

REABILITAÇÃO FLORESTAL DE DUNAS LITORÂNEAS PÓS - MINERAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO

RAVI CAJÚ DURÉ^{1*}, MARIA REGINA DE VASCONCELLOS BARBOSA², PEDRO DA COSTA GADELHA-NETO³, ITAMAR BARBOSA LIMA⁴, JOSÉ ROBERTO LIMA⁴

¹Discente do Programa de Pós Graduação em Educação (UFPB), Universidade Federal da Paraíba - Campus I.

²Docente do Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba – Campus I.

³Laboratório de Ecologia e Reprodução Vegetal, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba – Campus II.

⁴Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba – Campus I.

* autor para correspondência: ravidure@gmail.com

Recebido em 11 de outubro de 2017. Aceito em 01 de março de 2018. Publicado em 06 de abril de 2018.

Resumo - A reabilitação da vegetação pós-mineração em dunas no norte da Paraíba foi avaliada através de um estudo comparativo do estrato arbóreo de duas dunas revegetadas há 24 (D1) e 20 anos (D2), e duas dunas naturais próximas à lavra (controle), em Mataraca. Em cada duna foram instaladas oito parcelas de 50 x 6 m, e nestas os indivíduos com DAP \geq 5 cm foram identificados e medidos. Foram calculados os parâmetros de densidade e dominância para cada espécie, e para as áreas os índices de diversidade de Shannon, equabilidade de Pielou e similaridade de Sørensen. A riqueza nas dunas em recuperação corresponde a cerca de 37% da observada nas áreas naturais. D1 apresenta riqueza e diversidade superiores à D2, porém, equabilidade semelhante. D1 e D2 apresentam altura média inferior a verificada nas áreas naturais, entretanto o diâmetro médio em D1 foi superior. D1 apresenta valores superiores a D2 em todos os parâmetros analisados. Os resultados mostram que as duas dunas revegetadas estão em diferentes estágios de reabilitação. D1 apresenta incremento de novas espécies e a redução gradativa na quantidade de exóticas, sem necessidade de novas intervenções. D2 necessita de enriquecimento e tratos culturais para avançar no processo de reabilitação.

PALAVRAS-CHAVE: ECOLOGIA DA RESTAURAÇÃO; FITOSSOCIOLOGIA; RECUPERAÇÃO FLORESTAL; RESTINGA.

FOREST REHABILITATION OF POST - MINING COASTAL DUNES IN THE BRAZILIAN NORTHEAST

ABSTRACT - To measure the restoration of post-mining vegetation in coastal areas in northern Paraíba, we compared the adult tree community in restored dunes 24 (Dune 1) and 20 (Dune 2) years after mining as well as two natural forested dunes near the mining plot (controls) in the municipality of Mataraca. We established 8 plots of 50x6m, randomly distributed on each dune and in these plots all individuals with DBH \geq 5 cm were identified and measured. We calculated the parameters of frequency, density, and dominance for each tree species. We also calculated the Shannon diversity index, evenness index, and Sorensen similarity. Compared to natural areas, the species richness of mined dunes was 37%. D1 had higher richness and diversity than D2 but equal equability. Both had mean height lower than that of the natural areas, but the mean diameter of D1 was greater. D1 had values greater than those of D2 in all parameters analyzed. The results show that the two reforested dunes are in different stages of recovery. D1 has an increasing number of new species and a gradual reduction of exotics, with no need of new intervention. D2, however, requires species enrichment and agriculture treatment to improve its recovery.

KEYWORDS: RESTORATION ECOLOGY; PHYTOSOCIOLOGY; FOREST RECOVERY; RESTINGA.

REHABILITACIÓN FORESTAL DE DUNAS COSTERAS POSMINERACIÓN EN EL NORDESTE BRASILEÑO

RESUMEN - La rehabilitación de la vegetación posmineración en dunas en el norte de Paraíba, fue evaluada a través de un estudio comparativo del estrato arbóreo de dos dunas reforestadas hace 24 (D1) y 20 años (D2), y dos dunas naturales cercanas al área de minería (control), en Mataraca. En cada duna se instalaron 8 parcelas de 50x6m, donde los árboles con $DAP \geq 5$ cm fueron identificados y medidos. Se calcularon los parámetros de densidad y dominancia para cada especie, además de los índices de diversidad de Shannon, ecuabilidad de Pielou y similitud de Sørensen. La riqueza en las dunas en recuperación corresponde a cerca del 37% de la observada en las áreas naturales. D1 presenta riqueza y diversidad superiores a D2, sin embargo, ecuabilidad semejante. D1 y D2 presentan una altura media inferior a la observada en las áreas naturales, mientras que el diámetro medio en D1 fue superior. D1 presenta valores superiores a D2 en todos los parámetros analizados. Los resultados muestran que las dos dunas reforestadas están en diferentes etapas de rehabilitación. D1 presenta incremento de nuevas especies y la reducción gradual en la cantidad de exóticas, sin necesidad de nuevas intervenciones. D2 necesita enriquecimiento y tratos culturales para avanzar en el proceso de rehabilitación.

PALABRAS CLAVE: *ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN; FITOSOCIOLOGÍA; RECUPERACIÓN FORESTAL; RESTINGA.*

INTRODUÇÃO

A mineração de superfície é considerada um dos principais fatores de degradação ambiental, devido às grandes modificações que provoca na estrutura física, química e biológica dos ecossistemas que impacta (Silva 1993; Cunha et. al. 2003). Apesar disso, a exploração mineral é um importante setor da economia brasileira, gerando anualmente cerca de 210 mil empregos diretos e 2,7 milhões de empregos indiretos, correspondendo a cerca de 5% do PIB nacional (IBRAM 2015). Fazer com que o setor mineral brasileiro consiga continuar a explorar os recursos naturais sem comprometer os ecossistemas que utiliza é um desafio que exige o desenvolvimento de bons programas de recuperação e a reabilitação das áreas de lavra. A longo prazo, devem ser metas principais para o fechamento de minas de superfície, a criação de paisagens estáveis, funcionalmente integradas ao ecossistema das áreas circunvizinhas, e o retorno das terras degradadas a algum uso produtivo (Toy et al. 2001).

Desde 1983, são explorados no litoral norte do estado da Paraíba os minerais titaníferos Ilmenita, Rutilo, Zirconita e Cianita, utilizados na fabricação de pigmentos, eletrodos de solda e cerâmica, respectivamente. Essa exploração gera a transformação de dunas naturais, recobertas por uma floresta de restinga, em dunas de rejeito, formadas pela reposição da areia lavada pelo processo industrial. Devido às sucessivas lavagens pelas quais passa o sedimento durante o processo de mineração, torna-se inviável que ocorra ao longo do tempo a regeneração natural da vegetação nas dunas pós-lavra, exigindo-se assim a aplicação de técnicas para a reabilitação das mesmas (Carvalho e Oliveira-Filho 1993; Cunha et al. 2003).

