

DIAGNÓSTICO DOS PLANOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR EXTRAÇÃO MINERAL PARA IMPLANTAÇÃO DAS ATIVIDADES PETROLÍFERAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.14.23.VI-019>

Marina Silva Moura (*), Alice de Castro Canela, Ana Valéria de Medeiros, Agassiel de Medeiros Alves, Alfredo Marcelo Grigio

* Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente – IDEMA, naem@idema.rn.gov.br

RESUMO

No estado do Rio Grande do Norte – RN as atividades petrolíferas se desenvolveram muito bem, havendo a necessidade de exploração mineral de jazidas licenciadas para atendimento às demandas de construção civil como estradas, acessos e bases de poços dos empreendimentos de petróleo e gás, principalmente em áreas com vegetação nativa da Caatinga que precisam ser suprimidas. Para tanto, o estudo trouxe como objetivo a apresentação da situação ambiental das jazidas licenciadas de extração mineral de piçarro, saibro e cascalho, associadas às atividades petrolíferas (*onshore*) do estado do RN, baseado na escolha de 06 (seis) jazidas com a análise dos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas - PRADs e seus relatórios de monitoramento, apresentados ao órgão licenciador. Além disso, também foi realizada comparação por imagem de satélite utilizando a ferramenta *Google Earth*, em que a área da jazida em recuperação foi delimitada, para melhor visualização, e comparadas as imagens de 2016 e 2021/2022. Sendo assim, foi evidenciado que a atividade extrativista mesmo sendo vista como negativa aos olhos da sustentabilidade, trouxe um lado positivo através de segurança técnica com análise e aprovação técnica do PRAD, com posterior implantação e monitoramento, aumentando as chances de recomposição vegetal e topográfica darem certo nestas jazidas. Sendo assim, o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas foi identificado como uma importante ferramenta para o planejamento, acompanhamento e efetivação na recuperação de ambientes degradados. No que tange às atividades minerárias, sua previsão encontra-se desde a Constituição, destacando a necessidade de um olhar mais atento a essas áreas.

PALAVRAS-CHAVE: Áreas Degradadas, Plano de Recuperação, Extrativismo Mineral, Atividades Petrolíferas, Licenciamento.

INTRODUÇÃO

Percebe-se que com o passar dos anos, o planeta vem sofrendo com um acelerado crescimento econômico, que busca acima de tudo o consumo dos recursos naturais, sem pensar necessariamente no meio ambiente e no desenvolvimento sustentável.

Foi pensando na questão da utilização dos recursos naturais pelo próprio ser humano que ainda no ano de 1972, a Organização das Nações Unidas - ONU, através da Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, trouxe um primeiro olhar preocupante a respeito das garantias e proteção do meio ambiente com reflexões sobre o uso sustentável dos recursos naturais (UNITED NATIONS, 1972).

Mais tarde em 1987, a Comissão Brundtland amadurecendo o pensamento sustentável, trouxe a ideia de Desenvolvimento Sustentável na publicação do “Nosso Futuro Comum”, trazendo como definição que a as necessidades das futuras gerações seriam supridas de acordo com a forma de que eram utilizados os recursos naturais das gerações presentes (CMMAD, 1988).

No Brasil, a atividade exploratória de bens minerais não é diferente, sendo a sua utilização disponibilizada em larga escala há muitas décadas, para abastecimento do mercado brasileiro, desde a época da colonização. E como expõe Farias (2002), os minerais são essenciais para a vida moderna e atividade de mineração fundamental para o desenvolvimento econômico e social de muitos países.

A mineração está submetida a uma série de regulamentações, onde todos os três níveis do poder estatal possuem efetiva contribuição relacionada à mineração e também ao meio ambiente. A Constituição da República Federativa do Brasil assim estabelece em seu artigo 20, inciso IX que os recursos minerais, inclusive os do subsolo, são bens da União. E que o Estado exercerá, na forma da lei, as funções de fiscalização, incentivo e planejamento (art. 174). Também cria dispositivos voltados para a proteção do meio ambiente, no art. 225, § 2º, dispõe expressamente e especificamente que aquele que explorar recursos minerais ficará obrigado a recuperar o meio ambiente degradado (BRASIL, 1988).

Além disso, o IBAMA (2022) nos diz que a reparação ao dano é uma medida administrativa focada no princípio do poluidor-pagador, devendo este arcar com os custos resultantes da degradação ambiental. Sendo assim, uma maneira de minimizar os impactos ambientais negativos oriundos da exploração mineral é realizado através do licenciamento, que trata do procedimento administrativo pelo qual versa pela viabilidade da atividade a ser executada, autorizando a instalação e operação do empreendimento causadores da degradação ambiental.

No estado do Rio Grande do Norte - RN muitas jazidas minerais foram licenciadas, dentre elas podemos mencionar aquelas popularmente chamadas de “Piçarreiras”, possuindo produto mineral oriundo de rocha sedimentar categorizados no licenciamento como sendo: piçarro, saibro e/ou cascalho, diferenciados pela sua escala granulométrica, por porosidade e permeabilidade.

