

**DINÂMICA DE POTENCIOMETRIA E SALINIDADE DE ALUVIÃO
NO SEMI-ÁRIDO PERNAMBUCANO**

Cleber Gomes de Albuquerque¹, Isaac de Matos Ponciano² Abelardo Antônio de Assunção Montenegro³; Suzana Maria Gico Lima Montenegro⁴

Resumo – Em função de fatores climáticos, prática de irrigação e de condições edáficas do cenário semi-árido no Estado de Pernambuco, as águas dos aquíferos aluviais contêm sais dissolvidos em elevadas concentrações, que tendem a acumular-se no perfil do solo. Os períodos de pluviosidade geram lâminas de recarga que contribuem com a lavagem de sais do solo, transportando-os para a zona saturada desses aquíferos. O monitoramento da evolução da salinidade da água subterrânea e o estudo da dinâmica da potenciometria dos aquíferos são de grande valor para a gestão sustentável desses sistemas, especificamente quando este recurso é utilizado na irrigação. Este trabalho tem o objetivo de avaliar a evolução da qualidade das águas subterrâneas de aquífero aluvial no Agreste de Pernambuco, bem como analisar as séries históricas de profundidade do lençol freático em escala mensal, considerando a pluviometria local, na Fazenda Nossa Senhora do Rosário, Pesqueira – PE. Averiguou-se que a recarga do lençol está intimamente ligada à estação do ano, quando ocorrem excedentes hídricos.

Abstract – Due to climate and soil conditions and irrigation practices in the semi –arid of Pernambuco state, groundwater from alluvial aquifer contain dissolved salts which tend to accumulate in the soil profile. Rainfall periods generate recharge which contribute for leaching the salts in the soil profile towards the saturated zone of the aquifer. The monitoring of the groundwater salinity in time and the analysis of the dynamics of the aquifer potentiometry are of great importance for the sustainable management of these systems, especially when groundwater is used for irrigation. This work aims evaluating the groundwater quality evolution in an alluvial aquifer in Pernambuco state, as well as analysing tmontly ime series of potentiometric levels in Nossa

¹ Aluno de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife-PE. Fone: (81) 8820-7668 e-mail: bermesque@msn.com

² Aluno de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife-PE. Fone: (81) 9924-8298 e-mail: isaac.ufrpe@live.com

³ Professor Associado da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Departamento de Tecnologia Rural. e-mail: monte@hotmail.com.br

⁴ Professora Adjunta da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. Departamento de Engenharia Civil. E-mail: suzanam@ufpe.br

Senhora do Rosario Farm, Pesqueira-PE. It was observed that groundwater recharge is related to the season, when excess flow occurs.

Palavras-Chave – risco de salinização, condutividade elétrica, semi-árido Pernambucano.

1- INTRODUÇÃO

Os aquíferos do Nordeste Brasileiro vêm sendo utilizados, dentre outros fins, a pequena agricultura irrigada. De acordo com Montenegro et al (1999), as manchas aluvionares presentes no nordeste brasileiro, por constituírem fontes renováveis de recursos hídricos, apresentam alto potencial para o desenvolvimento agrícola de pequena escala. O país se depara com grande carência de conhecimento do potencial hídrico dos seus aquíferos, seu grau de exploração e qualidade de suas águas. Já a um nível regional, os estudos desses corpos d'água são escassos e, segundo Andrade et al. (2007).

Montenegro et al (2004) afirmam que a avaliação da dinâmica hidrossalina em planícies aluviais sob uso agrícola irrigado na região semi-árida é de fundamental importância para a conservação do solo e dos recursos hídricos subterrâneos, uma vez que esses sistemas apresentam-se vulneráveis à degradação. Essa avaliação deve considerar conjuntamente aspectos edafo-climáticos e variáveis que caracterizam a qualidade, sob o ponto de vista de salinidade, e a quantidade da água do aquífero. O monitoramento contínuo das águas subterrâneas é uma atividade necessária ao planejamento da exploração desse recurso e ao manejo sustentável dos sistemas agrícolas, particularmente naqueles que utilizam essa água para fins de irrigação. O regime desigual de chuvas e a elevada evaporação limitam expressivamente essa disponibilidade hídrica ao longo da estação seca. O período de chuva tende a gerar lâminas de recarga que contribuem para recuperar os níveis nos poços e podem provocar a lavagem de sais no perfil do solo Montenegro et al. (2003b).

De acordo com Oliveira (1997), cerca de 30 milhões de hectares irrigados no mundo se encontram severamente afetados por sais. Além disso, Ayers & Westcot (1985), afirmam que a água utilizada na irrigação mesmo que com baixos níveis de salinidade, pode acarretar um processo de salinização, caso não seja manejada corretamente. O monitoramento água subterrânea é realizada, em aquíferos aluviais, através de poços rasos, tipo cacimba Amazonas (poços escavados de grande diâmetro) e com drenos radiais, bem como através de poços de observação e piezômetros. Os aquíferos são normalmente arenosos e apresentam nível freático muito raso, sendo estas condições favoráveis para salinização do solo, por salinização secundária.

De acordo com Montenegro & Montenegro (2006), os vales aluviais do semi-árido apresentam elevado potencial para a pequena agricultura irrigada, embora sejam susceptíveis a

processos de acúmulo de sais, tanto na zona não-saturada quanto na saturada, a depender, dentre outros fatores, da distribuição espacial de suas características hidráulicas. A irrigação nessas áreas pode incorrer em impactos ambientais quanto ao solo e à água subterrânea (Ghassemi et al., 1991).

