

Uso da terra, cobertura vegetal e desertificação no Projeto de Irrigação N11 - Petrolina, PE, Brasil

Uso de la tierra, cobertura vegetal y desertificación en el Proyecto de Irrigación N11 - Petrolina, PE, Brasil

Land use, vegetal cover, and desertification in the Irrigation Project N11 - Petrolina, PE, Brazil

Kallia Pereira dos Santos
kalhasantos@hotmail.com

Universidade de Pernambuco, UPE, Campus Petrolina, PE

Antonio Marcos dos Santos
geo_fisica@yahoo.com.br

Universidade de Pernambuco, UPE, Campus Petrolina, PE

Resumo: a dinâmica de uso da terra junto a desmatamentos contribuem significativamente para o processo de desertificação. Nesse contexto, este artigo pretende analisar os níveis de degradação da vegetação de caatinga e o estado atual de uso da terra no Projeto de Irrigação N-11, localizado em uma área susceptível à desertificação, no município de Petrolina, estado de Pernambuco. O estudo foi desenvolvido a partir de coletas de informações em campo sobre a florística das áreas, avaliação de condutividade elétrica do solo e mapeamento de uso e cobertura da terra a partir de imagens RapidEye. Os impactos associados à estrutura de uso da terra e da cobertura vegetal são variados abrangendo desde perda de solo e remoção de vegetação, perda de biodiversidade e salinização dos solos, entre outros problemas. As áreas com projetos de irrigação devem estar sob um manejo diferenciado para prevenir ou reduzir a velocidade do processo de desertificação.

Palavras-chave: degradação ambiental, semiárido, caatinga.

Resumen: La dinámica de uso de las tierras junto a la deforestación contribuye significativamente al proceso de desertificación. El objetivo de este artículo es analizar los niveles de degradación de la vegetación de caatinga y el estado actual de uso de la tierra en el Proyecto de Irrigación N-11, área susceptible a la desertificación, situada en el municipio de Petrolina, estado de Pernambuco. El estudio fue desarrollado a partir de colectas de informaciones en campo sobre la florística de las áreas, evaluación de la conductividad eléctrica del suelo y mapeo del uso y cobertura de la tierra a partir de imágenes RapidEye. Los impactos asociados a la estructura de uso y de la cobertura vegetal son variados abarcando desde pérdidas de suelo y vegetación, pérdida de biodiversidad y salinización de los suelos, entre otros problemas. Las áreas con proyectos de riego deben estar bajo un manejo diferenciado para prevenir o retrasar el proceso de desertificación.

Palabras-clave: degradación ambiental, semiárido, caatinga.

Abstract: The dynamics of land use together with deforestation contributes significantly to the desertification process. In this context, the objective of this article is to analyze the levels of degradation of the caatinga vegetation and the current state of land use in the N-11 Irrigation Project, located in a susceptible area desertification, in the municipality of Petrolina, state of Pernambuco - Brazil. The study was developed from field information as plant collections, soil conductivity, and land cover mappings upon RapiEye images. The impacts associated with the structure of use and the vegetation cover were varied as soil, vegetation, and biodiversity loss, and salinization of soils, among other problems. Areas with irrigation projects must be under differentiated management to prevent or slow the desertification process.

Key words: environmental degradation, semiarid, caatinga.

INTRODUÇÃO

A desertificação tem sido apontada como um dos maiores desafios ambientais dos últimos anos, sobretudo nas regiões secas (LIU *et al.*, 2016), podendo ser definida como a degradação de regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas resultante de fatores naturais e/ou de ações humanas (UNCCD, 1994).

A expressão ‘desertificação’ foi utilizada pela primeira vez em estudo desenvolvido na Tunísia por Louis Lavauden para referir-se às áreas que passaram a apresentar uma redução da produção em virtude do mal uso da terra (D’ODORICO *et al.*, 2013). Contudo, o termo é comumente mais atribuído a Aubréville, no ano de 1949, o qual associou a desertificação às áreas que estavam apresentando semelhanças aos desertos devido ao processo de degradação da terra, tendo como principais motores a queda na produtividade dos solos e redução da vegetação nativa no centro do continente africano (D’ODORICO *et al.*, 2013; YOU, 2017).

As implicações ambientais decorrentes do processo de desertificação estão ligadas ao favorecimento dos processos de erosão como sobrepastoreio, práticas agrícolas inadequadas, levando à salinização dos solos, perda da biodiversidade, perda da produtividade, entre outras (VARGHESE; SINGH, 2016; GE *et al.*, 2016; SALIH; GANAWA; ELMAHL, 2017).

Os impactos do processo de desertificação são variados, abrangendo grandes e pequenas áreas, em dimensões globais. Um dos impactos considerado mais elevado na escala das consequências da desertificação é o deslocamento populacional. Segundo Hooke e Sandercock (2012), várias regiões em âmbito mundial experimentam o aumento da pobreza e migrações da população das áreas atingidas em direção a médios e grandes centros econômicos.

No cenário atual, a retirada da cobertura vegetal vem se destacando entre as principais causas do processo de desertificação (WIJITKOSUM, 2016) e o estudo de Souza, Artigas e Lima (2015) aponta que a Caatinga é considerado o terceiro bioma mais degradado no Brasil, o que influencia seu processo de desertificação. Segundo dados do relatório do Monitoramento do Bioma Caatinga (BRASIL, 2011), até o ano de 2009 a área desmatada da Caatinga correspondia a 45,62% do total, com tendência a aumento futuro.

Etimologicamente, Caatinga vem do tupi guarani e significa 'mata branca', fazendo menção ao aspecto da paisagem, composta por uma floresta seca relacionada a fatores climáticos regionais, com períodos de secas e chuvas irregulares (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009; MARTEIS et al., 2017; SCHULZ et al., 2017). De ocorrência exclusiva no Brasil, abrange áreas dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte de Minas Gerais, extensão que corresponde a 54% da região Nordeste e 11% do território brasileiro (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009).

