



Vale e Biodiversidade 2021



Sumário

Apresentação

Ações em curso para o futuro que queremos

Planos de Gestão e Ação de Biodiversidade

S11D: Lições aprendidas com a aplicação da hierarquia de mitigação para futuros projetos

O plano de gestão da biodiversidade de Carajás

Inventários Biológicos e Monitoramentos

Ampliação do conhecimento sobre a distribuição geográfica de anfíbios em áreas protegidas do quadrilátero ferrífero

A rápida evolução dos estudos sobre a flora e a vegetação no Pará

Aplicação de DNA ambiental para caracterização da biodiversidade amazônica

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

A previsibilidade da biodiversidade como ferramenta de gestão: ocupação de cavidades por morcegos no mosaico de Carajás

A flor de Carajás, espécie endêmica das cangas

Conservação de *Isoetes cangae*: da ampliação do conhecimento a reintrodução da espécie

Conservação de *Isoetes cangae*: esforços integrados abrem caminho para reintrodução da espécie em ambiente natural

Ampliação da distribuição geográfica, domínio das técnicas de germinação e cultivo da *Ruellia anamarie* A.S Reis, A. Gil & C. Kameyama, espécie endêmica da Amazônia Oriental, Brasil

Ampliação da distribuição e primeiros experimentos da translocação da espécie endêmica de Carajás, *Daphnopsis filipedunculata* Nevling&Barringer

Genômica da paisagem aplicada na hierarquia de mitigação

Espécies especiais: aprofundando o conhecimento sobre a flora de Carajás

Espécies endêmicas do Quadrilátero Ferrífero – MG

Amigos da jubarte: do monitoramento de cetáceos ao fomento do turismo sustentável

Programa de monitoramento ambiental de bioindicadores: cavalo-marinho e boto-cinza

Recuperação e Restauração

Viveiro de mudas da Reserva Natural Vale: conservação genética de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção da Mata Atlântica

Eficiência da semeadura direta para a restauração florestal

Viveiros de mudas do Projeto Hu'u: coleta e produção de mudas para restauração de florestas em Sumbawa, Indonésia

Restauração no entorno das unidades de conservação em Carajás com o plantio de *Bertholletia excelsa* Bonpl. e outras espécies contribuem para a sustentabilidade dos recursos naturais da região

Recuperação ambiental, restauração de habitats e a oportunidade de restabelecimento da conectividade florestal no entorno do Complexo S11D Eliezer Batista

Corredores para conectar o complexo de unidades de conservação de Carajás

DNA metabarcoding revela a sucessão das comunidades de insetos e a diversidade de vertebrados na recuperação de áreas mineradas

Monitoramento da qualidade ambiental quantifica a contribuição da recuperação para a hierarquia da mitigação

Propagação e crescimento de espécies nativas para recuperação de áreas mineradas



Sumário



Conservação *Ex Situ*

O Herbário de Carajás no contexto do conhecimento da biodiversidade

Biofábrica: em busca da conservação de espécies críticas

Minimizando impactos – resgate e conservação de abelhas

Trilhando caminhos para a conservação *ex situ* de sementes de espécies endêmicas dos campos rupestres ferruginosos

Conservação *In Situ*

Vale Eco Centro Malásia: investimento social e conservação da biodiversidade

Biodiversidade na Área de Proteção Ambiental da mina de Moatize, Tete, Moçambique

Sistema de Gestão Integrada de Áreas Protegidas (SGIAP) como aliada da biodiversidade em um complexo florestal da Mata Atlântica

Serviços Ecosistêmicos

Serviços ecosistêmicos e restauração de habitats: estimando o estoque, balanço e precificação de carbono florestal das áreas em recuperação no entorno do Complexo S11D Eliezer Batista

Estimação e precificação do estoque de carbono florestal da Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro, em Nova Lima, Minas Gerais

Recuperando as interações entre flora, polinizadores e dispersores de sementes

Polinizadores e produção de alimentos nos territórios de atuação e em sistemas agroflorestais

Biofábrica de abelhas nativas e a atividade da meliponicultura no entorno da FLONA de Carajás, Amazônia

Pessoas e Parcerias

COEX Carajás e Fundo Vale: renda na folha do jaborandi – negócio socioambiental e uso sustentável da biodiversidade e geração de renda local na Amazônia

Coleta e fornecimento de sementes para a produção de mudas, recuperação de áreas e conservação das espécies

O uso sustentável do jaborandi na FLONA de Carajás é impulsionado pelo conhecimento científico aplicado à conservação e à geração de renda para a comunidade local

Educação e parcerias para o desenvolvimento sustentável

Para saber mais

Créditos

Apresentação

A mineração é uma atividade indispensável para a sociedade, sendo que, para gerar valor para todos com responsabilidade, a Vale busca sempre os melhores métodos, tecnologias e ações que permitam a menor interferência nos recursos naturais. O foco em operações cada vez mais sustentáveis está consolidado nos pilares de atuação da companhia – tendo como base um novo pacto com a sociedade –, e em nossa estratégia de sustentabilidade, que traduz a conservação e recuperação como uma de nossas

O novo pacto com a sociedade orienta a estratégia em sustentabilidade da Companhia

metas para 2030 (Conservar e Recuperar 500 mil ha). Essa meta está alinhada às outras da agenda, que permitem também a redução de pressões relacionadas diretamente a serviços ecossistêmicos essenciais. Essa agenda reforça nosso compromisso com a conservação e restauração de florestas, que já se perpetua em nossa atuação na Amazônia nos últimos 30 anos.

Consolidar a redução das pressões, assim como a conservação e restauração da biodiversidade, em nossa estratégia e ações, significa, para nós, consolidar os nossos negócios em bases cada vez mais sustentáveis e promissoras para nós e para toda a sociedade.

A biodiversidade, assim como serviços ecossistêmicos fornecidos e mantidos por ela, são parte integrante dos nossos territórios e essenciais à vida e aos negócios. Nossas atividades dependem de serviços ecossistêmicos, sendo que nossas operações também geram impactos sobre eles. Com o objetivo de evitar e gerir impactos, investimos em pesquisa e geração de conhecimento que embasam medidas de prevenção, controle e mitigação, recuperação, restauração e compensação. Tais medidas não se restringem somente às obrigações legais, buscando também implementar ações adicionais voltadas para a conserva-



Foto: Geovane Siqueira

ção. Adotamos a abordagem da hierarquia de mitigação de impactos na busca pelo No Net Loss, focada em novos projetos e expansões.

Neste documento, compartilhamos exemplos dessa abordagem na prática e resultados da nossa atuação nos territórios em que estamos presentes no mundo, concretizando a implementação das nossas Estratégias de Sustentabilidade e Biodiversidade.

Ações em curso para o futuro que queremos

Planos de Gestão e Ação de Biodiversidade



Planos de Gestão e Ação de Biodiversidade

S11D: Lições aprendidas com a aplicação da hierarquia de mitigação para futuros projetos



Foto: João Marcos Rosa

Introdução

O Complexo S11D é um dos maiores projetos de mineração de minério de ferro do mundo e está localizado na região de Carajás, dentro do bioma Amazônia. Como todo projeto de desenvolvimento, sua implantação teve impactos na biodiversidade, mas também trouxe abordagens para evitar e minimizar esses impactos, bem como para recuperar e conservar áreas importantes para a biodiversidade.

Em 2017 e 2018, utilizamos a abordagem da hierarquia de mitigação de impactos para reavaliar o planejamento, licenciamento e implementação da mina do Complexo S11D. Como o projeto já estava operando no momento do estudo, a análise concentrou-se na identificação dos elementos de boas práticas e lições que poderiam ser aprendidas e aplicadas para futuras expansões da mina e para outros empreendimentos. Os resultados incluíram a identificação, priorização e mapeamento dos riscos de biodiversidade para a mina do Complexo e um Plano de Ação de Biodiversidade (BAP) focado na mitigação e monitoramento dos riscos e impactos de futuras expansões.

Metodologia

O desenvolvimento e a avaliação do BAP foram baseados em abordagens de boas práticas de mitigação, incluindo a estrutura da hierarquia de mitigação de impactos e as diretrizes da International Finance Corporation em seu Padrão de Desempenho 6 (IFC PS6), adaptadas em diretrizes de gestão de biodiversidade da Vale (TBC, 2017).

Incluíram envolvimento com equipes de meio ambiente, planejamento e engenharia de projetos; análise de alternativas de projeto de mina e sua evolução com base em discussões com partes interessadas externas (agências ambientais, especificamente IBAMA e ICMBio); coleta de informações de estudos anteriores já realizados na área; análise e definição de atributos de biodiversidade prioritários e críticos; contabilização dos impactos residuais diretos da perda-ganho de biodiversidade; avaliação da estratégia de mitigação existente e proposta de ações para minimizar e monitorar riscos de expansões futuras em alinhamento com um objetivo claro e pré-definido de aderência à hierarquia de mitigação, conforme delineado dentro das orientações internas da Vale.

Algumas espécies, particularmente plantas associadas aos campos rupestres ferruginosos, têm áreas de distribuição restritas. Por isso, identificar e mitigar os impactos a essas espécies é uma prioridade. A análise identificou 18 espécies vegetais e seis animais como prioritárias e três tipos de habitat que suportam as espécies prioritárias. Um subconjunto de seis atributos críticos é foco para ações específicas de mitigação e monitoramento (dois habitats, três espécies vegetais e um réptil).

As ações adicionais de mitigação identificadas no BAP, além das ações que já estão sendo realizadas pelo projeto para melhorar o gerenciamento dos atributos prioritários e críticos, incluem: mapeamento da distribuição das espécies prioritárias em afloramentos rochosos na região sudeste do Pará; realização de pesquisas e estudos genéticos; desenvolvimento de protocolos de germinação e propagação para reintrodução e restauração de habitat; ações de conservação *ex situ*, tais como desenvolvimento e manutenção de bancos de sementes.

O plano de Ação de Biodiversidade segue diretrizes do International Finance Corporation (IFC PS6)



Foto: João Marcos Rosa

Resultados



As principais ações de mitigação implementadas até o momento pelo projeto e as lições aprendidas para projetos futuros incluem:

Evitar e minimizar: o trabalho conjunto dos times de meio ambiente, engenharia, planejamento e dos órgãos ambientais levou a várias mudanças no plano diretor que evitaram impactos em mais de 1.100 ha de habitat natural (Figura 1). O projeto se comprometeu a não perturbar o habitat de uma espécie vegetal crítica dentro da pegada da mina até que as técnicas de translocação e propagação sejam comprovadamente capazes de permitir que o projeto não tenha perdas líquidas para a espécie.

Lições Aprendidas: compreender os riscos da biodiversidade antes do desenvolvimento do projeto permite que 1) as equipes ambientais e de engenharia trabalhem em conjunto para avaliar as melhores alternativas para a concepção do projeto, que evitem impactos sobre os atributos prioritários e críticos; e 2). equipes ambientais e

sociais trabalhem em conjunto para minimizar os riscos indiretos associados à imigração.

Restauração: o programa de restauração de habitat florestal está sendo implementado desde 2016 nas propriedades da Vale em torno do local da mina (Figura 2). O objetivo é recuperar áreas degradadas anteriormente utilizadas para agricultura e pastagem, restaurando habitats florestais que apoiarão a formação de corredores de vida silvestre. O programa permitirá restaurar mais de 5.000 ha, o que compensará os impactos diretos no habitat florestal (Figura 3). A restauração do habitat de campos rupestres ferruginosos será realizada no local da mina e em áreas de compensação (ver compensação).

O programa de restauração de habitat é realizado desde 2016 e irá restaurar mais de 5 mil hectares

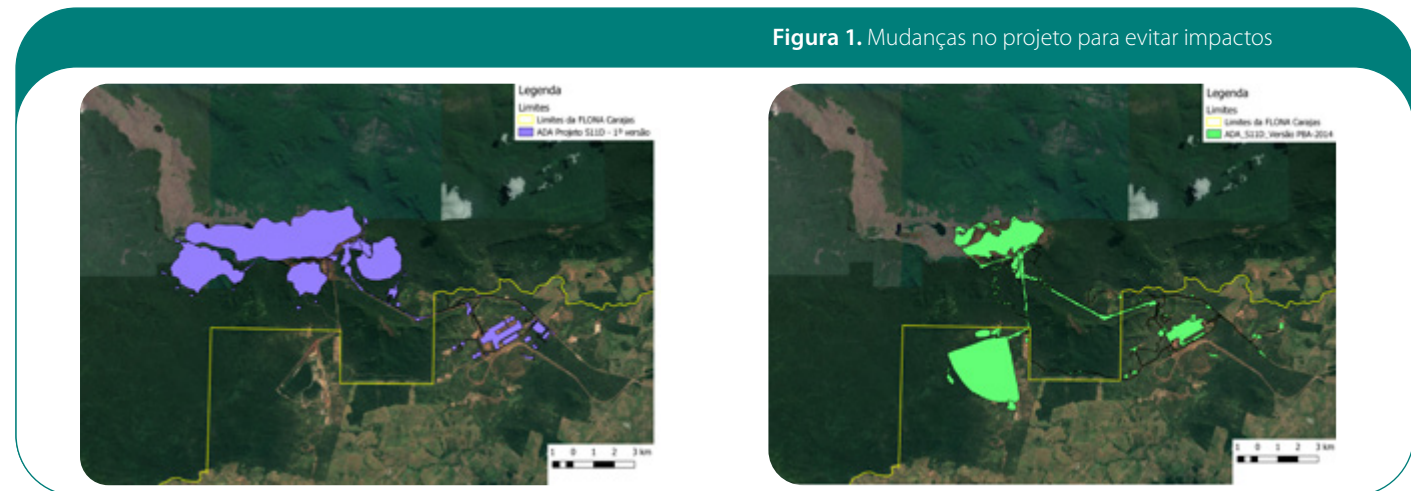




Figura 2. Áreas de restauração de florestas

Imagem: The Biodiversity Consultancy



Figura 3: Restauração vai além dos impactos diretos nos habitats florestais (avaliação com base na métrica de Qualidade do Hectare)

Lições aprendidas: a contabilização de perdas e ganhos deve incluir uma medida da qualidade ou condição do habitat (por exemplo, Hectares de Qualidade, QH) para garantir que as medidas de restauração e compensação gerem ganhos de biodiversidade equivalentes às áreas impactadas.

Compensação: os campos rupestres ferruginosos da Bocaina foram selecionados como local de compensação. Esse local foi degradado por atividades agrícolas e de pastagem de gado, sendo que não contém o conjunto completo de espécies de plantas prioritárias e críticas, mas estão em andamento testes de translocação e restauração para introduzir espécies e restaurar as populações existentes de espécies prioritárias e o habitat. Em parceria com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), foi estabelecida uma unidade de conservação abrangendo as serras da Bocaina e Tarzan que, juntas, formam o recém estabelecido Parque Nacional de Campos Ferruginosos de Carajás (Figura 4). A criação do parque pode ser considerada uma ação de conservação adicional, pois a Vale abriu mão da exploração para permitir a proteção a longo prazo de cavidades e desses importantes habitats para espécies endêmicas.

Lições aprendidas: a seleção dos locais de compensação deve considerar a viabilidade social, política e técnica de gerar ganhos de biodiversidade. O local mais apropriado, de uma perspectiva técnica, é uma área que suporta todos os atributos prioritários de biodiversidade e pode gerar ganhos suficientes para compensar a escala dos impactos residuais previstos.

Essa avaliação resultou na elaboração do Plano de Ação de Biodiversidade S11D e do Padrão Normativo de Bio-

diversidade da Vale com Diretrizes e Processos para a Gestão da Biodiversidade, que orienta o desempenho da gestão do tema em novos projetos e expansões de minas. Embora as maiores oportunidades para melhorar a prática de gerenciamento sejam na aplicação da norma e orientação a novos projetos e expansões, esse estudo demonstrou que a avaliação das operações existentes também pode resultar na identificação de melhorias adicionais para o gerenciamento da biodiversidade: nunca é tarde demais para melhorar a prática de gestão.

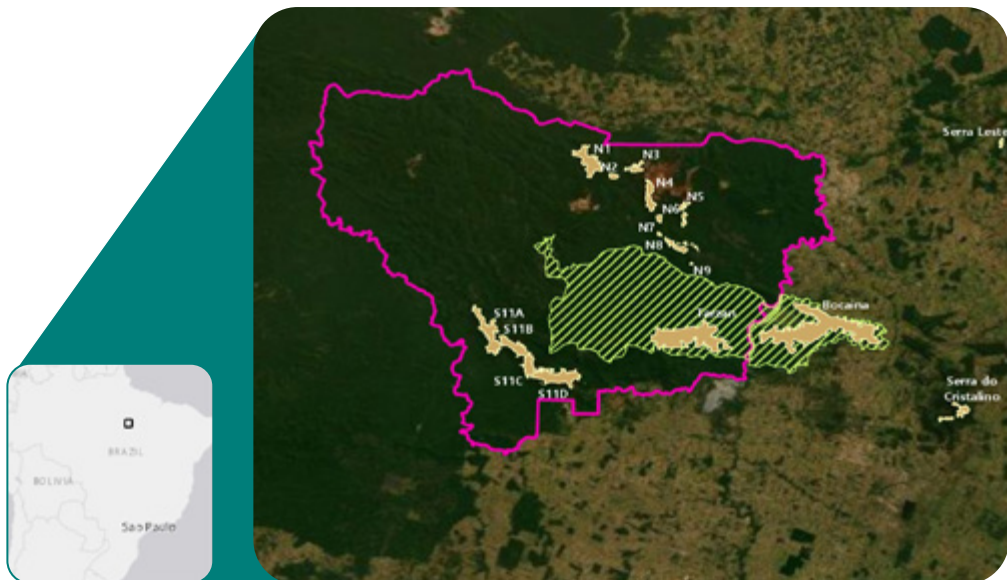


Figura 4: Parque Nacional dos Campos Ferruginosos de Carajás e corpos com campos rupestres ferruginosos

Imagem:
The Biodiversity
Consultancy

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Cesar Neto¹, Emma Tatum-Hume², Fernando Marino Gomes dos Santos³, Helio Laubenthal⁵, Leticia Guimarães⁴, Luiz Felipe Campos⁴, Mario Luiz Oliveira¹, Mayla Barbirato¹ (leticia.guimaraes@vale.com; emma.hume@thebiodiversityconsultancy.com)

1. Vale, Diretoria Corredor Norte/ Gerência de Meio Ambiente Relacionamento Institucional e Socio-economia;
2. The Biodiversity Consultancy (TBC);
3. Vale, Diretoria Cadeia de Valor Ferrosos/ Gerência de Estudos Ambientais;
4. Vale, Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/ Gerência Executiva de Gestão Ambiental;
5. Fundo Vale

Planos de Gestão e Ação de Biodiversidade

O plano de gestão da biodiversidade de Carajás



Introdução

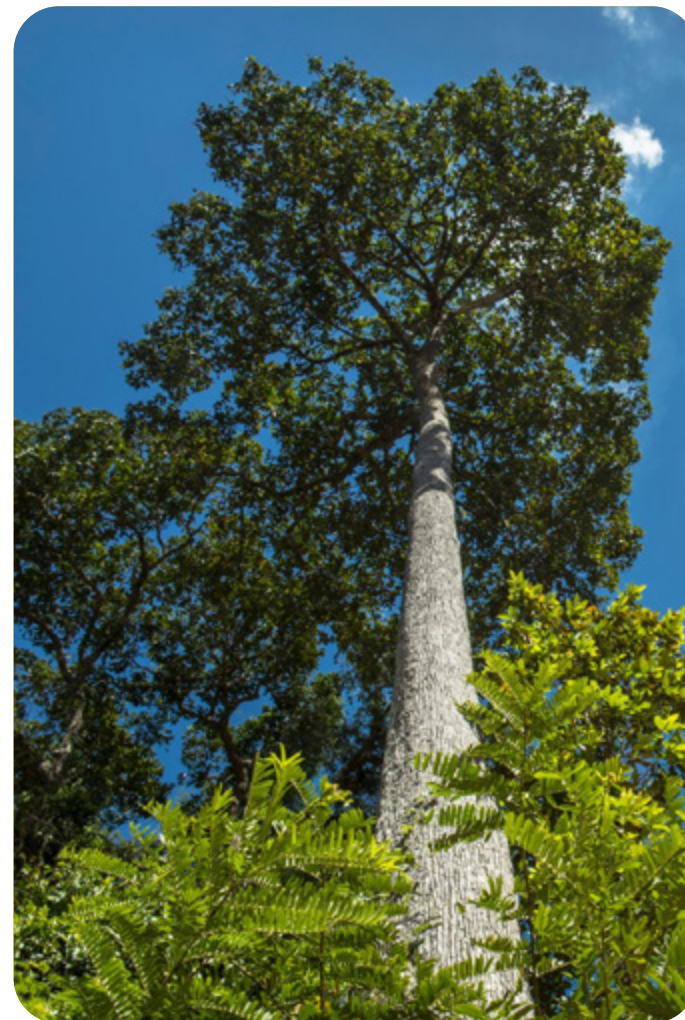
A proposta de um Plano de Gestão da Biodiversidade para a região de Carajás surgiu a partir da detecção, pela equipe de meio ambiente local, de fragilidades ambientais e a necessidade de ações mais estruturadas para conservação da biodiversidade nos empreendimentos de ferrosos da Vale nessa região. Foi formada, então, uma equipe de planejamento e gestão, composta por especialistas internos e externos à instituição. Essa equipe foi responsável pela elaboração de um documento com ações estratégicas para gestão da biodiversidade e acompanhamento/monitoramento da execução das ações propostas. Esse documento visa abranger tanto as operações quanto a expansão dos empreendimentos na região, e está composto por quatro pilares estratégicos:

A elaboração do documento envolveu ampla participação de equipes executoras para o alinhamento de metas e indicadores

- 1)** a ampliação/gestão do conhecimento da biodiversidade, análise de riscos associados e priorização de atributos, tendo como foco a hierarquia de mitigação de impactos;
- 2)** a definição de estratégias para conservação de atributos da biodiversidade, especialmente os classificados como prioritários ou de interesse para conservação;
- 3)** a definição de estratégias para incorporar a conservação da biodiversidade às atividades de recuperação de áreas degradadas nos empreendimentos;
- 4)** a definição de ações adicionais, integradas às compensações ambientais que possam representar ganhos à qualidade ambiental e aos serviços ecossistêmicos na região.

Metodologia

Após a fase de elaboração, o documento foi validado com as diferentes equipes executoras das atividades propostas no planejamento. Nesse sentido, foram realizadas reuniões bilaterais para alinhamento das metas e indicadores, como forma de tornar o planejamento mais prático. A análise de aderência ao PGBio é realizada a partir dos reportes mensais, produzidos pelas equipes executoras, que são enviados à equipe de gestão da biodiversidade, que acompanha os resultados das atividades em relação aos indicadores definidos para o alcance das metas propostas.



Resultados

Algumas ações estratégicas já vêm sendo adotadas para cada pilar que compõe o documento. Para “Análises de Riscos e Hierarquia de Mitigação de Impactos”, o estudo teve como foco inicial o platô N3, do qual foram compilados e organizados os dados sobre atributos importantes e prioritários para a conservação.

Para essa área, foram mapeados 151 táxons, sendo 51 para flora e 100 para fauna. Para as espécies da flora priorizadas, foram feitas as análises de riscos de acordo com uma matriz de probabilidade e consequência do impacto, sendo que todo o processo de priorização seguiu critérios propostos em documento normativo específico relacionado à Gestão da Biodiversidade. Quatro espécies foram classificadas como prioridade muito alta (C1), uma como prioridade alta (C2), 22 como prioridade média (C3) e três como prioridade baixa (C4).

Um plano de ação específico para as espécies das categorias C1 e C2 está em elaboração, tendo como base as etapas da hierarquia de mitigação de impactos. A partir disso, serão posteriormente identificados os impactos evitados e mitigados, as propostas de recuperação e as áreas com possibilidades para compensação.

A classificação de espécies em diferentes níveis de prioridade em relação ao risco para a implantação de expansões/novos projetos e a conservação das mesmas direcionou as “Estratégias para a Conservação de Espécies Ameaçadas”, gerando treinamentos que focaram nas equipes de resgate de germoplasma nos sites Serra Leste, Serra Norte e Serra Sul para estes táxons. Foram também direcionadas capacitações à Cooperativa dos Extrativistas da FLONA Carajás, visando priorizar a marcação de matrizes para coleta de sementes dessas espécies, que serão encaminhadas ao Programa de Recuperação de Áreas Degradadas para o incremento da presença das mesmas nas áreas de revegetação,

A classificação de espécies em diferentes níveis de prioridade em relação ao risco para a implantação de expansões/novos projetos e a conservação das mesmas direcionou as “Estratégias para a Conservação de Espécies Ameaçadas”

otimizando os esforços de conservação. Adicionalmente, para essas espécies foram realizadas ações de buscas, tanto em campo quanto em bancos de dados, visando a ampliação do conhecimento sobre distribuição e ocorrência (figura 1, na página a seguir).

Para as lacunas de conhecimento mapeadas durante a elaboração do PGBio Carajás, também houve a proposição de estudos/projetos para gerar informações para a conservação de espécies e restauração de habitats, como os Projetos Herpetofauna do Sudeste do Pará, Busca de Espécies Ameaçadas com Drones e Câmeras VNI, Biocimentação de canga e Jardins de Canga no Parque Zootobotânico Vale em Carajás.

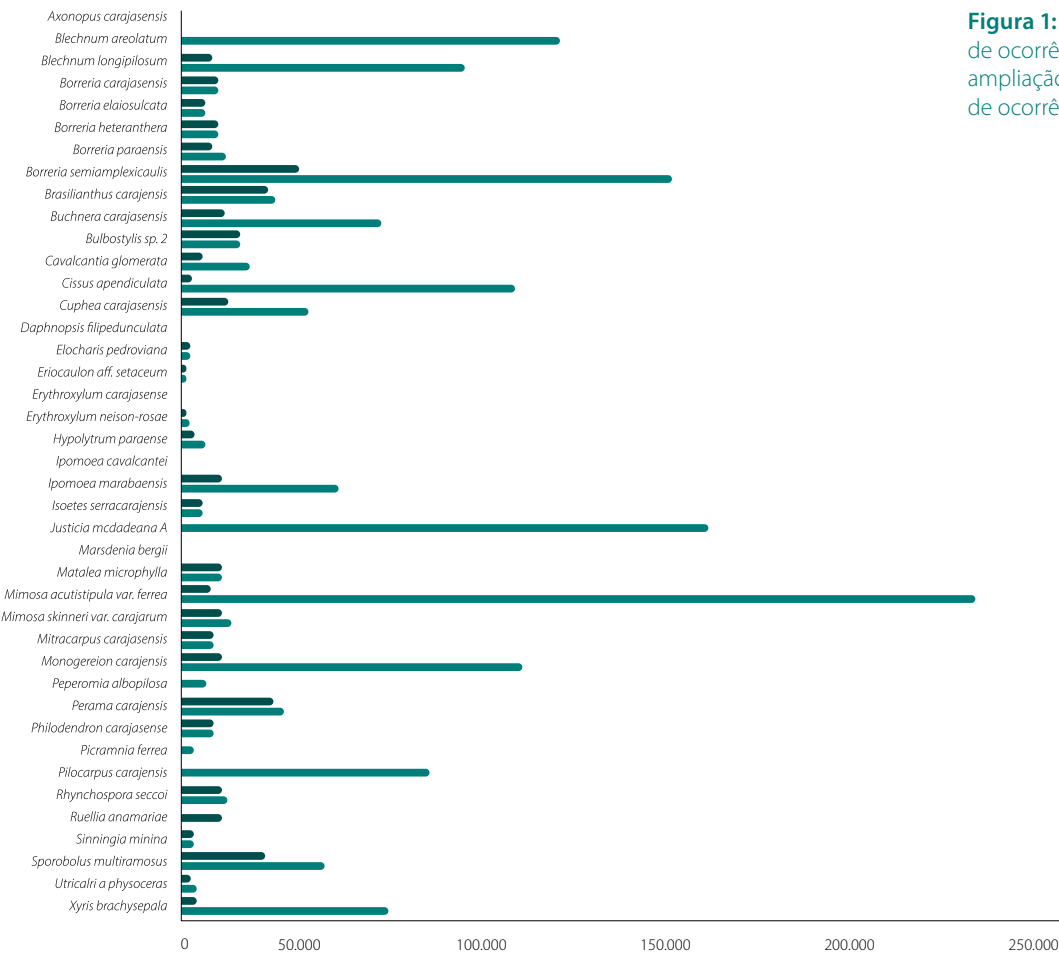
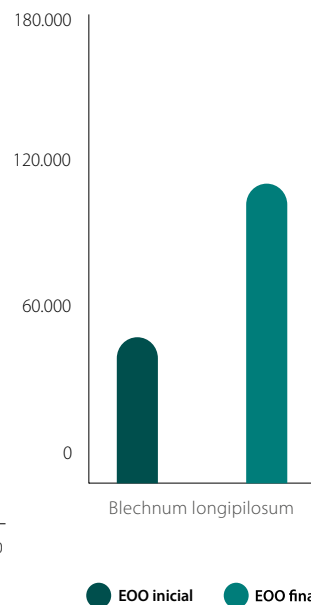


Figura 1: Ampliação em área de extensão de ocorrência durante as ações de ampliação do conhecimento sobre a área de ocorrência de espécies da flora regional



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Wilker Araujo¹; Alexandre Castilho²; André Cardoso²; Gisele Teixeira²; Giselly Mota²; Lourival Tyski¹, César Neto (cesar.carvalho.neto@vale.com)¹.

1. Diretoria Corredor Norte/ Ger. Exec. Ssma.G. Risc. Corr.Norte / Gerência de Meio Ambiente Rel Inst Soc Eco Com; 2. Sete Soluções e Tecnologia Ambiental.

An aerial photograph of a forest. A large tree with bright yellow flowers is the central focus. Other trees in the forest have green, brown, or reddish foliage. The image is partially obscured by a blue banner on the right side.

Ações em curso para o futuro que queremos

Inventários Biológicos e Monitoramentos

Inventários Biológicos e Monitoramentos

Ampliação do conhecimento sobre a distribuição geográfica de anfíbios em áreas protegidas do Quadrilátero Ferrífero MG/BR



Foto: Adriano Silveira

Introdução

O Quadrilátero Ferrífero é uma região geomorfológica situada na porção centro-sudeste do estado de Minas Gerais, ao sul da Serra do Espinhaço, com grande presença da mineração e onde a Vale S.A. atua desde sua criação, em 1942. Trata-se de região montanhosa, com grande variação altitudinal, atingindo o máximo de 2.072 m (Pico do Sol na Serra do Caraça). Suas montanhas compõem um divisor entre duas grandes bacias, dos rios São Francisco e Doce, em uma zona de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado (Fernandes, 1998; Rizzini, 1979). Estes biomas são de grande importância mundial para a conservação da biodiversidade e foram classificados como *hotspots*, áreas críticas para a conservação devido à riqueza biológica e à alta pressão antrópica a que vêm sendo submetidos (Myers et al., 2000).

Essa região se destaca como detentora de elevada diversidade de anfíbios, incluindo muitos endemismos (Leite et al., 2008; Nascimento et al., 2005). Para áreas inseridas nessa

região, Nascimento et al. (2005) listaram 73 espécies de anfíbios anuros, sendo 28 consideradas raras neste território. Esses autores indicam ainda que em Minas Gerais, 12 espécies estão classificadas nas listas oficiais estadual e nacional de espécies ameaçadas, 19 anuros e 2 cobras-cegas são considerados raros na natureza.

A manutenção da megadiversidade dos anfíbios brasileiros tem sido comprometida por ações antropogênicas. A perda de habitats corresponde à principal ameaça aos anfíbios (ICMBio, 2018), maximizada sobre as espécies com distribuição restrita. Essa situação demonstra a necessidade de incremento de pesquisas sobre os anfíbios brasileiros (ICMBio, 2018) e, especialmente, a necessidade de manutenção de áreas protegidas que abriguem extensos remanescentes naturais e diversidade de microhabitats aquáticos usados pelos anfíbios para reprodução.

Metodologia

Como primeiro passo para evitar impactos, em 2016 iniciou-se um conjunto de ações financiadas pela Vale S.A., buscando conhecer a real situação das espécies-alvo, de modo a garantir que as operações da empresa pudessem ocorrer em consonância com a conservação dessas espécies. Isso foi feito de acordo com a hierarquia de mitigação e a partir do reconhecimento da importância e da existência de espécies de anfíbios e répteis ameaçados de extinção, raros e endêmicos no entorno das suas operações.