Este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica de recarga e a sazonalidade na qualidade de água subterrânea de aquífero aluvial no semi-árido de Pernambuco, em escala mensal, considerando o regime de chuvas ocorridas no período chuvoso e de estiagem.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Caracterização da Área de Estudo

A Bacia Representativa do Ipanema, proposta para estudo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) junto à rede de hidrologia do semi-árido (REHISA), é uma sub-bacia do sistema do Rio Ipanema, em sua porção ocidental mais a montante. Abrange parte dos municípios de Arcoverde e de Pesqueira, do Estado de Pernambuco, numa área de 194,82 km², localiza-se entre 8° 34'17" e 8° 18'11" de Latitude Sul, e 37° 1' 35" e 36° 47' 20" de Longitude Oeste. Ao norte faz limite com a bacia do Rio Ipojuca e ao oeste com a bacia do Rio Moxotó. (Montenegro et al., 2004)

De acordo com Hargreaves (1974), a bacia representativa (Fazenda Nossa Senhora do Rosário) possui precipitação total anual média de 730 mm e evapotranspiração potencial anual média de 1683 mm. é caracterizada pela presença de Neossolo Flúvico, de textura e níveis de salinidade variáveis. De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo BSsh (extremamente quente, semi-árido).

O aquífero aluvial sobre o qual a área estudada está situada, pertence a uma bacia hidrográfica relativamente plana. A altitude média da área é 630 m e a declividade média de 0,3%. Por outro lado, a agricultura é praticada em pequena escala na área, utilizando-se irrigação com águas subterrâneas através da aspersão, observando-se, entretanto, crescente aceitação da microaspersão.

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Nossa Senhora do Rosário, município de Pesqueira, vegetação predominante é a caatinga hipoxerófila, cactáceas e bromeliáceas. No local do assentamento vivem cerca de 50 famílias, desde Dezembro de 1991. De acordo com Montenegro et al (2003b), a Fazenda localiza-se sobre um aquífero aluvial raso, com espessura média de 10 metros, possuindo cerca de 15 km de extensão e 300 metros de largura. Os principais solos presentes são Arenoso, Litólico, Bruno não-cálcico, Planossolo, Podzólico Vermelho-Amarelo, e Regossolo Montenegro et al. (2004).

3.2 – Monitoramento da dinâmica de níveis potenciométricos na área

Os poços e piezômetros existentes na área do estudo foram cadastrados e georreferenciados. A Tabela 1 contém o número de piezômetros monitorados em cada ano. Os piezômetros possuem cerca de 5 metros de profundidade, e diâmetro de 100mm, protegidos com tela e com filtro em cascalho, sistematicamente monitorados a nível mensal. A Tabela 2 exibe as precipitações mensais nos anos de 2002 a 2007.

Tabela 1 – Número de piezômetros monitorados por ano.

ANO	Nº de piezômetros monitorados
2002	57
2003	63
2004	75
2005	78
2006	74
2007	64
2008	65

Tabela 2 - Dados pluviométricos mensais na Área em estudo

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Jan	193,5	26,5	141	127,5	0	19,5	28
Fev	101	75,5	208	0	47	125,5	90,9
Mar	181	59,5	128	189,7	184	9,5	241,2
Abr	52	30	61,5	34,9	177,5	66	
Mai	59,5	52,5	92,5	122,8	82,5	120,5	
Jun	114,5	46	232	124,8	158,5	136,5	
Jul	44	45	95,5	35,8	69,5	58	
Ago	31	4,5	90	130	32	68	
Set	6	23,5	11	0	47	33	
Out	0	16,5	0	0	0	0	
Nov	4	14	14	0	6	4	
Dez	26,5	0	0	122	0	0	
total	813	393,5	1073,5	887,5	804	640,5	360,1

Montenegro et al. (2003b) indicam que a profundidade média do lençol freático varia entre 2,0 e 4,0 m, para os períodos chuvosos e secos, respectivamente. A recarga do aluvião foi avaliada em três faixas conforme proposto por Montenegro et al. (2003b). Essas faixas foram selecionadas por apresentarem menores coeficientes de variação da profundidade do lençol. As faixas selecionadas são mostradas na Figura 1, e suas características na Tabela 3. Tais piezômetros foram instalados por Montenegro et al (1999). Os piezômetros dos cacimbões públicos P1, P2, P3 e P4,

foram construídos pelo Governo do Estado de Pernambuco, através da extinta Cisagro, atualmente incorporada à Emater - PE.

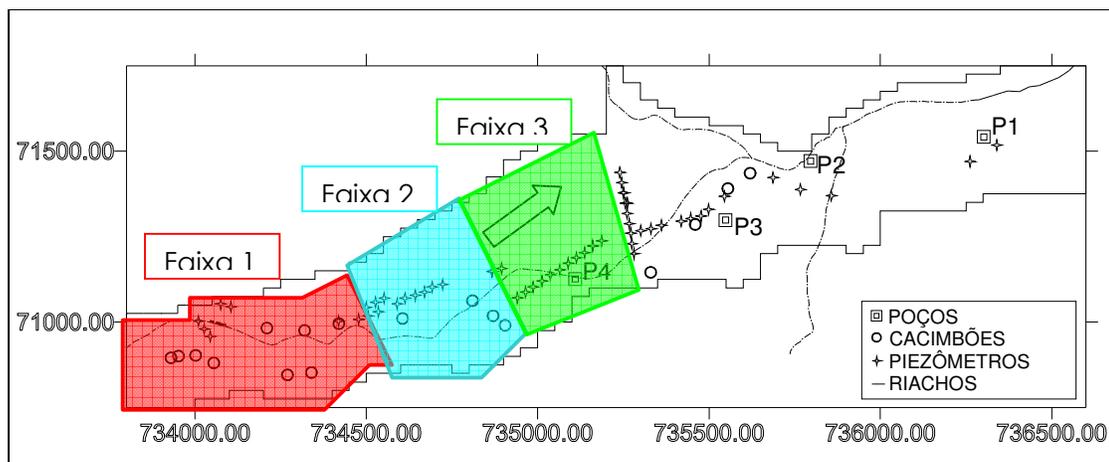


Figura 1 – Localização esquemática dos poços e piezômetros na área monitorada (com seta indicando direção preferencial de fluxo)- Faixas do aluvião para efeito de análise da recarga. Fonte: Montenegro et al (2003b)

Tabela 3 - Características das faixas de aluvião selecionadas.

