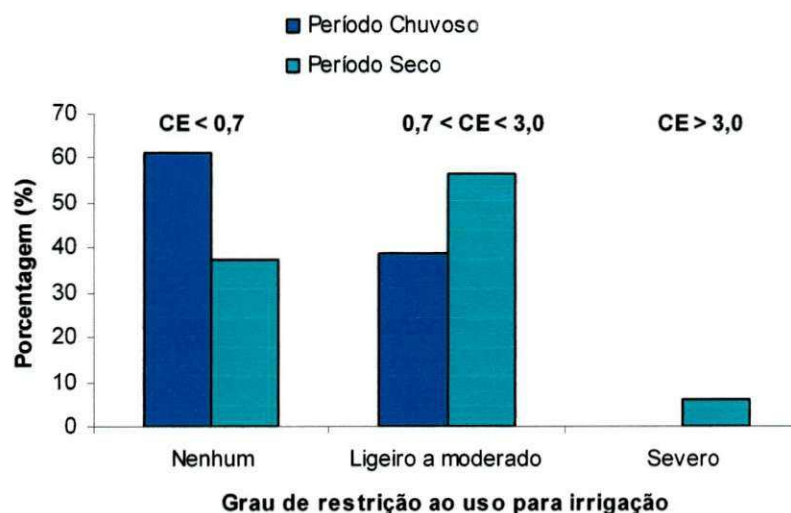


Figura 10. Porcentagem do grau de restrição ao uso da água quanto a conveniência para irrigação, baseada nas concentrações da CE (dS m^{-1}) das fontes de água, no município de Congo, PB

Apesar das águas com CE maior que $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ serem de restrição severa para uso na irrigação (AYERS; WESTCOT, 1991), em vários lugares do mundo têm sido utilizadas, com êxito para irrigação, águas salinas de até pelo menos $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ (RHOADES, KANDIAH; MASHALI, 2000); isto evidencia o fato de que a atual adequabilidade de determinada água para irrigação depende muito da necessidade relativa e dos benefícios econômicos que podem ser originados da irrigação com água salina comparada a outras alternativas.

Na interpretação da qualidade da água para fins de irrigação, segundo Ayers e Westcot (1991), a toxicidade do íon sódio para as culturas é avaliada através dos valores de Razão de Adsorção de Sódio (RAS); assim sendo e se considerando os resultados das análises das águas coletadas nos dois períodos, pode-se dizer que 50% delas não apresentaram no período chuvoso, restrição ao uso; dentre as demais amostras, 22% e 28% delas indicaram restrição severa e restrição variando de ligeira a moderada, respectivamente. Na segunda coleta, apenas 12,5% das amostras de água apresentaram restrição severa ao uso mas as demais não apresentaram restrição (43,75%) ou a restrição variou de ligeira a moderada (43,75%) (Figura 11).

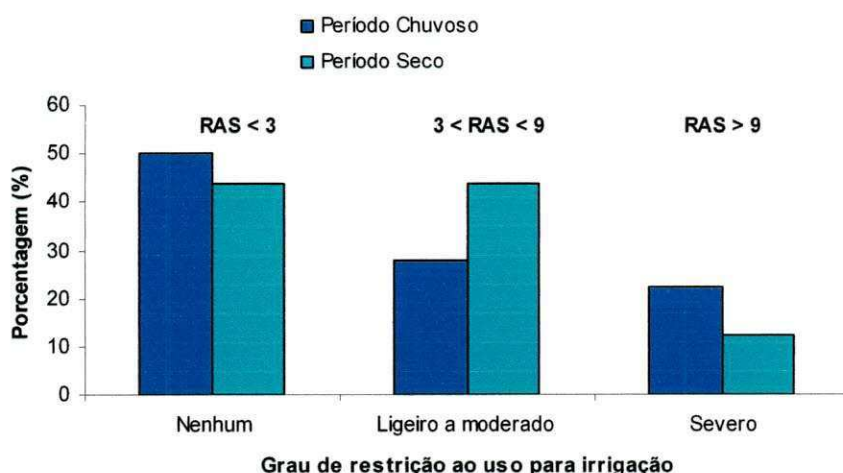


Figura 11. Porcentagem do grau de restrição ao uso da água quanto a conveniência para irrigação, baseada nas concentrações da RAS ($\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$)^{1/2} das fontes de água, no município de Congo, PB

Os valores de RAS, juntamente com os da CEa, são utilizados na avaliação do efeito do íon sódio sobre a taxa de infiltração de água nos solos. Levando em consideração os valores desses dois parâmetros, conclui-se que apenas 28% das amostras de água coletadas no período chuvoso não apresentaram restrição ao uso na irrigação, significando dizer, segundo Rhoades, Kandiah e Mashali, (2000) que, provavelmente essas águas, não provocarão encrostamento dos solos, causando problemas de permeabilidade dos mesmos. Dentre as demais amostras de água, 22% e 50% apresentaram restrição severa ao uso e restrição variando de ligeira a moderada, respectivamente; já no período seco se notou que 38% das amostras de água não apresentaram restrição ao uso para irrigação; 56% grau de restrição variando de ligeira a moderada e 6% restrição severa.

Muito embora a maior parte das águas analisadas tanto no período chuvoso quanto no seco tenham apresentado grau de restrição ao uso para irrigação, podendo provocar problemas potenciais sobre as taxas de infiltração dos solos, elas tem, porém, sido utilizadas indiscriminadamente pelos agricultores da região.

Ressalta-se, que essas águas estão sendo utilizadas para irrigação de culturas instaladas em áreas de solos do tipo LUVISSOLO HÁPLICO Órtico (TXo), NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico (RLe) e NEOSSOLO FLÚVICO Psamíticos (RYq). As conseqüências do uso dessas águas sobre a infiltração e/ou permeabilidade desses solos, serão mais pronunciadas nos solos TXo e RLe que nos solos RYq; estes, em geral, são mais profundos, menos argilosos e com maior drenabilidade que os anteriores; na

realidade, no caso dos RLe não só os problemas relacionados à infiltração e à permeabilidade mas, também, à capacidade morfoestrutural, representada pela sua pequena profundidade efetiva, torna-os inadequados para o uso agrícola com irrigação.

Na interpretação da qualidade da água para fins de irrigação, segundo Ayers e Westcot (1991), também é considerada a toxicidade do íon cloreto para as culturas. De acordo com os resultados das análises das águas coletadas no período chuvoso (Figura 12) observam-se os seguintes percentuais: 28% das amostras de água apresentaram severa restrição ao uso; 11% apontaram restrição de ligeira a moderada e os 61% das amostras restantes não indicaram restrição ao uso para irrigação. Para o período seco, os resultados foram os seguintes: 19% com severa restrição ao uso; 44% apresentando restrição de ligeira a moderada e 37,5% sem problemas para a sua utilização, conforme Ayers e Westcot (1991).

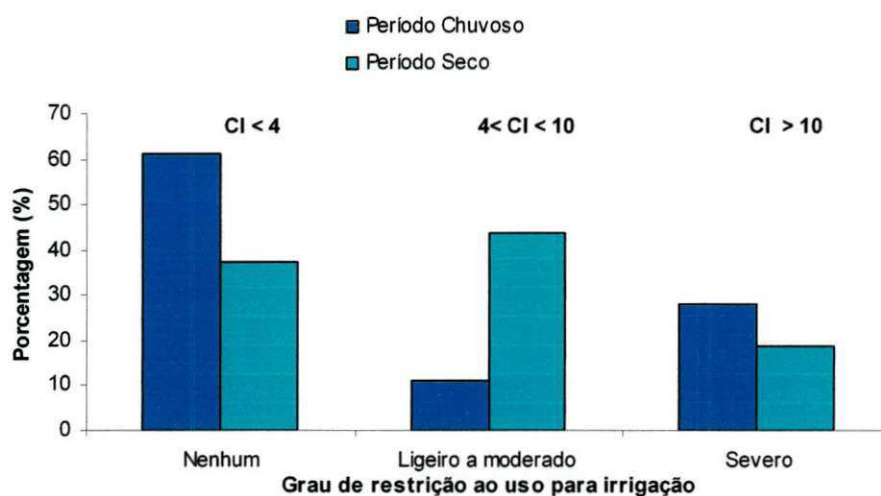


Figura 12. Porcentagem do grau de restrição ao uso da água quanto a conveniência para irrigação, baseada nas concentrações de Cl^- ($mmol_c L^{-1}$) das fontes de água, no município de Congo, PB

Culturas irrigadas por aspersão utilizando-se águas contendo concentrações elevadas dos íons Cl^- e Na^+ , são potencialmente sujeitas a danos adicionais causados por absorção foliar de sais e dessecação (queima) pelo contato das folhas com o jato de água (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000).

O fato da concentração dos íons Cl^- e Na^+ em água de irrigação a partir de $5 mmol_c L^{-1}$ já causar injúria foliar nas culturas de pimentão e tomate (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000), culturas essas predominantes no município em estudo, é preocupante,

haja vista que esses íons predominam nas águas do referido município e que o sistema atual de irrigação por sulco está sendo substituído por sistemas de microaspersão dentro de um programa estadual que visa minimizar o consumo de água para irrigação.

Com os dados apresentados, ressalta-se que aproximadamente 2/3 das águas amostradas no período seco devem ser utilizados apenas para irrigação de culturas tolerantes ao sais ou à toxicidade dos íons Na^+ e Cl^- tendo-se o cuidado da irrigação ser manejada adequadamente para evitar futuros problemas de infiltração.

Considerando-se os dois sistemas de classificação utilizados na avaliação da adequabilidade das águas (RICHARDS, 1954; AYERS; WESTCOT, 1999), constatou-se que houve semelhança quanto aos tipos de água empregados na irrigação, do município de Congo, PB.

4.2.8. Relações Empíricas entre as várias Características da Água

Apresenta-se, nas Tabelas 12 e 13, as matrizes de correlação linear para as diferentes características das águas estudadas em dois períodos distintos (chuvoso e seco). Verifica-se, para os dois períodos, que os coeficientes de correlação são, em sua maioria, altamente significativos ($p \leq 0,01$) e que, com exceção do pH, K e Fe (período chuvoso) e do Fe (período seco), as demais características apresentam pelo menos alguma relação, com coeficiente de correlação elevado $r > 0,60$ (período chuvoso) e $r > 0,63$ (período seco). Embora haja um grande número de relações significativas, do ponto de vista prático (para fins de prognóstico) apenas relações com coeficientes de correlação (r) acima de 0,80 são importantes, particularmente aquelas que envolvem a característica que possa ser determinada com precisão e facilidade como, por exemplo, a condutividade elétrica da água (MEDEIROS, 1992). As correlações entre CE e as diversas características químicas da água, apresentam grande interesse prático uma vez que pode fornecer imediatamente boa estimativa das principais características químicas da água; portanto, para essas relações os parâmetros “a” e “b” das equações do tipo linear $y = a + bx$ e potencial $y = ax^b$ e os coeficientes de determinação (r^2) se encontram nas Tabelas 14 e 15; salienta-se que essas equações foram obtidas a partir de 18 fontes de água (período chuvoso) e 16 fontes de água (período seco), englobando açude, poços tubulares, poços amazonas, rio e barreiro para águas com $\text{CEa} \leq 5,0 \text{ dS m}^{-1}$. Bernardo (2005) cita relações empíricas válidas para este limite de CEa.

Tabela 12. Matriz de correlação* para as características das águas estudadas (período chuvoso) no município de Congo, PB

Variáveis	pH	CEa	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Fe
CEa	0,49										
Ca ⁺⁺	0,16	0,82									
Mg ⁺⁺	0,41	0,97	0,87								
Na ⁺	-0,10	0,46	0,65	0,55							
K ⁺	0,38	0,66	0,57	0,67	0,41						
CO ₃ ⁼	0,65	0,74	0,30	0,63	0,26	0,47					
HCO ₃ ⁻	0,55	0,84	0,66	0,83	0,39	0,63	0,69				
Cl ⁻	0,36	0,98	0,88	0,97	0,53	0,64	0,63	0,74			
SO ₄ ⁼	0,59	0,82	0,52	0,75	0,15	0,44	0,64	0,58	0,77		
Fe	-0,42	-0,38	-0,40	-0,41	-0,19	-0,32	-0,29	-0,42	-0,37	-0,25	
RASc	-0,11	0,44	0,61	0,52	0,99	0,39	0,25	0,38	0,50	0,12	-0,19

* Coeficientes de correlação superiores a 0,48 e 0,60 são significativos a nível de 5 e 1% de probabilidade N = 18

Tabela 13. Matriz de correlação* para as características das águas estudadas (período seco) no município de Congo, PB

Variáveis	pH	CEa	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Fe
CEa	0,51										
Ca ⁺⁺	0,34	0,49									
Mg ⁺⁺	0,44	0,97	0,44								
Na ⁺	0,49	0,96	0,27	0,95							
K ⁺	-0,09	0,24	0,13	0,26	0,21						
CO ₃ ⁼	0,59	0,94	0,50	0,88	0,87	0,26					
HCO ₃ ⁻	0,54	0,78	0,63	0,71	0,65	-0,01	0,89				
Cl ⁻	0,44	0,95	0,31	0,97	0,98	0,29	0,83	0,57			
SO ₄ ⁼	0,30	0,75	0,05	0,81	0,86	0,19	0,55	0,24	0,90		
Fe	-0,69	-0,22	-0,35	-0,25	-0,19	0,13	-0,32	-0,33	-0,19	-0,04	
RASc	0,57	0,96	0,33	0,90	0,97	0,14	0,91	0,74	0,93	0,75	-0,22

*Coeficientes de correlação superiores a 0,51 e 0,63 são significativos a nível de 5 e 1% de probabilidade N = 16

Tabela 14. Parâmetros das equações de regressão e coeficiente de determinação para diferentes relações entre as características químicas das águas estudadas conjuntamente no período chuvoso.

Relação*	Modelo Linear			Modelo Potencial		
	a	b	r ²	a	b	r ²
Ca x CE	0,73	1,22	0,666	2,08	0,64	0,861
Mg x CE	0,35	1,95	0,944	2,43	0,89	0,927
HCO ₃ x CE	1,26	2,18	0,741	3,67	0,69	0,820
Cl x CE	-1,05	6,62	0,955	4,28	1,59	0,002
SO ₄ x CE	0,05	0,70	0,670	0,64	0,59	0,418

*As relações são provenientes de 18 pares de dados

Tabela 15. Parâmetros das equações de regressão e coeficiente de determinação para diferentes relações entre as características químicas das águas estudadas conjuntamente no período seco.

Relação*	Modelo Linear			Modelo Potencial		
	a	b	r ²	a	b	r ²
Mg x CE	0,10	2,30	0,944	2,50	0,77	0,926
Na x CE	-3,50	9,26	0,927	5,16	1,16	0,936
CO ₃ x CE	0,04	0,43	0,878	-	-	-
Cl x CE	-3,27	9,62	0,906	5,74	1,16	0,922
RAS x CE	-0,28	3,96	0,919	3,58	0,95	0,901

*As relações são provenientes de 16 pares de dados

Uma comparação entre o modelo linear e o modelo potencial revela que para as relações Ca x CE e HCO₃ x CE (período chuvoso) e Na x CE e Cl x CE (período seco), o modelo potencial melhora consideravelmente o nível de estimabilidade; recomenda-se, portanto, o uso do modelo potencial para essas relações e o modelo linear para as demais.

A dispersão dos dados para as relações Ca x CE, Mg x CE, HCO₃ x CE, Cl x CE, SO₄ x CE (período chuvoso) e para as relações Mg x CE, Na x CE, CO₃ x CE, Cl x CE e RAS x CE (período seco), é apresentada na Figura 13 (A, B, C, D e E) e na Figura 14 (A, B, C, D e E), respectivamente.