Podendo estas jazidas minerais servirem para atender às diversas demandas do setor de petróleo e gás, originando áreas que precisam ser recuperadas, como relatam Resende e Chaer (2021). O RN foi contemplado com diversos empreendimentos de exploração de petróleo em terra (*onshore*), havendo a real necessidade de licenciamento para exploração mineral dessas substâncias para atendimento às demandas de construção civil como estradas, acessos e bases de poços destes empreendimentos petrolíferos.

De acordo com dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (2020) em novembro de 2020 havia 8.220 poços na Bacia Potiguar, destes, 95% estão localizados em terra, *onshore*. Estes encontram-se em diferentes situações, muitos, 1.230, já com processo de produção encerrado, aguardando as etapas de recuperação da área (FIERN, 2020).

O estabelecimento das atividades petrolíferas *onshore* e suas jazidas, no RN, se deu predominantemente em áreas com vegetação nativa do bioma Caatinga. Estas áreas foram suprimidas, deixando os solos desnudos e empobrecidos, e exploradas, alterando a topografia local. Por isso, ao término da atividade extrativista há obrigação do empreendedor de recuperar a área. E cabe ao órgão estadual licenciador acompanhar o desenvolvimento dessa recuperação.

É importante frisar a fragilidade ecológica do bioma no qual essas atividades estão inseridas no RN, pois ao mesmo tempo que evidencia a importância da recuperação ambiental dessas áreas, destacam-se os desafios desse processo. O bioma Caatinga ocupa apenas 10% do território nacional, na região semiárida, é marcado pela baixa pluviosidade e alta sazonalidade, com a ocorrência de chuvas concentradas em poucos meses (SAMPAIO, 1995). As ameaças à biodiversidade da Caatinga são inúmeras e somando-se à sua fragilidade temos o aumento da desertificação na região que já atinge 15% (CASTELETTI et al., 2004).

Diante desse cenário, este estudo trará um panorama geral de como estão ocorrendo as recuperações das áreas degradadas das jazidas vinculadas às atividades petrolíferas das substâncias saibro, piçarro e cascalho, a partir da análise dos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD e seus relatórios de monitoramento apresentados ao órgão estadual licenciador.

OBJETIVOS

Apresentar a situação ambiental das jazidas licenciadas de extração mineral de piçarro, saibro e cascalho, associadas às atividades petrolíferas (*onshore*) no Estado do Rio Grande do Norte - RN, baseado na análise dos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas - PRADs e seus relatórios de monitoramento.

METODOLOGIA

Para se atingir o objetivo do estudo, o primeiro passo foi a coleta de informações através de dados secundários direcionados principalmente para Planos de Recuperação de Áreas Degradadas - PRADs. Foram realizadas pesquisas em artigos de revistas científicas, teses, dissertações, legislações e livros para composição do referencial do estudo. Do material selecionado, o Manual para Recuperação de Áreas Degradadas por Extração de Piçarra na Caatinga (RESENDE E CHAER, 2010) foi o principal norteador para o desenvolvimento do estudo.

Em um segundo momento, foi realizada uma busca no banco de dados do órgão licenciador, realizando o levantamento das jazidas licenciadas relacionadas às atividades petrolíferas. Foram definidas e consideradas para desenvolvimento deste estudo um total de 06 (seis) jazidas em processo de recuperação ambiental, contendo características geomorfológicas, climáticas, pedológicas e vegetais semelhantes entre si. Estas jazidas estão localizadas nos municípios de Mossoró (2), Assú (1), Carnaubais (1) e Pendências (2).

De acordo com Almeida (2016), o PRAD deverá ser elaborado através da criação de um roteiro planejado para recuperação de áreas perturbadas ou degradadas, contendo informações e especificações técnicas como forma orientativa para o alcance dos resultados esperados. O PRAD apresentado ao órgão é analisado pelos técnicos do instituto de licenciamento e após sua aprovação deve ser executado. Após o início da implementação da recuperação inicia-se o monitoramento da área, com o envio dos relatórios que detalham as atividades desenvolvidas e o estágio de recuperação da área. Por isso, após definidas as jazidas, foram analisados os seus PRADs seguidos de seus relatórios de monitoramento.

Os pontos observados foram: identificação quanto à recuperação total ou parcial da área; se as áreas ainda apresentam ou estão passando por processo de extração mineral ou se já houve finalização em sua totalidade; identificação das metodologias utilizadas para a recuperação das áreas degradadas; se foi deixado reservatório artificial para dessedentação animal; comparação das espécies plantadas e o sistema de plantio; comparação das áreas recuperadas. No que tange às espécies plantadas foram considerados: nome comum, nome científico, família, quantidade de mudas implantadas e sua riqueza, números de plantios realizados, porte da vegetação e estágio sucessional destas espécies.

Por fim, foi realizada comparação por imagem de satélite utilizando a ferramenta Google Earth. A área da jazida em recuperação foi delimitada, para melhor visualização, e comparadas as imagens de 2016 e 2021/2022. A escolha da imagem de 2016 se deu por ser anterior ao plantio de todas as áreas. E, a imagem mais atual da jazida variou entre 2021 e 2022.

RESULTADOS

Através da análise dos PRADs apresentados observou-se a padronização da metodologia de recuperação, sendo ela: isolamento da área com a implantação de cercas; retirada dos fatores de degradação; aberturas de covas com espaçamento de 3,0 metros entre linhas e 2,0 metros entre os indivíduos plantados; densidade de 1.666 mudas/hectare; intercalação de espécies pioneiras, secundárias ou climax; adubação; e, plantio com utilização de hidrogel. Para o monitoramento: controle de pragas e doenças sempre que necessário, principalmente o combate a formigas; análise do índice de sobrevivência das espécies plantadas; avaliação de indícios de fauna na área.