Dunas costeiras são ecossistemas sensíveis, devido à deficiência natural de nutrientes no solo, ao baixo teor de matéria orgânica, à ampla variação de umidade e temperatura, às constantes mudanças no nível do mar, aos altos níveis de salinidade no solo, à complexa dinâmica geológica e aos impactos causados pelos fortes ventos (Santos et al. 2000; Lomba et al. 2008).

Historicamente, os programas de reabilitação florestal em dunas costeiras pós-mineração de superfície têm se baseado no plantio de espécies de rápido crescimento. O propósito principal é restabelecer rapidamente a cobertura vegetal das áreas impactadas, a fim de reduzir a erosão eólica no solo descoberto e sem húmus, e reiniciar os ciclos ecológicos que enriquecem e possibilitam a recolonização da área (Lubke e Avis 1998). O processo de reabilitação utilizado no litoral norte da Paraíba foi modificado ao longo do tempo, passando do

plantio, quase que exclusivo, de mudas de espécies exóticas para mudas de espécies nativas em sua maioria; do enriquecimento do solo à base de bagaço de cana, esterco de gado e turfa, para a adição do solo original das matas exploradas, estocado na fase pré-lavra.

Uma forma de avaliar o desempenho da reabilitação é a análise comparativa entre a área em processo de recuperação e áreas controle dentro do mesmo ecossistema, próximas umas das outras (Miranda-Neto et al. 2012). Segundo Martins et al. (2012) essa comparação pode ser feita através de indicadores como estrutura da vegetação, composição florística, funcionamento do ecossistema e qualidade dos serviços ecossistêmicos, possibilitando avaliar se está ou não havendo a superação das fases iniciais da sucessão ecológica e/ou a eventual necessidade de alguma intervenção na área. Martins et al. (2012) ainda ressaltam que as metas e objetivos na reabilitação florestal, devem estar de acordo com a diversidade e a estrutura natural do tipo de ecossistema que se pretende reabilitar.

Assim, o objetivo geral deste estudo foi avaliar o processo de reabilitação em dunas localizadas no litoral norte da Paraíba, através da comparação entre os indicadores florísticos e estruturais destas e aqueles apresentados por dunas naturais próximas à área de mineração.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

A área estudada se localiza no município de Mataraca, litoral norte do estado da Paraíba, com coordenadas aproximadas de 6°29'39"S e 34°58'40"W (Figura 1). O clima na região é tropical chuvoso, com uma curta estação seca (tipo Am de Köppen); temperatura média anual de 25,3°C, com médias mensais oscilando de 23,6°C no mês de julho a 26,5°C em fevereiro; precipitação média anual de 1736 mm, com quatro meses, de outubro a fevereiro, com déficit hídrico (Rolim et al. 1998). A mineração ocorre sobre paleodunas litorâneas, recobertas por uma floresta de restinga.

O estudo foi conduzido em quatro unidades amostrais; duas dunas em reabilitação, Duna 1 e Duna 2, e duas dunas com vegetação natural, chamadas de Reserva Legal e Restinga Nativa (Figura 1), caracterizadas a seguir:

Duna 1 (D1) - Teve sua reabilitação iniciada em 1988. Possui cerca de 20 ha de área total e se situa a 1350 m de distância do mar, com outras dunas à frente, o que reduz o impacto direto dos ventos litorâneos sobre ela. Passou por variados tratamentos pré-plantio, tais como; irrigação, cobertura com bagaço-de-cana associada à adubação nitrogenada com 50 kg de uréia por hectare, e cobertura com solo de mata. Contudo, Cunha et al. (2003) apontam que os diferentes tratamentos não resultaram em grandes variações de espécies dentro da duna.

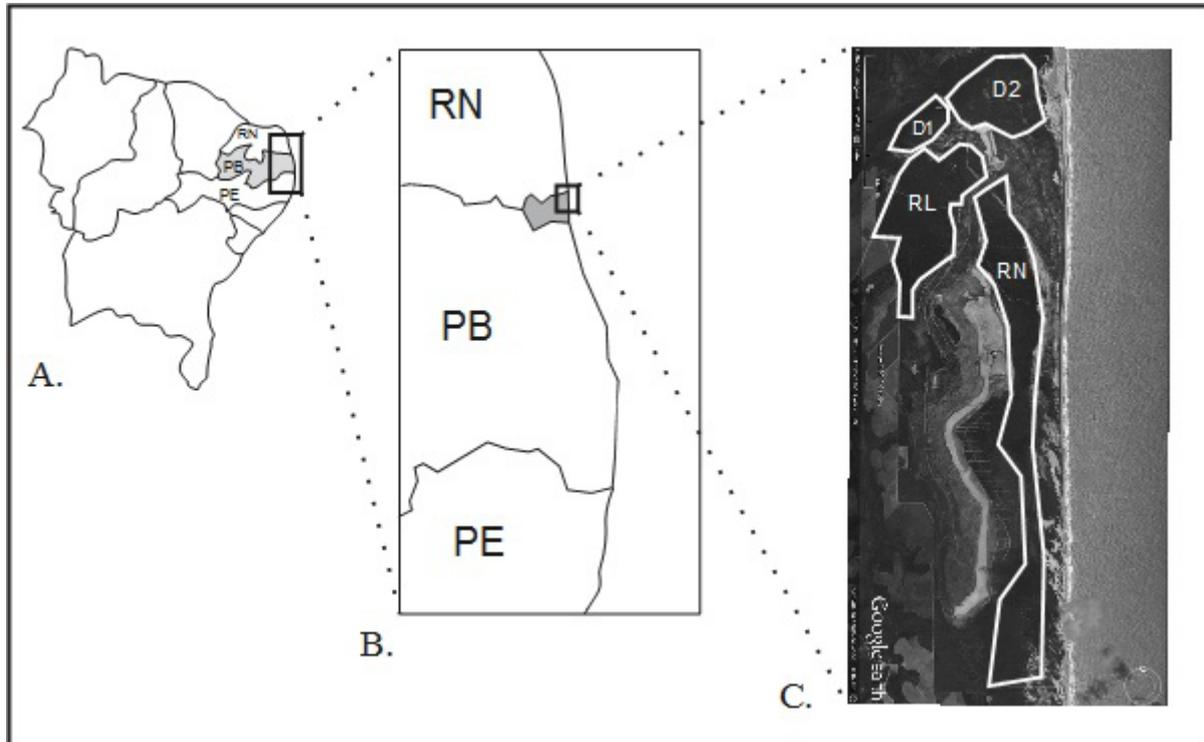
Duna 2 (D2) - Teve seu replantio iniciado em 1992. Possui cerca 40 ha de área e está situada na face voltada para o mar, ficando a 480 m de distância do mesmo. Nesta duna, como tratamento pré-plantio, utilizou-se apenas a cobertura com solo do próprio local previamente estocado.