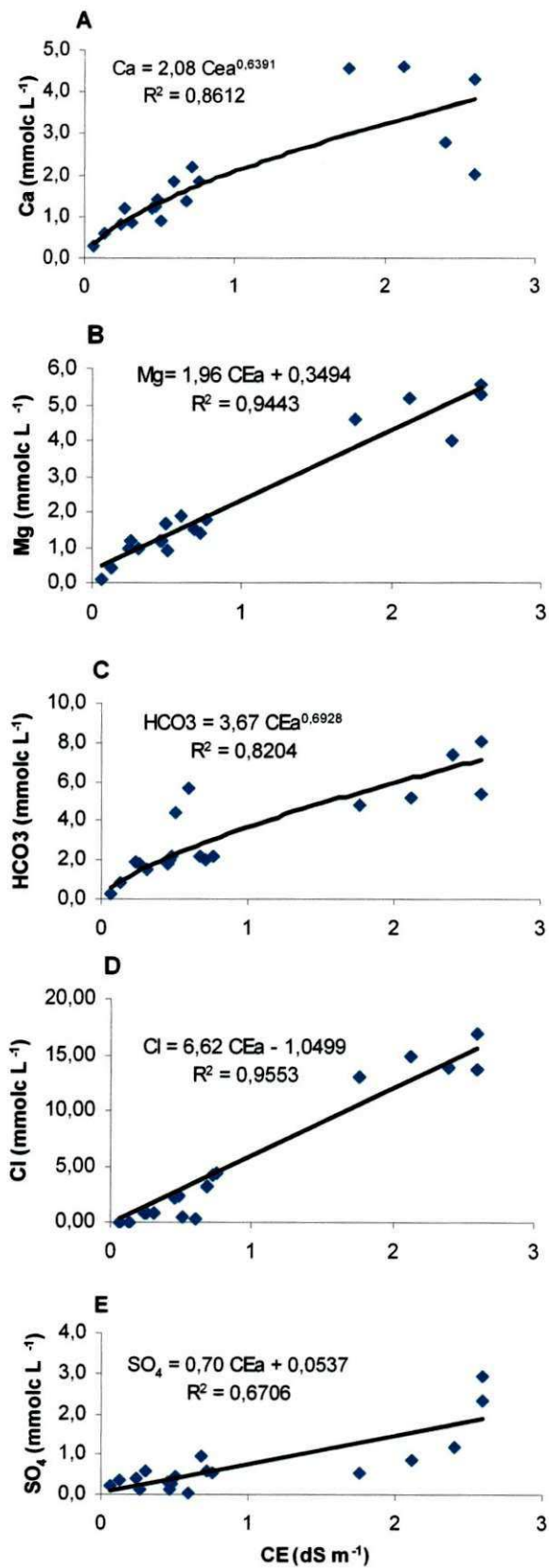


Figura 13. Dispersão relativa para a relação Ca x CE (A); Mg x CE (B); HCO x CE (C), Cl x CE (D) e SO₄ x CE (E) das águas coletadas no município de Congo, PB (período chuvoso)

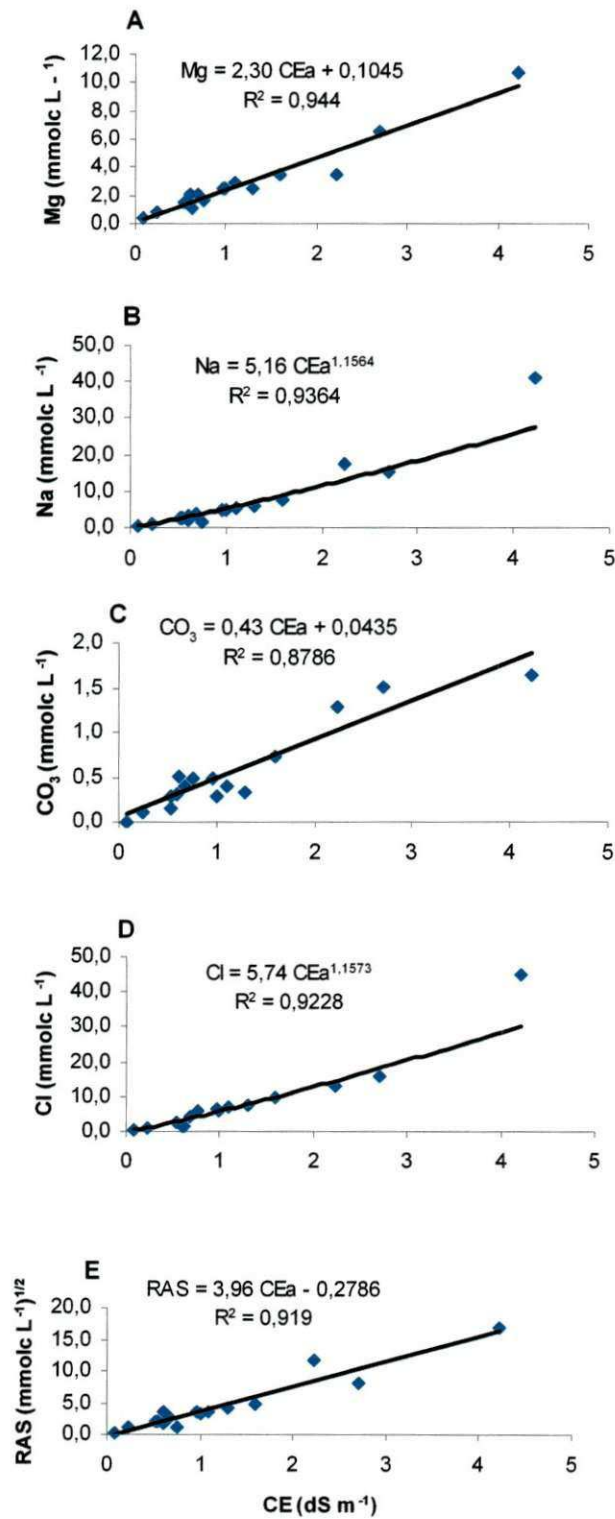


Figura 14. Dispersão relativa para a relação Mg x CE (A); Na x CE (B); CO₃ x CE (C), Cl x CE (D) e RAS x CE (E) das águas coletadas no município de Congo, PB (período seco)

Os altos valores dos coeficientes de determinação (r^2) indicam que a condutividade elétrica da água pode ser utilizada para estimar outros parâmetros com razoável precisão. Silva Jr. (1993) avaliou a qualidade da água com base em estudos empíricos utilizando apenas os dados de condutividade elétrica e chegou à conclusão de que a maioria das amostras permaneceu na mesma classe de água obtida em base de resultados de análises completas da água. Tendo em vista que a determinação da condutividade elétrica pode ser realizada no campo mediante medidores portáteis de baixo custo, tal possibilidade deve ser analisada para determinada região pois, além de se agilizar e baratear o custo de análise, permite avaliar a qualidade da água em intervalos menores; no entanto, vale ressaltar que, para que se tenha uma precisão maior quando se utilizar a CE medida no campo e se for estimar as características químicas da água, deve-se utilizar as equações de regressão que venham coincidir com o período em que esteja sendo realizado (período chuvoso ou período de seca).

4.3. Solo

Os resultados dos parâmetros químicos do solo relacionados à fertilidade e à salinidade, foram comparados seguindo-se padrões apresentados por Lopes e Guidolin (1982) e Queiroz et al. (1997), respectivamente.

4.3.1. pH

De acordo com os valores mínimo (7,14) e máximo (9,08) de pH das amostras de solo coletadas nas áreas não irrigadas (Tabela 16) e se considerando todas as amostras de solo coletadas no período chuvoso, constatou-se que as mesmas apresentaram reação alcalina variando de fraca a elevada; esta mesma variação é verificada quando se analisam os valores de pH das amostras coletadas nas profundidades de 0 - 20 cm e de 20 - 40 cm predominando, em geral, valores médios mais elevados nas amostras de solo coletadas na profundidade de 20 - 40 cm; já nas áreas irrigadas e embora o valor médio de pH tenha correspondido à alcalinidade elevada, a reação das amostras de solo variou de acidez fraca (6,81) a alcalinidade elevada (8,72), sendo esta acidez observada somente em amostras coletadas na camada de 20 - 40 cm de profundidade (Tabela 16) na qual a média dos

valores de pH foi menor. Estudos conduzidos nos perímetros Irrigados de São Gonçalo, Engenheiro Arcoverde (CHAVES et al. 2005) e no de Sumé (TITO et al. no prelo), onde ocorrem solos semelhantes aos do município do Congo, mostraram que nesses perímetros também predominaram solos com reação alcalina.

Nas duas áreas de estudo os valores de pH mais elevados foram observados nas amostras dos Neossolos Flúvicos (RYq); nas áreas não irrigadas, os valores médios de pH foram maiores na camada de 20 - 40 cm de profundidade; já nas áreas irrigadas, tanto no período chuvoso quanto no período seco, as maiores médias foram observadas nas camadas superficiais, de 0 - 20 cm e de 0 - 5 cm de profundidade, respectivamente (Tabelas 16 e 17).

Tabela 16. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o pH correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Área não Irrigada			Área Irrigada		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
Máximo	9,08	8,86	9,08	8,70	8,72	8,72
Mínimo	7,14	7,60	7,14	7,16	6,81	6,81
Média	8,10	8,31	8,20	8,12	7,99	8,06
Desvio Padrão	0,54	0,43	0,49	0,45	0,53	0,49
CV(%)	6,72	5,23	6,01	5,54	6,65	6,02

	Solos			Solos		
	TXo	RLe	RYq	TXo	RLe	RYq
Máximo	7,74	7,99	9,08	8,67	8,61	8,72
Mínimo	7,60	7,14	7,75	6,81	7,32	7,76
Média	7,67	7,70	8,42	7,79	7,86	8,33
Desvio Padrão	0,10	0,48	0,37	0,53	0,53	0,28
CV(%)	1,29	6,27	4,40	6,75	6,71	3,34

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

Os valores mínimo (7,0) e máximo (8,85) de pH das amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas, na profundidade de 0 - 20 cm, no período seco (Tabela 15), indicaram que as mesmas também apresentaram reação alcalina variando de fraca a elevada; no entanto, observou-se, porém, que os valores de pH dessas amostras, diminuíram, em média, em relação àqueles observados no período das chuvas correspondentes às amostras coletadas na mesma profundidade (Tabelas 16 e 17).

Tabela 17. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o pH, correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Profundidade (cm)			Solo		
	0 - 5	5 - 20	0 - 20	TXo	RLe	RYq
Máximo	8,37	8,85	8,85	8,85	8,37	8,39
Mínimo	7,55	7,00	7,00	7,22	7,36	7,00
Média	7,97	7,79	7,87	7,88	7,75	7,89
Desvio Padrão	0,26	0,49	0,41	0,43	0,53	0,38
CV(%)	3,22	6,23	5,24	5,43	6,79	4,87

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

Considerando-se que a faixa de pH adequada para a maioria das culturas varia de 6,0 a 6,5 e que em toda a área de estudo os valores de pH estiveram acima dessa faixa, constata-se ser desnecessária a aplicação de corretivos de acidez na área; pelo contrário, é necessário um monitoramento constante dos valores de pH dos solos para evitar que eles aumentem, pois isto poderia prejudicar a agricultura na área, devido à baixa disponibilidade de fósforo e micronutrientes para as plantas (MALAVOLTA, 1989) ou pelo fato das culturas não estarem adaptadas aos valores de pH elevados.

4.3.2. Cálcio

Apesar da grande amplitude dos dados de Cálcio (Ca^{++}), por exemplo, de 3,08 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (teor médio) a 15,31 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (teor alto) nas amostras de solo das áreas não irrigadas (Tabela 18), em todas as situações analisadas, ou seja, considerando-se as amostras das áreas não irrigadas e irrigadas, as diferentes profundidades, os diferentes tipos de solo e os períodos de amostragem, observou-se que predominaram altos teores do elemento, ou seja, teores maiores que 4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. Considerando-se, ainda, o que preconiza Raij (1981), que 2 a 3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de Ca^{++} são adequados para o desenvolvimento das culturas, pode-se afirmar que na área de estudo não existe deficiência deste elemento para as plantas, fato que, além de estar relacionado com a própria natureza dos solos, que apresentaram, em geral, altos teores de cálcio, foi influenciado pela aplicação contínua de produtos cálcicos (CALCINIT) no solo pelos agricultores da referida área. Este produto é aplicado nas áreas irrigadas com o intuito de aumentar as concentrações deste elemento no solo.

Tabela 18. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o cálcio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Área não Irrigada			Área Irrigada		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
Máximo	12,21	15,31	15,31	13,62	15,00	15,00
Mínimo	3,54	3,08	3,08	3,78	3,87	3,78
Média	6,56	6,99	6,76	7,14	8,22	7,63
Desvio Padrão	2,79	4,04	3,33	2,61	3,51	3,05
CV(%)	42,48	57,76	49,19	36,61	42,76	40,03

Medida	Solos			Solos		
	TXo	RLe	RYq	TXo	RLe	RYq
	Máximo	15,31	7,14	9,89	15,00	11,86
Mínimo	12,21	4,10	3,08	5,00	4,41	3,78
Média	13,76	5,47	5,92	9,92	8,23	5,72
Desvio Padrão	2,19	1,54	2,26	3,23	2,86	1,36
CV(%)	15,93	28,16	38,11	32,57	34,68	23,85

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICÓ ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

Em geral, as amostras de solo coletadas de 20 – 40 cm e de 0 - 5 cm de profundidade, nos períodos de chuva e de seca, respectivamente, apresentaram os teores médios mais altos do elemento (Tabela 18 e 19).

Tabela 19. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o cálcio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Profundidade (cm)			Solo		
	0 - 5	5 - 20	0 - 20	TXo	RLe	RYq
Máximo	14,20	13,65	14,20	14,20	13,06	9,35
Mínimo	4,73	4,59	4,59	5,76	4,71	4,59
Média	8,77	7,7	8,24	9,92	8,97	6,65
Desvio Padrão	3,05	2,78	2,89	2,88	3,46	1,81
CV(%)	34,81	36,09	35,13	29,07	38,53	27,19

*TXo - Luvissolo Háplico ; RLe - Neossolo Litólico e RYq - Neossolo Flúvico

Em relação aos tipos de solo, observou-se que as amostras de TXo, tanto nas áreas não irrigadas quanto nas áreas irrigadas, foram as que apresentaram maiores teores de Ca^{++} , porém, nessas amostras não houve muita variação do teor do elemento em relação ao período de amostragem, cuja variação foi mais pronunciada nas amostras de RLe e RYq (Tabelas 18 e 19).

4.3.3. Magnésio

Os solos estudados apresentaram teores elevados de Magnésio (Mg^{++}), ou seja, teores maiores que $1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Considerando-se que o teor de Mg^{++} suficiente para a maioria das culturas está em torno de $0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e o teor de $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ é reconhecido como alto (RAIJ, 1981), é possível afirmar que, na área em estudo não há deficiência deste elemento.

Tem-se que as amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas apresentaram maiores teores do elemento que aquelas coletadas nas áreas não irrigadas; que predominaram teores mais altos de Mg^{++} nas amostras de solo coletadas de 20 – 40 cm de profundidade e que as amostras de TXo foram as que apresentaram maiores teores do elemento (Tabela 20).

Tabela 20. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o magnésio ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Área não Irrigada			Área Irrigada		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 – 20	20 – 40	0 – 40	0 – 20	20 – 40	0 – 40
Máximo	6,96	9,61	9,61	7,45	11,01	11,01
Mínimo	1,65	2,05	1,65	2,05	1,97	1,97
Média	3,76	4,37	4,05	4,34	5,44	4,84
Desvio Padrão	1,95	2,51	2,16	1,47	2,54	2,07
CV(%)	50,60	57,41	53,34	33,81	46,73	42,75

	Solos			Solo		
	TXo	RLe	RYq	TXo	RLe	RYq
Máximo	9,61	2,17	6,36	11,01	7,28	5,54
Mínimo	6,96	1,67	1,65	4,10	2,05	1,97
Média	8,29	1,97	3,86	6,51	5,12	3,50
Desvio Padrão	1,87	0,27	1,41	1,99	2,19	0,89
CV(%)	22,62	13,51	36,41	30,55	42,67	25,45

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

Comparando-se os teores de Mg^{++} das amostras coletadas na profundidade de 0 – 20 cm nos dois períodos do ano, observa-se um aumento na concentração do elemento nas amostras das áreas irrigadas coletadas no período da seca (Tabelas 20 e 21); também neste mesmo período se notou aumento nos teores de Mg^{++} nas águas da região, utilizadas para

fins de irrigação, fato este que pode ter influenciado no aumento das concentrações deste elemento nos solos.