Isso para cumprir com os seguintes objetivos principais: estabelecimento das áreas degradadas; busca da recomposição da cobertura vegetal nativa; criação de condições para ocorrência da sucessão ecológica secundária; e favorecimento do acúmulo de água na região.

Quando a jazida apresenta áreas mais profundas que tendem a ficar alagadas, não há intervenção com plantio e sim a manutenção desses reservatórios para acúmulo de água que poderão servir para dessedentação de animais. Das 6 jazidas analisadas, apenas uma (Jazida 5) não apresentou área para acúmulo de água. A justificativa apresentada para a manutenção dessas áreas é que a despeito da baixa pluviosidade regional, estes reservatórios servirão para acúmulo de água em épocas de estiagem.

Observa-se no Quadro 1, que a área total das jazidas soma 147,46 hectares, destes, apenas 48,16 hectares foram contemplados nos planos de recuperação. As áreas vêm sendo contempladas com plantios desde 2017, no entanto, algumas passaram por mais plantios do que outras. A riqueza de espécies variou de no mínimo 15 a no máximo 26 espécies. As maiorias das jazidas encontram-se em fase intermediária de sucessão ecológica, sendo que apenas uma encontra-se em estágio inicial (Jazida 4) e uma outra em estágio avançado (Jazida 2).

Quadro 1. Lista comparativa entre as jazidas com identificação dos pontos analisados com base nos relatórios de monitoramento apresentados. Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

ID	ÁREA_JAZ.	ÁREA_PRAD	Nº PLANTIOS	Nº MUDAS	RIQUEZA	SUCESSÃO
Jazida 1	49,91	7,46	3	12.461	21	INTERMEDIÁRIA
Jazida 2	9,38	2,79	3	6.000	16	AVANÇADA
Jazida 3	20,24	7,39	2	10.825	23	INTERMEDIÁRIA
Jazida 4	28,42	14,45	5	50.448	26	INICIAL
Jazida 5	10,68	3,69	1	2.720	15	INTERMEDIÁRIA
Jazida 6	28,83	12,38	3	17.664	25	INTERMEDIÁRIA

Na JAZIDA 1, dos 49,91 hectares licenciados, apenas 7,46 hectares foram contemplados no PRAD. O período de monitoramento foi de 2016 a 2022, apresentados em 5 relatórios. A área passou por 3 plantios, totalizando 12.461 mudas implantadas dentre 21 espécies de plantas. De acordo com os relatórios, a área encontra-se, em estágio avançado de recuperação com identificação da presença de animais na área, flores e frutos nos indivíduos plantados. As imagens de satélite mostram uma recuperação significativa da cobertura vegetal da área, três manchas onde a vegetação se apresenta bem adensada e uma área de acúmulo de água. É importante observar o entorno da jazida que apresenta vegetação nativa (Figura 1).

Já a JAZIDA 2, é a que apresenta a menor área em recuperação, apenas 2,79 hectares, dos 9,38 hectares licenciados. O período de monitoramento foi de 2018 a 2022, apresentados em 4 relatórios. Foram implantadas 6.000 mudas de 16 espécies, dentre 3 plantios. Também apresentou presença de animais, flores e frutos. De acordo com os relatórios, o porte da vegetação encontra-se de médio a grande e a recuperação foi considerada em estágio avançado e muito próxima de uma comunidade clímax. As imagens de satélite mostram uma recuperação significativa da cobertura vegetal da área, assemelhando-se bastante à paisagem do entorno. É importante notar que há uma grande área de acumulação de água, proveniente das atividades extrativistas, nas imediações da área em recuperação (Figura 2).

Na JAZIDA 3, dos 20,24 hectares licenciados apenas 7,39 hectares foram contemplados neste estudo. O período de monitoramento foi de 2014 a 2022, apresentados em 4 relatórios. Nesse período foram realizados 2 plantios, totalizando a inserção de 10.825 indivíduos de 23 espécies. De acordo com os relatórios, a área encontra-se em estágio intermediário de sucessão ecológica. Foi observada a predominância de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) na área. As imagens de satélite mostram uma melhora na cobertura vegetal, mas a paisagem ainda se encontra muito discrepante da área do entorno. Há dois pontos de acúmulo de água dentro da área em recuperação (Figura 3).

A JAZIDA 4, é a que apresenta a maior área em recuperação ambiental, totalizando o equivalente a 14,45 hectares. O período de monitoramento foi de 2017 a 2022, apresentados em 5 relatórios. Foram plantadas 50.448 mudas de 26 espécies, distribuídas em 5 plantios. Apesar disso, de acordo com os relatórios, ainda conta com áreas de baixa densidade de indivíduos e dessa forma, há necessidade de nova campanha para adensamento e enriquecimento de espécies. As imagens de satélite mostram uma melhora na cobertura vegetal, presença de acúmulos de água, dois grandes de um lado e um menor do outro. No entanto, o adensamento da vegetação ainda está baixo na porção superior (Figura 4).

