

SALINIDADE DO SOLO E RISCO DE DESERTIFICAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA

<https://doi.org/10.4215/rm2020.e19002>

Francelita Coelho Castro ^{a*} - Antonio Marcos dos Santos ^b

(a) Mestre em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental, Universidade Estadual da Bahia, Juazeiro (BA), Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3276-9693>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/6104133032328136>.

(b) Dr. em Geografia. Professor da Universidade de Pernambuco, Petrolina (PE), Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5968-9880>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/8844555807382139>.



Article history:

Received 04 October, 2019

Accepted 17 October, 2019

Publisher 15 January, 2020

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: UPE - Rodovia BR 203, Km 2, CEP: 56328-903, Petrolina (PE), Brasil. Tel: (+ 55 87) 38666468

E-mail: geo_fisica@yahoo.com.br

Resumo

A salinização dos solos é um dos problemas que mais contribuem para degradação dos solos das regiões susceptíveis à desertificação. Problema presente em várias partes do mundo inclusive no Brasil. Nesse contexto, o objetivo desse artigo é analisar o processo de salinização dos solos em diferentes usos das terras em municípios da Mesorregião do São Francisco Pernambucano (semiárido do estado de Pernambuco). Para isso, amostras de solos coletadas sobre diversificados usos e ocupações das terras, foram submetidas a testes químicos além da identificação da classe de solo a qual pertence cada amostra. Os resultados indicam que as áreas sobre agricultura irrigada apresentam os principais focos de salinização, principalmente nos locais onde a irrigação é desenvolvida através de água subterrânea. Problema não identificado sobre as amostras coletadas nas caatingas e, parcialmente encontrados sobre as áreas de solos expostos e as submetidas à agricultura temporária (sequeiro). Na região de estudo o manejo agrícola inadequado é um dos principais responsáveis pela salinização dos solos e, os impactos contribuem para ampliação dos riscos à desertificação local.

Palavras-chave: Degradação dos solos; Salinização; Semiárido; Desertificação.

Abstract / Resumen

SALINITY OF THE SOIL AND THE RISK OF DESERTIFICATION IN THE SEMIARID REGION

The salinity of the soils is one of the problems that most contribute to the degradation of the soils of the regions susceptible to desertification. This problem is present in many parts of the world, including Brazil. In this context, the objective of this article is to analyze the process of salinity of the soils in different land uses in municipalities of the Mesoregion of São Francisco (semi-arid of the State of Pernambuco). For this, samples of soils collected on diverse uses and occupations of the lands were submitted to chemical tests besides the identification of the class of soil to which each sample belongs. The results indicate that the areas on irrigated agriculture present the main sources of salinity, mainly in the places where the irrigation is performed through underground water. Unidentified problem on the samples collected in the Caatinga and partially found on the areas of exposed soils and those submitted to temporary agriculture (dryland). In the study region, inadequate agricultural management is one of the main responsible for salinity of the soils, and the impacts contribute to the increase of the risks to local desertification.

Keywords: Soil degradation; Salinization; Semi-arid; Desertification.

SALINIDAD DEL SUELO Y RIESGO DE DESERTIFICACIÓN EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA

La salinización de los suelos es uno de los problemas que más contribuyen a la degradación de los suelos de las regiones susceptibles a la desertificación. Problema presente en varias partes del mundo incluso en Brasil. En este contexto, el objetivo de este artículo es analizar el proceso de salinización de los suelos en diferentes usos de las tierras en municipios de la Mesoregión del San Francisco (semiárido del Estado de Pernambuco). Pernambucano. Para ello, muestras de suelos recolectadas sobre diversos usos y ocupaciones de las tierras, fueron sometidas a pruebas químicas además de la identificación de la clase de suelo a la que pertenece cada muestra. Los resultados indican que las áreas sobre agricultura irrigada presentan los principales focos de salinización, principalmente en los lugares donde la irrigación es desarrollada a través de agua subterránea. Problema no identificado sobre las muestras recogidas en las caatingas y, parcialmente encontradas sobre las áreas de suelos expuestos y las sometidas a la agricultura temporal. En la región de estudio el manejo agrícola inadecuado es uno de los principales responsables de la salinización de los suelos y los impactos contribuyen a la ampliación de los riesgos a la desertificación local.

Palabras-clave: Degradación del suelo; Salinización; Semiárido; Desertificación.

INTRODUÇÃO

A desertificação é um processo dinâmico desenvolvido a partir da degradação das terras das zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, decorrente tanto das características ambientais dessas áreas, como também, das práticas antrópicas de exploração dos recursos das áreas citadas (UNNCCD, 2014).

Estima-se que boa parte das terras localizadas sobre os climas secos apresentam problemas ou acentuados riscos à desertificação (D' ODORICO et al., 2013). Pode-se citar cidades: no México (BECERRIL-PIÑA et al., 2015); na Índia (VARGHESE & SINGH, 2016) e em outras partes no mundo. No Brasil o cenário não é diferente. Na região sobre o clima semiárido os riscos são eminentes e em alguns locais o grau de degradação das terras são tão acentuados que se transformaram em Núcleos de desertificação (BRASIL, 2007; PEREZ-MARIN et al., 2012).

Algo em comum une mais da metade das áreas com risco ou em estado avançado de desertificação, trata-se da dinâmica de uso e ocupação das terras. Segundo D' ODORICO et al., (2013) o uso das terras agrícolas e nas matas secas sem planejamento e manejo adequado favorece a degradação dos solos e a redução da biodiversidade nesses ambientes. Entre os motores da desertificação encontra-se a salinização dos solos, a qual é resultante do acúmulo de sais solúveis nas camadas agricultáveis do solo (LUO, et al., 2017). Como consequências tem-se a intoxicação das plantas e elevação da pressão osmótica sobre a vegetação inserida nas áreas salinizadas (PEDROTTI, 2015; GKIOUGKIS, et al., 2015), resultando em perdas da cobertura vegetal e da produção agrícola.