Faixa	Pedologia	Nº de piezômetros	Log K (cm/s) (solo) Média (desvio)
1	Neossolo flúvico Tb Eutrófico típico textura arenosa ou média	18	-2,49 (0,95)
2	Neossolo sódico típico textura média imperfeitamente drenado	10	-2,77 (0,77)
3	Neossolo sálico sódico típico textura média imperfeitamente drenado	18	-2,67 (0,32)

Fonte Montenegro et al (2003b)

3.3 – Monitoramento da condutividade elétrica do aluvião.

O monitoramento da condutividade elétrica da água subterrânea consistiu na coleta de amostras nos piezômetros e poços, em períodos coincidentes à determinação dos níveis piezométricos. A condutividade elétrica da água foi medida em laboratório com condutivímetro marca/modelo HANNA, HI 9835, ajustado à temperatura da amostra, que era a mesma do ambiente de estudo.

3- RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Monitoramento dos níveis potenciométricos

As flutuações médias do lençol estão apresentadas na Figura 2, onde se pode observar a sazonalidade de nível nos anos de 2001 a 2008.

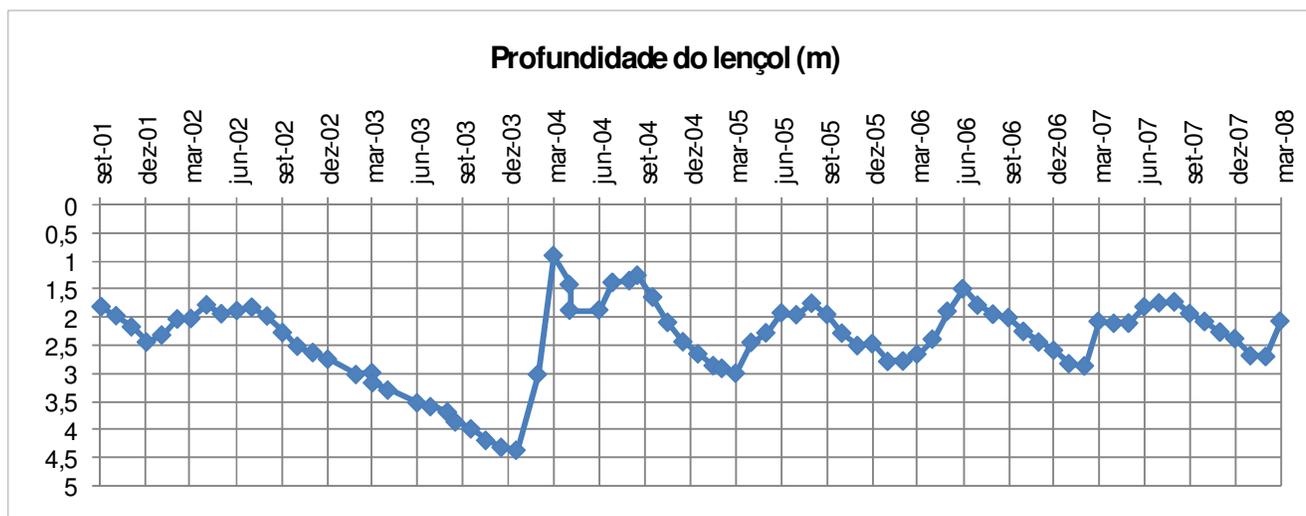


Figura 2 – Sazonalidade da profundidade média do freático nos piezômetros. Compilação e Atualização dos dados observados por Montenegro et al (2003b)

O gráfico da Figura 3 apresenta as flutuações temporais médias do lençol ao longo do aluvião e a precipitação total em cada mês. Na ocorrência de precipitação, observa-se que o nível d'água, tanto dos poços quanto dos piezômetros sofre acréscimo, através da recarga do lençol subterrâneo.

O ano de 2003 foi considerado atípico devido a baixa pluviosidade registrada. Esse acontecimento foi acompanhado por uma redução acentuada do nível do lençol. O nível potenciométrico só voltou a se recuperar com as precipitações ocorridas em Janeiro de 2004. Respostas significativas a eventos de precipitação desse mesmo sistema foram descritas por Montenegro et al. (2003b).

Precipitações de baixo porte e de intensidades insignificantes não fornecem recarga para o lençol freático, como foi observado no ano de 2003 que, mesmo ocorrendo eventos de chuva, o nível do lençol freático continuava a decrescer. Isso se dá devido às precipitações mensais superiores a 100 mm promoverem recarga no aquífero (Andrade et al. 2007). Esse comportamento também foi observado em outros vales aluviais do semi-árido como o Vale da Forquilha, Quixeramobim, estado do Ceará em Burte (2005).

