

SUCESSÃO ECOLÓGICA EM ÁREA DE EXPLORAÇÃO MINERAL DO SEMIÁRIDO PARAIBANO (BRASIL)

Ecological succession in mineral exploration in the semi-arid of the Paraíba state (Brazil)

Sucesión ecológica en área de explotación mineral del semiárido paraibano (Brasil)

Ana Paula de Araújo Alves
Universidade Federal de Campina Grande
paulinha02_araujo@hotmail.com

Thais Mara Souza Pereira
Universidade Federal de Pernambuco
thaismaraufcg@gmail.com

Ailson de Lima Marques
Universidade Federal da Paraíba
marques.ailsonl@gmail.com

Debora Coelho Moura
Universidade Federal de Campina Grande
debygeo@hotmail.com

José Iranildo Miranda de Melo
Universidade Estadual da Paraíba
tournafort@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa pioneira teve como objetivo analisar a composição florística, com base na sucessão ecológica do estrato herbáceo da Caatinga, sob áreas degradadas provenientes da exploração mineral no semiárido paraibano, Brasil. Para a realização do levantamento florístico, foram selecionadas quatro áreas de exploração mineral com 20, 15, 10 anos e uma sendo atualmente explorada. Os resultados constataram que as áreas de 10 anos e atual de exploração mineral, apresentaram maior riqueza e diversidade enquanto, nas demais, 20 e 15 anos, foram registrados os menores números. Isto se deve ao fato de que essa atividade econômica tem sido praticada de forma impactante, ocasionando a redução da diversidade vegetal. Da elevada dominância de *Cnidoscolus urens* (L.) Arthur (Euphorbiaceae) nas áreas amostradas, pode-se constatar que essa espécie é invasora e alterou as características naturais do ambiente, além de diminuir as populações naturais e acelerar a redução da regeneração, uma vez que também, se tornou competidora de outras espécies.

Palavras-chave: Sucessão Ecológica, Herbáceas, Caatinga.

ABSTRACT

This pioneering research was to analyze the floristic composition, based on the ecological succession of herbaceous of the Caatinga under degraded areas from mineral exploration in semi-arid of the Paraíba state, Brazil. For the floristic survey, four mineral exploration areas were selected with 20, 15, 10 years and one currently being explored. The results showed that the 10-year and current mineral exploration areas presented greater richness and diversity while, in the others, 20 and 15 years, the lowest numbers were recorded. This is due to the fact that this economic activity has been practiced in an impactful way, causing

the reduction of plant diversity. The high dominance for *Cnidoscolus urens* (L.) Arthur (Euphorbiaceae) in the sampled areas, it can be seen that this species is invasive and alter the natural features of the environment, and reduce the natural population and accelerate the reduction of regeneration, once which also became a competitor of other species.

Keywords: Ecological Succession, Herbaceous, Caatinga.

RESUMEN

Esta investigación pionera tuvo como objetivo analizar la composición florística, con base en la sucesión ecológica del estrato herbáceo de la Caatinga, bajo áreas degradadas provenientes de la explotación mineral en el semiárido Paraibano, Brasil. Para la realización del levantamiento florístico, fueron seleccionadas cuatro áreas de explotación mineral con 20, 15, 10 años y una siendo actualmente explotada. Los resultados constataron que las áreas de 10 años y la de explotación mineral actual, presentaron mayor riqueza y diversidad mientras, en las demás, 20 y 15 años, se registraron los menores números. Esto se debe al hecho de que esa actividad económica ha sido practicada de forma impactante, ocasionando la reducción de la diversidad vegetal. De la elevada dominancia de *Cnidoscolus urens* (L.) Arthur (Euphorbiaceae) en las áreas muestreadas, se puede constatar que esa especie es invasora y alteró las características naturales del ambiente, además de disminuir las poblaciones naturales y acelerar la reducción de la regeneración, una vez que también se convirtió en competidora de otras especies.

Palabras clave: sucesión ecológica, herbáceas, Caatinga.

INTRODUÇÃO

Situado no domínio do semiárido brasileiro, o bioma Caatinga ocupa uma área de aproximadamente 982.563 km², estendendo-se por todos os estados da região Nordeste e Norte do estado de Minas Gerais. Esta região apresenta clima Tropical Quente e Seco, do tipo Semiárido, o qual possui irregularidade no regime pluviométrico, baixa pluviosidade e elevada evapotranspiração ao longo do ano (SANTOS et al., 2017).

Na região Semiárida do Brasil, a maior parte do Bioma Caatinga está inserido nas depressões relativas xéricas interplanálticas, e é registrada uma rica diversidade florística, que inclui outros ecossistemas associados (FREIRE et al., 2015.)

De acordo com Holanda et al. (2015), esse bioma constitui um complexo vegetacional que reúne ambientes muito distintos, fisionomias variadas e flora bastante diversificada, que é caracterizada pela latência nos baixos índices de precipitação, onde as espécies perdem suas folhas, e apresenta fitofisionomia arbórea arbustiva, subarbustos decíduais e herbáceas.

Segundo Souza et al. (2015), a Caatinga é o terceiro Bioma mais degradado do Brasil, e isto é proveniente da ação antrópica realizada nas mais diversas atividades (agropecuária, corte de lenha, carvão e mineração) para afins econômicos. Dentre estas, destaca-se atualmente a extração mineral do Complexo Granitóide, de rochas graníticas e gnáissicas, como a atividade mais impactante ao meio, apesar de ser importante para o desenvolvimento socioeconômico de uma região.

O estudo de Oliveira et al. (2013) aponta que a fitofisionomia herbácea exerce grande influência na composição florística, uma vez que espécies se tornam ausentes por um período prolongado no decorrer do ano, período de estiagem. Dessa forma, as espécies herbáceas germinam apenas na estação chuvosa.

Essas espécies podem ser classificadas, segundo Vieira (2014), como ervas anuais. Os subarbustos, no entanto, são mais resistentes ao período de estiagem prolongada, perdendo suas folhas e florescendo na estação chuvosa.

A ocorrência das herbáceas na Caatinga proporciona um papel ecológico, ajudando a manter a umidade do solo, e em especial nas áreas exploradas por mineração, que retém sementes de outras espécies, através do entrelaçamento de suas raízes, proporcionando a colonização de sucessão ecológica secundária, a qual se inicia em ambientes modificados e ocorre a substituição de espécies (SANTANA et al., 2006).