O processo de salinização decorre de características ambientais e/ou ações antrópicas (DALIAKOPOULOS et al., 2016). Dentre as características naturais destacam-se transportes de sedimentos com sais para locais não salinizados; ações da ascensão por capilaridade dos solos para superfície; altas taxas de evapotranspiração (RIBEIRO, 2010; BRADY & WEIL, 2012; PEDROTTI, 2015; WALTER et al., 2018).

As ações humanas a contribuir ao acúmulo de sais são variadas: utilização de água contendo elevados quantitativos de sais (DALIAKOPOULOS et al., 2016); prática de irrigação sem sistema de drenagem; aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas com alta concentração de sais (RIBEIRO, 2010; KANZARI, et al., 2012; PEDROTTI, 2015; SALVATI & FERRARA, 2015).

Os impactos da salinização dos solos afetam a dinâmica de organização espacial das populações, promovendo redução das produções agrícolas, deslocamentos populacionais, colocando em evidência a segurança alimentar e a economia das comunidades. Estudos apontam para os problemas citados anteriormente, com destaque para Haron e Dragovich (2010) na Austrália, Xu et al. (2014) na China e, no Nordeste do Brasil com Souza, Queiroz e Gheyi (2000) e Vasconcelos et al., (2013).

Avaliar os graus de salinização, os riscos e os fatores principais que contribui para o excesso de sais nos solos das áreas suscetíveis à desertificação torna-se importante, visto que, é um fator fundamental para o planejamento e a fomentação de ações e políticas públicas voltadas para os manejos adequados de cada ambiente. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar o grau de salinização dos solos em diferentes usos das terras em municípios da Mesorregião do São Francisco, semiárido do estado de Pernambuco, e sua possível contribuição ao processo de desertificação local.

A seleção da área de estudo ocorreu com base no levantamento desenvolvido por Castro e Santos (2015), a apontarem que os municípios estudados possuem 39% de seus territórios com média suscetibilidade à salinização. Outros fatores foram considerados na seleção e desenvolvimento desse estudo. Destacam-se: a importância de parte das terras locais para o desenvolvimento da agricultura irrigada; uso frequente das águas subterrâneas para irrigação nas áreas de agricultura de sequeiro e o incipiente conhecimento sobre o processo e os impactos da salinização dos solos.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido nos municípios de Petrolina, Lagoa Grande, Dormentes, Afrânio e Santa Maria da Boa Vista, oeste do estado de Pernambuco (Figura 1) e pertencentes a Mesorregião do

São Francisco Pernambucano. Ambos os municípios estão sobre: clima semiárido, com precipitações pluviométricas médias anuais de 700 mm concentradas no final e início de cada ano; vegetação de caatinga; solos com médio a poucos graus de desenvolvimento; relevo marcado pela Depressão Sertaneja e morros testemunhos (BELTRÃO et al., 2006).

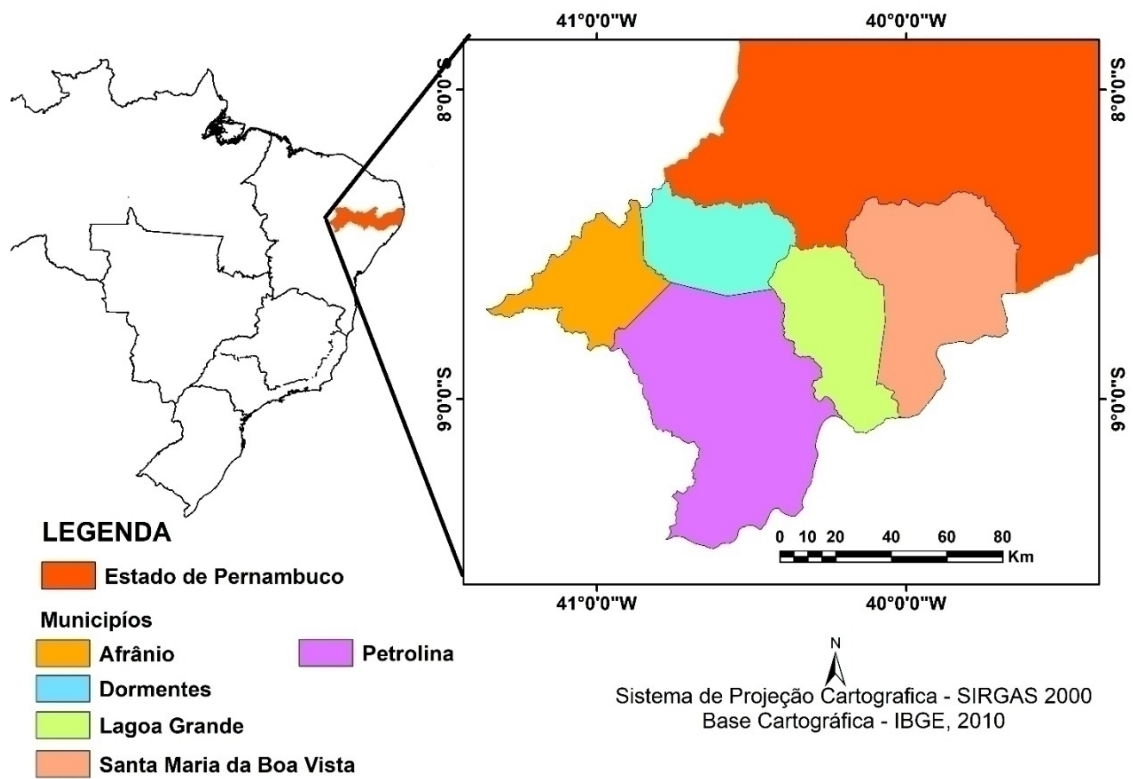


Figura 1 - Localização dos municípios onde o estudo foi desenvolvido.

A estrutura econômica nesses municípios varia, porém a base é a produção agropecuária com destaque para o setor da fruticultura irrigada nos municípios de Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista e a pecuária de caprinos e ovinos nos demais municípios (IBGE, 2017).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para desenvolvimento do presente estudo foram realizadas dezesseis coletas de solos e recolhidas informações referentes ao uso e ocupação das terras (Tabela 1). Para coleta dos dados foram utilizadas: cadernetas de campos; aparelho receptor do Sistema Posicionamento Global (GPS); embalagens plásticas; máquinas fotográficas e fitas métrica.