Tabela 21. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o magnésio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Profundidade			Solo		
	0 – 5	5 – 20	0 – 20	TXo	RLe	RYq
Máximo	9,41	9,99	9,99	8,67	9,99	6,09
Mínimo	2,62	2,84	2,62	4,03	3,98	2,62
Média	5,94	5,58	5,77	6,68	6,63	4,76
Desvio Padrão	1,80	1,98	1,87	1,59	2,88	1,15
CV(%)	30,29	35,49	32,36	23,72	43,51	24,11

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

4.3.4. Potássio

Os teores de potássio (K^+) variaram de baixo a alto, predominando altos teores nas duas áreas estudadas (Tabela 22) discordando de Chaves et al. (2005) que encontraram, predominantemente, teores médios do elemento nos perímetros irrigados Engenheiro Arcoverde e de São Gonçalo. Os altos teores encontrados nas amostras de solo, objeto deste trabalho, podem estar relacionados, em parte com a própria natureza dos solos e, por outro lado, com a aplicação de adubos potássicos nesses solos. Em relação à profundidade, observou-se maior teor de K nas amostras superficiais de solo (Tabela 23) devido, provavelmente, aos adubos potássicos uma vez que os mesmos são aplicados na camada superficial dos solos. Nas áreas irrigadas, seja no período chuvoso ou no período da seca, os teores médios de K no TXo e no RYq foram semelhantes e maiores que aqueles apresentados pelo RLe (Tabelas 22 e 23); isto ocorreu, provavelmente, em virtude do RLe ser menos cultivado e, conseqüentemente, menos adubado que os demais solos.

Tabela 22. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o potássio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Área não Irrigada			Área Irrigada		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	20 - 40
Máximo	0,68	0,46	0,68	0,75	0,51	0,51
Mínimo	0,14	0,07	0,07	0,14	0,09	0,09
Média	0,42	0,27	0,34	0,35	0,27	0,27
Desvio Padrão	0,17	0,13	0,17	0,17	0,14	0,14
CV(%)	40,67	49,35	51,73	50,02	51,36	51,36

	Solo			Solo		
	TXo	RLe	RYq	TXo	RLe	RYq
Máximo	0,68	0,64	0,46	0,75	0,49	0,59
Mínimo	0,27	0,44	0,07	0,09	0,13	0,14
Média	0,48	0,51	0,27	0,33	0,28	0,31
Desvio Padrão	0,29	0,12	0,13	0,21	0,15	0,13
CV(%)	60,24	23,10	49,54	65,38	53,07	40,42

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

Comparando-se os teores de K das amostras coletadas na profundidade de 0 - 20 cm, nos dois períodos do ano observou-se, decorrente da aplicação contínua de adubos nas áreas irrigadas, aumento da concentração do elemento naquelas coletadas no período seco (Tabela 23).

Tabela 23. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o potássio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Profundidade (cm)			Solo		
	0 - 5	5 - 20	0 - 20	TXo	RLe	RYq
Máximo	0,92	0,81	0,92	0,92	0,60	0,92
Mínimo	0,22	0,14	0,14	0,14	0,20	0,27
Média	0,49	0,41	0,45	0,44	0,38	0,49
Desvio Padrão	0,21	0,22	0,21	0,25	0,17	0,19
CV(%)	43,16	59,23	46,74	58,06	45,01	39,11

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

4.3.5. Matéria Orgânica

Os teores de matéria orgânica (MO) nas amostras de solo coletadas no período chuvoso nas áreas não irrigadas, variaram de baixo ($8,2 \text{ g kg}^{-1}$) a alto ($30,2 \text{ g kg}^{-1}$) predominando, naquelas coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, teores médios ($16,9 \text{ g kg}^{-1}$) e baixos ($13,4 \text{ g kg}^{-1}$), respectivamente (Tabela 24).

Nas áreas irrigadas, os teores de MO variaram de baixo ($5,0 \text{ g kg}^{-1}$) a alto ($32,3 \text{ g kg}^{-1}$) predominando, apesar da grande amplitude dos dados, teores médios ($17,5 \text{ g kg}^{-1}$) e baixos ($14,2 \text{ g kg}^{-1}$) nas amostras de solo coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e de 20 – 40 cm, respectivamente. A predominância de teores médios de MO também foi observada nos solos dos perímetros irrigados de São Gonçalo e Engenheiro Arcoverde (CHAVES et al. 2005).

Tabela 24. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a matéria orgânica (g kg^{-1}), correspondentes às amostras de solo coletadas, no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Área não Irrigada			Área Irrigada		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 – 20	20 – 40	0 – 40	0 – 20	20 – 40	0 – 40
Máximo	30,2	21,5	30,2	32,3	25,9	32,3
Mínimo	8,2	8,6	8,2	5,0	7,7	5,0
Média	16,9	13,4	15,3	17,5	14,2	16,1
Desvio Padrão	7,6	4,7	6,5	6,3	5,9	6,3
CV(%)	44,93	34,87	42,30	36,04	41,71	39,17

	Solo			Solo		
	TXo	RLe	RYq	TXo	RLe	RYq
Máximo	24,7	30,2	18,4	32,3	24,1	24,6
Mínimo	21,5	18,2	8,2	7,7	16,3	5,0
Média	23,1	23,2	12,0	16,4	19,4	14,7
Desvio Padrão	2,3	6,3	3,6	7,4	3,2	6,0
CV(%)	9,85	26,99	29,98	45,12	16,30	40,56

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

Analisando-se os teores de MO de acordo com o tipo de solo, notou-se que os menores teores foram encontrados no solo RYq, tanto nas áreas não irrigadas como nas irrigadas (Tabela 24). Como se observa, na maior parte dos pontos de coleta de solo os

teores de MO foram maiores nas amostras coletadas na camada superficial, como esperado, uma vez que é nesta camada que ocorre a aplicação de matéria orgânica (Tabelas 24 e 25).

Tabela 25. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a matéria orgânica (g kg^{-1}), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Profundidade (cm)			Solo		
	0 - 5	5 - 20	0 - 20	TXo	RLe	RYq
Máximo	32,6	24,1	32,6	24,9	16,0	32,6
Mínimo	7,1	7,0	7,0	7,8	13,7	7,0
Média	14,5	11,9	13,5	13,4	14,6	13,1
Desvio Padrão	7,1	5,1	6,3	5,9	0,8	7,7
CV(%)	48,96	42,91	46,53	44,00	5,80	58,45

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

A variação dos teores de MO nas amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas no período da seca, foi semelhante à observada nas amostras coletadas no período chuvoso, ou seja, os teores variaram de baixo a alto, apesar de a média ter diminuído, passando a ser classificada como teor baixo. Nos três solos deu-se diminuição dos teores médios de MO sendo constatados, também neste caso, menores teores nas camadas mais profundas. A maior amplitude dos teores de MO no RYq foi decorrente, sem dúvida, do fato da coleta das amostras de solo dos pontos 5 e 7 ter sido realizada logo após a adubação dos mesmos por MO.

Considerando-se que a MO funciona como condicionadora de solo, exercendo múltiplos efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (RAIJ, 1991), fica evidente a necessidade da sua aplicação, principalmente nos locais onde predominam teores baixos. O aumento no teor de MO poderá melhorar a porosidade e a friabilidade dos solos mais argilosos e, conseqüentemente, a sua drenagem; além disso, poderá melhorar a fertilidade dos solos, disponibilizando elementos essenciais para as plantas, como fósforo, magnésio, cálcio, enxofre e micronutrientes, sempre que se for decompondo.

4.3.6. Fósforo

Em relação ao fósforo (P), se observa, de modo geral, que nas amostras de solo coletadas nas duas áreas os teores variaram de baixo ($<10 \text{ mg dm}^{-3}$) a alto ($>20 \text{ mg dm}^{-3}$), predominando altos teores do elemento. Em relação às profundidades de coleta diz-se que a ocorrência de P foi maior nas amostras superficiais do solo devido, sem dúvida, à aplicação de adubos fosfatados na superfície do terreno e à pouca mobilidade do elemento, evitando sua lixiviação (Tabela 26). Pereira e Siqueira (1979) e Pereira e Cordeiro (1987) trabalhando em regiões submetidas a práticas de irrigação, encontraram maiores teores de fósforo na camada superficial dos solos, em comparação a outras camadas e também atribuíram este fato à baixa mobilidade de fósforo no solo e, provavelmente, à decomposição da matéria orgânica, considerada fonte deste elemento.

Analisando-se os teores de P nos solos de forma isolada, observa-se que no TXo e no RLe das áreas não irrigadas ocorreram altos teores do elemento e no RYq os teores oscilaram de baixo a alto, mas vale salientar que, neste solo, também predominaram altos teores de P, uma vez que o baixo teor foi observado apenas em uma única amostra de solo; já nas áreas irrigadas, os teores do P nos solos TXo e RLe variaram de baixo a alto e no RYq ocorreram somente altos teores do elemento.

Tabela 26. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o fósforo (mg dm^{-3}), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Área não Irrigada			Área Irrigada		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
Máximo	126,1	126,1	126,1	126,1	126,1	126,1
Mínimo	8,3	0,01	0,01	16,2	4,9	4,9
Média	93,9	68,9	82,1	84,7	77,9	81,6
Desvio Padrão	36,8	42,1	40,2	36,8	40,4	38,0
CV(%)	39,21	61,13	49,00	43,43	51,90	46,60

	Solo			Solo		
	TXo	RLe	RYq	TXo	RLe	RYq
Máximo	106,8	126,1	126,1	126,1	126,1	126,1
Mínimo	28,8	106,8	0,01	7,1	4,9	52,7
Média	67,8	119,7	75,1	79,2	60,3	90,1
Desvio Padrão	55,2	11,1	39,8	43,1	54,0	26,7
CV(%)	81,35	9,31	52,93	54,42	89,65	29,59

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

Os teores de P das amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas no período da seca variaram de médio a alto ocorrendo, em geral, um aumento nos teores do elemento, nos três solos (Tabela 27). Este aumento foi decorrente das coletas de solo neste período terem sido realizadas logo após a aplicação de adubos químicos e matéria orgânica, na maioria das propriedades.

Tabela 27. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o fósforo (mg dm^{-3}), correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Profundidade (cm)			Solo		
	0 - 5	5 - 20	0 - 20	TXo	RLe	RYq
Máximo	620,6	719,9	719,9	457,1	280,2	719,9
Mínimo	19,0	20,2	19,0	19,0	20,8	68,2
Média	171,8	164,2	165,1	144,4	112,3	199,4
Desvio Padrão	184,9	187,4	180,2	146,2	103,0	222,5
CV(%)	107,4	113,51	109,15	101,26	91,74	111,58

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

4.3.7. Salinidade e Sodicidade dos Solos

Os solos salinos e os sódicos se desenvolvem em consequência do acúmulo de sais e de sódio. A salinidade do solo é considerada provável problema se o índice apropriado predito para a salinidade da zona radicular exceder a tolerância das culturas a serem plantadas (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000). Uma das medidas para avaliar a salinidade do solo é a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes).

De acordo com os valores mínimo ($0,27 \text{ dS m}^{-1}$) e máximo ($2,51 \text{ dS m}^{-1}$) de CEes das amostras de solos coletadas nas áreas não irrigadas (Tabela 28), constatou-se que nessas áreas ocorrem solos não salinos e ligeiramente salinos predominando, de acordo com a média dos dados ($0,75 \text{ dS m}^{-1}$), os não salinos, que são aqueles cuja CEes é menor que 2 dS m^{-1} , segundo a proposta do Comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo (QUEIROZ et al.1997); isto também pode ser visualizado na Figura 15 na qual está sendo mostrado o número de amostras de solo distribuídas em cada categoria da classificação de salinidade.

Tabela 28. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a CEes (dS m^{-1}) correspondentes às amostras de solo coletadas no período de chuva, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Área não Irrigada			Área Irrigada		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 – 40	0 – 20	20 – 40	0 – 40	0 – 20	20 – 40
Máximo	2,51	2,51	1,54	4,10	4,10	1,98
Mínimo	0,27	0,65	0,27	0,10	0,10	0,25
Média	0,75	0,68	0,84	1,10	1,24	0,92
Desvio Padrão	0,58	0,70	0,44	0,90	1,12	0,48
CV(%)	76,84	103,26	52,19	82,23	90,66	52,79
		Solo			Solo	
	TXo	RLe	RYq	TXo	RLe	RYq
Máximo	0,85	2,51	1,45	4,10	1,19	2,76
Mínimo	0,65	0,46	0,27	0,63	0,53	0,10
Média	0,75	1,50	0,57	1,67	0,79	0,81
Desvio Padrão	0,14	1,03	0,32	1,11	0,26	0,66
CV(%)	18,86	68,21	56,33	66,61	33,38	81,16

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

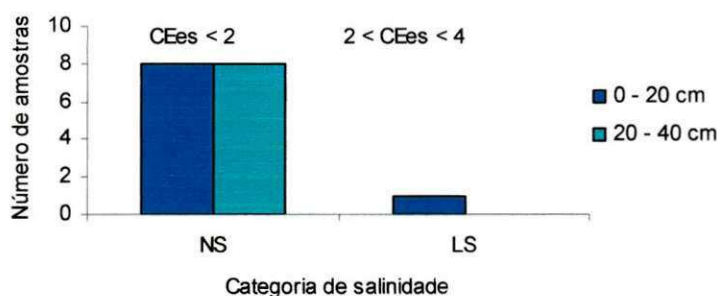


Figura 15. Número de amostras de solo coletadas nas áreas não irrigadas no período chuvoso, distribuídas em categorias de salinidade

Em relação à profundidade de coleta, pode-se dizer que, em valores médios, tanto na camada de 0 – 20 cm como na de 20 – 40 cm de profundidade predominaram solos normais, ou seja, não salinos (Tabela 29). Somente uma amostra de solo, coletada na camada superficial, foi classificada como ligeiramente salina em razão da CEEs ter variado entre 2 – 4 dS m^{-1} (Figura 15).

Nas áreas irrigadas a amplitude dos valores de CEEs foi de 4,0 dS m^{-1} , bem maior que a amplitude apresentada nas áreas não irrigadas, que foi de 2,24 dS m^{-1} (Tabela 28); no entanto, esta amplitude deve ser analisada com certas restrições uma vez que, por se considerar apenas os dois valores extremos de um conjunto de dados, ela pode não refletir o que ocorre na área de estudo.

Nas duas profundidades de coleta predominaram solos não salinos (Tabela 28) já que apenas duas e uma amostras de solo coletadas na camada superficial foram classificadas como ligeiramente e medianamente salinas, respectivamente (Figura 16).

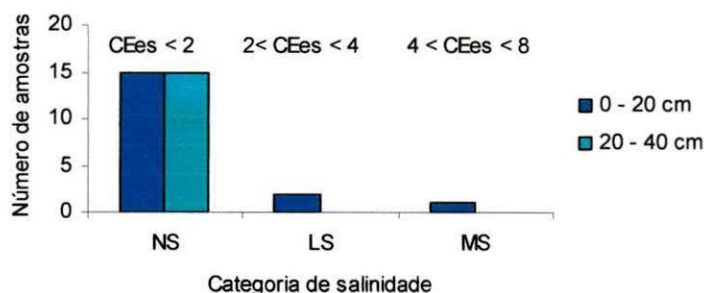


Figura 16. Número de amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas no período chuvoso, distribuídas em categorias de salinidade

Nas áreas não irrigadas o solo RLe apresentou valores mais altos de CEEs (Tabela 28), enquanto naquelas irrigadas foi o solo TXo, cujas características físicas devem ter contribuído para tal fato.

A amplitude de variação dos valores de CEes das amostras de solo coletadas no período seco (Tabela 29) foi maior que a observada no período chuvoso (Tabela 28). Nota-se que os mesmos variaram de 0,71 a 10,88 dS m⁻¹ considerando todas as amostras de solo. Comparando-se esses valores com aqueles correspondentes às áreas irrigadas no período chuvoso, vê-se que a salinidade aumentou entre um período e outro, decorrente da deposição de sais através das águas de irrigação e/ou da evaporação da água do solo.