No meio científico, é comum à utilização dos termos bioma e/ou domínio morfoclimático ao referenciar a Caatinga. Segundo Coutinho (2006), ambos apresentam conceitos diferentes e não devem ser entendidos como sinônimos. Para Coutinho o conceito de bioma compreende a distribuição espacial representada por uma uniformidade de ambientes organizados em grandes padrões de escalas das formações e associações vegetais dependente de diferentes elementos e fatores, constituindo-se em uma unidade ecológica com componentes bióticos e abióticos (BATALHA, 2011; COUTINHO, 2006; MONCRIEFF; BOND; HIGGINS, 2016).

Ab'Saber (2003) define domínio morfoclimático como um conjunto de formações naturais, o qual se baseia nas interações dos aspectos físicos do relevo com o clima, solo e vegetação que formam paisagens diversas. Para Ab'Saber o domínio morfoclimático da Caatinga abrange uma área de excepcionalidade marcante inserida na região das depressões interplanálticas, e se destaca pelo seu potencial paisagístico. Ainda nessa visão, Córdula, Queiroz e Alves (2010) destacam que a cobertura vegetal da caatinga é considerada heterogênea, endêmica e apresenta distinções fisionômicas oriundas das variações climáticas, entre outros fatores.

Para Marin et al. (2012), a porção do semiárido brasileiro é área susceptível ao processo de desertificação, apresentando seis núcleos de desertificação eminentes. Estes são extensas áreas que apresentam grandes manchas com presença ou não de cobertura vegetal e evidências de degradação dos solos, sendo eles: Seridó (Rio Grande do Norte/Paraíba), Cariris Vermelhos (Paraíba), Inhamuns (Ceará), Gilbués (Piauí), Sertão Central (Pernambuco) e Sertão do São Francisco (Bahia).

Nesses núcleos, a degradação da caatinga decorre tanto de ações naturais ligadas às condições climáticas quanto, principalmente humanas, associadas à substituição da cobertura vegetal nativa para extração de lenha, produção de carvão vegetal e agropecuária extensiva (MARIN et al., 2012; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015). Segundo Schulz et al. (2017), a perda da vegetação é um fator que ameaça a biodiversidade e o bem-estar das populações, impulsionando a desertificação nas regiões secas. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo analisar os níveis de degradação da vegetação de Caatinga e o estado atual de uso da terra em uma área susceptível à desertificação no Bioma Caatinga.

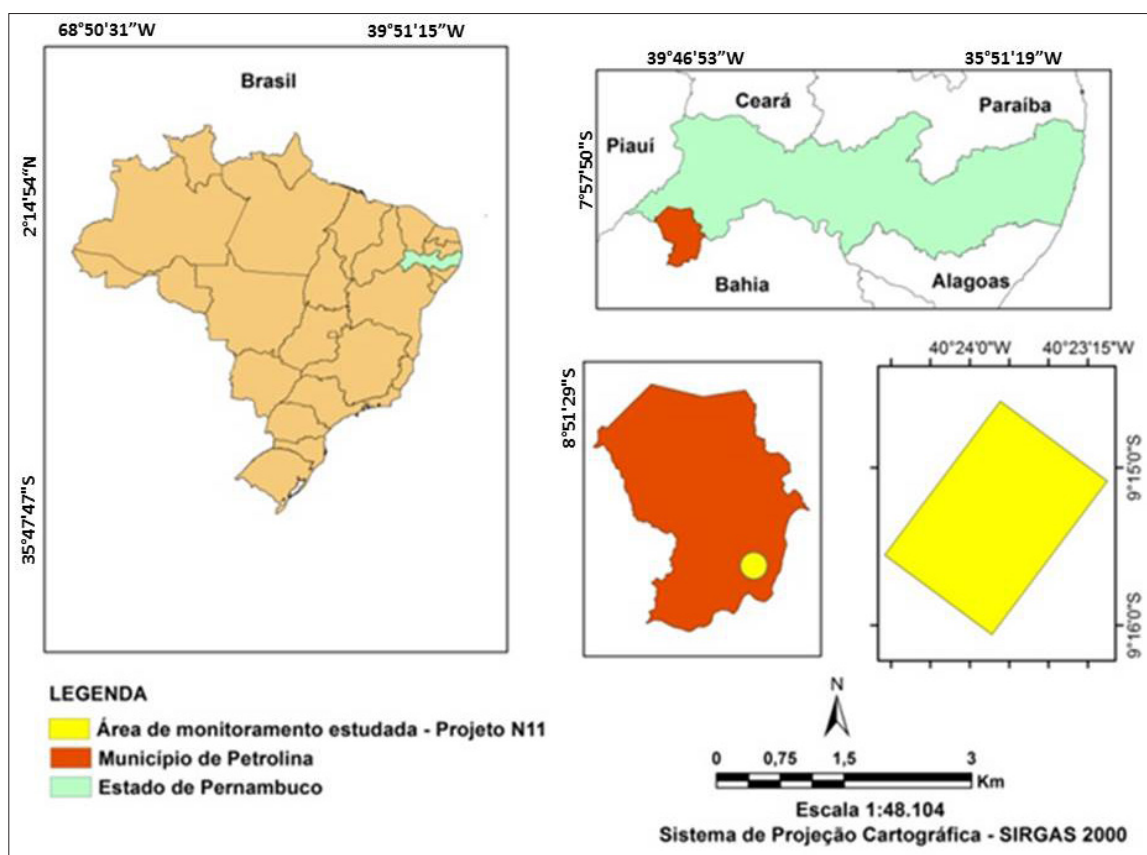
MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área monitorada neste estudo localiza-se no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho (PISNC) - Núcleo 11, no município de Petrolina, estado de Pernambuco (Fig. 1). De acordo com o Distrito de Irrigação Nilo Coelho - DINIC (2017), os primeiros estudos para implantação deste projeto no Vale do São Francisco foram realizados pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e colaboração do Ministério do Meio Ambiente (MMA) com o objetivo de implantar a agricultura como meio de desenvolvimento para a região. Iniciado no ano de 1984, posteriormente o projeto passou a ser administrado em 1989 apenas pelo DINIC.

Com base nos dados do DINIC (2017), a população que compõe o projeto de irrigação N11 ultrapassa 3.000 residentes fixos. O clima predominante é o Tropical Semiárido, com média de precipitação pluviométrica anual de 431,8 mm; o período chuvoso inicia-se em novembro e termina em abril (BELTRÃO et al., 2005). A base da economia é a agricultura irrigada com destaque para cultivo de manga, uva, coco-da-baía, banana, entre outros cultivos (DINIC, 2017).

