



## AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DA REGIÃO DO BAIXO-AÇU A SALINIZAÇÃO

A. C. Barreto<sup>1</sup>, M. Ferreira Neto<sup>2</sup>, R. P. de Oliveira<sup>3</sup>

**RESUMO:** As condições de componentes de paisagem solo, clima, relevo e suas relações com a ação antrópica podem determinar áreas favoráveis a formação de solos salinos ou sódicos, particularmente em regiões áridas e semiáridas. A salinização é um processo grave que pode levar a desertificação e o abandono de áreas. A região do Baixo-Açu é uma das maiores áreas de agricultura irrigada no estado, sendo responsável por grande parcela da produção agrícola. O objetivo do presente trabalho é mapear a vulnerabilidade da região quanto a salinização do solo, considerando-se características climáticas, do solo, de relevo e de ocupação do solo. A análise espacial da vulnerabilidade foi realizada utilizando álgebra de mapas e métodos de análise multicritério disponíveis nos sistemas QGIS e SPRING. Quatro classes de vulnerabilidade de salinização foram definidas na região (i.e.: baixo, médio, alto e muito alto), sendo as áreas de agricultura irrigada em Neossolos e Gleissolos de topografia plana e próximas as margens do rio Piranhas Açu as que apresentaram maiores vulnerabilidades de salinização, correspondendo a mais de cinquenta por cento da área de estudo. O método mostrou-se eficiente e o resultado pode ser utilizado como subsídio a elaboração de zoneamentos, como também em planejamento agroambiental em escala regional, podendo ser utilizado em outras regiões do país, mas sendo recomendado a adição de novos fatores que possam influenciar no processo de salinização e a criação de um índice específico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento Remoto, Desertificação, Acumulo de Sais.

## EVALUATION OF THE VULNERABILITY OF THE REGION OF THE LOW AÇU THE SALINIZATION

**ABSTRACT:** According to soil, climate, relief and land use conditions of a given area, it may improve the development of saline or sodic soils, in particular under arid and semi-arid climatic regions. Salinization a dangerous processes that could lead to desertification and abandonment

<sup>1</sup> Doutorando Pós Graduação em Manejo de Solo e Água na Universidade Federal Rural do Semiárido – Ufersa, Mossoró – RN, art\_barreto@hotmail.com;

<sup>2</sup> Professor, Universidade Federal Rural do Semiárido – Ufersa, Mossoró – RN, miguel@ufersa.edu.br;

<sup>3</sup> Pesquisador, Embrapa Solos, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro, RJ, 22.460 000, Brasil, Ronaldo.oliveira@embrapa.br

of areas. The Baixo-Açu region is one of the largest areas in Rio Grande do Norte State for irrigated agriculture that accounts for a large percentage of its agricultural production. The objective of this work is to develop a salinization vulnerability map of this region, considering climatic, soil, relief and occupation parameters. Map algebra and multicriteria analysis were performed using Quantum Gis and SPRING tools to integrate and spatialize main vulnerability factors. The classification of vulnerability considered the risk of salinization as low, medium, high and very high. Areas classified as Neossolo Flúvico and Gleissolo Sáfico, located near as Piranhas Açu river banks, with a flat topography under irrigation practices have presented the greatest risk to salinization. The method was efficient and the result can be used as a subsidy to the elaboration of zoning, as well as in agro-environmental planning on a regional scale, and it can be used in other regions of the country, but it is recommended to add new factors that influence the Salinization process And creating a specific index.

**KEYWORDS:** Remote Sensing, Desertification, Slinization.

## INTRODUÇÃO

Apesar da região semiárida devido as suas características climáticas, físicas e de ocupação esta susceptível ao processo de acúmulo de sais na superfície do solo, uma avaliação criteriosa dessas características pode de maneira eficiente orientar o seu uso e ocupação, apresentando as potencialidades e fragilidades presentes na área. Um solo com características mais arenosa terá uma menor propensão de acúmulo de sais quando comparado com um solo com uma maior quantidade de argila, áreas mais planas está mais susceptível ao processo de acúmulo de sais quando comparado com áreas com uma maior declividade. Essas características intrínsecas ao local influenciam direto no processo de acúmulo de sais no solo.