A área da JAZIDA 5, compreende 3,69 hectares da área em recuperação dos 10,68 licenciados. O período de monitoramento foi de 2014 a 2022, apresentados em 4 relatórios. A área passou por apenas 1 plantio que implantou 2.720 mudas de 15 espécies na área. De acordo com os relatórios, há a ocorrência de fauna na área e a flora apresenta-se bem desenvolvida e com grande variedade de espécies. Consideraram a área recuperada, com capacidade de atingir o clímax sem mais intervenções humanas. As imagens de satélite mostram que a área em recuperação é dividida em três e apenas em uma delas observa-se a recuperação da cobertura vegetal (Figura 5).

A JAZIDA 6, de 28,83 hectares, possui uma parcela da área já recuperada e outra parcela em recuperação, equivalente a 12,38 hectares. O período de monitoramento foi de 2018 a 2022, apresentados em 4 relatórios. Ao todo a área recebeu 17.664 mudas de 25 espécies em 3 plantios. De acordo com os relatórios, há presença de fauna, flores e frutos, indicando estágio intermediário da sucessão ecológica. As imagens de satélite mostram uma melhora na cobertura vegetal e a presença de várias áreas alagáveis. A cobertura vegetal da área em recuperação está semelhante à distribuição da cobertura vegetal do entorno (Figura 6).



Figura 1: Comparação temporal das áreas da Jazida 1 (amarelo – jazida; verde - em recuperação; azul: alagável). Fonte: retirada de Google Earth, 2023.



Figura 2: Comparação temporal das áreas da Jazida 2 (amarelo – jazida; verde - em recuperação). Fonte: retirada de Google Earth, 2023.

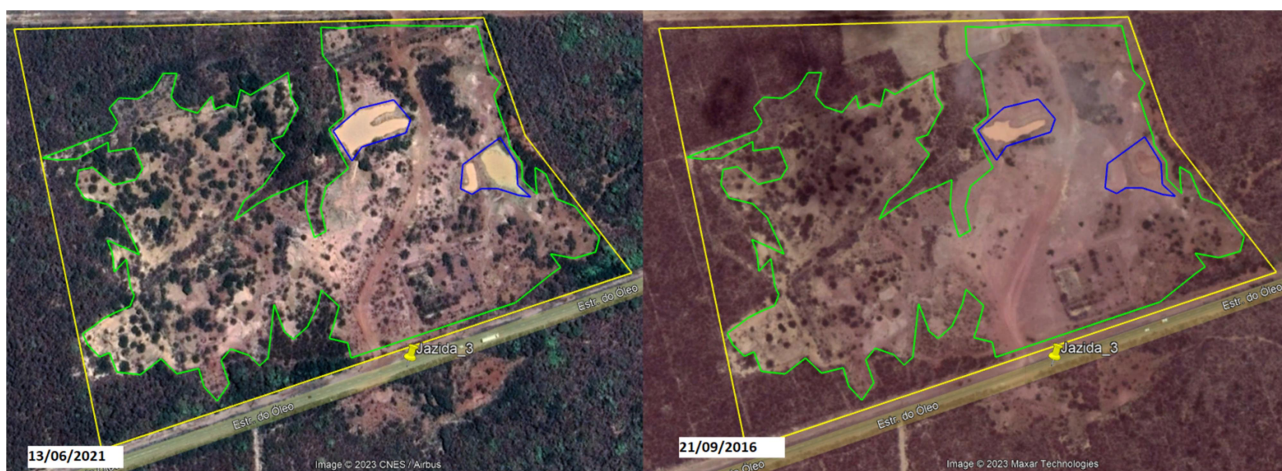


Figura 3: Comparação temporal das áreas da Jazida 3 (amarelo – jazida; verde - em recuperação; azul - alagáveis). Fonte: retirada de Google Earth, 2023.