Figura 1 - Localização do Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho (PISNC) – Núcleo 11, município de Petrolina-PE.



Fonte: autores, 2018.

Procedimentos metodológicos

O estudo foi desenvolvido em duas fases; na primeira foram realizadas cinco visitas a campo em diferentes épocas do ano, duas após o período chuvoso e três no período seco. A segunda consistiu em análise de solos no laboratório de solos do Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSERTÃO) e de imagens na Universidade de Pernambuco (UPE), Campus Petrolina.

Em campo, foram demarcadas cinco parcelas de 20x20m, sendo duas em área sobre caatinga lenhosa semiaberta; duas sobre caatinga aberta e uma sobre caatinga rupestre. Em cada parcela foi realizado um levantamento florístico com auxílio de catálogo *Caatinga: Espécies Lenhosas e Herbáceas* (LIMA, 2011) e contagem de indivíduos por espécie, além da avaliação de proteção dos solos (em termos de cobertura vegetal) e registros fotográficos. Espécies que não puderam ser determinadas em campo foram fotografadas, coletadas e armazenadas em sacolas escuras com algodão umedecido (FURLAN, 2005) e comparadas ao banco de dados dos herbários virtuais *Lista da Flora do Brasil*¹ e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - *Herbário Virtual da Flora e dos Fungos*².

As áreas com solo expostos foram avaliadas sistematicamente a presença de feições erosivas, presença de vegetação, entre outros indicadores.

Para identificar e mapear a área salinizada, foram observadas em campo: presença de sais em superfície, espécies vegetais halófitas, restos vegetais mortos e coleta de amostras para análise química. Todos os pontos foram georreferenciados com aparelho receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS).

A análise química contou de teste de Condutividade Elétrica (CE) em seis amostras das áreas salinizadas e três no entorno, posteriormente classificadas de acordo com Richards (1954), levando em consideração os efeitos da salinização nas plantas (Quadro 1).

Quadro 1 - Classes de salinidade do solo em relação aos efeitos na vegetação.

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

Fonte: Richards (1954).

Na segunda etapa foi mapeado o uso da terra e da cobertura vegetal da área de estudo com auxílio do software ArcGIS, utilizando uma imagem orbital gerada pelo satélite RapidEye com resolução espacial de 5 metros. Adotou-se o método de classificação supervisionada, o qual segundo Cruz e Ribeiro (2008), consiste em associar cada *pixel* da imagem a um tipo de classe de uso.

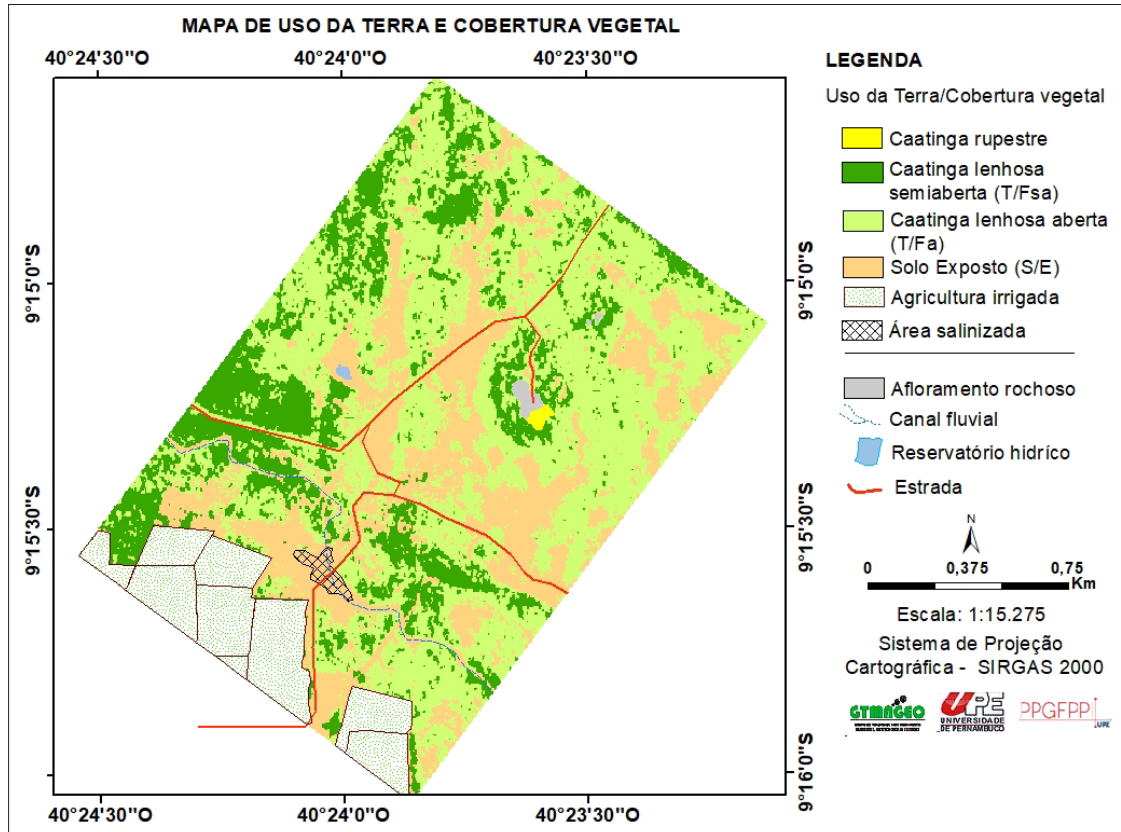
1 <https://dipeq.jbrj.gov.br/conservacao/lista-da-flora-do-brasil-reflora/>

2 <http://inct.splink.org.br/>

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram estabelecidas seis classes de uso: caatinga lenhosa semiaberta, caatinga lenhosa aberta, caatinga rupestre, solo exposto, área salinizada e agricultura irrigada (Fig. 2).

Figura 2 - Mapa de uso e ocupação das terras da área de estudo PSNIC – Núcleo 11.



Fonte: os autores.