Tabela 29. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a CEes (dS m⁻¹) correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Profundidade (cm)			Solo		
	0 - 20	0 - 5	5 - 20	TXo	RLe	RYq
Máximo	10,88	10,88	4,17	10,88	4,49	4,49
Mínimo	0,71	0,71	0,76	0,78	0,76	0,71
Média	2,39	2,90	1,60	2,26	2,67	2,40
Desvio Padrão	1,98	2,43	0,98	2,94	1,64	1,29
CV(%)	82,81	83,60	60,88	130,14	61,59	53,60

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

Em relação às profundidades de coleta e aos tipos de solo, tem-se que também neste caso ocorreu maior concentração de sais na camada de 0 – 5 cm de profundidade e no solo TXo.

Os valores médios de CEes refletem predominância de amostras de solos, classificadas como ligeiramente salinas; no entanto, da mesma forma como ocorreu com as amostras de solo coletadas no período chuvoso, o que realmente predominou nas áreas foram as amostras de solo consideradas normais, ou seja, não salinas, como pode ser visualizado na Figura 17.

Comparando-se o que é mostrado nas Figuras 16 e 17, constat-se que no período de seca há ocorrência de um número maior de amostras de solo nas categorias ligeiramente e medianamente salina, aparecendo até uma, classificada como fortemente salina; isto é necessário ser ressaltado pelo fato de que, se não for feito um manejo de irrigação adequado na área de estudo, a tendência será um aumento da sua salinização.

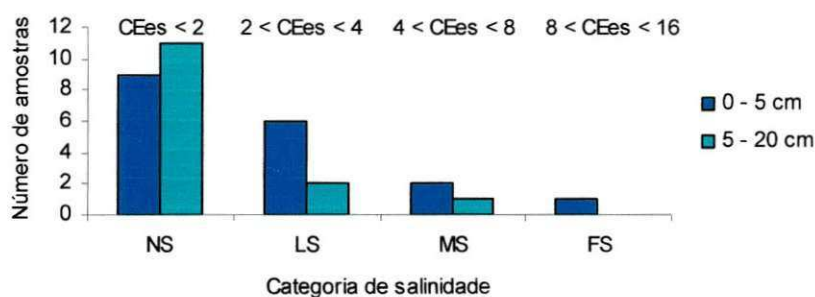


Figura 17. Número de amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas, no período seco, distribuídas em categorias de salinidade

A tolerância das plantas à salinidade varia entre as diferentes espécies cultivadas. Considerando-se que o valor limite de CEes do solo para evitar efeitos generalizados no desenvolvimento do tomateiro, uma das culturas mais plantadas no município do Congo, PB, é de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (LIMA, 1997), pode-se dizer que na maior parte da área cultivada a produção dessa cultura não deve estar sendo prejudicada. No caso das culturas de cenoura e pimentão, também muito cultivadas no referido município, cujos valores limites de CEes correspondem a $1,0$ e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ respectivamente (LIMA, 1997), a salinidade do solo da maior parte da área estudada no período chuvoso, não representa perigo à produção das mesmas; no entanto, esta produção, no período de seca, passa a ficar comprometida decorrente do aumento da salinidade dos solos (Figura 17).

No estudo de solos com problemas de sais é importante a porcentagem que o sódio representa em relação aos demais cátions adsorvidos (PST).

De acordo com o que foi proposto pelo Comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo (BOHN; McNEAL; O'CONNOR, 1985), ou seja, que solos sódicos seriam aqueles com $\text{PST} > 15$, as amostras de solo da área estudada seriam, na sua grande maioria, classificadas como de solos normais, conforme pode ser constatado pelos valores médios encontrados na análise descritiva dos dados (Tabela 30); porém, vários resultados publicados na literatura têm mostrado efeitos do sódio sobre a sua, mesmo sob níveis inferiores, sugerindo ser mais prudente considerar sódicos solos com $\text{PST} > 7$ (PIZARRO, 1985). Desta forma, várias amostras de solo que anteriormente foram classificadas como normais de acordo com o Comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo, passariam a ser classificadas como ligeiramente ou medianamente sódicas; isto é importante para ser considerado porque solos tido como normais podem, muitas vezes, já estar acumulando sódio no seu complexo sortivo e, se

medidas preventivas não forem tomadas, o acúmulo do elemento nos solos aumentará a sodicidade dos mesmos trazendo as conseqüências de tal fato.

Observando, então, a amplitude total dos dados de PST, correspondentes às amostras de solo coletadas nas áreas não irrigadas e irrigadas, no período chuvoso, constatou-se grande variação uma vez que seus valores mínimos e máximos indicaram amostras de solo classificadas como não sódicas (PST < 7) e medianamente sódicas (PST 11-20), respectivamente (Tabela 30); entretanto, a maior parte das amostras de solo da camada superficial das duas áreas foi classificada como não sódicas (PST < 7) (Figura 18 e Figura 19).

Tabela 30. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a PST, correspondentes às amostras de solo coletadas no período chuvoso, nas áreas não irrigadas e irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Área não Irrigada			Área Irrigada		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40
Máximo	16,08	9,23	16,08	17,45	17,45	15,64
Mínimo	0,69	0,69	2,10	1,35	1,35	1,39
Média	6,60	3,82	9,73	6,46	6,64	6,23
Desvio Padrão	4,90	2,86	4,95	4,29	4,64	3,97
CV(%)	74,31	74,79	50,93	66,39	69,80	63,75
		Solo			Solo	
	TXo	RLe	RYq	TXo	RLe	RYq
Máximo	3,46	9,68	16,08	17,45	8,93	9,61
Mínimo	1,96	0,69	1,08	1,89	2,91	1,35
Média	2,71	6,53	7,27	8,53	4,55	5,50
Desvio Padrão	1,06	5,07	5,19	5,95	2,52	2,44
CV(%)	39,14	77,56	71,50	69,75	55,33	44,31

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

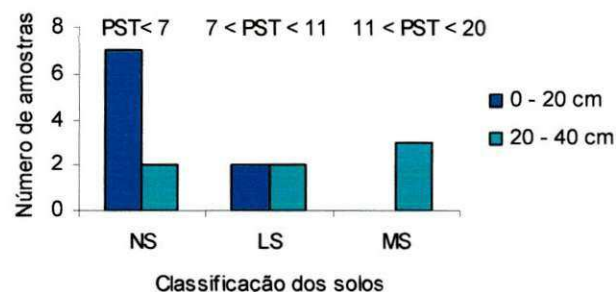


Figura 18. Número de amostras de solo, coletadas nas áreas não irrigadas no período chuvoso e sua classificação de acordo com a PST

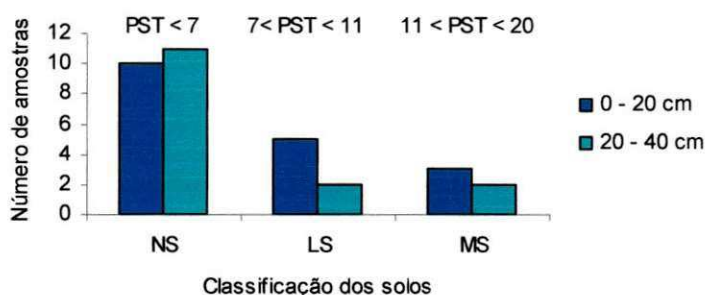


Figura 19. Número de amostras de solo, coletadas nas áreas irrigadas no período chuvoso e sua classificação de acordo com a PST

Atente-se para o fato de que nas áreas não irrigadas as amostras de solo coletadas de 20 – 40 cm de profundidade e aquelas correspondentes à RYq foram as que apresentaram maiores valores de PST; o inverso se deu nas áreas irrigadas em que predominaram maiores valores de PST nas amostras coletadas de 0 - 20 cm de profundidade e nas correspondentes ao TXo (Tabela 30).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 31, conclui-se que os valores de PST das amostras coletadas de 0 – 20 cm de profundidade aumentaram em relação àqueles das amostras coletadas na mesma área, no período chuvoso (Tabela 30). Nota-se, então, maior acúmulo de sódio na camada de 0 - 5 cm.

Tabela 31. Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para a PST, correspondentes às amostras de solo coletadas no período de seca, nas áreas irrigadas, a diferentes profundidades e a diferentes solos*

Medida	Profundidade (cm)			Solo		
	0 - 20	0 - 5	5 - 20	TXo	RLe	RYq
Máximo	23,70	23,70	18,24	17,28	14,13	23,70
Mínimo	1,69	1,69	2,12	1,69	3,84	2,21
Média	8,48	10,54	7,23	6,56	8,38	10,06
Desvio Padrão	5,82	7,09	4,52	5,09	4,32	6,60
CV(%)	68,61	67,24	62,53	77,54	51,61	65,59

*TXo -LUVISSOLO HÁPLICO ; RLe-NEOSSOLO LITÓLICO; RYq-NEOSSOLO FLÚVICO

O aumento da sodicidade nas amostras de solo coletadas na época de seca pode ser também visualizado comparando-se o que é mostrado nas Figuras 19 e 20, ou seja, há um número maior de amostras de solo, na Figura 20, classificadas como medianamente sódicas notando-se, inclusive, uma classificada como fortemente sódica.

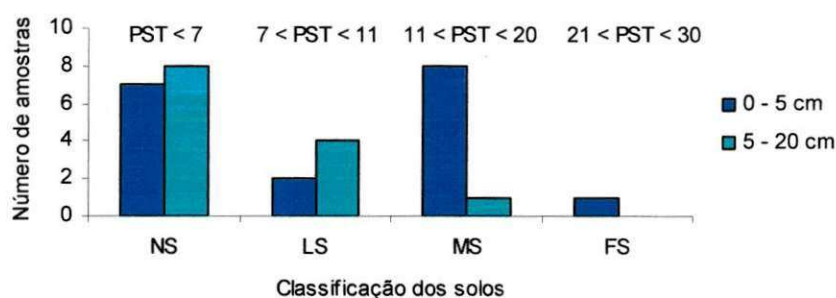


Figura 20. Número de amostras de solo coletadas nas áreas irrigadas no período seco e sua classificação, de acordo com a PST

Durante o ano a irrigação durante alterou muito pouco os valores de PST do TXo; no entanto, aumentou aqueles correspondentes ao RLe e RYq. O aumento da sodicidade é preocupante, haja vista que o excesso de sódio trocável nos solos altera as características físico-hídricas. A condutividade hidráulica pode ser reduzida devido à dispersão das argilas que, por sua vez, provoca redução na taxa de infiltração, redistribuição e evaporação da água do solo, o que pode resultar em uma inundação temporária da superfície do solo, que prejudica a germinação das sementes, em virtude da falta de oxigênio; portanto, esses solos deverão ser manejados adequadamente no sentido de serem reduzidos a concentração de sódio trocável, a condutividade elétrica e o pH (CHAVES et al.1998).

Os valores de coeficiente de variação (CV%) para as propriedades analisadas (Tabelas 17 a 32), segundo Warrick e Nielsen (1981), foram classificados como médio

para o Ca, Mg, K e MO, e baixo para o pH, concordando, com exceção da MO, com Santos e Vasconcelos (1987), Silva (2001) e Chaves et al. (2004). Segundo Wollenhaupt et al. (1997), mesmo que os valores do CV sejam moderados, este não é necessariamente um bom índice da variabilidade espacial dos atributos do solo, haja vista a ocorrência de locais no campo com valores extremamente altos ou baixos, como foi observado no presente trabalho.

O pH apresentou a menor variância, de acordo, portanto, com Santos e Vasconcelos (1987), Souza, Cogo e Vieira (1997), Salviano, Vieira e Sparovek (1998), Oliveira et al. (1999), Silva (2001) e Chaves et al. (2006).

No caso específico do P, o CV nas amostras de solo coletadas nas duas áreas, no período chuvoso, apresentou-se médio; porém, os resultados de P em relação aos diferentes tipos de solo mostraram CV variando de baixo (RLe da área não irrigada) a alto (TXo e RLe das áreas não irrigadas e irrigadas, respectivamente); já nas amostras de solo coletadas no período da seca os valores de CV foram classificados altos, concordando com Souza et al. (1998), Silva (2001), Alvarez e Guarçoni (2003), Araújo e Oliveira (2003) e Chaves et al. (2006). Conforme Souza, Cogo e Vieira (1998) e Salviano, Vieira e Sparovek (1998), esta alta variabilidade de P pode ser atribuída, em parte, à aplicação localizada de fertilizantes e ao efeito residual da adubação.

Em geral, os valores de CV da CEes e da PST variaram de alto a médio, tendo predominado valores altos, corroborando com os resultados obtidos por Chaves et al. (2005).

Segundo Araújo e Oliveira (2003) a menor variância observada dos valores de pH indica que este parâmetro não deve ser empregado como indicador para determinar o número de amostras simples de solo para se fazer uma amostra composta, se for o caso. Nessa mesma linha de raciocínio os parâmetros com maior CV seriam os mais apropriados uma vez que o número de pontos amostrais necessários para estimar o valor de uma propriedade do solo é diretamente proporcional ao seu CV (SOUZA; COGO; VIEIRA, 1997). Segundo esses autores, é interessante lembrar que nunca se faz uma amostragem em separado para cada uma das propriedades do solo, o que significa dizer que a precisão final da estimativa após amostragem única, depende da propriedade considerada.

4.3.8. Relações Empíricas entre as Características do Solo e as características do Solo e da Água

Com base nos resultados da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) do extrato de saturação e da Percentagem de Sódio Trocável (PST) do solo, observaram-se correlações lineares significativas para os dois períodos do estudo (chuvoso e seco), as quais são apresentadas na Figura 21 (A e B). Nota-se, para os solos estudados, que a partir dos valores da RAS se pode estimar com a aproximação, a PST do solo para o período chuvoso (Eq. 10) e seco (Eq. 11) respectivamente:

$$\text{PST} = 1,96 \text{ RAS} - 1,67 \quad (r = 0,93^{**}) \quad \text{Eq. 10}$$

$$\text{PST} = 2,31 \text{ RAS} - 2,74 \quad (r = 0,93^{**}) \quad \text{Eq. 11}$$

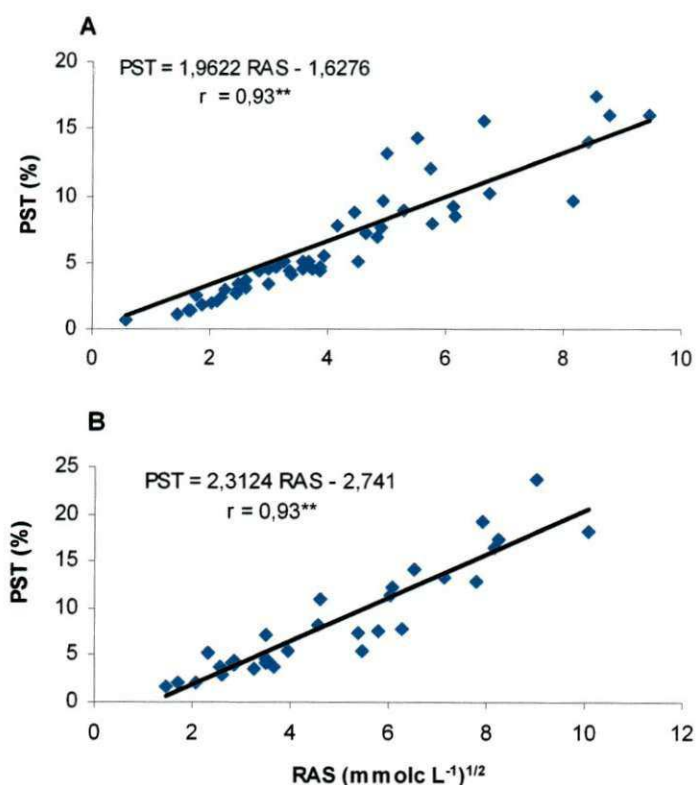


Figura 21. Correlações entre a RAS do extrato de saturação e a PST das amostras de solo coletadas no período chuvoso (A) e período seco (B)

Por outro lado, com base nos resultados da RAS da água de irrigação e da PST dos solos irrigados, não se observou correlação linear significativa; assim, para as condições deste trabalho as RAS's da água de irrigação por si só não são suficientes para prever a

sodicidade do solo resultante do uso dessas águas de irrigação, fato que pode estar relacionado ao tempo em que parte dessas áreas está sendo irrigada (a maioria com menos de 3 anos de irrigação) e a outros fatores que interferem no balanço de sais na zona radicular, como quantidade e distribuição das chuvas, manejo da água de irrigação e drenabilidade dos solos (FAO/UNESCO/1973) que, de modo geral, diferem entre as propriedades estudadas contribuindo para que ainda não tenha ocorrido equilíbrio entre as características químicas do solo e da água de irrigação. Costa (1982) e Medeiros (1992) encontraram dados semelhantes, ou seja, não acharam correlações significativas entre a PST do solo e a RAS da água de irrigação e justificaram os resultados obtidos através do pequeno intervalo de tempo de irrigação (1 e 3 anos), respectivamente.