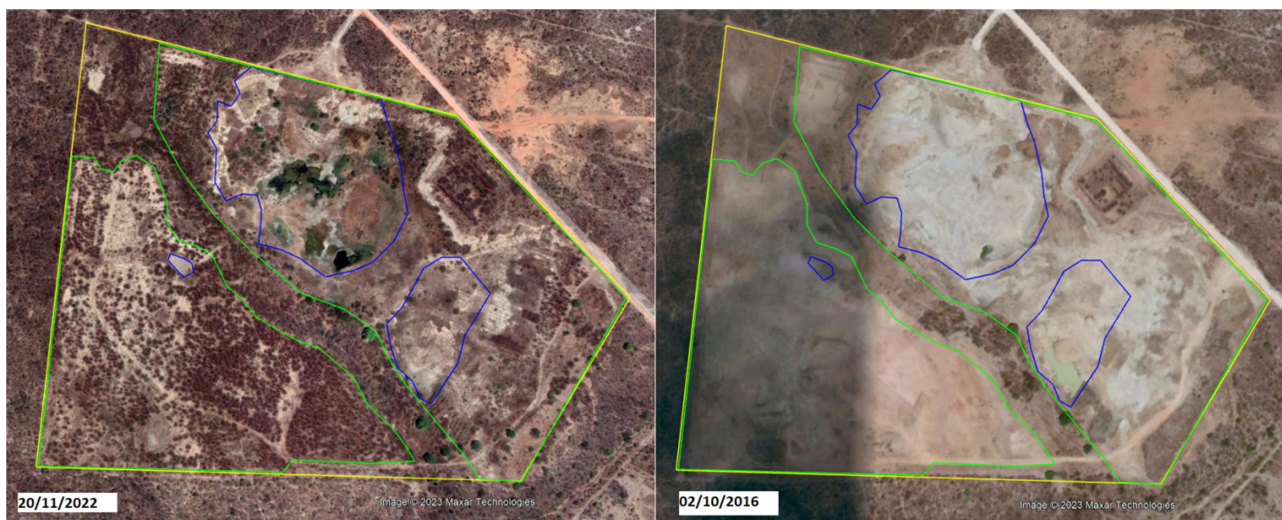


Figura 4: Comparação temporal das áreas da Jazida 4 (amarelo – jazida; verde - em recuperação; azul - alagáveis). Fonte: retirada de Google Earth, 2023.

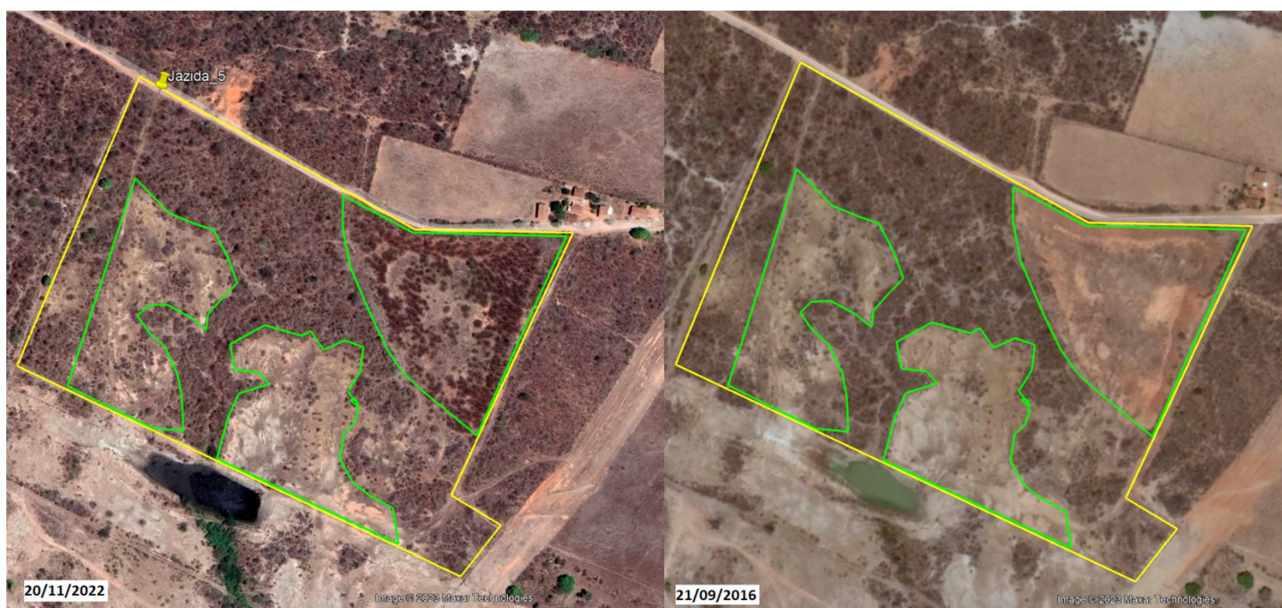


Figura 5: Comparação temporal das áreas da Jazida 5 (amarelo – jazida; verde - em recuperação). Fonte: retirada de Google Earth, 2023.

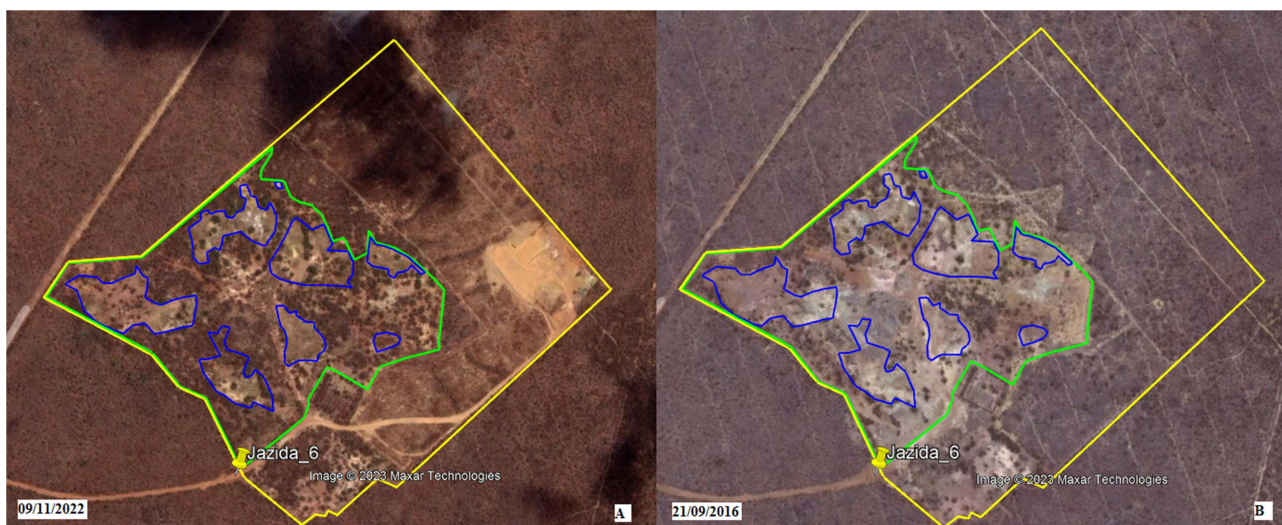


Figura 6: Comparação temporal das áreas da Jazida 6 (amarelo – jazida; verde - em recuperação; azul - alagáveis). Fonte: retirada de Google Earth, 2023.