Foram conduzidas amostragens em campo em Unidades de Conservação (UC) e em outras áreas protegidas pela Vale S.A. (Figura 1), totalizando 16 conjuntos de áreas amostrais (Figura 2). Adicionalmente, foram realizadas consultas às coleções científicas de anfíbios do Laboratório de Zoologia de Vertebrados da Universidade Federal de Ouro Preto – LZVUFOP e do Centro de Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

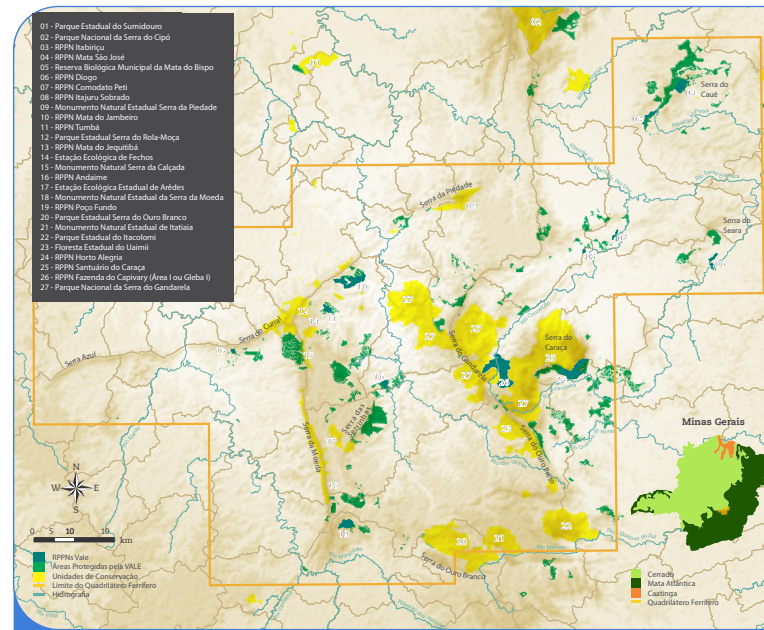


Figura 1. Áreas protegidas amostradas em campo, de propriedade da Vale e terceiros

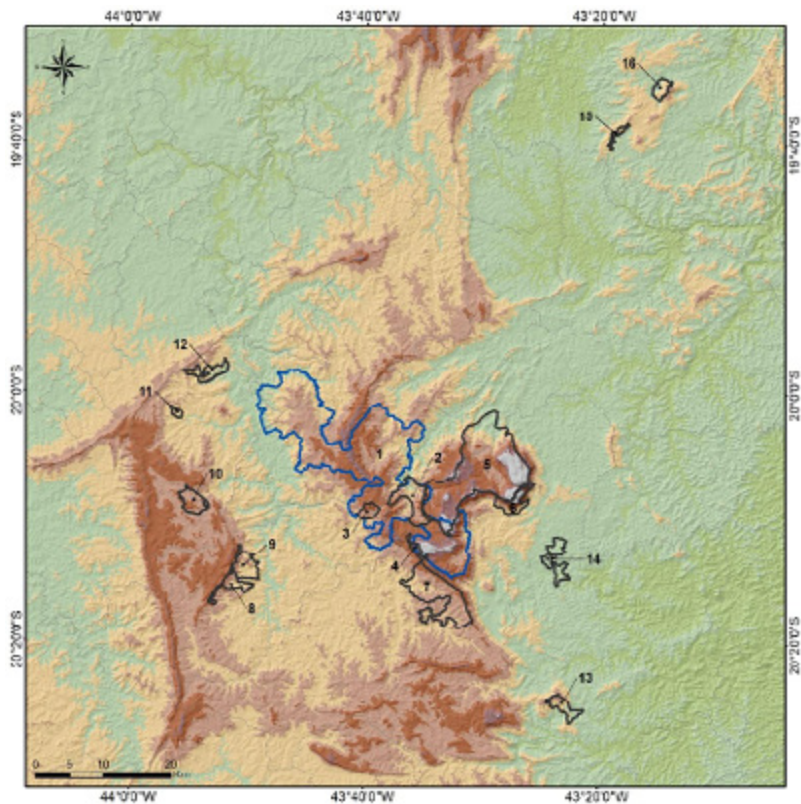


16 áreas protegidas

amostradas em Minas Gerais / Brasil

Figura 2. Mapa das áreas protegidas amostradas no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.

- 1 – Parque Nacional da Serra do Gandarela
- 2 – RPPN Fazenda do Capivary I
- 3 – Reserva de Capivary II
- 4 – Fazenda Capanema
- 5 – RPPN Santuário do Caraça
- 6 – RPPN Horto Alegria
- 7 – Floresta Estadual do Uaimii
- 8 – Reserva de Córrego Seco
- 9 – Reserva de Cata Branca e Sítio Arqueológico Cata Branca
- 10 – Reserva de Capitão do Mato
- 11 – RPPN Tumbá
- 12 – RPPN Mata do Jambreiro
- 13 – Fazenda Itacolomi
- 14 – Fazenda Patrimônio e Fazenda Fábrica Nova Leste
- 15 – RPPN Itabiruçu
- 16 – RPPN Mata São José.



Resultados

A partir desse estudo, compilou-se uma lista de 96 espécies de anfíbios, correspondendo a 92 espécies de 14 famílias da ordem Anura (sapos, rãs e pererecas), e quatro espécies de uma família da ordem Gymnophiona (cobras-cegas), sendo 61 espécies com alguma relevância para conservação. Esses números representam o maior levantamento em campo já conduzido na região, em termos de riqueza registrada. Dessas espécies, duas estão classificadas nas listas de espécies ameaçadas, 24 são endêmicas de áreas montanhosas, 28 são de raro encontro na natureza, 21 são regionalmente raras e 38 são indicadoras de elevada qualidade ambiental.

Além da ampliação do conhecimento, o trabalho fornece o primeiro registro no Quadrilátero Ferrífero das espécies *Adelophryne glandulata*, *Leptodactylus cupreus*, *Bokermannohyla saxicola*, *Scinax crospedospilus* e *Siphonops hardyi*, e também das espécies ainda não descritas *Aplastodiscus* aff. *arildae* e *Chiasmocleis* sp. Muitas outras espécies também tiveram sua área de distribuição geográfica conhecida ampliada.

Foram levantadas 96 espécies de anfíbios. Muitas tiveram sua área de distribuição geográfica ampliada

Em 2017, a equipe percebeu a necessidade e importância de entregar à sociedade, de forma abrangente e acessível, o vasto conhecimento organizado e incrementado pelas ações realizadas, assim possibilitando às pessoas tomarem ciência do valor ambiental da biodiversidade, com vistas à sua conservação. Essa divulgação culminou na publicação de seis artigos científicos e no livro “Anfíbios do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais): atualização do conhecimento, lista comentada e guia fotográfico” (Silveira et al., 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019c, 2020a, 2020b), agregando valor didático e científico.

O trabalho desenvolvido e a experiência da equipe em ações de conservação levaram a Vale S.A. a ser indicada, pelo Governo do Brasil, como membro do Grupo de Assessoramento Técnico (GAT) do Plano de Ação Nacional para a Conservação da Herpetofauna Ameaçada da

Serra do Espinhaço em Minas Gerais - PAN Herpetofauna do Espinhaço Mineiro, junto ao ICMBio. Com essa parceria implementada, os resultados desse trabalho têm sido transformados em instrumentos de política pública voltada à conservação, por meio de uma estratégia nacional, participativa e atual. Além da participação técnica e oferecimento das publicações anteriormente citadas, a Vale S.A., junto à equipe capitaneada por ela, produziu e ofertou ao PAN importante instrumento de planejamento, intitulado “Definição de Áreas para Proteção, Restauração e Conectividade de Habitats, Visando a Conservação das Espécies Contempladas no PAN Herpetofauna do Espinhaço Mineiro.” (Ampló, 2020).



Em razão dos importantes resultados obtidos no conhecimento da fauna de anfíbios, a Vale S.A. vem dando continuidade aos trabalhos desenvolvidos, abrangendo novas áreas protegidas e agora, com maior ênfase nos répteis.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Taís Nogueira Fernandes¹, Adriano Silveira Lima², Lucas Soares Vilas Boas Ribeiro³, Tiago Teixeira Dornas³ (tais.fernandes@vale.com)

1. Vale, Diretoria Cadeia de Valor Ferrosos/ Gerência de Licenciamento Ambiental; 2. Biótica Estudos Ambientais. 3. Ampló Engenharia e Gestão de Projetos.

Inventários Biológicos e Monitoramentos

A rápida evolução dos estudos sobre a flora e a vegetação no Pará



Foto: João Marcos Rosa

Introdução

A Serra dos Carajás é uma das maiores províncias minerais do mundo, e apresenta um ecossistema peculiar, conhecido como canga ferruginosa ou campos rupestres ferruginosos. Nessa área, são desenvolvidos estudos florísticos, que contribuíram para uma rápida evolução no conhecimento da flora nessa região. Apresentamos em ordem cronológica o progresso desses estudos e as principais descobertas geradas por essas pesquisas.

Resultados

2015 a 2018 – Flora das Cangas de Carajás: mais de mil espécies de plantas representando 15% da flora do estado do Pará

O projeto “Flora das Cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil” (FCC) é considerado o mais recente e sistematizado estudo botânico já realizado sobre a Amazônia brasileira. Publicada em quatro edições especiais da revista *Rodriguésia*, a flora é composta por 164 monografias de famílias botânicas, incluindo 22 monografias de briófitas, 22 de pteridófitas e licófitas, uma de gimnospermas e 119 de angiospermas, totalizando 1094 espécies. Esse número representa uma parte significativa (15%) da flora do estado do Pará, que conta atualmente com quase 7.000 espécies. A FCC contou com a colaboração de 145 botânicos taxonomistas de 30 instituições nacionais e internacionais.

2017 a 2018 – Cangas de Carajás diferem daquelas do Quadrilátero Ferrífero

Estudos revelaram que não há conexão florística recente entre as cangas de Carajás com as do Quadrilátero Ferrífero. Foram comparadas quase 900 espécies das cangas da Serra dos Carajás com uma base de dados incluindo mais de três mil espécies de diversos campos rupestres em distintos substratos na Bahia e em Minas Gerais.

2017 a 2020 – Estudos e conservação das cangas de Carajás

Análises florísticas das espécies registradas nos afloramentos de cada corpo de canga de Carajás mostram afinidade entre alguns blocos da Serra Norte com a Serra Sul, além de uma semelhança entre as duas áreas incluídas no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF).

Diferentes pesquisas realizadas pelo ITV no PNCF têm complementado de forma considerável os estudos florísticos e detectado populações de plantas raras, endêmicas e invasoras nas cangas dessa área. A intensificação de coletas prevê um aumento de 20% das espécies listadas para essas áreas.

Expedições nas cangas do extremo oeste da formação de Carajás, em São Félix do Xingu (SFX), contabilizaram 245 espécies de plantas vasculares incluindo 17 endêmi-



Foto: João Marcos Rosa

Figura 1. Paisagem da Serra da Bocaína, no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos [foto J.M. Rosa]

O conhecimento sobre áreas de vegetação aberta na Amazônia foi aprofundado a partir de expedições

cas edáficas da canga. Nesse trabalho, foi realizada uma análise comparativa incluindo 16 afloramentos de canga da região e verificamos que o número de espécies encontradas nas cangas aumenta conforme a sua área. A semelhança entre os pares de serras comparados também está positivamente relacionada ao aumento da área dos afloramentos. Enquanto isso, o número de espécies endêmicas compartilhado por pares de serras diminui de acordo com a distância entre elas. Trata-se de dados importantes que contribuem para o planejamento das ações ambientais na região.

Os resultados das pesquisas realizadas também indicam uma evidente dissimilaridade florística das cangas de Serra Arqueada (SA) em comparação às demais áreas de canga da Serra dos Carajás. A especificidade da SA é também evidenciada pelo registro de duas novas ocorrências de angiospermas para o Pará, além de oito espécies endêmicas do substrato das cangas de Carajás.

2018 a 2020 – A canga não se encaixa na definição de savana amazônica

Expedições a áreas de savana no oeste do Pará levaram ao aprofundamento do conhecimento de áreas de vegetação aberta na Amazônia, sobre a qual ainda há uma grande lacuna de conhecimento. Para isso, foram investigadas duas áreas de Monte Alegre num levantamento florístico listando 460 espécies de angiospermas. Esses dados foram consolidados com outras listas florísticas, representando as principais formações abertas no país, explorando as relações biogeográficas entre as áreas. Dentre os resultados relevantes, foram encontrados 23 novos registros de angiospermas para o estado do Pará, dos quais sete são novos também para Amazônia. Além disso, foram descobertas duas novas espécies.

A análise multivariada a partir de um banco de dados consolidado incluindo cinco outros tipos de vegetação, revelou que as cangas amazônicas formam um grupo bastante distinto e coeso, não sendo enquadradas como savanas amazônicas. Essas formas, então agrupadas sob o nome de “savanas amazônicas”, apresentam na verdade pouca afinidade florística. Ao contrário, o “cerrado amazônico” deve ser tratado como savana amazônica, uma vez que está mais relacionado ao nordeste da Amazônia do que ao Cerrado do Brasil Central.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Daniela C. Zappi^{1,4}, Alice Hiura¹, Juliana Lovo¹, Caroline O. Andrino¹, Rafael G. Barbosa-Silva¹, Maurício T.C. Watanabe¹, Pedro L. Viana², Ana M. Giuliatti³ (mauricio.watanabe@itv.org)

1. Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/ Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável; 2. Museu Paraense Emílio Goeldi; 3. Universidade Estadual de Feira de Santana; 4. Universidade de Brasília

Inventários Biológicos e Monitoramentos

Aplicação de DNA ambiental para caracterização da biodiversidade amazônica



Introdução

Abordagens moleculares, como DNA metabarcoding, que se baseia na análise de DNA ambiental (eDNA), extraído diretamente do ambiente (água, solo, fezes ou tecidos), têm demonstrado enorme potencial em estudos de monitoramento biológico. Essa é uma ferramenta que não se limita à análise de um único espécime – a técnica permite a identificação simultânea de múltiplas espécies com base no sequenciamento de regiões alvos do DNA extraído a partir de amostras ambientais (Hebert et al. 2003, Lynggaard et al. 2019).

Metodologia

O DNA metabarcoding vem sendo amplamente utilizado como método alternativo para o levantamento da biodiversidade de invertebrados (Coward et al. 2015), plantas (Yoccoz et al. 2012), vertebrados (Andersen et al. 2012), fungos dos solos (Schmidt 2013), assim como para avaliação de dieta de animais (Pompanon et al. 2012) e reconstrução de comunidades vegetais e animais antes das intervenções antrópicas (Epp et al. 2012).

Adicionalmente, a ferramenta permite medir as flutuações na riqueza de espécies que auxiliam a elaborar estratégias de conservação e manejo (Kelly et al. 2014). Considerando a eficiência e as vantagens da técnica para estudos de levantamento e monitoramento ambiental, o Instituto Tecnológico Vale (ITV) vem aplicando-a não somente para inventariar a fauna e a flora de Carajás, como para avaliar a distribuição das espécies dentro do ambiente específico.

As cangas de Carajás, ecossistemas savânicos sobre afloramentos rochosos ferruginosos, são ambientes únicos, megadiversos e com alto grau de endemismo e raridade tanto em relação a flora quanto a fauna (Zappi 2017, Giuletta et al. 2019). Recentemente, foi concluído o projeto Flora das Cangas da Serra dos Carajás (Viana et al. 2016, Zappi 2017), com descrição minuciosa das espécies ocorrentes na área. Em paralelo, um banco de códigos de barra de DNA referenciado por taxonomistas foi produzido, o que viabiliza a uma identificação das espécies mais acurada a partir de métodos como o de DNA metabarcoding (Zappi et al. 2017).

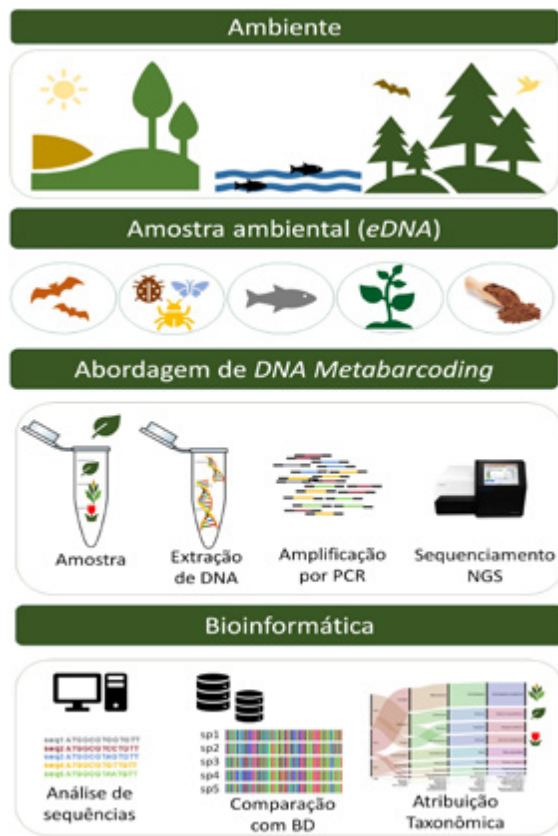
Estudos semelhantes estão em desenvolvimento para invertebrados cavernícolas, morcegos e peixes. A abordagem de DNA metabarcoding está sendo aplicada de forma intensiva nas áreas de Carajás. No caso das plantas, amostras de solos têm sido utilizadas para rastrear traços de DNA e recriar a composição atual em áreas específicas das cangas. A técnica permitiu avaliar a diversidade da flora e sua distribuição nas diferentes fitofisionomias da canga de Carajás, de forma rápida e acurada, utilizando marcadores moleculares específicos para plantas.

Resultados

Os resultados garantiram uma alta resolução taxonômica devido à disponibilidade do banco genético acima referenciado. Adicionalmente, a comparação da tecnologia de DNA metabarcoding com o método tradicional permitiu verificar que a abordagem molecular identifica um maior número de espécies, gêneros e famílias em relação ao método convencional. Isso mostra o efeito positivo da metodologia de DNA metabarcoding e que tal estratégia de investigação pode contribuir para a rotina de levantamento e monitoramento em Carajás.

A técnica permitiu avaliar a diversidade da flora e sua distribuição nas cangas de Carajás, de forma rápida e acurada, utilizando marcadores moleculares específicos

Figura 1. Esquema resumido da abordagem de DNA metabarcoding, técnica que avalia a diversidade de espécies a partir do eDNA extraído de amostras ambientais.



O mesmo resultado foi observado em um estudo de levantamento da ictiofauna nas lagoas situadas nas cangas, assim como riachos do entorno. A magnitude de identificação por meio de DNA extraído da água das lagoas foi maior comparado à lista de peixes gerada por métodos tradicionais. Porém, nesse caso, a identificação foi a um nível taxonômico inferior, devido à falta de referências genéticas em bancos de dados públicos. Este fato mostra a importância de gerar referências locais quando se visa a implementação de programas de monitoramento, podendo, assim, aumentar a resolução taxonômica e facilitar o monitoramento da biodiversidade no futuro.

O DNA metabarcoding também está sendo aplicado para avaliar a diversidade de invertebrados nas cavernas de Carajás. Esse tipo de estudo é de suma importância, uma vez que Carajás possui a maior riqueza de cavidades ferríferas do mundo. Estudos diversos vêm mostrando que essas cavidades possuem um elevado grau de endemismo biológico. No entanto, há poucos registros disponíveis tanto no âmbito taxonômico como molecular. Considerando esses fatos, pesquisas têm sido intensificadas no ITV na tentativa de ampliar as referências da fauna cavernícola e, conseqüentemente, o entendimento da biodiversidade desses ambientes tão particulares.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Gisele Lopes Nunes, Santelmo Vasconcelos, Rafael Valadares, José Augusto Bittencourt, Eder Soares Pires, Vitória Catarina Cardoso Martins, Amanda Manuely da Silva Oliveira, Ronnie Alves, Markus Gastauer, Guilherme Oliveira (gisele.nunes@itv.org).

Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/ Gerência Executiva de Investimento Social, Cultura e Inovação/ Instituto Tecnológico Vale, Desenvolvimento Sustentável (ITV-DS)

Ações em curso para o futuro que queremos

Espécies Ameaçadas e Endêmicas



Espécies Ameaçadas e Endêmicas

A previsibilidade da biodiversidade como ferramenta de gestão: ocupação de cavidades por morcegos no mosaico de Carajás



Foto: Leonardo Trevelin

Introdução

Um modelo de negócio moderno contempla a gestão da biodiversidade associada às suas linhas de produção, estabelecendo inicialmente uma “linha de base” de conhecimento na qual se fundamenta o manejo estratégico, orientado pela hierarquia de mitigação de impactos e o monitoramento contínuo de indicadores. A modelagem e previsibilidade espaço-temporal da biodiversidade são ferramentas poderosas para o planejamento destas ações estratégicas. Podem embasar desde a prevenção e mitigação até a compensação de impactos e trazer solidez e consenso científico para a prática de gestão, especialmente se fundamentados em critérios sólidos de vanguarda técnica, transparência e reprodutibilidade.

A parceria estabelecida entre a gerência de Espeleologia e Tecnologia da Vale e o Instituto Tecnológico Vale (ITV-DS) vem promovendo esforços consistentes nesse sentido. Os resultados obtidos com a modelagem ecológica em cavidades ferríferas de Carajás produzem conhecimentos que subsidiam processos de licenciamento am-

Uma descrição acurada da ocupação desses ambientes por morcegos é de fundamental importância para o equilíbrio entre conservação e produção

biental e contribuem para a segurança operacional da companhia. A seguir, apresentamos um estudo de caso com personagens ubíquos da fauna cavernícola dessa região, cujos resultados podem auxiliar no planejamento do avanço de cavas de exploração mineral, visando minimizar o impacto em suas colônias e o planejamento de futuros alvos de compensação.

Cavidades são consideradas abrigos estáveis que permitem o desenvolvimento de relações de dependência estreitas com os organismos que abrigam. Essa característica é tão marcante que sua fauna é classificada com base na intensidade destas relações de dependência. Morcegos, por exemplo, ocupam o papel das espécies cujo ciclo de vida depende da conexão entre a su-

perfície e o meio subterrâneo. Na província mineral de Carajás, a quantidade de cavernas associadas às cangas ferruginosas é quase tão notável quanto a quantidade de colônias de morcegos associadas a estas cavernas. Esse complexo de cavidades abriga colônias que variam de alguns poucos até centenas de indivíduos de diversas espécies, entre as quais, populações estáveis de três espécies ameaçadas de extinção no país: *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863, *Furipterus horrens* (Cuvier, 1828) e *Natalus macrourus* (Gervais, 1856).

A presença dessas espécies em cavidades é um dos critérios para sua classificação como “máxima relevância”, garantindo sua proteção contra supressão, além de uma área de amortecimento no seu entorno. Em alguns desses casos, essa classificação pode entrar em conflito com interesses de exploração e, devido à abundância de cavidades nas paisagens de Carajás, uma descrição acurada da ocupação desses ambientes por morcegos é de fundamental importância para o equilíbrio entre conservação e produção.

Metodologia

Visando compreender os padrões de ocupação por morcegos das diversas cavidades de Carajás, resultados de 3 anos de monitoramento de morcegos em 400 destas cavidades, foram compilados e organizados em um banco de dados. Nele, foram agrupadas a ocorrência das espécies em grupos ecológicos, assumindo que o processo de utilização destes ambientes cavernícolas está relacionado às estratégias de vida adotadas por estas espécies, estratégias que podem ser representadas por características de sua história natural. Foram estudados o grupo das espécies fitófagas (grupo 1), das espécies hematófagas (grupo 2), dos insetívoros de pequeno porte (que inclui duas das espécies ameaçadas – grupo 3) e dos animalívoros de maior porte (que inclui a terceira espécie ameaçada – grupo 4)– (Figura 1A-C).

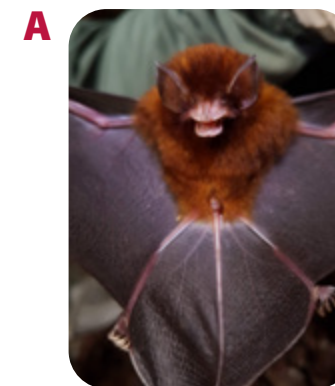
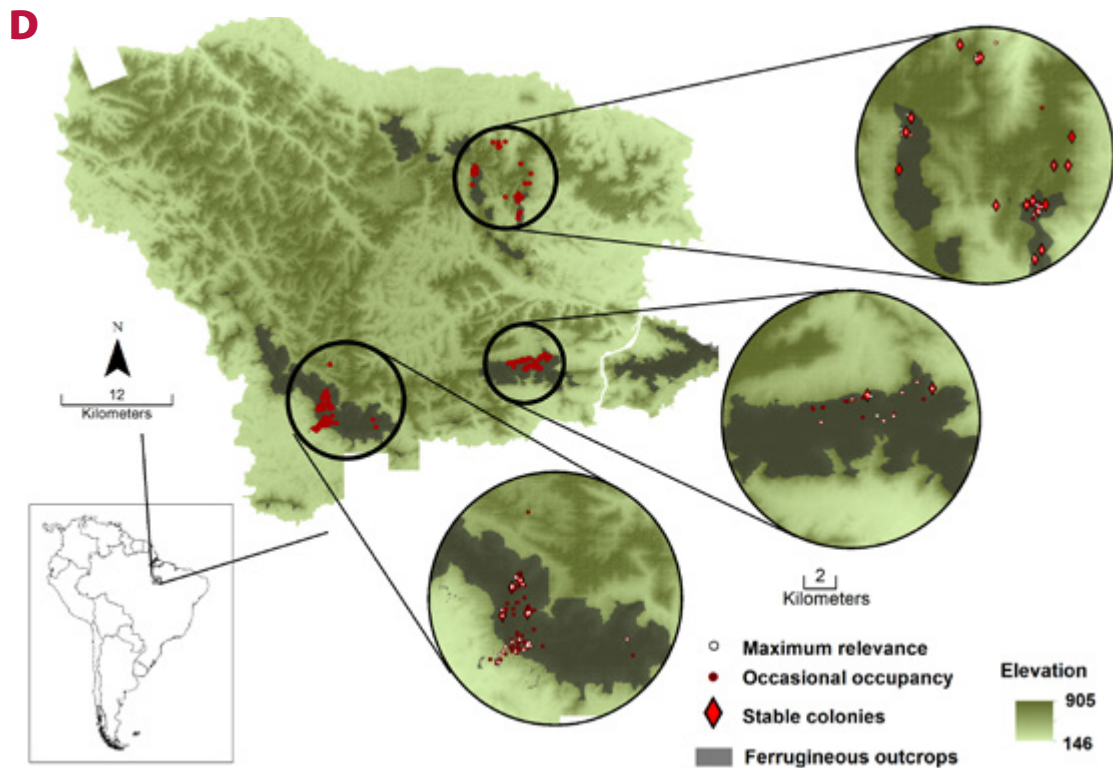


Figura 1. Espécies de morcegos cavernícolas ameaçadas de extinção no Brasil com populações relevantes em Carajás: (A) *Natalus macrourus* (Gervais, 1856); (B) *Furipterus horrens* (Cuvier, 1828); (C) *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863. Em (D), mapa preditivo da ocorrência de colônias estáveis, cavernas ocasionalmente ocupadas e cavernas classificadas como máxima relevância na Serra dos Carajás, para o grupo ecológico dos insetívoros de pequeno porte (que inclui as espécies *N. macrourus* e *F. horrens*)

Resultados

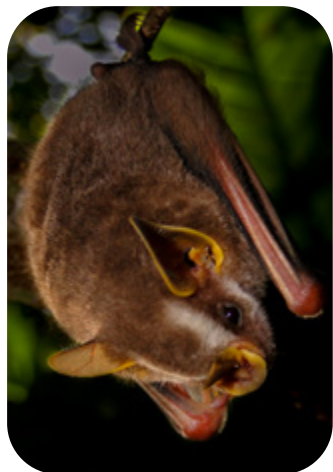


Foto: Leonardo Trevelin

Ao longo dos três anos, cada cavidade foi avaliada quanto à ocorrência de cada um dos grupos ecológicos, e aquelas cuja ocupação foi constante ao longo do período de amostragem foram consideradas colônias estáveis para aquele grupo. Utilizamos, então, modelos hierárquicos para modelar a ocupação das cavidades por cada grupo. Isso permite a modelagem do processo biológico (ocupação) e do processo amostral (detecção dos morcegos) de forma integrada, além de nos permitir compreender quais características condicionam a ocupação de cavernas por cada grupo.

Os modelos selecionados foram avaliados quanto à sua capacidade de prever a probabilidade de ocupação de cavernas previamente reconhecidas como colônias estáveis. Um resultado prático desse processo foi a utilização desses modelos para a previsão de outras cavidades com maior probabilidade de conter colônias estáveis de cada um dos grupos ecológicos estudados.

Os resultados obtidos indicaram de forma geral que as dimensões internas das cavidades são determinantes para sua ocupação e que características da paisagem externa, como a quantidade de habitats naturais e a distância entre as cavernas, foram complementares em explicar sua ocupação. Esses resultados refletem a relação desses organismos com o meio subterrâneo e seu papel em integrá-lo ao meio externo.

Além disso, foi possível construir mapas preditivos da ocorrência de colônias das espécies ameaçadas, distinguindo colônias estáveis daquelas apenas ocasionalmente utilizadas (Figura 1D). Com essa ferramenta, agora é possível auxiliar o planejamento futuro do avanço de cavas de exploração buscando minimizar o impacto em prováveis colônias de espécies ameaçadas, além de apontar as cavidades mais adequadas como alvos de compensação.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Leonardo Carreira Trevelin^{1*}; Mariane Soares Ribeiro²; Xavier Prous²; Matheus Henrique Simões²; Iuri V. Brandi²; Tereza Cristina Giannini¹; Guilherme Oliveira¹; Rodolfo Jaffé¹ (leonardo.trevelin@itv.org)

1. Instituto Tecnológico Vale; 2. Diretoria de Cadeia de Valor de Ferrosos/Gerência de Espeleologia e Tecnologia

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

A flor de Carajás, espécie endêmica das cangas



Introdução

Mais de 500 espécies de plantas com flores povoam as cangas na Floresta Nacional de Carajás. Entre as chamadas endêmicas restritas da canga, uma das mais ameaçadas é *Ipomoea cavalcantei*, também conhecida pelo nome local de Flor de Carajás. Essa espécie ocorre em cinco ilhas de canga, compreendendo cerca de 20 km², enquanto outras cangas são povoadas pelas *I. marabaensis*, relacionadas e mais amplamente distribuídas (Figura 1). Enquanto *I. cavalcantei* é muito rara no planeta, a espécie é abundante em vários habitats de canga.

Metodologia

Para planejar o manejo prioritário e a conservação de espécies endêmicas restritas, é fundamental responder a perguntas-chave sobre o ciclo de vida da espécie, genética, história natural, além de compreender os serviços ecossistêmicos relacionados a ela. O manejo tradicional de conservação utiliza o conceito de espécie como unidade de conservação. Estudos recentes mostraram que a variação fenotípica intraespecífica também é essencial para o funcionamento do ecossistema.

Além disso, a variação fenotípica permanente da espécie é elemento crucial da capacidade de sobrevivência da espécie por meio da adaptação diante das mudanças climáticas que se prevê que ocorram durante a nova era moderna Antropoceno. Assim, foi também estudado o grau e as origens da variação intraespecífica em *I. cavalcantei*.

Resultados

Os resultados mostram que *I. cavalcantei* oferece aos animais como alimento não apenas suas folhas, flores, sementes ou raízes, mas também grandes volumes de néctar de flores ricas em açúcar. As quantidades de néctar medidas estão entre as mais altas observadas entre as plantas de floração brasileiras. O néctar de *I. cavalcantei* atraiu mais de trinta espécies de animais, mostrando a importância da espécie entre os núcleos essenciais do ecossistema de canga necessários para a manutenção da biodiversidade de vertebrados e invertebrados.

Pela primeira vez, demonstrou-se que *I. cavalcantei* não produz sementes por meio da transferência de pólen tanto dentro como entre as flores da mesma planta. Para produzir sementes, as espécies precisam da transferência de pólen entre os indivíduos, o que é realizado pelos animais atraídos pelas flores. Assim, o sucesso reprodutivo da flor de Carajás depende completamente da presença, abundância e atividade dos animais polinizadores.

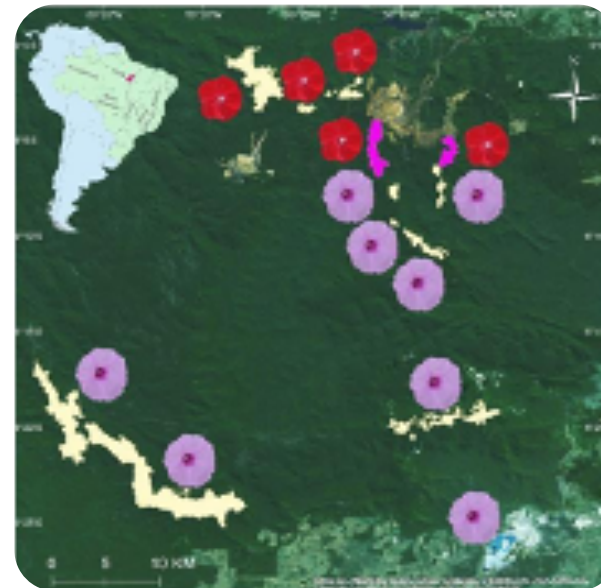


Figura 1. Distribuição de *Ipomoea cavalcantei* (vermelho) e *I. marabaensis* (lilás) entre as cangas da Floresta Nacional de Carajás.

Os resultados mostram que até dez espécies de beija-flores, duas espécies de grandes abelhas de orquídeas, gavião, várias espécies de abelhas nativas, bem como as abelhas alóctones podem ser polinizadores de *I. cavalcantei*. Nos últimos quatro anos, foram descobertos novos visitantes florais a cada ano consecutivo, enfatizando uma variação espaço-temporal na composição da comunidade polinizadora e indicando que o entendimento atual sobre as espécies e sua conectividade com o ecossistema ainda não está completo.