Embora não tenha havido uma correlação entre a RAS da água de irrigação e a PST, é conveniente se observar que no período chuvoso 50% das amostras de água apresentaram salinidade média (C_2) enquanto no período seco 37,5% das amostras de água apresentaram salinidade alta (C_3) o que significa uma fonte considerável de sais; enfim, este é um fato que merece os cuidados técnicos para que seja evitada a salinização dos solos.

5. CONCLUSÕES

- Os valores de pH, CEa, cátions, ânions, dureza, alcalinidade total e ferro total da água aumentaram no período seco.
- A composição química de todas as amostras de água foi semelhante, sendo predominantemente cloretada e sódica, nos dois períodos de coleta.
- Mais de 60% das amostras de água coletadas, em ambos os períodos, foram considerados próprios para o consumo humano, de acordo com o que estabelecem as Resoluções do CONAMA/MS/OMS.
- Para o período seco e quanto ao uso na irrigação, 56,2 % das amostras de águas apresentaram risco de salinização variando de alto a muito alto e 6,2 % apontaram risco de sodificação médio.
- Pela classificação de Ayers e Westcot (1991), 2/3 das águas amostradas no período seco podem ser utilizados somente para irrigação de culturas tolerantes aos sais e aos íons Na^+ e Cl^- .
- Os solos apresentaram, quanto à fertilidade, teores elevados de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e P, não diferindo entre os períodos do ano e as áreas de coleta. Em relação à MO, será conveniente a sua aplicação, uma vez que nas áreas irrigadas predominaram, em ambos os períodos, teores médios.
- As amostras de solo coletadas nos diferentes períodos e áreas de estudo foram consideradas, quanto à salinidade, normais, ou seja, não salinas.
- Quanto à sodicidade, nos períodos chuvoso e seco as amostras de solo foram, predominantemente não sódicas e medianamente sódicas, respectivamente.
- Em relação aos solos, observou-se que existe correlação linear significativa entre a RAS do extrato de saturação e a PST do solo, podendo-se estimar com a aproximação a PST do solo, para os períodos chuvoso e seco, a partir da RAS.

- As relações entre a sodicidade dos solos irrigados e das águas, mostraram baixos r^2 , evidenciando o não alcance do equilíbrio entre o complexo solo-água.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V.H.; GUARÇONI, M. Variabilidade horizontal da fertilidade do solos de uma unidade de amostragem em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 297-310, 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - **Standard methods for the examination of Water and Wasterwater**. 20th ed. Washington D. C.: American Public Health Association, 1998. 1569p.

ANDERSON, J.M.; FLANAGAN, P. Biological processs regulating organic mater dynamics in tropical soil. In: Dynamics of soil organic ecosystems. COLEMAN, D. C.; OADES. M.; UERHARA, G. (eds)University of Hawaii Press. Honolulu. 1989

ARAUJO, P.M.D.B.; OLIVEIRA, M. Variabilidade espacial de cálcio, magnésio, fósforo e potássio em solos das regiões oeste e do baixo Açu, estado do Rio Grande do Norte. **Caatinga**, Mossoró, v.16, p.69-78, 2003.

AZEVEDO NETTO, J.M.; ALVAREZ, G.A. **Manual de Hidráulica**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blüsher LTDA, 1982.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J.F., DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB, 1991, 218 p. (estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).

BARBOSA, J.E.L.; MENDES, J.S. O índice de estado trófico como ferramenta no monitoramento da qualidade da água da Barragem de Acauã – sistema recém construído sobre o Rio Paraíba, PB. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11., 2004, Natal. **Anais...** Natal: ABES, 2004. CD-ROM

BARRETO, Aurelir Nobre. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**/organizadores, Aurelir Nobre Barreto, Ana Alexandrina Gama da Silva, Édson Luis Bolfe – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 418 p

BARROS, A.J.M. **Caracterização Físico-química e Sanitária das Águas Superficiais Usadas na Irrigação de Hortaliças (Alface, *Lactuca sativa* L.) e dos Solos Irrigados nos Municípios de Sapé e Lagoa Seca (PB)**. 1997. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 7ª ed. Viçosa, Minas Gerais: UFV, 2005, 611p.

BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. Soil chemistry. 2 ed. New York, John Wiley e Sons, 1985. 314p

BRANCO, S. M. **Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986, 640p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. I- Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. II- Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 670p. (Boletim Técnico, 15; Série Pedologia, 8).

CANELLAS, L.P.; BERNER, P. G.; SILVA, S.G.; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposequência no estado do Rio de Janeiro. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 35, nº 1, p. 133-143, 2000.

CEBALLOS, B.S.O. **Utilização de Indicadores Microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos do Trópico Semi-árido**. 1995. 192f. Tese (Doutorado)- Departamento de Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHAVES, L.H.G.; MENINO, I.B.; ARAÚJO, I.A.; CHAVES, I.B. Avaliação da fertilidade dos solos das várzeas do município de Sousa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.2, nº.3, p.262-267, 1998.

CHAVES, L.H.G.; TITO, G.A.; CHAVES, I.B.; LUNA, J.G.; SILVA, P.C.M. Propriedades químicas do solo aluvial da ilha de Assunção – Cabrobó (Pernambuco). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p 431-437, 2004.

CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I.B.; VASCONCELOS, A.C.F.; LEÃO, A.B. Avaliação de potássio, matéria orgânica e fósforo em Neossolos dos Perímetros Irrigados Engenheiro Arcoverde e São Gonçalo, PB. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 5, nº 2, 7p. 2005.

CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I.B.; SILVA, P.C.M.; VASCONCELOS, A.C.F. Variabilidade de propriedades químicas de um Neossolo Flúvico da Ilha de Picos (Pernambuco). **Revista Ciência Agronômica**. v. 37, nº 2, p. 135-141, 2006.

COELHO, F. S. **Fertilidade do solo**. 2 ed. São Paulo, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 365p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2005. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em 17 de novembro de 2006.

CORDEIRO, G.C. Aspectos gerais sobre salinidade em áreas irrigadas: origem, diagnóstico e recuperação. Petrolina: EMBRAPA. nº.50. p.1-16. 1988.

COSTA, R.G. **Caracterização da Qualidade da Água de Irrigação da Microrregião Homogênea de Catolé do Rocha-PB (MRH – 89)**. 1982. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

COUTO, E.G.; FILIPADI, H.N.T.; AYRES, R M.; LOBO, F.A. **O uso da terra e o garimpo na bacia do Rio São Lourenço, Mato Grosso: Reflexos no ambiente**. Cuiabá, Universidade Federal do Mato Grosso, 1990. 206p

COUTO, E.G. **Variabilidade espacial de propriedades do solo influenciadas pela agricultura em escala regional e local, no sul do Mato Grosso**. 1997. 178p. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DAKER, A. Irrigação e Drenagem. In: A água na agricultura. 6 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983. 543p.

DINIZ, C. R. **Aspectos Sanitários de Corpos Lênticos Temporários Utilizados para Consumo Humano**. 1994. 142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

DINIZ, C.R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B.S.O. Corpos Lênticos Temporários do Agreste Paraibano: aspectos sanitários e físico-químicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 28, São Paulo, 1995. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1995, p.30.

DINIZ, C.R. **Ritmos Nictemerais e Distribuição Espaço-Temporal de Variáveis Limnológicas e Sanitárias em Dois Açudes de Trópico Semi-Árido (PB)**. 2005. 193f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais)-Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

DONEEN, L.D. **Water quality for irrigated agriculture**. In: SYMPOSIUM ON QUALITY STANDARDS FOR NATIONAL WATER. Univ. Mich. 1975, p. 213-218.

DUXBURY, J.M.; SMITH, S.M.; DORANJ, J.W. Organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: Dynamics of soil organic ecosystems. COLEMAN, D. C.; OADES, M.; UERHARA, G. (eds) University of Hawaii Press. Honolulu. 1989.

ELC – ELECTROCONSULT DO BRASIL LTDA. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. UFPB/CCT/CCA. Governo do Estado da Paraíba – Secretaria de Agricultura e abastecimento – Comissão Estadual de Planejamento Agrícola – CEPA – PB. 1978

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1997, 212p.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos da Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, 602p.

FAO/ UNESCO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Irrigation, drainage and salinity: an international source book**. London, Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. 510p.

GHEY, H.R.; AZEVEDO, N.C.; BATISTA, M.A.F.; SANTOS, J.G.P dos. Comparação de métodos na recuperação de solos salino-sódicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 173-178, 1995.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. 1985. **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba**. Secretaria do Estado da Paraíba/UFPB. João Pessoa, PB. 100p.

HEBRON, D. **Os problemas de salinização na região nordeste**. Recife, SUDENE. Divisão de Documentação, 1967. 17p.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. Qualidade da água para irrigação In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. 1997, Campina Grande. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap. 5, p.137-165.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estimativas Populacionais para os Municípios Brasileiros em 01/07/2006** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2006/POP_2006_DOU.pdf> . Acesso em 16 de novembro de 2006.

JORGE, J.A. **Solo: manejo e adubação**. São Paulo: Editora Polígono, 1969, 146p.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia: Relações Solo Planta**. São Paulo, SP. Editora Agronômica Ceres. 1ª Edição. 1979. 262p.

KRAUSE, G.; RODRIGUES, A.F. **Recursos hídricos do Brasil**. MMA – SRH. Brasília, 1998. 33p.

LEITE, L.M. **Caracterização da qualidade da água superficial na Bacia Capiá – AL para fins de irrigação**. 1991. 96p. (Dissertação de Mestrado). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. 1997, Campina Grande. **Manejo e Controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap.4, p.113-136.

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da Irrigação no Brasil. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **O estado das águas no Brasil parte 3 – usuários da água no Brasil**. Brasília: ANEEL, 1999.

LIMA, K. de L.; CAVALCANTE, L.F.; FEITOSA FILHO, J.C. Efeitos de fontes e níveis de salinidade da água de irrigação sobre a germinação e o crescimento da pinheira. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.21, n.2, 2001, p.135-144.

LOPES, A.S.; GUIDOLIN, J.A. **Interpretação de análise de solo: Conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Comitê de Pesquisa/ Técnico/ ANDA, 1989. 64p

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas (Princípios e aplicações)**. Piracicaba: POTAFÓS, 201p. 1989.

MATHEUS, C.E.; MORAES, A.J.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G. **Manual de análises limnológicas**. São Paulo: BIRCHEA-USP, 1995. 74p

MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos estados do RN, PB e CE**. 1992.163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

MELLO, A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETO, A.C.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. 3 ed. São Paulo: Nobel, 1989, 459p.

MELO, S.T.; LINS, J.R.P.; CISNEIRO, O.D.; BEZERRA, J.E.S.; FERREIRA, L.A.; Pontes, J.R. Atualização do mapeamento da cobertura vegetal nativa lenhosa do Estado da Paraíba e diagnóstico florestal. In: Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba. MMA/SUDEMA/SEBRAE. 2004, (83-152p) 268p. 40 mapas.

MENDES, J. S. **Caracterização Limnológica das Águas da Barragem de Acauã como Base para Avaliação de suas Potencialidades Hídricas**. 2003. 63f. Monografia (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

MENDES, J. S.; WATANABE, T.; DANTAS, E.W.; DIAS, J. B.; BARBOSA, J.E.L. Diagnóstico Limnológico da Fase de Enchimento da Barragem de Acauã, Agreste Paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 9., 2003, Juiz de Fora. **Resumos...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Limnologia, 2003. CD-ROM

MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS. Portaria nº 1469, de 29 de dezembro de 2000. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/CT-SAM/Portaria_MS_1469-00.pdf> Acesso em 13 de agosto de 2006.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. **Política Nacional dos Recursos Hídricos**. Brasília: 1997.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do Pequeno Açude**. Recife: SUDENE-DPG-PRN-DPP-APR, 1992, 524p.

MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Ed. Polígono, 1972, 459p.

OLIVEIRA, J.J. **Variabilidade espacial de características químicas em um solo salino-sódico**. 1998. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

OLIVEIRA, J.J.; CHAVES, L.H.G.; QUEIROZ, J.E.; LUNA, J.G. de. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.783-789, 1999.

OMS. Organization Mundial de la Salud. Guias para la calidad del água potable. 2ed. v.1. Genebra, 1999.

PEREIRA, F.A.M. **Metodologias de análises químicas para solos afetados por sais no Nordeste**. 1981. 71p. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia.

PEREIRA, J.R.; SIQUEIRA, F.B. Alterações nas características químicas de um oxissolo sob irrigação. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 14. n.2, p.189-195, 1979.

PEREIRA, J.R.; CORDEIRO, G.O. Efeito da adubação e irrigação sobre algumas características químicas de um vertissolo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 22, n.6, p.627- 633, 1987.

PHILIPPI, A. J. R; ROMERO, M. A.; BRUNA, G.C. Curso de gestão ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Editorial Agrícola, Española, 1985. 521p.

QUEIROZ, J.E.; GONÇALVES, A.C.; SOUTO, J.S. & FOLEGATTI, M.V. (1997). Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. 1997, Campina Grande. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997, cap. 3, p. 69-111.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Editora Ceres, 1991. 343p.

RHOADES, J.D; KANDIAH,A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa, J. E. Queiroz. Campina Grande, UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48)

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils**. Washington. United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160p. (Agriculture Handbook, 60).

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.115-122, 1998.

SANTOS, J. G. R. dos. **A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática**. Campina Grande: UFPB, 2000. 171p.

SANTOS, R.V.; VASCONCELOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p. 97-100, 1987.

SAWYER, C.; McCARTY, P.L. **Chemistry for environmenta engineering**. McGraw-Hill Book Company. 1987. 532p.

SHALHEVET, J.; KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: a world-wide survey**. New Delhi, International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.

SILVA JUNIOR, L.G.A. **Métodos empíricos para avaliação da qualidade da água de irrigação**. 1993. 103 p. (Dissertação de Mestrado). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SILVA, M.A.V.; BRAGA, C.; AGUIAR, M.J.N.; NITZCHE, M.H.; SILVA, B.B.; VENTURA, E. **Atlas climatológico do Estado da Paraíba**. 2. ed. Campina Grande: Núcleo de Meteorologia Aplicada, UFPB, 1987.

SILVA, P.C.M. **Avaliação e variabilidade espacial de propriedades químicas do solo da “Extensão Maria Tereza” – Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina-PE**. 2001. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande

SIMPLÍCIO, J.B.; SANTOS, M.C.S. **Procedimentos para coleta de amostras de água para Irrigação e Consumo Animal visando Análise Físico – Química**. Recife, 2004. 3 p.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P.; VIERA, S.R. Variabilidade das propriedades físicas e químicas do solo em pomar de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.367-372, 1997.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.77-86, 1998.

STROGONOV, B.P. **Physiological bases of salt tolerance of plants**. Jerusalem, Israel: Prog. Scient. Transl., 1964. 279p.

STUDART, T.; CAMPOS, N. **Gestão das Águas**. Princípios e práticas. 2 ed. Porto Alegre. ABRH, 2003.

SUAREZ, D. L. (1981). Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage water. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, **45**:469-475.

SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE – SUDEMA-
Monitoramento dos reservatórios de consumo humano. Disponível em:
<http://www.sudema.pb.gov.br/servicos_monitoramento.shtml> Acesso em 18 de abril de
2006.