Os levantamentos florísticos apresentados nos PRADs, levando em consideração as espécies de porte arbóreo, variaram da ocorrência de apenas 3 espécies (jazida 5) a no máximo 11 espécies, na jazida 1. O Quadro 2 reúne todas as espécies do estrato arbóreo identificadas nas áreas das jazidas. Apenas duas das espécies não foram utilizadas no plantio, foram elas: algodão-bravo (*Cochlospermum vitifolium*) e pau-branco (*Cordia oncocalyx*) (em destaque no Quadro 2).

A lista das espécies utilizadas na recuperação das jazidas é apresentada no Quadro 3. Foram utilizadas 31 espécies distribuídas em 6 famílias, a maioria apresenta ocorrência para a caatinga e para a região. A família predominante foi a Fabaceae, representando 67,75% das espécies utilizadas nos plantios. Foram utilizadas duas espécies exóticas: espinheiro (*Senegalia polyphylla*) e moringa (*Moringa oleifera*). Mas também foram utilizadas duas espécies endêmicas: sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e catanduva (*Pityrocarpa moniliformis*).

Quadro 2 -Lista de espécies do estrato arbóreo apresentadas nos levantamentos florísticos dos PRADs. Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

ID	Família	Nome Científico	Nome Comum
1	Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	Pereiro
2	Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Algodão-bravo
3	Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i>	Imburana
4	Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i>	Mofumbo
5	Cordiaceae	<i>Cordia oncocalyx</i>	Pau-branco
6	Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i>	Cumarú
7	Fabaceae	<i>Bauhinia cheilantha</i>	Mororó
8	Fabaceae	<i>Cenostigma pyramidale</i>	Catingueira
9	Fabaceae	<i>Libidibia ferrea</i>	Jucá
10	Fabaceae	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	Sabiá
11	Fabaceae	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	Cangalha
12	Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema-preta
13	Fabaceae	<i>Piptadenia retusa</i>	Jurema-branca
14	Fabaceae	<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	Catanduva
15	Fabaceae	<i>Senna spectabilis</i>	Canafístula
16	Rhamnaceae	<i>Sarcomphalus joazeiro</i>	Juazeiro

Quadro 3. Lista de espécies utilizadas na recuperação de áreas degradadas com base nos relatórios de monitoramentos apresentados. Fonte: elaborado pelos autores, 2023.



ID	Família	Nome Científico	Nome Comum	Observação
1	Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira	
2	Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro	
3	Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê Roxo	
4	Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i>	Craibeira	
5	Bursseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i>	Imburana	
6	Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i>	Mofumbo	
7	Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i>	Cumarú	
8	Fabaceae	<i>Anadenanthera Colubrina</i>	Angico branco	
9	Fabaceae	<i>Bauhinia cheilantha</i>	Mororó	
10	Fabaceae	<i>Cenostigma pyramidale</i>	Catingueira	
11	Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Timbaúba	
12	Fabaceae	<i>Erythrina verna</i>	Mulungu	
13	Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	
14	Fabaceae	<i>Libidibia ferrea</i>	Jucá	
15	Fabaceae	<i>Lonchocarpus sericeus</i>	Ingá-bravo	
16	Fabaceae	<i>Macropsychanthus violaceus</i>	olho-de-boi	
17	Fabaceae	<i>Mimosa arenosa</i>	Unha-de-Gato	
18	Fabaceae	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	Sabiá	Endêmica
19	Fabaceae	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	Cangalha	
20	Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema-preta	
21	Fabaceae	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Turco	
22	Fabaceae	<i>Piptadenia retusa</i>	Jurema-branca	
23	Fabaceae	<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	Catanduva	Endêmica
24	Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i>	Espinheiro	Cultivada
25	Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i>	Fedegoso	
26	Fabaceae	<i>Senna spectabilis</i>	Canafistula	
27	Fabaceae	<i>Vachellia farnesiana</i>	Corona	
28	Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i>	Barriguda	
29	Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Cultivada
30	Rhamnaceae	<i>Sarcomphalus joazeiro</i>	Juazeiro	
31	Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i>	Sabão-de-soldado	

CONCLUSÕES

O bioma Caatinga, com destaque para o semiárido, vem passando por um forte processo de desertificação provocado principalmente por fatores interligados ao meio físico (clima e solo), ao meio biótico (perda de flora e fauna) e ao meio socioeconômico (desenvolvimento de atividades econômicas de forma insustentável).

Além disso, de acordo com Tavares, Arruda e Silva (2019) a perda da vegetação poderá proporcionar uma série de consequências negativas ao solo como a perda de nutrientes, processos erosivos, baixa umidade, queda na fertilidade, mudanças climáticas e redução da biodiversidade.