Para verificar a validade e qualidade do mapeamento foi aplicada a estatística de Kappa sobre uma matriz de erro que confronta dados amostrados em campo com a imagem classificada. Segundo Silva e Paes (2012), quanto mais próximo de 1 maior a qualidade do mapeamento (Quadro 2). A estatística de Kappa apresentou resultado final de 0,81, apontando o mapeamento como excelente.

Quadro 2 - Valores de interpretação do método estatístico de Kappa.

Valores de Kappa	Interpretação
0 - 0,20	Ruim
0,21 - 0,40	Razoável
0,41 - 0,60	Boa
0,61 - 0,89	Muito boa
0,81 - 1,00	Excelente

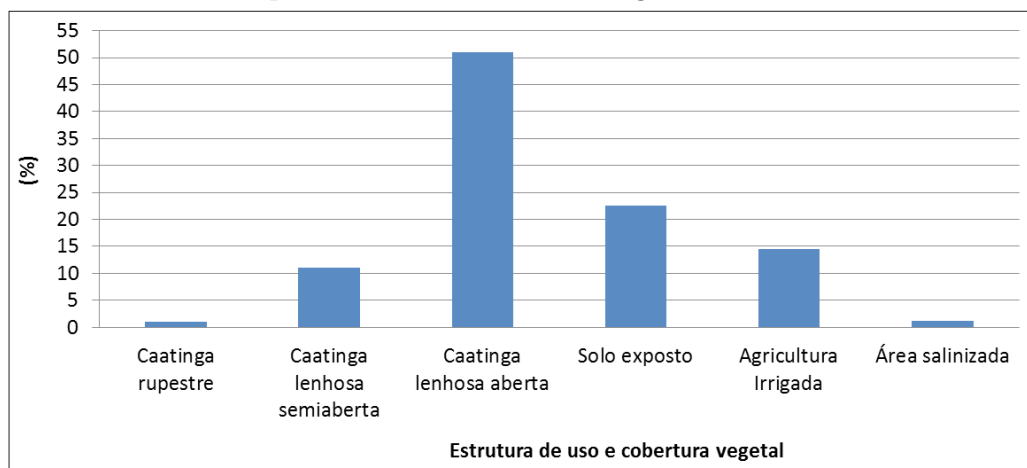
Fonte: Landis e Koch (1977).

DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS NA ÁREA DE ESTUDO

Caatinga Lenhosa Aberta (T/Fa)

A Caatinga Lenhosa Aberta constitui uma cobertura vegetal em que as copas das árvores/arbustos jamais se tocam (CAVALCANTI, 2014) (Figura 3b). Entre as classes de uso da terra, essa representa a maior proporção de área ocupada com um percentual de 50,74% (Gráfico 1) predominando jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), ocupando 29,50%, quipá (*Tacinga inamoema* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy), ocupando 21,31%, malva-branca (*Melochia tomentosa* L.), abrangendo 21,31% e catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz), com 9,83%. Outras espécies foram encontradas em menor número, como canafistula (*Senna reticulata* (Willd.) H.S.Irwin & Barneby), facheiro (*Pilosocereus pachycladus* F. Ritter.), angico-de-carçoço (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.), mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.) e umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda.) (Tab. 1).

Gráfico 1 - Classes de uso e ocupação das terras e cobertura vegetal na área de estudo PSNIC - Núcleo 11.



Fonte: os autores.

Tabela 1 - Espécies amostradas na Caatinga Lenhosa Aberta no PSNIC - Núcleo 11.

Espécie	Nome vulgar	Família	Número de indivíduos	
			Unidade	%
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	jurema-preta	Fabaceae	18	29,50
<i>Tacinga inamoema</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	quipá	Cactaceae	13	21,31
<i>Melochia tomentosa</i> L.	malva-branca	Malvaceae	13	21,31
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz	catigueira	Fabaceae	6	9,83
<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H.S.Irwin & Barneby	canafistula	Fabaceae	3	4,91
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F. Ritter.	facheiro	Cactaceae	3	4,91
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	mandacaru	Cactaceae	2	3,27
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.	angico-de-carçoço	Fabaceae	2	3,27
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda.	umbuzeiro	Anacardiaceae	1	1,63
Total			61	100

Fonte: os autores.

O predomínio da *Mimosa tenuiflora* junto com a *Tacinga inamoema* e da *Poincianella pyramidalis* aponta que essa área está sob sucessão ecológica promovida por atividade antrópica (SOUZA et al., 2016a). Nesse ambiente, observou-se também a presença de espécies herbáceas/ gramíneas durante o período chuvoso.

Essa cobertura vegetal esparsa proporciona maior exposição dos solos, com maior risco de processos erosivos, os quais foram efetivamente observados em campo, sulcos e ravinas de pequeno porte decorrentes do impacto das chuvas. Também foi observado corte de espécies, provavelmente para uso nas construções de cercas nas áreas irrigadas, localizadas bem próximas, o que pode contribuir ainda mais para exposição dos solos e impactos na diversidade florística local.

Caatinga Lenhosa Semiaberta (T/Fsa)

Como havia áreas onde se mesclavam locais fechados e mais abertos (Fig. 3a), foi criada a classe de Caatinga Lenhosa Semiaberta. Esta corresponde a 10,93% da área estudada (Gráfico 1), na qual predominam espécies como quipá, ocupando um percentual de 35,8% da área, catingueira, que abrange 32,4% e a jurema-preta, ocupando 16,7% (Tab. 2). Foi a classe de uso que apresentou o maior número de espécies, com um total de 11. Além disso, no período chuvoso foram encontradas espécies herbáceas/ gramíneas, não determinadas.