Figura 2. Polinizadores de *I. cavalcantei* e *I. marabaensis*

Na análise comparativa dos conjuntos de polinizadores, *I. cavalcantei* e *I. marabaensis* mostraram uma conectividade de planta-polinizador específica e compartilhada. Foram observadas espécies de beija-flores quase exclusivamente forrageadoras de néctar em *I. cavalcantei*, sendo que o mesmo se aplicava a outras espécies que foram visitantes específicos de *I. marabaensis*. Por outro lado, o gavião, as abelhas de orquídeas e as abelhas melíferas visitaram as flores de ambas as espécies (Figura 2).

Essa sobreposição em assembleias de polinizadores pode resultar na transferência de pólen entre as espécies de *Ipomoea*. Para entender se tais transferências interespecíficas de pólen podem ter qualquer consequência para a história natural das espécies, realizamos cruzamentos artificiais entre as espécies. Os resultados mostraram que *I. cavalcantei* e *I. marabaensis* geram híbridos, produzindo uma progênie de interespecíes viável. Em cangas localizadas na região norte da Floresta Nacional de Carajás, onde *I. cavalcantei* e *I. marabaensis* coexistem, foram encontradas plantas com flor magenta muito incomum. A análise molecular confirmou que esses indivíduos são híbridos interespecíficos naturais. Além disso, foi possível confirmar que os híbridos com flor magenta eram totalmente férteis, tanto masculinos quanto

femininos. A fertilidade dos híbridos naturais sustenta o fluxo gênico interespecífico que contribui para a geração da variação fenotípica, além das mutações naturais.

Em consonância com essas descobertas, o trabalho de campo revelou uma notável variação fenotípica intra-específica. Além das espécies de flor vermelha padrão *I. cavalcantei* e lilás padrão *I. marabaensis*, as populações selvagens de canga também compreendem indivíduos que variam na cor, forma e tamanho da flor (Figura 3, na próxima página). Assim, outro benefício importante dos numerosos visitantes de animais é a possibilidade de transferência interespecífica de pólen, que pode resultar na formação de híbridos interespecíficos. Plantas com flores diferentes se ajustam melhor às preferências inatas dos animais visitantes, o que poderia promover o sucesso reprodutivo individual. Alternativamente, essa variação pode

O trabalho de campo revelou
uma marcante variação
fenotípica intraespecífica
entre as espécies

Os resultados geraram protocolos de coleta de sementes de alta qualidade em larga escala, de germinação eficiente e estabelecimento de mudas

ajudar alguns indivíduos a evitarem herbívoros de sementes que as danificam e reduzem o sucesso reprodutivo. Essa variabilidade nas interações dos ecossistemas pode se tornar elemento crucial da sobrevivência das espécies nos

cenários que envolvem mudanças nas composições das espécies polinizadoras e mudanças climáticas.

Com base nesses resultados e com a implantação de melhorias técnicas, foram desenvolvidos protocolos passo a passo para a coleta de sementes de alta qualidade em larga escala, germinação eficiente de sementes e estabelecimento de mudas. Estes procedimentos estão sendo aplicados para os planos de conservação da *I. cavalcantei*. Além disso, no Parque Zoobotânico Vale em Carajás foi estabelecida coleção viva de flores com variações no fenótipo que, em contraste com espécimes mantidas em herbários, fornecerão importantes informações para gerações futuras.

Figura 3. A hibridação interespecífica entre *I. cavalcantei* e *I. marabaensis* alimenta a diversidade fenotípica. As flores de padrões botânicos estão à esquerda e à direita, respectivamente (as flores coletadas de indivíduos em nossa coleção *ex situ* estão no meio, o que mostra desvios, ou seja, variação fenotípica, em relação aos padrões botânicos)



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Elena Babiychuk¹, Lourival Tyski², Delmo Fonseca da Silva², Vera Lucia Imperatriz Fonseca¹, Alexandre Castilho³; Sergei Kushnir⁴ (babiychuk.elena@gmail.com; vlifonse@ib.usp.br; lourival.tyski@vale.com; alexandre.castilho@vale.com; Serguei.Kouchnir@teagasc.ie).

1. Instituto Tecnológico Vale; 2. Parque Zoobotânico Vale; 3. Diretoria Corredor Norte/Gerência de Meio Ambiente; 4. Teagasc, Crop Science Department.

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

Conservação de *Isoetes cangae*: da ampliação do conhecimento à reintrodução da espécie



Foto: Arquivos ITV DS

Introdução

Os projetos de atividades industriais de mineração na Serra dos Carajás são acompanhados por expedições científicas e pesquisas botânicas. Os estudos levaram à descrição de duas espécies do gênero *Isoetes* L. (*I. cangae* e *I. serracarajensis*), endêmicas dos campos rupes- tres ferruginosos (cangas), que ocorrem no topo dessas serras (Pereira et al., 2016). *Isoetes* são cosmopolitas, com habitats que variam de aquático a terrestre e represen- tam um grupo vegetal fundamental para entender a evolução das plantas modernas, por serem os últimos remanescentes vivos da ordem ancestral, Isoetales (He- ttherington et al., 2016).

Enquanto a ocorrência de *I. serracarajensis* foi descrita em várias áreas de canga, somente uma população de *I. cangae* foi encontrada submersa em lago da Serra Sul de Carajás. Somado ao potencial de impacto no seu habitat natural, *I. cangae* é considerada criticamente ameaçada. Seguindo os pilares da hierarquia de mitigação de impactos, a Vale desenvolve uma série de ações para a conservação de espécies e para assegurar a exploração sustentável dos recursos naturais na região. Para tanto, estudos multidisciplinares têm sido realizados em parceria com o NUPEM-UFRJ, ampliando o conhecimento de *Isoetes* para conciliar progresso econômico e conservação ambiental.

Foi realizado um estudo amplo de caracterização morfológica, fisiológica e genética de *Isoetes cangae* e *Isoetes serracarajensis*

Metodologia

Foi realizado um amplo estudo para caracterização morfológica, fisiológica e genética de *I. cangae* e *I. serracarajensis*. Apesar de ambas as espécies apresentarem semelhanças vegetativas e poucas variações quanto ao genoma do cloroplasto, diferentes marcadores nucleares do tipo SNPs (*Single Nucleotide Polymorphism*), adaptações fisiológicas e sobretudo as características morfológicas específicas das estruturas reprodutivas (metodologia taxonômica clássica) são capazes de distinguir as duas espécies. Além desta diferenciação, esses resultados estabelecem uma base para uma compreensão mais profunda da evolução do gênero *Isoetes* (Nunes et al., 2018) e reforçam a necessidade de medidas de conservação, sobretudo para *I. cangae* que, mesmo após exaustivas buscas, não foi encontrada em outras áreas.

A caracterização de habitats, assim como o monitoramento de condições bióticas e abióticas do meio, foi realizada visando compreender aspectos amplos da ecologia das espécies e os fatores limitantes ao seu desenvolvimento. O monitoramento, ao longo de mais de dois anos de estudo, evidenciou a importância de fatores ambientais para o crescimento e reprodução das plantas, permitindo compreender o ciclo reprodutivo da espécie.

Além disso, o domínio de técnica de propagação é essencial para a conservação por permitir a multiplicação de plantas e nortear a elaboração de planos de manejo. Como *Isoetes* são plantas que não possuem flores e sementes, sua reprodução é mediada pelo desenvolvimento de esporos. Por meio da fertilização *in vitro*, estabelecemos protocolo de propagação para *I. cangae* com alto rendimento. Quando são utilizados esporos masculinos e femininos maduros no processo, a taxa de germinação alcança mais de 70%, mas é nula quando utilizados esporos jovens e imaturos (Caldeira et al., 2019).

Por meio desses estudos *in vitro*, verificamos que esta espécie não apresenta autoincompatibilidade, ou seja, é possível ocorrer a autofecundação ou a fecundação cruzada. Estudos genéticos de alta resolução mostram que no ambiente natural a fecundação cruzada é mais frequente. Estas informações são importantes para manutenção da diversidade genética e evolução da espécie. Estes resultados já são usados para produção de plantas *ex situ* e definição de estratégias para introdução assistida da espécie.

Os estudos genéticos são também essenciais para a determinação da diversidade genética e fluxo gênico de populações. Tais estudos asseguram a capacidade de manutenção da viabilidade da espécie no longo prazo, e permitem também o cálculo do número mínimo de indivíduos necessários para a conservação genética da espécie e coleta de matrizes para propagação e manutenção em coleções vivas. Inicialmente, esses estudos foram realizados por meio de marcadores moleculares do tipo

ISSR. Foi observado um alto índice de diversidade e um grande fluxo gênico dentro da população de *I. cangae*.

Com o intuito de aprofundar os resultados, foram realizados novos estudos através de abordagem que permite a identificação de milhares de marcadores genéticos simultaneamente. Essa metodologia confirmou a alta diversidade na população, observada pela elevada taxa de heterozigotos na amostragem, assim como evidenciaram valores negativos para o coeficiente de endogamia (indivíduos geneticamente semelhantes). Estes resultados estão alinhados com a hipótese de *I. cangae* apresentar predominantemente a reprodução sexuada entre indivíduos distintos, o que, somado ao alto valor de diversidade nucleotídica, explica a grande diversidade genética encontrada na espécie.



Foto: Arquivos ITV DS

Resultados

A conservação de recursos genéticos pode ser realizada *in situ*, no estado natural de ocorrência da espécie na natureza, ou *ex situ*, sob forma de coleções e bancos de germoplasma. Duas coleções com plantas vivas de *I. cangae* são mantidas nas dependências do ITVDS e do NUPEM-UFRJ. Ambas as coleções prezam pela diversidade genética, sendo continuamente renovadas. Em condições controladas, foi observado que as plantas são capazes de se reproduzir após cerca de 9-12 meses de vida.

Esporos coletados em campo, ou gerados em condições controladas, são armazenados em diferentes condições e estão sendo testados quanto à viabilidade a longo prazo, para a implementação de um banco de esporos. As análises iniciais indicaram que os esporos mantidos hidratados em temperatura ambiente apresentam redução significativa da viabilidade, enquanto esporos criopreservados (-196°C) apresentam resultados satisfatórios. Em geral, estes estudos estabelecem as bases para o desenvolvimento de estratégias de conservação de *I. cangae*.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Cecilio Caldeira¹, Guilherme Oliveira¹, Naiara V. Campos², Emiliano N. Calderon², Mirella P. Santos², Daniel B. Zandonadi², Rodrigo L. Martins², Jeronymo Dalapicolla¹, Keyvilla Aguiar¹, Rodolfo Jaffé¹, Silvio Ramos¹, Markus Gastauer¹, Tasso Guimarães¹, Rafael Valadares¹, Cinthia M. Bandeira¹, Aline L. Ferreira², Ana C. Fernandes², Analy M.O. Leite², Anderson R. Gripp², Arthur V. de S. Lopes², Danielle S. dos Santos², Henrique F. dos Santos², Janiélio G. Rocha², João V. S. R. de Araujo², Lais B. Jordão², Lísia M.S. Gestinari², Luís A.S. Prado², Luiz C. F. Ribeiro², Lupis R. Gomes-Neto², Marcos P. Figueiredo-Barros², Mariana H. Marques², Paula V. M. Pontes², Quézia S. Santos², Rafael R. Ferreira², Rodrigo N. da Fonseca², Sérgio L. Cavalheiro-Filho², Vinnícius M. S. Gomes², Francisco A. Esteves², Tais Fernandes³, Fernando Marino³, Osiel Magalhaes³, Alexandre Castilho³, Daniela Scherer³

1. Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável;
2. Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade - NUPEM – UFRJ;
3. Diretoria de Cadeia de Valor de Ferrosos

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

Conservação de *Isoetes cangae*: esforços integrados abrem caminho para reintrodução da espécie em ambiente natural

Foto: Arquivos ITV DS



Introdução

A partir dos resultados obtidos na primeira fase de estudos, uma nova série de atividades foram realizadas para ampliar o conhecimento da ecologia de *Isoetes cangae* e fornecer subsídios para sua conservação. Para reduzir os riscos de perda da espécie, estas atividades têm por objetivo ampliar sua ocorrência e perpetuidade em ambiente natural. Assim, a propagação de *I. cangae* em larga escala é fundamental para:

- I) obtenção de plantas em grande número para estratégias de recomposição da população;
- II) manutenção de matrizes genéticas da espécie, assegurando a diversidade genética;
- III) realização de estudos em diferentes condições ambientais para estabelecer o potencial de desenvolvimento da espécie em determinadas áreas e; finalmente,

IV) realização da transferência assistida para áreas com maior potencial de sobrevivência. Adaptações realizadas no protocolo de fertilização *in vitro* permitem o uso continuado de estruturas reprodutivas de várias plantas matrizes e a produção de plantas com elevada diversidade genética. Atualmente, mais de três mil plantas já foram propagadas em laboratório e estão sendo usadas em diferentes estudos, tanto em condições controladas quanto em campo.

Uma vez superado o desafio da propagação e obtenção de plantas em larga escala, o crescimento e cultivo dessas plantas representa a etapa seguinte no desenvolvimento de estratégias de conservação. Para desenvolver e otimizar protocolos de cultivo, assim como entender a capacidade de adaptação a novos ambientes, estudamos o crescimento de *I. cangae* em diferentes substratos, níveis de coluna de água, fontes de nutrientes, luz e temperaturas variadas, fatores estes determinantes do desenvolvimento vegetal. A espécie foi capaz de completar seu desenvolvimento na maio-

ria das condições testadas, sugerindo alta plasticidade e potencial de adaptação a diferentes ambientes. Mesmo com aumento de temperatura e alteração da disponibilidade de nutrientes (gargalos para conservação de várias espécies de *Isoetes*), as plantas completaram seu ciclo reprodutivo. Em condições controladas, plantas de *I. cangae* foram capazes de sobreviver a longos períodos de estresse hídrico, com folhas fora da água e o corno mantido em substrato úmido. Além de fornecer informações para escolha de áreas com maior potencial, esses resultados foram também úteis para otimizar o protocolo de cultivo, o qual tem permitido que espécimes de *I. cangae* alcancem a fase adulta em cerca de sete meses e, portanto, fornecendo estruturas reprodutivas para propagação.

O isolamento de bactérias em plantas de *I. cangae* em seu habitat natural e o emprego de inoculantes em cultivos levou a melhorias no crescimento, aumentando o número de folhas, área foliar e crescimento de raízes em estudos *in vitro*. Estirpes endofíticas de *I. cangae*, envolvidas com a fixação de nitrogênio e solubilização de fósforo, foram capazes de aumentar seu crescimento em até 5 vezes. Esses materiais poderão ser usados para aprimorar os protocolos de cultivo e favorecer a colonização das plantas em novas áreas.

Para aumentar as chances de sucesso em campo, onde as condições ambientais são flutuantes e diferem do controle do laboratório que são propagadas, as plantas

O isolamento de bactérias em plantas de *I. cangae* em seu habitat natural e o emprego de inoculantes em cultivos levou a melhorias no crescimento, aumentando o número de folhas, área foliar e crescimento de raízes em estudos *in vitro*

passam por um período de aclimação, no qual o ambiente é parcialmente controlado e simula as condições do local de destino. Em piscinas com circulação forçada de água para filtragem e controle de temperatura, mais de 1500 plantas já foram aclimatadas no viveiro de mudas da Vale na Serra Norte em Carajás. Durante este período, as plantas são mantidas em uma mistura de substrato orgânico e sedimentos do lago de origem para interação com biota associada a espécie. Mesmo com mortalidade praticamente nula durante aclimação, realizamos testes com diferentes recipientes de crescimento

O uso de marcadores moleculares, como genes ou proteínas, é feito para acompanhar o desempenho das plantas em diferentes condições ambientais

e transporte para aumentar a eficiência de plantio e sobrevivência em campo. Resultados iniciais selecionam recipientes que não prejudicam o crescimento, auxiliam na manutenção da integridade da planta durante o transporte e facilitam a fixação no fundo do lago.

O monitoramento das plantas em campo é fundamental para definição da capacidade de manutenção da população em estado natural ou para apontar a necessidade de intervenções. O uso de marcadores moleculares, sejam genes ou proteínas, constituem uma ferramenta importante para acompanhar o desempenho das plantas em diferentes condições ambientais. O estabelecimento desses marcadores para *I. cangae* foi realizado por meio da proteômica (análise de proteínas) de plantas em diferentes condições, desde estressadas, com cres-

cimento reduzido e poucas estruturas reprodutivas, a plantas vigorosas. Nesse ensaio, as plantas que apresentavam um pior desempenho tiveram maior acúmulo de proteínas associadas envolvidas na resposta ao estresse, como as peroxidases, proteínas que combatem radicais livres. Uma única proteína (α -manosidade) foi quantificada como superexpressa em todas as plantas estressadas, podendo ser usada como um bom marcador de estresse para *I. cangae*. Em outro estudo para avaliação de tolerância à seca, verificou-se que os genes que codifica, para enzimas antioxidantes, as proteínas relacionadas a bioenergética e proteínas relacionadas a sinalização hormonal também são bons marcadores de estresse e podem ser usados para monitoramento das plantas.

Como uma etapa integrativa dos conhecimentos gerados e também decisiva para o processo de conservação de *I. cangae*, foi desenvolvido um protocolo para transporte e estabelecimento que permitisse a manipulação de grande número de espécimes, buscando minimizar estresse e mortalidade durante o processo de introdução assistida. Até o momento foram introduzidos um total de 600 espécimes propagados em laboratório em dois ambientes da Serra dos Carajás. No primeiro mês, a sobrevivência no ambiente de ocorrência natural (controle) foi de 10%, enquanto no novo ambiente, de 20%. Oito meses depois, a sobrevivência neste novo ambiente é de aproximadamente 50%, valores considerados altos e que apontam para o sucesso do protocolo utilizado.



Foto: Arquivos ITV DS

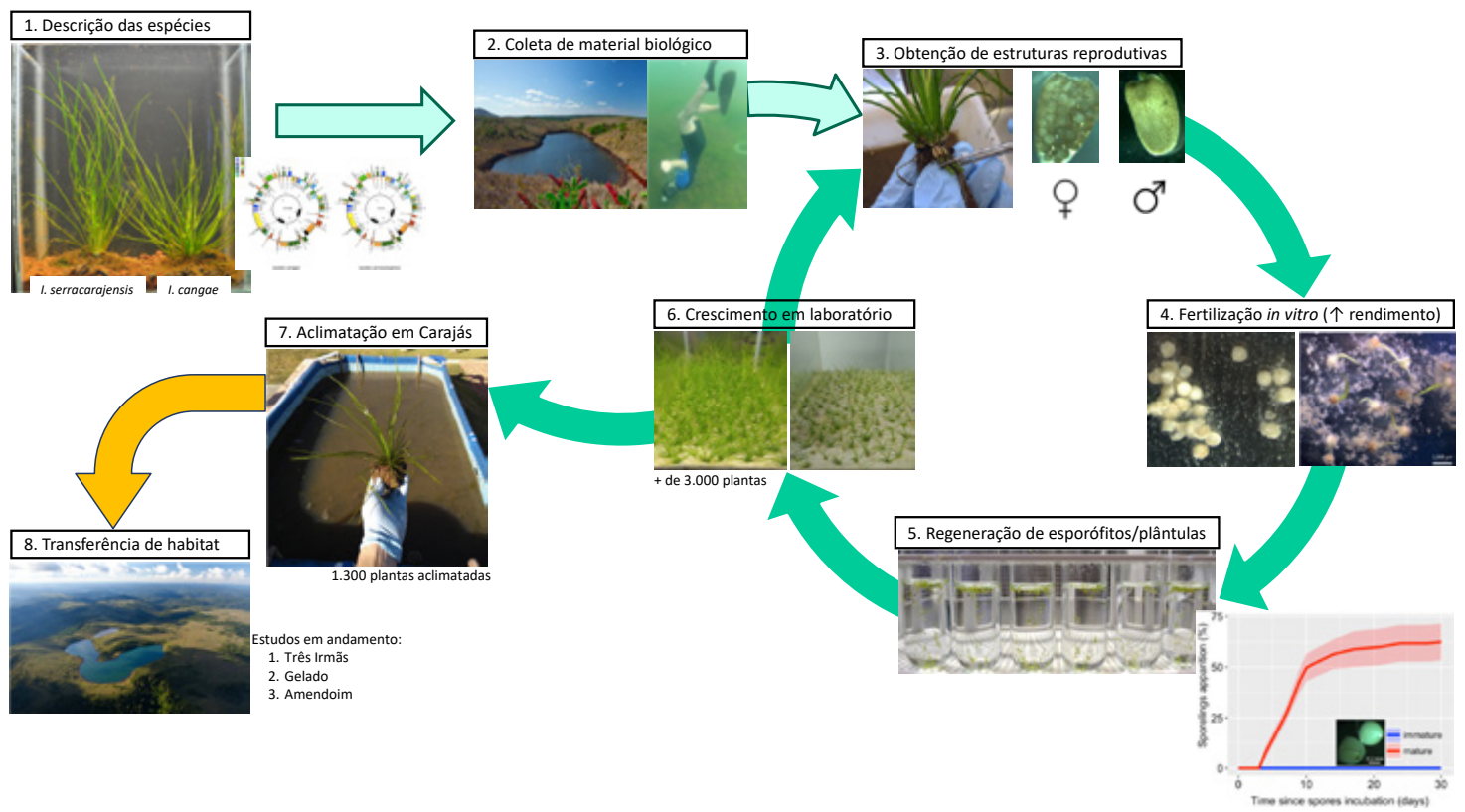


Figura 1. Resumo gráfico dos estudos de conservação de *Isoetes cangae*. (1) descrição detalhada das duas espécies de *Isoetes* com ocorrência em Carajás (*I. cangae* e *I. serracarajensis*), incluindo a montagem completa do genoma do cloroplasto de ambas as espécies (estruturas circulares a direita); (2) a coleta de material biológico e sedimentos no lago Amendoim permitiu aumentar o conhecimento de *I. cangae* e de seu habitat, passando pela caracterização física, química e biológica dos sedimentos, assim como plantas adultas forneceram (3) estruturas reprodutivas para estudos de morfologia e também para o desenvolvimento de protocolos de propagação, onde a (4) fertilização *in vitro* usando esporos maduros levou a obtenção de alto rendimento, uma grande proporção de esporos gerando novas plantas. (5) Essa técnica de propagação foi otimizada para produção de plantas em larga escala, sendo replicada para elevado número de esporos e diferentes plantas, mais de 3.000 plantas já foram propagadas em laboratório. Após germinação, (6) a primeira etapa de crescimento das plântulas é realizada em condições controladas (laboratório), onde ajustes das condições ambientais foram realizados para permitir o crescimento vigoroso da espécie. Periodicamente, lotes de plantas são levadas do laboratório para (7) aclimação no viveiro de mudas da Vale em Carajás. Plantas jovens alcançam a fase reprodutiva em piscinas que simulam as condições de campo. Mais de 1.300 plantas passaram por essa fase, estando aptas a serem levadas para ambiente natural. Finalmente, (8) a transferência para estes locais foi iniciada de forma experimental em três localidades no interior da FLONA de Carajás.

Até o momento foram introduzidos um total de 600 espécimes propagados em laboratório em dois ambientes de Carajás. A sobrevivência foi considerada alta, apontando para o sucesso do protocolo

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Cecilio Caldeira¹, Guilherme Oliveira¹, Naiara V. Campos², Emiliano N. Calderon², Mirella P. Santos², Daniel B. Zandonadi², Rodrigo L. Martins², Jeronymo Dalapicolla¹, Keyvilla Aguiar¹, Rodolfo Jaffé¹, Silvio Ramos¹, Markus Gastauer¹, Tasso Guimarães¹, Rafael Valadares¹, Cinthia M. Bandeira¹, Aline L. Ferreira², Ana C. Fernandes², Analy M.O. Leite², Anderson R. Gripp², Arthur V. de S. Lopes², Danielle S. dos Santos², Henrique F. dos Santos², Janiélio G. Rocha², João V. S. R. de Araujo², Lais B. Jordão², Lísia M.S.Gestinari², Luís A.S. Prado², Luiz C. F. Ribeiro², Lupis R. Gomes-Neto², Marcos P. Figueiredo-Barros², Mariana H. Marques², Paula V. M. Pontes², Quézia S. Santos², Rafael R. Ferreira², Rodrigo N. da Fonseca², Sérgio L. Cavalheiro-Filho², Vinnícius M. S. Gomes², Francisco A. Esteves², Tais Fernandes³, Fernando Marino³, Osiel Magalhaes³, Alexandre Castilho³, Daniela Scherer³ (cecilio.caldeira@itv.org)

1. Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável; 2. Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade - NUPEM – UFRJ; 3. Diretoria de Cadeia de Valor de Ferrosos Vale.



Serra de Carajás

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

Ampliação da distribuição geográfica, domínio das técnicas de germinação e cultivo da *Ruellia anamariae* A.S. Reis, A. Gil & C. Kameyama, espécie endêmica da Amazônia Oriental, Brasil



Foto: Sergio Sakagawa

Introdução

Estudos estratégicos visando o conhecimento da flora de Carajás vêm sendo realizados na região desde os anos 2000, rendendo a descoberta de inúmeras espécies novas para a ciência, bem como a ampliação de ocorrência de outras. Algumas espécies acabam sendo esquecidas nas coleções dos herbários, vindo a ser descritas muitos anos depois de sua primeira coleta. Este foi o caso de *Ruellia anamariae* A.S. Reis, A. Gil & C. Kameyama, cujas primeiras coletas datam de 1984, e a descrição oficial da de 2017, por Reis e colaboradores durante a elaboração da Flora de Carajás.

O estudo visou revisitar herbários, buscar novos registros na área potencial de ocorrência e detalhar a distribuição de *R. anamariae*, espécie até então conhecida apenas por duas populações disjuntas

A espécie *Ruellia anamariae* é um arbusto de flores creme de até 5m de altura (Figura 1, 2), que era até o momento considerada endêmica do estado do Pará e conhecida para apenas duas populações disjuntas, platôs da Floresta Nacional de Carajás e na Serra das Andorinhas. Contudo, a publicação da espécie avaliou um conjunto restrito de registros disponíveis no herbário para definir a área distribuição e sua categorização em cima dos critérios da IUCN. A extensão de ocorrência foi de 741.437 km² (polígono de ocorrência) e área de ocupação foi de 20 km² (pontos dentro do polígono), resultando na categoria de criticamente em perigo (Figura 3).



Figura 2. Indivíduo de *Ruellia anamariae* em campo

Metodologia

Nesse sentido, o presente estudo visou revisitar herbários, buscar novos registros em sua área potencial de ocorrência e detalhar o mapeamento da distribuição espécie *R. anamariae*. Além disso, estratégias de conservação *ex situ* foram aplicadas com técnicas de transplante, cultivo e protocolos de germinação para produção de mudas, visando assim contribuir com o conhecimento e conservação da espécie.

As buscas em herbário ampliaram registros novos para a região de Carolina (MA), no PARNA da Chapada das Mesas em litologia de Campo Rupestre quartzítico, além de registros associados a arenito para a região de Cumarú (PA), e afloramentos de ferro em Serra Leste em Curionópolis (PA), sendo a extensão de ocorrência atualizada para 45.190,107 km² (EOO) e área de ocupação para 76 km² (AOO), resultando na categoria de ameaçada (EN) – (Figura 4).

Adicionalmente, a busca por novos registros da espécie vem sendo realizada através de caminhamentos nos platôs da Floresta Nacional de Carajás e entorno desde 2015.

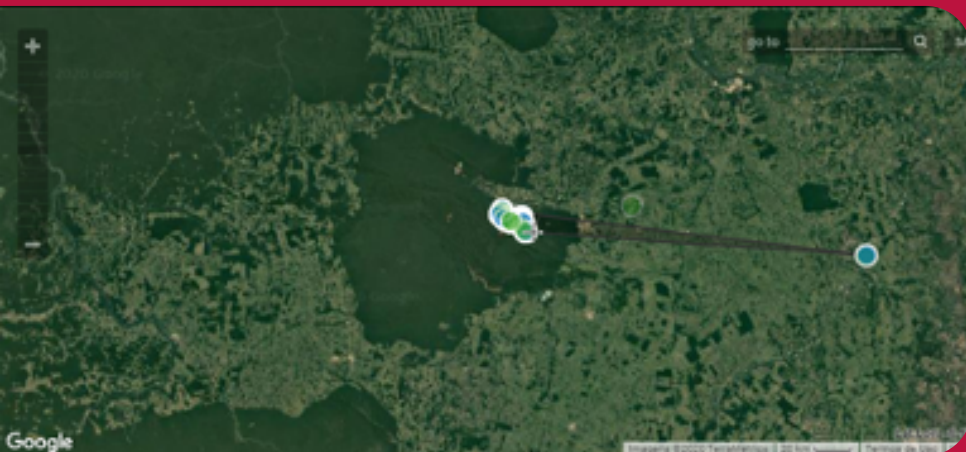


Figura 3. Distribuição global de *Ruellia anamariae* de acordo com Reias et al. 2015

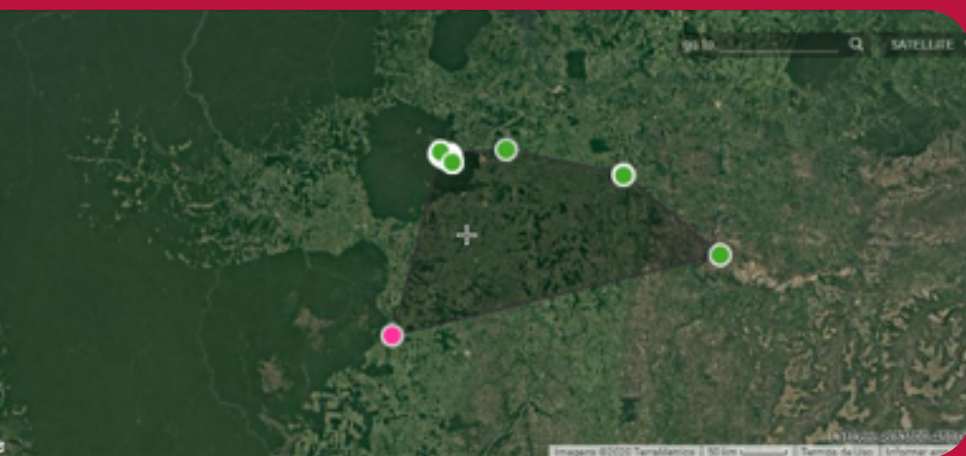


Figura 4. Atualização da Distribuição global de *Ruellia anamariae* com novos registros

Resultados

Os resultados indicam o registro novas 22 manchas de indivíduos de *R. anamariae*, ampliando consideravelmente sua densidade dentro da área de ocorrência, demonstrando que a espécie é muito mais comum que se imaginava. Contudo, esse mesmo padrão de busca precisa ser realizado nas demais localidades da espécie para efetivamente quantificar o tamanho de suas populações.

Os experimentos de transplante com a espécie *R. anamariae* foram iniciados no mês de julho de 2019 no período da seca, quando foram retirados 20 indivíduos adultos de população natural utilizando ferramentas apropriadas e transplantados em caixotes de madeira, revestido com biomanta vegetal para contenção do substrato. As amostras foram destinadas ao Viveiro da Serra Norte para monitoramento. Os primeiros resultados sugerem que o transplante de indivíduos adultos apresenta alto potencial de sucesso. Porém, a irrigação e manutenção do solo úmido são essenciais para o sucesso do transplante.

As sementes de *R. anamariae* também foram coletadas na Floresta Nacional de Carajás em 2019. As plântulas produzidas das sementes foram cultivadas no viveiro de mudas da Vale S/A, localizado no Miguelão (Nova Lima, Minas Gerais), para acompanhamento de sobrevivência e potencial de produção de mudas. Os resultados indicam que sementes de *Ruellia anamariae* podem ser utilizadas para a produção de mudas, possuem potencial para armazenamento em bancos de semente e uso em processos de recuperação ambiental. Na próxima etapa, serão produzidas mudas e realizados resgates de maior porte para futuras introduções em áreas protegidas de Carajás e entorno.

As sementes de *Ruellia anamariae* podem ser utilizadas na produção de mudas, com potencial para armazenamento em bancos de semente e uso em processos de recuperação ambiental



Figura 5. *R. anamariae* florida no viveiro em Carajás



Figura 6. *R. anamariae* florida no viveiro em Carajás

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Mariana Wardil¹, Samir Rolim¹, Felipe Peixoto¹, Bruno Falcão¹; Sérgio Sakawaga¹; Marcelo Pinho¹, Fernando Santos², Alexandre Damasceno², Tais Fernandes², Alexandre Castilho³, Cesar Neto³, Marcilio Zanetti⁴, Fernando Silveira⁵, André Cardoso⁶ (mariana.valentina@amploengenharia.com.br; fernando.gomes.santos@vale.com)

1. Amplo Engenharia Gestão de Projetos; 2. Vale, Diretoria Cadeia de Valor Ferrosos/ Gerencia de Licenciamento, Espeleologia e Estudos Ambientais; . 3. Vale, Diretoria de Ferrosos do Corredor Norte/ Gerência de Meio Ambiente; 4. Bioma Meio Ambiente; 5. Universidade Federal de Minas Gerais; 6. Sete Soluções e Tecnologia Ambiental.

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

Ampliação da distribuição e primeiros experimentos de translocação da espécie endêmica de Carajás, *Daphnopsis filipedunculata* Nevling & Barringer



Foto: André Cardoso

Introdução

A espécie *Daphnopsis filipedunculata* é uma arvoreta de até 8 m de altura, endêmica da Floresta Nacional de Carajás e descrita como restrita às florestas de transição dos platôs da Serra Norte. A espécie foi descrita em 1993, a partir de uma única coleta, realizada em 1982 na área do antigo acampamento hoje Mina de N4, que continha apenas flores masculinas. Inicialmente, chegou a ser apontada pelo IBAMA como potencialmente extinta, por ser conhecida apenas por seu material tipo coletado há quase 40 anos.