Alvarez et al. (1996) afirma que algumas medidas podem ser adotadas para diminuir os processos de salinização e sodificação dos solos são elas, a melhoria das condições de drenagem, avaliações do nível do lençol freático, análises do solo e das águas de irrigação, manejo agrícola adequado e uso de culturas selecionadas em função de sua tolerância à salinidade como também a assistência técnica permanente aos irrigantes. A expansão das áreas irrigadas aumenta os problemas relacionados a degradação dos recursos naturais, principalmente a salinidade e sodicidade dos solos (ONGLEY, 2000). A região do Baixo-Açu é uma das principais regiões de produção agrícola no Rio Grande do Norte devido a perenização do rio Piranhas-Açu pela barragem Armando Ribeiro Gonçalves. A utilização de

geotecnologias para processar dados gerados por Sensoriamento Remoto disponibiliza métodos e procedimentos de análise espacial que podem facilitar a gestão ambiental em relação as áreas de vulnerabilidade de salinização do solo.

A técnica de avaliação multicritério, denominado de Processo Analítico Hierárquico foi desenvolvido por Saaty (1991), nela, os diferentes fatores que influenciam na tomada de decisão, são comparados dois a dois, sendo atribuído um critério de importância a cada atributo. Segundo Figueirêdo (2005) essa técnica é considerada a mais promissora no processo de tomada a decisão, tendo como base o princípio de que para a tomada de decisão a experiência e o conhecimento dos pesquisadores é pelo menos tão valioso quanto os dados utilizados, sendo uma técnica de escolha baseada na lógica da comparação pareada.

Por meio de métodos multicritérios ou interpretação booleana, podem-se gerar mapas de vulnerabilidade de salinização, utilizando a base geográfica para as inferências (MOTA et al., 2012). Com o uso de SIGs é possível obter mapas com rapidez e precisão de grandes áreas, mostrando-se uma ferramenta importante no estudo de potencialidades e fragilidades do meio ambiente, no caso da avaliação de áreas com vulnerabilidade de salinização, constitui-se em etapa importante para a definição de práticas adequadas de manejo e conservação dos recursos naturais (VALLADARES; FARIA, 2004).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar com base em características climáticas, relevo, solo e de ocupação da região do Baixo-Açu e criar um mapa de vulnerabilidade de salinização da região.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A análise foi desenvolvida na “região do Baixo-Açu”, a área que engloba os nove municípios localizados às margens do baixo curso do rio Piranhas-Açu (Assú, Afonso Bezerra, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Ipanguaçu, Itajá, Macau, Pendências e Porto do Mangue). Eles compartilham um espaço físico contínuo de 4.674,26 km<sup>2</sup>, localizado na porção centro-norte do estado.

O mapa de vulnerabilidade de salinização foi desenvolvido com base em trabalhos elaborados por Figueirêdo e Calasans (2008) e Valladares e Faria (2004). Foram analisadas quatro características da região em estudo (solos, clima, declividade e cobertura do solo) para elaboração do mapa de vulnerabilidade. As Notas de Vulnerabilidade de Salinização – NVS de cada uma das características foi obtida com base na análise de referências bibliográficas e

variaram entre 0 a 4, sendo depois atribuído um peso a cada uma delas utilizando uma metodologia multicritério (FIGUEIRÊDO; CALASANS, 2008).

A variável clima foi determinada através do índice de aridez sendo utilizados dados de precipitação e evapotranspiração presentes dentro da área de estudo (Penman, 1953). Os dados de precipitação foram obtidos através de série histórica (1963 a 2006) disponibilizada pela EMATER – RN para os nove municípios da região. Já o valor de evapotranspiração foi determinado com base em dados obtidos por estação meteorológica do INEMET, com uma série histórica de vinte e nove anos, localizada na cidade de Macau. Na tabela 1 está representada a classe de clima de acordo com o índice de aridez calculado.

**Tabela 1.** Classes de clima de acordo com o índice de aridez

CLASSE	ÍNDICE DE ARIDEZ
HIPER-ÁRIDO	<0,03
ÁRIDO	0,03 – 0,20
SEMI-ÁRIDO	0,21 – 0,50
SÚB-ÚMIDO SECO	0,51 – 0,65
SÚB-ÚMIDO E ÚMIDO	> 0,65

O solo da área de estudo foi determinado com base em arquivo shapefile disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA e as notas definidas por trabalhos desenvolvidos por Figueiredo et al. (2008), Valladares et al. (2004) e Silva et al. (2007) (tabela 2).