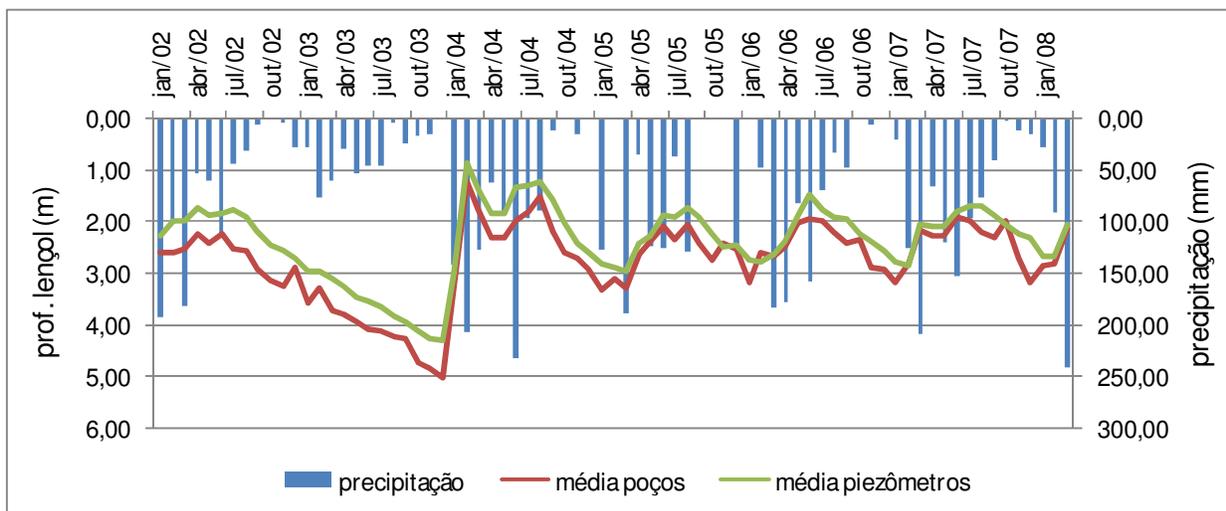


Figura 3- Variação média mensal do nível piezométrico e da precipitação ao longo do tempo

A Figura 4 exibe os Box-plots para a profundidade média nas três faixas selecionadas, com base no 1º quartil, 3º quartil, mediana e número mínimo e máximo. Esta análise demonstra que a faixa 1 apresenta os valores mais baixos de lençol freático em relação à camada impermeável. Já a faixa 2, tem os valores mais altos de lençol e uma maior variância na média com relação às outras duas faixas. A mediana da faixa três se aproxima mais do seu valor mínimo, o que demonstra uma tendência do nível potenciométrico dessa área ser maior que o da primeira faixa.

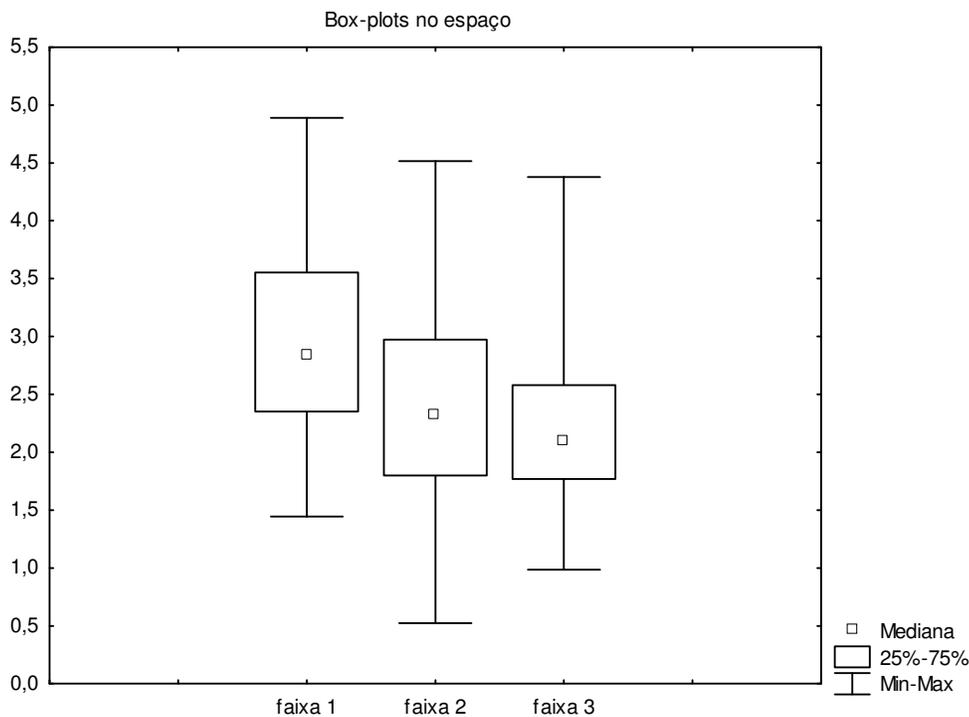


Figura 4- box-plots de análise do nível potenciométrico por faixas

Na figura 5 são apresentados os box-plots ao longo dos anos, com base no 1º quartil, 3º quartil, mediana e número mínimo e máximo. Foi selecionado o período de 2002 a 2008 com o intuito de analisar a diferença da recarga em anos de alta e baixa pluviosidade. O ano de 2002 possui os valores mais altos de lençol em relação à camada impermeável, diferente de todos os outros anos da análise. Não ocorreu recarga significativa do lençol durante o ano de 2003, devido aos seus baixos valores de nível potenciométrico. A partir de 2004, voltando a existir os eventos de recarga, observa-se que foi um ano chuvoso por apresentar valores bem próximos dos registrados em 2002, mesmo tendo a maior variância dos seus valores em relação à média. Outrossim, pode-se notar que nos anos de 2005 e 2007 ocorrem valores semelhantes de nível potenciométrico. Em 2006 observou-se uma sensível baixa nos níveis do lençol, sendo este considerado um ano seco