Em 2012, botânicos redescobriram a espécie com novos registros na Serra Norte e, em 2017, foram localizados os primeiros indivíduos femininos com inflorescências estaminadas e frutos, tendo a área de ocorrência ampliada consideravelmente na Serra Norte. A partir disso, foram realizadas buscas específicas, estudos ecológicos e fenológicos, detalhamento taxonômico e estudos sobre o domínio das suas técnicas de cultivo e resgate. Um case de sucesso que ainda não teve seu desfecho, visto que novos registros

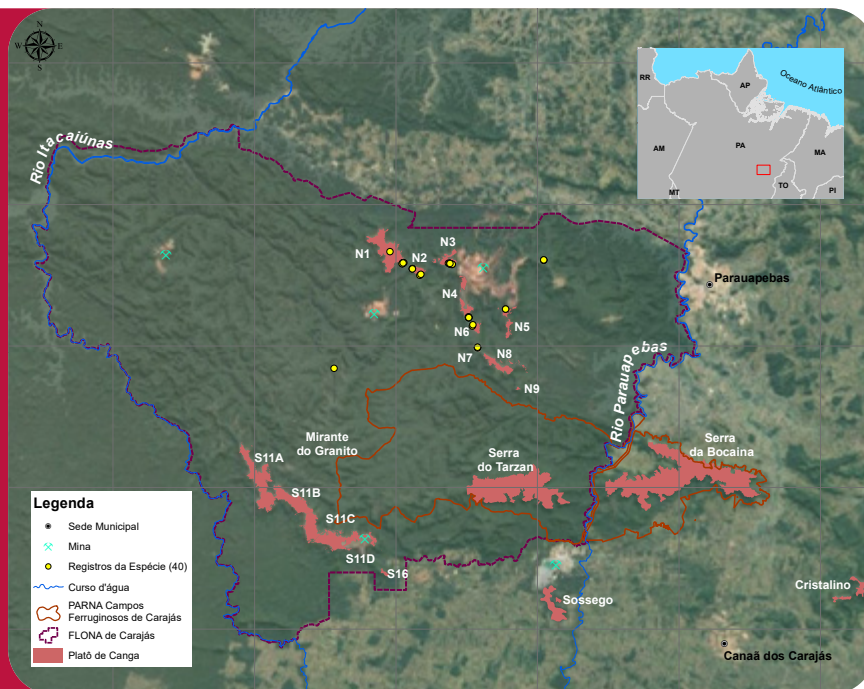
podem ampliar sua distribuição a locais muito além do que se conhece até o momento.

Pesquisas recentes confirmam que *D. filipedunculata* é uma espécie rara, restrita a FLONA de Carajás com distribuição nos platôs de N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N7 na Serra Norte (Figura 1) (Watanabe et al, 2018; Giulietti et al., 2019). Contudo, novas pesquisas em herbários

amazônicos e internacionais apontam que a espécie pode possuir uma distribuição mais ampla do que a inicialmente prevista, com possíveis registros em outras localidades no sudeste do Pará vegetando em floresta ombrófila (Bannach) e na Guiana Inglesa em vegetação savânica a quase 3000 km de Carajás. Essas amostras foram visualizadas em herbários virtuais, mas ainda precisam de validação dos especialistas.

Metodologia

Figura 1. Localização de registros de *Daphnopsis filipedunculata* na Floresta Nacional de Carajás



Os experimentos de transplante com *D. filipedunculata* foram iniciados em julho de 2019, quando foram retirados 20 ramos adultos da população da Lagoa da Mata (N5). Foram transplantados um ramo por caixote de madeira, revestido com biomanta vegetal, utilizando-se ferramentas apropriadas para manter a integridade de suas raízes. Para a retirada do torrão, foi realizada uma cova de 20 cm de profundidade ao redor do indivíduo e retirado com a ajuda de uma pá. Foram utilizados 70% de substrato autóctone e 30% de composto orgânico para melhorar a fixação das plantas e fornecer matéria orgânica. No momento do plantio, foi realizada a poda de 50% de cada folha, para evitar o estresse hídrico causado pelo trauma na retirada da raiz do solo (Foto 5).

As amostras foram destinadas ao Viveiro Florestal de Carajás, localizado em Serra Norte para monitoramento mensal, ficando expostas ao ar livre sob sombrite com luminosidade de 50%.

Resultados

Esses primeiros resultados sugerem que transplante de indivíduos adultos apresenta alto potencial de sucesso; porém, a irrigação e manutenção do solo úmido são essenciais para o sucesso do transplante, uma vez que mudas sem irrigação não sobreviveram em virtude do estresse hídrico.

Flor feminina de *Daphnopsis filipedunculata*



Fruto maduro de *Daphnopsis filipedunculata*



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Mariana Wardil¹, Fernando M. G. Santos², Tais Fernandes², Alexandre Castilho³, César Neto³, Lourival Tyski³, Fábila Cavalcante³, Felipe Peixoto¹; Bruno Falcão¹; Felipe Pena¹, Cristiano Vidal¹, Izabella Braga¹, Sérgio Sakawaga¹; Marcelo Pinho¹, Samir Rolim¹, André Cardoso⁴, Daniela Zappi⁵; Nara Mota^{5,6}, Mayara Pastore^{5,6}; Maurício Watanabe⁵ (mariana.valentina@amploengenharia.com.br e fernando.gomes.santos@vale.com)

1. Amplo Engenharia Gestão de Projetos; 2. Vale, Gerência de Licenciamento, Espeleologia e Estudos Ambientais, Diretoria Cadeia de Valor Ferrosos; 3. Vale, Gerência de Meio Ambiente, Diretoria de Ferrosos do Corredor Norte; 4. Sete Soluções e Tecnologia Ambiental; 5. Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável; 6. Museu Paraense Emílio Goeldi

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

Genômica da paisagem aplicada na hierarquia de mitigação



Introdução

A genômica da paisagem é uma linha de pesquisa interdisciplinar que visa entender como as mudanças na paisagem influenciam a dinâmica das populações silvestres e a sua capacidade para sobreviver e persistir em ambientes alterados. Durante os últimos quatro anos, foi consolidada linha de pesquisa específica em genômica da paisagem aplicada na hierarquia de mitigação, focando em estratégias para a exploração mais sustentável dos recursos naturais. Três projetos focados em diferentes etapas da hierarquia da mitigação, que utilizaram essa abordagem para estudar plantas de Carajás de especial interesse para conservação e restauração, são apresentados a seguir.

Estratégias para evitar a extinção da Flor de Carajás



Figura 1. A Flor de Carajás (*Ipomoea cavalcantei*; foto: João Marcos Rosa)

A Flor de Carajás (*Ipomoea cavalcantei*, Figura 1) é uma espécie-bandeira para a conservação dos campos ferruginosos de Carajás. Ela apresenta uma distribuição restrita e foi classificada como ameaçada de extinção. Um primeiro trabalho avaliou a saúde genética da Flor de Carajás em comparação com uma outra planta do mesmo gênero (*I. maurandioides*), porém de ampla distribuição no continente. Ao contrário do que se esperava, a Flor de Carajás apresentou uma única população com alta diversidade genética, enquanto a outra espécie, com ampla distribuição, demonstrou ter populações diferenciadas e menor diversidade genética. Foram também apresentados possíveis marcadores genéticos responsáveis por adaptações às condições ambientais das savanas amazônicas, que poderiam auxiliar futuros programas de conservação *in situ* e *ex situ*, sugerindo estratégias para evitar a extinção da espécie ([conheça aqui](#)).

Foi avaliado como a perda de habitats naturais impulsionada pela expansão das atividades de mineração influencia a composição genética em duas espécies de plantas endêmicas das áreas de campos ferruginosos da Serra dos Carajás (*Brasilianthus carajensis* e *Monogereion carajensis*; Fig. 2). Os resultados mostraram que a perda de áreas de campos ferruginosos não resultou em nenhuma consequência genética detectável para as espécies avaliadas, de modo que

ambas se desenvolvem bem em ambientes de mineração ([conheça aqui](#)).

Esses resultados indicam que existem espécies resilientes à perda de habitat, que podem contribuir com a recuperação natural das áreas mineradas. Futuros esforços de conservação devem considerar as espécies individualmente, já que nem todas são igualmente influenciadas pela perda de habitats naturais.



Figura 2. Flores de *Brasilianthus carajensis* (acima à esquerda; foto: Pedro Viana) e de *Monogereion carajensis* (acima à direita; foto: Pedro Viana), e área de mineração em Carajás (foto: Rodolfo Jaffé)

Recuperar eficientemente áreas degradadas pela mineração

Parte da compensação dos impactos ambientais negativos é a recuperação das áreas degradadas (RAD). Para maximizar o sucesso de recuperação dessas áreas e garantir que este se estenda a longo prazo, é fundamental prever quais espécies e variedades irão colonizar e persistir em ambientes degradados com maior sucesso. Foram utilizadas abordagens de genômica da paisagem para otimizar as ações futuras de RAD em Carajás ([conheça aqui](#)). Foram identificadas e mapeadas adaptações a diferentes condições de solo e clima em duas espécies de plantas nativas dos campos ferruginosos de Carajás, de especial interesse para uso em programas de RAD (Fig. 3).

O trabalho gerou mapas de adaptações locais, indicando quais populações naturais são mais propensas a persistir em habitats degradados. Plantas destas áreas poderão servir de matrizes de propagação para os programas de RAD da Vale em Carajás.

Figura 3. Flores de *Mimosa acutistipula* (acima à esquerda; foto: Pedro Viana) e *Dioclea apurensis* (acima à direita; foto: Daniela Zappi), e área natural de Canga ferruginosa em Carajás (foto: Leonardo Viana).



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Rodolfo Jaffé¹, Ronnie Alves¹, Cecilio Frois¹, Markus Gastauer¹, Tereza Cristina Giannini¹, Wilson Nascimento¹, Guilherme Oliveira¹, Silvio J. Ramos¹, Pedro W. Souza-Filho¹, Leonardo C. Trevelin¹, Santelmo Vasconcelos¹, Pedro L. Viana² (rodolfo.jaffe@itv.org)

1. Instituto Tecnológico Vale; 2. Museu Paraense Emílio Goeldi

Parcerias

Universidade Federal do Pará, Universidade de São Paulo, Universidade do Texas e Universidade Estadual de Colorado.

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

Espécies especiais: aprofundando o conhecimento sobre a flora de Carajás



Introdução

As áreas de canga amazônica ocorrem na superfície das reservas de minério de ferro e são caracterizadas pela flora adaptada a um ambiente peculiar, sendo que sofrem constante ameaça de diferentes agentes, entre eles a exploração minerária. O estudo dessa flora especial teve como importante marco a publicação da “Flora das cangas da Serra dos Carajás”, na qual foram estudadas detalhadamente 856 espécies de fanerógamas e 186 de samambaias e licófitas ocorrentes em ambientes de canga.

Estudos subsequentes têm sido primordiais para um maior entendimento destas espécies, visando contribuir estrategicamente para o direcionamento de ações de conservação para aquelas endêmicas e restritas ao substrato ferruginoso. Nos exemplos a seguir, destacam-se estudos que vêm sendo conduzidos na região de Carajás, reforçando a importância de explorar novas perspectivas científicas e ampliar o conhecimento em territórios da mineração.

Os resultados desses estudos auxiliam a identificar a melhor época de execução de resgates e coleta de sementes, identificar áreas onde são realizados registros restritos de populações, quantificar a raridade das espécies ou fornecer subsídios para recuperação de áreas degradadas (RAD) por meio de estudos fenológicos, entre diversas outras informações. Dessa forma, contribui em para ações de aderência à hierarquia de mitigação de impactos voltadas a evitar perdas significativas e a extinção de espécies, minimizar o impacto da mineração e restaurar habitats e populações.

Os resultados auxiliam a identificar a época de execução de resgates e coleta de sementes, áreas com populações restritas, quantificar a raridade das espécies e/ou fornecer subsídios para recuperação de áreas degradadas

Plantas endêmicas das cangas de Carajás: 38 espécies muito especiais

Uma lista inicial apontava quase 60 espécies potencialmente endêmicas para a região de Carajás. Com o trabalho colaborativo botânico envolvendo parceria com diversas instituições público-privadas foi possível, através de buscas detalhadas e estudos taxonômicos, chegar a uma lista de 38 plantas que endêmicas do substrato de canga nessa região.

O mapeamento cuidadoso de cada espécie determina se ela está restrita em maior ou menor área de uma determinada região ou a um ambiente característico. Por exemplo, a Flor-de-Carajás (*Ipomoea cavalcantei*) só foi encontrada, até agora, em parte da região denominada Serra Norte. Outras sete espécies também são restritas



Figura 1. Espécies endêmicas e restritas à FLONA de Carajás registradas em ambiente natural. (A) *Carajasia cangae* (B) *Parapiqueria cavalcantei*. Fotos: Nara F. O. Mota & Pedro L. Viana.

às cangas da FLONA de Carajás: *Axonopus carajasensis*, *Peperomia pseudoserratirhachis*, *Paspalum carajasensis*, *Daphnopsis filipedunculata*, *Carajasia cangae*, *Parapiqueria cavalcantei* e *Isoetes cangae* (Figura 1) – (<https://doi.org/10.1007/s12229-019-09214-x>).

Esse conhecimento embasa planos detalhados para a conservação dessas espécies de importância, focando de modo específico nas plantas que precisam ser preservadas pois, dentro do que se sabe até o momento, não ocorrem em nenhum outro lugar do mundo. A preparação de mapas de distribuição permitiu o desenvolvimento de estudos de modelagem climática para analisar os habitats disponíveis para essas espécies em face aos desafios climáticos globais.

A maioria das espécies anuais e herbáceas apresenta correlação negativa com a precipitação e área do habitat

Revelando fatores que influenciam a abundância em espécies raras nas cangas de Carajás

Espécies raras podem apresentar pequena distribuição geográfica ou baixa abundância na natureza. Essa raridade pode ser classificada em diferentes níveis de acordo com o grau de abundância e a variação geográfica. Um estudo conduzido com algumas espécies consideradas raras para o Brasil e que ocorrem na região de Carajás verificou quais variáveis ambientais têm potencial para influenciar a densidade de alguma dessas espécies. Cerca de 1.000 unidades amostrais, as quais englobam transectos e parcelas, foram estudadas e a considerável quantidade de mais de 30.000 espécimes foi contabilizada.

A abundância e a densidade das espécies foram influenciadas por fatores climáticos, tais como temperatura e precipitação, além de tamanho do habitat e altitude. A maioria das espécies anuais e herbáceas apresentam uma correlação negativa com a precipitação e área do habitat; no entanto, espécies perenes foram mais

abundantes em ambientes com maior área de habitat e temperaturas mais altas. Devido ao regime hídrico sazonal, acredita-se que precipitação seja um fator chave que determina a abundância local e densidade da população de espécies herbáceas e anuais na Serra dos Carajás. Por outro lado, o tamanho do habitat parece ser o fator principal que influencia nos padrões de densidade e abundância das espécies raras perenes.



30 mil
espécimes estudados

Fenologia reprodutiva de espécies nativas críticas pode fornecer subsídios para RAD e conservação

O conhecimento referente a diversos aspectos do ecossistema de canga ainda é incipiente, sendo necessário recuperar informações a respeito do período prioritário de floração e frutificação das espécies que formam a comunidade vegetal a ele relacionado. Esse tipo de informação é essencial para o sucesso da RAD, pois as sementes são essenciais na recuperação de áreas. Quando dados sobre a coleta de sementes são ausentes para formação de um banco de sementes viáveis, o sucesso e planejamento de RAD podem ser afetados. Além disso, esta informação é considerada indispensável para estabelecimento de protocolos de propagação e conservação das espécies.



Figura 2. Espécies nativas da FLONA de Carajás monitoradas para avaliação fenológica: (A) *Mandevilla tenuifolia*; (B) *Lepidaploa paraensis*; (C) *Anemopaegma carajasense*; (D) *Ipomoea marabaensis*; (E) *Scleria cyperina*; (F) *Syngonanthus discretifolius*; (G) *Dioclea apurensis*; (H) *Utricularia physoceras*; (I) *Cuphea carajasensis*; (J) *Byrsonima chrysophylla*; (L) *Sporobulus multiramosus*; (M); *Borreria semiamplexicaulis* (N) *Xyris brachysepala*. Fotos: Ana Carolina G. Costa & Liziane V. Vasconcelos.

Nesse contexto, projetos de pesquisa vêm monitorando espécies nativas das cangas da FLONA de Carajás (Figura 2). Algumas delas são consideradas endêmicas, raras ou com algum potencial para utilização em RAD. Desde 2016, trinta e cinco (35) espécies vêm sendo acompanhadas pelo menos por um período aproximado de um ano. Para execução desse acompanhamento, de 10 a 30 indivíduos de cada espécie foram selecionados e avaliados mensalmente quanto ao período em que apresentam botões, flores, frutos imaturos e frutos maduros. A avaliação destas fases reprodutivas em espécies críticas e potenciais para RAD nos permite indicar possíveis períodos para coleta de sementes viáveis que estão presentes em frutos maduros.

Verificamos que as espécies monitoradas, em geral, apresentaram botões e flores, e início de desenvolvimento de frutos (frutos imaturos) no período chuvoso, que ocorre entre novembro e maio, com precipitação média anual entre 1800 e 2300 mm. Algumas espécies também já apresentavam frutos maduros nesse mesmo período. Já no final da época chuvosa e início do período seco, que vai de junho a outubro, com precipitação média de 10 a 350 mm por ano, observamos frutos maduros nas espécies monitoradas.

Projetos de pesquisa vêm monitorando espécies nativas das cangas da FLONA de Carajás, entre endêmicas, raras e com potencial para utilização em RAD



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Maurício T. C. Watanabe^{1,*}, Ana Carolina G. Costa¹, Daniela C. Zappi¹, Hellen S. Lopes¹, Fernando Marino², Mayara Pastore³, Nara F. O. Mota³, Tereza C. Giannini¹, Rodolfo Jaffé¹, César C. Neto⁴, Alexandre Castilho⁴, Mayla Barbirato⁴, Taís Fernandes², Pedro L. Viana³ & Ana Maria Giulietti⁵ (mauricio.watanabe@itv.org)

1. Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável; 2. Vale S.A.; Gerência de Licenciamento, Espeleologia e Estudos Ambientais, Diretoria Cadeia de Valor Ferrosos; 3. Museu Paraense Emílio Goeldi; 4. Vale S.A.; Gerência de Meio Ambiente, Diretoria de Ferrosos do Corredor Norte; 5. Universidade Estadual de Feira de Santana

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

Espécies endêmicas do Quadrilátero Ferrífero – MG/BR



Introdução

A conservação da biodiversidade é uma das obrigações daqueles que assinam e aderem aos programas e protocolos propostos para estabelecer ações concretas para deter a perda da diversidade biológica no âmbito mundial. Minas Gerais possui biodiversidade elevada, provavelmente ocasionada pela variedade de elementos de relevo, bem como tipos litológicos do seu território. Cortando o território no sentido Norte-Sul, a Serra do Espinhaço e o Quadrilátero Ferrífero formam uma feição geomorfológica única no Planeta, onde foi instituída pela UNESCO em 2005 a Reserva da Biosfera do Espinhaço, reconhecida pela riqueza e endemismo de sua flora.

Composta por múltiplas feições geológicas, de relevo e grande variedade de minerais, como formações ferríferas, quartzíticas, xistos, filitos, calcários, granitos, três dos biomas brasileiros estão representados em seus limites, sendo dois considerados grandes hotspots brasileiros : a Mata Atlântica (leste) e o Cerrado (oeste), além da Caatinga ao norte. Diversas espécies de plantas e animais endêmicos, raros e ameaçados de extinção, são encontrados nestes ecossistemas montanhosos. A prospecção destas espécies em áreas protegidas aliadas a programas de conservação específicos em continuidade permitem que se amplie o conhecimento de sua ecologia, possibilitando que sejam conservadas *in situ*, reproduzidas e introduzidas em áreas alteradas.

Os estudos realizados aumentaram o conhecimento sobre a distribuição de espécies consideradas especiais ou frágeis

Metodologia

Para este estudo, foram utilizados dados de registros obtidos em herbários físicos e virtuais, nas plataformas e publicações disponíveis, utilizando-se como referência informações publicadas sobre as espécies endêmicas do Quadrilátero Ferrífero. A partir do software MaxEnt (Algoritmo de Máxima Entropia) e utilizando as variáveis ambientais obtidas dos pontos de registro, foram realizadas modelagens preditivas que orientaram os esforços de campo. De forma a maximizar a localização destas espécies em áreas de proteção integral, foram priorizadas áreas protegidas da região, onde foram realizadas campanhas mensais, direcionadas para prospecção das espécies endêmicas. Fatores ambientais como altitude, declividade do terreno, litotipos de ocorrência e fitofisionomias da cobertura vegetal foram analisados, resultando em ampliação de distribuição edáfica de algumas espécies.

A identificação do material coletado foi realizada via acordos de cooperação com especialistas de 15 diferentes instituições de pesquisa, em sua maioria universidades, vindo ao encontro daquilo que é preconizado pelo 17º Objetivo para o Desenvolvimento Sustentável.

Resultados

Durante os trabalhos de campo, foram registradas populações de seis espécies consideradas até então extintas da natureza pela literatura, além da identificação de nove potenciais espécies ainda não descritas para a ciência. Quanto às espécies endêmicas das cangas, das 41 espécies consideradas pela literatura consultada como endêmicas das cangas do Quadrilátero Ferrífero, após análises de base de dados e trabalhos de campo, 11 permaneceram como efetivamente endêmicas desse ambiente.



Os estudos realizados aumentam o conhecimento sobre a distribuição de espécies consideradas especiais ou frágeis, em virtude de sua restrita área de ocorrência. Como consequência desse detalhamento, possíveis ma-

trizes para obtenção de propágulos de espécies críticas para fins de conservação foram mapeadas. Ampliando o conhecimento sobre a ecologia desse grupo de plantas especiais, é possível a realização de novos estudos sobre sua reprodução e reintrodução em substratos diversos. O conhecimento sobre a distribuição de espécies ameaçadas, raras ou endêmicas, principalmente em áreas protegidas legalmente e de forma integral, contribui para com sua preservação *in situ*, além de fornecer informações importantes para análises do seu comportamento ecológico. Soma-se o conhecimento sobre a distribuição e sobrevivência em diferentes tipos de substrato o que poderá ser utilizado em pesquisas voltadas para desenvolvimento de protocolos de reprodução e reabilitação de áreas mineradas.



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Ana Cristina Amoroso¹; Ana Maria Giulietti²; Lídia Maria dos Santos³; Mauricio Watanabe⁴ (ana.amoroso@vale.com)

1. Vale, Diretoria de Cadeia de Valor de Ferrosos/ Gerencia de Licenciamento Ambiental;
2. Universidade Estadual de Feira de Santana;
3. Bioma Meio Ambiente;
4. Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável

Parcerias

Rede de Taxonomistas Parceiros: Instituto de Botânica de São Paulo, Instituto Tecnológico Vale, Museu Paraense Emílio Goeldi, Universidade de Brasília, Universidade de São Paulo, Universidade Estadual de Santa Cruz, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Universidade Federal de Goiás, Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Ouro Preto, Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal de São João del-Rei, Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal do Espírito Santo.

O conhecimento sobre a distribuição de espécies ameaçadas, raras ou endêmicas em áreas protegidas contribui para com sua preservação *in situ*



Espécies Ameaçadas e Endêmicas

Amigos da Jubarte: do monitoramento de cetáceos ao fomento do turismo sustentável



Foto: Leonardo Merçon

Introdução

Desde 2016, a Vale, em parceria com o projeto Amigos da Jubarte, realiza o monitoramento das baleias Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) no litoral capixaba. A iniciativa, idealizada pelo Instituto O Canal, realizada em parceria com o Instituto Últimos Refúgios, tem como objetivo principal ampliar as bases metodológicas para a execução de um monitoramento a longo prazo, desses cetáceos na Plataforma Continental da Grande Vitória, gerando parâmetros para a avaliação de potenciais impactos das atividades portuária e marítima sobre esses animais e, também, fundamentando medidas para preservação das Jubartes nesse ecossistema marinho.

A área de estudo restringe-se à plataforma continental da Grande Vitória e está definida pelo polígono com as seguintes coordenadas: UTM WGS84 - 349049 E / 7712588 S; 385581 E / 7691744 S; 377387 E / 7776650 S; 415484 E / 7762393 S até isóбата de 200m. A área tem aproximadamente 3.319 Km².

Metodologia

O levantamento de dados é realizado por meio de campanhas de avistamento que ocorrem mensalmente durante todo o período reprodutivo, concentrados a partir da segunda quinzena de maio até o final da primeira quinzena de novembro, quando os pesquisadores embarcados percorrem em até três dias toda a área amostral. Durante a realização dos transectos lineares, são obtidos dados como ocorrência, densidade, abundância, análise de comportamento, coleta de dados bioacústicos e avaliação das atividades antrópicas. Além do método tradicional (*Distance Sampling*), são utilizados “drones” para a obtenção de registros fotográficos e em vídeo para compor o banco de imagem, bem como

para análises ecológicas, como padrões de fidelidade, residência, interações, movimentos individuais e outros parâmetros populacionais diversos.

Em paralelo a essa frente de produção de conteúdo científico, chamada Jubarte.Lab, são realizadas outras ações para contribuir com a difusão científica, a sensibilização e engajamento de empregados, terceirizados e comunidade, além do fomento ao turismo sustentável de observação de baleias por meio do envolvimento e capacitação da cadeia de turismo local no tema e suas ações.

Também são realizadas capacitações dos mestres de embarcação, agências e operadoras de turismo que trabalham com a observação de baleias. O objetivo é dar treinamento teórico e prático para os agentes da cadeia produtiva do ecoturismo capixaba, a fim de promover o desenvolvimento de boas práticas para o turismo sustentável de observação de baleias na região da Grande Vitória, além de fortalecer essa atividade como uma importante matriz econômica com forte potencial para geração de trabalho e renda nessa região.



Foto: Leonardo Merçon

São realizadas capacitações dos mestres de embarcação, agências e operadoras de turismo de observação de baleias para promover o turismo sustentável na região e fortalecer a geração de trabalho e renda

Resultados

Nas seis últimas campanhas de monitoramento, realizadas em 2019, foram percorridas 900 milhas náuticas com a detecção de 470 cetáceos. Desses, foram identificadas 3 espécies de cetáceos durante a temporada de 2019: um registro de *Stenella frontalis*, quatro registros de *Tursiops truncatus* e 271 registros de *Megaptera novaeangliae*. Além disso, 193 indivíduos não foram registrados em nível de espécie: 182 pertencentes a Superfamília Mysticeti e 11 a Odontoceti. Foram coletados 218,6 minutos de gravações acústicas. Em 65% das gravações, foram obtidos sinais de cantos da baleia Jubarte e assoviros de odontocetos em seis pontos de coleta. Durante todo o

período de monitoramento, não foram registradas colisões entre cetáceos e embarcações. O acompanhamento e a análise integrada dos dados, desde 2014, demonstram que a Plataforma Continental da Grande Vitória está consolidada como rota migratória, bem como área de reprodução e nascimento de filhotes das baleias jubarte, abrigo em torno de 240 indivíduos, ao mesmo tempo, durante a temporada reprodutiva.

Em 2019, foram desenvolvidas 41 atividades de sensibilização ambiental, inclusive uma ação no Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), abrangendo mais de três mil pessoas, dentre empregados, terceirizados e comunidades localizadas na região metropolitana de Vitória. Além disso, a iniciativa ganhou espaço na Imprensa Nacional e Internacional e gerou cerca de 29 mil interações em uma única campanha, realizada pela Vale, em suas mídias sociais. Desde o início do desenvolvimento desse importante projeto ambiental, a comunidade local vem reconhecendo a iniciativa como uma importante ação de contribuição para o desenvolvimento sustentável regional.



470 cetáceos

registrados em 900 milhas náuticas



Foto: Leonardo Merçon

Análise desde 2014 mostra que a Plataforma Continental da Grande Vitória está consolidada como rota migratória da baleia Jubarte

Fotos: Leonardo Merçon e Felipe de Moraes



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Andressa Azevedo¹, Brunella Pianna Veronez², Edmilson Junior²; Agnaldo Martins^{3,4}; Thiago Ferrari^{3,5}; Leonardo Merçon^{3,5}; Jonathas Barreto³; Sandro Firmino⁵ (andressa.azevedo@vale.com; brunella.veronez@vale.com; edmilson.junior@vale.com)

1. Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/ Gerência de Sustentabilidade ES / Coordenação de Relações com Comunidades ES e EFVM;
2. Diretoria de Pelotização e Manganês/ Gerência de Meio Ambiente e Pelotização;
3. Jubarte.Lab;
4. Universidade Federal do Espírito Santo;
5. Projeto Amigos da Jubarte - www.queroverbaleia.com

Espécies Ameaçadas e Endêmicas

Programa de monitoramento ambiental de bioindicadores: cavalo-marinho e o boto-cinza



Introdução

O Programa de Monitoramento de Bioindicadores, usando o cavalo-marinho como indicador de saúde dos recifes rochosos e o boto-cinza como indicador da coluna d'água, teve início em 2015 e está ativo até o momento, como uma parceria entre a Vale e a ISBio. A Baía de Sepetiba é considerada uma área de importância biológica extremamente alta e com alta prioridade de ação pelo Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas (PNAP), estabelecido na Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (2002), no Plano Estratégico da Convenção sobre a Diversidade Biológica das Nações Unidas (2004) e nas Conferências Nacionais do Meio Ambiente (2003 e 2005). Os monitoramentos, além de auxiliarem no indicativo de falhas operacionais dos portos e estruturas associadas, contribuem para a melhor compreensão da ecologia das espécies e sua conservação no ambiente.

Tanto o cavalo-marinho quanto o boto-cinza são espécies consideradas topo de cadeia dentro do habitat que ocupam. Os cavalos-marinhos são animais bentônicos predadores, essencialmente carnívoros, que vivem associados aos costões rochosos, com alto grau de sedentarismo e são considerados topo de cadeia de ecossistemas fitais. O boto-cinza, por sua vez, é um organismo pelágico, com deslocamento restrito, sendo residente da Baía de Sepetiba e caracterizado como topo de cadeia desse ecossistema.

Além de ambas as espécies representarem de maneira complementar a saúde ambiental, também são consideradas em categorias de ameaças de extinção. Com base nesse contexto, o presente programa tem como objetivo monitorar as populações do cavalo-marinho (*Hippocampus reidi*) e do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) da Baía de Sepetiba, avaliando estimativa populacional, aspectos estruturais, sua relação com as operações Vale, além de outros parâmetros, tal como difundir conhecimento sobre essas espécies à sociedade de maneira a promover a conservação das mesmas.

Metodologia

O monitoramento dos bioindicadores é realizado na Baía de Sepetiba (043° 30'W/44° 10'W e 22° 50'S/23° 05'S), sendo que o monitoramento dos cavalos-marinhos se restringe à área do entorno da operação da Vale no Terminal Portuário da Ilha Guaíba (TIG), incluindo os costões rochosos das praias da Tapera, Raposa e Aguada, na porção norte da Ilha. Já o monitoramento do boto abrange toda a Baía de Sepetiba, que foi separada em 20 setores de monitoramento.

O monitoramento mensal dos cavalos-marinhos é realizado por meio de quatro transecções contínuas com dimensões de 20m x 4m. Durante as transecções, os indivíduos encontrados são identificados quanto à espécie, ao sexo e ao tamanho individual, para identificação de jovens e adultos. O comportamento e habitat em que são encontrados também são registrados.

Monitoramento do boto abrange toda a Baía de Sepetiba, separada em 20 setores que são estudados

O monitoramento do boto-cinza é realizado com uma lancha que percorre todos os setores da Baía de Sepetiba uma vez por mês. Todos os indivíduos avistados são registrados por câmeras fotográficas e por filmagens de um drone que sobrevoa as áreas. Após o registro dos indivíduos, as nadadeiras dorsais são esquematizadas e colocadas no software DARWIN 2.22, para analisar a probabilidade de reavistagem.

A sensibilização sobre ambas as espécies é realizada tanto nos terminais portuários da Vale, quanto em escolas de ensino fundamental e médio, além de eventos nas comunidades de Mangaratiba.

Resultados

Até o momento, foram realizados 171 mergulhos nas áreas de monitoramento, totalizando cerca de 350 horas submersas. Durante o período de vigência do programa, já foram avistados 2.315 cavalos-marinhos da espécie *Hippocampus reidi*. Nesse total, havia 1.013 machos e 965 fêmeas, mantendo uma proporção sexual típica para a espécie. Foram registrados também 337 juvenis, indicando que a Ilha Guaíba funciona como uma área de berçário para essa espécie, principalmente nos períodos de novembro a janeiro e julho a setembro. Os animais apresentaram o comportamento de repouso em 97% das observações, o que é esperado dessa espécie.



Os habitats mais utilizados como ponto de ancoragem são as algas *Sargassum vulgare* e alga *turf*. Todos os parâmetros populacionais indicaram um ambiente saudável, sendo que a Ilha Guaíba apresentou a maior população dessa espécie de cavalo-marinho no mundo, sendo considerada um *hotspot*.