Os critérios para escolha dos locais de coleta das amostras de solo levou em consideração o uso e ocupação das terras com as seguintes categorias: caatingas, agricultura de sequeiro/solo exposto e agricultura irrigada. Cada coleta foi realizada em um perfil de 30 cm (área radicular das plantas) com a retirada de aproximadamente 1 kg de solos.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de solos do Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF-Sertão), campus zona rural, onde foram procedidas as análise de pH (potencial Hidrogeniônico), C.E. (Condutividade Elétrica) e PST (Porcentagem Sódio Trocável) a partir da metodologia apresentada pelo Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2011).

Amostra	Uso da terra	Classe de solo	Amostra	Uso da terra	Classe de solo
AM1	Agricultura irrigada – manga	Neossolo Quartzarênico	AM9	Solo exposto – deteriorização humana	Luvissolo
AM2	Agricultura irrigada – milho	Luvissolo	AM10	Solos exposto	Neossolo Flúvico
AM3	Agricultura irrigada -mamão	Argissolo	AM11	Pastagem (Caprinocultura, ovinocultura e bovinocultura)	Argissolo vermelho
AM4	Agricultura irrigada -banana	Planossolo	AM12	Solo exposto/ agricultura de sequeiro	Neossolo Flúvico
AM5	Agricultura irrigada - banana	Planossolo	AM13	Caatinga arbustiva-presença caprinocultura e bovinocultura	Argissolo Vermelho
AM6	Agricultura irrigada – Milho (água de poço)	Neossolo Flúvico	AM14	Catinga arbórea aberta com presença de arbustos	Cambissolo
AM7	Pastagem	Argissolo	AM15	Caatinga esparsa - rupestre conservada	Neossolo Litólico
AM8	Solo exposto - deteriorização humana	Luvissolo	AM16	Caatinga esparsa	Argissolo vermelho

Tabela 1 – Usos e ocupações das terras e classes dos solos dos locais de coleta das amostras. Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

Em laboratório o primeiro passo foi à exposição dos materiais coletados para perda de umidade, seguida do processo de peneiramento com de 2 mm. Para definição do pH utilizou-se o phmetro de mesa. O pH “é uma medida que nos permite descrever o caráter ácido ou básico que predomina em meio aquoso, tendo em conta o seu valor determinado em uma escala de 0 a 14” (LEPSCH, 2011, p.210-211). O pH inferior a 7 classifica o solo como ácido, igual a 7 o pH é neutro, enquanto que o pH superior a 7 indica um solo alcalino (MCCAULEY, OLSON-RUTZ & OLSON-RUTZ 2017).

Para análise da C.E. foi utilizado uma bomba de vácuo para retirada da parte líquida das amostras que foram umedecidas 6 horas antes das análises. A amostra retirada foi analisada através do Condutivimetro de mesa e os resultados apresentados em dS.m⁻¹;

O PST é a percentagem de sódio trocável em relação à CTC (Capacidade de Troca de Cátions). Para determinação do PST o procedimento foi realizado parceladamente. Primeiro foram definidos, separadamente, os seguintes elementos: Ca²⁺ (Cálcio); Mg²⁺ (Magnésio); Na⁺ (Sódio); K⁺ (Potássio); H+Al (Hidrogênio + Alumínio) e em seguida calculado PST com uso da equação 1.

$$ESP=(NA^{+}/CEC)*100$$

Em que: é o teor de sódio trocável em cmolckg⁻¹ e a CTC é a Capacidade de Troca de Cátions em cmolckg⁻¹ obtida através da soma do Ca, Mg, Na, K e H+Al. Para avaliar o grau de sódio trocável foi utilizada a classificação da EMBRAPA (2015) em que o solo com PST: inferior a 6 é considerado baixo; 6 a 15 médio e valores superiores a 15 é classificado como alto.

Classificação dos solos	Limite dos parâmetros		
	pH	CE - dS.m ⁻¹	PST - %
Normais	<8,5	<2	<15
Salinos	<8,5	>2	<15
Sódicos	>8,5	<2	>15
Salinos-sódicos	<8,5	>2	>15

Tabela 2 – Critérios para classificação dos solos quanto à presença de sais. Fonte: Bohn et al., (1985)

Para classificação dos solos levando em consideração a presença de sais em superfície, a partir do pH, C.E. e do PST foi empregada a metodologia inicialmente proposta por Bohn et al., (1985) e apresentada na tabela 2. Para aferição dos efeitos da salinidade sobre a vegetação foi utilizada a proposta de Richards (1954) conforme o tabela 3 utilizando a C.E.

CE (dS m m ⁻¹)	Classes
<2	Não salino
2-4	Ligeiramente salino
4-8	Moderadamente salino
8-16	Altamente salino
>16	Extremamente salino

Tabela 3 – Classes de salinidade do solo em relação aos efeitos na cobertura vegetal. Fonte: Richards (1954).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AGRICULTURA IRRIGADA

As figuras 2A, 2B e 2C apresentam o pH, C.E. e o PST das 6 amostras de solos, respectivamente, coletadas em áreas sobre agricultura irrigada. Observa-se que o pH variou entre as amostras de 5,35 a 6,88, ou seja, valores abaixo da neutralidade com leves graus de acidez (Figura 2A). A AM1 apresentou pH 6,88, sendo a única mais próxima da neutralidade. Nesse contexto, nenhuma das amostras em agricultura irrigada apresentou pH alcalino.

Os valores de pH considerados ácidos nos ambientes de agricultura irrigada decorre da frequente presença de água que contribui para lixiviação dos cátions não ácidos responsáveis por aumentar os valores do pH. Geralmente, quando as quantidades de cátions ácidos aumentam, o pH da solução do solo tende a diminuir (BRADY & WEIL, 2012). Resultados semelhantes foram encontrados por Provin e Pitt (2017), os quais avaliaram que a água em grande quantidade utilizada nas irrigações tem papel crucial na redução do pH através do processo de lixiviação.