A sequência sucessional é entendida como uma forma de gradientes, em que as espécies são competitivamente substituídas. Nesse sentido, Souza et al. (2015), apontam que 80% da vegetação do referido bioma foi inteiramente modificada, apresentando-se a maior parte das áreas em estádios iniciais ou intermediários de sucessão ecológica.

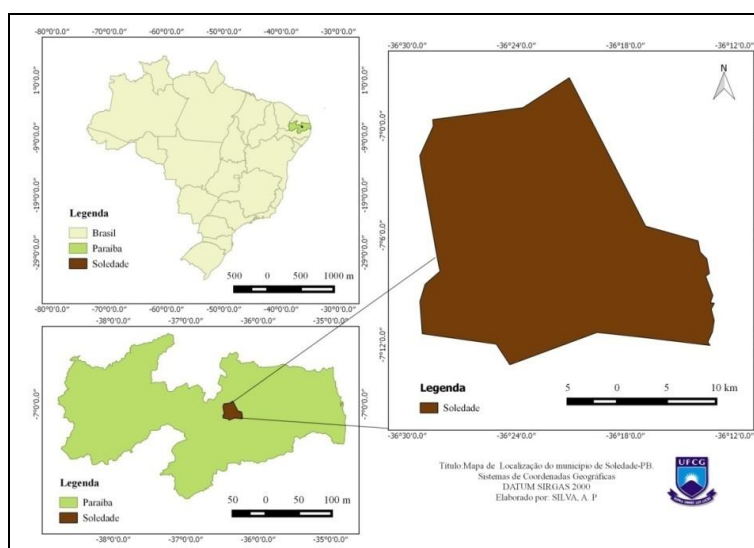
Nesse contexto, considerando a relevância da vegetação herbácea da Caatinga e sua diversidade biológica, além da vasta área alterada pela exploração mineral, o presente estudo tem como objetivo analisar a composição florística com base na sucessão ecológica do estrato herbáceo da Caatinga sob áreas degradadas provenientes da exploração do granito-gnáissico, localizado no município de Soledade, estado da Paraíba.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada em uma área de mineração de Granito-Gnáissico no município de Soledade, Paraíba. O município limita-se com Olivedos (Norte), Boa Vista e Gurjão (Sul), Juazeirinho (Oeste) e Pocinhos (Leste), (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo, município de Soledade-Paraíba.



O município de Soledade estende-se a uma Latitude de 07°03'26''S e Longitude de 36° 21' 46''W, com altitude de 521 m. A área faz parte da Região Intermediária de Campina Grande, e possui uma extensão

territorial de 560,042 km², com uma população estimada em 2017 de 14.987 habitantes, tendo uma densidade demográfica de 24,53 hab./km² (IBGE, 2017).

A área de estudo está inserida na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, sob o Terreno Alto Pajeú, na Faixa Cariri Velhos, que se originou a partir de processos geológicos ocorridos desde o período Terciário (MARQUES et al., 2017).

O clima da área de estudo é predominantemente do tipo BSh - Clima Tropical Quente e Seco, segundo a classificação de Köppen (1918). A temperatura média anual da região é de 25° C, e a umidade relativa do ar é de aproximadamente 65%.

A base geológica do município é constituída por afloramento de rochas Graníticas e Gnáissicas com intrusões de quartzo, as quais passam por processo de desgaste mecânico proveniente do intemperismo físico e em decorrência da amplitude térmica, ocasionando a contração e a dilatação da rocha (JATOBÁ & LINS, 2008). A exploração do Granito-Gnaisses na área de estudo que é utilizado como rocha ornamental, está sendo destinada ao comércio externo dos municípios de Campina Grande e João Pessoa. Segundo Mattos et al. (2013), a rocha ornamental é amplamente reconhecida pela indústria do setor civil, sendo usada principalmente em calçadas e pisos, tendo apresentado um crescimento significativo nas últimas décadas.

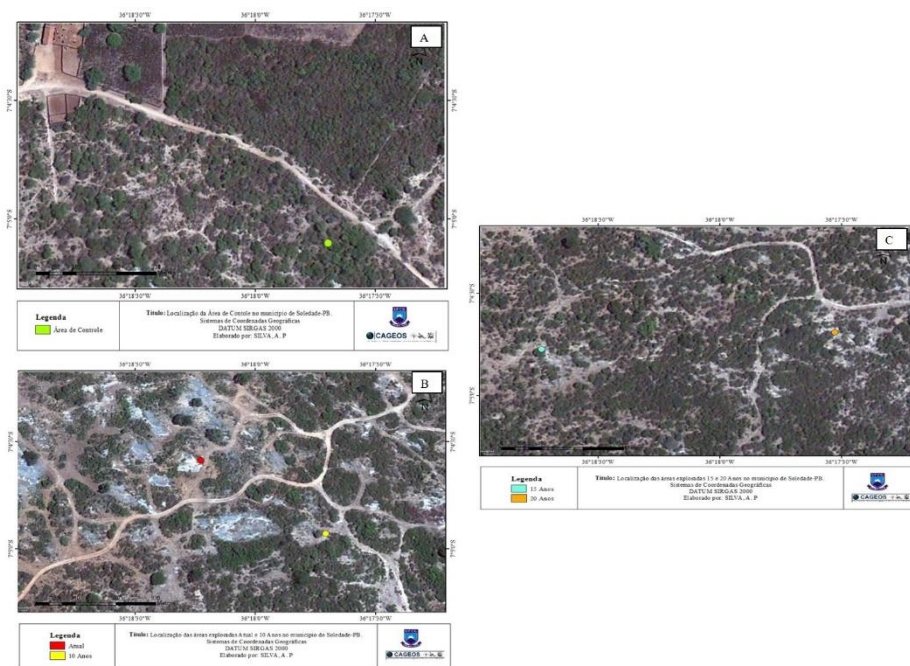
Na pedologia da área predominam os solos Vertissolos, Luvisolos, assim como Neossolos Litólicos eutróficos, pouco desenvolvidos, rasos ou muito rasos e afloramentos de rochas do Complexo Granitóide (Gnaisses e Granitos são os mais comuns), na forma de grandes “lajedos” ou blocos desagregados (CPRM, 2005; EMBRAPA, 2006).

A área de estudo encontra-se inserida nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, na sub-bacia do rio Taperoá. Os cursos d'água apresentam regime de escoamento intermitente e padrão de drenagem dendrítico (CPRM, 2005). A Caatinga é a vegetação predominante na área, segundo Romariz (1996) esta é caracterizada por domínio xeromórfico intertropical, e é classificada como uma formação complexa.