Foram realizadas também 57 campanhas de avistagem dos botos, *Sotalia guianensis*, com 457 horas de observação e 9.120 km percorridos. As áreas com os maiores valores de abundância média de botos foram os setores do canal de entrada da Baía de Sepetiba, com 100,03 indivíduos, enquanto nos setores mais internos foram registrados os menores valores de abundância média,



com 0,13 indivíduos. Esses setores com maiores valores de abundância ficam mais próximos à Ilha Guaíba, demonstrando a importância desta área para o boto-cinza, em que foram registrados comportamentos de acasalamento e forrageamento. A estimativa populacional do boto-cinza para a Baía de Sepetiba está próxima a 350 indivíduos, podendo aumentar ou diminuir em diferentes períodos, pois já foram registrados indivíduos catalogados na Baía de Sepetiba se alimentando e acasalando na Baía da Ilha Grande, confirmando a extensa área de vida dessa população além dos limites da Baía de Sepetiba.

 **2.315**
cavalos-marinhos
da espécie *Hippocampus reidi* avistados

Ao longo dos três primeiros anos de projeto, foram realizadas 156 atividades internas e externas de sensibilização, incluindo visitas a escolas, recepção de público na Fazenda Marinha da Vale, atividades de inclusão de deficientes, além de projetos de capacitação como “Jovem Cientista” e “Condutores Marinhos”. Ao todo, foram atingidas 2.052 pessoas de maneira direta, representando 5% da população do entorno do TIG. As atividades desenvolvidas com a comunidade local proporcionaram uma mudança de visão sobre o ambiente e um maior entendimento sobre desenvolvimento sustentável.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Natalie Villar Freret Meurer¹, Bruno Corrêa Meurer¹, Vitor Libanio²; Vitor Saboya²
(nataliefreret@yahoo.com.br; vitor.saboya@vale.com)

1. ISBio Soluções e Serviços Ambientais/ Universidade Santa Úrsula; 2. Vale, Gerencia de Sustentabilidade RJ, MS e BA.



Atividades desenvolvidas com a comunidade local

Ações em curso para o futuro que queremos

Recuperação e Restauração



Recuperação e Restauração

Viveiro de mudas da Reserva Natural Vale: conservação genética de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção da Mata Atlântica



Introdução

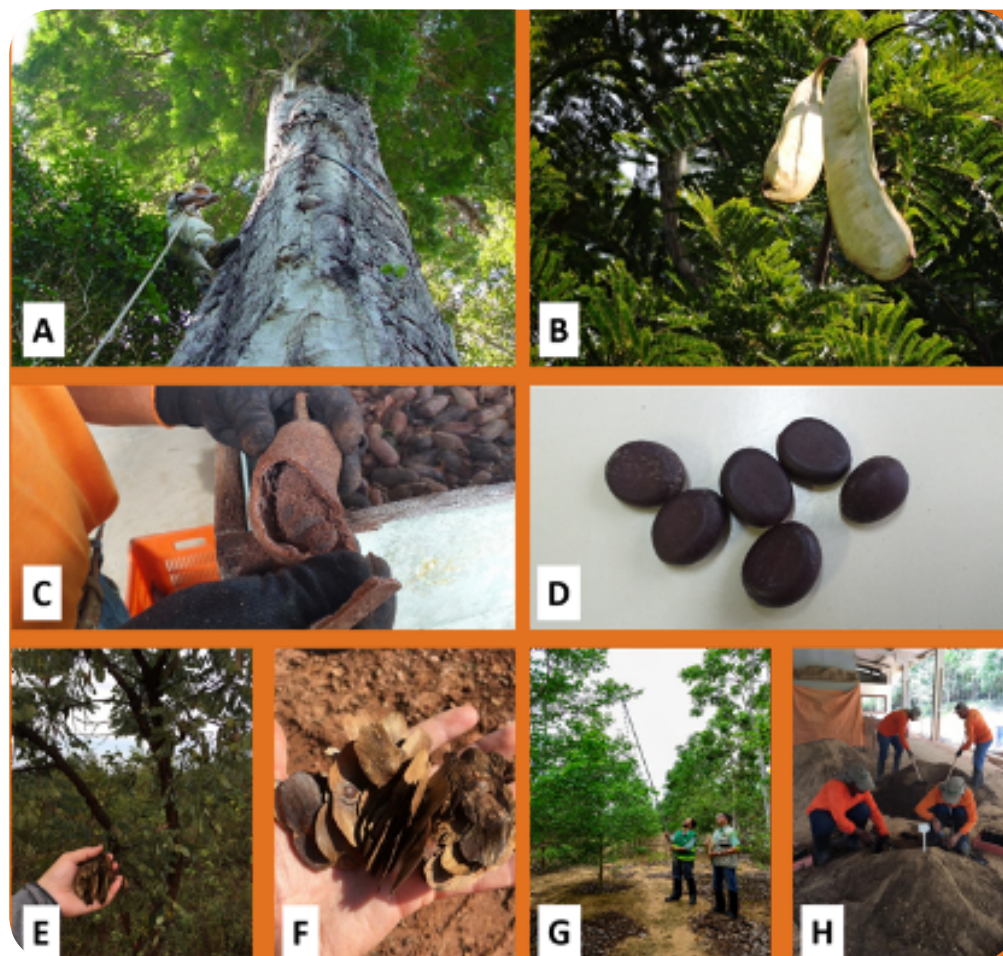
A fragmentação e degradação florestal são processos que atualmente ocorrem em escala global e, inevitavelmente, levam à perda de biodiversidade, mudanças climáticas locais e redução dos serviços ecossistêmicos, sendo que a Mata Atlântica sofre historicamente com esse processo. Neste contexto, é de suma importância a existência de áreas voltadas para a conservação da biodiversidade, bem como o desenvolvimento de ações estratégicas visando alcançar este objetivo. Dentre essas ações, podemos citar a implantação de viveiros de mudas nativas, que auxiliam na conservação de espécies ameaçadas de extinção, sendo importantes estoques da diversidade de flora, e contribuem para restauração de áreas nesse bioma.

A Reserva Natural Vale (RNV), área constituída por mais de 23 mil ha de formações da Mata Atlântica protegidos localizada em Linhares (ES/Brasil), mantém um

viveiro implantado no início da década de 70 que, desde então, vem colaborando com a restauração e reintrodução de espécies nos mais diferentes biomas brasileiros. Com uma produção máxima atual de 2 milhões de mudas/ano e capacidade para produzir até 3 milhões de mudas/ano, possui a expertise e capacidade de produzir até 800 espécies concomitantemente (atualmente, a média é de 200 espécies).

Um dos objetivos do viveiro é contribuir para conservação do patrimônio genético de espécies da Mata Atlântica, com foco principalmente em espécies ameaçadas, destacando-se aqui *Dinizia jueirana-facao* (jueirana-facão), caracterizada como criticamente em perigo (CR) (Figura 1a, b); *Handroanthus arianae* (ipê-preto) e *Plinia spiritosantensis* (jabuticaba-roxa) designadas como vulnerável (VU); *Handroanthus riodocensis* (ipê-amarelo) avaliada como criticamente em perigo (CR).

A Área Protegida da Vale, constituída por mais de 23 mil hectares de formações da Mata Atlântica, está localizada em Linhares, ES (BR)



Dinizia jueirana-facao (jueirana-facão), caracterizada como criticamente em perigo (CR) (A, B); mapeamento de matrizes e coleta de sementes (C, D), monitoramento da fenologia (E, F, G) e processamento e plantio das sementes (H)

Metodologia

Para a produção de mudas das espécies mencionadas, foi realizado, primeiramente, o mapeamento de árvores matrizes a fim de avaliar os espécimes e selecionar os melhores progenitores (Figura 1c, d). Posteriormente, monitorou-se a fenologia reprodutiva dos exemplares para definir o momento de colheita dos frutos e sementes (Figura 1e, f, g). Após essa colheita, os frutos e sementes foram transportados ao viveiro para a etapa de extração e beneficiamento. Em seguida, as sementes foram transferidas para sacolas contendo barro, areia, casca de café e adubo mineral (Figura 1h). Por fim, as mudas produzidas foram destinadas à utilização nas iniciativas de restauração e campanhas de conscientização ambiental, no entorno da RNV e municípios próximos.

Resultados

No período de 2016 a 2019, foi produzido um total de 4.333 mudas das espécies ameaçadas de extinção mencionadas acima, sendo 2.499 de ipê-amarelo (tempo médio de produção entre 5 e 6 meses); 12 de ipê-preto (tempo médio de produção igual ao do ipê-amarelo); 1.520 de jabuticaba-roxa (tempo médio de produção de 7 a 12 meses) e, por fim, 302 de jueirana-facão (tempo médio de produção de 6 meses), destinadas às ações de restauração e conscientização ambiental (Figura 2a, b, c, d, e).

Estas ações favorecem a reintrodução dessas espécies no seu bioma de origem e podem, a longo prazo, promover o restabelecimento populacional, possibilitando até mesmo uma mudança positiva quanto às ameaças. Além das ações de restauração florestal, também foram utilizadas mudas para arborização urbana e campanhas de conscientização ambiental. Essas campanhas permitem que a população também se sinta parte do processo de conservação das espécies, o que pode representar o primeiro passo para o despertar da sensibilização ambiental.



4.333 mudas

de espécies ameaçadas
de extinção foram produzidas

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Guilherme Felitto, Débora Mendonça, Ernesto Sakai, Jonacir Souza, Márcio Ferreira; Tiago Godinho (guilherme.felitto@vale.com).

Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/Gerência Executiva de Gestão Ambiental/ Reserva Natural Vale.

Mudas destinadas à ações de restauração e conscientização ambiental



Recuperação e Restauração

Eficiência da semeadura direta para a restauração florestal



Introdução

Além da proteção de remanescentes de Mata Atlântica e da manutenção do viveiro, a Reserva Natural Vale também desenvolve pesquisas com foco em ações de restauração e compreensão dos processos ecológicos, com o objetivo de avaliar, trabalhar e apoiar medidas mais eficientes de restauração de áreas alteradas.

A técnica de restauração por meio da semeadura direta tem um grande potencial de utilização, podendo facilitar a implantação e restauração em áreas de difícil acesso por meio da formação de misturas (muvucas), contendo alta diversidade de espécies de diferentes grupos ecológicos (ISA 2009). Contudo, um dos principais problemas enfrentados na utilização dessa é o elevado custo para aquisição de grandes quantidades de sementes e a baixa taxa de germinação e de sobrevivência em campo apresentadas por muitas espécies.

Metodologias

Foi avaliada uma área experimental implantada na RNV, em maio de 2013, frente ao processo de restauração florestal, através da utilização da semeadura direta após 16 anos da sua implantação, buscando verificar a eficiência do processo a longo prazo. Nesse experimento, utilizou-se 29 espécies para semeadura, com uma densidade total de sementes utilizada por parcela de 394.555 sementes/ha. Após 16 anos de implantação do experimento, foram avaliados todos os indivíduos com CAP \geq 15 cm e altura H \geq 30 cm e os indivíduos foram classificados de acordo com a Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016). Além disto, as espécies também foram classificadas de acordo com as categorias sucessionais e calculados os parâmetros fitossociológicos.

Resultados

Foram encontrados um total de 106 indivíduos, 5 famílias botânicas distintas e 16 espécies, refletindo uma baixa permanência das espécies semeadas depois de 16 anos da implantação da área (34,5%). Observou-se uma baixa diversidade florística ($H' = 1,91$), quando comparado com a diversidade de ambientes conservados do entorno ($H' = 4,87$). Quanto ao valor de importância (VI) e valor de cobertura (VC), foram encontrados os maiores valores para as espécies *Joannesia princeps* (42,4% e 53,1%) e *Spondias venulosa* (22,3% e 24,2%), respectivamente, demonstrando que, apesar do tempo decorrido, a área está em processo inicial de restauração, apresentando domínio de espécies pioneiras.

Concluiu-se, portanto, que a área está em processo de restauração, mas que o monitoramento frequente é essencial para maximizar esse processo, que poderia estar mais avançado, permitindo identificação da necessidade e uso de outras técnicas de restauração em conjunto com a semeadura direta (plantios de enriquecimento, núcleos de diversidade, transposição de *topsoil*).

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Diego Balestrin¹ (diego.balestrin@vale.com);
Guilherme Felitto¹; Jonacir de Souza¹; Sebastião Venâncio Martins².

1. Vale, Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/Gerência Executiva de Gestão Ambiental/ Reserva Natural Vale; 2. Universidade Federal de Viçosa (UFV)/ Laboratório de Restauração Florestal.

Recuperação e Restauração

Viveiro de mudas do Projeto Hu'u: coleta e produção de mudas para restauração de florestas em Sumbawa - Indonésia



Introdução

O Projeto Hu'u é um projeto de exploração de ouro e cobre operado por uma empresa de joint-venture da Vale na Indonésia, PT. Sumbawa Timur Mining (STM). Está localizada na ilha de Sumbawa e administrativamente localizada em Dompu e Bima Regencies, na província de Nusa Tenggara Barat (NTB), Indonésia (Figura 1).

A floresta protegida cobre a maior parte da área destinada ao projeto Hu'u, sendo cerca de 73% de sua área total. A floresta de produção cobre cerca de 19%, enquanto apenas cerca de 8% não é área florestal. Isso significa que aproximadamente 92% da área do projeto é coberta por florestas.

A proteção da floresta é um desafio permanente para as empresas que trabalham em áreas florestais, seja na exploração mineral ou em qualquer outra atividade. Em Hu'u, o projeto ainda está em fase de planejamento e a Vale é responsável pela proteção, recuperação e reabilitação de toda a área que está incluída no Contrato de Trabalho (CoW), que pode ser impactada por suas atividades.

Metodologia

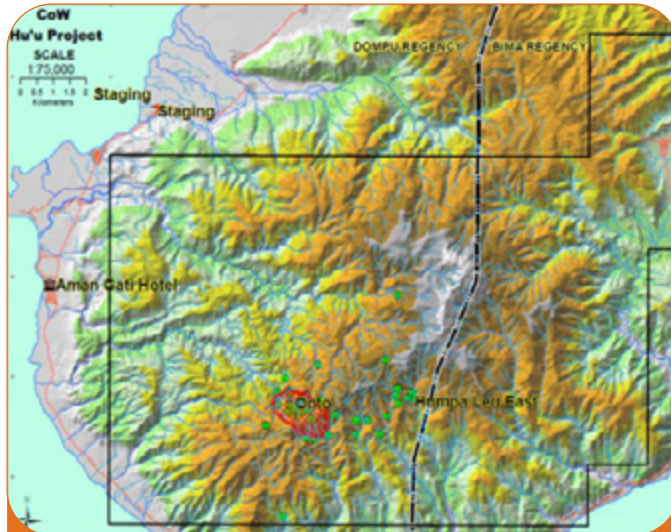


Figura 1 - Área do Projeto Hu'u

CLASSIFICAÇÃO	ÁREA (HECTARE)
Floresta Protegida	14.070
Floresta de Produção	3.628
Outros usos (não florestais)	1.562
TOTAL	19.260

A Vale tem se esforçado para reduzir e mitigar os impactos aos habitats florestais, mesmo que neste caso o impacto envolva áreas relativamente pequenas, não apenas nas áreas em que conduz suas atividades. Seguindo as melhores práticas e procedimentos em vigor, também tem investindo em programas educacionais e incentivando ativamente as comunidades a contribuir para a proteção da floresta, tanto por meio da participação em programas voluntários como por meio da criação de oportunidades de negócios, como viveiros de árvores, programas de replantio de árvores, entre outros.

As atividades de rotina são cumpridas para coletar e preparar sementes endêmicas e pioneiras locais. É também realizado o resgate de mudas existentes nos locais onde ocorre a supressão, sendo estas desenvolvidas no viveiro, para serem utilizadas nas atividades de recuperação e revegetação.

A reabilitação de áreas ocorre em total conformidade com as exigências legislativas indonésias, sempre considerando as seguintes premissas, de grande importância:

Minimizar as áreas necessárias para a supressão ou pilhas de resíduos de acordo com as necessidades operacionais;

Armazenar adequadamente o top soil no momento da limpeza da área, para evitar perder a camada mais fértil do solo devido à erosão;

Selecionar sementes e preparar de mudas utilizando as técnicas corretas (de acordo com o treinamento e aconselhamento fornecido pelo antigo Instituto Agrícola Local de Bogor - IPB) e, para aquelas que não tiverem informações, desenvolver métodos específicos para apoiar as atividades de recuperação;

Conduzir a recuperação, reabilitação e revegetação com foco em restaurar as funções da área previamente às atividades;

Monitorar regularmente a área de reabilitação para avaliar e fazer reparos e manutenção periódica, se necessário, focando em garantir uma taxa ótima de crescimento da planta,

Trabalhar com pessoas locais na equipe, para garantir a disseminação do conhecimento.

Resultados

Em Hu'u, o Viveiro está imerso no mesmo ambiente onde as mudas serão plantadas, ou seja, nas áreas florestais do projeto. Isto permite uma maior adaptação das mudas após o plantio, com menor risco de perda ou subdesenvolvimento daquelas utilizadas no processo de reabilitação da área.

Atenção especial é dada ao resgate e coleta de sementes de espécies endêmicas e locais ameaçadas de extinção, que são cultivadas no viveiro para apoiar as atividades de plantio nas áreas a serem reabilitadas, garantindo a manutenção de populações das mesmas.

Os principais tipos de plantas que são mantidos e desenvolvidos no viveiro são:

NOME LOCAL	NOME INDONÉSIA	NOME CIENTÍFICO
Sancari	Jabon	<i>Anthocephalus cadamba</i>
Rondu	Bungur	<i>Lagerstroemia speciosa</i>
Sengon	Sengon	<i>Paraserianthes Falcataria L</i>
Kamonca	Meranti Kuning	<i>Shorea Dipterocarpus</i>
Anggo Doro	Kersen Hutan	<i>Muntingia calabura L</i>
Due	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>
Kawaba	Waru Hutan	<i>Vernonia arborea</i>
Bara	Randu	<i>Ceiba pentandra</i>
Foo Doro	Mangga Hutan	<i>Mangifera foetida</i>
Heci	Kenari	<i>Canarium asperum</i>
Ipil	Merbau	<i>Intsia bijuga</i>
Monggo Doro	Meranti Merah	<i>Shorea leprosula</i>

A maneira encontrada para disseminar o conhecimento sobre formação e plantio de mudas, assim como a importância de cuidar do solo e de todas as técnicas envolvidas na proteção da floresta, foi contratar pessoas locais para fazerem parte da equipe, e tem sido uma boa experiência para ambas as partes.



Figura 2. Viveiro imerso em área florestal na área do projeto Hu'u

Desde 2014, quando o Projeto Viveiro começou, ele tem sido capaz de apoiar a reabilitação de 61 locais, com uma área total de aproximadamente 6,10 hectares, produzindo cerca de 3.500 a 4.500 mudas por ano. O número total de mudas que foram plantadas é de aproximadamente 9.268, incluindo árvores perenes e plantas de crescimento rápido, e há quase 10.000 mudas prontas para serem usadas no próximo programa de reabilitação.

Figura 3. Exemplo de uma praça de pesquisa, furo VHD 024, que está em processo de reabilitação



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Abdul Hamid², Arizal Ardyansyah¹, Giselle Chissini¹, Razky Akbar² (giselle.chissini@vale.com; razky.akbar@vale.com; abdul.hamid¹@vale.com; arizal.ardiansyah@vale.com)

1. Vale Base Metals/ Legal, Corporative affairs & Sustainability/ Environmental; 2. Vale Base Metals/ Legal, Corporative affairs & Sustainability/ Forestry

Recuperação e Restauração

Restauração no entorno das unidades de conservação em Carajás com o plantio de *Bertholletia excelsa* Bonpl. e outras espécies ameaçadas contribuem para a sustentabilidade dos recursos naturais na região



Introdução

A castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é uma espécie emergente da floresta ombrófila de terra firme, com distribuição desigual na Bacia Amazônica, frequente em algumas áreas e rara em outras, destacando a sua tendência em formar aglomerações com alta concentração de árvores, “os castanhais”. Essa espécie emblemática possui potencial de uso em reflorestamento de áreas degradadas e/ou desflorestadas, devido a altas taxas de sobrevivência das mudas plantadas, rusticidade ambiental (tolerante a solos degradados e resistente a secas prolongadas), além de desempenho satisfatório em condições de alta luminosidade.

Metodologia

A Vale e diversos parceiros institucionais realizam o plantio da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em diversas áreas na região de Carajás-PA, e inúmeras atividades do Projeto de Plantio de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e Restauração Florestal em Áreas Degradadas no Mosaico de Unidades de Conservação de Carajás - SALOBO METAIS S.A. / ICMBIO têm mostrado resultados satisfatórios para a conservação dessa espécie, bem como outras espécies vegetais vulneráveis na região.

A área utilizada para compensação de espécies ameaçadas corresponde a 254,23 hectares

Resultados

Até o momento, a área utilizada para compensação de espécies ameaçadas corresponde a 254,23 ha, restando aproximadamente 289 ha para plantio até 2025. As áreas possuíam pastagem com espécies de capins, sendo que estão sendo restauradas há mais de 5 anos. Utilizou-se para a castanha-do-Brasil (C) o espaçamento de 12 m x 12 m, e para as espécies arbóreas heliófilas (H) de pleno sol o espaçamento foi de 4 m x 4 m. No total, estão sendo plantadas 625 mudas/ha, sendo 69 castanheiras (C) e 556 heliófilas (H). O plantio é realizado com o uso hidrogel para favorecer a disponibilidade de água, mais aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos visando disponibilizar nutrientes para o pleno crescimento das espécies plantadas. Além disso, o manejo de espécies invasoras é constantemente realizado nas áreas em restauração.



A Lei Estadual nº 6.895, de 1º de agosto de 2006, orienta que, na hipótese da supressão de *Bertholletia excelsa* Bonpl., os responsáveis serão obrigados ao imediato replantio do número de árvores igual ao triplo das abatidas. Até 2020, foram plantadas 15.721 mudas de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), apresentando um balanço positivo de impactos sobre a espécie, auxiliando na conservação da espécie e na

construção de agendas positivas com diferentes *stakeholders*. Também, outros 22.835 indivíduos, pertencentes a outras 13 espécies ameaçadas, foram plantados, além da inserção de outras 116.733 mudas de outras essências florestais que também auxiliaram no aumento da cobertura do solo, criação de novos micro habitats, atração da fauna, deposição de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes no solo, além de aumentar a diversidade dos plantios compensatórios e promover o retorno de serviços ecossistêmicos importantes para a região.



Início do plantio em 2016
Fonte: Florestas Engenharia.



Área plantada após quatro anos
Fonte: Florestas Engenharia, 2020.

Alinhamentos Estratégicos



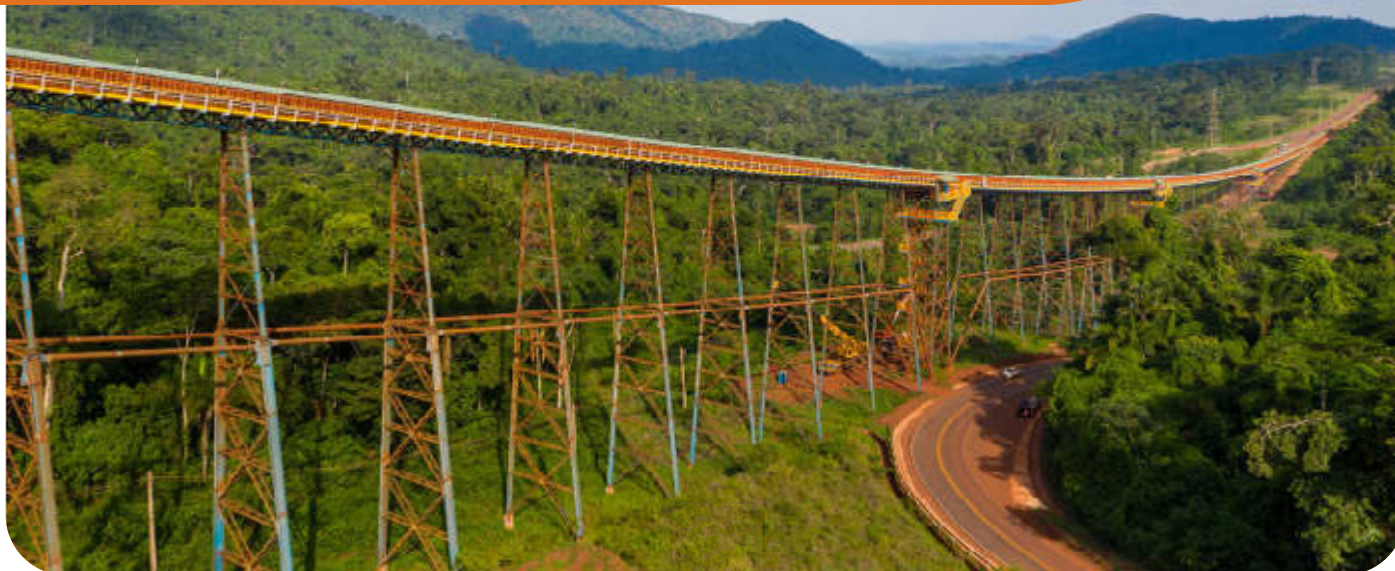
Mais Informações

Schweyka Stanley Holanda de Oliveira¹, Khrisna Raphaela Moraes da Silva², Bruna Evelly da Silva Costa², Vitória Caroline Ribeiro de Morais¹, Arnaldo Silva Santos¹, Iara Alves Moreira¹, Leonardo Castro¹, Marcelo Aiub de Mello², Henrique Cesar Marquesini¹, Sergio Melo Franco do Amaral Machado¹, Silvio Junio Ramos³ (schweyka.holanda@vale.com; raphaela.florestas@gmail.com; silvio.ramos@itv.org).

1. Gerência Meio Ambiente Metais Básicos Atlântico Sul; 2. Florestas Engenharia; 3. Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável.

Recuperação e Restauração

Recuperação ambiental, restauração de habitats e a oportunidade de restabelecimento da conectividade florestal no entorno do Complexo S11D - Eliezer Batista



Introdução

O Complexo S11D Eliezer Batista possui uma área total de 2.745,72 hectares. A área de influência desse empreendimento situa-se em parte dentro de uma Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável: a Floresta Nacional (FLONA) de Carajás. Nos limites desta FLONA existem outras áreas legalmente protegidas, que formam a área conhecida como Mosaico de Carajás. Essas áreas protegidas abrangem os principais remanescentes florestais de ambientes nativos da região sudeste do estado do Pará, fazendo parte do Corredor Ecológico Sul da Amazônia, uma das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade do Brasil. Essa região está circundada por uma matriz de áreas antropizadas, devido à evolução da

atividade agropecuária, da consolidação de vastas áreas de assentamentos rurais, além de pressões das atividades madeireira e garimpeira.

A recuperação ambiental de áreas já antropizadas, culminando na restauração de habitats naturais, nessa região configura uma importante processo para ampliar e restabelecer a cobertura vegetal nativa, tratando impactos do empreendimento que não puderam ser evitados e/ou mitigados e apoiando também o restabelecimento de populações da fauna e da conectividade florestal por meio da formação de corredores ecológicos.



6.491
hectares

de áreas em processo de restauração

Metodologia

As principais técnicas utilizadas para restauração foram a proteção das áreas através de cercas para impedir o acesso de gado, implantação e manutenção de aceiros para proteção das áreas em caso de incêndios, estímulo à regeneração natural pela formação de núcleos de atração de fauna dispersora e realização de enriquecimento através do plantio de mudas, transplante de mudas a partir do banco de plântulas da floresta, semeadura direta e da regeneração natural. Já foram plantadas mais de 500 mil mudas de diversas espécies florestais nativas, com padrão de alta diversidade florística para projetos de restabelecimento florestal. Sistemáticamente, ao longo dos anos, vem sendo conduzido monitoramento “in loco” das áreas, através de coleta de dados e avaliação técnica do desempenho das ações.

Foram plantadas 500 mil mudas de diversas espécies florestais nativas

Resultados

No âmbito do Complexo S11D Eliezer Batista, as ações de recuperação ambiental e restauração de habitats são trabalhadas em duas diferentes e complementares vertentes: o restabelecimento da conectividade florestal por meio de corredores ecológicos na Área de Influência do Complexo e a restauração florestal em porções complementares de propriedades adquiridas no entorno imediato do Complexo, que, portanto, também agregam valor como parte dos corredores formados.

A primeira constitui um programa inserido no Plano de Compensação Ambiental elaborado dentro do processo de licenciamento ambiental do Complexo, indicado como forma de cumprir as metas de reposição florestal obrigatória (Decreto Federal no. 5.975/2006) e de operacionalizar a aquisição das áreas necessárias a compensar as interferências sobre os ambientes naturais decorrentes da implantação do empreendimento. Este programa está implantando a criação de corredores ecológicos no entorno do Complexo S11D Eliezer Batista, a partir da restauração florestal em propriedades da Vale e de ações educativas que estimulem a restauração florestal em propriedades de terceiros no entorno.

O resultado é importante para a manutenção da biodiversidade regional e a estruturação da conectividade

A meta desse programa é a recuperação de 100% das áreas selecionadas na AID/AII do Complexo S11D Eliezer Batista, correspondendo à mesma extensão da área alterada pela implantação do empreendimento (2.745,72ha), em até 10 anos. Atualmente, 4.860,48 hectares de áreas degradadas no entorno da planta de construção da mina e usina do S11D já se encontram em processo de restauração florestal, indo além da meta, sendo que 3.853

hectares detêm promotores de resiliência (proximidade de matrizes florestais) e encontram-se em avançada regeneração natural. Além disso, 1.007,48 ha de áreas passaram por intervenção para incrementar o processo de restauração (480,25 compensação ambiental do Complexo S11D, 336,87ha compensações de Áreas de Preservação Permanentes para o projeto Serra Norte e 190,36 ha de compensação ambiental do projeto Salobo).

Na segunda vertente, foram selecionadas áreas adicionais àquelas planejadas para recuperação/restauração no programa acima citado, com foco em áreas anteriormente ocupadas pela pecuária e que, na ocasião, apresentavam diferentes estágios de regeneração quanto à cobertura vegetal. Nesse aspecto, o referido programa baseou-se não somente nas experiências adquiridas em projetos anteriores no âmbito da Vale, mas tecnicamente nos princípios da resiliência e sucessão ecológica, decorrente da indução da regeneração natural e o devido controle das plantas invasoras. Essas ações totalizaram 1.631 ha de áreas atualmente em processo de restauração florestal.

Somadas, as ações das duas vertentes acima citadas totalizam 6.491 ha de habitats florestais em processo de restauração nos últimos 4 anos, resultado considerado como de grande importância e contribuição à manutenção da biodiversidade regional e à estruturação da conectividade faunística e florística através de corredores ecológicos.



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Ricardo Campelo Costa¹ (ricardo.campelo@vale.com); Salim Jordy Filho² (salim.jordy@vale.com); André Cardoso³; Cesar de Sá Carvalho Neto¹; José Camilo Araújo¹; Lourival Tyski¹; Luiz Felipe Campos²; Marcelo Gomes da Silva²; Mario Luis Oliveira¹.

1. Diretoria Corredor Norte / Gerência de Meio Ambiente Rel Inst Soc Econ Com.; 2. Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/ Gerência de Recuperação de Áreas Degradadas e Fechamento de Mina; 3. Sete Soluções e Tecnologia Ambiental.

Recuperação e Restauração

Corredores para conectar o complexo de unidades de conservação de Carajás



Foto: João Marcos Rosa

Introdução

A perda de habitat é um problema histórico para a biodiversidade de florestas tropicais, e as mudanças climáticas de origem antropogênica representam novas ameaças para as espécies. Apesar da existência de áreas protegidas, ainda há uma necessidade global urgente de aumentar a conectividade entre elas, visando garantir a conservação das espécies florestais e ajudá-las no enfrentamento das mudanças de uso da terra e de clima.

O objetivo do presente trabalho foi identificar um conjunto de potenciais corredores ecológicos para conectar o complexo de Unidades de Conservação de Carajás (denominadas aqui de UCs Carajás) com outras áreas protegidas a oeste e norte. Esses corredores visam facilitar a movimentação das espécies para encontrar habitats adequados, considerando, conjuntamente, a fragmentação devido ao desmatamento e as projeções de mudanças climáticas (para o ano 2050).

Metodologia

Foram utilizados dados prévios publicados sobre o impacto das mudanças climáticas em espécies de três grupos importantes da fauna de Carajás: os morcegos (Costa et al. 2018), as aves (Miranda et al. 2019), e as abelhas (Giannini et al. 2020). Esses grupos realizam interações fundamentais com a flora, auxiliando em seu processo reprodutivo, pois atuam como polinizadores e dispersores de sementes. Assim, foi incorporado o potencial de movimento das espécies entre os fragmentos de floresta em nossos modelos de mudanças climáticas.