Reserva Legal (RL) - Compreende cerca de 70 ha, naturalmente cobertos por floresta de restinga a uma distância de cerca de 1200 metros do mar. Apresenta trechos aparentemente bem preservados, embora já tenha sofrido corte seletivo. Corresponde à parte da área de Reserva Legal da mineradora.

Restinga Nativa (RN) – Corresponde a uma área com cerca de 120 ha de floresta de restinga nativa, sobre

a encosta marítima e sobre o topo da duna de face frontal para o mar (com cerca de 350 m de distância para o oceano). Embora aparentemente bem preservada, também já sofreu corte seletivo.

Figura 1 - Mapa de localização e detalhes da área de estudo. A = Região Nordeste do Brasil com o estado da Paraíba destacado; B = Litoral do estado da Paraíba com destaque para o Município de Mataraca; C = Área da Mineradora, com as 4 unidades amostrais delimitadas, onde D1 = Duna 1, D2 = Duna 2, RL = Reserva Legal e RN = Restinga Nativa.



O processo de reabilitação das dunas consistiu em: plantio de mudas de espécies arbóreas selecionadas; implementação de quebra-ventos físicos e biológicos; irrigação com aspersores; enriquecimento do solo com bagaço de cana, esterco de gado e turfa; e adição de 40 cm do solo das matas exploradas, estocado antes do início da lavra. Além disso, em ambas as dunas, D1 e D2, foram plantados propágulos de espécies herbáceas comuns na área como, *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br.), *Canavalia rosea* (Sw.) DC., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Paspalum maritimum* Trin., e *Brachiaria* sp. (Carvalho e Oliveira-Filho 1993; Cunha et al. 2003).

De acordo com Cunha et al. (2003), e com o relato de funcionários da mineradora, na revegetação das dunas D1 e D2, foram plantadas 27 espécies arbóreas (entre nativas e exóticas), sem nenhum padrão de espaçamento ou de quantidade de indivíduos. As espécies nativas plantadas foram: Imbaúba (*Cecropia* sp.), Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), Ipê-rosa (*Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith), Angélica (*Guetarda platypoda* DC.), Cupiúba (*Tapirira guianensis* Aubl.), Juazeiro (*Ziziphus platyphylla* Reissek), Imbiridiba (*Buchenavia tetraphylla* (Aubl.) R.A.Howard), Pau-ferro (*Chamaecrista ensiformes* (Vell.) H.S.Irwin & Barneby), Jenipapo-bravo (*Tocoyena sellowiana* (Cham. & Schltdl.) K.Schum.), Sucupira (*Bondichia virgilioides* Kunth.), Murici-da-praia (*Byrsonima gardneriana* A. Juss.), Mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Sena (*Senna* sp.), Jitaí (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.), Guabiraba (*Campomanesia dichotoma* (O.Berg) Mattos), Maçaranduba (*Manilkara salzmannii* (A.DC.) H.J.Lam), Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), Ingá Tripa (*Inga* sp.), Camboim (*Myrciaria floribunda* (H.West ex Willd.) O.Berg), Pau-Santo (*Zollernia ilicifolia* (Brongn.) Vogel), Amescla (*Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand), Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Standl.) e Cajarana-da-praia (*Simaba ferruginea* A.St.-Hil.). As exóticas plantadas foram: Angico (*Anadenanthera*

colubrina (Vell.) Brenan), Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), Amorosa (*Piptadenia stipulaceae* (Benth.) Ducke) e Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), todas Leguminosas nativas da caatinga.

Tratos culturais, como coroamento, remoção de cipós, e poda das espécies da caatinga, plantadas como pioneiras iniciais, foram conduzidos até que os indivíduos das espécies nativas atingissem um porte que lhes permitissem superar a competição com as exóticas.

Coleta dos dados

Para coleta de dados do estrato arbóreo adulto foram distribuídas, ao acaso, oito parcelas de 50 x 6 m em cada uma das unidades amostrais. Nestas parcelas todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) \geq 5 cm tiveram medidos seu diâmetro e altura total. Cada árvore foi identificada com um número de referência (para um eventual retorno) e coletada para identificação botânica.

Na análise do estrato arbóreo regenerativo, demarcou-se uma subparcela de 3x3 m na porção central de cada uma das 32 parcelas descritas acima. Nessas, todos os indivíduos arbóreos com até 1 m de altura foram identificados e computados.

Os dados de campo foram coletados durante os meses de janeiro e fevereiro de 2012. As espécies foram identificadas através de comparações com material depositado no Herbário Lauro Pires Xavier (JPB) e/ou com o auxílio de especialistas, no Laboratório de Taxonomia de Angiospermas (TAXON), no campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Análise dos dados

Para o estrato arbóreo adulto foram calculados os parâmetros fitossociológicos de densidade e dominância, segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974). Para estimar a diversidade das áreas foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H') e equabilidade de Pielou (J') (Brower et al. 1997), e para a comparação entre áreas utilizou-se o índice de Similaridade de Sørensen (S) (Zar 1996). Para o estrato arbóreo regenerativo foram calculadas a frequência e densidade relativa de cada espécie.

Os parâmetros de riqueza (S) e diversidade (H' e J) foram comparados através de uma reamostragem de bootstrap e permutação (com 1000 interações) (Legendre e Legendre 2012). Os cálculos foram realizados com o uso do programa estatístico PAST 1.8 (Hammer et al. 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dunas em reabilitação apresentaram um total de 468 indivíduos (235 na D1 e 233 na D2) distribuídos entre 27 espécies (23 na D1 e 14 na D2). As áreas naturais apresentaram 901 indivíduos (438 na Reserva Legal e 463 na Restinga Nativa) e 73 espécies (58 na RL e 55 na RN) (Tabela 1).

Na RL e na RN, oito e nove espécies, respectivamente, apresentaram dominância relativa acima de 4%, (Tabela 1). Contudo, apenas três espécies de maior dominância relativa na RL estão presentes nas dunas em reabilitação, *Chamaecrista ensiformis* (D1), *Protium heptaphyllum* (D2) e *Simaba ferruginea* (D2), assim como outras três da RN, *Campomanesia dichotoma* (D1), *Guetarda platypoda* (D1 e D2), e *Manilkara salzmannii* (D1). Entretanto,

de todas estas espécies, apenas *C. ensiformis*, na D1, está entre as três espécies de maior dominância nas dunas revegetadas.

Nas dunas em reabilitação, uma única espécie, *Anacardium occidentale*, supera 74% da dominância relativa na D2 e atinge cerca de 40% na D1 (Tabela 1). Esta mesma espécie alcança aproximadamente 50% da densidade relativa na D1 e 57% na D2. A diferença entre D1 e D2 pode ser parcialmente atribuída à localização de D2 na face da duna voltada para o mar, recebendo diretamente o impacto da erosão eólica e um maior efeito da salinidade, que podem favorecer o desenvolvimento do Cajueiro, bem como ao plantio inicial de uma maior quantidade de indivíduos dessa espécie na D2.