Levantamento Florístico

Para a realização do levantamento florístico, foram selecionadas quatro áreas de exploração mineral, com cobertura herbácea em diferentes estádios sucessionais e outra, denominada área de controle, apresentando um bosque de fitofisionomia arbóreo-arbustiva. Para cada área selecionada foram abertas cinco (5) parcelas, totalizando 25. Das quais, a área controle (Figura 2A) foi caracterizada por possuir uma vegetação com fitofisionomia arbóreo- arbustiva e herbáceas anuais. As demais áreas apresentaram exploração mineral, contudo as de 20,15 (Figura 2B) e 10 anos foram abandonadas, restando à atual, que se mantém em processo de extração do granito-gnáissico ativa (Figura 2C).

Figura 2. A: Feições da Área Controle, B: Área de 20 e 15 anos e C: Área de 10 anos e Atual de exploração mineral, no município de Soledade-Paraíba.



Nessas áreas foi realizada a coleta de todos os indivíduos do estrato herbáceo, dentro de cada parcela de 10mx20m durante a estação chuvosa nos meses de junho e julho/2017. Além disso, foram contabilizados todos os indivíduos por espécie, além de verificadas frequência e dominância.

Para a análise da frequência e dominância, foi usado o método de hierarquização das espécies. Do qual, para cada área foi obtida o valor de importância, calculado mediante os valores relativos de dominância de indivíduos por espécie ($m^2 ha^{-1}$) e frequência (percentagem de unidade amostral, que ocorreu na espécie), considerando as 25 parcelas classificadas (ARAÚJO et al., 2010).

Foram coletadas amostras das herbáceas e subarbustivas, ramos férteis contendo flores e ou frutos, registradas na área visando à elaboração do inventário florístico.

Os espécimes foram prensados e colocados para secagem na estufa de circulação de ar a 50° C, por um período de 24 a 48 horas no Laboratório de Botânica, Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), *Campus I*. Todo o material coletado foi herborizado de acordo com as técnicas empregadas em estudos taxonômicos, descritas por Mori et al. (1989). Para a elaboração da lista florística adotou-se o APG (*Angiosperm Phylogeny Group*) IV (2016). As amostras foram incorporadas ao acervo do Herbário Manuel de Arruda Câmara (ACAM), Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), *Campus I*, e ao Herbário Lauro Pires Xavier (UFPB). Os indivíduos foram identificados por especialistas: José Iranildo Miranda de Melo, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB); Rubens Teixeira de Queiroz e Maria do Céu R. Pessoa, ambos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), *Campus I*. Também foram feitas consultas aos herbários virtuais e outras bases digitalizadas: Tropicos – Angiosperm Phylogeny Website (Missouri Botanical Garden), Herbário Virtual da Flora e dos Fungos (Reflora) e *Specieslink*.

Análise de Agrupamento-AA

A análise de agrupamento (AA) estabelece uma metodologia numérica multivariada, com o intuito de indicar uma estrutura classificatória, ou de reconhecimento da existência de grupos, que objetiva dividir o conjunto de observações em um número de grupos homogêneos (VICINI, 2005).

Nesse estudo, o método estatístico utilizado para a análise de agrupamento foi a medida de dissimilaridade à distância Euclidiana, pelo método de ligação simples, que se verificou o vizinho mais próximo. Este método é a medida de distância mais utilizada para a análise de agrupamento, que foi usada para verificar frequência e dominância entre as espécies, calculada conforme a seguinte expressão (SOUZA et al., 2012):

$$d_{ab} = \left[\sum_{j=1}^p (X_{aj} - X_{bj})^2 \right]^{1/2}$$

$$p = 1, 2, \dots, j;$$

$$X_{aj} = \text{valor da variável } j \text{ para o indivíduo } a;$$

$$X_{bj} = \text{valor da variável } j \text{ para o indivíduo } b.$$

Outro método utilizado para a obtenção dos resultados foi o método de agrupamento hierárquico de Ward, onde se calculou a frequência e dominância por espécies, e a variância mínima de (espécies x número de indivíduos). De acordo com Seidel et al. (2008) e Pereira et al. (2013), a distância Euclidiana é a medida de distância mais frequentemente empregada, quando todas as variáveis são quantitativas. Tal distância é utilizada para calcular medidas específicas, assim como a distância Euclidiana simples e a distância Euclidiana quadrática ou absoluta, que consiste na soma dos quadrados das diferenças:

$$DE = \sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{lj})^2$$

Onde DE é a distância euclidiana; $x_{i,j}$ é a j -ésima característica do i -ésimo indivíduo; e $x_{l,j}$ é a j -ésima característica do l -ésimo indivíduo; quanto mais próximo de zero for DE , mais similares são as espécies comparadas.

Análise Fatorial - Análise de Componentes Principais

Análise de Componentes Principais é uma das técnicas mais utilizadas para a obtenção dos fatores, pois este método não exige suposições sobre a distribuição das variáveis originais. Esta técnica depende apenas da matriz de covariância (Σ) ou da matriz de correlação (ρ) das variáveis originais X_1, X_2, \dots, X_p [2]. Este método foi usado para agrupar as espécies por áreas/amostras, analisando a distribuição quanto à frequência e dominância destas.

Análise de Componentes Principais faz a seguinte aproximação: Os componentes principais são “ p ” combinações lineares de $X = [X_1, \dots, X_p]$ obtidos a partir da matriz de covariância Σ das p variáveis originais.

- $Y_1 = a_1 | X = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p$
- $Y_2 = a_2 | X = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \dots$
- $Y_p = a_p | X = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p$

Como os componentes principais são combinações lineares de X, verifica-se, que $\text{Var}(Y_i) = \text{Var}(a_i | X) = a_i^2 \sum_{j=1}^p X_j^2$ e, ainda $\text{Cov}(Y_i, Y_j) = \text{Cov}(a_i | X, a_j | X) = a_i a_j \sum_{k=1}^p X_k^2$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram contabilizados 3.196 indivíduos distribuídos entre 40 espécies e 21 famílias de angiospermas (Tabela 1). Destas, 19 espécies foram frequentes em todas as áreas. Analisando a diversidade das áreas de controle e com maior tempo abandonadas, verificou-se que 28 estão associadas às áreas de degradação recente (atual e de 10 anos), 25 espécies foram registradas na área com histórico de 15 anos de extração, 21 ocorreram na de 20 anos, e na área controle foram encontradas 20 espécies, área em que foi também registrado o menor número de representantes herbáceas (Tabela 1).