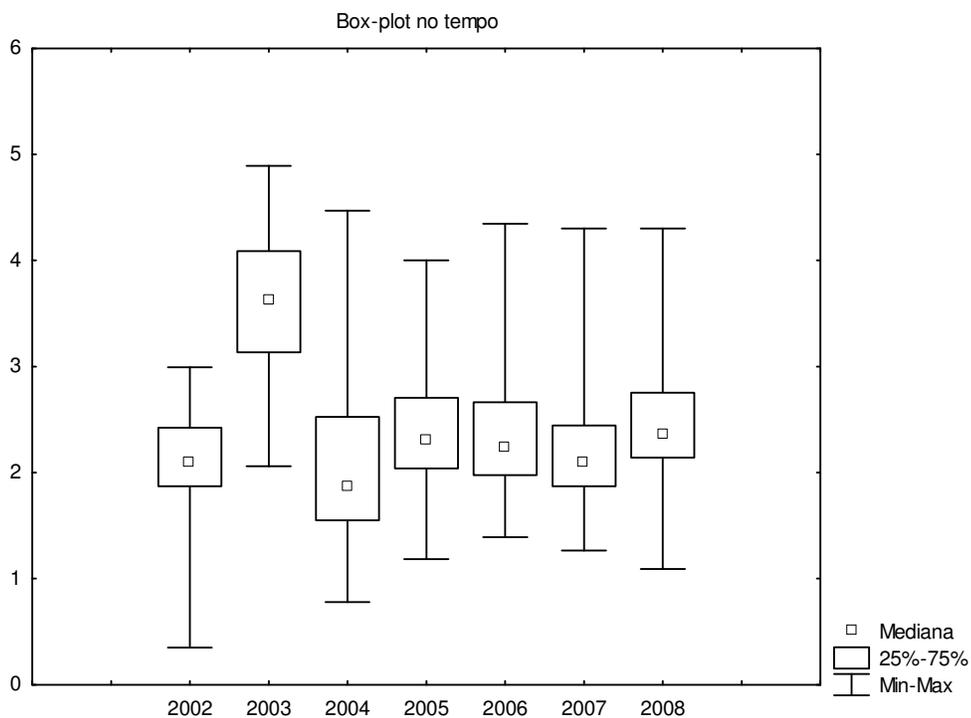


Figura 5- box-plots de análise do nível potenciométrico por anos

Em anos de grandes precipitações, como 2004, o vale aluvial é recarregado tanto pela precipitação que cai efetivamente em sua área, como pela contribuição do escoamento na bacia hidrográfica, e fluxos nas encostas. Esse fato é um indicativo de que a recarga no aquífero depende, não só das propriedades do solo aluvial, mas também da conexão lateral do vale com as vertentes na bacia hidrográfica.

4.2 – Monitoramento da condutividade elétrica

Como a concentração de sais na água sofre influência direta das chuvas, esses valores sofrem alterações significativas nos seus valores médios em três períodos anuais: dezembro a março (período seco final), abril a julho (chuvoso) e agosto a novembro (seco inicial), conforme observado por Montenegro et al. (2005). Este comportamento está associado ao regime de chuvas da região, bem como nas extrações por bombeamento nos meses secos, quando se pratica a agricultura irrigada. A Figura 6 apresenta as médias mensais de precipitação, baseadas no período de 1920 a 2008.

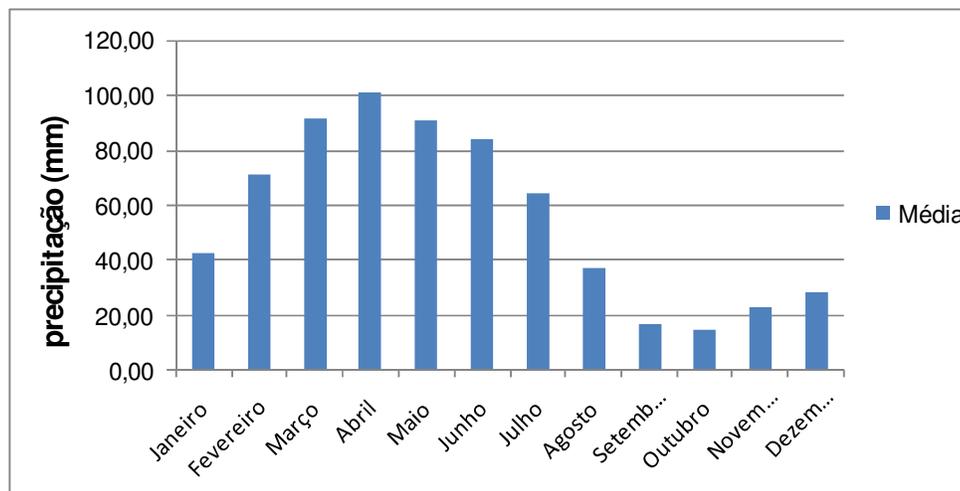


Figura 6 – Precipitação média mensal do município de Pesqueira

A Figura 7 mostra a variação espacial da condutividade elétrica da água e o desvio padrão para mais e para menos, no período de julho de 1995 a março de 2008. Em 1997 houve uma interrupção da série, apenas o mês de novembro foi monitorado. Nota-se que a CE cresceu ao longo dos anos, assim como o desvio padrão dos pontos amostrais.

No início do monitoramento, após a instalação dos piezômetros, em julho de 1995, até agosto de 2002, aconteceu uma diluição média dos sais da ordem de 44%. Posteriormente, teve início um período de seca que se prolongou até o final do ano de 2003, tendo ocorrido um aumento médio da condutividade elétrica. Embora tenham ocorrido anos chuvosos com precipitação acima da média da região a partir de 2004, não aconteceu a diluição de sais, a um nível inferior ao registrado em agosto de 2002.

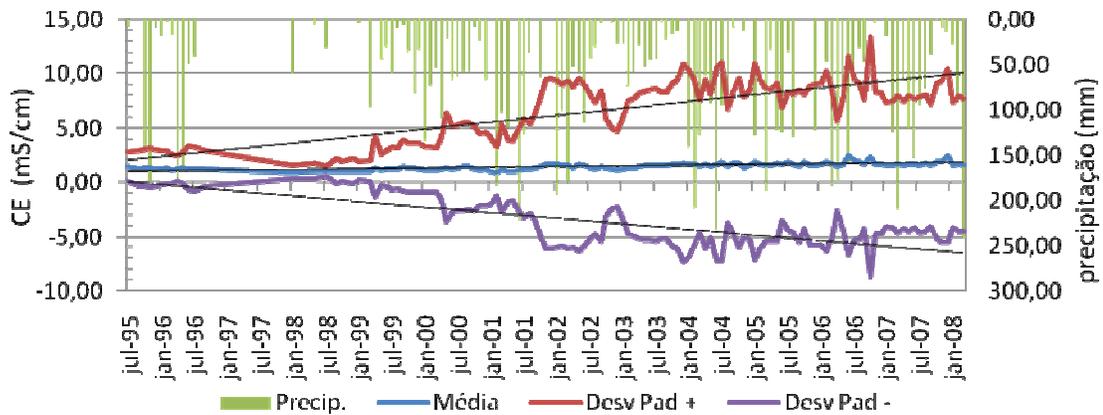


Figura 7 – Variação média mensal da CE ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) e pluviometria mensal (mm), atualizando estudo realizado anteriormente por Andrade et al.(2007).