Ewel (1990) e Lubke e Avis (1998) ressaltam que, na reabilitação de dunas costeiras, o plantio de mudas e sementes deve obedecer um padrão quantitativo de espécies que se assemelhe aos ecossistemas naturais. Esta técnica visa impedir que uma espécie se desenvolva de forma descontrolada e limite o desenvolvimento de outras, como parece estar acontecendo no caso do cajueiro nas áreas da D1 e D2.

Mimosa caesalpinjifolia, espécie exótica na região, embora em menor escala que o cajueiro, é também um problema no estrato arbóreo adulto da Duna 2. Apesar de práticas de erradicação adotadas pela Mineradora nos primeiros anos pós plantio, sua densidade relativa nesta duna está entre as mais altas observadas (ca. de 8%) dentre as demais espécies presentes (Tabela 1).

No estrato adulto, as áreas naturais (RL e RN) apresentaram valores de riqueza, diversidade e equabilidade semelhantes entre si ($P > 0,05$), e maiores que aqueles das duas dunas em reabilitação ($P < 0,05$). A Duna 1, por sua vez, apresentou riqueza e diversidade superiores à Duna 2 ($P < 0,05$) e equabilidade semelhante ($P > 0,05$) (Tabela 2). Essa diferença pode ser atribuída à localização da D2 na face da duna voltada ao mar, recebendo diretamente o impacto da erosão eólica e a maior salinidade do solo, e também ao menor tempo de reabilitação desta. Além disso, a alta ocorrência de espécies exóticas no estrato arbóreo adulto indica que no plantio inicial da área foi utilizada uma maior quantidade de espécies exóticas na Duna 2 em comparação à quantidade utilizada na Duna 1, o que segundo Moro et al. (2012), tende a prejudicar o desenvolvimento das espécies nativas, pois algumas exóticas de alta tolerância a perturbações (como é o caso da *Mimosa caesalpinjifolia* e da *Piptadenia stipulaceae*) passam a dominar o nicho ecológico da área devido a um melhor ajuste às condições edáficas do ecossistema.

Comparando o diâmetro médio das dunas em reabilitação com as áreas naturais foi possível perceber uma proximidade nos dados da Duna 2 (10,9 cm), e um diâmetro superior nas árvores da Duna 1 (18,9 cm). De acordo com Maciel et al. (2003) tais características são atribuídas à uma floresta em etapa sucessional primária, onde as primeiras árvores estabelecidas se desenvolvem mediante uma grande oferta de luminosidade e espaço para um maior desenvolvimento de sua estrutura. Tal característica representa a fase sucecional em que as árvores das dunas em reabilitação se encontram. A tendência é que com o tempo, o desenvolvimento das árvores secundárias, e introdução de novas espécies de crescimento secundário, esse diâmetro médio das áreas seja gradativamente reduzido, aproximando-se dos parâmetros das dunas naturais.

O índice de similaridade de Sørensen, calculado para o estrato adulto, mostrou alta semelhança entre a Restinga Nativa e a Reserva Legal (73,3%) e entre a Duna 1 e a Duna 2 (57,8%). A D1 foi a área em reabilitação mais próxima às naturais (D1 31,5% com RN e 34,5% com RL; D2 23,1% com RN e 27,3% com RL).

Tabela 1 - Espécies arbóreas adultas amostradas nas áreas em reabilitação e nas áreas nativas, em Mataraca, PB, e seus parâmetros fitossociológicos. Em que: D1 = Duna 1; D2 = Duna 2; RL = Reserva Legal; RN = Restinga Nativa. As espécies com “*” são as exóticas. A as árvores estão listadas em ordem alfabética.

Espécies	Número de Indivíduos				Frequência Relativa (%)				Densidade Relativa (%)				Dominância Relativa (%)			
	D1	D2	RL	RN	D1	D2	RL	RN	D1	D2	RL	RN	D1	D2	RL	RN
<i>Abarema cochliacarpus</i> (Gomes) Barneby & J.W.Grimes	-	-	20	-	-	-	2,6	-	-	-	4,6	-	-	-	7,8	-
<i>Abarema filamentosa</i> (Benth.) Pittier	-	-	-	5	-	-	-	1,4	-	-	-	1,2	-	-	-	1,8
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	-	-	2	-	-	-	0,9	-	-	-	0,5	-	-	-	1,0	-
<i>Anacardium occidentale</i> L.	117	132	1	3	13,3	18,2	0,9	0,7	49,6	56,7	0,2	0,6	40,3	74,1	0,02	0,8
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan *	5	-	-	-	3,3	-	-	-	2,1	-	-	-	1,74	-	-	-
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	7	-	8	-	5,0	-	1,8	-	3,0	-	1,8	-	0,89	-	0,90	-
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	-	-	2	3	-	-	1,8	0,7	-	-	0,5	0,6	-	-	0,33	1,6
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	-	-	2	1	-	-	0,9	0,7	-	-	0,5	0,2	-	-	0,61	0,2
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R.A.Howard	2	5	4	2	3,3	6,8	1,8	1,4	0,9	2,2	0,9	0,4	0,46	0,69	1,28	1,4
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	-	-	-	1	-	-	-	0,7	-	-	-	0,2	-	-	-	0,01
<i>Byrsonima gardnerana</i> A.Juss.	-	-	4	4	-	-	1,8	2,1	-	-	0,9	0,9	-	-	0,23	0,8
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	-	-	6	1	-	-	3,5	0,7	-	-	1,4	0,2	-	-	0,56	0,1
<i>Calypttranthes brasiliensis</i> Spreng.	-	-	40	5	-	-	3,5	1,4	-	-	9,1	1,2	-	-	2,15	0,2
<i>Campomanesia dichotoma</i> (O.Berg) Mattos	6	-	1	4	5,0	-	0,9	0,7	2,6	-	0,2	0,9	0,53	-	0,07	4,4
<i>Cecropia</i> sp.	6	-	1	4	3,3	-	0,9	0,7	2,6	-	0,2	0,9	0,98	-	0,09	0,8
<i>Chaetocarpus myrsinites</i> Baill.	-	-	1	21	-	-	0,9	4,3	-	-	0,2	4,5	-	-	0,05	4,0
<i>Chamaecrista ensiformis</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	3	-	32	17	3,3	-	3,5	4,3	1,3	-	7,3	3,8	22	-	13,7	2,3
<i>Clusia paralicola</i> G.Mariz	-	-	2	1	-	-	0,9	0,7	-	-	0,5	0,2	-	-	0,57	0,2
<i>Coccoloba alnifolia</i> Casar.	-	-	-	5	-	-	-	1,4	-	-	-	1,1	-	-	-	0,5
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	-	-	12	2	-	-	2,6	1,4	-	-	2,7	0,4	-	-	0,69	0,2
<i>Cordia myrciifolia</i> (K.Schum.) C.H.Perss. & Delprete	-	-	-	1	-	-	-	0,7	-	-	-	0,2	-	-	-	0,01
<i>Cupania impressinervis</i> Acev.-Rodr.	-	-	1	10	-	-	0,9	1,4	-	-	0,2	2,2	-	-	0,08	1,3