As famílias que apresentaram maior abundância foram: Euphorbiaceae (676 indivíduos) e Rubiaceae (469 indivíduos); e as com maior riqueza de espécies foram: Convolvulaceae, com 7 espécies, e Fabaceae, com 6, o que também foi constatado em estudos desenvolvidos por Santana et al. (2006) e Sabino et al. (2016).

Tabela 1. Composição florística da sucessão ecológica de espécies herbáceas registradas em área de exploração mineral no município de Soledade-Paraíba.

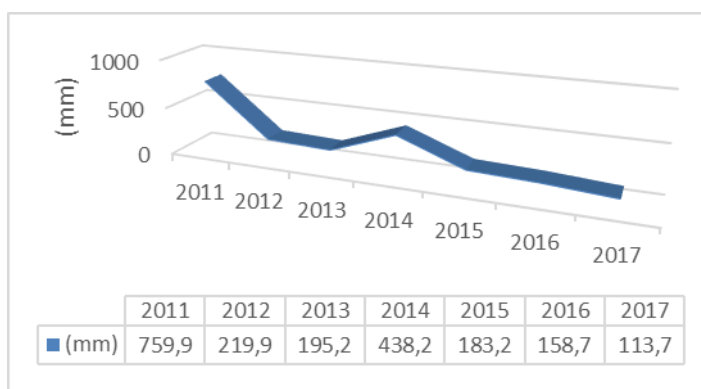
Famílias	Espécie(s)	Contr.	20 anos	15 anos	10 anos	Atual
Asteraceae	<i>Centratherum punctatum</i> Cass.	21	24	27	31	38
	<i>Conocliniopsis prasiifolia</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	0	0	0	14	11
Boraginaceae	<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	31	29	21	21	33
Convolvulaceae	<i>Distimake egyptius</i> (L.) A.R. Simões & Staples	0	0	13	8	5
	<i>Evolvulus glomeratus</i> Nees & C. Mart.	12	15	20	24	10
	<i>Ipomoea longeramosa</i> Choisy	0	0	0	11	14
	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	0	0	0	0	5
	<i>Ipomoea procurrens</i> Meisn.	4	3	3	2	0
	<i>Jacquemontia tamnifolia</i> (L.) Griseb.	0	0	0	2	0
	<i>Turbina cordata</i> L.	0	0	12	17	0
Cleomaceae	<i>Hemiscola aculeata</i> (L.) Raf.	0	0	9	14	11
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	21	24	30	33	39

Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus urens</i> (L.) Arthur	78	211	66	89	91
	<i>Jathropa ribifolia</i> (Pohl) Baill.	25	20	20	17	18
	<i>Tragia volubilis</i> L.	9	11	17	0	4
	<i>Canavalia brasiliensis</i> Mart. ex Benth.	0	0	0	0	4
	<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	7	9	14	11	0
	<i>Macroptilium martii</i> (Benth.) Maréchal & Baudet	17	20	15	26	22
	<i>Senna martiana</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	2	6	4	0	0
	<i>Senna rizzinii</i> H.S. Irwin & Barneby	0	0	0	0	4
Fabaceae	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) var. <i>angustifolium</i> Amshoff	0	0	0	0	5
Iridaceae	<i>Alophia drummondii</i> (Graham) R.C. Foster	0	0	0	4	0
	<i>Cipura paludosa</i> Aubl.	0	0	0	9	7
Loasaceae	<i>Aosa rupestris</i> (Gardner) Weigend	0	5	7	30	35
	<i>Mentzelia aspera</i> L.	33	41	34	26	16
Malvaceae	<i>Gaya domingensis</i> Urb.	40	44	39	36	31
	<i>Melochia tomentosa</i> L.	19	14	31	26	23
	<i>Sida cordifolia</i> L.	27	23	24	31	19
Oxalidaceae	<i>Oxalis debilis</i> Kunth	20	13	15	11	18
Portulacaceae	<i>Portulaca elatior</i> Mart. ex Rohrb.	9	16	11	12	12
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i> L.	0	0	0	27	25
Polygalaceae	<i>Polygala</i> sp.	0	0	0	10	14
Plumbaginaceae	<i>Plumbago scandens</i> L.	0	0	0	0	5
Rubiaceae	<i>Mitracarpus baturitensis</i> Sucre	37	41	60	52	49
	<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schltdl.) Steud.	32	43	49	51	48
	<i>Staelia mitracarpus</i> Zucc.	0	0	0	0	7
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	0	0	2	8	5
	<i>Solanum nigrum</i> L.	0	0	0	10	13
Talinaceae	<i>Talinum fruticosum</i> (L.) Juss.	0	0	0	11	9
Turneraceae	<i>Turnera subulata</i> Sm.	26	21	25	37	31
Verbenaceae	<i>Lippia grata</i> Schauer	0	0	18	24	22
TOTAL		470	634	586	740	759

A diversidade de uma comunidade está diretamente relacionada à sua riqueza, ou seja, ao número de espécies de uma comunidade com a abundância representada pela distribuição do número de indivíduos por espécie (SIZENANDO-FILHO, 2007).

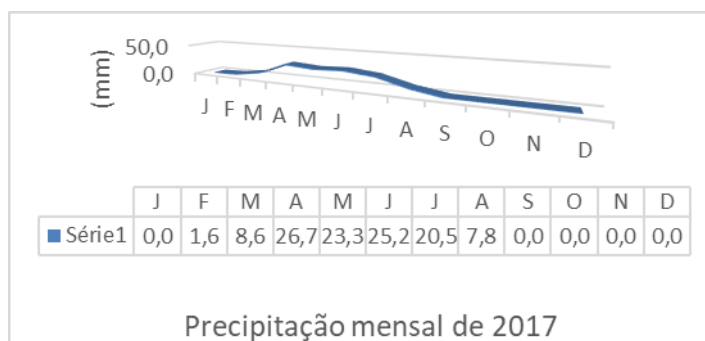
A diversidade está relacionada diretamente com o clima, principalmente, com a distribuição pluviométrica do local. O município de Soledade, Paraíba, apresentou nos anos de 2011 a 2017, um declínio de precipitação, devido à variabilidade climática, que aponta a existência de oscilações dos ENOS, sobre o Nordeste, que determina variações de baixa frequência (longo prazo), denominada Oscilação Decenal do Pacífico-ODP (DINIZ, 2013) (Figura 03). Contudo, as espécies herbáceas se evidenciam no período chuvoso e conseqüentemente, para a área esta periodicidade reflete na emergência de plântulas e diversidade florística.