TITO, G.A.; CHAVES, L.H.G. **Avaliação da fertilidade do Perímetro Irrigado de Sumé.** (no prelo)

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentado a escassez. São Carlos: RIMA, IIE, 2003, 248p.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1969. 497p.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS. **Guidelines for interpretation of water quality for agriculture.** Davis, University of California, 1974, 13p

VARGAS, S.V.C.; LOPES, C.E.V.; MARA, D.D. 1990. **Reutilização de Efluentes para Irrigação: Uma alternativa para Zonas Áridas.** Seminário Regional de Engenharia Civil “Civil 90” Tema IV. Recife-PE. 625-637p.

VICENTE, A.; CARNEIRO, H. A lei da seca. **Revista de Biologia**, Ano V, p 17-22. 1993.

VIEIRA, V.P.P.B. Água Doce no Semi-árido. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (org.) **Águas Doces do Brasil.** São Paulo: Escrituras, 1999. p.509-532.

VILLIERS, M. **Água:** como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI. Rio de Janeiro, Ediouro, 2002.

VITTI, G.C. Acidez do solo, calagem e gessagem. In: FERNANDES, F.M.; NASCIMENTO, V.M. Curso de atualização em fertilidade do solo. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap. 10, p. 303-319.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties the soil. In: HILL, D. (Ed.) **Applications of soil Physics**. New York: Academic Press, 1980. cap.13, p. 319-344.

WATANABE, T.; GADELHA, C. L.M.; PASSERAT-DE-SILANS, A.M.B. Análise estatística da relação entre a presença de plantas aquáticas e parâmetros físico químicos da água de açudes. CONGRESSO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 8. 1989, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: [s.n], 1989, p. 582-594.

WATANABE, T.; LIMA, M.A.M.; MACHADO, V.M.N.; PAZ, R.J. Caracterização Limnológica do Rio Gramame, João Pessoa (PB), Brasil: variáveis ambientais. **Acta Limno. Brasil**, São Carlos, v. 3, p. 363-389, 1990.

WINKEL, H. L.; TSCHIEDEL, M. **Salinização em solos cultivados com arroz**. 1999. Disponível em: <<http://members.tripod.com/agropage/saliniza.htm>>. Acesso: 14 dez. 2006.

WOLLENHAUPT, N.C; MULLA, D.J.; CRAWFORD, C.A.G. Soil sampling and interpolation techniques for mapping spatial variability of soil properties. In: PIERCE, J. P.; SADLER, E.J. (Ed.). **The sites-specifics manegement for agricultural systems**. Madison, ASA/CSSA, 1997, p. 19-53.

ANEXO

ANEXO 1. Procedimento para determinar o cálcio corrigido

O cálcio corrigido (Ca°) corresponde à concentração de cálcio na solução do solo (superfície) resultante da irrigação com uma água de determinada salinidade, relação HCO_3/Ca e pressão parcial de dióxido de carbono – (pCO_2). A tabela^{1,2,3} abaixo apresenta os valores do Ca° em função da CEa e da relação HCO_3/Ca da água de irrigação para uma pressão parcial de CO_2 , perto da superfície do solo (pCO_2) de 7.10^{-2} kPa

Valor de HCO_3/Ca da água	Salinidade da água aplicada (CEa) – dS m^{-1}											
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
0,05	13,20	13,61	13,92	14,40	14,79	15,26	15,91	16,43	17,28	17,97	19,07	19,94
0,10	8,31	8,57	8,77	9,07	9,31	9,62	10,02	10,35	10,89	11,32	12,01	12,56
0,15	6,34	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,65	7,90	8,31	8,64	9,17	9,58
0,20	5,24	5,40	5,52	5,71	5,87	6,06	6,31	6,52	6,86	7,13	7,57	7,91
0,25	4,51	4,65	4,76	4,92	5,06	5,22	5,44	5,62	5,91	6,15	6,52	6,82
0,30	4,00	4,12	4,21	4,36	4,48	4,62	4,82	4,98	5,24	5,44	5,77	6,04
0,35	3,61	3,72	3,80	3,94	4,04	4,17	4,35	4,49	4,72	4,91	5,21	5,45
0,40	3,30	3,40	3,48	3,60	3,70	3,82	3,98	4,11	4,32	4,49	4,77	4,98
0,45	3,05	3,14	3,22	3,33	3,42	3,53	3,68	3,80	4,00	4,15	4,41	4,61
0,50	2,84	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,43	3,54	3,72	3,87	4,11	4,30
0,75	2,17	2,24	2,29	2,37	2,43	2,51	2,62	2,70	2,84	2,95	3,14	3,28
1,00	1,79	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,16	2,23	2,35	2,44	2,59	2,71
1,25	1,54	1,59	1,63	1,68	1,73	1,78	1,86	1,92	2,02	2,10	2,23	2,33
1,50	1,37	1,41	1,44	1,49	1,53	1,58	1,65	1,70	1,79	1,86	1,97	2,07
1,75	1,23	1,27	1,30	1,35	1,38	1,43	1,49	1,54	1,62	1,68	1,78	1,86
2,00	1,13	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,36	1,40	1,48	1,54	1,63	1,70
2,25	1,04	1,06	1,10	1,14	1,17	1,21	1,26	1,30	1,37	1,42	1,51	1,58
2,50	0,97	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,17	1,21	1,27	1,32	1,40	1,47
3,00	0,85	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,17	1,24	1,30
3,50	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,17
4,00	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,86	0,88	0,93	0,97	1,03	1,07
4,50	0,66	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99
5,00	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,83	0,88	0,93
7,00	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74
10,0	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58
20,00	0,24	0,25	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37
30,00	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28

¹ Fonte: Suarez (1981)

²Supões-se: a) Cálcio do solo proveniente do calcário (CaCO_3) ou silicatos; b) não existe precipitação do magnésio

³ Ca° , Ca e HCO_3 expressos em mmol l^{-1} , e a CE, em dS m^{-1}

APÊNDICES

Apêndice 1. Questionário

Proprietário: _____

Propriedade: _____

Data: ____/____/____

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

1-Área da propriedade (em ha)

- Menos de 20 ha e com aproveitamento de até 50% ()
Mais de 20 ha e com aproveitamento de até 50% ()
Menos de 20 ha e com aproveitamento acima de 50% ()
De 21 a 100 ha e com aproveitamento acima de 50% ()
De 101 a 200 ha e com aproveitamento acima de 50% ()
Mais de 200 ha e com aproveitamento acima de 50% ()

2-Tipo de cultura plantada

Leguminosas () _____
Frutíferas () _____
Hortaliças () _____
Outras () _____

3- Principais culturas irrigadas

Área irrigada _____ Sistema de irrigação _____
Tipo de solo _____ Cultura Irrigada _____

4- Energia

Elétrica () Diesel () Custo mensal da energia _____

5-Uso de agrotóxicos (inseticidas, herbicidas, fungicidas). Em caso de resposta afirmativa, quais os produtos?

Frequente () Regular () Ocasional () Não utiliza () MIP (Manejo Integrado de Pragas ()
Controle Biológico () _____

6- Adubação e/ou calagem. Em caso de resposta afirmativa, segue orientação da EMATER ou outra empresa de assistência técnica?

Frequentemente () Não usa () Ocasional () Química ()

7- Práticas de preservação e conservação (solo, água, fauna e flora).

Não utiliza () utiliza ()

Apêndice 2. Resultado geral das análises químicas das águas estudadas na 1ª coleta no município de Congo, PB

NAM (1)	pH	ÂNIONS (mmolc L ⁻¹)						CÁTIONS (mmolc L ⁻¹)						RAS (mmolc l ⁻¹) ^{1/2}	RAS°
		CEa (dS m ⁻¹)	Cl	SO4	HCO3	CO3	SAN (2)	Ca	Mg	Na	K	SCAT (3)			
1	7,24	1,76	13,00	0,54	4,76	0,44	18,74	4,58	4,59	91,07	0,20	100,43	42,55	49,72	
2	7,00	0,485	2,30	0,29	2,23	0,00	4,82	1,44	1,70	21,15	0,09	24,38	16,89	16,79	
3	7,44	0,76	4,40	0,56	2,22	0,36	7,54	1,88	1,80	4,13	0,09	7,90	3,05	3,07	
4	7,36	0,72	4,25	0,61	2,03	0,24	7,13	2,21	1,41	3,86	0,07	7,55	2,86	2,89	
5	7,00	0,062	0,08	0,21	0,32	0,00	0,61	0,30	0,11	0,19	0,07	0,67	0,41	0,19	
6	7,65	0,455	2,18	0,32	1,87	0,16	4,53	1,20	1,19	2,02	0,20	4,60	1,85	1,75	
7	7,73	0,47	2,30	0,16	2,06	0,16	4,68	1,26	1,21	2,11	0,22	4,80	1,89	1,84	
8	7,70	2,4	13,90	1,21	7,40	1,36	23,87	2,81	4,03	17,47	0,18	24,49	9,45	10,83	
9	7,26	0,128	0,03	0,35	0,87	0,00	1,25	0,59	0,44	0,32	0,07	1,42	0,45	0,34	
10	8,26	0,51	0,53	0,47	4,45	0,64	6,09	0,91	0,93	4,22	0,07	6,13	4,41	4,70	
11	7,57	0,6	0,38	0,06	5,69	0,00	6,13	1,85	1,89	4,04	0,16	7,94	2,96	3,39	
12	8,34	2,6	13,73	2,36	8,05	1,60	25,74	2,03	5,58	18,39	0,22	26,21	9,43	10,22	
13	7,29	0,262	1,80	0,14	1,87	0,00	2,92	1,23	1,18	0,18	0,11	2,68	0,16	0,15	
14	7,55	0,31	0,90	0,58	1,56	0,00	3,04	0,85	1,00	1,28	0,03	3,16	1,33	1,20	
15	7,13	0,24	0,93	0,42	1,94	0,00	3,29	0,80	0,96	0,18	0,03	1,97	0,19	0,18	
16	7,98	0,68	3,23	0,96	2,20	0,30	6,69	1,40	1,54	3,49	0,05	6,48	2,88	2,83	
17	7,58	2,12	14,90	0,86	5,18	0,16	21,10	4,60	5,20	11,95	0,14	21,90	5,40	6,28	
18	7,95	2,6	16,88	2,95	5,40	0,44	25,67	4,33	5,29	15,63	0,22	25,46	7,13	8,21	

(1) NAM: número da amostra

(2) SAN: soma de ânions

(3) SCAT: soma de cátions

Apêndice 3. Resultado geral das análises químicas das águas estudadas na 2ª coleta no município de Congo, PB

NAM (1)	pH	ÂNIONS (mmolc L ⁻¹)						CÁTIONS (mmolc L ⁻¹)					RAS (mmolc l ⁻¹) ^{1/2}	RAS°
		CEa (dS m ⁻¹)	Cl	SO4	HCO3	CO3	SAN (2)	Ca	Mg	Na	K	SCAT (3)		
1	7,77	1,6	9,65	0,73	4,80	0,74	15,92	2,74	3,50	7,63	0,24	14,10	4,32	4,83
2	7,95	1,3	7,50	1,49	3,50	0,34	12,83	2,38	2,49	6,06	0,13	11,05	3,89	4,22
3	8,09	1,1	7,20	0,15	3,23	0,40	10,98	2,24	2,89	5,51	0,20	10,84	3,44	3,66
4	7,93	1	6,13	0,36	3,02	0,28	9,79	2,45	2,46	4,96	0,13	10,00	3,16	3,39
5	7,00	0,09	0,53	0,18	0,18	0,00	0,89	0,26	0,46	0,42	0,31	1,46	0,70	0,36
6	8,18	0,54	2,85	0,13	2,11	0,30	5,39	1,24	1,50	2,57	0,24	5,54	2,19	2,13
7	8,17	0,53	2,90	0,04	2,19	0,16	5,29	1,26	1,51	2,57	0,25	5,60	2,18	2,14
8	8,54	2,23	13,23	0,36	7,37	1,30	22,26	2,05	3,49	17,47	0,18	23,19	10,50	11,73
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	8,38	0,615	1,65	0,18	3,78	0,52	6,13	0,98	1,11	3,49	0,09	5,66	3,41	3,55
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	8,19	2,7	15,93	0,09	9,65	1,52	27,19	3,06	6,51	15,63	0,27	25,48	7,14	8,03
13	8,19	0,76	5,88	0,68	1,98	0,50	9,04	2,25	1,68	1,65	0,38	5,96	1,18	1,18
14	7,90	0,6	1,65	0,35	3,64	0,32	5,96	1,70	2,10	2,29	0,09	6,18	1,66	1,78
15	7,92	0,236	0,98	0,43	1,74	0,12	3,27	0,75	0,89	1,10	0,05	2,79	1,21	1,10
16	8,09	0,97	6,43	0,30	3,10	0,50	10,33	2,20	2,45	5,05	0,14	9,85	3,31	3,53
17	8,04	0,68	4,53	1,00	2,99	0,40	8,92	1,93	2,10	3,67	0,22	7,91	2,59	2,73
18	8,47	4,22	45,05	7,54	6,69	1,64	60,92	1,78	10,71	41,39	0,27	54,15	16,56	17,11

(1) NAM: número da amostra

(2) SAN: soma de ânions

(3) SCAT: soma de cátions

* As fontes de água de onde foram retiradas as amostras 9 e 11 estavam secas no momento da 2ª coleta

Apêndice 4. Características das áreas irrigadas e não irrigadas nas quais se coletou solo no município de Congo, PB.

NAM	Proprietário	Classificação	Sistema de Irrigação atual	Anos de Irrigação	Observação:
1	Gilberto Pereira	TXo	NIRR	2 anos	Parada de irrigar há 1 ano
2	Sr. Salim	TXo	sulcos	12 anos	Amostragem na plantação de cenoura
3	Sr. Salim	RLe	sulcos	2 anos	Amostragem na plantação de cenoura
4	Sr. Tota	TXo	sulcos	12 anos	Amostragem na plantação de milho
5	Gilberto Pereira	RYq	Xique-xique e micro-bacias	8 anos	Amostragem na plantação de coqueiro
6	Gilberto Pereira	RYq	NIRR	Área nativa	-
7	Gilberto Pereira	RYq	Xique-xique-micro-bacias	5 anos	Amostragem na plantação de coqueiro
8	Erivando de Oliveira	RLe	NIRR	2 anos	Parada de irrigar há 2 meses
9	Erivando de Oliveira	RYq	microaspersão	2 anos	Amostragem na plantação de milho
10	Rosemar Queiroz	RLe	microaspersão	3 anos	Amostragem na plantação de cebola
11	Rosemar Queiroz	RLe	NIRR	Área nativa	
12	Rosemar Queiroz	RYq	microaspersão	10 anos	Amostragem na plantação de milho
13	José Gilberto de Almeida	RYq	NIRR	9 anos	Terra parada a 4 anos
14	José Gilberto de Almeida	RYq	NIRR	-	Amostragem na plantação de milho
15	João Paulino	RYq	NIRR	5 anos	Terra parada há 2 anos
16	José Bruno de Oliveira	RYq	microaspersão	5 anos	Amostragem na plantação de cenoura

Apêndice 4. continuação

NAM	Proprietário	Classificação	Sistema de Irrigação atual	Anos de Irrigação	Observação:
17	José das Neves Ramos	aluvial	sulcos	5 anos	Amostragem na plantação de pimentão
18	José das Neves Ramos	RYq	sulcos	-	Amostragem na plantação de milho
19	José Correia	TXo	sulcos	16 anos	Amostragem na plantação de tomate
20	Sebastião Benício	RLc	IRR	-	Terra preparada para plantio
21	João Bezerra Neto	RLc	sulcos	5 anos	Amostragem na plantação de pimentão
22	João Bezerra Neto	TXo	microaspersão	5 anos	Amostragem na plantação de cenoura
23	Genivaldo Feitosa	RYq	NIRR	-	Amostragem na plantação de milho
24	Manoel Crismério	TXo	microaspersão	10 anos	Amostragem na plantação de cenoura
25	Vicente Nogueira	RYq	sulcos	3 anos	Amostragem na plantação de pimentão
26	José Miguel	RYq	NIRR	-	-
27	José Roberto B. Júnior	TXo	microaspersão	5 anos	Amostragem na plantação de beterraba

**Apêndice 5. Resultado das análises do complexo sortivo das amostras de solo da 1ª coleta
das áreas irrigadas e não irrigadas do município de Congo, PB**