De acordo com a metodologia proposta pelos técnicos do U.S Salinity Laboratory Staff (1954), foram classificadas as águas nos piezômetros e poços existentes ao longo do vale aluvial quanto ao risco de salinização. Elas foram em sua maioria consideradas Classe “três”, apresentando alto risco de salinização. Segundo Bernardo (1989), estas águas não podem ser utilizadas em solos com deficiência de drenagem. Mesmo nos solos com drenagem adequada, pode-se necessitar de práticas especiais para o controle da salinidade. Pode-se utilizá-la apenas para irrigação de plantas com boa tolerância aos sais.. A média histórica dos poços indica uma concentração de sais com águas classificadas como “classe 2” e “classe 3”, sendo esse também um resultado divergente do encontrado por Andrade et al (2007) pelo mesmo motivo anterior.A figura 8 mostra os box plots com a condutividade elétrica divididas por faixas. Pode-se observar que de um modo geral, as medianas das faixas 1, 2 e 3 estão próximas entre si. Na faixa 1, os valores da condutividade estão mais próximos do terceiro quartil, que pode ser identificado pela proximidade da mediana. A salinidade desta faixa, em sua amplitude, apresentou-se de média à alta salinidade, de acordo com a classificação da U.S Salinity Laboratory Staff. Os valores da faixa 2 tem sua mediana mais próxima do primeiro quartil além disso apresentou de média à alta salinidade. A faixa 3 tem a mediana mais próxima do primeiro quartil, porém todos seus valores apresentam alta salinidade. A Tabela 4 mostra a classificação dos poços e piezômetros do vale aluvial quanto ao risco de salinização.

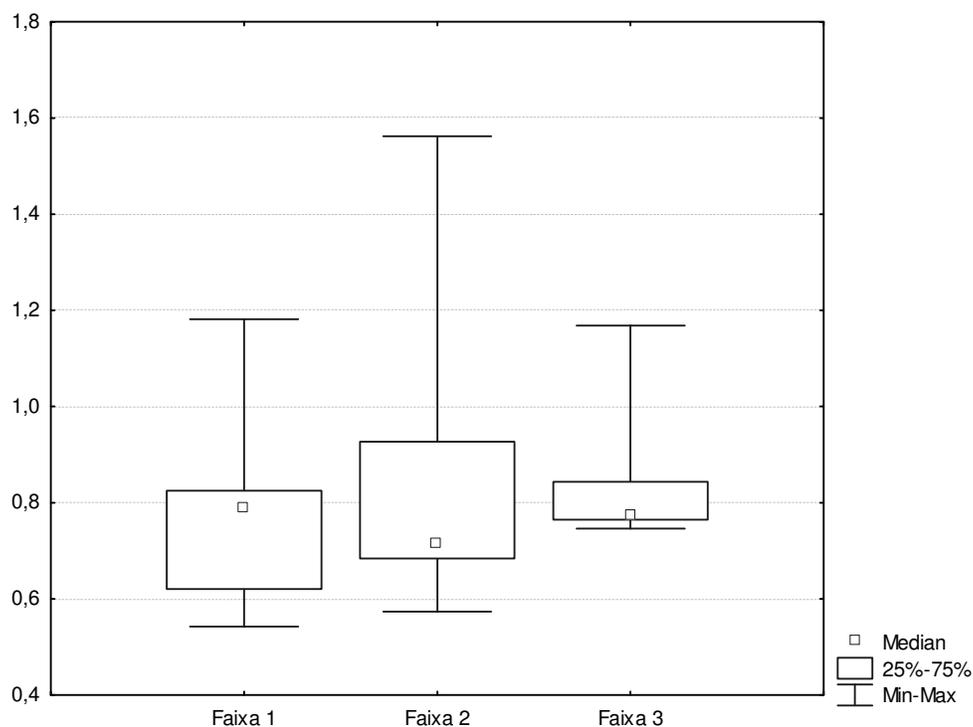


Figura 8- box-plots de análise da condutividade elétrica por faixas

Tabela 4- Número de piezômetros e poços cujas águas foram classificadas de acordo com o U.S Salinity Laboratory Staff.

Classe de Água	n° de Piezômetro	n° Poços
C1 (CE 0 - 250 $\mu\text{S.cm}^{-1}$)	-	-
C2 (CE 250 - 750 $\mu\text{S.cm}^{-1}$)	21	10
C3 (CE 750 - 2250 $\mu\text{S.cm}^{-1}$)	73	24
C4 (> 2250 $\mu\text{S.cm}^{-1}$)	4	-

Qualquer plano de aproveitamento de recursos hídricos subterrâneos deverá passar, necessariamente, por uma avaliação mais acurada sobre a qualidade da água e de estratégias para a recuperação ou tratamento da mesma Möbus et al, (2007)

Ainda de acordo com a metodologia proposta pelos técnicos do U.S Salinity Laboratory Staff (1954), no tocante ao perigo de salinização, também se procurou avaliar através da RAS, o risco de alcalinização ou sodificação que as águas do aluvião oferecem aos solos da região. Neste Estudo, procurou-se avaliar a água dos poços que são mais utilizados para agricultura irrigada e os piezômetros dos lotes mais significativos. A Tabela 5 mostra a caracterização química da água do aluvião.