Figura 3. Distribuição pluviométrica entre os anos de 2011 a 2017, referente variabilidade climática, de oscilações dos ENOS, registradas em área de exploração mineral Soledade-Paraíba.



De acordo com os dados da plataforma da Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA (2017) o município registrou um total de 113,7mm de precipitação, no ano de 2017. Os meses com maior precipitação foi de abril a junho, com média trimestral de 25 mm, que resultou no aparecimento das herbáceas e terófitas, registradas nas áreas amostradas nesse estudo. Segundo Souza et al. (2015) nas áreas de 10 anos e atual, também foi registrada a maior distribuição destas espécies.

Figura 4. Precipitação mensal de 2017, registradas em área de exploração mineral Soledade-Paraíba.



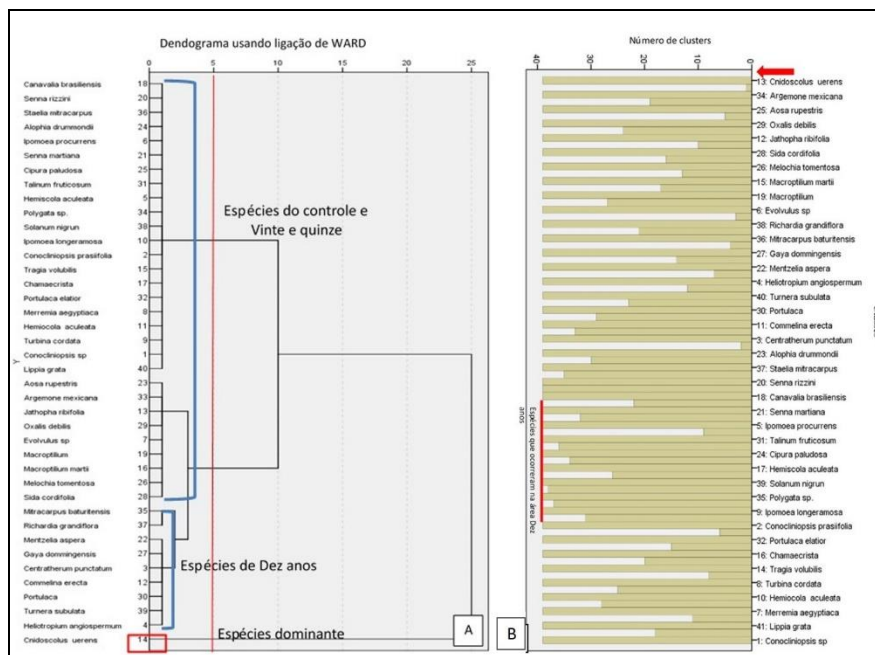
Analisando os métodos de Agrupamento Hierárquico de Ward, que avalia Espécie x N° de Indivíduos, ou seja, a Frequência e Dominância por área e o método da variância mínima da Distância

Euclidiana, vizinho mais próximo, foi possível constatar, que a espécie *C. urens* apresentou maior dominância, devido estar presente em todas as áreas. No entanto, esta espécie possui características adaptativas e fisiológicas que asseguram sua maior resistência. Esta espécie oferece recursos florais, sendo polinizada por abelhas e grupos de beija-flores, apresentando-se auto compatível, já que houve a formação de frutos a partir dos testes de geitonogamia (ARAÚJO et al., 2010).

Esta espécie possui alta defesa, em nível de toxicidade, coma existência de tricomas urticantes, em quase todas as suas partes vegetativas e florais, os quais provocam fortes dores localizadas e urticárias. *C. urens* ocorreu durante todo o ano, e apresentou picos de floração na estação chuvosa, entre abril a julho. Os estudos feitos por Melo & Sales (2008) e Paula et al. (2016), verificaram que esta espécie apresentou formação do fruto, poucos dias após a senescência floral, e dispersão das sementes é por barocoria (via peso da gravidade).

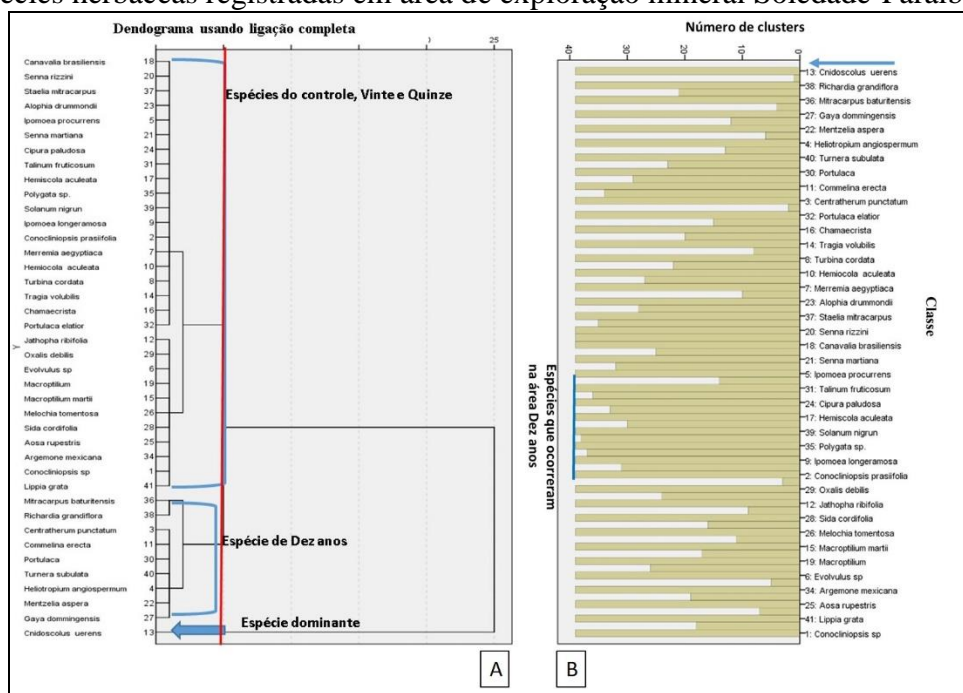
As Figuras 6 A e B correspondem ao dendrograma obtido pelo método de agrupamento de Ward, considerando como variável os valores referentes à densidade por espécie em cada área estudada. Na escala vertical estão as espécies próximas por número de indivíduos, agrupadas por níveis de similaridade. Este primeiro grupo registrou a formação das espécies das áreas de 20 e 15 anos com o controle, constatando-se que nestas localidades apresentaram uma maior regeneração, com a menor diversidade de espécies sucessionais.