Quanto a C.E. os valores variaram entre 0,30 a 11,72 dS.m⁻¹ (Figura 2B). Pôde-se constatar que as amostras AM4 e AM5 apresentaram valores de 0,30 e 0,61 dS.m⁻¹, respectivamente, sendo os menores resultados de condutividade encontrados para a agricultura irrigada. Valores que classificam essas como não salinas de acordo com a classificação de Richards (1954). No entanto, ao analisar o manejo implantado na área de retirada das amostras, surgem preocupações com o futuro do estado químico de alguns dos solos das áreas de agricultura irrigada. Isso porque, nas citadas amostras, os agricultores utilizam irrigação por sulco (Figura 3B) sobre um Planossolo.

Os Planossolos apresentam no horizonte A textura arenosa ou média arenosa, porém possui um horizonte B com presença de argila de alta atividade proporcionando, assim dificuldade de drenagem (EMBRAPA, 2006). Lepsch (2011) acrescenta que em muitos locais do Nordeste brasileiro os Planossolos são Nátricos, ou seja, apresentam características de alta saturação por sódio.

Com base nos dois estudos citados anteriormente, a deficiência de drenagem e a alta saturação por sódio são fatores de risco para salinização desses solos se mal manejados, como vem ocorrendo na área de estudo. Já as amostras AM1, retirada de um Neossolo Quartzarênico, AM2 sobre um Luvisolo e AM3 sobre um Argissolo apresentam C.E. de 3,55; 2,07 e 2,20 dS.m⁻¹, respectivamente (Figura 2B). Apesar dos Neossolos Quartzarênico serem bem drenados o valor de C.E. encontrado em sua amostra é resultado de anos de irrigação e ausência de engenharias de drenagem construída na área sobre plantação de Carica papaya (mamão) em Petrolina (Figura 3A).

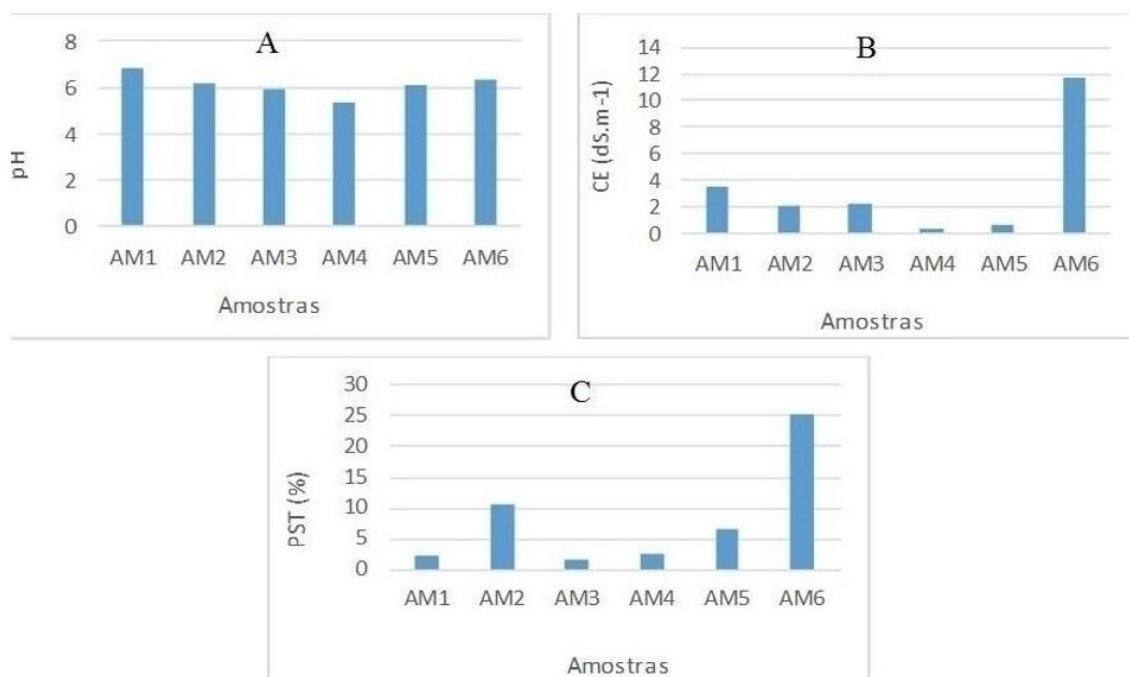


Figura 2 - (A) pH; (B) C.E. e (C) PST dos solos em área sobre agricultura irrigada. Fonte: elaborada pelos autores, 2017.

Os solos das amostras AM2 e AM3 possui horizonte B textural que dificulta a infiltração rápida, característica que favorece a permanência da água por mais tempo sobre o horizonte agricultável e, conseqüentemente, acumulando sais.

Levando em consideração o quantitativo de sais encontrados nos solos das amostras AM1, AM2 e AM3 a classificação de Richards (1954) enquadraram as referidas amostras como ligeiramente salinas com base nos valores encontrados para C.E., os quais variaram entre 2 a 4 dS.m⁻¹.

O maior valor encontrado para C.E. foi na amostra AM6, município de Dormentes, totalizando 11,72 dS.m⁻¹, classificando essa amostra como altamente salina segundo Richards (1954). Um dos fatores que justifica a elevada C.E. é a utilização de água extraída de aquíferos locais para irrigação de cultivos de milho (*Zea mays*) e capim-buffel (*Cenchrus Ciliaris*) (Figura 3C).



Figura 3: Áreas sobre agricultura irrigada onde foram coletadas as amostras/ (A) plantio de mamão em Petrolina; (B) plantio de banana com irrigação em sulcos em Santa Maria da Boa Vista e (C) plantio de capim e cana-de-açúcar no município de Dormentes. Fonte: elaborada pelos autores, 2017.

Boa parte das águas subterrâneas do município de Dormentes apresentam elevadas concentrações de sais segundo Ramos (2014). Conseqüentemente, o uso dessas águas nas atividades agrícolas irrigadas vem acrescentando grandes quantidades de sais sobre o Neossolo Flúvico, solo da amostra AM6 e,

consequentemente colaborando para elevação dos riscos à desertificação nessas áreas.