A figura 9 amostra o box plot para a Razão de Adsorção de sódio (RAS) e para a porcentagem de sódio (%Na). A tabela 5 mostra o estado da salinização e sodificação da água dos aluviões.

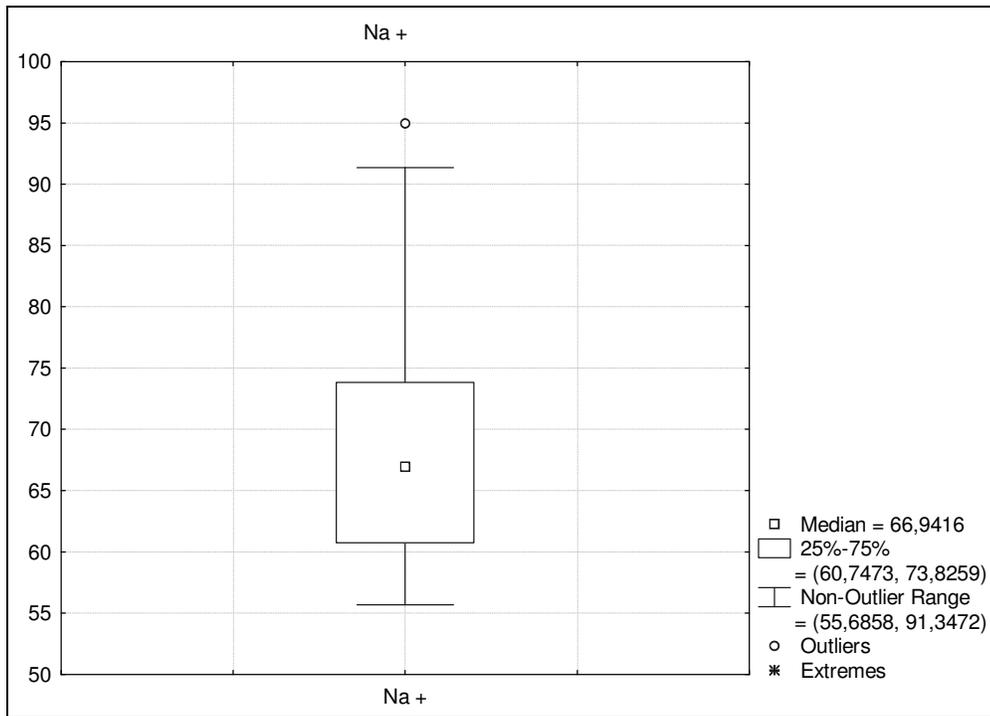


Figura 9 – Box-Plot de Análise da RAS.

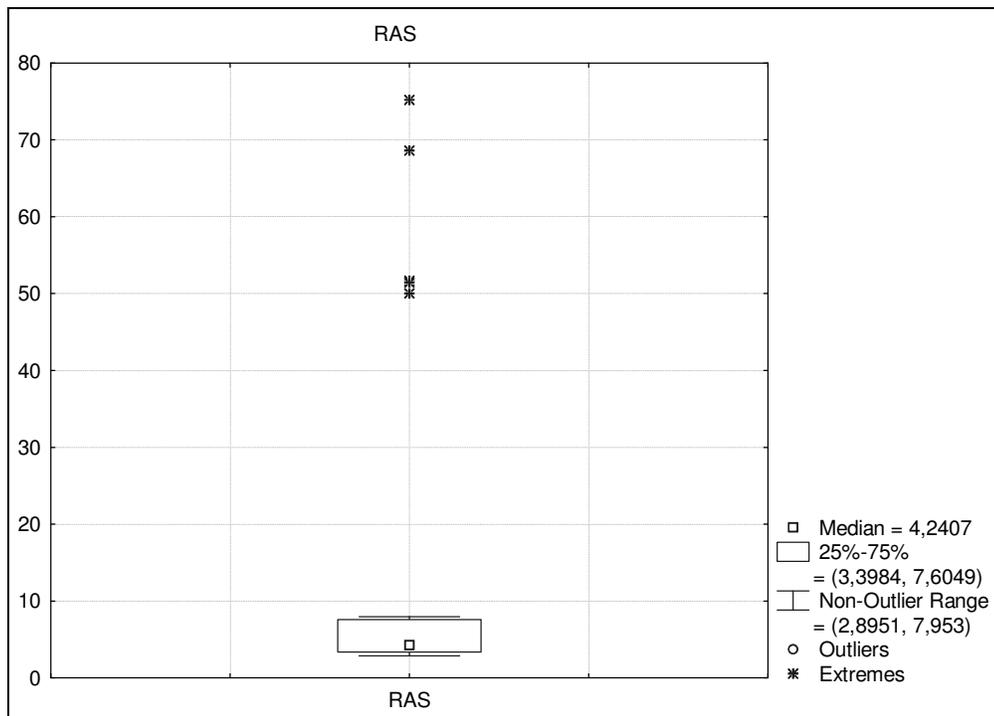


Figura 10 – Box-Plot porcentagem de Na.

Tabela 5. – análise conjunta da razão de adsorção de sódio e salinidade com dados de Na, Ca e Mg.