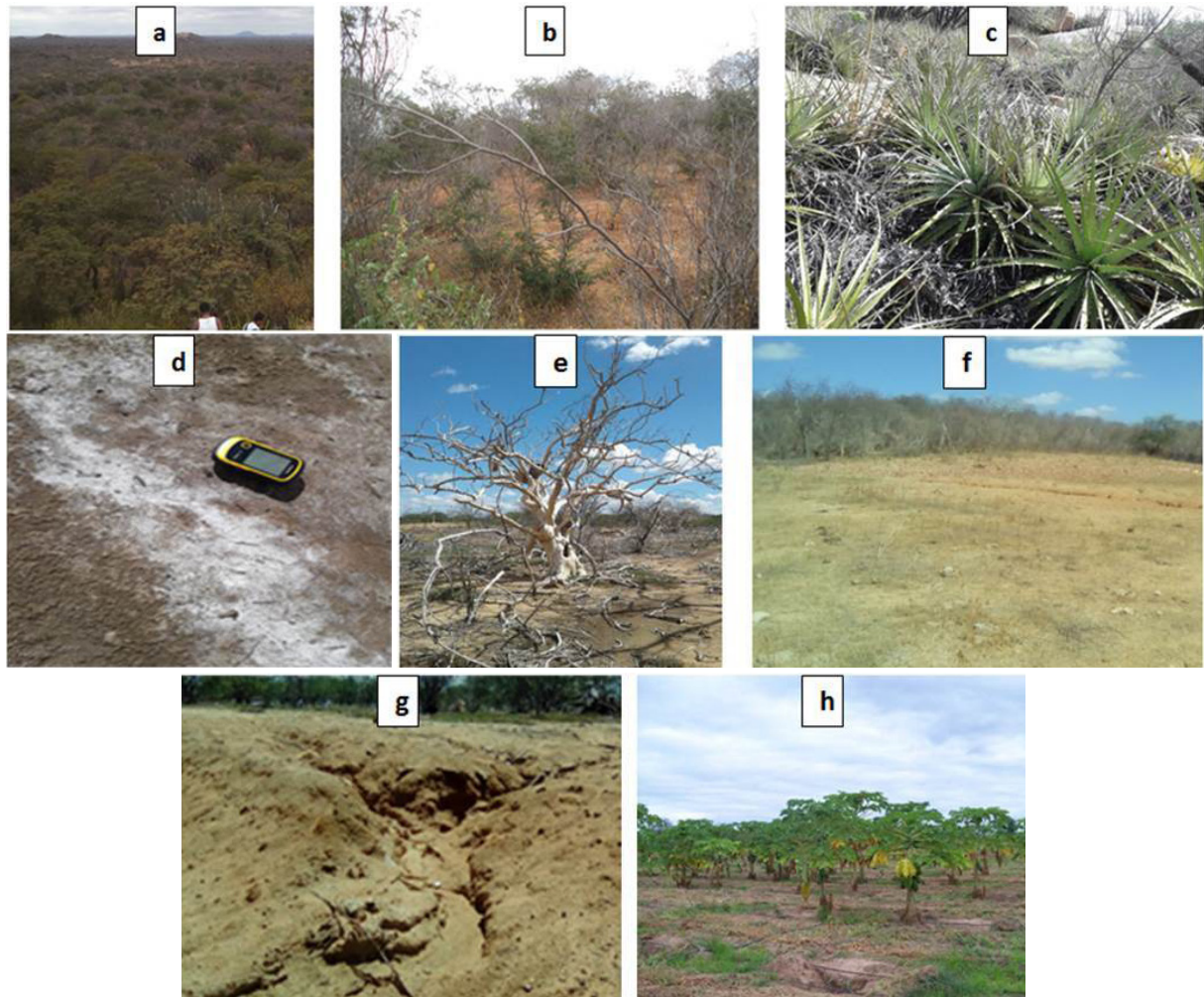
A predominância destas espécies pioneiras indica um estágio inicial de sucessão ecológica, pois para Calixto Júnior, Drumond e Alves Júnior (2011) são espécies que apresentam um desenvolvimento rápido e resistências aos fatores abióticos presentes em ambientes perturbados.

Tabela 2 - Espécies amostradas na Caatinga Lenhosa Semiaberta no PSNIC - Núcleo 11.

Espécie	Nome vulgar	Família	Número de indivíduos	
			Unidade	%
<i>Tacinga inamoema</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	quipá	Cactaceae	344	35,8
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz	catingueira	Fabaceae	302	32,4
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	jurema-preta	Fabaceae	156	16,27
<i>Jatropha molíssima</i> (Pohl.) Baill.	flor-vermelha	Euphorbiaceae	28	4,3
<i>Croton</i> sp.	marmeleiro	Euphorbiaceae	28	2,9
<i>Cnidocolus phylacanthus</i> (Mull.Arg.) Pax & L. Hoffm.	favela	Euphorbiaceae	24	2,5
<i>Melocactus bahiensis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	coroa-de-frade	Cactaceae	24	2,5
<i>Encholirium spectabile</i> Maer. ex Schult. & Schult.	macambira-de-flecha	Bromeliaceae	20	2,08
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.	angico-de-carçoço	Fabaceae	12	1,25
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	juazeiro	Rhamnaceae	4	0,41
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett.	umburana	Burseraceae	4	0,41
Total			946	100

Fonte: os autores.

Figura 3 - (a) Caatinga lenhosa semiaberta; (b) Caatinga lenhosa aberta; (c) Caatinga rupestre; (d) presença de sais na superfície dos solos na área salinizada; (e) presença de árvores mortas na área salinizada; (f) área de solo exposto; (g) feição erosiva em função da exposição dos solos as chuvas; (h) área sobre agricultura irrigada.



Fonte: os autores, com fotos obtidas nos anos de 2017 e 2018.

O quipá é um subarbusto, enquanto a jurema-preta e a catingueira fazem parte do estrato arbóreo-arbustivo. Todos apresentam potencial para recuperação de áreas degradadas, uma vez que são pioneiras (CALIXTO JÚNIOR; DRUMOND; ALVES JÚNIOR, 2011; PEREIRA; RODRIGUES, 2012; SANTANA et al., 2011; SOUZA et al., 2016a; SOUZA et al., 2016b).

Costa et al. (2009) acrescentam que a jurema-preta é um indicador de áreas submetidas à instabilidade ecológica na caatinga, ou seja, a perturbações de origem natural ou antrópica. Pereira e Rodrigues (2012) destacam que a presença dessas espécies na área sinaliza, o início do processo de sucessão ecológica e, conseqüentemente, favorecerá o desenvolvimento de espécies secundárias de porte arbóreo e arbustivo.

A estrutura arbórea-arbustiva dessas espécies tem papel importante na proteção do solo contra a erosão pois segundo Lima et al. (2013), a vegetação de porte arbóreo é a que mais protege o solo dos efeitos erosivos, diminuindo o impacto das gotas de chuva (CARDOSO et al., 2012).