Outra característica que favorece o elevado valor de C.E. na amostra AM6 é a sua localização, a qual se encontra logo após um sopé de encosta e na área de inundação de um córrego intermitente. Quanto à proximidade do sopé, segundo Ribeiro (2010), isso favorece a salinização através do recebimento de sais das áreas circunvizinhas mais elevadas, por efeito gravitacional. Em relação às áreas de inundação os solos ali localizados tende a apresentarem problemas de salinização devido à presença quase que constante de água nos períodos chuvosos, o que acarreta a acessão e acúmulo de sais nos horizontes superficiais.

Quanto ao PST (Porcentagem de Sódio Trocável) para a agricultura irrigada os valores variaram entre 1,62% a 25,21%, (Figura 2C). As amostras que possuem os menores PST são a AM1, AM3 e AM4 com valores de 2,35%, 1,67% e 2,56%, respectivamente. Nas amostras AM2 e AM5 o PST foi considerado médio segundo a EMBRAPA (2015), ou seja, valores entre 6 a 15%. Já na amostra AM6, área de agricultura irrigada com água subterrânea no município de Dormentes o PST foi de 25,34%, superior a 15%, o qual segundo a EMBRAPA (2015) é considerado alto. O valor na amostra AM6 é decorrente da característica do solo, assim como, das práticas de uso da terra local, como citado anteriormente. Acima de 15% o PST, segundo Pistocch et al., (2017), indica para grave deterioração dos solos pelo excesso de sódio.

Para uma melhor compreensão da concentração e distribuição dos sais nos solos, utilizou-se Bohn et al., (1985), descrita na quadro 2. Das seis amostras a AM6 apresentou o pior resultado. Isto porque, apresentou PST superior a 15%, C.E. superior a 2 dS.m⁻¹ e pH menor que 8,5. Combinações que classifica o solo dessa amostra como salino-sódico. Problemas proporcionados pelo uso de água subterrânea com altos teores de sais sobre um Neossolo Flúvico relatado anteriormente.

Um solo salino-sódico é caracterizado pela presença de sais e sódio solúveis (EMBRAPA, 2006). As quantidades de sódio e sais solúveis encontrados nas amostras analisadas são suficientes para causar estresse osmótico e outros danos ao desenvolvimento da vegetação (FERREIRA, SILVA & RUIZ, 2010).

Em situação um pouco melhor estão às amostras AM1, AM2 e AM3. De acordo com a classificação de Bohn et al., (1985) as mesmas são consideradas salinas. Isto porque apresentam pH inferior a 8,5, C.E. acima de 2 dS.m⁻¹, porém o PST não ultrapassa 15%.

Um solo salino possui acúmulo de sais solúveis geralmente floculados e com permeabilidade semelhante aos solos não salinos (FERREIRA, SILVA & RUIZ, 2010; RIBEIRO, 2010). Apesar da permeabilidade favorável, nas amostras estudadas todo cuidado deve ser levado em consideração devido à presença de sais sobre suas superfícies e a alta susceptibilidade desses solos a salinização, visto que, o solo da AM2 é o Luvisso e na amostra AM5 Planossolo.

Para as demais amostras, AM4 e AM5, as combinações dos três parâmetros analíticos os classificam como normais de acordo com a classificação de Bohn et al., (1985). A classificação desses solos como normal foi realizada de acordo com as avaliações individuais de CE e pH apresentadas acima. Essas amostras derivam de solos suscetíveis à salinização (quadro 1), mas o uso de técnicas de irrigação sem o uso de sulcos, a distância do rio São Francisco em comparação com as demais amostras e o recente cultivo de banana realizado nesses mesmos locais provavelmente influenciou os resultados da normalidade dessas amostras.

AGRICULTURA DE SEQUEIRO/ SOLO EXPOSTO

As figuras 4A, 4B e 4C apresentam o pH, C.E. e o PST de amostras de solos, respectivamente, coletadas em áreas sobre agricultura de sequeiro (cultivo no período de chuva) e solo exposto (Figura 5).

Diante dos resultados pôde-se verificar que a variação dos valores de pH foi pequena, entre 4,79 a 7,04 (Figura 4A). Considerando o uso da terra dos pontos de coleta observa-se que quase a totalidade das amostras foram retiradas de locais de solo exposto. Apenas a AM12 foi coletada em local de agricultura de sequeiro, apresentando em seu resultado um pH de 6,64 considerado ligeiramente ácido. A AM8 foi a que apresentou o menor valor de pH - 4,79, sendo considerada como um solo ácido e improdutivo para diversos cultivos. Em relação à amostra AM9 o pH foi de 7,09 caracterizando esse

solo muito próximo da neutralizada.

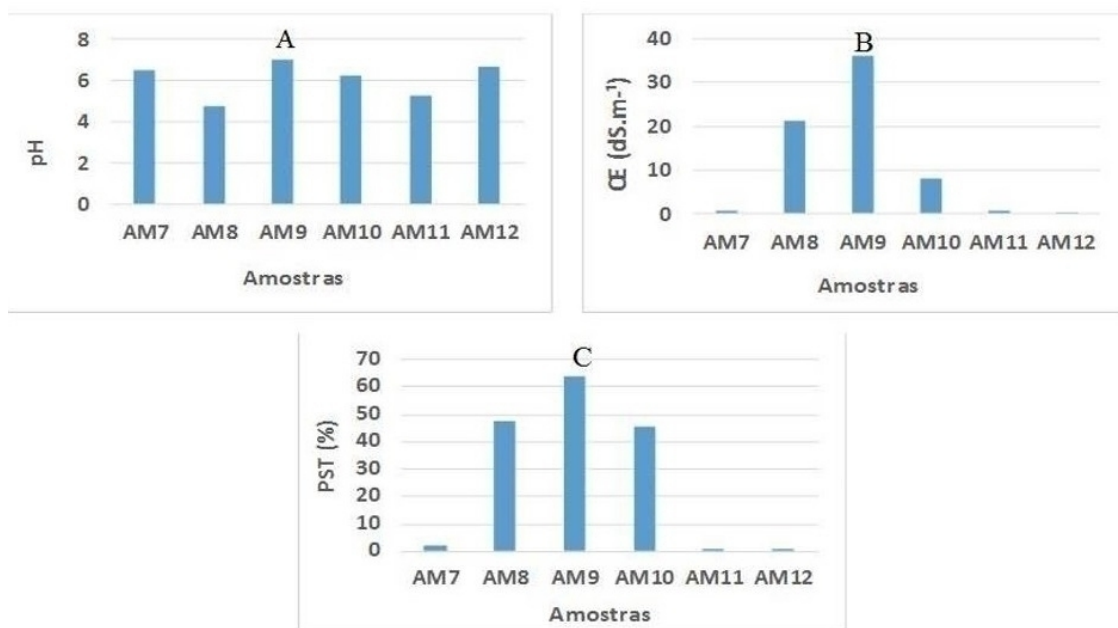


Figura 4- (A) pH, (B) C.E. e (C) PST dos solos em área de agricultura de sequeiro e solo exposto. Fonte: elaborada pelos autores, 2017.