**Tabela 2.** Classificação dos solos da região do Baixo Açu e seus respectivos NRS.

CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	NVS
ARGISSOLO	1
CAMBISSOLO	1
NEOSSOLO LITOLICO	1
NEOSSOLO QUARTIZARENICO	2
LATOSSOLO	3
LUVISSOLO	3
PLANOSSOLO	3
GLEISSOLO	4
NEOSSOLO FLUVICO	4

O mapa de declividade foi gerado por processamento de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de trinta metros, para extração das informações

topográficas, posteriormente reclassificadas segundo classes de declividade definidas em EMBRAPA (1999) como indicado na **Tabela 3**.

**Tabela 3.** Classes de declividade presente na região do Baixo-Açu e os seus respectivos valores de NVS.

CLASSES DE DECLIVIDADE	NVS
0 A 3% RELEVO PLANO	4
3 A 8% RELEVO SUAVEMENTE ONDULADO	3
8 A 20% RELEVO ONDULADO	2
> 20% RELEVO FORTEMENTE ONDULADO	1

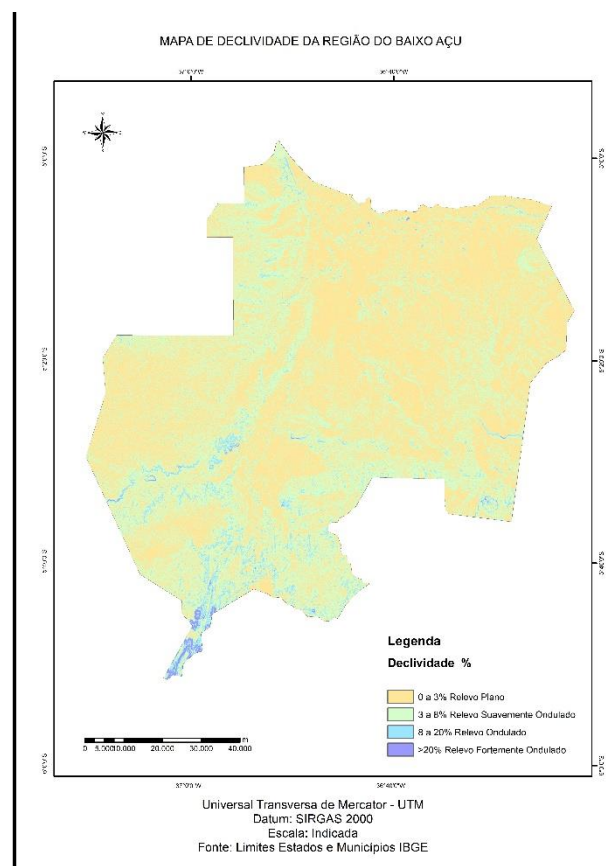
Para determinação da ocupação do solo no Baixo-Açu, foram utilizadas imagens do satélite Sentinel 2 datadas do dia 28 de outubro de 2016 e elaborada uma composição colorida (RGB 843, infravermelho próximo, vermelho e verde) com resolução espacial de 10 metros, sendo nestas aplicado o contraste e correções atmosféricas. A identificação das áreas foi feita pelo método de classificação supervisionada, sem validação de campo. Com essa composição, foi possível identificar as áreas vegetadas que apresentaram o maior vigor vegetativo (indicativo de que essas estão recebendo água proveniente de irrigação, chuva ou áreas úmidas próximas de áreas alagadas). Como na região semiárida o mês de outubro geralmente não ocorre chuva, esse vigor apresentado pelas plantas pode ser um indicativo da presença de irrigação, sendo assim essas áreas classificadas quanto a ocupação do solo (áreas irrigadas). As áreas de solo exposto e vegetação nativa foram identificadas com base na análise das imagens sentinel 2 (composição cor verdadeira) e conhecimento da realidade da região, além das formas apresentado por cada fragmento. As áreas de vegetação nativa foram classificadas com baixo vulnerabilidade de salinização e as que apresentaram irrigação com vulnerabilidade maior, como indicado na **Tabela 4**.

**Tabela 4.** Ocupação do solo na região do Baixo-Açu e seus respectivos valores de NVS

OCUPAÇÃO DO SOLO	NVS
IRRIGAÇÃO	4
SOLO EXPOSTO	3
VEGETAÇÃO	1
ÁGUA	0

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 1** apresenta o mapa com as classes de declividade encontrados na área de estudo. As classes de declividade variaram de 0 a valores superior a 20 % de declividade, tendo predominância a classe de relevo plano com variação entre 0 e 3 %, sendo seguida pelo relevo suavemente ondulado. Toda a região do baixo-açu foi classificada com índice de aridez definido como semiárida, mostrando a homogeneidade do clima presente na região.