Diante desse contexto, o diagnóstico apresentado nesse estudo se faz necessário, pois traz uma percepção geral de como está se dando a recuperação de áreas degradadas causadas por atividades socioeconômicas, neste caso específico do extrativismo mineral, principalmente por tentar minimizar o processo de desertificação através da recomposição vegetal da Caatinga nestas áreas de lavra, além de tentar restabelecer a fertilidade ao solo destas jazidas.

A atividade extrativista é vista como negativa aos olhos da sustentabilidade, no entanto, o licenciamento ambiental das jazidas, trouxe uma segurança técnica de que ao final da atividade de exploração mineral estas áreas passariam por um processo de recuperação, com análise e aprovação técnica do PRAD que seria aplicado nestas áreas, o que aumenta as chances da recomposição vegetal e topográfica darem certo nestas jazidas.

Observou-se no estudo que as jazidas foram sendo recuperadas na medida do avanço da lavra. Dessa forma, a implementação do PRAD é iniciada em parcelas da jazida já exauridas em sua extração mineral. O que proporciona condições que podem favorecer o processo de recuperação ambiental das áreas adjacentes no futuro. Pois as áreas em recuperação funcionam como banco de sementes, atrativo de dispersores melhora as condições do solo e do microclima.

As espécies utilizadas no plantio, conforme o quadro 2, corroboram com o preconizado no Manual para Recuperação de áreas degradadas por extração de piçarra na Caatinga, que cita: *Erythrina verna* (mulungu), *Mimosa tenuiflora* (jurema-preta), *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá), *Libidibia ferrea* (jucá), *Astronium urundeuva* (aroeira), *Aspidosperma pyriforme* (pereiro), *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo) como espécies recomendadas para plantio nas jazidas de extração de piçarra na Caatinga (RESENDE E CHAER, 2010).

As áreas das jazidas apresentaram diferentes níveis de sucessão ecológica, mesmo todas tendo sua recuperação iniciada no mesmo período. Um dos pontos a ser considerado é o solo e suas características, áreas consideradas inundáveis, a quantidade e o tipo de espécies selecionadas para compor estas áreas. Outro fator que parece estar interferindo é o tamanho da área. A única jazida que se encontra em estágio avançado de recuperação é a Jazida 2, que por sua vez é a menor em área. Ao passo que a única jazida que se encontra em estágio inicial de recuperação é a Jazida 4, que é a que apresenta maior área, a que recebeu o maior número de plantios (5) e a maior quantidade de mudas (50.448).

A espécie jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) é pioneira, nativa da região semiárida, apresenta sistema radicular profundo, que permite o seu desenvolvimento em solos degradados, notadamente, na ocupação inicial e secundária das áreas degradadas ou em processo de degradação (AZEVEDO, S. M. A., et al., 2012). Os relatórios apontaram a predominância da jurema nas áreas em recuperação, se destacando como aquelas que apresentam maior sobrevivência e desenvolvimento.

Pode-se relacionar a isso a qualidade química do solo. Resende e Chaer (2021) mencionam ser comum na região do Oeste Potiguar a presença de piçarreiras formadas por concreções ferruginosas, seixos de quartzo ou formações calcárias, contendo substrato salino ou sódico nestas jazidas o que acaba dificultando o processo de recuperação vegetal quando comparada a áreas com solo rico em matéria orgânica. O que justifica a alta sobrevivência da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) nessas áreas.

A família Fabaceae é considerada a mais diversa na Caatinga, possivelmente pela longa história de diversificação em vegetação de clima seco e a estabilidade florística dessas áreas, associadas às adaptações morfológicas que ocorreram em suas espécies quando da adaptação à escassez hídrica, altas temperaturas e baixa umidade (CARDOSO e QUEIROZ, 2010). Dessa forma, a escolha de uma proporção maior de espécies dessa família (67,75%), como observado nos resultados, vai ao encontro do que ocorre naturalmente na região.

Quando comparado aos levantamentos florísticos apresentados nos PRADs, observa-se que houve um enriquecimento das áreas com espécies que ocorrem na região, mas que não necessariamente ocorriam na área de estudo. Mazochinni *et al.* (2019) afirma que o aumento da biodiversidade fortalece a resiliência das principais funções dos ecossistemas. Dessa forma, o incremento de espécies é algo positivo para evolução da recuperação de áreas degradadas, observando sempre sua ocorrência para região.

A presença de flores e frutos indica o sucesso do estabelecimento das mudas na área e proporciona a atratividade animal favorecendo a polinização das flores e a dispersão de sementes. Com isso, garante que o processo de recuperação ocorra naturalmente com o passar do tempo.

É importante destacar as áreas utilizadas para acúmulo de água, fruto da atividade de extração, que seria muito difícil de recuperar topograficamente, no entanto, foi integrada ao sistema em recuperação desempenhando um importante serviço nas áreas da caatinga, um reservatório artificial de dessedentação animal. Vários estudos demonstram a importância dessas áreas no ambiente da caatinga para a fauna, desde animais como raposa e gato-do-mato, mas inclusive para abelhas e outros insetos polinizadores.