Para os valores de C.E. os pontos sobre agricultura de sequeiro/solo exposto apresentam discrepância de 0,21 a 35,94 dS.m⁻¹ (Figura 4B). A AM12 (Figura 4B) apresentou o menor valor de C.E. para agricultura de sequeiro/solo exposto que foi 0,21 dS.m⁻¹, sendo de acordo com a metodologia adotada uma amostra não salina. O que poderia esperar de uma área plana sobre Neossolo Flúvico, o qual segundo Silva, Silva e Barros (2008) possui relativa potencialidade à salinização? Esperar-se-ia uma área com problemas de salinização, caso não fosse o manejo. Nessa área, localizada no município de Petrolina, ocorrem práticas agrícolas familiares com apenas o uso da água no período chuvoso. Esse fator, em comparação com as áreas sobre Neossolos Flúvicos sobre forte irrigação por sulcos, não apresentam problemas de salinização.

No entanto, têm-se as amostras AM8, AM9 e AM10 com altos valores de C.E.: 21,23; 35,94 e 7,97 dS.m⁻¹, respectivamente. As AM8 e AM9 têm realidades de uso da terra e tipos de solos (Luvisolos) similares, atualmente estão em uma área abandonada por incapacidade produtiva resultado do cultivo, durante décadas, do arroz com uso do método de irrigação por inundação (Figura 5B).

A amostra AM10 (C.E.: 7,97 dS.m⁻¹), sobre solo exposto sem resquícios de atividades agrícolas, possui C.E. um pouco mais baixo em comparação com as amostras anteriormente discutidas. Essa amostra pertence foi coletada sobre um Neossolo Flúvico que segundo Silva, Silva e Barros (2008) possui susceptibilidade à salinização sendo classificada de acordo com a metodologia de Richards (1954) (tabela 3) como moderadamente salina.

Para essa classe de uso, também, foram analisados os valores de PST das amostras que variaram entre 0,77% a 63,90% (Figura 4C). A amostra AM12 (Figura 4C) registrou o menor resultado de PST (0,77%), C.E. (0,21 dS.m⁻¹) e pH (6,64). Resultados que segundo os parâmetros de Bohn et al., (1985) classifica esta amostra como normal quanto a presença de sais, sendo assim, indicado para o uso agrícola dentro das práticas de manejos adequadas. Porém, o alerta sempre deverá está aceso, visto que, o solo local é um Neossolo Flúvico, o qual apresenta grandes potenciais à salinização.

As amostras AM8, AM9 e AM10 apresentaram os maiores valores de PST para categoria de uso solo exposto/agricultura de sequeiro: AM8 (47,43%); AM9 (63,90%); AM10 (45,68%). Diante dos valores considerados pela EMBRAPA (2015) como altos, devido estarem acima de 15%, constata-se que os locais onde foram retiradas essas amostras apresentam grave processo de salinização.



Figura 5 - Áreas sobre agricultura de sequeiro/ solo exposto onde foram coletadas as amostras/ (A) solo exposto em área salinizada no projeto de irrigação N7 município de Petrolina; (B) área salinizada no projeto de irrigação N11 município de Petrolina; (C) área destinada à agricultura de sequeiro e solo exposto no município de Afrânio.

Resultados, também, constatados em campo devido à presença de plantas adaptadas a presença de sais nos solos como o brejo (*Sesuvium portulacastrum*) (figura 5A e 5B), assim como, a presença de sais em superfície (Figura 5B).

Ao analisar em conjunto pH, C.E. e PST para as amostras de solo exposto/ agricultura de sequeiro o destaque continua sendo as amostras AM8, AM9 e AM10, ambas classificadas pela metodologia de Bohn et al., (1985) como salina-sódica decorrentes dos manejos passados e das características dos solos. As demais foram classificadas como normais.

CAATINGAS

As figuras 6A, 6B e 6C apresentam o pH, C.E. e o PST das amostras de solos, respectivamente, coletadas em áreas sobre caatingas variando entre arbustiva com presença da caprinocultura e bovinocultura de pequeno porte, arbórea e rupestre conservada (Figuras 7A, 7B e 7C)