<i>Duguetia moricandiana</i> Mart.	-	-	3	2	-	-	1,8	1,4	-	-	0,7	0,4	-	-	0,11	1,3
<i>Enterolobium timbouva</i> Mart.	1	-	-	-	1,7	-	-	-	0,4	-	-	-	1,79	-	-	-
<i>Erythroxylum passerinum</i> Mart.	-	-	3	14	-	-	1,8	3,6	-	-	0,7	3,0	-	-	0,06	1,3
<i>Erythroxylum</i> sp.	-	-	-	5	-	-	-	1,4	-	-	-	1,2	-	-	-	0,2
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	-	-	18	-	-	-	1,8	-	-	-	4,1	-	-	-	8,41	-
<i>Eugenia azuruensis</i> O.Berg	-	-	1	2	-	-	0,9	1,4	-	-	0,2	0,4	-	-	0,05	0,6
<i>Eugenia candolleana</i> DC.	-	-	2	8	-	-	1,8	3,6	-	-	0,5	1,7	-	-	0,06	0,9
<i>Eugenia glandulosa</i> Cambess.	-	-	1	1	-	-	0,9	0,7	-	-	0,2	0,2	-	-	0,03	2,8
<i>Eugenia umbelliflora</i> O.Berg	-	-	6	4	-	-	3,5	1,4	-	-	1,4	0,9	-	-	13,8	2,4
<i>Eugenia</i> sp.1	-	-	-	19	-	-	-	1,4	-	-	-	4,1	-	-	-	2,3
<i>Eugenia</i> sp.2	-	-	-	19	-	-	-	0,7	-	-	-	4,1	-	-	-	2,3
<i>Eugenia</i> sp.3	-	-	-	1	-	-	-	0,7	-	-	-	0,2	-	-	-	0,2
<i>Garcinia</i> sp.	-	-	1	-	-	-	0,9	-	-	-	0,2	-	-	-	0,05	-
<i>Guapira</i> sp.	-	-	5	-	-	-	2,6	-	-	-	1,1	-	-	-	0,66	-
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	6	6	1	-	5,0	6,8	0,9	-	2,6	2,6	0,2	-	0,67	0,65	0,05	-
<i>Guettarda platypoda</i> DC.	26	2	4	26	13,3	4,5	2,6	4,3	11,1	0,9	0,9	5,6	5,77	0,92	2,07	4,2
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	1	-	-	-	1,7	-	-	-	0,4	-	-	-	0,02	-	-	-
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Standl.	1	-	1	1	1,7	-	0,9	0,7	0,4	-	0,2	0,2	0,24	-	0,05	0,4
<i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc.	-	-	3	4	-	-	0,9	0,7	-	-	0,7	0,9	-	-	1,05	0,1
<i>Hymenaea rubriflora</i> Ducke	-	-	-	2	-	-	-	1,4	-	-	-	0,4	-	-	-	0,4
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	2	-	-	1	3,3	-	-	0,7	0,9	-	-	0,2	0,12	-	-	0,1
<i>Hymenolobium</i> cf. <i>alagoanum</i> Ducke	-	-	1	-	-	-	0,9	-	-	-	0,2	-	-	-	0,23	-
<i>Inga</i> sp.	1	-	1	3	1,7	-	0,9	0,7	0,4	-	0,2	0,6	0,14	-	0,18	2,0
<i>Lecythis</i> sp.	-	-	1	-	-	-	0,9	-	-	-	0,2	-	-	-	0,02	-
<i>Licania octandra</i> Kuntze	-	-	1	-	-	-	0,9	-	-	-	0,2	-	-	-	0,05	-
<i>Licania littoralis</i> Warm.	-	-	5	-	-	-	0,9	-	-	-	1,1	-	-	-	0,23	-

<i>Luebea ochrophylla</i> Mart.	-	-	13	-	-	-	0,9	-	-	-	3,0	-	-	-	1,31	-
<i>Manilkara salzmannii</i> (A.DC.) H.J.Lam	6	-	6	7	5,0	-	2,6	3,6	2,6	-	1,4	1,6	0,15	-	1,55	4,6
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	-	-	-	1	-	-	-	0,7	-	-	-	0,2	-	-	-	0,3
<i>Maytenus erythroxyloides</i> Reissek	-	-	17	28	-	-	2,6	2,9	-	-	3,9	6,0	-	-	0,98	1,9
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.*	4	23	-	-	3,3	11,4	-	-	1,7	9,9	-	-	1,08	7,89	-	-
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.*	2	-	-	-	1,7	-	-	-	0,9	-	-	-	1,11	-	-	-
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	-	-	-	25	-	-	-	5,0	-	-	-	5,4	-	-	-	7,5
<i>Myrcia sylvatica</i> (G.Mey.) DC.	-	-	2	-	-	-	0,9	-	-	-	0,5	-	-	-	0,04	-
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	1	-	6	49	1,7	-	1,8	4,3	0,4	-	1,4	10,6	0,03	-	0,22	2,6
<i>Ocotea duckei</i> Vattimo-Gil	-	-	15	15	-	-	-	4,3	-	-	3,4	3,2	-	-	1,41	10,9
<i>Ocotea gardneri</i> (Meisn.) Mez	-	-	2	1	-	-	0,9	0,7	-	-	0,5	0,2	-	-	0,07	1,7
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	-	-	2	18	-	-	0,9	2,9	-	-	0,5	3,9	-	-	0,15	3,6
<i>Ouratea salicifolia</i> (A.St.-Hil. & Tul.) Engl.	-	-	8	2	-	-	0,9	0,7	-	-	1,8	0,4	-	-	0,21	0,2
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	-	-	1	-	-	-	0,9	-	-	-	0,2	-	-	-	0,16	-
<i>Pilosocereus catiingicola</i> (Gürke) Byles & Rowley	1	1	-	-	1,7	2,3	-	-	0,4	0,4	-	-	8,72	0,15	-	-
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke *	-	10	-	-	-	9,1	-	-	-	4,3	-	-	-	0,76	-	-
<i>Pouteria grandiflora</i> (A.DC.) Baehni	-	-	4	1	-	-	1,8	0,7	-	-	0,9	0,2	-	-	0,69	6,7
<i>Pradosia lactescens</i> (Vell.) Radlk.	-	-	1	15	-	-	0,9	3,6	-	-	0,2	3,2	-	-	0,05	4,2
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	-	1	48	19	-	2,3	4,4	2,9	-	0,4	11,0	4,1	-	0,04	8,67	2,2
<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme	-	-	48	-	-	-	2,6	-	-	-	11,0	-	-	-	15,1	-
<i>Schoepfia brasiliensis</i> A.DC.	-	-	21	19	-	-	5,3	3,6	-	-	4,8	4,1	-	-	1,52	4,1
<i>Simaba ferruginea</i> A.St.-Hil.	-	1	15	5	-	2,3	1,8	1,4	-	0,4	3,4	1,1	-	0,03	5,01	0,9
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	24	27	2	3	10,0	15,9	1,8	0,7	10,2	11,6	0,5	0,6	8,95	7,75	0,05	1,0
<i>Talisia retusa</i> R.S.Cowan	-	-	-	5	-	-	-	1,4	-	-	-	1,1	-	-	-	0,2
<i>Talisia</i> sp.	-	-	6	-	-	-	2,6	-	-	-	1,4	-	-	-	0,54	-
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	5	1	10	-	5,0	2,3	2,6	-	2,1	0,4	2,3	-	3,67	0,57	4,00	-