NAM	PROF.	CATIONS TROCÁVEIS (cmolc kg ⁻¹)							CTC	PST (%)	CO (%)	MO (g kg ⁻¹)	N (%)	Fósforo	Classificação do solo de acordo com a PST
		pH	CE (dS m ⁻¹)	Ca	Mg	Na	K	Assimilável (mg dm ⁻³)							
1	00-20	7,74	0,25	12,21	6,96	0,40	0,68	20,24	1,96	1,43	24,71	0,14	107	não sódico	
1	20-40	7,6	0,27	15,31	9,61	0,90	0,27	26,10	3,46	1,25	21,49	0,12	29	não sódico	
2	00-20	7,7	0,34	8,9	4,10	0,71	0,14	13,85	5,12	1,07	18,50	0,11	18	não sódico	
2	20-40	7,29	0,33	11,27	7,35	0,89	0,09	19,60	4,56	0,97	16,67	0,10	7	não sódico	
3	00-20	7,48	0,27	7	4,69	0,42	0,18	12,29	3,38	1,14	19,65	0,11	16	não sódico	
3	20-40	7,32	0,22	10,02	7,20	0,80	0,13	18,15	4,42	0,97	16,67	0,10	5	não sódico	
4	00-20	8,14	0,41	13,62	5,72	0,39	0,75	20,48	1,89	1,87	32,30	0,19	126	não sódico	
4	20-40	8,1	0,43	15	8,07	0,57	0,46	24,10	2,37	1,50	25,86	0,15	126	não sódico	
5	00-20	8,26	0,67	5,88	3,29	0,88	0,25	10,30	8,50	1,33	22,99	0,13	126	ligeiramente sódico	
5	20-40	8,72	0,25	4,67	1,97	0,39	0,51	7,54	5,14	1,04	17,93	0,10	126	não sódico	
6	00-20	8,28	0,14	3,54	1,65	0,14	0,24	5,57	2,50	1,07	18,39	0,11	8	não sódico	
6	20-40	8,81	0,19	3,08	2,05	0,87	0,07	6,07	14,3	0,89	15,40	0,09	0	medianamente sódico	
7	00-20	8,14	0,26	6,18	3,19	0,30	0,35	10,01	2,95	1,36	23,45	0,14	107	não sódico	
7	20-40	8,5	0,18	5,72	3,38	0,45	0,20	9,75	4,63	1,05	18,16	0,11	65	não sódico	
8	00-20	7,99	0,60	5,18	2,17	0,79	0,44	8,58	9,23	1,23	21,26	0,12	126	ligeiramente sódico	
8	20-40	7,96	0,45	4,1	2,08	0,71	0,44	7,33	9,68	1,05	18,16	0,11	107	ligeiramente sódico	
9	00-20	8,34	0,16	3,78	2,26	0,38	0,44	6,86	5,52	0,93	16,09	0,09	76	não sódico	
9	20-40	8,42	0,15	3,87	2,48	0,36	0,29	7,00	5,14	1,43	24,60	0,14	55	não sódico	
10	00-20	8,17	0,33	4,41	2,05	0,68	0,49	7,64	8,93	1,40	24,14	0,14	126	ligeiramente sódico	
11	00-20	7,14	0,15	7,14	1,67	0,07	0,64	9,52	0,69	1,75	30,23	0,18	126	não sódico	
12	00-20	8,27	0,16	6,62	4,14	0,47	0,18	11,41	4,12	1,02	17,58	0,10	76	não sódico	
12	20-40	8,22	0,18	8,04	4,37	0,62	0,14	13,17	4,69	0,99	17,01	0,10	53	não sódico	
13	00-20	8,38	0,11	4,13	3,10	0,35	0,36	7,95	4,41	0,47	8,16	0,05	96	não sódico	
13	20-40	8,25	0,20	4,59	3,02	0,88	0,20	8,69	10,1	0,59	10,09	0,06	96	ligeiramente sódico	
14	00-20	8,15	0,84	9,41	6,36	0,45	0,42	16,64	2,72	0,99	17,12	0,10	81	não sódico	
14	20-40	8,09	0,14	9,89	5,97	1,56	0,24	17,65	8,81	0,56	9,64	0,06	47	ligeiramente sódico	
15	00-20	8,44	0,11	6,18	3,86	0,51	0,46	11,00	4,61	0,55	9,41	0,05	88	não sódico	
15	20-40	8,62	0,12	7,49	4,24	1,83	0,27	13,83	13,2	0,82	14,06	0,08	65	medianamente sódico	
16	00-20	7,76	0,11	6,36	3,54	0,14	0,25	10,29	1,35	0,29	4,99	0,03	76	não sódico	
16	20-40	8,2	0,81	5,96	3,00	0,13	0,22	9,31	1,40	0,57	9,75	0,06	96	não sódico	
17	00-20	8,44	0,14	6	4,41	0,88	0,20	11,48	7,62	0,60	10,43	0,06	88	ligeiramente sódico	
17	20-40	8,09	0,15	4,93	4,02	0,44	0,35	9,74	4,55	0,53	9,07	0,05	96	não sódico	
18	00-20	8,63	0,20	5,14	3,51	0,78	0,36	9,80	7,99	0,84	14,51	0,08	96	ligeiramente sódico	
18	20-40	7,91	0,36	8,86	5,54	1,56	0,24	16,19	9,61	0,53	9,18	0,05	55	ligeiramente sódico	
19	00-20	7,16	0,80	7,87	5,93	1,92	0,20	15,92	12,0	1,33	22,90	0,13	59	medianamente sódico	
19	20-40	7,94	0,21	11,18	7,70	0,88	0,16	19,93	4,44	0,53	9,07	0,05	96	não sódico	
20	00-20	8,61	0,19	11,86	7,28	0,58	0,24	19,96	2,91	0,95	16,32	0,09	107	não sódico	
21	00-20	7,72	0,21	7,88	4,40	0,41	0,36	13,05	3,11	1,16	20,06	0,12	47	não sódico	
22	00-20	7,63	0,30	10,42	7,45	0,69	0,33	18,89	3,66	0,93	16,10	0,09	88	não sódico	
22	20-40	7,72	0,21	14	11,01	1,37	0,18	26,56	5,16	0,57	9,75	0,06	57	não sódico	
23	00-20	7,75	0,13	6,82	4,22	0,12	0,00	11,16	1,08	0,81	13,94	0,08	88	não sódico	
23	20-40	8,32	0,88	7,08	3,19	0,22	0,07	10,56	2,10	0,57	9,86	0,06	82	não sódico	

Apêndice 5. continuação

NAM	PROF.	pH	CÁTIONS TROCÁVEIS (cmolc kg ⁻¹)					CTC	PST (%)	CO (%)	MO (g kg ⁻¹)	N (%)	Fósforo Assimilável (mg dm ⁻³)	Classificação do solo de acordo com a PST
			CE (dS m ⁻¹)	Ca	Mg	Na	K							
24	00-20	8,67	0,39	5	4,23	2,02	0,31	11,56	17,45	0,72	12,36	0,07	40	medianamente sódico
24	20-40	7,94	0,37	8,99	6,64	2,57	0,18	18,38	13,97	0,84	14,40	0,08	126	medianamente sódico
25	00-20	8,7	0,27	4,95	3,77	0,70	0,59	10,01	7,00	0,70	12,02	0,07	126	não sódico
25	20-40	8,65	0,22	4,6	3,18	0,69	0,40	8,87	7,79	0,45	7,82	0,05	126	ligeiramente sódico
26	00-20	9,08	0,16	4,42	3,89	0,67	0,38	9,37	7,18	0,53	9,07	0,05	126	ligeiramente sódico
26	20-40	8,86	0,39	4,38	4,80	1,83	0,38	11,40	16,08	0,50	8,62	0,05	126	medianamente sódico
27	00-20	8,39	0,81	6,68	4,21	2,20	0,66	13,75	16,00	0,68	11,68	0,07	126	medianamente sódico
27	20-40	6,81	0,51	6,14	5,75	2,29	0,48	14,66	15,64	0,45	7,71	0,04	81	medianamente sódico

Apêndice 6. Resultado das análises do complexo sortivo das amostras de solo da 2ª coleta das áreas irrigadas e não irrigadas do município de Congo, PB

NAM	PROF.	CÁTIONS TROCÁVEIS (cmolc kg ⁻¹)							CTC	PST (%)	CO (%)	MO (g kg ⁻¹)	N (%)	Fósforo	Classificação do solo de acordo com a PST
		pH	CE (dS m ⁻¹)	Ca	Mg	Na	K	Assimilável (mg dm ⁻³)							
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
2	00-05	7,77	2,20	11,95	8,05	4,22	0,22	24,44	17,28	0,49	8,4	0,05	19	medianamente sódico	
2	05-20	7,22	0,30	11,83	6,24	0,81	0,14	19,02	4,26	0,56	9,6	0,06	20,2	não sódico	
3	00-20	7,36	0,82	7,37	5,62	1,74	0,36	15,09	11,53	0,85	14,6	0,08	20,8	medianamente sódico	
3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
4	00-05	8,11	0,42	14,2	5,80	0,36	0,92	21,28	1,69	1,45	24,9	0,14	457	não sódico	
4	05-20	8,12	0,28	13,65	8,67	0,50	0,68	23,50	2,12	1,40	24,1	0,14	306	não sódico	
5	00-05	7,95	0,47	8,8	6,06	0,91	0,73	16,50	5,53	1,53	26,4	0,15	107	não sódico	
5	05-20	7,92	0,28	8,16	5,59	0,82	0,46	15,03	5,46	1,20	20,7	0,12	106	não sódico	
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
7	00-05	7,89	0,10	8,86	6,09	2,29	0,60	17,85	12,84	1,89	32,6	0,19	620	medianamente sódico	
7	05-20	7,41	0,58	4,68	3,84	0,75	0,77	10,04	7,44	0,58	10,0	0,06	126	ligeiramente sódico	
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
9	00-05	8,25	0,47	5,09	3,51	0,75	0,38	9,73	7,67	0,41	7,1	0,04	68,2	ligeiramente sódico	
9	05-20	7,99	0,21	4,59	4,59	0,45	0,35	9,98	4,53	0,41	7,0	0,04	81,3	não sódico	
10	00-20	7,39	0,93	4,71	4,14	1,56	0,60	11,01	14,13	0,82	14,2	0,08	280	medianamente sódico	
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
12	00-05	8,36	0,32	9,35	5,68	0,76	0,35	16,13	4,68	0,71	12,2	0,07	106	não sódico	
12	05-20	8,33	0,29	9,05	5,87	0,62	0,33	15,87	3,89	0,59	10,1	0,06	87,5	não sódico	
13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
14	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
14	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
16	00-20	7,7	0,16	5,73	4,20	0,23	0,27	10,43	2,21	0,54	9,3	0,05	87,5	não sódico	
16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
17	00-05	7,91	0,88	5,3	4,55	2,48	0,48	12,80	19,34	0,43	7,4	0,04	87,5	medianamente sódico	
17	05-20	7,64	0,43	5,4	5,12	0,91	0,31	11,74	7,77	0,41	7,1	0,04	87,5	ligeiramente sódico	
18	00-05	7,55	0,93	7,68	5,68	2,75	0,48	16,59	16,59	0,63	10,9	0,06	95,5	medianamente sódico	
18	05-20	7	0,92	6,78	5,19	2,75	0,36	15,09	18,24	0,89	15,3	0,09	81,3	medianamente sódico	
19	00-05	8,18	0,27	9,09	7,02	0,69	0,31	17,11	4,04	0,87	15,1	0,09	95,5	não sódico	
19	05-20	8,09	0,18	10,58	7,78	0,70	0,14	19,20	3,65	0,57	9,9	0,06	57	não sódico	
20	00-05	8,37	0,47	13,06	9,41	1,74	0,24	24,45	7,12	0,93	16,0	0,09	126	ligeiramente sódico	
20	05-20	8,29	0,26	11,95	9,99	0,88	0,20	23,02	3,84	0,80	13,7	0,08	95,5	não sódico	
21	00-20	7,36	0,60	7,76	3,98	0,68	0,49	12,92	5,28	0,85	14,7	0,09	38,8	não sódico	
22	00-05	7,73	0,21	10,03	7,32	0,56	0,48	18,39	3,06	0,76	13,1	0,08	95,5	não sódico	
22	05-20	7,53	0,27	8,97	8,63	0,79	0,27	18,67	4,24	0,74	12,8	0,07	106	não sódico	
22	00-20	7,42	0,42	10,99	7,07	0,84	0,38	19,28	4,35	0,98	16,9	0,10	65	não sódico	

Apêndice 6. continuação

NAM	PROF.	CÁTIONS TROCÁVEIS (cmolc kg ⁻¹)						CTC	PST (%)	CO (%)	MO (g kg ⁻¹)	N (%)	Fósforo Assimilável (mg dm ⁻³)	Classificação do solo de acordo com a PST
		pH	CE (dS m ⁻¹)	Ca	Mg	Na	K							
23	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
23	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
24	00-05	7,88	0,70	5,83	5,45	1,83	0,51	13,62	13,45	0,58	10,0	0,06	87,5	medianamente sódico
24	05-20	7,71	0,27	5,76	4,03	0,91	0,36	11,07	8,24	0,49	8,4	0,05	57	ligeiramente sódico
25	00-05	8,02	0,88	4,73	2,62	2,57	0,92	10,83	23,70	0,59	10,2	0,06	527	fortemente sódico
25	05-20	8,39	0,35	5,5	2,84	1,10	0,57	10,00	10,96	0,58	10,0	0,06	719	ligeiramente sódico
26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
27	00-20	8,85	0,26	6,15	4,11	1,56	0,81	12,62	12,33	0,45	7,8	0,05	365	medianamente sódico
27	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

*Correspondem às áreas não irrigadas que não foram retiradas amostras de solos na 2ª coleta

Apêndice 7. Resultado das análises de salinidade das amostras de solo da 1ª coleta das áreas irrigadas e não irrigadas do município de Congo, PB