Caatinga Rupestre

A Caatinga Rupestre se desenvolve sobre afloramentos rochosos (CAVALCANTI, 2014) e ocupa apenas 0,26% da área (Gráfico 1). Foram identificadas espécies como a macambira-de-flecha (*Encholirium spectabilis* Maer. ex Schult. & Schult. f.) compondo 74,41% dos indivíduos presentes, facheiro, quipá e mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.) que juntas somam 25,57% dos indivíduos encontrados (Tab. 3).

Observa-se que as espécies encontradas fazem parte do grupo de bromélias e cactos, espécies não lenhosas (Figura 3c), como resultado da estrutura dos solos rasos dessa área, do tipo Neossolos Litólicos com exposição da matriz rochosa. Quanto aos indícios de degradação, em campo foi possível verificar pequenas manchas de queimadas e retiradas da vegetação para formação de trilhas, porém pouco perceptíveis. O bom estado de preservação nesse local advém das dificuldades do uso da terra e da baixa procura por materiais produzidos pelas espécies rupestres locais. Segundo Souza e Nunes (2011), muitas áreas sobre campos rupestres na Caatinga e Cerrado apresentam bom estado de conservação devido ao baixo uso das espécies vegetais para fins comerciais e não-comerciais.

Tabela 3 - Espécies amostradas na Caatinga Rupestre no PSNIC - Núcleo 11.

Espécie	Nome vulgar	Família	Quantidade de indivíduos	
			Unidade	%
<i>Encholirium spectabile</i> Maer. ex Schult. & Schult. f.	macambira-de-flecha	Bromeliaceae	64	74,41
<i>Tacinga inamoema</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	quipá	Cactaceae	8	9,30
<i>Pilosocereus pachycladus</i> (F. Ritter.)	facheiro	Cactaceae	8	9,30
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	mandacaru	Cactaceae	6	6,97
Total			86	100

Fonte: os autores.

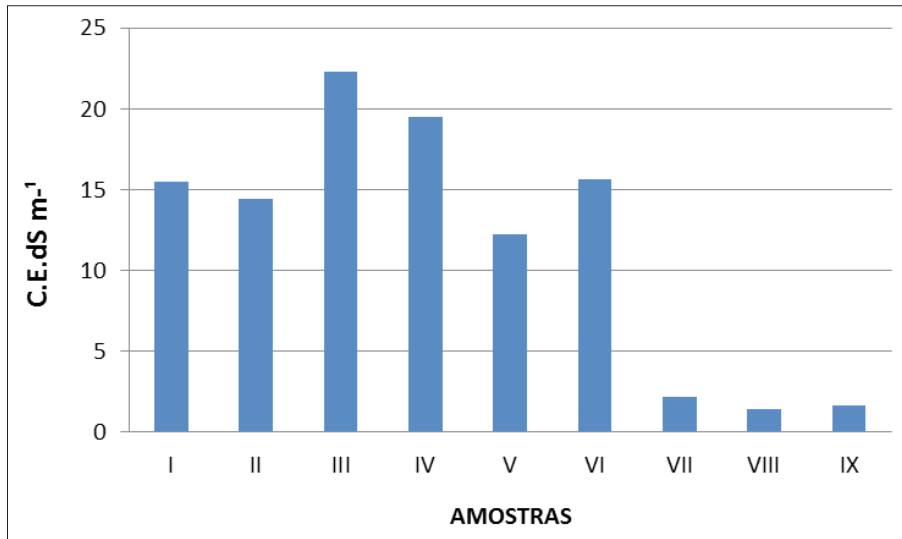
Área Salinizada

A área salinizada ocupa uma mancha de 0,8% da área de estudo, onde a presença de sais solúveis na superfície do solo pode ser visível em alguns pontos (Fig. 3d), assim como os impactos proporcionados por esse tipo de degradação (árvores mortas, por exemplo).

O Gráfico 2 demonstra que as amostras I a VI apresentaram consideráveis teores de salinização, isso é, valores de CE superiores a 2 dSmm⁻¹, sendo três extremamente salinas (amostras III, IV e VI) e três altamente salinas (amostras I, II e V). As amostras do entorno (VII, VIII e IX) apresentam valores de solos não salinos, reforçando que a presença dos sais na área salinizada está associada a fenômenos específicos que contribuíram para acúmulos dos sais nesta determinada área. Santos, Souza e Castro (2018) afirmam que nessa área a salinização dos solos foi originada a partir da formação de áreas alagadiças com as chuvas de meados dos anos 2000, e a consequente acessão dos sais por capilaridade.

Com a evaporação da água, os sais permaneceram na superfície. O segundo fator é o fato de que, sendo uma pequena área rebaixada, recebe a água oriunda dos terrenos irrigados trazendo consigo sais provenientes das áreas agrícolas.

Gráfico 2 - Condutividade Elétrica em solos da área salinizada e entorno no PSNIC - Núcleo 11.



Fonte: os autores.

O reflexo dessa salinização pôde ser conferido na paisagem, onde foram observadas várias plantas mortas (Fig. 3e) - seis arbóreas e cinco arbustivas (Tab. 4). Porém, espécies halófitas, ou seja, aquelas resistentes aos sais nos solos, foram encontradas em pequenas quantidades sobre a área salinizada, a exemplo da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) e do bredo (*Amaranthus viridis* L.), esta uma espécie herbácea que apresenta várias ramificações em sua estrutura, o que dificultou sua quantificação na área de estudo.

Tabela 4 - Espécies amostradas sobre a Área Salinizada no PSNIC - Núcleo 11.

Espécie	Nome vulgar	Família	Número de indivíduos	
			Unidade	%
—	Árv. Mortas-árborea	—	6	42,8
—	Árv. Mortas-arbusto	—	5	41,66
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	algaroba	Fabaceae	3	8,33
<i>Amaranthus viridis</i> L.	bredos	Amaranthaceae	—	—
Total			14	100

Fonte: os autores.

Com o passar dos anos a vegetação de caatinga inserida na área salinizada sofreu com o processo de intoxicação e efeito osmótico (DIAS; BLANCO, 2010). Em relação ao efeito osmótico, Pedrotti et al. (2015) destacam que esse processo provoca o bloqueio da circulação de nutrientes e água devido à concentração de sais na estrutura interna das plantas.