<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	-	-	2	-	-	-	0,9	-	-	-	0,5	-	-	-	0,45	-
<i>Tocoyena sellowiana</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	5	1	-	-	3,3	2,3	-	-	2,1	0,4	-	-	0,17	0,06	-	-
<i>Vitex rufescens</i> A.Juss.	-	-	1	4	-	-	0,9	1,4	-	-	0,2	0,9	-	-	0,05	0,7
<i>Ximenia americana</i> L.	-	-	-	3	-	-	-	2,1	-	-	-	0,6	-	-	-	0,3
<i>Xylopia laevigata</i> (Mart.) R.E.Fr.	-	-	10	34	-	-	3,5	3,6	-	-	2,3	7,3	-	-	0,36	2,1
<i>Ziziphus platyphylla</i> Reissek	3	22	-	1	3,3	13,6	-	0,7	1,3	9,4	-	0,2	0,35	6,25	-	0,9
<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	-	1	1	6	-	2,3	0,9	2,1	-	0,4	0,2	1,3	-	0,12	0,02	1,1
Σ	235	233	438	463	100											

Tabela 2 - Índices de diversidade, riqueza, altura e diâmetro médio por área. H' = índice de diversidade de Shannon; J = índice de Equabilidade de Pielou (J); Alt. = altura média; Dia. = diâmetro médio; Riqueza = Número de espécies.

Parâmetros / Área	Diversidade (H')	Equabilidade (J)	Riqueza	Alt.	Dia.
Restinga Nativa	3.448	0.8603	55	9,7	16,2
Reserva Legal	3.357	0.8268	58	9,5	11,1
Duna 1	1.991	0.6348	23	8,2	18,9
Duna 2	1.516	0.5745	14	5,2	10,9

No estrato regenerativo das áreas em reabilitação (Tabela 3) foram registrados 133 indivíduos (81 na D1 e 52 na D2), distribuídos em 14 espécies (10 na D1 e oito na D2). Nas áreas naturais foram registrados 265 indivíduos (119 na RL e 146 na RN), distribuídos em 43 espécies (25 na RL e 27 na RN). O total de indivíduos regenerantes nas dunas em reabilitação corresponde a ca. de 50% do total observado nas áreas naturais, entretanto, a riqueza nas dunas D1 e D2 corresponde a cerca de 32% da riqueza das áreas controle (Tabela 3). Estes valores são semelhantes aqueles observados no conjunto do estrato adulto (ca. 52% do número de indivíduos e 37% da riqueza das áreas naturais). Analisando-se cada área separadamente, a regeneração na Duna 1 apresenta riqueza de espécies em relação às áreas naturais (ca. 40%) próxima à observada no estrato adulto (41%). A Duna 2, contudo, apresenta uma riqueza relativa na regeneração (32%) superior à observada no estrato adulto (25%). Isso pode indicar uma perspectiva de melhora na riqueza da D2, a médio e longo prazo. Há que se destacar, porém, a presença na regeneração da D2 de *Mimosa caesalpinifolia* e *Piptadenia stipulacea*, ambas exóticas (Tabela 3).

Tabela 3 - Espécies arbóreas amostradas no estrato regenerativo, em Mataraca, PB, e seus parâmetros fitossociológicos. As espécies estão ordenadas por número decrescente de indivíduos. Em que: D1 = Duna 1; D2 = Duna 2; RL = Reserva Legal; RN = Restinga Nativa

Espécies	Número de indivíduos				Frequência Relativa (%)				Densidade Relativa (%)			
	D1	D2	RL	RN	D1	D2	RL	RN	D1	D2	RL	RN
<i>Anacardium occidentale</i> L.	-	1	-	-	-	6,7	-	-	-	2	-	-
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	7	-	-	-	4,8	-	-	-	8,6	-	-	-
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R.A.Howard	-	-	1	-	-	-	2,5	-	-	-	1,0	-
<i>Byrsonima gardnerana</i> A.Juss.	-	-	-	1	-	-	-	2,1	-	-	-	0,7
<i>Calypttranthes brasiliensis</i> Spreng.	-	-	3	-	-	-	5,0	-	-	-	2,5	-
<i>Campomanesia dichotoma</i> (O.Berg) Mattos	3	-	-	2	9,5	-	-	2,1	3,7	-	-	1,4
<i>Chaetocarpus myrsinites</i> Baill.	-	-	-	1	-	-	-	2,1	-	-	-	0,7
<i>Chamaecrista ensiformis</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	1	-	1	-	4,8	-	2,5	-	1,2	-	0,8	-
<i>Chomelia obtusa</i> Cham. & Schltdl.	-	-	1	-	-	-	2,5	-	-	-	0,8	-
<i>Clusia paralicola</i> G.Mariz	-	-	29	-	-	-	5,0	-	-	-	24,4	-
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	-	-	3	1	-	-	7,5	2,1	-	-	2,5	0,8
<i>Cordia myrciifolia</i> (K.Schum.) C.H.Perss. & Delprete	-	-	-	1	-	-	-	2,1	-	-	-	0,8
<i>Cupania impressinervis</i> Acev.-Rodr.	-	-	7	-	-	-	7,5	-	-	-	5,9	-
<i>Duguetia moricandiana</i> Mart.	-	-	2	1	-	-	5,0	2,1	-	-	1,7	0,8
<i>Erythroxylum passerinum</i> Mart.	3	5	-	17	9,5	6,7	-	10	3,7	9,6	-	11,6
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	-	-	1	-	-	-	2,5	-	-	-	0,8	-
<i>Eugenia candolleana</i> DC.	-	-	4	5	-	-	2,5	4	-	-	3,4	3,4
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	-	-	-	9	-	-	-	5,2	-	-	-	6,1
<i>Eugenia</i> sp. 1	-	-	-	3	-	-	-	4,2	-	-	-	2,0
<i>Eugenia</i> sp. 2	-	-	-	10	-	-	-	5,3	-	-	-	6,8
<i>Eugenia umbelliflora</i> O.Berg	-	-	2	-	-	-	2,5	-	-	-	1,7	-