Focos de queimadas reduziram em 2020, após a implantação de Sistemas Agroflorestais

Resultados

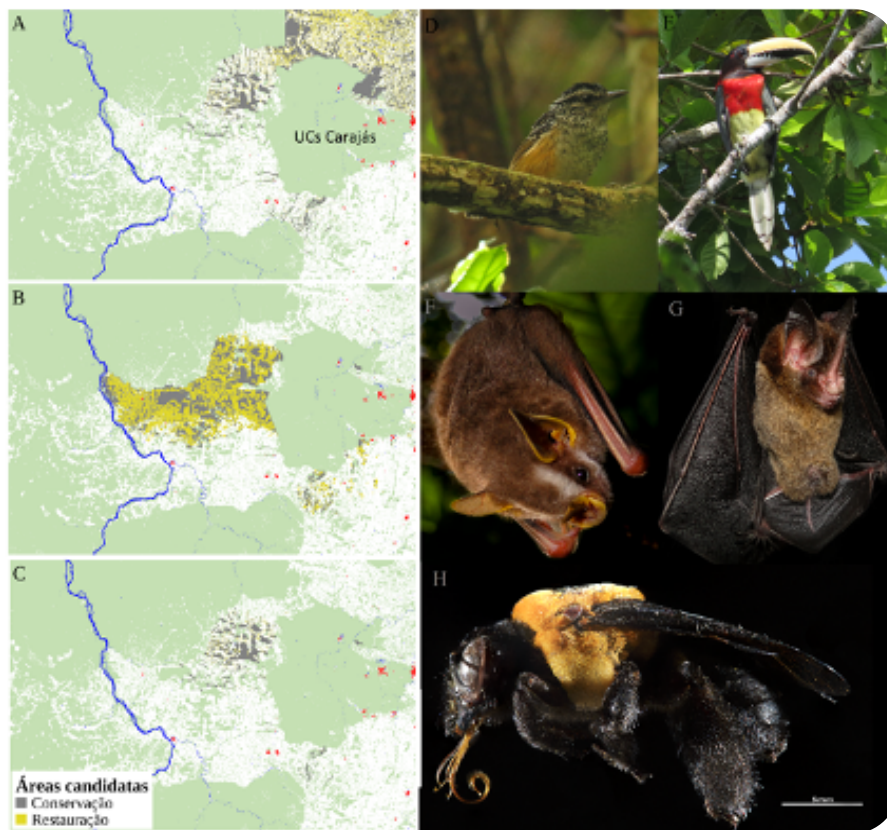
Os resultados (Figura 1) mostraram que, ao usar apenas o potencial de movimentação através dos fragmentos de remanescentes florestais, várias áreas são selecionadas para os potenciais corredores, localizados principalmente ao norte da área de estudo (apontando em direção à Terra Indígena Parakanã). Esse resultado muda quando analisamos a estabilidade e adequação das espécies ao clima, considerando-se as projeções futuras de mudança climática, pois os melhores corredores estão posicionados a oeste (em direção ao complexo de Unidades de Conservação da Terra do Meio). As áreas com alta concordância, considerando-se as duas abordagens, totalizam 135.171ha. Pouco mais de 117 mil ha apresentam cobertura florestal; os 18 mil ha restantes estão desmatados e podem ser considerados prioritários para ações de restauração. Do ponto de vista dos corredores, as melhores áreas para implementação poderiam ser escolhidas dentro desse conjunto de áreas selecionadas, apoiando também processos de tomada de decisão envolvendo escolha de áreas de compensação.

Já existem iniciativas de restauração de áreas visando incrementar a conectividade das UCs Carajás, especialmen-

te baseadas em implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs). Tais atividades foram iniciadas em 2012, e tiveram a ampliação da área de abrangência em 2017, com aproximadamente 45 mil mudas e 54 ha de SAFs implantados pelo Projeto Agroextrativismo, parte integrante do acordo de cooperação entre ICMBio e a Vale (Salobo Metais S.A).

Os SAFs buscam imitar a estrutura vertical da floresta nativa, visando os benefícios do consórcio de plantas alimentícias e florestais aliados ao autoconsumo familiar, promovendo também retorno econômico. Têm sido utilizados milho, feijão, macaxeira, batata doce, banana, mamão, açaí, cacau, andiroba, castanha-do-Brasil e copaíba, entre outras culturas. Assim, além do papel importante da restauração em termos de proteção da biodiversidade, mitigação das mudanças climáticas e aumento da conectividade, as iniciativas de SAF auxiliam na geração de renda para as comunidades locais. Ademais, em 2020 verificou-se a redução dos focos de queimadas após a implantação de SAFs. Essa avaliação foi feita utilizando dados de focos de calor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) dos anos de 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 e 2020 dos municípios de São Félix do Xingu, Parauapebas e Marabá. Posteriormente, foi feito o recorte para as áreas onde foram implementados os SAFs e a contagem dos focos com risco de fogo maior que zero. Foi demonstrado que o número de focos de calor na região registrados pelo INPE diminuiu 400%, sugerindo que o uso de SAFs pode apoiar a prevenção de queimadas e o desmatamento.

Áreas selecionadas para aumentar a conectividade do complexo de Unidades de Conservação de Carajás (UCs Carajás) baseadas em A) permeabilidade do habitat (presença de fragmentos florestais); B) projeção de mudanças climáticas para o ano de 2050 baseada em 603 espécies de aves, morcegos e abelhas que ocorrem em Carajás; C) áreas selecionadas baseadas nos dois critérios anteriores. Exemplos de espécies utilizadas na modelagem de dados D) *Hypocnemis striata* e E) *Pteroglossus bitorquatus* (Fotos L. Miranda); F) *Dermanura gnoma* e G) *Gardnerycteris crenulatum* (Foto L. Trevelin); H) *Centris denudans* (Foto F. Trancoso).



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Tereza Cristina Giannini^{1,2}, Leonardo Miranda³, Leandro Reverberi Tambosi⁴, Wiliam França Costa⁵, Rafael Cabral Borges^{1,2}, Leonardo C. Trevelin¹, Rodolfo Jaffé¹, Antonio Mauro Saraiva⁶, Vera Lucia Imperatriz-Fonseca⁶, Schweyka Holanda⁷, Vitória Caroline Ribeiro de Moraes⁷, Sergio Melo Franco do Amaral Machado⁷ (tereza.giannini@itv.org).

1. Instituto Tecnológico Vale; 2. Universidade Federal do Pará; 3. Museu Paraense Emilio Goeldi; 4. Universidade Federal do ABC; 5. Universidade Mackenzie; 6. Universidade de São Paulo; 7. Vale, Diretoria de Operações de Metais Básicos Atlântico Sul/ Gerência Meio Ambiente.

Recuperação e Restauração

DNA metabarcoding revela a sucessão das comunidades de insetos e a diversidade de vertebrados na recuperação de áreas mineradas



Foto: Christina Lynggaard

Introdução

Na biodiversidade, a hierarquia de mitigação exige ações que devem ser tomadas para evitar, minimizar, recuperar e compensar o impacto das atividades humanas, como a mineração. Essas ações incluem a recuperação ou restauração de áreas degradadas. O monitoramento das áreas em recuperação e restauração é importante para avaliar o sucesso das atividades realizadas.

Embora a estrutura da vegetação seja comumente usada como um indicador do estado do ecossistema, as comunidades de animais também podem ser usadas como indicadores, uma vez que a fauna também reflete as mudanças ecossistêmicas.

Artrópodes, por exemplo, são abundantes e muito diversos, especialmente nas florestas tropicais. Embora sejam fáceis de coletar em grandes quantidades, utilizando armadilhas que permanecem alguns dias nas áreas, sua identificação com base na morfologia depende de conhecimentos taxonômicos detalhados. Ao contrário dos artrópodes, os vertebrados podem ser fáceis de identificar morfológicamente, mas são difíceis de monitorar, pois podem ter um comportamento tímido ou ocorrer em baixa abundância.

Abordagem de DNA metabarcoding permite obter informações sobre os vertebrados a partir de amostras de artrópodes

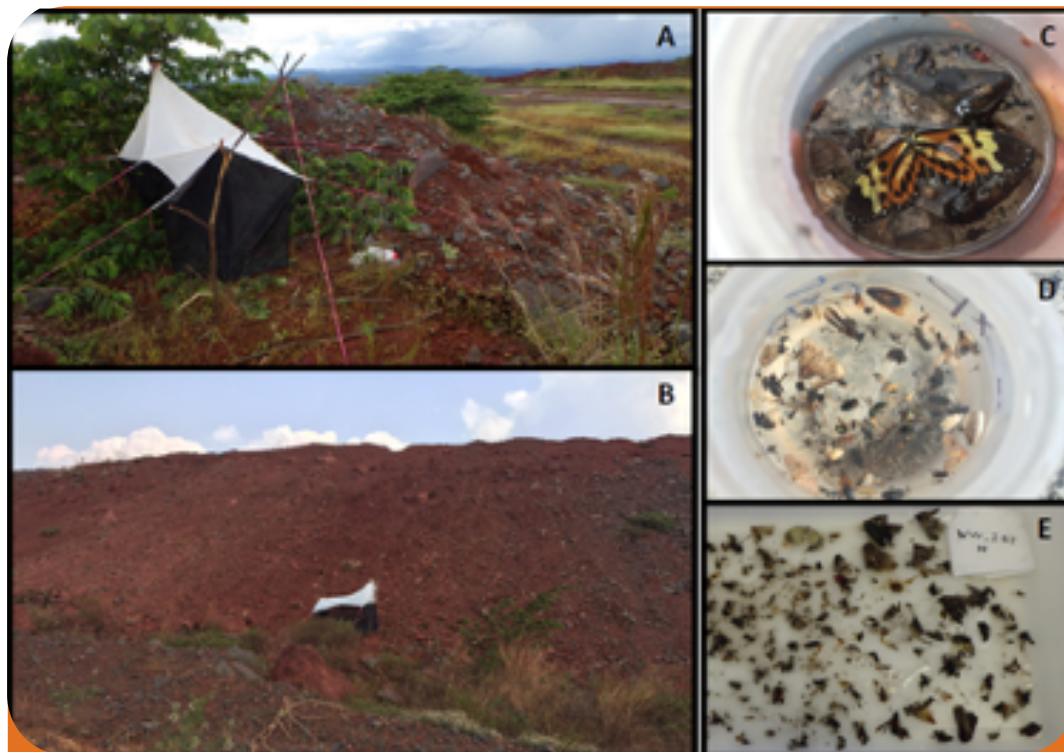
Metodologia

Métodos moleculares, como o DNA metabarcoding, facilitam a identificação e o monitoramento desses animais, permitindo detectar, dentro de uma ampla escala temporal e espacial, múltiplas espécies a partir do DNA presente em amostras ambientais (solo, água, sedimento e fezes) ou amostras compostas de tecidos (vegetais ou animais). A técnica se baseia no sequenciamento em massa de regiões específicas do DNA, gerando códigos de barra que podem ser comparados com aqueles depositados em bancos de dados de referência, para identificação das espécies. Em teoria, esse método permite identificar todos os organismos presentes em uma amostra ambiental composta em uma única corrida de sequenciamento, garantindo eficiência e baixos custos. Devido à facilidade de aplicação, a abordagem de DNA metabarcoding tem sido amplamente utilizada para monitoramento de artró-

podes, uma vez que é possível identificar rapidamente todas as espécies presentes em uma amostra ambiental. Adicionalmente, este método permite obter informações sobre os vertebrados a partir de amostras de artrópodes. Isso é possível devido ao contato direto dos artrópodes, que se alimentam de vertebrados, como moscas da areia, varejeiras, mosquitos e carrapatos, por meio do acúmulo do seu DNA no intestino. Os estudos que coletam este tipo de artrópodes podem ser usados para o estudo do DNA dos invertebrados (iDNA) e também para avaliar os vertebrados com os quais esses artrópodes tiveram contato. Desta forma, ambos os grupos podem ser monitorados nas áreas de interesse.

Em colaboração científica entre a Universidade de Copenhague (KU) e o Instituto Tecnológico Vale, amostras de artrópodes foram coletadas usando armadilhas do tipo *Malaise* ao longo de uma sequência cronológica de recuperação ambiental, em pilhas de estéril situadas no complexo N4-N5 na Floresta Nacional de Carajás durante as estações seca e chuvosa.

Para a recuperação desses ambientes, uma mistura de sementes, fertilizantes e massa orgânica foi jateada por uma mangueira diretamente no solo, um processo conhecido como hidrossemeadura. A mistura continha sementes de espécies vegetais de crescimento rápido para cobrir e proteger o solo, além de elevado número de espécies nativas para iniciar a sucessão natural das



Armadilhas dispostas em áreas de recuperação ambiental (A, B), artrópodes capturados (C, D) e em processo de triagem (E)

Amostras foram coletadas em uma sequência cronológica de recuperação ambiental em pilhas de estéril, além de áreas de canga e florestas

áreas e garantir o retorno dos serviços ecossistêmicos com o tempo. As armadilhas foram instaladas em taludes das pilhas sob diferentes estágios de recuperação: solos expostos não revegetados, estágios iniciais com até três anos após o semeio, estágios intermediários, com quatro a cinco anos, e estágios avançados, com seis a sete anos. Para obter referências, foram coletadas também amostras em ecossistemas não perturbados como as cangas e florestas da região.

Como se esperava uma biodiversidade desconhecida nas amostras, foi utilizado um protocolo de extração de DNA não destrutivo. Nesse protocolo, os artrópodes são preservados morfologicamente, para que estudos futuros possam catalogar os espécimes amostrados e, eventualmente, descrever novas espécies. A abordagem permitiu avaliar regiões específicas dos genomas de vertebrados e invertebrados a partir de amostras compostas, através do uso de marcadores moleculares específicos para cada grupo.

Resultados

Como esperado, um grande número de artrópodes não foi identificado, em nível de espécie, devido à falta de referências genéticas disponíveis em bancos de dados públicos (85-91% das sequências por amostra). Apesar dessa limitação, os resultados mostraram que a sazonalidade afetou as comunidades de artrópodes e que estágios avançados tendem a possuir maior diver-

A tecnologia se mostrou muito útil para o monitoramento da recuperação de áreas degradadas

sidade do que estágios intermediários ou iniciais, pelo menos na estação seca. Em contrapartida, pilhas de estéril com solo exposto não revegetado apresentaram a menor diversidade em ambas as estações. Além disso, as comunidades de artrópodes em pilhas de resíduos de seis a sete anos após a revegetação mostram uma sucessão ecológica em direção a florestas de referência, mas não para as cangas.

A partir das mesmas amostras, foi possível obter informações de vertebrados que vivem na área. DNA de anfíbios (sapos, como, por exemplo, *Physalaemus cuvieri*) e mamíferos (morcegos - *Molossus molossus*, *Artibeus* sp., anta - *Tapirus terrestris*, guariba - *Alouatta* sp., tamarindos - *Saguinus* sp. e roedores) foram detectados nas amostras. Com isso, maximiza-se as informações obtidas em amostras únicas coletadas em áreas remotas e demonstrando a utilidade da tecnologia para o monitoramento da recuperação de áreas degradadas, melhorando também a compreensão sobre o funcionamento dos ecossistemas.



Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Christina Lynggaard¹, Gisele Nunes², Santelmo Vasconcelos², Guilherme Oliveira², Markus Gastauer² (markus.gastauer@itv.org).

1. Universidade de Copenhagen; 2. Instituto Tecnológico Vale.

Recuperação e Restauração

Monitoramento da qualidade ambiental quantifica a contribuição da recuperação para a hierarquia da mitigação



Introdução

Entre as áreas de mineração reflorestadas há espécies nativas, herbáceas (incluindo gramíneas), lianas, arbustivas e arbóreas.

Com base nos quatro pilares (evitar, minimizar, remediar e compensar os impactos ambientais), a hierarquia de mitigação conecta a proteção dos recursos naturais ao desenvolvimento econômico. Mas, para o instrumento se tornar efetivo na gestão dos recursos naturais, é fundamental a quantificação das contribuições de cada pilar.

A recuperação de áreas degradadas, uma das principais estratégias para remediar os impactos ambientais causados pela mineração, visa, além de recuperar as características físicas, restituir a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos mais próximos ao seu estado original (Gastauer et al. 2018). Quanto maior for o êxito

na recuperação, menores serão os impactos residuais a serem compensados. Para atender a essa demanda, pesquisadores e equipes de meio ambiente nas operações desenvolveram metodologias para quantificar os avanços ambientais das áreas alcançadas até o momento pela recuperação (Figura 1).

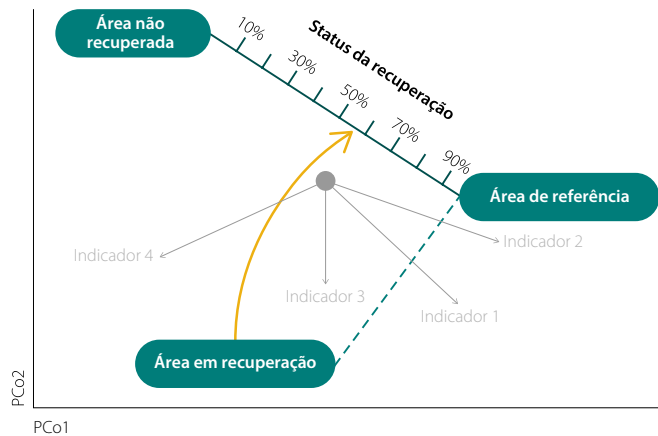


Figura 1. Ilustração da quantificação do status da recuperação ambiental (qualidade ambiental) em áreas mineradas. O status corresponde ao percentual de como a área em recuperação se aproximou ao alvo (área de referência). Para detectar esse percentual, as áreas monitoradas são ordenadas por meio de análise multivariada em função de indicadores ambientais (Indicadores 1-4). A partir disso, a distância entre a área em recuperação - alvo (linha tracejada) é relacionada à distância área não recuperada - alvo (linha negrita, contendo escala), conforme indica a seta laranja

Metodologia

Para detectar os avanços ocorridos, características e funções ecossistêmicas importantes foram monitoradas em diferentes unidades operacionais. Entre os parâmetros analisados, encontram-se informações sobre a estrutura da vegetação (grau de cobertura ou número de árvores), a diversidade e a composição das comunidades da vegetação e da fauna (número e abundância de espécies nativas), além de processos ecológicos selecionados (diversidade funcional, atividades de enzimas no solo, entre outros).

Para obter essas informações, os solos, a vegetação e a fauna foram amostrados em diferentes estágios de recuperação nas minas de ferro do Maciço de Urucum, Corumbá, Mato Grosso do Sul (Figura 2), nas pilhas de estéril (PDEs) das Serras de Carajás, Pará, e nas áreas denominadas de Arenitos, pequenas pedreiras de areia desativadas, também situadas nas Serras de Carajás (Figura 3).

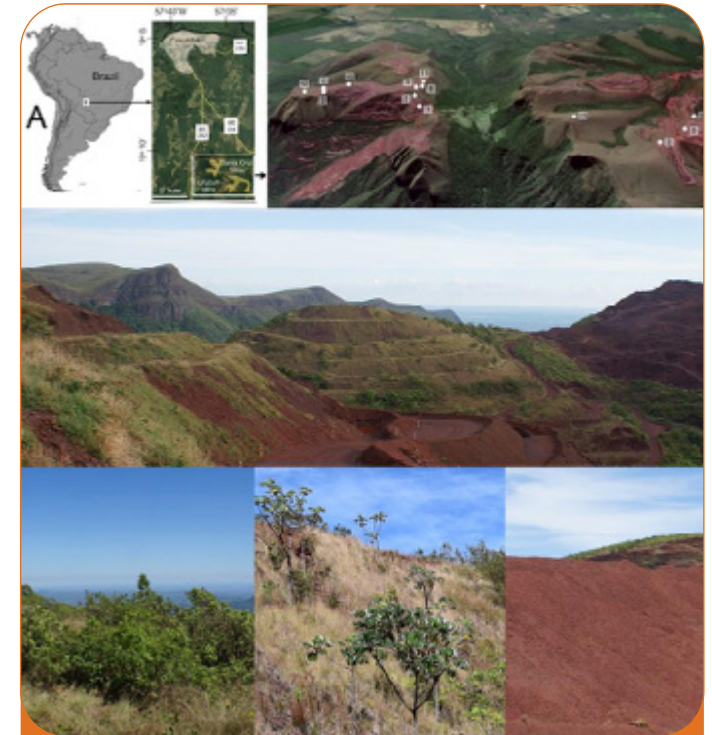


Figura 2. Localização das áreas em recuperação monitoradas no Maciço do Urucum, Corumbá-MS (A). A paisagem geral (B) mostra formações de savana aberta cobrindo os topos dos morros e formações florestais nas encostas, as áreas de recuperação ambiental (morros no centro e na parte esquerda da foto) e os locais de mineração não revegetados (morro à esquerda). C-E fornecem detalhes sobre os campos limpos/campos sujos de cerrado características das cangas da região (alvos da recuperação, locais 1, 9, 10 em (B)), áreas em recuperação (2, 4, 6, 7, 8, 12, 13) e taludes não revegetados (outros locais)

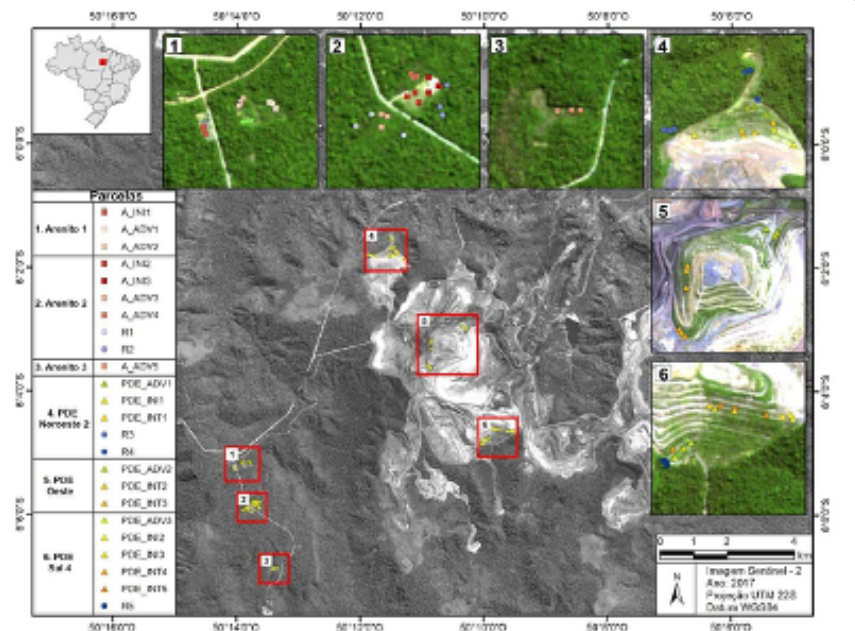
Em cada uma das três unidades operacionais, estágios não revegetados, áreas com diferentes idades de recuperação (2-3 anos para Corumbá, 1-7 anos nas PDEs e 1-12 anos nos Arenitos) e áreas de referência, cobertas por vegetação natural sem sinais de distúrbio, foram analisados. Foi necessária a amostragem das áreas

não revegetadas (degradadas) e de áreas cobertas por vegetação natural, representando os alvos da recuperação, para balizar os avanços ambientais ou trajetórias ocorrendo ao longo da recuperação (Vickers, Gillespie, and Gravina 2012). Os alvos e estratégias da recuperação diferem entre os três estudos de caso. No Maciço do Urucum, inserido no bioma Pantanal, os alvos da recuperação são as cangas da região, uma fisionomia vegetal descrita como campo limpo/campo sujo

de cerrado (Figura 2). Para iniciar a recuperação das áreas mineradas, sementes e mudas de mais de 100 espécies nativas, herbáceas (incluindo gramíneas), lianas, arbustivas e arbóreas são levadas a campo.

Já nas Serras de Carajás, pertencente ao bioma Amazônia, onde florestas imensas dominam a paisagem, a extração do minério exige a retirada de grandes volumes de solo e rochas encaixantes do minério (denominado de estéril), que são depositados em pilhas, compondo taludes de até 60m de altura. Para sua recuperação, uma mistura de sementes é utilizada pela técnica de hidrossemeadura. A mistura contém sementes de espécies de crescimento rápido para cobrir e proteger o solo, além de elevado número de espécies nativas para iniciar a sucessão natural das áreas e garantir o retorno dos serviços ecossistêmicos. Os Arenitos, situados na mesma região, foram recuperados utilizando “top soil”, seguido por plantio de mudas de espécies arbóreas.

Figura 3. Localização das áreas monitoradas na Serra de Carajás; as áreas 1-3 são os Arenitos, e as áreas 4-6 correspondem às PDEs



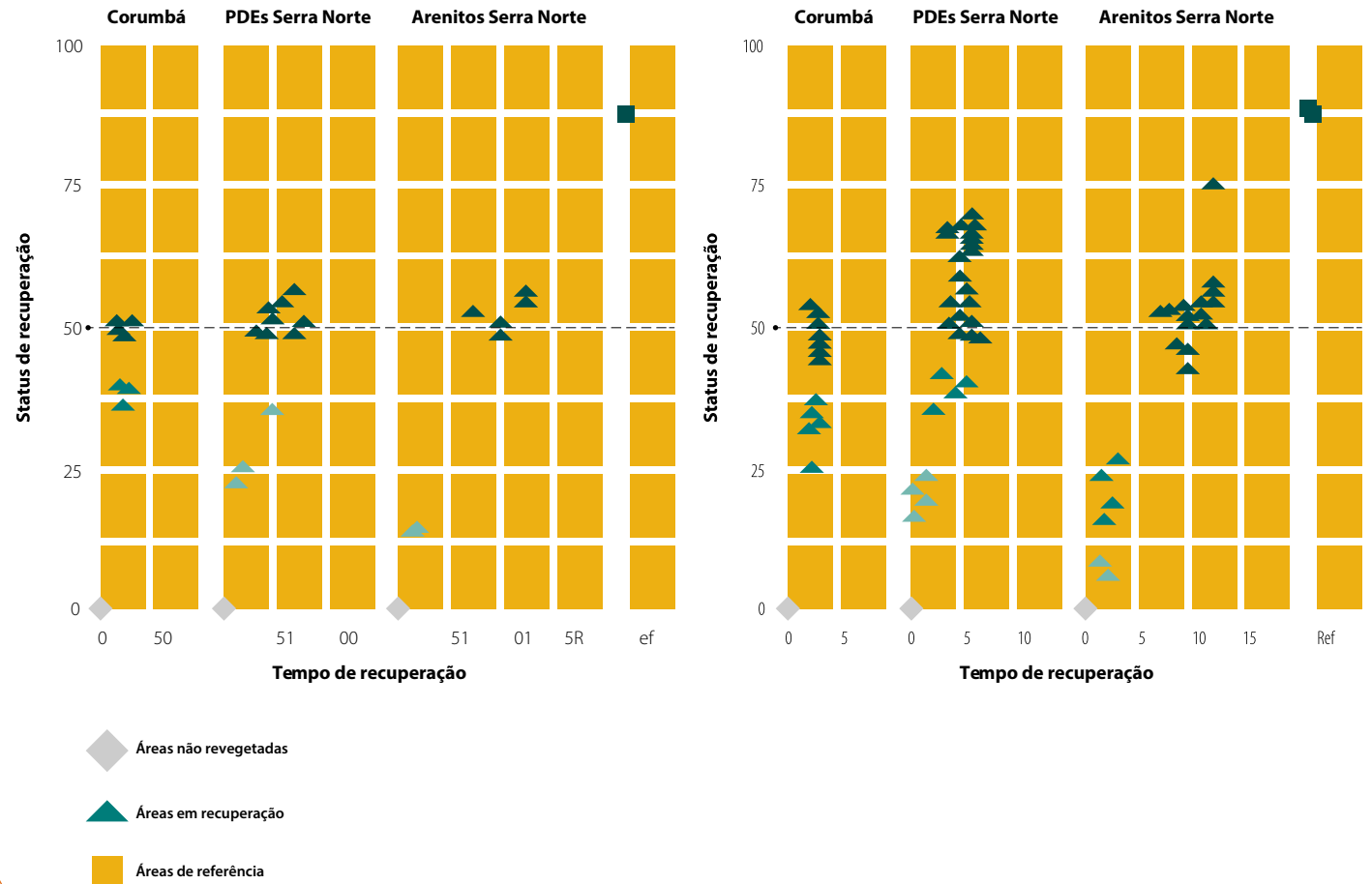
A partir das características monitoradas do solo e da vegetação, os diferentes estágios dos três sistemas foram ordenados utilizando uma análise multivariada, que permitiu a espacialização das diferenças ambientais. Em seguida, foi determinado o status da recuperação, ou seja, a distância entre as áreas em recuperação e as referências/alvos em relação à distância entre as áreas não revegetadas e a referência, quantificando assim os avanços ambientais ocorridos nas áreas em recuperação até o momento.

Resultados

Os estudos realizados nos três sistemas mostram que as atividades de recuperação conseguiram restituir elevadas porções da diversidade, da estrutura e dos processos ecológicos. Em Corumbá, após três anos de recuperação, o status ambiental alcançou aproximadamente 50% dos valores das áreas referência (Figura 4). Em Carajás, o status ambiental das PDEs em recuperação aumentou com o tempo para 53% após sete anos, e alcançou valor médio de 60% nos Arenitos após 12 anos (Figura 4). A recuperação de formações campestres em Corumbá pode exigir menor tempo do que a restituição de florestas Amazônicas, resultando em diferenças no tempo para alcançar a margem de 50% no status ambiental.

A computação do status não apresenta vieses em relação às variáveis individuais utilizadas (Gastauer et al. 2019; 2020). Sobretudo, análises estatísticas confirmam que um número suficiente de parâmetros ambientais

Figura 4. Status ambiental em função do tempo da recuperação nas diferentes unidades operacionais monitoradas



A ferramenta de monitoramento ambiental se mostra efetiva para quantificar a qualidade das áreas em recuperação

foi considerado para computar o status com confiabilidade (Gastauer et al. 2020). Adicionalmente, o acréscimo de diferentes variáveis simuladas, representando propriedades ou funções ecossistêmicas ainda não mensuradas em campo como abundância ou diversidade de grupos taxonômicos específicos, altera o status apenas marginalmente (Gastauer et al. In Prep.), o que aumenta ainda mais a confiabilidade nos números apresentados aqui.

Assim, o monitoramento das áreas em recuperação comprova o retorno da biodiversidade, da estrutura, das funções e dos processos ecológicos nas regiões estudadas, embora períodos maiores sejam necessários para restituir todas as propriedades ecossistêmicas. Considerando a continuidade dos processos sucessionais nas áreas, espera-se maior aproximação das áreas em recuperação aos alvos da recuperação com o tempo. A recuperação de mais do que 50% da qualidade ambiental em apenas uma década destaca a importância das atividades para reduzir efetivamente os impactos da mineração. Dessa forma, a ferramenta de monitoramento ambiental aqui desenvolvida se mostra efetiva para quantificar a qualidade das áreas em recuperação e para alcançar 'No Net Loss' nas operações da companhia.



Figura 5. Cronosequência de recuperação na PDE Noroeste II, Serra Norte, Carajás

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Markus Gastauer¹, Cecílio Frois Caldeira¹, Silvio Junio Ramos¹, Rodolfo Jaffé¹, Leonardo Trevelin¹, Delmo Fonseca Silva², Renan Rodrigues Coelho², Sergio Souza Junior², Felipe Tadashi Asao Coelho³, Pedro Walfir¹, Rosilene Rodrigues Silva³, Túlio Márcio Nascimento dos Santos³, Valdenir Vaz Filho³, Leonardo Neves² (markus.gastauer@itv.org).

1. Instituto Tecnológico Vale; 2. Diretoria do Corredor Norte/Gerência de Meio Ambiente Rel. Inst. Socioe. Com.; 3. Diretoria Corredor Sul/Gerência de S&S Meio Ambiente e Serviços Corumbá.

Recuperação e Restauração

Propagação e crescimento de espécies nativas para recuperação de áreas mineradas



Introdução

É cada vez mais urgente a necessidade de conciliar as atividades antrópicas com a exploração sustentável dos recursos naturais. Dessa forma, é fundamental garantir a recuperação das áreas impactadas, a conservação da flora nativa e a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

A vegetação na FLONA Carajás abriga formações florestais que variam desde as florestas ombrófilas sempre verdes a as estacionais, além de manchas de vegetação campestre que ocorre sobre platôs cobertos por afloramentos ferruginosos. Essa vegetação é composta por rico mosaico de fitofisionomias predominantemente abertas e diretamente associadas ao

substrato rochoso, denominadas de cangas ferruginosas (Viana et al 2016). São poucas as informações disponíveis sobre as espécies da canga e floresta de Carajás, sobretudo quanto às características das sementes, germinação e fatores que podem influenciar no estabelecimento dessas espécies nas áreas a serem recuperadas. Assim, estudos com espécies nativas são importantes para embasar os processos relacionados a produção de mudas, manejo da biodiversidade e definição de estratégias na recuperação de áreas impactadas pela mineração na região. O ITV desenvolve diversos estudos sobre a propagação e o cultivo de espécies vegetais nativas, destacando protocolos para melhorar a germinação de sementes e o cultivo de espécies nativas em solos minerados.

Estudos com espécies nativas são importantes para embasar os processos relacionados à produção de mudas, ao manejo da biodiversidade e à definição de estratégias na recuperação de áreas

Metodologia

Sementes de diversas espécies nativas da canga e floresta de Carajás foram estudadas quanto à sua pureza, biometria, imageamento por raios-x, testes de germinação, superação de dormência e tolerância à dessecação e ao armazenamento. Também estão sendo realizados estudos de crescimento destas espécies nativas em função de diferentes adubações em substratos das áreas de mineração a serem recuperadas.

Resultados

Os estudos realizados revelaram a necessidade de superar a dormência das sementes de várias espécies nativas antes do plantio, seja para produção de mudas em viveiro ou para o uso direto em campo por meio de hidrossemeadura. Para a maioria das espécies, a escarificação das sementes com uma lixa fina revelou-se um método eficiente tanto para elevar a taxa de germinação, quanto para elevar o índice de velocidade de germinação (IVG), favorecendo a germinação rápida e homogênea, o que aumenta a competitividade destas espécies quando levadas ao campo, além de facilitar a produção de mudas em viveiro.