Figura 6: A e B: Dendrograma do agrupamento obtido pelo método de WARD, com dados padronizados de variância mínima para analisar Espécie x N° de Indivíduos-Frequência e Dominância, de espécies herbáceas registradas em área de exploração mineral Soledade- Paraíba.



Na escala horizontal do dendrograma, evidencia-se o valor da Distância Euclidiana ao quadrado. Esta escala representa cada partição do agrupamento, o que corresponde ao valor numérico da espécie, frequência e dominância. Através da análise da Distância Euclidiana, foi possível verificar que o mesmo corroborou com o Método de Ward em que a hierarquização das espécies dentro das áreas amostradas, comprovou que as variações da frequência e dominância de espécies ocorrem em elevada similaridade florística entre os grupos. Foram formados dois grupos, as espécies similares das áreas de 20,15 e o controle, e as das áreas de 10 anos e atual exploração, que apresentaram maior diversidade (Figura 7 A e B).

Figura 7 A e B: Dendrograma do agrupamento obtido pela da Distância Euclidiana, Método de Ligação Simples - Vizinho Mais Próximo, que analisa Espécie x N° de Indivíduos-Frequência e Dominância, de espécies herbáceas registradas em área de exploração mineral Soledade-Paraíba.



Desse modo, evidencia-se o afastamento destas áreas, as mais degradadas. Contudo, as mesmas registraram maior diversidade no período chuvoso provavelmente pelo fato de que no período de estiagem tais espécies se encontram em processo de latência, onde apenas a base radicular sobrevive. Segundo Souza et al. (2015), isto significa que no bioma Caatinga, o grau de regeneração torna-se mais lento devido às condições edafoclimáticas e à variabilidade climática. Nesse contexto, Almeida et al. (2015), ao realizarem a análise de agrupamento em florestas estacionais, verificaram que a menor frequência e dominância de espécies sucessionais no ambiente indica um processo de sucessão intermediário ou que promove nos ecossistemas naturais a “estabilidade”.

A partir da análise multivariada dos componentes principais observou-se, que foi analisada a riqueza de espécies por área amostral. Neste agrupamento, verificou-se que apenas um componente correspondeu a 68,5% ou mais da variância das variáveis (Tabela 2), com *Cnidocolus urens* apresentando maior dominância.

Tabela 2. Estimativa dos autovalores associados aos componentes principais e sua variância percentual e acumulada das espécies herbáceas registradas em área de exploração mineral Soledade-Paraíba.

Variância total Explicada

Componente	Autovalor inicial			Soma ao quadrado da extração		
	Total	% de variância	% Cumulativo	Total	% de variância	% Cumulativo
1	3,427	68,544	68,544	3,427	68,544	68,544
2	,930	18,609	87,152			
3	,450	9,006	96,158			

4	,159	3,184	99,342		
5	,033	,658	100,000		

Ao analisar a matriz de correlação entre as áreas de controle com as 20 e 15 anos, verificou-se que estas estiveram próximas entre si, com um coeficiente de correlação de 0,08 (Tabela 3). Cruz et al. (2011) relataram que o ideal é que os dois primeiros componentes principais concentrem a maior quantidade de variância dos dados, para que haja divergência, e isto foi registrado na área de controle, 20 e 15 anos, onde as espécies estiveram mais similares enquanto que a área de 10 anos obteve menor variância, provavelmente por estar mais distante das demais e possuir uma menor diversidade. Vale ressaltar, que além da distância entre as áreas exploradas pela mineração, o tempo de abandono favorece a distribuição de propágulos e, conseqüentemente, a diversidade de espécies.

Tabela 3. Estimativa do coeficiente de determinação, por variância acumulada das espécies herbáceas registradas em área de exploração mineral Soledade-Paraíba.

Matriz de Correlação

		Controle	Vinte	Quinze	Dez	Atual
Correlação	Controle	1,000	,965	,851	,232	,645
	Vinte	,965	1,000	,862	,268	,635
	Quinze	,851	,862	1,000	,159	,688
	Dez	,232	,268	,159	1,000	,279
	Atual	,645	,635	,688	,279	1,000
Sig. (Ponto baixo)	Controle		,000	,000	,086	,000
	Vinte	,000		,000	,057	,000
	Quinze	,000	,000		,177	,000
	Dez	,086	,057	,177		,050

	Atual	,000	,000	,000	,050
Determinante					
=,008					

Considerando-se o processo de sucessão ecológica por área amostrada, verifica-se que (Figura 8), na obtida através do Teste de Bartlett, o KMO foi de 0,78 (Tabela 4) configurando expressiva similaridade. O processo de sucessão das áreas similares ao controle apresentou maior semelhança. Isto vem corroborar as análises de Agrupamento de Ward e Distância Euclidiana, tendo em vista que as espécies herbáceas foram substituídas pelo estrato arbustivo enquanto que as áreas de 10 anos e de atual exploração não tiveram tempo para a substituição da vegetação; provavelmente porque as características edafoclimáticas não possibilitarem estas condições. Nesse sentido, Rodal et al. (2008) observaram que os estratos arbustivo e arbóreo apresentam ciclo de vida mais longo enquanto as herbáceas detêm ciclos mais curtos, dependentes do período chuvoso.

Figura 8: Agrupamentos das variáveis dos componentes principais, da distribuição das espécies herbáceas registradas em área de exploração mineral Soledade-Paraíba.

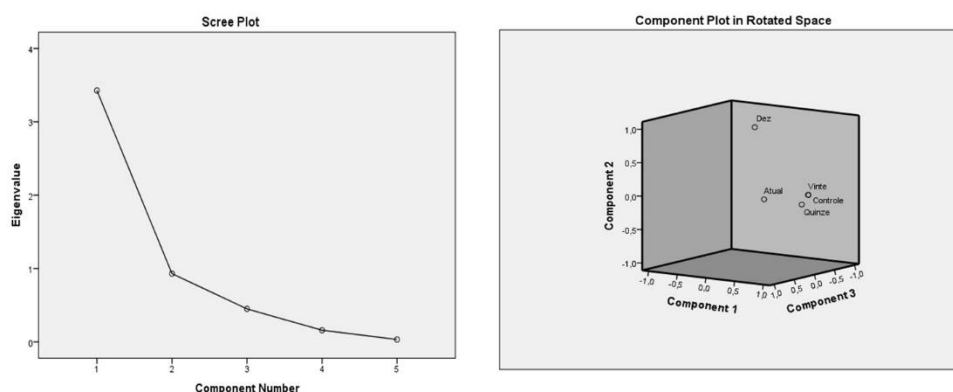


Tabela 4. Resultados dos autovetores e das variâncias acumulada das espécies herbáceas registradas em área de exploração mineral Soledade-Paraíba.