<i>Guapira</i> sp.	-	-	1	-	-	-	2,5	-	-	-	0,8	-
<i>Guettarda platypoda</i> DC.	-	1	-	-	-	6,7	-	-	-	1,9	-	-
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Standl.	3	-	-	-	9,5	-	-	-	3,7	-	-	-
<i>Hymenaea rubriflora</i> Ducke	-	-	-	2	-	-	-	4,2	-	-	-	1,4
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth.	-	-	-	2	-	-	-	2,1	-	-	-	1,4
<i>Lecythis</i> sp.	-	-	2	1	-	-	2,5	2,1	-	-	1,7	0,8
<i>Licania octandra</i> (Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) Kuntze	-	-	1	-	-	-	2,5	-	-	-	0,8	-
<i>Manilkara salzmannii</i> (A.DC.) H.J.Lam	-	-	-	11	-	-	-	5,3	-	-	-	7,5
<i>Maytenus erythroxylo</i> Reissek	-	-	4	4	-	-	2,5	2,1	-	-	3,4	2,7
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	-	2	-	-	-	6,7	-	-	-	3,8	-	-
<i>Myrcia bergiana</i> O.Berg	-	-	2	-	-	-	2,5	-	-	-	1,7	-
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	-	-	-	4	-	-	-	4,2	-	-	-	2,7
<i>Myrcia siltatica</i> (G.Mey.) DC.	-	-	6	-	-	-	5,0	-	-	-	5,0	-
<i>Myrcia</i> sp.	-	-	-	6	-	-	-	4,2	-	-	-	4,1
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	-	-	-	19	-	-	-	7,3	-	-	-	12,9
<i>Ocotea duckei</i> Vattimo-Gil	-	-	-	2	-	-	-	4,2	-	-	-	1,4
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	-	-	1	3	-	-	2,5	2,1	-	-	0,8	2,0
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	-	-	2	-	-	-	2,5	-	-	-	1,7	-
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	-	20	-	-	-	20,0	-	-	-	38,5	-	-
<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miens ex Benth.	-	-	1	-	-	-	2,5	-	-	-	0,8	-
<i>Pradosia lactescens</i> (Vell.) Radlk.	-	-	-	1	-	-	-	2,1	-	-	-	0,7
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	-	-	5	7	-	-	5,0	4,2	-	-	4,2	4,8
<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme	-	-	11	-	-	-	10,0	-	-	-	9,2	-
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	1	-	-	-	4,8	-	-	-	1,2	-	-	-
<i>Schoepfia brasiliensis</i> A.DC.	-	-	17	27	-	-	7,5	8,3	-	-	14,3	18,4
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	28	10	-	3	14,3	26,6	-	2,1	34,6	19,2	-	2,0
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	25	11	10	-	19,0	13,3	5,0	-	30,9	21,2	8,4	-
<i>Tocoyena sellowiana</i> (Cham. & Schtdl.) K.Schum.	5	2	-	-	14,3	13,3	-	-	6,2	3,8	-	-
<i>Xylopia laevigata</i> (Mart.) R.E.Fr.	-	-	2	2	-	-	2,5	2,1	-	-	1,7	1,4
<i>Ziziphus platyphylla</i> Reissek	5	-	-	-	9,5	-	-	-	6,2	-	-	-
<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	-	-	-	1	-	-	-	2,1	-	-	-	0,7
Σ	81	52	119	146	100							

As espécies mais abundantes no estrato regenerativo da D1 foram *Tabebuia roseoalba* e *Tapirira guianensis* (juntas representaram ca. 65% dos indivíduos), e *Piptadenia stipulacea* e *Tapirira guianensis* da D2 (59% dos indivíduos) (Tabela 3). *Clusia paralicola* e *Schoepfia brasiliensis* foram as mais abundantes na RL (38% do total de indivíduos), e *Schoepfia brasiliensis* e *Myrciaria floribunda* na RN (31% dos indivíduos).

Espécies oriundas da caatinga, que foram plantadas no início do processo de reabilitação, não foram encontradas na regeneração da Duna 1. Contudo, *Piptadenia stipulacea*, apesar das medidas para sua erradicação adotadas pela Mineradora, como a eliminação de árvores adultas e/ou de regenerantes, representou sozinha 38,5% da densidade relativa dos regenerantes na Duna 2 (Tabela 3). Segundo Maia (2004), *Piptadenia stipulacea* é uma espécie pioneira que facilmente ocupa áreas degradadas, sendo tolerante a elevados níveis de perturbação antrópica. Essas características permitem que a mesma possa se expandir nas áreas em reabilitação, dificultando o estabelecimento das espécies nativas plantadas ou provenientes da dispersão de propágulos das áreas naturais. Apesar disso, a ausência dessas espécies exóticas nas áreas naturais mostra que as mesmas, aparentemente, não estão interferindo diretamente nos ecossistemas adjacentes. Contudo, a Mineradora segue desenvolvendo ações para a sua total erradicação das dunas em reabilitação, de uma maneira gradativa, para não comprometer o desenvolvimento das demais espécies.

Apenas um indivíduo de Cajueiro foi encontrado no levantamento da regeneração, e exclusivamente na Duna 2 (Tabela 3). Isso parece confirmar que a grande quantidade de indivíduos de *Anacardium occidentale* presentes no estrato adulto de D1 e D2, deve-se principalmente ao excesso de mudas plantadas no início da reabilitação. Por ser uma espécie arbórea pioneira (Zickel et al. 2007), com o tempo e desenvolvimento das etapas sucessionais seguintes, *Anacardium occidentale* tende a ser gradativamente substituída por espécies arbóreas secundárias.

Dentre as espécies registradas nas dunas em reabilitação, neste levantamento, seja no estrato adulto ou na regeneração, cinco não foram utilizadas no plantio inicial: *Enterolobium timbouva*, *Erythroxylum passerinum*, *Hancornia speciosa*, *Pilosocereus cattingicola* e *Schefflera morototoni*. A ocorrência dessas espécies confirma a dispersão de propágulos das áreas naturais para as áreas em reabilitação. A dispersão é considerada um dos mais importantes mecanismos de desenvolvimento da sucessão ecológica, sendo, portanto, um forte indicador do sucesso nas atividades de reabilitação de ecossistemas (McClanahan e Wolfe 1993; Lubke e Avis 1998; Almeida e Sánchez 2005; Scariot et al. 2014). Vale ressaltar, porém, que neste caso, todas as cinco espécies foram encontradas na D1 e apenas uma, *Pilosocereus cattingicola*, na D2.

De acordo com Zickel et al. (2007), as cinco espécies que dispersaram ocorrem naturalmente nas restingas. Nesta situação, enfrentam consideráveis níveis de dificuldade para seu estabelecimento e desenvolvimento, decorrentes, principalmente, da deficiência de nutrientes, do baixo teor de matéria orgânica e da salinidade no solo, além das injúrias causadas pelos fortes ventos (SANTOS et al., 2000). Assim, sua presença na Duna 1 pode ser considerada um indício de que a mesma está alcançando um patamar de auto-sustentabilidade em desenvolvimento, o que Ewel (1990) e Lubke e Avis (1998) apontam como um dos objetivos centrais da reabilitação de dunas pós-mineração.