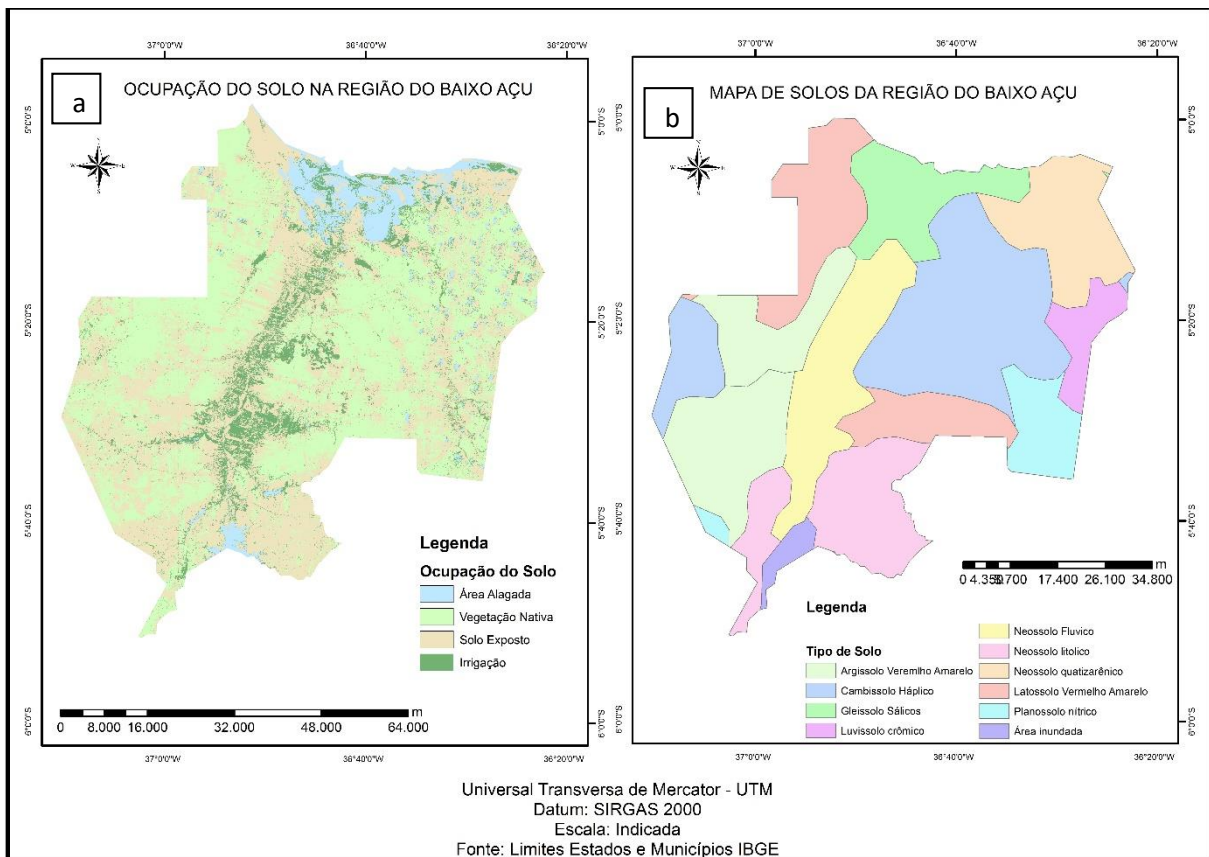


**Figura 1.** Mapa com a espacialização do Índice de Aridez e Declividade da Região do Baixo-Açu

A principal classe de ocupação do solo na região do Baixo-Açu foi definida como sendo de vegetação nativa com uma área de 1995,79 Km<sup>2</sup>, sendo seguida por áreas com solo exposto com uma área total de 1948,15 Km<sup>2</sup> e logo em seguida áreas onde ocorre o uso da irrigação com área de 443,24 Km<sup>2</sup>, as áreas alagadas foram as menos representativas na classificação com área de 286,90 Km<sup>2</sup> (**figura 2a**), já a espacialização dos tipos de solo é apresentado na **figura 2b**. As áreas alagadas estão localizadas principalmente na região lotorânea, próximo a cidade de Macau, onde se encontram as salinas e viveiros de camarão e áreas correspondentes a açudes e

barragens. Pode se observar que as áreas com predominância de irrigação estão concentradas nas margens do rio Piranhas Açu, áreas com solo classificado principalmente como neossolo flúvico.