NAM	PROF.	CÂTIONS SOLÚVEIS (mmolc L ⁻¹)						ÂNIONS (mmolc L ⁻¹)				CATEGORIA DE SALINIDADE
		pHes	CEes (dS m ⁻¹)	Ca	Mg	Na	K	RAS (mmolc L ⁻¹) ^{1/2}	Cl	CO ₃	HCO ₃	
1	00-20	7,28	0,65	2,00	2,38	3,03	0,31	2,05	2,25	0	2,4	Não salino
1	20-40	6,97	0,85	1,75	3,13	4,68	0,13	3	2,75	0	0,4	Não salino
2	00-20	7,25	1,14	2,88	3,25	5,70	0,11	3,25	7,25	0	0,5	Não salino
2	20-40	6,65	1,09	2,63	2,75	5,88	0,09	3,59	6,75	0	0,1	Não salino
3	00-20	7,04	0,85	2,25	2,63	3,86	0,13	2,47	4	0	0,7	Não salino
3	20-40	6,57	0,58	0,63	1,75	3,67	0,09	3,37	2,75	0	0,5	Não salino
4	00-20	7,81	1,11	4,63	4,00	3,86	0,66	1,86	1,5	0	3,1	Não salino
4	20-40	7,7	1,21	4,88	4,25	4,68	0,29	2,19	1,5	0	2,2	Não salino
5	00-20	7,85	2,76	8,13	7,88	17,47	0,33	6,18	20	0	3,6	ligeiramente salino
5	20-40	8,12	0,81	1,25	1,75	5,51	0,71	4,5	1,5	0	3,6	Não salino
6	00-20	7,77	0,44	1,25	1,88	2,20	0,24	1,76	0,25	0	2,3	Não salino
6	20-40	7,8	0,67	0,38	1,75	5,70	0,40	5,53	2,25	0	1,2	Não salino
7	00-20	7,67	0,78	2,50	2,00	3,40	0,33	2,26	3,25	0	1,9	Não salino
7	20-40	7,63	0,58	0,88	1,88	3,67	0,24	3,13	1,75	0	1	Não salino
8	00-20	7,43	2,51	6,63	6,38	15,63	0,66	6,13	14,7	0	1,1	ligeiramente salino
8	20-40	7,42	1,54	2,75	3,25	8,55	0,46	4,94	8,25	0	0,6	Não salino
9	00-20	7,58	0,57	0,38	1,63	3,95	0,38	3,95	1,5	0	1,1	Não salino
9	20-40	7,75	0,53	0,88	1,13	3,58	0,24	3,58	1,5	0	0,6	Não salino
10	00-20	7,66	1,19	1,88	2,50	7,81	0,40	5,28	5,25	0	2,7	Não salino
11	00-20	7	0,46	2,13	1,75	0,79	0,57	0,57	0,25	0	2,6	Não salino
12	00-20	7,41	0,52	0,63	1,63	3,58	0,18	3,38	0,75	0	1,2	Não salino
12	20-40	7,22	0,6	1,25	0,75	3,86	0,14	3,86	1,25	0	0,6	Não salino
13	00-20	7,4	0,32	0,53	1,23	2,66	0,27	2,84	1,75	0	1,2	Não salino
13	20-40	7,18	0,80	1,25	1,13	7,35	0,20	6,75	7	0	0,9	Não salino
14	00-20	6,92	0,27	0,88	0,75	2,20	0,14	2,44	0,5	0	1,5	Não salino
14	20-40	6,75	0,50	0,50	1,38	4,32	0,18	4,46	3,25	0	1,4	Não salino
15	00-20	7,26	0,40	0,88	0,88	3,49	0,31	3,73	0	0	2,4	Não salino
15	20-40	7,21	0,57	1,00	1,13	5,14	0,33	4,99	2	0	1,6	Não salino
16	00-20	5,92	0,31	1,13	1,13	1,74	0,16	1,64	0,5	0	1,6	Não salino
16	20-40	7,27	0,25	1,25	0,25	1,46	0,14	1,69	0,5	0	1,2	Não salino
17	00-20	7,21	0,58	1,00	1,13	5,05	0,29	4,9	2,75	0	1,6	Não salino
17	20-40	7,16	0,54	1,25	2,25	3,95	0,35	2,98	2,25	0	2	Não salino
18	00-20	7,57	0,10	1,63	2,50	8,27	0,55	5,76	6,5	0	3,3	Não salino
18	20-40	6,97	1,78	4,38	3,88	16,55	0,29	8,15	18	0	0,9	Não salino
19	00-20	6,67	3,75	17,25	17,63	23,91	0,33	5,73	51,5	0	1,5	ligeiramente salino
19	20-40	6,94	0,90	2,25	2,50	5,97	0,35	3,88	6,5	0	1,3	Não salino
20	00-20	7,72	0,53	1,88	2,25	3,58	0,14	2,49	1	0	4,2	Não salino
21	00-20	7,12	0,78	3,25	2,25	4,32	0,24	2,6	5,75	0	2,7	Não salino
22	00-20	6,97	1,10	4,75	4,38	5,60	0,16	2,62	8	0	2,4	Não salino
22	20-40	6,69	0,63	1,25	1,88	4,59	0,13	3,67	3	0	1,5	Não salino
23	00-20	7,36	0,45	1,88	2,00	2,02	0,18	1,45	1,75	0	3	Não salino
23	20-40	7,32	0,33	1,00	1,50	2,38	0,09	2,13	0,75	0	2,4	Não salino

Apêndice 7. continuação

NAM	PROF.	CÁTIONS SOLÚVEIS (mmolc L ⁻¹)						ÂNIONS (mmolc L ⁻¹)				CATEGORIA DE SALINIDADE
		pHes	CEes (dS m ⁻¹)	Ca	Mg	Na	K	RAS (mmolc L ⁻¹) ^{1/2}	Cl	CO ₃	HCO ₃	
24	00-20	7,71	1,80	4,13	3,38	16,55	0,16	8,55	18	0	1,7	Não salino
24	20-40	6,92	1,26	2,25	0,13	9,19	0,16	8,44	20	0	328,8	Não salino
25	00-20	7,75	1,22	2,50	3,38	8,27	0,70	4,83	9,5	0	2,8	Não salino
25	20-40	7,71	1,01	2,38	3,38	7,08	0,33	4,17	9	0	1,3	Não salino
26	00-20	8,03	0,59	1,50	1,13	5,33	0,35	4,65	3	0	3,6	Não salino
26	20-40	7,82	1,45	2,38	3,25	14,71	0,31	8,77	15	0	298,8	Não salino
27	00-20	7,66	4,10	15,63	13,13	35,87	1,65	9,46	51,5	0	1,9	medianamente salino
27	20-40	5,92	1,98	5,13	7,25	16,55	0,29	6,65	18,2	0	1	Não salino

Apêndice 8. Resultado das análises de salinidade das amostras de solo da 2ª coleta das áreas irrigadas do município de Congo, PB

NAM	PROF.	CÁTIONS SOLÚVEIS (mmolc L ⁻¹)						ÂNIONS (mmolc L ⁻¹)				CATEGORIA DE SALINIDADE	
		pHes (dS m ⁻¹)	CEes	Ca	Mg	Na	K	RAS (mmolc L ⁻¹) ^{1/2}	Cl	CO ₃	HCO ₃		
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	00-05	7,28	10,9	63,00	52,38	62,55	0,27	8,24	155	0	4,6		fortemente salino
2	05-20	7,00	1,41	5,00	8,38	7,26	0,33	2,81	12,7	0	2,9		Não salino
3	00-20	7,15	4,49	21,38	26,13	29,43	0,62	6,04	48,7	0	8,6		medianamente salino
3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	00-05	7,68	1,45	4,75	12,13	4,22	2,20	1,45	5,25	0	13		Não salino
4	05-20	7,68	1,03	3,63	7,88	4,96	0,86	2,07	2,5	0	9		Não salino
5	00-05	7,54	1,94	2,25	12,25	14,71	0,88	5,46	15,5	0	4,1		Não salino
5	05-20	7,50	1,22	1,25	6,25	7,63	0,40	3,94	9,75	0	2,5		Não salino
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
7	00-05	7,56	4,49	17,25	19,00	33,11	2,20	7,78	43,2	0	6,5		medianamente salino
7	05-20	7,02	3,13	12,00	13,63	19,31	3,49	5,40	20,7	0	3,3		ligeiramente salino
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	00-05	7,76	2,63	9,38	10,63	18,39	0,81	5,82	28,5	0	3,2		ligeiramente salino
9	05-20	7,39	1,34	3,50	5,00	7,35	0,55	3,57	9,5	0	2,3		Não salino
10	00-20	7,22	4,08	16,75	16,63	26,67	2,39	6,53	40,5	0	8,3		medianamente salino
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	00-05	7,83	1,23	3,75	5,00	7,35	0,38	3,51	8,25	0	4,1		Não salino
12	05-20	7,69	0,85	2,25	4,13	4,59	0,31	2,57	5,25	0	3,5		Não salino
13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
16	00-20	7,32	0,71	2,38	4,00	3,03	0,31	1,70	3,25	0	1,9		Não salino
16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
17	00-05	7,65	3,58	10,00	12,63	26,67	0,84	7,93	38,7	0	2,2		ligeiramente salino
17	05-20	7,11	1,87	4,13	5,50	13,79	0,31	6,29	17	0	2,8		Não salino
18	00-05	7,22	3,58	11,00	11,88	27,59	0,70	8,16	43,2	0	2,1		ligeiramente salino
18	05-20	6,67	4,17	12,13	10,75	34,03	0,55	10,1	47,5	0	2,9		medianamente salino
19	00-05	7,81	1,16	3,50	5,25	5,97	0,38	2,86	9	0	1,9		Não salino
19	05-20	7,47	1,18	3,63	3,88	6,34	0,20	3,27	10,5	0	3,2		Não salino
20	00-05	7,91	1,31	3,88	4,88	7,35	0,25	3,51	11,5	0	3,3		Não salino
20	05-20	7,69	0,76	1,63	2,13	5,05	0,18	3,69	4,25	0	5,1		Não salino
21	00-20	7,09	2,70	14,00	13,88	8,64	0,75	2,31	25,7	0	5,1		ligeiramente salino
22	00-05	7,28	0,78	2,50	3,00	4,32	0,40	2,60	2,75	0	2,8		Não salino
22	05-20	7,13	1,14	3,13	4,38	6,80	0,27	3,51	7,5	0	1,9		Não salino
22	00-20	7,16	2,14	9,50	11,25	9,19	0,46	2,85	17,5	0	8,6		ligeiramente salino

Apêndice 8. continuação

NAM	PROF.	pHes	CÁTIONS SOLÚVEIS (mmolc L ⁻¹)					ÂNIONS (mmolc L ⁻¹)				CATEGORIA DE SALINIDADE	
			CEes (dS m ⁻¹)	Ca	Mg	Na	K	RAS (mmolc L ⁻¹) ^{1/2}	Cl	CO ₃	HCO ₃		
23	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
23	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
24	00-05	7,51	3,40	9,88	14,25	24,83	0,75	7,15	39	0	3,7		ligeiramente salino
24	05-20	7,14	1,20	1,88	4,00	7,81	0,31	4,56	8,2	0	3,4		Não salino
25	00-05	7,59	3,81	8,38	11,63	28,51	3,31	9,02	41	0	3,6		ligeiramente salino
25	05-20	7,77	1,52	3,25	4,75	9,19	0,73	4,60	13	0	3,2		Não salino
26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
27	00-20	8,1	1,23	2,25	2,25	9,10	0,55	6,07	9,5	0	4,2		Não salino
27	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

*Correspondem às áreas não irrigadas que não foram retiradas amostras de solos na 2ª coleta.

Apêndice 9. Resultado das análises físicas dos solos coletados no município de Congo, PB

NAM	PROF.	TEXTURA (g kg ⁻¹)			CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL	Da (g/cm ³)	Dr (g/cm ³)	PT (%)	UMIDADE (%)		ÁGUA DISPONÍVEL (%)
		ARGILA	SILTE	AREIA					0,033 (MPa)	1,5 (MPa)	
1	00-20	362,9	249,8	387,3	franco argiloso	1,26	2,67	52,88	20,72	10,15	10,56
1	20-40	472,1	211,8	316,1	argila	1,26	2,60	51,59	25,08	13,40	11,67
2	00-20	300,5	238,7	460,8	franco argiloso	1,17	2,66	55,95	16,70	8,11	8,59
2	20-40	386,2	210,2	403,6	franco argiloso	1,23	2,65	53,51	20,76	10,91	9,85
3	00-20	300,6	228,6	470,8	franco argilo-arenoso	1,25	2,65	52,74	17,82	8,48	9,34
3	20-40	408,6	190,4	401,0	argila	1,29	2,64	51,22	21,09	11,07	10,02
4	00-20	367,2	239,9	392,9	franco argiloso	1,14	2,67	57,30	22,96	12,78	10,18
4	20-40	456,1	191,3	352,6	argila	1,28	2,60	50,72	25,59	14,46	11,13
5	00-20	200,0	185,9	614,1	franco arenoso	1,37	2,67	48,69	14,09	5,88	8,22
5	20-40	179,0	185,1	635,9	franco arenoso	1,44	2,72	47,02	9,49	4,29	5,20
6	00-20	189,5	236,0	574,5	franco arenoso	1,49	2,68	44,33	13,14	4,11	9,03
6	20-40	212,6	239,2	548,2	franco argilo-arenoso	1,52	2,71	43,96	11,48	4,63	6,84
7	00-20	190,8	237,6	571,6	franco arenoso	1,28	2,73	53,19	17,15	6,82	10,33
7	20-40	251,6	257,6	490,8	franco argilo-arenoso	1,29	2,66	51,47	15,73	6,74	8,99
8	00-20	251,2	135,5	613,3	franco argilo-arenoso	1,47	2,63	44,09	13,06	5,66	7,41
8	20-40	240,4	165,5	594,1	franco argilo-arenoso	1,48	2,67	44,60	10,89	5,69	5,20
9	00-20	220,6	165,9	613,5	franco argilo-arenoso	1,4	2,70	48,12	11,25	5,33	5,92
9	20-40	210,8	176,3	612,9	franco argilo-arenoso	1,36	2,70	49,68	10,43	5,26	5,17
10	00-20	219,8	155,0	625,2	franco argilo-arenoso	1,45	2,64	45,10	14,49	6,56	7,93
11	00-20	189,9	94,8	715,3	franco arenoso	1,32	2,63	49,90	16,80	8,41	8,39
12	00-20	284,6	229,2	486,2	franco argilo-arenoso	1,34	2,66	49,71	16,22	7,63	8,58
12	20-40	316,6	240,4	443,0	franco argiloso	1,4	2,67	47,64	18,54	9,49	9,05
13	00-20	178,3	197,7	624,0	franco arenoso	1,4	2,70	48,17	10,05	5,60	4,45
13	20-40	220,7	186,3	593,0	franco argilo-arenoso	1,38	2,71	48,99	12,15	6,29	5,86
14	00-20	348	422,7	229,3	franco argiloso	1,33	2,70	50,69	24,42	11,70	12,72
14	20-40	328	351,1	320,9	franco argiloso	1,34	2,59	48,17	22,91	11,26	11,65
15	00-20	243,5	266,5	490,0	franco argilo-arenoso	1,38	2,75	49,83	15,29	7,46	7,83
15	20-40	327,4	216,5	456,1	franco argilo-arenoso	1,36	2,66	48,88	19,11	9,66	9,45
16	00-20	222,4	224,9	552,7	franco argilo-arenoso	1,4	2,72	48,55	13,47	6,50	6,96
16	20-40	222,3	204,3	573,4	franco argilo-arenoso	1,38	2,65	47,84	12,01	6,38	5,63
17	00-20	243,3	235,6	521,1	franco argilo-arenoso	1,39	2,57	45,94	14,99	7,55	7,44
17	20-40	222,3	265,6	512,1	franco argilo-arenoso	1,41	2,54	44,58	13,62	6,39	7,23
18	00-20	201,4	244,6	554,0	franco argilo-arenoso	1,4	2,59	45,85	13,49	6,52	6,97
18	20-40	286,7	268,4	444,9	franco argiloso	1,46	2,58	43,47	19,89	9,27	10,62
19	00-20	285,5	250,6	463,9	franco argiloso	1,28	2,67	52,12	17,53	8,55	8,98
19	20-40	351,3	211,9	436,8	franco argiloso	1,39	2,56	45,71	19,38	11,47	7,90
20	00-20	247,1	232,5	520,4	franco argilo-arenoso	1,25	2,64	52,62	21,04	11,41	9,64
21	00-20	243,8	311,6	444,6	franco	1,46	2,71	46,09	21,30	9,89	11,41
22	00-20	310,2	212,2	477,6	franco argilo-arenoso	1,3	2,67	51,24	23,18	11,97	11,22
22	20-40	442,6	237,1	320,3	argila	1,39	2,50	44,31	16,55	6,71	9,84
23	00-20	160,9	167,0	672,1	franco arenoso	1,37	2,61	47,60	26,94	14,58	12,36
23	20-40	222	146,6	631,4	franco argilo-arenoso	1,43	2,61	45,28	14,92	5,91	9,01

Apêndice 9. continuação

NAM	PROF.	TEXTURA (g kg ⁻¹)			CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL.	Da (g/cm ³)	Dr (g/cm ³)	PT (%)	UMIDADE (%)		ÁGUA DISPONÍVEL (%)
		ARGILA	SILTE	AREIA					0,033 (MPa)	1,5 (MPa)	
24	00-20	254,1	286,5	459,4	franco	1,55	2,72	42,94	19,01	7,91	11,11
24	20-40	372,3	218,2	409,5	franco argiloso	1,45	2,68	45,85	22,88	11,10	11,78
25	00-20	191,5	247,7	560,8	franco arenoso	1,46	2,56	42,88	22,06	6,06	16,00
25	20-40	211,6	227,1	561,3	franco argilo-arenoso	1,48	2,46	39,90	20,08	5,87	14,21
26	00-20	213,4	311,0	475,6	franco	1,38	2,48	44,32	19,11	6,02	13,09
26	20-40	213	310,3	476,7	franco	1,4	2,54	44,83	21,65	6,22	15,43
27	00-20	212,2	156,4	631,4	franco argilo-arenoso	1,45	2,57	43,51	17,63	5,97	11,66
27	20-40	341,7	191,1	467,2	franco argilo-arenoso	1,53	2,55	40,05	20,51	9,57	10,94

NAM: número da amostra

PROF.: profundidade

Da: densidade aparente

Dr: densidade real

PT: porosidade total