Solo Exposto (S/E)

As áreas com solo exposto representam 25,5% de todo quadrante de estudo (Gráfico 1). São locais em que a vegetação foi totalmente retirada, seja para uso da lenha ou para empreendimentos agrícolas que posteriormente foram abandonados.

Ao revisar estudos sobre o desmatamento das caatingas, observa-se que nos últimos anos, as áreas com solo exposto (caatinga altamente desmatada) vêm aumentando. Brasileiro (2009) destaca que o intensivo desmatamento da caatinga não é algo novo, muito pelo contrário, data desde as primeiras ocupações com destaque para chegada dos portugueses ao Brasil e vem sendo intensificada nas últimas décadas.

O solo exposto é uma representação viva de um dos piores estragos na caatinga (Fig. 3f). Na área de estudo, praticamente todas as áreas com solo expostos visitadas, apresentam feições erosivas de diferentes portes com destaques para ravinas e pequenos sulcos (Fig. 3g). Isso porque o solo exposto, sem nenhuma cobertura vegetal, apresenta altos potenciais à erosão em comparação com as áreas com cobertura vegetal. Outra preocupação em relação às áreas de solo exposto, assim como sua expansão é a redução da biodiversidade florística da área de estudo, acarretando em perda de espécies na região impactando não só a flora quanto microrganismos e fauna.

Agricultura Irrigada

A agricultura irrigada ocupa 14,5% da área de estudo (Gráfico 1), onde se cultivam espécies de grande importância econômica para o Vale do São Francisco que estão em constante conflito com as áreas nativas de caatinga, como manga, goiaba, uva, mamão e acerola, para exportação e para o mercado nacional (Fig. 3h).

Foi possível observar dois métodos de irrigação, por gotejamento e por microaspersão; ambos os métodos são os menos agressivos para o solo. Castro e Santos (2015) destacam que na região do Vale do São Francisco vários polos de irrigação utilizam métodos de irrigação que comprometem a proteção dos solos, como a técnica de encharcamento dos solos (sulcos), mecanismo que colabora para a salinização. Quanto aos riscos de erosão, os cultivos protegem o solo porém a depender do cultivo e da época de plantio, o solo poderá estar descoberto e sofrer erosão.

Impactos adicionais observados foi o descarte das embalagens de defensivos utilizadas sobre os plantios, áreas de caatinga e de solo exposto. Outro problema é o posicionamento dos drenos de escoamento do excedente da água de irrigação. Segundo estudo de Franco e Barros (2008), a água escoada, uma vez contaminada, concentra-se sobre as áreas salinizadas podendo ampliar o nível de salinização local e pode expandir a mancha para as demais áreas de caatinga ainda não salinizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta diagnose da situação atual de um projeto de irrigação em conflito com as caatingas revela a relação entre a dinâmica de uso e cobertura da terra com os possíveis riscos

à desertificação. Os problemas maiores de degradação foram encontrados nas áreas onde o solo apresentava-se exposto e com menor porte e cobertura da vegetação.

Foi observado que a suscetibilidade à desertificação está presente principalmente nas áreas onde há indícios de degradação. Relembrando os pontos de risco:

- Nas áreas de Caatinga Lenhosa Semiaberta a contribuição ao processo de desertificação é o menor entre as classes de uso. Nessas áreas, o solo encontra-se mais preservado com baixa presença de feições erosivas, apesar dos bioindicadores de sucessão ecológica inicial, ou seja, degradada.
- Nas áreas sobre Caatinga Lenhosa Aberta a vegetação não é suficiente para proteger os solos contra potencial erosão. Há problemas também com a baixa diversidade de espécies e o predomínio de espécies pioneiras.
- O solo exposto apresenta degradação acentuada, é grande o número de feições erosivas, sem perspectivas de recuperação.
- Nas áreas salinizadas, o impacto não atinge a agricultura, mas sim a vegetação nativa, o que reduz a biodiversidade, principalmente de espécies lenhosas pré-ameaçadas de desmatamento. Pedrotti et al. (2015) destacam que uma das principais ameaças e proporcionadores da desertificação no mundo é a salinização dos solos;
- Na área de agricultura irrigada os impactos visíveis são reduzidos, porém todo cuidado deve ser tomado devido ao uso da água na irrigação, assim como a utilização de defensivos agrícolas.

Por fazer parte de uma região de pressão ligada à crescente agricultura irrigada, as áreas próximas ao projeto de irrigação N11 deveriam ser objeto de um manejo diferenciado pois os pontos de degradação tendem a crescer e a susceptibilidade à desertificação aumentará se o ritmo de degradação for mantido.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALVES, J.J.A.; ARAÚJO, M.A.; NASCIMENTO, S.S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v.22, n.3, p.126-135, 2009.
- BATALHA, M.A. O cerrado não é bioma. **Biota Neotropica**, v.11, n.1, p.21-24, 2011.
- BELTRÃO, B.A.; MASCARENHAS, J.C.; MIRANDA, J.L.F. et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Petrolina, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do Bioma Caatinga 2008 a 2009**. Brasília, 2011.
- BRASILEIRO, R.S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, v.5, n.5, p.1-12, 2009.
- CALIXTO JÚNIOR, L.T.; DRUMOND, M.A.; ALVES JUNIOR, F.T. Estrutura e distribuição espacial de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. em dois fragmentos de caatinga em Pernambuco. **Revista Caatinga**, v.24, n. 2, p. 95-100, 2011.