Resultados referentes ao tamanho das sementes (Figura 1) de espécies da família Fabaceae de cangas e floresta de Carajás demonstram que sementes maiores da floresta apresentam maior germinação do que as sementes menores, comumente encontradas na canga, sugerindo uma maior atenção com as sementes obtidas na canga para o uso na revegetação. Esses resultados também sugerem que o armazenamento por um período longo de tempo reduz a germinação para algumas espécies. Dessa

maneira, aliar a quebra de dormência com o tempo de armazenamento é uma prática favorável para o melhor aproveitamento das espécies nativas na revegetação.

Em relação à propagação e crescimento de gramíneas nativas de Carajás (*Paspalum cinerascens* e *Axonopus longispicus*), foi observado que ambas as espécies apresentam potencial de propagação vegetativa via separação de perfilhos (Figura 2). Com isso, demonstram potencial para uso na revegetação de áreas impactadas. Além

disso, o estudo mostrou que a adubação nitrogenada contribuiu para o maior perfilhamento de ambas as espécies, assim como aumentou a capacidade de fixação de carbono e, conseqüentemente, no acúmulo de biomassa para o *Paspalum cinerascens*.

No estudo comparativo entre espécies do gênero *Crotalaria*, sendo uma espécie não nativa amplamente utilizada na revegetação de áreas degradadas no Brasil (*Crotalaria spectabilis*) e outra espécie nativa das cangas de Carajás (*Crotalaria maypurensis*), verificou-se que a adubação mineral e orgânica contribui para o maior crescimento de ambas espécies em solos minerados de Carajás (Figura 3).

Esse estudo também permitiu observar que essas espécies apresentam diferenças significativas quanto ao metabolismo do nitrogênio em seus tecidos foliares. Enquanto *C. maypurensis* tende a apresentar maior concentração de nitrato nas folhas, *C. spectabilis* tem na amônia a forma predominante de nitrogênio, e isso explica o

Figura 1. Sementes de oito espécies de Fabaceae



Figura 2. Crescimento de *Paspalum cinerascens* em substratos de áreas mineradas de Carajás



O uso da *Crotalaria* nativa na revegetação se mostra positivo pelo rápido crescimento e boa quantidade de sementes que produz

menor crescimento da espécie nativa perante a não nativa, uma vez que mais energia é gasta para metabolizar o nitrato nos tecidos vegetais. Embora a espécie de *Crotalaria* nativa apresente menor crescimento que a espécie comercial, o seu uso na revegetação de áreas mineradas de Carajás deve ser levado em consideração, pois essa espécie produz considerável quantidade de sementes e rápido crescimento em substratos minerados, o que é favorável também para atender às exigências legais para o uso de espécies nativas.



Crotalaria maypurensis



Crotalaria spectabilis

Figura 3. Crescimento de crotalaria comercial (*Crotalaria spectabilis*) e nativa (*Crotalaria maypurensis*) em solo minerado com fertilização orgânica e mineral

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Silvio Junio Ramos¹, Cecílio Caldeira¹, Markus Gastauer¹, Rafael Silva Guedes¹, Hemelyn Soares das Chagas², Renan Coelho³, Mário Luís Oliveira³, Pedro Walfir Souza-Filho¹ (silvio.ramos@itv.org).

1. Instituto Tecnológico Vale – Desenvolvimento Sustentável; 2. Universidade Federal Rural da Amazônia; 3. Diretoria do Corredor Norte/ Gerencia Meio Ambiente.

Ações em curso para o futuro que queremos

Conservação *Ex Situ*



Conservação Ex Situ

O Herbário de Carajás no contexto do conhecimento da biodiversidade



Introdução

Em Carajás, no sudeste do estado do Pará, as pesquisas relacionadas à Botânica tiveram início no ano de 1969, junto ao “Projeto Grande Carajás”, de exploração mineral. Nesse período, todas as coletas botânicas eram tombadas no herbário do Museu Paraense Emilio Goeldi (MG). O Herbário de Carajás foi implantado em 1987, sendo que a partir de 2007 um grande esforço foi direcionado para a coleta de material em toda a região de Carajás e para o posterior depósito nessa coleção, que então foi registrada, passando a fazer parte da Rede Brasileira de Herbários com a sigla HCJS. Em 2016, a coleção foi indexada junto ao *Index Herbariorum*, entidade vinculada ao *New York Botanical Garden*.

Com foco nas espécies relacionadas à região de Carajás, o HCJS é um importante compilado da diversidade florística da região possuindo grande representatividade, principalmente para as espécies dos campos rupestres ferruginosos, sendo possível a partir dessa coleção consolidar o conhecimento sobre a ocorrência presente e/ou passada de diversas espécies mantendo o registro da distribuição das mesmas.

O Herbário de Carajás está localizado no Parque Zoológico de Carajás, em sala climatizada e estruturada no Centro de Visitantes. Atualmente, o acervo é composto por mais de 7100 exsicatas distribuídas em 170 famílias botânicas, predominantemente angiospermas, com 146 famílias; pteridófitas, com 23 e gimnospermas, representada na região unicamente pelo gênero *Gnetum*, da família Gnetaceae. Entre as angiospermas, são 11 as famílias que representam mais de 50% do acervo, Leguminosae 13,62%, Rubiaceae 6,93%, Poaceae 5,91%,

Melastomataceae 4,63%, Cyperaceae 3,78%, Orchidaceae 3,1%, Asteraceae 3,02% Myrtaceae 2,99%, Convolvulaceae 2,78%, Euphorbiaceae 2,26%, Bignoniaceae 2,06%.

Além do inestimável valor intrínseco das informações relacionadas às plantas que fazem parte do acervo, o herbário contribui positivamente suprimindo lacunas de conhecimentos quanto à ocorrência e distribuição de espécies; na formação de profissionais diretamente ligados à área de Botânica e que atuam em diferentes atividades na Vale; aproximando a comunidade acadêmica devi-

do à interface direta com pesquisadores de diferentes instituições, assim como seus alunos, auxiliando no fornecimento de dados e subsídios para as pesquisas. Diversos parceiros e atores foram muito importantes para consolidar essa coleção, como o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o Museu Paraense Emílio Goeldi e o Instituto Tecnológico Vale.



Instalações e coleções do Herbário de Carajás

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Lourival Tyski¹, Tarcisio Rodrigues¹, Delmo Fonseca¹, Edivaldo Araujo¹, André Cardoso² (lourival.tyski@vale.com).

1. Vale, Diretoria Corredor Norte, Gerência de Meio Ambiente Rel. Inst. Soc. Econ. Com.; 2. Sete Soluções e Tecnologia Ambiental.

Conservação Ex Situ

Biofábrica: em busca da conservação de espécies críticas



Introdução

A Vale opera em áreas de alto valor para a biodiversidade, sendo que, além de direcionar esforços para reduzir e gerir os próprios impactos, trabalha-se em estratégias para recuperação de áreas e restauração de habitats e populações, com foco na conservação da biodiversidade.

No Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais (Br), região inserida na transição entre Mata Atlântica e Cerrado, a Vale mantém, desde 2015, no Centro de Tecnologia de Ferrosos em Nova Lima, a primeira Biofábrica do setor mineral, capaz de multiplicar espécies de plantas por meio da biotecnologia, com a reprodução *in vitro* de espécies da flora nativa. A atuação da Biofábrica teve início com foco na reprodução de espécies ameaçadas, raras e endêmicas dos campos rupestres ferruginosos, ambientes que sofrem intervenções diretas da operação, sendo que atualmente são reproduzidas também várias espécies raras dos biomas Mata Atlântica e Cerrado.

Metodologia

O trabalho de reproduzir plantas começa no campo. Espécimes registrados em campo se tornam matrizes para coleta de sementes, assim como indivíduos resgatados nos programas de resgate da flora. Plantas resgatadas são direcionadas para o viveiro e sementes coletadas são levadas para o laboratório. Depois da desinfestação das sementes, elas são inoculadas e direcionadas para a sala de crescimento, onde todas as condições necessárias e ideais para o desenvolvimento das plântulas são garantidas, como nutrição, temperatura e luminosidade.

Depois desse processo, as plantas são remanejadas para estufas, continuam se desenvolvendo sob condições controladas, porém mais próximas da natureza. A última etapa é a rustificação, adaptação realizada em ambiente com condições mais parecidas com as condições naturais do habitat, adaptação antes da reintrodução no local de plantio definitivo.



Resultados

Com as condições ideais reproduzidas em laboratório, uma única cápsula de sementes se transforma em centenas ou milhares de indivíduos, que depois de desenvolvidos em estufas e aclimatados às condições próximas do habitat natural, são reintroduzidos na natureza. As espécies produzidas são utilizadas nos processos de recuperação de áreas mineradas ou restauração de habitats, sendo acompanhados para verificar o estabelecimento das espécies, indivíduos e populações.

Um exemplo é a *Cattleya milleri*, uma espécie de orquídea endêmica do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. Sua presença ocorre em campos rupestres ferruginosos, localizados em altitudes que variam de 800 e 1500 metros, associados também a áreas de interesse mineral. As pressões sobre seu habitat e as pequenas flores vermelhas que a fazem muito visada por colecionadores tornam as populações da espécie cada vez mais raras em sua área de ocorrência, sendo considerada criticamente ameaçada no Brasil.

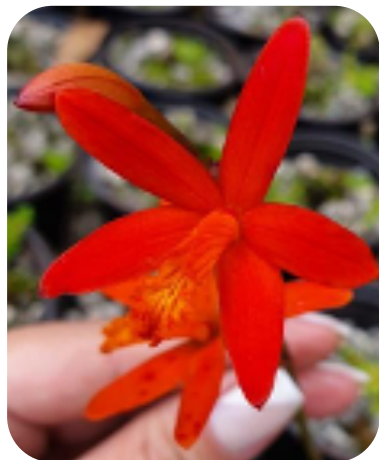
Sob condições naturais, a *Cattleya milleri* pode produzir até 10 mil sementes para cada flor fecundada. Entretanto, o índice de germinação dessas sementes na natureza é extremamente baixo, pois as sementes não contêm nenhuma reserva nutricional e dependem de condições perfeitas para se desenvolverem. É preciso um completo equilíbrio entre umidade, luminosidade e nutrientes.

Com as condições ideais oferecidas a partir do laboratório da Biofábrica, já foram obtidas aproximadamente 18.000 mudas de *Cattleya milleri*, sendo que, até o

momento aproximadamente 3.000 indivíduos já foram reintroduzidos na natureza, nas áreas de compensação ambiental, focando na restauração de habitats e restabelecimento das populações. As mudas são monitoradas in loco, há aproximadamente 2 anos, observando-se crescimento satisfatório e taxa de mortalidade baixa.

Esse é um dos exemplos concretos de como a Biofábrica contribui para a restauração de populações e habitats, assim como para a conservação das espécies.

As mudas são monitoradas in loco há aproximadamente 2 anos e há bom crescimento e baixa mortalidade



Orquídea (*Cattleya milleri*)

Mudas de *Cattleya milleri*

Mudas em aclimação

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Leilane Gomes; Genilton Santos (leilane.gomes@vale.com; genilton.santos@vale.com).

Diretoria do Corredor Sul/Gerência de Meio Ambiente do Corredor Sul.

Conservação Ex Situ

Minimizando impactos – resgate e conservação de abelhas



Introdução

Durante as ampliações das operações e implantação de novos empreendimentos minerários, fazem-se necessárias intervenções em áreas de vegetação nativa, o que implica em impactos diretos e indiretos sobre a flora e fauna. Uma forma de mitigar os impactos é a implantação de programas de acompanhamento das ações de supressão da vegetação e resgate da fauna. O resgate de colmeias de abelhas nativas faz parte das ações implantadas para minimizar impactos nas áreas operacionais de ferrosos do Corredor Sul, localizadas no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais.

Desde 2016, a Vale mantém, no Centro de Tecnologia de Ferrosos em Nova Lima, um meliponário, que atua na multiplicação de colônias resgatadas preparando-as para a multiplicação e posterior reintrodução.

Metodologia

O trabalho de multiplicação e reintrodução começa no campo, onde colônias encontradas nas áreas de supressão são resgatadas por equipe especializada e levadas para o meliponário. Posteriormente, realiza-se o procedimento de transferência das colônias para uma caixa, utilizando-se modelo Novy e caixas de madeira tipo INPA. Essas colônias recebem alimento e temperatura controladas e adequados para auxiliarem em seu fortalecimento, sendo, então, multiplicadas, focando na futura reintrodução em habitats nativos no entorno das áreas de compensação e restauração.



Colônias em ambiente com temperatura controlada

Resultados

Atualmente, o meliponário conta com sete espécies, totalizando 20 colônias. São elas: Mandaçaia (*Melipona quadrifasciata anthidioides*), Jataí (*Plebeia remota*), Mandaguari preta (*Scaptotrigona postica*), Mandaguari amarela (*Scaptotrigona xanthotricha*), Irai (*Nannotrigona testaceicornis*), Arapoa (*Trigona spinepes*), Mirim Guaçu (*Plebeia remota*). As colônias encontram-se em processo de desenvolvimento e fortalecimento.

O meliponário funciona também como uma importante ferramenta para educação ambiental, divulgando o conhecimento obtido e a importância das abelhas. Desde 2016, recebeu aproximadamente 2930 visitantes, e foram abordados temas como a importância das abelhas para a conservação da biodiversidade e para o fornecimento de serviços ecossistêmicos essenciais.

Espera-se que a multiplicação das colônias das abelhas indígenas e sua reintrodução contribuam para a conservação das espécies e para a restauração da capacidade dos ecossistemas de prestarem serviços essenciais para o meio ambiente, para o bem-estar humano e para os negócios.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

José Marangon; Genilton Santos (jose.marangon@vale.com; genilton.santos@vale.com)

Diretoria Corredor Sul/Gerência de Meio Ambiente Corredor Sul.



Colônia preparada para divisão

Conservação *Ex Situ*

Trilhando caminhos para a conservação *ex situ* de sementes de espécies endêmicas dos campos rupestres ferruginosos



Introdução

A conservação *ex situ* tem sido cada vez mais defendida como um elemento importante na manutenção da biodiversidade em escalas globais e regionais, conforme estabelecido nos objetivos da Convenção da Biodiversidade e Metas de Aichi. Estratégias de conservação *ex situ* possuem custos relativamente baixos, necessitam de pouco espaço e as espécies podem ser conservadas por centenas de anos, protegendo-as de desastres naturais e antropogênicos que podem vir a acarretar na extinção das espécies na natureza.

Este trabalho permitiu construir um banco de dados de coleta, viabilidade e condições de armazenamento de sementes de espécies de campos rupestres ferruginosos, que abrigam uma flora especializada e com alto grau de endemismo.

Metodologia



No Pará, sementes de 53 espécies foram coletadas na Floresta Nacional de Carajás, Parque Nacional de Campos Ferruginosos e nas Serras circundantes, incluindo as Serras da Bocaina, Cristalino, Serra de Campos e Serra Arqueada, além de sete espécies coletadas em Minas Gerais, na região do Quadrilátero Ferrífero. Para aumentar a diversidade genética, as sementes foram coletadas do maior número de indivíduos possível, sem comprometer a viabilidade das populações em campo. Sementes externamente saudáveis foram submetidas ao teste de tetrazólio para determinar a viabilidade do embrião.

De acordo com a disponibilidade, foram armazenadas sementes de 29 espécies de Carajás, com o objetivo de estudar o armazenamento na germinação. As sementes foram armazenadas em temperatura ambiente por 24 meses em sacos ziplock lacrados ou em tubos falcon, embrulhados em papel alumínio. A temperatura do ar ambiente foi controlada e, após o armazenamento, as sementes foram submetidas a experimentos de germinação na temperatura ótima e nas mesmas condições e ambiente experimental das sementes frescas.

Resultados



Do total de espécies coletadas, 28 (46,5%) são consideradas endêmicas, sendo 22 espécies endêmicas dos campos rupestres ferruginosos de Carajás (Giulietti et al 2019), duas espécies são endêmicas de campos rupestres ferruginosos e afloramentos graníticos que da Serra dos Carajás, duas são espécies novas em descrição para a região de Carajás e duas são espécies endêmicas dos campos rupestres mineiros. Seis espécies (10%) são classificadas em algum grau de ameaça, sendo *Monogereion carajensis* e *Mimosa skinneri* var. *carajarum* criticamente ameaçadas, e *Ipomoea cavalcantei*, *Hypolytrum paraense*, *Axonopus carajasensis* e *Pilocarpus microphyllus*, em perigo (Figura 1).

46,5% das espécies coletadas e estudadas são consideradas endêmicas e 10% são classificadas em algum grau de ameaça



Figura 1. Espécies de Carajás classificadas quanto ao grau de ameaça. *Mimosa skinneri* var. *carajarum* (A) e *Monogereion carajensis* (B), criticamente ameaçadas; e *Pilocarpus microphyllus* (C), *Hypolytrum paraense* (D), *Axonopus carajasensis* (E) e *Ipomoea cavalcantei* (F), em perigo

A viabilidade inicial variou entre os *táxons*, de 5,8% em *Utricularia subulata*, a 99,3% em *Vellozia glauca*, com média total de 65,3%. Quatro espécies (*Utricularia neottioides*, *U. physoceras*, *U. subulata* e *Sobralia liliastrum*) apresentaram valores de viabilidade inferiores a 30%, indicando pouco potencial para a conservação *ex situ*, o que nos leva a refletir sobre outras estratégias, como a translocação de indivíduos. Para 31 espécies, os valores apresentados foram medianos (33,3 a 69,7% de viabilidade), indicando

Novas coletas estão programadas para a continuidade dos experimentos de germinação, que visam produzir protocolos para todas as espécies vasculares endêmicas dos campos rupestres ferruginosos, assim como para depósito na Embrapa CENARGEN-DF

potencial de conservação *ex situ*, mas também nos estimulam a coletar de matrizes que apresentem sementes de qualidade. Em contrapartida, 25 espécies restantes (41,6%) apresentam valores de viabilidade superiores a 70%, indicando alto potencial de conservação *ex situ*.

Para as 29 espécies armazenadas por um período de 24 meses, 22 espécies (75,8%) apresentaram perdas significativas na germinação após o armazenamento, indicando que essas espécies não toleram o armazenamento por longos períodos em temperatura ambiente e devem ser usadas o mais rápido possível após a coleta. Para sete espécies (24,2%), não houve perdas significativas na porcentagem de germinação entre sementes armazenadas e frescas, indicando que essas espécies toleram armazenamento mais longo e podem ser armazenadas por programas de conservação sem perda de viabilidade.

Em 2017, quatro espécies endêmicas e ameaçadas (*Mimosa skinneri* var. *carajaram*, *Monogereion carajensis*, *Axonopus carajasensis* e *Ipomoea maurandioides*) foram depositadas no banco de sementes *ex situ* do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Novas coletas estão programadas para a continuidade dos experimentos de germinação, que visam produzir protocolos para todas as espécies vasculares endêmicas dos campos rupestres ferruginosos, assim como para depósito na Embrapa CENARGEN-DF, com intuito de conservar essas espécies por longos períodos.

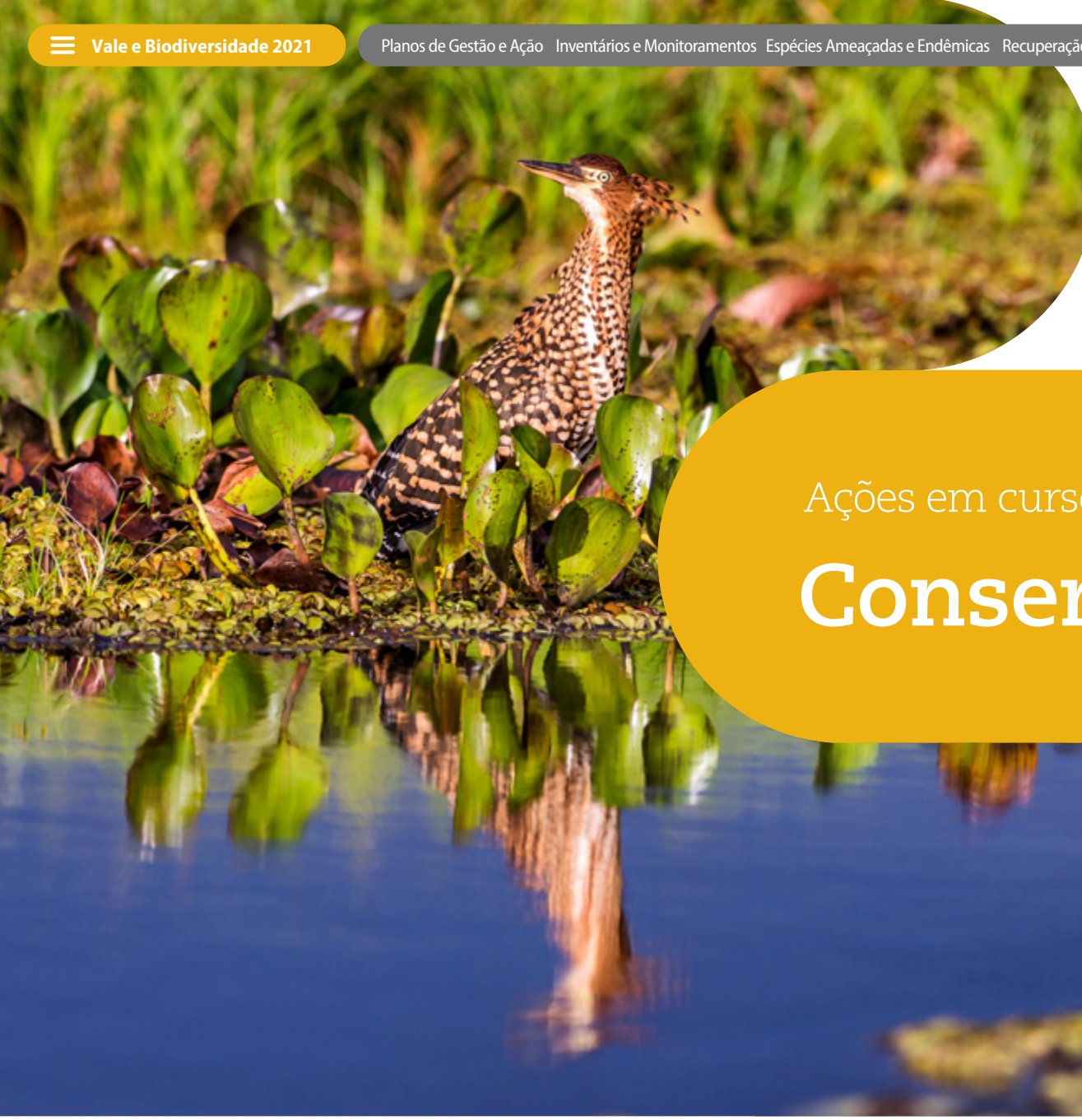
Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Marcilio Zanetti¹, Rúbio Moraes¹, Lidia Maria dos Santos¹; Fernando Santos², Alexandre Damasceno², Tais Fernandes², Alexandre Castilho³, Cesar Neto³, Mariana Wardil⁴, Samir Rolim⁴, Fernando Silveira⁵ (zanettimarcilio@gmail.com; fernando.gomes.santos@vale.com).

1. Bioma Meio Ambiente; 2. Vale, Diretoria Cadeia de Valor Ferrosos/Gerencia de Licenciamento, Espeleologia e Estudos Ambientais; 3. Vale, Diretoria de Ferrosos do Corredor Norte/Gerência de Meio Ambiente; 4. Amplo Engenharia Gestão de Projetos; 5. Universidade Federal de Minas Gerais.



Ações em curso para o futuro que queremos

Conservação *In Situ*

Conservação *In Situ*

Vale Eco Centro Malásia: investimento social e conservação da biodiversidade



Introdução

Inaugurado em outubro de 2015 e gerenciado pela Vale Malaysia Minerals (VMM), o Vale Eco Centro (VEC) é iniciativa de investimento social inspirada no compromisso e valores da empresa com foco em “cuidar do nosso planeta”. O centro ecológico é a porta de entrada para uma área preservada pela Vale, caracterizada por 290 ha da Floresta de Teluk Rubiah, uma das escassas florestas costeiras ricas em biodiversidade na Malásia. O objetivo é servir como uma plataforma educacional para os membros da comunidade local e o público em geral, para que eles possam descobrir e apreciar a biodiversidade na floresta.

A área preservada de florestas constitui um cinturão verde ao redor da área operacional e tem sido mantida como um amortecedor natural ao longo da área costeira do perímetro do centro de distribuição de minério de ferro. Essa conformação funciona também como medida natural de mitigação do impacto visual e proteção da operação.



Resultados

Em 2014, a Vale firmou uma parceria com a organização não governamental Malaysian Nature Society (MNS), realizando uma expedição que reuniu cerca de 55 pesquisadores de universidades locais e da MNS. Durante a Expedição foi estudada a rica biodiversidade da floresta, destacando-se:

Mais de 100 espécies

de plantas típicas da floresta de dipterocarpo

125 espécies de aves

incluindo o Great Hornbill

28 espécies de libélulas

Grande abundância

de pequenos mamíferos, além de três espécies de primatas

Além de muitas outras espécies marinhas

As atividades para a comunidade disponíveis no Centro incluem acampamentos educacionais, caminhadas guiadas, experimentações e experiências, observação de aves, estudos de borboletas e insetos, atividades ecológicas, passeios de vaga-lumes e monitoramento da costa e dos rios. Há três principais trilhas de caminhada na floresta disponíveis no Centro (Trilha Principal, Trilha Costeira e Trilha da Cachoeira), onde as pessoas podem aprender sobre o meio ambiente estando imersas na floresta.

O VEC foi projetado para se harmonizar com a paisagem natural ao redor. Faz parte dele uma casa malaia tradicional chamada 'Rumah Ibu', que abriga principalmente uma área de recepção, salão de exposições, uma área de reuniões e uma despensa. O edifício apresenta alguns princípios de design ecológico, como a minimização do uso de energia. A cobertura da claraboia embutida permite a iluminação e ventilação naturais. Também foi projetado para conter a água da chuva, que depois é reciclada para fins de limpeza geral ou irrigação de plantas.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Rabani Ashaari, Mohd Hazlan Ghazali, Gayathri Indran (Gayathri.Indran@vale.com)

Vale Malaysia Minerals/Meio Ambiente

O edifício foi construído de acordo com princípios do design ecológico para consumir menos energia



Conservação *In Situ*

Biodiversidade na Área de Proteção Ambiental da mina de Moatize, Tete, Moçambique



Foto: Letícia Guimarães

Introdução

No âmbito da mina de carvão de Moatize (Moçambique), a Vale estabeleceu uma Área de Proteção Ambiental dentro da sua área de concessão para exploração mineira. O estabelecimento dessa área, com mais de 1600 ha, é uma iniciativa voluntária que tem como objetivo primordial promover a conservação da biodiversidade na região de Tete, além de promover a conservação de aspectos culturais e a consciencialização ambiental da população. A criação de uma área natural de Proteção Privada enquadra-se no compromisso estabelecido na Política de Sustentabilidade da empresa de deixar um legado ambiental nas regiões onde atua.

O estudo tem como objetivo ampliar o conhecimento sobre espécies da fauna e flora protegidas da área

Metodologia

A pesquisa consistiu na realização de um estudo de gabinete focado na triagem das características de biodiversidade e levantamento de campo para posterior análise de dados. Para identificar as características das espécies e habitat específicos e importantes, na área de estudo foi adotada uma abordagem de triagem paisagística, seguindo as diretrizes de triagem recomendadas pelo Padrão de Desempenho 6 (PS6) da Corporação Financeira Internacional (IFC), avaliando-se a ocorrência de habitats e espécies críticos e prioritários para a conservação.

Resultados

A área protegida é caracterizada por cinco tipos de vegetação: Floresta aberta dominada por *Combretum* spp., Mata aberta, Vegetação ribeirinha, Matagal ou Brenha e Áreas cultivadas. Essa vegetação abriga 50 espécies de insetos identificados até o momento, distribuídos em onze ordens (Bladodea, Mantodea, Plecoptera, Hemiptera, Orthoptera, Phasmatodea, Hemiptera, Coleoptera, Diptera, Leptoptera e Hymenoptera). Foram registadas também cinco espécies de répteis e 49 espécies de aves, sendo as mais comuns o Cardeal-tecelão-verme-

Foi nesta vertente que, em parceria com a Golder Moçambique, a Vale realizou o estudo sobre a diversidade de flora e fauna terrestre da Área de Proteção Ambiental (APA), no Distrito de Moatize, na província de Tete. O estudo tem como objetivo ampliar o conhecimento sobre espécies da fauna e flora protegidas na área; determinar o valor de conservação específico e descrever as características ecológicas da área em estudo, bem como o seu contexto no âmbito da matriz paisagística em que se insere.



Foto: Alves Sandramo



50 espécies
de insetos identificadas



Foto: Letícia Guimarães

Iho (*Euplectes orix*), Tecelão-de-máscara (*Ploceus velatus*), Rola-esmeraldina (*Turtur chalcospilos*), Rola do Cabo (*Streptopelia capicola*), Felosa de-dorso-cinzentos (*Cama-roptera brevicaudata*), Toutinegra (*Pycnonotus barbatus*), Rola do Senegal (*Streptopelia senegalensis*), Atacador-de-poupa-branca (*Prionops plumatus*) e Tuta-sombria (*Andropadus importunus*).

Na área do estudo, foram identificadas duas espécies endêmicas da África Austral. Trata-se das espécies Batis

Esse estudo contribui com o planejamento de ações focadas na restauração de habitats, conservação de populações das espécies registradas e conscientização das comunidades

de Moçambique (*Batis soror*) e Beija-flor-de-barriga-branca (*Cinnyris talatala*), três espécies de aves da área de estudo fazem parte da lista de espécies Migratórias - Ganso do Egípto (*Alopochen aegyptiacus*), Papa-moscas do Paraíso (*Terpsiphone viridis*) e Pato-assobiador-de-faces-brancas (*Dendrocygna viduata*) - beneficiando-se da cooperação internacional para garantir a estabilidade de suas populações.

Este estudo, assim como o resultado de novas campanhas e de outros projetos já em desenvolvimento na área, embasarão o planejamento de ações focadas na restauração de habitats, manutenção das populações das espécies registradas, além de apoio e conscientização das comunidades do entorno.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

¹Alves Sandramo (alves.sandramo@vale.com),
¹Geralda Lopes, ¹Paulo Bueno, Simplicio Chivambo².

1. Vale, Diretoria de Operações de Carvão/ Gerência de Meio Ambiente; 2. Golder Associates Moçambique

Conservação *In Situ*

Sistema de Gestão Integrada de Áreas Protegidas (SGIAP) como aliado da biodiversidade em um complexo florestal de Mata Atlântica



Introdução

A existência de áreas voltadas a proteção ambiental constitui um importante instrumento para a conservação da biodiversidade. A Reserva Natural Vale (RNV) preserva uma área singular de cerca de 23 mil ha de Mata Atlântica praticamente intacta em Linhares, no Espírito Santo (Brasil). Em conexão com a Reserva Biológica de Sooretama (Rebio), constituem um bloco contínuo de floresta protegida com aproximadamente 50.000 ha. Reconhecida como Patrimônio Natural da Humanidade em 1999 pela UNESCO, essa área é um dos 14 centros de alta diversidade e endemismo do Brasil.

Apesar da sua importância e de todos os esforços destinados à conservação, essas áreas ainda sofrem ameaças relacionadas a crimes ambientais, tornando-se imprescindível a estruturação de uma gestão eficiente, visando contornar esses desafios.

Metodologia

Nesse contexto, foi desenvolvido o Sistema de Gestão Integrada de Áreas Protegidas (SGIAP), um software homólogo pela Vale S/A, visando o armazenamento, a organização e a integração de dados importantes para gestão dessas áreas. Dentro desse sistema, encontra-se o módulo de Proteção Ecosistêmica, no qual são inseridos registros e análises de eventos de caça, incêndio e ocorrências diversas relacionadas a crimes ambientais (Figura 1).

Os registros dos crimes ambientais ocorridos na RNV e Rebio são obtidos a partir de informações fornecidas pela equipe de proteção ecosistêmica, composta por 26 membros, entre funcionários da Vale e terceirizados. A equipe é responsável pela vigilância diária das áreas, realizando busca ativa por vestígios de caça por meio do deslocamento em estradas e aceiros, caminhadas no interior da mata e fiscalização com apoio de drone.

Além disso, a equipe conta com o apoio da Polícia Ambiental em casos de retenção de caçadores e desenvolvimento de ações conjuntas. Após a realização das atividades de vigilância ambiental, as ocorrências são cadastradas no SGIAP.

Com apoio de drone, a equipe vigia diariamente as áreas e faz busca ativa por vestígios de caça em estradas, aceiros e no interior da mata

Para tornar as informações mais precisas, é possível ainda classificar os tipos de ocorrências e fornecer mais detalhes, como coordenadas geográficas do local do evento, apreensão de flora ou fauna, equipamentos apreendidos, vestígios encontrados e se o animal estava vivo ou morto. O sistema também permite inserir o número do boletim de ocorrência, o nome do infrator e fotos da operação.

Em casos de ocorrência de incêndios florestais, são inseridas informações da causa provável, descrição do local e geolocalização, fitofisionomia atingida, equipe de apoio, instituições colaboradoras no combate do incêndio, equipamentos utilizados na operação, upload de documentos e fotografias. Ocorrências de outra natureza também são cadastradas, como recolhimento de animais domésticos e silvestres, danos ao patrimônio e furtos. A partir disso, são gerados relatórios técnicos quantitativos, abrangendo desde espécies frequentemente caçadas até o número total de ocorrências semanais, gráficos e mapas.