O mapa de vulnerabilidade de salinização é apresentado na **figura 3** e suas classes de vulnerabilidade de salinização na **tabela 5**, estando elas classificadas em vulnerabilidade baixa, média, alta e muito alta de salinização.



**Figura 2.** Mapas de ocupação do solo (a) e classes de solo (b) na região do Baixo-Açu.

Silva et al. (2007) analisando a aplicação de água salina em quatro tipos de solo (Neossolo Flúvico, Latossolo, Argissolo e Cambissolo) na mesma região, comprovou que o Argissolo e o Cambissolo foram os que apresentaram menor aumento de Condutividade Elétrica - CE e Relação de Adsorção de Sódio - RAS, indicando uma baixa vulnerabilidade de salinização quando comparado aos demais solos.

Outro fator limitante para essa classificação foi a presença nessa região de áreas com vegetação nativa e relevo não muito plano. Oliveira-Galvão (2001) cita que a cobertura vegetal assume um importante papel no controle ao processo de salinização, pois seu sistema radicular especializado controla com eficiência a umidade da subsuperfície e mantém um controle

relativo na elevação do lençol freático, já Lima et al. (2001) fala que a presença de vegetação tem grande influência na salinização dos solos, pois esta auxilia no controle da temperatura.

Já a classificação de vulnerabilidade alta de salinização ocupou 51,67 % da área de estudo, sendo a maior área classificada. Ela está representada principalmente sobre os Latossolos e as áreas com solo exposto, essas áreas devido à falta de vegetação estão mais susceptíveis aos processos erosivos, contribuindo para a salinização. Apesar dos Latossolos serem classificados como solos bem drenados, em trabalho realizado na Região do Agropolo Assu/Mossoró foi concluído que esses tiveram um maior aumento de CE e RAS, quando comparado a outros como o Cambissolo e o Argissolo, mostrando mais vulnerabilidade ao processo de Salinização, ficando atrás apenas do Neossolo Fúlvio que apresentou o maior incremento de CE (SILVA et al. 2007).

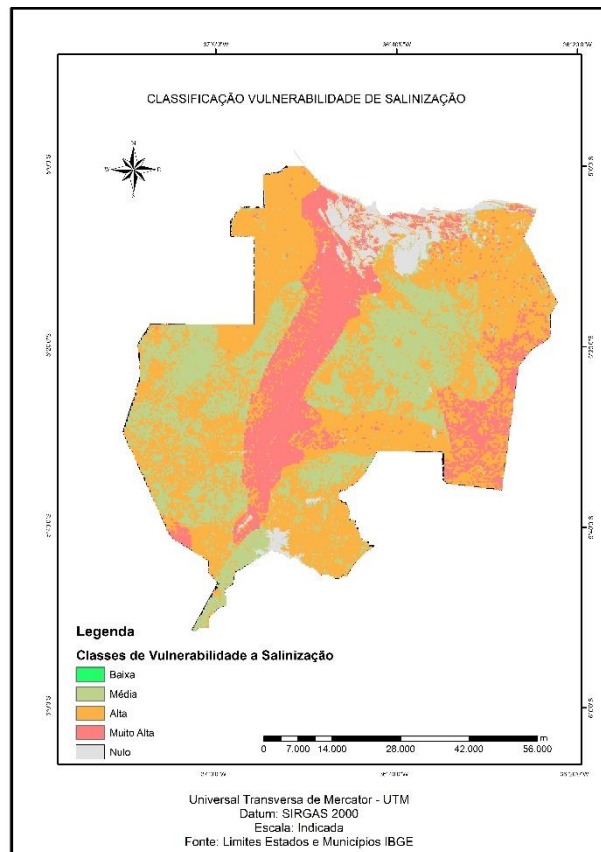
Com base nos critérios analisados 19,70% da área de estudo apresentou uma vulnerabilidade muito alto de salinização. Essas áreas são encontradas principalmente nas margens do rio Piranhas-Açu onde encontramos a classe de solo Neossolo Flúvico e o Gleissolo Sáfico. Freire et al. (2003) em estudo realizado com solos de textura e mineralogia diferenciada comprovaram a elevada susceptibilidade de Neossolo Flúvico a sodificação, o mesmo releva que esse é um resultado preocupante, visto que esse é um solo comumente utilizado em ambiente semiárido. Em estudo realizado por Mota et al. (2012) avaliando o risco de salinização de terras no Baixo Acaraú - CE encontrou que 19,65 % da sua área de estudo apresentava risco altíssimo a salinização, estando essa classificação localizada em áreas com solos classificados como Gleissolos, Neossolos Flúvicos e Cambissolos. Segundo Sucupira (2006) os Gleissolos são solos mal drenados e que apresentam elevados padrões de salinidade.