- CALIXTO JÚNIOR, L.T.; DRUMOND, M.A. Estrutura fitossociológica de um fragmento de caatinga *sensu stricto* 30 anos após corte raso, Petrolina-PE, Brasil. **Revista Caatinga**, v.24, n. 2, p.67-74, 2011.
- CARDOSO, D.P.; SILVA, M.L.N.; CARVALHO, G.J. et al. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.632-638, 2012.
- 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.
- CAVALCANTI, L.C.S. **Cartografia de Paisagens: Fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CÓRDULA, E.; QUEIROZ, L.P.; ALVES, M. Diversidade e distribuição de Leguminosae em uma área prioritária para a conservação da caatinga em Pernambuco – Brasil. **Revista Caatinga**, v.23, n.3, p.33-40, 2010.
- COSTA, T.C.C., OLIVEIRA, M.A.J., ACCIOLY, L.J. et al. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.961-974, 2009.
- COUTINHO, L.M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Basílica**, v.20, n.1, p.13-23, 2006.
- CRUZ, Z.Q.; RIBEIRO, G.P. Ensaios e Segmentação e Classificação Digital de Imagens Cbers Utilizando o Sistema Spring em uma Unidade de Conservação Ambiental Estudo de Caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (Parnaso). In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2, 2008, Recife. **Anais...** p.1-9.
- DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 131-141.
- DINIC - Distrito de Irrigação Nilo Coelho. **Histórico do Perímetro Nilo Coelho**. PETROLINA, 2017. Disponível em: http://www.dinc.org.br/?page_id=98. Acesso em: 16 ago. 2017.
- D'ODORICO, P.; BHATTACHAN, A.; DAVIS, K. et al. Global desertification: drivers and feedbacks. **Advances in Water Resources**, v.51, p.326-344, 2013.
- FRANCO, M.I.; BARROS, S.D. Uso de defensivos agrícolas em áreas sobre agricultura irrigada. **Revista de Geografia**, v.13, n.4, p.34-48, 2008.
- FURLAN, S.A. Técnicas de logeografia. In. VENTURI, L.A.B. **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- GE, X.; DONG, K.; LULOFF, A.E. et al. Impact of land use intensity on sandy desertification: an evidence from Horqin Sandy Land, China. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 346-358, 2016.
- HOOKE, J.; SANDERCOCK, P. Use of vegetation to combat desertification and land degradation: recommendations and guidelines for spatial strategies in Mediterranean lands. **Landscape and Urban Planning**, v. 107, n.4, p.389-400, 2012.
- LANDIS J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**. v.33; n.1, p.159-74, 1977.
- LIMA, G.C.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. et al. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Revista Ambiente & Água**, v.8, n.2, p.204-214, 2013.
- LIMA, B.G. **Caatinga: espécies lenhosas e herbáceas**. Mossoró: Ed UFERSA, 2011.
- LIU, F.; ZHANG, H.; QIN, Y. et al. Semi-natural areas of Tarim Basin in northwest China: linkage to desertification. **Science of the Total Environment**, v.15, p.178-188, 2016.
- MARIN, A.M.P.; CAVALCANTE, A.M.B.; MEDEIROS, S.S. et al. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: Ocorrência natural ou antrópica?. **Parcerias Estratégicas**, v.17, n.34, p.87-106, 2012.
- MARTEIS, L.S.; NATAL, D.; SALLUM, M.A.M. et al. Mosquitoes of the Caatinga: 2. Species from periodic sampling of bromeliads and tree holes in a dry Brazilian forest. **Acta Tropica**, 171, p. 114-123, 2017.

- MONCRIEFF, G.F.; BOND, W.J.; HIGGINS, S.I. Revising the biome concept for understanding and predicting global change impacts. **Journal of Biogeography**, v.43, p.863-873, 2016.
- PEDROTTI, A.; CHARGAS, R. M. C.; RAMOS, V. C. et al. 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.
- PEREIRA, J.S.; RODRIGUES, S.C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, v.13, n. 41, p. 102-110, 2012.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington (DC): US Department of Agriculture, 1954.
- SALIH, A.A.M.; GANAWANA, E.T.; ELMAHL, A.A. Spectral mixture analysis (SMA) and change vector analysis (CVA) methods for monitoring and mapping land degradation/ desertification in arid and semiarid areas (Sudan), using Landsat imagery. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, v.20, n.1, p. 21-29, 2017.
- SANTANA, J.A.S.; VIEIRA, F.A.; PACHECO, M.V.; OLIVEIRA, P.R.S. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Catingueira) na Caatinga do Seridó. **Revista Brasileira de Biologia e Ciências da Terra**, v.11, n.1, p.116-122, 2011.
- SANTOS, A.M.; SOUZA, R.F.; CASTRO, F.C. Auto-organização da vegetação de caatinga em áreas salinizadas no município de Petrolina-PE. **Scientia Plena**, v.14, n.8, p.1-12, 2018.
- SCHULZ, C.; KOCH, R.; CIERJACKS, A.; KLEINSCHMIT, B. Land change and loss of landscape diversity at the Caatinga phytogeographical domain e Analysis of pattern-process relationships with MODIS land cover products (2001e 2012). **Journal of Arid Environments**, v.132, p.54-74, 2017.
- SILVA, S.R.; PAES, A.T. Por dentro da estatística. **Educação Continuada em Saúde Einstein**, v.10, n.4, p.165-166, 2012.
- SOUZA, B.I.; ARTIGAS, R.C.; LIMA, E.R.V. Caatinga e desertificação. **Revista Mercator**, v.14, n.1, p.131-150, 2015.
- SOUZA, N. R.; NUNES, A.G.D. Campus rupestres em climas secos. **Revista de Geografia**, v.12, n.3, p.45-61, 2011.
- SOUZA, L.S.; MOREIRA, R.F.C.; FREITAS, T.A.S.; MENDONÇA, A.V.R.; AFONSO, S.D.J.; LEDO, C.A.S. Grouping of catingueira genotypes based on morphological Characteristics. **Revista Árvore**, v.40, n.3, p.427-434, 2016 a.
- SOUZA, T.A.F.; ECHEVERRIA, S.R.; ANDRADE, L.A.; FREITAS, H. Arbuscular mycorrhizal fungi in *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir from Brazilian semi-arid. **Brazilian journal of Microbiology**, v.21, p.1-17, 2016 b.
- UNCCD. **Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação**. 1994. Disponível em: <https://www.unric.org/pt/desenvolvimento-sustentavel/28896>. Acesso em: 20 ago. 2019.
- 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.23, p.178-191, 2016.
- WIJITKOSUM, S. The impact of land use and spatial changes on desertification risk in degraded areas in Thailand. **Sustainable Environment Research**, v.21, n.5, p.144-159, 2016.
- YOU, H. Orienting rocky desertification towards sustainable land use: an advanced remote sensing tool to guide the conservation policy. **Land Use Policy**, v.61, p.171-184, 2017.

Data de submissão: 31/ dez./2018

Data de aceite: 27/ jul./ 2019