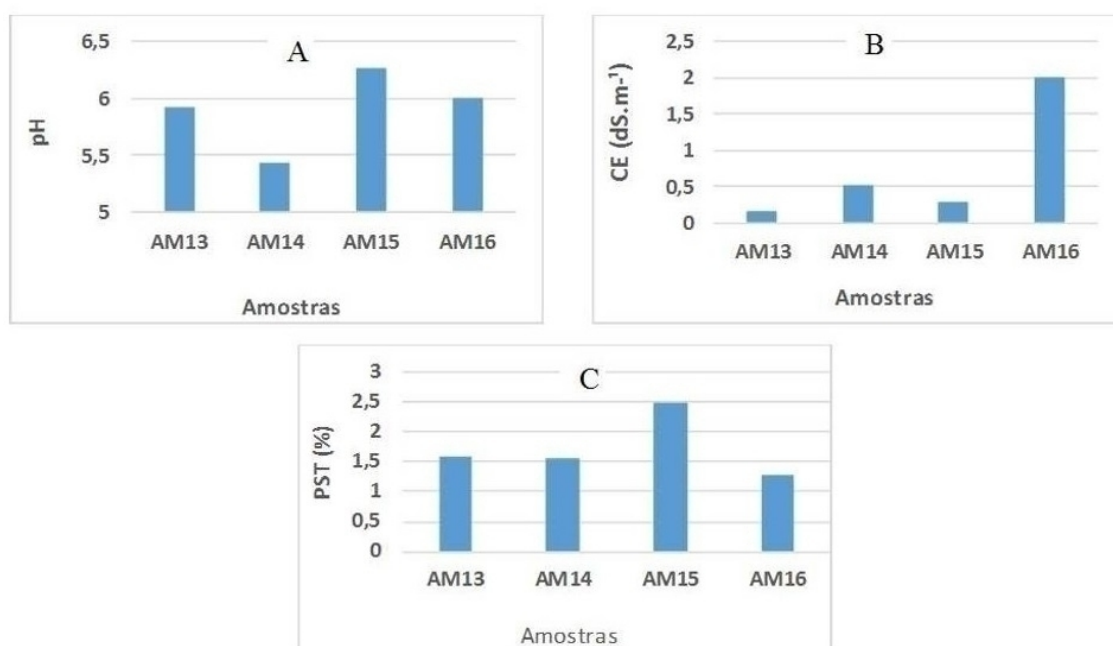


Figura 6 - (A) pH, (B) C.E. e (C) PST dos solos sobre vegetação de caatinga. Fonte: elaborada pelos

Os valores de pH para as áreas sobre as caatingas não apresentaram grandes diferenças entre as amostras, variando entre 5,44 a 6,26 (Figura 6A). Tais valores podem ser explicados pela homogeneidade das caatingas que se diferenciam apenas em arbórea ou arbustiva com pequenas áreas rupestres, sendo áreas sem grandes alterações decorrentes de ações antrópicas que favoreçam a concentração de sais nos solos.



Figura 7 - áreas sobre as caatingas onde foram coletadas as amostras: (A) predomínio das caatingas arbustivas - município de Lagoa Grande; (B) caatinga rupestre conservada - município de Petrolina e (C) predomínio das caatingas arbóreas - município de Dormentes. Fonte: elaborada pelos autores, 2017

Para os valores de C.E. foi registrado uma variação de 0,16 a 2,00 dS.m⁻¹ (Figura 6B). O valor de 0,16 dS.m⁻¹ foi o menor encontrado para as caatingas, assim como, em comparação com as áreas de agricultura de sequeiro/ solo exposto e agricultura irrigada. Nas caatingas todos os valores de C.E. registrados foram menor que 2 dS.m⁻¹, o que enquadram os solos como não salinos segundo a classificação de Richards (1954). Diante dessa análise pode-se observar que as interferências antrópicas nos solos são fundamentais para torna-los salinos, pois nas demais classes de uso das terras foram registradas valores de C.E., os quais indicam presença de sais nos solos superiores aos encontrados nas áreas de caatingas.

Também, foram averiguados os valores de PST para as amostras das caatingas, os quais variaram entre 1,26% a 2,49% (Figura 6C). De acordo com a EMBRAPA (2015) o quantitativo de sódio trocável entre as caatingas são classificados como baixos, ou seja, valores inferiores a 6%. A área de caatinga com PST mais elevado está localizada sobre um Neossolo Litólico sem atividades humanas.

Ao analisar conjuntamente o pH, C.E. e o PST para as caatingas levando em consideração a classificação de Bohn et al., (1985) em todas as amostras, os solos foram classificados como normais, ou seja, sem problemas de salinização. A esse resultado computa a estrutura de usos das terras e a conservação das áreas de caatingas que não vem sendo submetidas a atividades voltadas para irrigação, mesmo com solos que segundo Barros, Barros e Silva (2008) apresentam moderados riscos à salinização como os Argissolos e os Cambissolos.

Entre as classes de usos das terras as caatingas apresentam os menores problemas com a salinização e, conseqüentemente reduzidas contribuições ao processo de desertificação local. Isto é claro, levando apenas em consideração um dos indicadores desse problema ambiental.

CONCLUSÕES

Na área de estudo os solos salinizados, como esperado, estão concentrados em sua maioria nas áreas destinadas a agricultura irrigada. O impacto é mais significativo em ambientes onde a água subterrânea é usada para irrigação: as águas subterrâneas apresentam maiores concentrações de sais

dissolvidos, além das características do solo em que as atividades agrícolas são realizadas. Consequentemente, a contribuição para o processo de desertificação nessas áreas são maiores e segue uma tendência de várias regiões da terra onde o manejo agrícola é um dos principais responsáveis na relação salinização e desertificação.

Em relação às áreas de solo exposto, as amostras que apresentaram problemas de salinização foram aquelas derivadas de áreas abandonadas da atividade agrícola devido a problemas de salinização. As áreas de caatinga não apresentaram problemas de salinização, apesar de que, em algumas amostras os solos são susceptíveis à salinização. Esses resultados provam que o manejo agrícola inadequado na área de estudo é um dos principais contribuintes para a salinização dos solos locais.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi desenvolvido com os seguintes apoios: Programa de Fortalecimento Acadêmico (PFA/UPE) no ano de 2017, o qual garantiu a excursão das atividades de campo; Bolsa de mestrado da CAPES direcionada a primeira autora no período de 2016-2018.