CONCLUSÕES

A riqueza e diversidade florística das dunas D1 e D2, após, respectivamente, 24 e 20 anos de reabilitação, ainda estão distantes das verificadas nas dunas nativas a região, demonstrando que este tempo não foi suficiente para a restauração da vegetação pós-lavra nessas dunas litorâneas na Paraíba.

Considerando-se as técnicas e os tratamentos culturais adotados à época do início da reabilitação, este resultado reforça a necessidade de que os plantios iniciais com esta finalidade contenham uma alta diversidade de espécies

nativas.

A confirmação da dispersão de propágulos das áreas nativas para a Duna 1, assim como o seu estabelecimento no local, indicam que nesta duna está ocorrendo um incremento gradativo, auto-sustentável, na riqueza de espécies. Além disso, ausência de indivíduos jovens de *Anacardium occidentale* no estrato regenerativo da D1, aponta que esta espécie pioneira está sendo gradativamente substituída pelas secundárias, favorecendo a reabilitação do ecossistema. Neste caso não se recomenda nenhuma intervenção em relação ao manejo dos indivíduos de *Anacardium occidentale*.

No caso da Duna 2, todos os parâmetros estruturais e florísticos analisados indicam problemas em sua reabilitação. Além disso, a presença de um elevado número de indivíduos de espécies exóticas na sua regeneração, e a ausência quase que total de espécies que não foram plantadas tanto em seu estrato adulto quanto regenerativo, confirmam dificuldades no estabelecimento de novas espécies. Assim, de modo a possibilitar o processo de reabilitação desta duna, recomenda-se o seu enriquecimento com as espécies que apresentaram maior dominância relativa nas áreas controle. Além disso, recomenda-se a continuidade da erradicação e controle de *Piptadenia stipulacea* e *Mimosa caesalpinifolia*, que estão acarretando atrasos na sua recuperação.

AGRADECIMENTOS

À Cristal Mineração do Brasil Ltda., na pessoa de Virgílio Gadelha Pinto (Chefe de Meio Ambiente), pela autorização da pesquisa, receptividade e apoio. Aos funcionários Claudeci Santana da Silva, Rodrigo Alberto da Costa, Manoel Ferreira da Silva e Severino do Ramo dos Santos pelo imprescindível auxílio nos trabalhos de campo. Aos colegas do TAXON da UFPB, pelo auxílio nas coletas e na identificação das espécies. Ao CNPq pela bolsa PIBIC/CNPq/UFPB concedida ao primeiro autor, pela bolsa de produtividade concedida a MRVB. Ao Dr. Wm. Wayt Thomas pela revisão do abstract, e à National Science Foundation (NSF)-USA pelo apoio financeiro (DEB-0946618).

REFERÊNCIAS

- Almeida ROPO, Sánchez LE. 2005. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, 29(1):47-54.
- Brower JE, Zar JH, Ende CN. 1997. **Field and laboratory methods for general ecology**, 4nd ed., Boston, USA: C. Brown Publishers.
- Carvalho DA, Oliveira-Filho AT. 1993. Avaliação da recomposição da cobertura vegetal de dunas de rejeito de mineração, em Mataraca/PB. **Acta Botanica brasílica**, 7(2):107-117.
- Cunha LO, Fontes MAL, Oliveira AD, Oliveira-Filho AT. 2003. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. **Revista Árvore**, 27(4):503-515.
- Ewel JJ. 1990. Restoration is the ultimate test of ecological theory. In: Jordan WR (Ed), **Restoration Ecology**:

a synthetic approach to ecological research, Great Britain: Cambridge University Press, p. 31-34.

Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, 4(1):1-9.

Legendre P, Legendre L. 2012. **Numerical Ecology**. 3rd ed., Amsterdam: Elsevier, 870 p.

IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração. 2015. **Informações sobre a economia mineral brasileira 2015**. Brasília. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005836.pdf>>. Acesso em: 22 de Junho 2017.

Lomba A, Alves P, Honrado J. 2008. Endemic Sand-Dune Vegetation from NorthWest Iberian Peninsula: Diversity, Dynamics and Significance for Bioindication and Monitoring of Coastal Landscapes. **Journal of Coastal Research**, 24(2):113-122.

Lubke RA, Avis AM. 1998. A Review of the Concepts and Application of Rehabilitation Following Heavy Mineral Dune Mining. **Marine Pollution Bulletin**, 37(1):546-557.

Maciel MNM, Watzlawick LF, Schoeninger ER, Yamaji FM. 2003. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, 1(2):69-78.

Maia NG. 2004. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Editora Livro e Arte, 415p.

Martins SV, Miranda-Neto A, Ribeiro TM. 2012. Uma abordagem sobre diversidade e técnicas de restauração ecológica. In: Martins SV (Org.), **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, Viçosa, MG: Editora da UFV, p.17-40.

Mcclanahan TR, Wolfe RW. 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. **Conservation Biology**, 7(2):279-287.

Miranda-Neto A, Martins SV, Silva KA, Gleriani JM. 2012. Florística e estrutura do estrato arbustivo-arbóreo de uma floresta restaurada com 40 anos. **Revista Árvore**, 36(5):869-878.

Moro MF, Souza VC, Oliveira-Filho AT, Queiroz LP, Fraga CN, Rodal MJN, Araújo FS, Martins FR. 2012. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? **Acta Botanica Brasilica**, 26(4):991-999.

Mueller-Dombois D, Ellenberg H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, EUA: John Wiley & Sons, 547 p.

Rolim GS, Sentelhas PC, Barbieri V. 1998. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 6(1):133-137.

Santos M, Rosado SCS, Oliveira-Filho AT, Carvalho D. 2000. Correlação entre variáveis do solo e espécies herbáceo-arbustivas de dunas em revegetação no Litoral Norte da Paraíba. **CERNE**, 6(1):19-29.

- Silva KE. 1993. **Avaliação química e física para a revegetação de um rejeito de mineração de ferro**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, 80 p.
- Scariot EC, Tres DR, Reis A. 2014. Componente arbustivo-arbóreo de matas ciliares em restauração e remanescentes naturais inseridos em matriz silvícola, Rio Negrinho, SC. **Ciência Florestal**, 24(2):401-412.
- Toy TJ, Griffith JJ, Ribeiro CAAS. 2001. Planejamento a longo prazo da revegetação para o fechamento de minas a céu aberto no Brasil. **Revista Árvore**, 25(4):487-499.
- Zar JH. 1996. **Biostatistical Analysis**. 3rd ed., New Jersey, EUA: Prentice Hall International Editions, 944 p.
- Zickel CS, Almeida-Jr EB, Medeiros DPW, Lima PB, Souza TMS, Lima AB. 2007. Magnoliophyta species of restinga, state of Pernambuco, Brazil. **Check List**, 3(3):224-241.