Local	RAS	% de Na+	CE (µs/cm)	Perigo de salinização	Perigo de sodificação
P1	5,20	67,50	930	alta	baixa
P2	6,33	67,25	1570	alta	média
P3	3,94	61,82	1020	alta	baixa
P4	3,08	57,87	1000	alta	baixa
PZ-3.15	3,31	60,54	760	alta	baixa
PZ INGLÊS	51,68	91,35	12500	muito alta	muito alta
P3.10	7,95	76,73	1210	alta	média
3.11K	51,46	89,36	17100	muito alta	muito alta
3.11K1	75,17	94,97	15050	muito alta	muito alta
3.11K2	50,03	83,50	16300	muito alta	muito alta
P4.10	4,10	66,81	750	alta	baixa
P5.2	7,35	73,78	1550	alta	média
P7.1	3,37	60,62	710	média	baixa
ATRIPLEX	68,61	87,96	20700	muito alta	muito alta
JOSA 2	4,62	67,07	830	alta	baixa
C2 BRANCO	7,86	73,87	1640	alta	média
CA BRANCO	3,67	69,30	1200	alta	baixa
CA7 (ZÉ PAULINO)	2,90	55,69	780	alta	baixa
CA8 (ZÉ PAULINO)	2,96	59,48	660	média	baixa
CA12	3,43	59,00	870	alta	baixa
CA13	3,28	60,87	780	alta	baixa
CA16	6,34	69,40	1560	alta	média
CA17 (VIVALDO)	6,58	73,61	1320	alta	média
CA22	4,38	60,88	1240	alta	baixa
CA1 (ZÉ LUIZ)	3,63	61,94	830	alta	baixa
CA2 (MALAQUIAS)	3,56	62,60	820	alta	baixa
CA3 (ELIZABETE)	3,48	62,98	780	alta	baixa
CA N (MALAQUIAS)	3,30	56,60	910	alta	baixa

4- CONCLUSÕES

O aquífero aluvial estudado apresenta sensível potencial de recarga a partir dos eventos de precipitação, embora exiba alta heterogeneidade espacial e sazonalidade. As taxas de recargas observadas nas faixas analisadas apresentaram alta diferenciação, motivadas principalmente por diferenças de circulação hídrica, e diferenciação textural.

Os riscos de salinização da região analisada são altos a muito altos, e a água subterrânea não pode ser utilizada em solos com uma drenagem eficiente. Até mesmo ao se utilizar em solos com boa drenagem, necessita-se de práticas especiais para o controle da salinidade. O risco de sodificação da região estudada foi em sua maioria baixa ou média, porém alguns pontos apresentaram um risco muito alto.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ANDRADE, T. S.; SANTOS, E. S.; SILVA, J. R. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. *Análise da Recarga e da Condutividade Elétrica em Aluvião do Semi-Árido Pernambucano*. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. (1985). “*Water quality for agriculture*” Roma: FAO, Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev.1, 174 p.
- BERNARDO, S. (1989). *Manual de Irrigação*. 5ª edição, Impr. Univ. UFV Viçosa-MG.
- BURTE, J.; COUDRAIN, A.; FRISCHKORN, H.; CHAFFAUT, I.; KOSUTH. P. (2005). “*Impacts Anthropiques sur Les Termes du Bilan Hydrologique d’un Aquifère Alluvial Dans Le Nordeste Semi-Aride, Brasil*”. *Hydrological Sciences - Journal* - 50(1).
- CISAGRO (Companhia Integrada de Serviços Agropecuários) (1991). “*Projeto de Irrigação da fazenda Nossa Senhora do Rosário-Pesqueira-PE*”. Recife-PE.
- GHASSEMI, F.; Jakeman, A. J; Nix, H. A. Human induced salinization and the use of quantitative methods. *Environment International*, Amsterdam, v.17, n.3, p.581-594, 1991.
- HARGREAVES, G. H. (1974). “*Climatic zoning for agricultural production in northeast Brazil*”. Logan: Utah State University, 6 p.
- MEDEIROS, J.F., GHEYI, H.R. (1997). “*Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais*”. In: Gheyi, H.R.; Queiroz, J.E.; Medeiros, J.F. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, pp.239-287.
- MÖBUS, G; LUCIO, J.B.; LIMA, Y.C.P.; SILVA, R.G. *Análise de recarga de aquíferos aluviais*.

Um estudo de caso: região de Itapiuna/CE. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

MONTENEGRO, Suzana Maria Gico Lima ; MONTENEGRO, A. A. A. ; MACKAY, R. . Caracterização da variabilidade espacial de parâmetros hidráulicos em solos aluviais no Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 4, n. 2, p. 3-20, 1999.

MONTENEGRO, A.A.A.; NASCIMENTO, J.; CORREA, M.M.; SILVA, V.P.; MOURA, R.F.; RIBEIRO, M.R.; MONTENEGRO, S.M.G.L; SANTOS, T.E.M. (2004) “*Implantação e Monitoramento da Bacia Experimental do riacho Jatobá*”. In: Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. São Luis-MA.

MONTENEGRO, S.M.G.L.; MONTENEGRO, S.M.G.L; MACKAY, R., OLIVEIRA, A.S.C. (2003a). “*Dinâmica hidro-salina em aquífero aluvial utilizado para agricultura irrigada familiar em região semi-árida*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.8, N.2.

MONTENEGRO, S.M.; MONTENEGRO, A.A.; CAVALCANTE, T.; NASCIMENTO, J. (2003b). “*Sazonalidade da Recarga Em Aluvião do Semi-Árido Pernambucano*”. in Anais do XV Congresso Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba.

OLIVEIRA, M. (1997). “*Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais*”. In: Gheyi, SILVA, J.R.L.; ANDRADE, T. S.; SOUZA, E.N R.; MONTENEGRO, A.A.A. (2007) “*Variabilidade Temporal da Precipitação Pluviométrica no Agreste de Pernambuco – Pesqueira*”. In: Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Bonito – MS

MONTENEGRO, A. A. A. ; MONTENEGRO, Suzana Maria Gico Lima . Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 30-37, 2006.

SU, Ninghu. (1994). “*A Formula for Computation of Time-varying Recharge of Groundwater*”. In: Journal of Hydrology, v.160, pp.123-135.

STATISTICA for Windows (2004) – Stat Soft, inc., versão 7.0.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – U.S.D.A. *salinity department staff. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils.* 1954, 160 p. (agriculture handbook nº 60)