REFERENCES

- BECERRIL-PIÑA, R.; MASTACHI-LOZA, C. A.; GONZÁLEZ-SOSA, E.; DÍAZ-D.; ELGADO, E.; BÂ, K.M. Assessing desertification risk in the semi-arid highlands of central Mexico. *Journal of Arid Environments*, v.120, p.4-13, 2015.
- BELTRÃO, B.A., et al. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Petrolina, estado de Pernambuco.
- CPRM/PRODEEM: Recife, 2006.
- BOHN, H. L., MCNEAL, B. L., O'CONNOR, G. A. *Soil chemistry*. 2ed. New York: J. Wiley & Sons, 1985.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Acidez, Alcalinidade, Aridez e Salinidade do Solo. In. BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *A Natureza e propriedades dos solos*. 3ed. Rio de Janeiro: Bookman, 2012, p.76-97.
- BRASIL. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. MMA/ Universidade federal da Paraíba. Brasília: MMA, 2007.
- CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. Susceptibilidade ambiental a salinização das terras em municípios da microrregião de Petrolina – Pernambuco – Brasil. *Caminhos de Geografia*, v.16, n.56, p.160-172, 2015.
- D'ODORICO, P.; BHATTACHAN, A.; DAVIS, K. F.; RAVI, S.; RUNYA, C.W. global desertification: drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, v.51, p.326–344, 2013.
- DALIAKOPOULOS, I.N., TSANIS, I.K., KOUTROULIS, A., KOURGIALAS, N.N., VAROUCHAKIS, A.E., KARATZAS, G.P., RITSEMA, C.J. The threat of soil salinity: a European scale review. *Science of The Total Environment*, v.573, p.727-739, 2016.
- DALIAKOPOULOS, I.N.; TSANIS, I.K.; KOUTROULIS, A.; KOURGIALAS, N.N.; VAROUCHAKIS, A.E.; KARATZAS, G.P.; RITSEMA, C.J. The threat of soil salinity: a European scale review. *Science of the Total Environment*, v.573, p.727-739, 2016.
- EMBRAPA. Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo. Aracajú: EMBRAPA, 2015.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA solos, 2011.
- GKIOUGKIS, I.; KALLIORAS, A.; PLIAKAS, F.; PECHTELIDIS, A.; DIAMANTIS, V.; DIAMANTIS, I.; ZIOGAS, A.; DAFNIS, I. Assessment of soil salinization at the eastern Nestos River Delta, N.E. Greece. *Catena*, v.128, p.238-251, 2015.

- HARON, M.; DRAGOVICH, D. Climatic influences on dryland salinity in central west New South Wales, Australia. *Journal of Arid Environments*, v.74, n.10, p.1216-1224, 2010.
- IBGE. IBGE cidade. IBGE: Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: . Acesso em: 10 de mai. 2017.
- LUO, J.; ZHANG, S.; ZHU, X.; LU, L.; WANG, C.; LI, C.; CUI, J.; ZHOU, Z. Effects of soil salinity on rhizosphere soil microbes in transgenic Bt cotton fields. *Journal of Integrative Agriculture*, v.16, n.7, p.1624-1633, 2017.
- KANZARI, S.; HACHICHA, M.; BOUHLILA, R; BATTLE-SALES, J. Characterization and modeling of water movement and salts transfer in a semi-arid region of Tunisia (Bou Hajla, Kairouan) – Salinization risk of soils and aquifers. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.86, p.34-42, 2012.
- LEPSCH, I. F. 19 lições de Pedologia. Oficina de textos: São Paulo, 2011.
- LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. DE; CHAVES, L. C. G. impacto da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.1, p.34- 43, 2008.
- MCCAULEY, A.; JONES, C.; OLSON-RUTZ, K. Soil pH and Organic Matter. In. *Nutrient management: Module 8*. Bozeman: Montana State University, 2017.
- MERCADO-MANCERA G. Edafoclimatic variables associated to desertification. *Variables edafoclimáticas asociadas a la desertificación*, v.13, n.2, p.133-145, 2013.
- PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A.T.; SANTOS, P. B.; Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.
- PEREZ-MARIN, A.D.; CAVALCANTE, A.M.B.; MEDEIROS, S.S.; TINOCO, L.B.M.; SALCEDO, I.H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? *Parceria estratégica*, v.17, n.34, p. 87-106, 2012.
- PISTOCCHI, C.; RAGAGLINI, G.; COLLA, V.; BRANCA, T.A.; TOZZINI, C.; ROMANIELLO, L. Exchangeable Sodium Percentage decrease in saline sodic soil after Basic Oxygen Furnace Slag application in a lysimeter trial. *Journal of Environmental Management*, v.203, n.1, p.896-906, 2017.
- PROVIN, T.; PITT, J.L. Managing Soil Salinity. Texas A & M Agrilife Extension. Department of Agriculture: Texas, 2017.
- RAMOS, M.J. Qualidade das Águas Subterrâneas nos Municípios de Dormentes, Afrânio e Petrolina: estado de Pernambuco. 36f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) do curso de Licenciatura em Geografia. Petrolina: UPE, 2014.
- RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Orgs.) *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal, 2010, p.12-19.
- RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Orgs.) *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal, 2010, p.12-19.
- RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: US Department of Agriculture, 1954.
- SALVATI, L.; FERRARA, C. The local-scale impact of soil salinization on the socioeconomic context: An exploratory analysis in Italy. *Catena*, v. 127, p. 312–322, 2015.
- SILVA, A. K. O.; SILVA, H.P.B.; O processo de desertificação e seus impactos sobre os recursos naturais e sociais no município de Cabrobó – Pernambuco – Brasil. *PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP*, v.8, n.1, p.203-215, 2015.
- SILVA, F.H.B.B.; SILVA, A.D.; BARROS, A.H.Z. *Principais classes de solos do estado de Pernambuco*. Recife: EMBRAPA, 2008.

SOUZA, L. C.; QUEIROZ, J. E.; GHEYI, H. R. Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.1, p.35-40, 2000.

UNCCD. Convención de las Naciones Unidas para la Lucha Contra la Desertificación. Text of convention and annexes. [s.d.]. Disponível em: . Acesso em: 12 mar. 2017.

VARGHESE, N.; SINGH, N.P. Linkages between land use changes, desertification and human development in the Thar Desert Region of India. *Land Use Policy*, v.51, p.18-25, 2016.

VASCONCELOS, R. R. A.; BARROS, M. F. C.; SILVA, E. F. F.; GRACIANO, E. S. A.; FONTENELE, A. J. P. B.; SILVA, N. M. L.; Características físicas de solos salino-sódicos do semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.12, p.1318–1325, 2013.

WALTER, J.; LÜCK, E.; BAURIEGEL, A.; FACKLAM, M.; ZEITZ, J. Seasonal dynamics of soil salinity in peatlands: A geophysical approach. *Geoderma*, v.310, p.1-11, 20128.

XU, D.; CHUNLEI, L.; XIAO, S.; HONGYAN, R. The dynamics of desertification in the farming-pastoral region of North China over the past 10 years and their relationship to climate change and human activity. *Catena*, v.123, p.11-22, 2014.