Pode-se observar no Quadro 1 que as áreas que foram licenciadas são maiores (147,46 hectares) do que as áreas que estão em recuperação (48,16 hectares). Há de se investigar futuramente se essa discrepância se deve por não ter sido explorada em sua integridade ou se ainda há áreas a serem recuperadas.

Geralmente as áreas que estão em recuperação são acompanhadas pelo órgão licenciador, através dos relatórios de monitoramento apresentados, pelo período de 3 anos. No entanto, esse estudo evidenciou que esse período não é suficiente para que seja dispensado o acompanhamento. A maioria das jazidas teve seu plantio executado em 2017 e após seis anos ainda se encontram em estágio intermediário de sucessão, ainda necessitando de intervenções para aceleração da recuperação.

Diante disso, pode-se concluir que o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas é uma importante ferramenta para o planejamento, acompanhamento e efetivação na recuperação de ambientes degradados. No que tange às atividades minerárias, sua previsão encontra-se desde a Constituição, destacando a necessidade de um olhar mais atento a essas áreas.

Assim como, o licenciamento a nível estadual, que além de realizar o ordenamento das atividades potencialmente degradadoras do meio ambiente, também proporciona o acompanhamento dos empreendimentos além do encerramento da atividade de extração propriamente dita, o processo administrativo somente é encerrado após a conclusão da recuperação da área degradada.

Sendo assim, o acompanhamento dos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas é uma ferramenta de controle que permite observar e quantificar os impactos de atividades específicas no ambiente. Também funcionam como estudos empíricos norteadores da recuperação ambiental de áreas degradadas em áreas de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Almeida, D. S. **Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)**. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica.[online].3rd ed. rev. andenl. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 140-158. ISBN 978-85- 7455-440-2. Disponível em: <<https://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402-10.pdf>>. Acesso em: 31 de julho de 2023.
2. Azevêdo, S. M. A. de; Bakke, I. A.; Bakke, O. A.; Freire, A. L. de O. **Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da Caatinga**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 3, p. 150-160, jul/set. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/312451092_Crescimento_de_plantulas_de_jurema_preta_Mimosa_tenuiflora_Wild_Poiret_em_solos_de_areas_degradadas_da_caatinga>. Acesso em: 01 de setembro de 2023.
3. BRASIL, **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acesso em: 01 de agosto de 2023.
4. Cardoso, D. B. O. S. e Queiroz, L. P. **Caatinga no contexto de uma metacomunidade: evidências da biogeografia, padrões filogenéticos e abundância de espécies em Leguminosas**. In: CARVALHO, C. J. B e ALMEIDA, E. A. B. (orgs.). Biogeografia da América do Sul Padrões e processos. São Paulo (SP): Roca, 2010. p. 241-260.
5. Castelletti, C. H. M., Silva, J. M. C., Tabarelli, M. & Santos, A. M. M. **Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar**. In: J. M. C., Silva. M. Tabarelli, M. T. Fonseca & L. V. Lins (orgs.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. pp. 91-100. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2004.
6. CMMAD - COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.
7. Farias, C. E. G. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil**. PNUD - Contrato 2002/001604. Outubro, 2002. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/mineracao_e_meio_ambiente_no_brasil_1022.pdf/e86e431e-1a03-48d0-9a6e-98655ea257b6?version=1.0>. Acesso em: 25 de setembro de 2023.
8. Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte. **Petróleo e Gás**. 2020. Disponível em: <<https://www.fiern.org.br/petroleo-e-gas/>>. Acesso em: 01 de outubro de 2023.
9. IBAMA. **Recuperação Ambiental**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/recuperacao-ambiental>>. Acesso em: 31 de julho de 2023.
10. Mazzochini, G. G.; Fonseca, C. R.; Costa, G. C.; Santos, R. M.; Oliveira-Filho, A. T.; Ganade, G. **Plant phylogenetic diversity stabilizes large-scale ecosystem productivity**. Glob. Ecol. Biogeogr. 2019, 28, 1430–1439. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/geb.12963>>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.
11. UNITED NATIONS. **Report of the United Nations Conference on the Human Environment**. Estocolmo, 5 a 16 de junho de 1972. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/aconf48-14r1.pdf>>. Acesso em: 09 de agosto de 2023.

12. Resende, A. S. de; Chaer, G. M. **Manual para recuperação de áreas degradadas por extração de picarra na Caatinga**. Editores: Alexander Silva de Resende e Guilherme Montandon Chaer. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. 78 p. ISBN: 978-85-85921-12-5. Disponível em: <<https://embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/874047/manual-para-recuperacao-de-areas-degradadas-por-extracao-de-picarra-na-caatinga>>. Acesso em: 31 de agosto de 2023.
13. Resende, A. S. de; Chaer, G. M. **Recuperação ambiental em áreas de produção de petróleo e gás em terra na Caatinga**. / Alexander Silva de Resende, Guilherme Montandon Chaer, editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2021.
14. Tavares, V. C.; Arruda, Í. R. P. de; Silva, D. G. da. **Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica**. Geosul, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.
15. Sampaio, E. V. S. B. **Overview of the Brazilian Caatinga**. In: S. H. Bullock, H. A. Mooney & E. Medina (eds.). Seasonally dry forests. Pp: 34-63. Cambridge University Press, Cambridge. 1995.