As áreas mapeadas como alagadas foram classificadas como vulnerabilidade nula, correspondendo a 0,92 % (42,88 Km<sup>2</sup>) da área de estudo.

**Tabela 5.** Classes de vulnerabilidade de salinização da região do Baixo-Açu, seus intervalos e suas respectivas áreas.

VULNERABILIDADE	INTERVALO	ÁREAS KM <sup>2</sup>	ÁREAS %
BAIXO	1,443 A 2,083	0	0
MÉDIO	2,083 A 2,722	1325,84	28,37
ALTO	2,722 A 3,361	2392,84	51,20
MUITO ALTO	3,361 A 4,000	912,50	19,52





**Figura 3.** Mapa de vulnerabilidade de salinização do solo da Região do Baixo-Açu.

## CONCLUSÕES

Com a classificação foi possível constatado que a mais de cinquenta por cento da área de estudo apresenta uma alta vulnerabilidade de salinização e que a classe de vulnerabilidade de salinização “baixa”, não foi identificada no trabalho.

A metodologia se mostrou eficiente na espacialização, apresentando as áreas mais vulneráveis ao acúmulo superficial de sal, podendo esse servir de base para os gestores públicos na gestão ambiental da região do Baixo-Açu, apresentando as melhores áreas para a prática da agricultura irrigada e as que apresentam maiores limitações.

Essa metodologia pode ser replicada em qualquer região do país, sendo recomendado aprimoramentos como a adição de novos fatores que possam influenciar na salinização de uma área e estudos voltados para definição de um índice de vulnerabilidade específico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.113-123.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. 412 p.

FIGUEIRÊDO A. F. R. Análise do risco a salinização dos solos da bacia hidrográfica do rio colônia – Sul da Bahia. Bahia, 2005, 97 p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, PRODEMA.

FIGUEIRÊDO A. F. R. & CALASANS N. A. Risco de salinização dos solos da bacia hidrográfica do rio colônia – sudeste da Bahia. *Engevista*, v. 10, n.1, p 15-26, junho 2008.

FREIRE, M.B. G.S; RUIZ, H.A.; RIBEIRO, M.R.; FERREIRA, P.A.; ALVAREZ, V.V.H.; FREIRE, F. J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2003.

LIMA, C.O.; BARBOSA, M.P.; LIMA, V.L.A.; SILVA, M.J. Uso de imagens TM/Landsat-5 e termometria na identificação e mapeamento de solos afetados por sais na região de Sousa, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5 p. 361-363, 2001.

MOTA, L. H. S. O.; GOMES, A. S.; VALLADARES G. S. MAGALHÃES, R. M. F.; LEITE, H. M. F.; SILVA, T. A. Risco de salinização das terras do Baixo Acaraú. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 36:1203-1209, 2012.

OLIVEIRA-GALVÃO, A.L.C. Reconhecimento da susceptibilidade ao desenvolvimento de processos de desertificação no nordeste brasileiro, a partir da integração de indicadores ambientais. Brasília, 2001, 298 p. (Tese de Doutorado) - Universidade de Brasília, Instituto de Geociências.

ONGLEY, E.D. Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2000. 92p.

PENMAN, H. L. The Physical bases of irrigation control. In: *International Horticultural Congress*, 13, 1953, London: Royal Horticultural Society, 1953. p. 913-924.

SAATY, T. L. Método de Análise Hierárquica. Makron Books do Brasil Editora Ltda. e Editora McGraw-Hill do Brasil, Rio de Janeiro/RJ, 1991.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. S.; MESDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; DUDA, G. P.; SOUSA, C. E. S. Risco de salinização em quatro solos do Rio Grande do Norte sob irrigação com águas salinas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, n.1, p. 8-14, jan.-mar. 2007.

SUCUPIRA, P.A.P. Indicadores de degradação ambiental dos recursos hídricos superficiais no Médio e Baixo Vale do Rio Acaraú - Ce. Fortaleza, 2006, 242p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Ceará.

VALLADARIES, G.S. & FARIA, A.L.L. SIG na análise do risco de salinização na bacia do Rio Coruripe, AL. Engevista, v6 p. 86-98, 2004.