KMO e Teste de Bartlett		
		783
Aprox. ao quadrado		65,650
Teste de esfericidade df.		0
	Sig.	000

Cu		
umulativo		
	Ini	E
	cial	xtração
Controle	1,0 00	, 901
Vinte	1,0 00	, 909
Quinze	1,0 00	, 850
Dez	1,0 00	, 122
Atual	1,0 00	, 645

Método de Extração: Análise dos Componentes Principais

Durante o processo sucessional em áreas abertas, as herbáceas são as primeiras a se situarem no local, pois crescem rapidamente em condições de grande luminosidade. Estas espécies fornecerão condições para o desenvolvimento das plantas pioneiras tardias ou secundárias, no caso os arbustos. Assim, a área será

acrescida de biomassa e matéria orgânica, conseqüentemente mais nutriente para o solo, além de sombra, já que as espécies secundárias e de clímax, não aceitam muita luminosidade (QUEIROZ, 2014; SABINO et al., 2016).

No caso da Caatinga, que é um bioma que evoluiu em ambiente semiárido, com frequentes pulsos de estacionalidade, devido às variabilidades climáticas, coexiste a multiplicação sexuada e assexuada na maioria das espécies. Estas podem se regenerar por brotação e ou por sementes. Devido os parâmetros do “status” sucessional, a longevidade é que define o padrão de regeneração natural entre as espécies. Esta determinação dos componentes essenciais do ciclo de vida do organismo classifica a forma de adaptação adequada das espécies em grupos ecológicos, em especial as herbáceas, apresentam habitat propício da emergência, floração e frutificação apenas no período chuvoso. Contudo, cada espécie torna-se vulnerável às variações do ambiente, devido às novas perturbações e as variabilidades climáticas.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através do levantamento florístico constataram que as áreas de 10 anos e a de exploração mineral atual apresentaram maior riqueza e diversidade enquanto nas demais, 20 e 15 anos, foram registrados os menores números. Tal aspecto está relacionado à atividade econômica, praticada de forma impactante, ocasionando a redução da diversidade.

Da elevada dominância do *Cnidocolus urens*, presente em todas as áreas amostradas nesse estudo, constatou-se que a espécie é invasora podendo alterar as características naturais do ambiente, além de diminuir as populações naturais e acelerar a redução da biodiversidade. Também é oportuno destacar, que a mesma se adaptou ao ambiente de forma a competir com outras espécies.

No entanto, o processo de sucessão das áreas similares à área controle, alcançou maior semelhança. Isto vem corroborar as análises de Agrupamento de Ward e da Distância Euclidiana, onde as espécies herbáceas foram substituídas pelo estrato arbustivo. Já as áreas de 10 anos e de atual exploração mineral não tiveram tempo para a substituição da vegetação; provavelmente devido às características edafoclimáticas. Desse modo, vale ainda ressaltar que o estrato arbóreo-arbustivo apresenta ciclo de vida mais duradouro enquanto as herbáceas, um ciclo curto, sendo dependentes do período chuvoso.

Nesse contexto, foi possível perceber quão são escassos os estudos relacionados à composição florística de herbácea da Caatinga e ainda em se tratando de estudos em áreas de degradação por mineração. Desse modo é de grande importância a intensificação de trabalhos dessa natureza, visando, sobremaneira, a obtenção de estratégias de manejo e de preservação dos ambientes associados ao bioma Caatinga.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M.; ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; ROVEDDER, A. P.; SCCOTI, M. S. V.; AVILA, M. d’; AIMI, S. C.; TONETTO, T. S. Análise de agrupamentos em remanescente de Floresta Estacional Decidual. *Ciência Florestal*, v. 25, n. 3, jul.-set., 2015.

APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. (2016). **Botanical Journal of the Linnean Society**, p. 20. 2016.

ARAUJO, M. M.; CHAMI, L.; LONGHI, S. J.; AVILA, A. L.; BRENA, D. A. Análise de agrupamento em remanescente de floresta ombrófila mista. **Revista Ciência Florestal**. v. 20. n.1. Santa Maria: 2010, p. 1-18. <Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/534/53413093001/>> Acesso em: 21 de out 2017.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. BELTRÃO, B. A.; MORAIS, F.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA-JUNIOR, L. C.; MENDES, V. A. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Paraíba. **Diagnóstico do Município de Soledade. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Recife: CPRM, 2005 p. 10<Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16425/Rel_Soledade.pdf?sequence=1> Acesso em 18 de out de 2017.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011, 620p.

DINIZ, J. M. T. Variabilidade da precipitação e do número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba. **Revista HOLOS**. Ano 29, Vol 03. 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/1291-4738-1-PB.pdf>> Acesso em 18 de dezembro de 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de pesquisas de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. ed. 2. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p. <Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>> Acesso em: 21 de out. de 2017.

FREIRE, N.; MOURA, D. C.; SILVA, J. B.; MOURA, A. S. S.; MELO, J. I. M. MEIO AMBIENTE NO BRASIL O Sistema Nacional de Unidades de Conservação–SNUC: origem, evolução, abrangência e distribuição espacial. **Relatório Parcial da Pesquisa mapeamento e análise espectral-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no Bioma Caatinga**. 1ª. edv.2. Recife-PE: FUNDAJ, 2015, 120 p. <Disponível em: http://www.fundaj.gov.br/images/stories/cieg/atlas_caatinga/cap1_introducao_caatinga_fundaj.pdf.> Acesso em 05 de out. de 2017.

HOLANDA, A. C.; LIMA, F. T. D.; SILVA, B. M.; DOURADO, R. G.; ALVES, A. R. Estrutura da vegetação em remanescentes de caatinga com diferentes históricos de perturbação em Cajazeirinhas (PB). **Revista Caatinga**. v. 28, n. 4. Mossoró, 2015 p. 142 – 150. < Disponível em:http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252015000400142> Acesso em 21 de out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Cidades**. Brasília, 2010. <Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil>>Acesso em: 18 de out de 2017.

JATOBÁ, L.; LINS, R. C. **Introdução à Geomorfologia**. 5ª ed. Recife: Bagaço, 2008. p. 244.

MARQUES, A. L., SILVA, J. B., MOURA, D.C., SILVA, D. G. **Caracterização Morfoestrutural e Morfoescultural do Cariri Paraibano**. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.11, n.27, set./dez. de 2017.

MATTOS, I. C.; ARTUR, A. C.; NOGUEIRA-NETO, J. A. Caracterização petrográfica e tecnológica de granitos ornamentais do *stock* granítico Serra do Barriga, Sobral –CE. **Geociências**. V. 32. N. 2. São Paulo: UNESP, 2013 p. 247-268. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/pdf/geosp/v32n2/v32n2a04.pdf>. Acesso em 20 de out de 2017.

MELO, A. L. de.; SALES, M. F. de. O gênero *Cnidoscopus* Pohl (Crotonoideae-Euphorbiaceae) no Estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 22. n. 3. 2008, p.806-827. < Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abb/v22n3/v22n3a17.pdf>> Acesso em 10 de nov de 2017.

MORI, S. A.; SILVA, L. A. M.; CORADIN, L. **Manual de Manejo do Herbário Fanerogâmico**. 2o ed. Ilhéus: CEPLAC. 1989. 104p.

OLIVEIRA, D. G.; PRATA, A. P.; FERREIRA, R. Herbáceas da Caatinga: composição florística, fitossociologia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.8, n.4. Recife: UFRPE, 2013 p.623-633. <Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/1190/119029239017/>> Acesso em 30 de setembro de 2017.

PAULA, A. C.; MELO, K. M.; SILVA, A. M.; FERREIRA, D. A.; MONTE, F. J. Q.; SANTIAGO, G. M. P.; LEMOS, T. L. G.; BRAZ-FILHO, R.; MILIRÃO, G. C. G.; SILVA, P. B. N. da.; SILVA, T. G. Constituintes químicos e atividades citotóxica de *Cnidoscopus phyllacanthus*. **Revista Virtual de Química**. v. 8. n. 1. 2016, p. 231 – 241. <Disponível em: <http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v8n1a16.pdf>> Acesso em 10 de nov de 2017.

QUEIROZ, C. A. C. Caracterização da vegetação ciliar em rios temporários em uma região do Semiárido da Bahia, Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Feira de Santana-Bahia, 2014 <Disponível em: <http://tede2.uefs.br:8080/bitstream/tede/82/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20-%20CARLOS%20ANDRE%20CIRQUEIRA%20QUEIROZ.pdf>> Acesso em: 05 de Nov de 2017.

RODAL, M. J. N.; COSTA, C. C.; SILVA, A. C. B. L. e S. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Revista Hoehnea**. v. 35. n. 2. 2008, p. 209-217. < Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hoehnea/v35n2/v35n2a04.pdf>> Acesso em 20 de out2017.

ROMARIZ, D. de A. Aspectos da vegetação do Brasil. 2. ed. São Paulo: Ed. da Autora/Liv. Biociências, 1996.

SABINO, F. G. S.; CUNHA, M. C. L.; SANTANA, G. M. Estrutura da Vegetação em Dois Fragmentos de Caatinga Antropizada na Paraíba. **Revista Floresta e Ambiente**. v. 23. n. 4. UFRRJ: 2016 487-497 p < Disponível em: <http://www.floram.org/files/v23n4/floramAO20150173.pdf>> Acesso em: 21 de Out. de 2017.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e Estrutura Fitossociológica da Caatinga na estação ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**. vol.6. n. 2. Campina Grande: UEPB, 2006. <Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/500/50060215.pdf>. >Acesso em 30 de Setembro de 2017.

SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G. N.; SANTOS, W. S.; RAMOS, G. G.; VASCONCELOS, G. S.; VASCONCELO, A. D. M. Análise florística-fitosociológica e potencial madeireiro em área de caatinga submetida a manejo florestal. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 13, n. 3, 2017. <Disponível em:<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/882>> Acesso em 20 de out. de 2017.

SEIDEL, E. J.; MOREIRA-JUNIOR, F. J.; ANSUJ, A. P.; NOAL, M. R. C. Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. **Revista Ciência e Natureza**. UFSM v. 30, n. 1. UFSM, 2008 p. 7- 15<Disponível em: <http://www2.assis.unesp.br/ffrei/Artigos/Compara%C3%A7%C3%A3o%20entre%20o%20m%C3%A9todo%20Ward%20e%20o%20m%C3%A9todo%20Km%C3%A9dias%20no%20agrupamento%20de%20produtores%20de%20leite.pdf>> Acesso em 24 de Out. 2017.

SIZENANDO-FILHO, F. A.; MARACAJÁ, P. B.; DINIZ-FILHO, E. T.; FREITAS, R. A. C. de. Estudo florístico e fitossociológico da flora herbácea do município de Messias Targino, RN/PB. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.7. n. 2. 2007. <Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/500/50007211.pdf>> Acesso em: 28 de out de 2017.

SOUZA, A.; FERNANDES, W. A.; ALBREZ, E. A. Análise de agrupamento da precipitação e da temperatura no Mato Grosso do Sul. **Revista ACTA Geográfica**. v.6, n.12. Boa Vista, 2012. p.109-124<Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/782>> Acesso em 24 de out. 2017.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V.; Caatinga e desertificação. **Revista Mercator**. v. 14, n. 1. UFCE: Fortaleza, 2015. p.131-150< Disponível em:<http://www.scielo.br/pdf/mercator/v14n1/1984-2201-mercator-14-01-0131.pdf>> Acesso em 21 de out. de 2017.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. (Monografia). Santa Maria-RS: UFSM, CCNE, 2005 215 p.<Disponível em: <http://w3.ufsm.br/adriano/livro/Caderno%20dedatico%20multivariada%20-%20LIVRO%20FINAL%201.pdf>> Acesso em 24 de out de 2017.

VIEIRA, L. A. F. **Dinâmica da Comunidade Herbácea em uma área de caatinga no Cariri Paraibano**. (Monografia). Recife, 2014 p. 41<Disponível em:<http://www.ccen.ufpb.br/cccb/contents/monografias/2014.2/dinamica-da-comunidade-herbacea-em-uma-area-de-caatinga.pdf>> Acesso em 24 de out de 2017.