Diversa	14/02/2021 15:36	Ação Preventiva	Entorno Rebio Secretama	Estrada do Azeal
Diversa	14/02/2021 13:35	Ação Preventiva	Entorno Rebio Secretama	Barra do Rio Água Limpa
Diversa	13/02/2021 19:05	Ação Preventiva	Entorno RNV	Estrada Santa Terezinha
Diversa	13/02/2021 17:40	Ação Preventiva	Entorno RNV	Córrego João Pedro
Diversa	13/02/2021 15:25	Ação Preventiva	Reserva das Imbiribas	Reserva das Imbiribas
Diversa	13/02/2021 10:00	Ação Preventiva	Entorno RNV	Cantão Grande
Caça	12/02/2021 14:45	Caça	ReBio Secretama	Córrego Quirino
Caça	12/02/2021 10:30	Caça	ReBio Secretama	Córrego Quirino
Caça	06/02/2021 15:50	Caça	Entorno Rebio Secretama	Córrego São João do Estivado (Zona de amortecimento da REBIO)
Incêndio	06/02/2021 11:15		Entorno Rebio Secretama	Rio Barra Seca (Zona de Amortecimento da REBIO)
Diversa	03/02/2021 19:00	Recolhimento de Animais	Entorno Rebio Secretama	Córrego Palmito
Caça	02/02/2021 15:35	Caça	Entorno RNV	Córrego Rancho Alto
Diversa	02/02/2021 14:15	Outros	RNV / Reserva Natural Vale	Reserva Natural Vale

Figura 1. Módulo de Proteção Ecosistêmica - SGIAP

Resultados



O histórico estimado de registros de crimes ambientais ocorridos no período de julho de 1999 e maio de 2020 é de 2.467 eventos. Do total de 2.107 ocorrências de caça, 26% (549) ocorreram dentro da RNV e 5% (112) no seu entorno. Já na ReBio, foram registradas 63% (1.321) das ocorrências em sua área e 5% (126) no entorno. Foram constatados 177 registros de caça com espécimes de fauna e flora apreendidos, alguns desses encontram-se na lista de espécies ameaçadas, sendo quatro antas (*Tapirus terrestris*), 23 mutuns-de-bico-vermelho (*Crax blumenbachii*), um queixada (*Tayassu pecari*), cinco jacarés-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), 11 macucos (*Tinamus solitarius*), um papagaio-chauá (*Amazona rhodocorytha*), dentre outros. Entre os espécimes mais apreendidos, foram registrados 471 kg de peixes, 208 un. de palmito amargoso (*Syagrus oleracea*), 10 tatus-galinha-pequeno (*Dasyus septemcinctus*), 73 pacas (*Cuniculus paca*) e 39 capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*).

Figura 2. Incidência de caça (A, B) e incêndios (C e D)

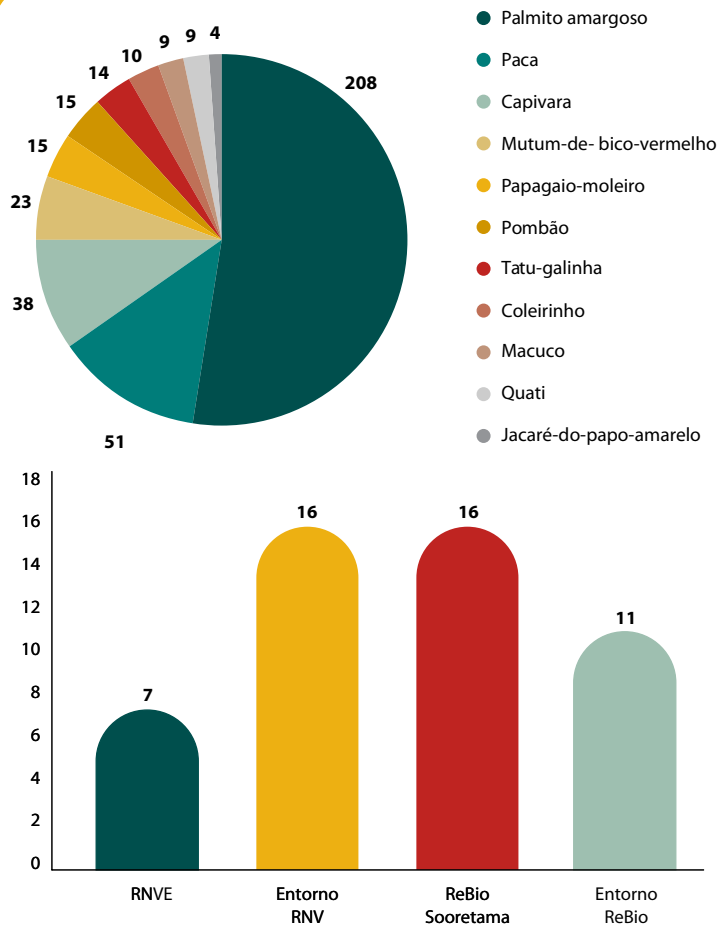




Foto: Gustavo Magnago

A gestão das informações e ações direcionadas contribui para o controle e diminuição de ocorrências, além da manutenção das populações das espécies

Em relação aos incêndios florestais, desde 2000 há um total de 53 registros de incêndios e focos de incêndios, dos quais 7 ocorreram na RNV e 19 em seu entorno. Na Rebio, foram registradas 16 ocorrências e 11 no seu entorno (Figura2).

Todos os dados mencionados foram obtidos por meio de relatórios gerados através do SGIAP, que permite o gerenciamento das informações com rastreabilidade e transparência. A partir desses relatórios, são direcionadas orientações a equipe de proteção ecossistêmica, visando determinar áreas prioritárias para vigilância e desenvolver estratégias para prevenção e combate aos crimes ambientais. Ainda com base nos resultados, são realizados trabalhos de sensibilização com a comunidade, ações de educação ambiental por intermédio de projetos desenvolvidos pela RNV (Programa de Educação Ambiental e projeto Eu Pesquisador), além do trabalho de porta a porta com os moradores do entorno da reserva.

Com isso, espera-se a diminuição das ocorrências de crimes ambientais a longo prazo, contribuindo especialmente para a manutenção e o restabelecimento populacional de espécies ameaçadas de extinção. O sistema pode servir ainda como um modelo a ser adotado na gestão de outras áreas protegidas, possibilitando aos gestores e equipes desenvolverem estratégias mais eficazes de controle de crimes ambientais e utilizar as informações obtidas para embasar tomadas de decisão.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Jackeceli Falqueto Rizzo; Débora Mendonça; Mariana Senna; Sayonara Induzzi Cometti; Márcio Ferreira (jackeceli.falqueto@vale.com)

Diretoria de Sustentabilidade e Responsabilidade Social/ Gerência Executiva de Gestão Ambiental/ Reserva Natural Vale

Parceiros

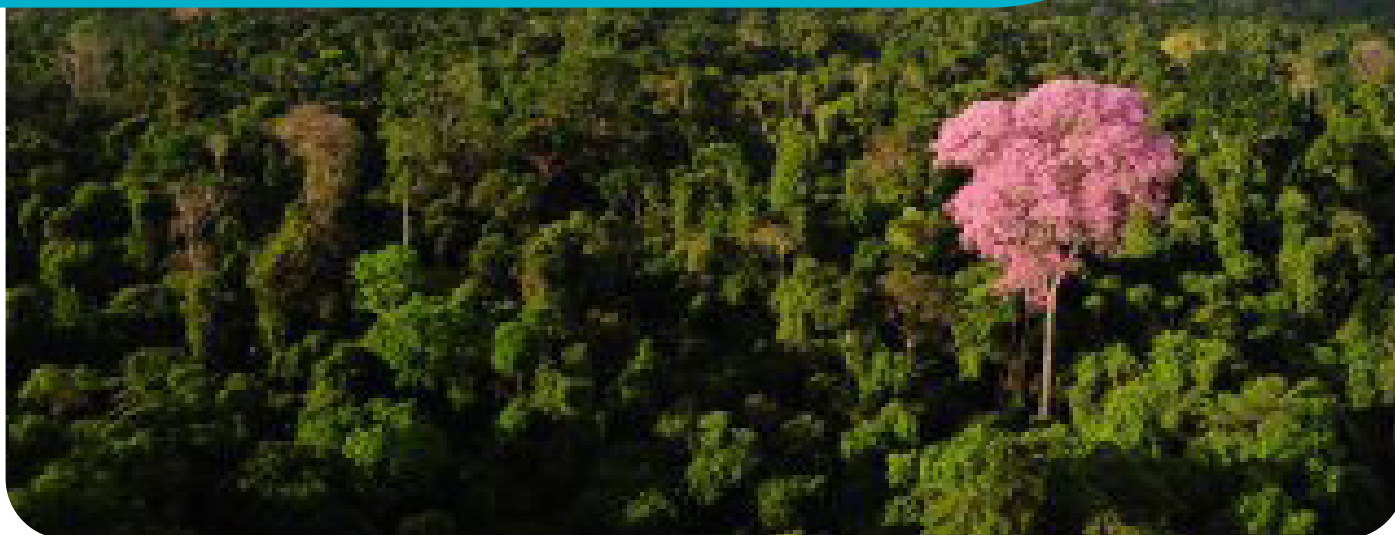
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio); Polícia Ambiental; Polícia Militar.

Ações em curso para o futuro que queremos

Serviços Ecossistêmicos

Serviços Ecosistêmicos

Serviços ecossistêmicos e restauração de habitats: estimando o estoque, balanço e precificação de carbono florestal das áreas em recuperação no entorno do Complexo S11D Eliezer Batista



Introdução

As florestas abrigam cerca de 80% da biodiversidade terrestre e ofertam anualmente US\$ 75-100 bilhões em bens e serviços de ecossistemas. Portanto, parar a perda e degradação dos sistemas naturais e promover a sua restauração têm o potencial de contribuir com mais de 1/3 do total de mitigação da mudança climática que os cientistas dizem ser necessário até 2030. Nesse contexto, as ações de recuperação das áreas de pastagem adquiridas no entorno do Complexo S11D, localizadas ao sul e próximas ao limite da Floresta Nacional de Carajás, em Canaã dos Carajás (PA/BR), que integram Programa de Restabelecimento da Conectividade Florestal acima apresentado, têm o potencial não somente de contribuir para a restauração e a conservação da biodiversidade, mas também de restabelecer e melhorar os serviços ecossistêmicos, tanto na escala local quanto regional.

Metodologia

Para fins de cálculo do estoque de carbono florestal, foram utilizados os dados dendrométricos coletados em 2018, na 4ª campanha de avaliação e monitoramento em parte das áreas submetidas à recuperação passiva, ou seja, onde a regeneração natural vem se apresentando de maneira mais expressiva e que, portanto, tem sido induzida por meio de medidas de isolamento e proteção, totalizando 1.678,02 ha. Para avaliação do componente arbustivo-arbóreo dessa área, foi adotado o método de parcelas permanentes ou fixas, com dimensão de 10x10 m /10x20 m, distribuídas em intervalos de 25 m e dispostas ao longo de transectos, os quais foram distribuídos

aleatoriamente na área alvo. No interior de cada parcela, foi delimitada uma sub-parcela com dimensão de 5x5 m com o intuito de avaliar a regeneração natural. Com isso foram delimitados 12 transectos, totalizando 116 parcelas demarcadas em campo. No interior de cada parcela, foram registradas todas as plantas/indivíduos circunscritos com perímetro ou circunferência à altura do peito (CAP, medido a 130 cm de altura) maior ou igual a 31, 41 cm (equivalente a 10 cm de DAP – diâmetro a altura do peito) e altura total maior que 1,5 m.

A estimativa do volume, e do consequente estoque de carbono, compreendeu parte da biomassa aérea contida no componente arbóreo das áreas em regeneração natural. Dessa forma, foram utilizadas as equações volumétricas em função dos dados disponíveis, as quais foram obtidas a partir do ajuste de modelos não-lineares normais para fustes e galhos com casca para vegetação secundária publicadas em CETEC (1995), sendo essa constituída por formações vegetais perenifólias ou semidecíduais em diferentes estágios de regeneração natural, desenvolvidas a partir do corte ou queima de formações primárias. Esse é o caso das áreas de pastagem em regeneração do Complexo S11D, caracterizadas por um mosaico de formações secundárias em diferentes

A estimativa do volume e do consequente estoque de carbono compreendeu parte da biomassa aérea contida no componente arbóreo das áreas em regeneração natural

estágios de sucessão, predominantemente médio com indicações de perturbação, conforme os resultados obtidos na análise fitossociológica. Por sua vez, para converter o volume estimado em biomassa, foi arbitrada uma densidade básica da madeira média das árvores de 0,44 g/cm³ e para calcular a quantidade de carbono contida na biomassa, adotou-se um fator de 0,45. Já para converter a quantidade de carbono florestal em CO₂e foi usado como fator o quociente entre a massa específica do CO₂ e a do elemento C.



116 parcelas
demarcadas em campo

Resultados

Assim, com base no volume de madeira total médio estimado de 63,54 m³/ha para as áreas de pastagem em regeneração natural localizadas no Complexo S11D, as quantidades totais médias de C e CO₂ calculadas foram de 12,58 t/ha e 46,17 t/ha, respectivamente. Assim, considerando uma área total de 1.678,02 ha em processo de regeneração (objeto de monitoramento), foram estimados os estoques de 21,1 ktC e de 77,5 ktCO₂e. Na tabela logo abaixo, pode ser observa a aplicação do mesmo procedi-

mento de cálculo para os dados dendrométricos coletados em 2016, na 3ª campanha de avaliação e monitoramento, com o intuito de comparar e avaliar a diferença ou variação de estoque (sequestro) de C e CO₂e entre uma e outra campanha de monitoramento.

Como resultado positivo do processo de recuperação das áreas de pastagem, considerando o período compreendido entre o final 2016 (3ª campanha de monitoramento) e início de 2018 (4ª campanha de monitoramento), verificou-se um sequestro médio de 0,55 tC/ha e 2,03 tCO₂e/ha e total de 927 tC e 3.402 tCO₂e. Adotando-se um preço sombra de US\$ 10,00/tCO₂e, o estoque de carbono florestal das áreas em recuperação pode ser valorado em US\$ 775 mil.

O estoque de carbono florestal das áreas em recuperação pode ser valorado em US\$ 775 mil

ATRIBUTO	3a. CAMPANHA	4a. CAMPANHA	DIFERENÇA / VARIAÇÃO
VTCC médio (m ³ /ha)	60,75	63,54	2,79
VTCC (m ³)	101.939,72	106.621,39	4.681,68
tCO/ha	12,03	12,58	0,55
tCO ₂ /ha	44,14	46,17	2,03
tCO total	20.184,06	21.111,04	926,97
tCO ₂ total	74.075,51	77.477,50	3.401,99

VTCC: volume total com casa; tC: tonelada de carbono; tCO₂: toneladas de dióxido de carbono.

Alinhamentos Estratégicos



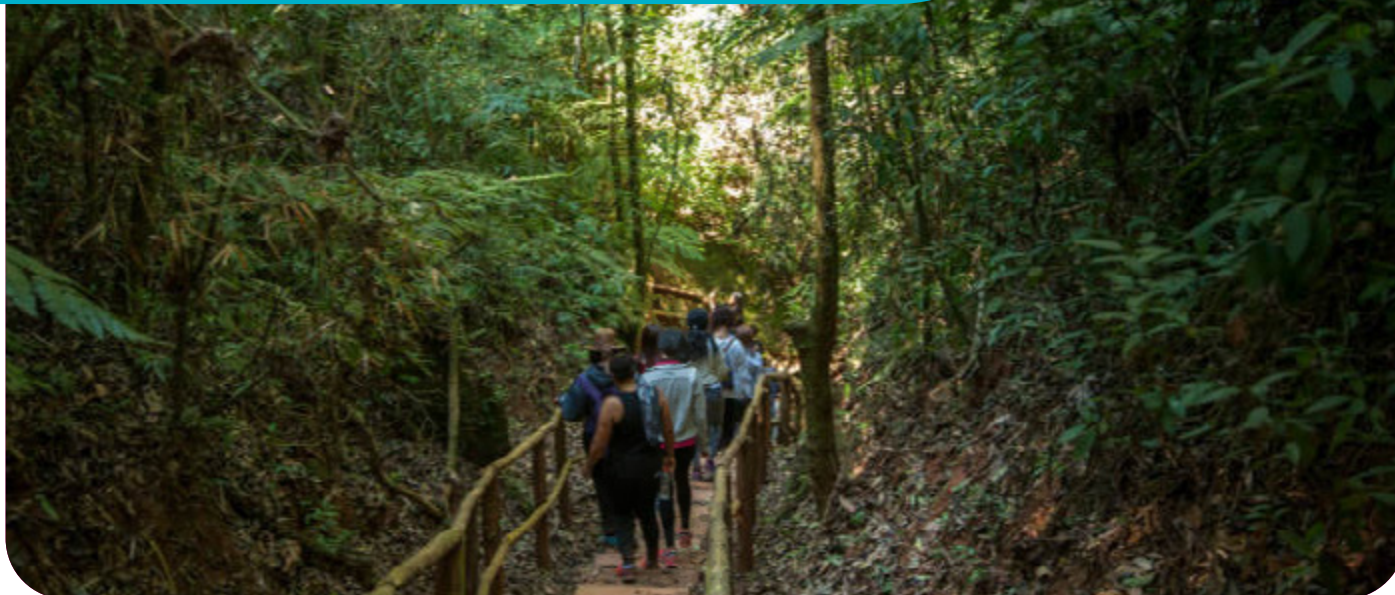
Mais Informações

Luiz Felipe Campos¹, Mário Luis Oliveira², José Camilo Araújo², Ricardo Campelo Costa² (luiz.felipe.campos@vale.com).

1. Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/Gerência Executiva de Gestão Ambiental;
2. Diretoria Corredor Norte/Gerência de Meio Ambiente Rel. Inst. Soc. Com.

Serviços Ecosistêmicos

Estimação e precificação do estoque de carbono florestal da Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro, em Nova Lima, Minas Gerais



Introdução

Desde do início do processo de colonização do Brasil, a Mata Atlântica passou por diversos ciclos de desmatamento e mudanças do uso do solo, restando atualmente pouco mais de 12% da sua cobertura original. O bioma é identificado como a quinta área mais ameaçada e rica em espécies endêmicas do mundo, e uma parte importante do que restou está presente em propriedades particulares, tornando a conservação da biodiversidade em terras privadas uma estratégia relevante, que complementa os esforços e incentivos governamentais, como é o caso da criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), uma categoria de Unidades de Conservação de Uso Sustentável privada, as quais são fundamentais para a implementação de corredores ecológicos, o aumento da conectividade funcional e eventual estruturação de metapopulações e a manutenção de populações de espécies ameaçadas.

Nesse contexto, tendo em vista a abordagem da Hierarquia de Mitigação de Impactos (HMI) aplicada à análise de viabilidade de projetos, a criação de RPPNs, com o objetivo de proteger os atributos críticos do território identificados nas fases de diagnóstico e/ou estudos, torna-se extremamente relevante para viabilizá-los, conciliando produção e conservação ao reduzir riscos tanto para biodiversidade quanto para os projetos. Ademais, destaca-se que as RPPNs desempenham um importante papel no tocante à provisão de serviços ecossistêmicos, tais como regulação climática, manutenção da quantidade e qualidade da água, polinização e controles biológicos, além dos serviços culturais ligados ao lazer, recreação, educação e pesquisa. Nesse sentido, as RPPNs, ao protegerem parte do território onde estão inseridas, evitam emissões de CO₂ por desmatamento e degradação, além de proverem outros serviços ecossistêmicos.

Na RPPN Mata do Jambreiro, predominam fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, seguidos por trechos de transição para as formações de altitude do domínio do Cerrado

Metodologia

Na tentativa de valorar uma parcela importante desses serviços, foi estimado e precificado o estoque de carbono florestal da RPPN Mata do Jambreiro, a qual pertencente à Vale S.A abrangendo uma área de aproximadamente 912 ha, localizada no município de Nova Lima, Minas Gerais. Está situada na região do Quadrilátero Ferrífero, na porção centro-sul do estado de Minas Gerais, mais precisamente na vertente sul da Serra do Curral.

Apesar de inserida inteiramente no Bioma Mata Atlântica, a RPPN Mata do Jambreiro encontra-se numa região de transição entre dois importantes hotspots mundiais de biodiversidade, isto é, regiões com elevada diversidade e endemismo e sob alto grau de ameaça, na qual as áreas de vegetação florestal ocorrem com maior frequência associadas a vales encaixados e áreas de declividade mais acentuada, e a vegetação de cerrado com ocorrência mais comum nas áreas de relevo mais plano, suavizado e nas

linhas de divisão de drenagens, cujas fitofisionomias são fortemente influenciadas pela variação de altitude e de solo, além da climática.

Na RPPN Mata do Jambreiro, predominam fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, seguidos por trechos de transição para as formações campestres de altitude do domínio do Cerrado (cerrado, campo cerrado e campo sujo), além de áreas de transição ambiental e candeial. Cerca de 90,93% (829,29 ha) da sua área são de cobertura florestal e 9,07% (82,71 ha) não florestal.

Assim, com o objetivo de estimar e precificar o estoque de carbono, foram usados os dados dendrométricos dos Estudos Florísticos e Fitossociológicos na RPPN Mata do Jambreiro, realizados em 2019 pela Amplo. Os dados foram obtidos a partir da demarcação de 14 parcelas amostrais, com dimensões de 10x50 m cada, e da medição da circunferência à altura do peito (medida a 130 cm do solo) e altura total de todas as árvores circunscritas às parcelas com diâmetro igual ou maior a 5 cm. Para estimar o volume das árvores empregou-se a equação

volumétrica obtida do ajuste de modelos não-lineares normais para volume total com casca para vegetação secundária publicada em CETEC (1995). O volume médio estimado para a Mata do Jambreiro foi 262,72 (±32,89) m³/ha, com 12,52% de erro de amostragem, ao nível de 90% de probabilidade, cuja A estimativa mínima confiável (EMC) foi calculada em 237,65 m³/ha. Já o volume para área total de cobertura florestal da RPPN, foi estimado em 217.868,47 m³ (EMC = 197.078,63 m³). Para converter o volume estimado em biomassa, foi arbitrada uma densidade básica da madeira média das árvores de 0,445 g/

cm³ e para calcular a quantidade de carbono contida na biomassa, adotou-se um fator de 0,47. Já para converter a quantidade de carbono florestal em CO₂e foi usado como fator o quociente obtido entre a massa específica do CO₂ e a do elemento C.

Por fim, para monetizar o estoque de carbono da cobertura florestal da RPPN Mata do Jambreiro, adotou-se um preço sombra interno Vale para estoque de US\$ 10,00/tCO₂e. Com isso é possível valorar o estoque de carbono da Mata do Jambreiro em aproximadamente US\$ 1,5 milhão.



US\$ 1,5 milhão

estoque de carbono da Mata do Jambreiro

PARÂMETROS	POR UNIDADE DE ÁREA DE COBERTURA FLORESTAL				ÁREA TOTAL DE COBERTURA FLORESTAL		
	LC inferior	Média	LC superior	EMC	Média	LC superior	EMC
Volume total de madeira c/c	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³	m ³	m ³
	229,83	262,72	295,60	237,65	217.868	245.142	197.079
Biomassa de madeira	tms/ha	tms/ha	tms/ha	tms/ha	tms	tms	tms
	102,27	116,91	131,54	105,75	96.951	109.088	87.700
Estoque de C da biomassa de madeira	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC	tC	tC
	48,07	54,95	61,83	49,70	45.567	51.271	41.219
Estoque de CO₂e	tCO ₂ e/ha	tCO ₂ e/ha	tCO ₂ e/ha	tCO ₂ e/ha	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
	176,25	201,47	226,69	182,25	167.080	187.995	151.136

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Luiz Felipe Campos (luiz.felipe.campos@vale.com)

Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/ Gerência Executiva de Gestão Ambiental.

Serviços Ecosistêmicos

Recuperando as interações entre flora, polinizadores e dispersores de sementes



Foto: Luciano Costa

Introdução

O processo de interação é fundamental para a sobrevivência das espécies em seus habitats. Uma das interações mais importantes entre espécies da fauna e flora é a polinização, na qual certos animais contribuem diretamente para o sucesso da reprodução das plantas, que produzem flores, participando na formação de frutos e sementes e na manutenção da diversidade genética. Assim, essa interação é também essencial na provisão de alimento para populações de animais que consomem frutos e sementes. Outra interação igualmente importante é a dispersão das sementes, executada principalmente por aves e morcegos, além de outros animais frugívoros. Esses dois tipos de interação são centrais para o funcionamento do ecossistema e para a manutenção da biodiversidade.

A recuperação de áreas degradadas (RAD) pode ser favorecida pelas atividades de polinizadores e dispersores de sementes. Tal atividade pode priorizar o plantio de espécies vegetais que são importantes fontes de recurso alimentar para esses animais. O objetivo desse tipo de plantio é acelerar o tempo de recuperação, favorecendo a reestruturação das interações perdidas. Além disso, ao serem atraídos por essas plantas para as áreas de recuperação, os polinizadores e os dispersores trazem material genético de outras áreas (gametas e sementes), auxiliando na manutenção e incremento da diversidade genética de populações, mesmo em áreas ainda relativamente inóspitas. Dessa forma, a presença de polinizadores e dispersores de sementes pode contribuir para acelerar a aproximação das áreas de RAD com as áreas de referência, ou seja, os ambientes naturais maduros e saudáveis.

O estudo sobre dispersão de sementes utiliza o método de identificação molecular dos recursos alimentares ingeridos por aves

Metodologia

No ITV, foram desenvolvidos estudos sobre a interação entre animais e plantas, relacionados à polinização e dispersão de sementes. Sobre a polinização, buscamos entender a diversidade de interações entre plantas e polinizadores (Figura 1) - (Borges et al. 2019). Este estudo comparou áreas em recuperação após mineração com áreas de floresta pristina. Buscamos identificar espécies de plantas e polinizadores, que possam auxiliar na recuperação de interações ecológicas. Para tanto, utilizamos métricas que indicam quais espécies apresentam maior número de parceiros, pois estas são fundamentais para recompor as interações. Além disso, identificamos quais apresentam bons atributos para manejo, ou seja, maior facilidade de criação e reintrodução nas áreas de RAD.

As aves foram capturadas em rede de neblina, identificadas, acondicionadas em sacos de algodão até defecarem e depois, soltas no mesmo local de coleta (Figura 1). As sementes presentes nas fezes ainda estão sendo avaliadas. A comparação das aves nas diferentes áreas amostradas considerou a diversidade taxonômica e funcional.



Figura 1.

Dois exemplos de aves capturadas em áreas de recuperação: *Ceratopipra rubrocapilla* e *Cyanoloxia rothschildii* (fotos de L. Miranda). Exemplos de abelhas da família Halictidae e da tribo Meliponini (gênero *Trigona* sp) em flores nas áreas de mineração de areia (fotos de T.C. Giannini)

O estudo sobre dispersão de sementes (Awade et al. 2019) utiliza o método de identificação molecular (DNA metabarcoding) dos recursos alimentares ingeridos por aves. São estudadas as aves em áreas de RAD (pós mineração) e de floresta primária (controle) em Carajás.

Resultados

Em relação às abelhas, a diversidade de interações registrada foi maior em áreas de floresta e nas áreas em processo inicial de recuperação, porém não diferiu significativamente das outras áreas amostradas. Dez espécies de plantas foram selecionadas para serem utilizadas em RAD, por atraírem muitos polinizadores, *Aparisthium cordatum*, *Bixa orellana*, *Byrsonima stipulacea*, *Lophanthera lactescens*, *Miconia alata*, *Senegalia multipinnata*, *Senna alata*, *Senna latifolia*, *Stigmaphyllon parense*, *Vernonanthura brasiliana*. Além disso, foram selecionadas dez espécies prioritárias de abelhas, sendo agora averiguada a possibilidade de inserir ninhos artificiais que, potencialmente, poderiam servir de abrigo para essas espécies.

Destaca-se aqui a importância do monitoramento dessas populações de abelhas nas áreas de RAD, para que medidas de manejo possam ser tomadas em caso de ausência ou declínio populacional. Essas são espécies chave de plantas e abelhas que atuam na manutenção de serviços de polinização e aumentam o sucesso de recuperação ambiental, podendo ser priorizadas em trabalhos de RAD.

Já em relação às aves, no que diz respeito à diversidade taxonômica, as áreas em recuperação vêm se aproximando das áreas controle, sugerindo uma trajetória bem-sucedida para o processo de RAD. Porém, o mesmo não foi observado para a diversidade funcional, pois as áreas analisadas apresentaram resultados distintos entre si. Isso indica que as áreas em recuperação ainda não recuperaram a funcionalidade encontrada nas áreas controle, mas é possível que a trajetória do processo de recuperação funcional possa estar convergindo com as áreas controle, mesmo que lentamente. Cinco espécies de aves frugívoras foram encontradas em todos os estágios de recuperação, *Ceratopipra rubrocapilla* (cabeça-encarnada), *Cyanoloxia rothschildii* (azulão-da-amazônia), *Geotrygon montana* (pariri), *Mionectes macconnelli* (abre-asa-da-mata) e *Turdus albicollis* (sabiá-coleira). Como estão presentes em todos os estágios, elas são capazes de se deslocar entre as diferentes áreas, contribuindo notadamente para a dispersão de sementes.

A abordagem aqui utilizada demonstra a importância dos serviços ecossistêmicos, ou seja, das contribuições que a própria natureza oferece, para incrementar o sucesso das estratégias de RAD. Abelhas e aves são grupos importantes no que diz respeito à conservação e as espécies aqui apontadas são chaves para que os serviços de polinização e dispersão de sementes sejam mantidos. Assim, iniciativas no sentido de priorizá-las e protegê-las são fundamentais.

Cinco espécies de aves frugívoras foram encontradas em todos os estágios de recuperação

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Tereza Cristina Giannini^{1,2}, Rafael Cabral Borges^{1,2}, Leonardo Miranda^{3,1}, Michele Molina¹, Markus Gastauer¹, Cecilio Frois Caldeira Jr¹, José Eustáquio dos Santos Júnior⁴, Lourival Tisky⁵, Delmo Silva⁵, Renan Coelho⁵, Sergio Souza Jr.⁵ (tereza.giannini@itv.org).

1. Instituto Tecnológico Vale; 2. Universidade Federal do Pará; 3. Museu Paraense Emílio Goeldi; 4. Universidade Federal de Minas Gerais; 5. Diretoria Corredor Norte/Gerência Meio Ambiente.

Serviços Ecosistêmicos

Polinizadores e produção de alimentos nos territórios de atuação e em sistemas agroflorestais



Introdução

A polinização animal é um importante exemplo de serviço ecossistêmico, pois apresenta relação direta com segurança alimentar, uma vez que aumenta tanto a produção quanto a qualidade dos frutos e sementes. Compreender a importância do papel dos polinizadores e priorizar a conservação dos serviços de polinização são duas ações importantes para garantir a segurança alimentar de longo prazo para as pessoas ao redor do globo.

Analisamos três tipos de situações, considerando-se polinização, produção de alimentos e desenvolvimento socioeconômico nos territórios de atuação da companhia:

- 1)** Estimamos o valor do serviço de polinização para a agricultura comercial no estado do Pará;
- 2)** Elaboramos uma lista de árvores com frutos comestíveis utilizadas como alimento pelas comunidades tradicionais da Amazônia, associadas à atividades de extrativismo, incluindo a determinação de seus potenciais polinizadores;
- 3)** Avaliamos o papel da polinização em sistemas agroflorestais (SAFs) em andamento, especialmente na Reserva Natural Vale (RNV, Linhares, ES).

Metodologia

Para avaliar o valor do serviço de polinização nas culturas agrícolas comerciais do estado do Pará, nós respondemos duas perguntas centrais (Borges et al. 2020): a) Qual é o valor econômico da produção agrícola e do serviço polinização no estado? e b) Quais municípios têm maior dependência dos serviços de polinização, considerando a economia local?

Para a análise das espécies consumidas pelas comunidades tradicionais da floresta Amazônica (Paz et al. 2021): a) construímos uma lista de espécies de plantas de interesse; b) determinamos o tipo de polinizador potencial para cada espécie e; c) realizamos uma revisão da literatura científica em busca de visitantes florais previamente citados.

36 diferentes culturas agrícolas são produzidas no Estado

Resultados

Percebemos que 36 diferentes culturas agrícolas são produzidas no estado, sendo que 20 (55%) dependem de polinizadores. Em 2016, o valor da produção agrícola foi de US\$ 2,95 bilhões e o valor total do serviço de polinização (VSP) foi de US\$ 983,2 milhões, correspondendo a 33% do valor total da produção agrícola no Pará (Figura 1).

As culturas com maior valor de VSP foram o açaí (US\$ 635,6 milhões), cacau (US\$ 187,6 milhões), soja (US\$ 98,4 milhões) e melancia (US\$ 26,1 milhões), representando 96% do VSP total. Dois municípios (Medicilândia e Igarapé Miri) apresentaram mais de 50% de seu Produto Interno Bruto (PIB) relacionado com serviços de polinização. Ademais, encontramos baixa diversidade de culturas agrícolas produzidas nos municípios do Pará, sugerindo vulnerabilidade na produção.

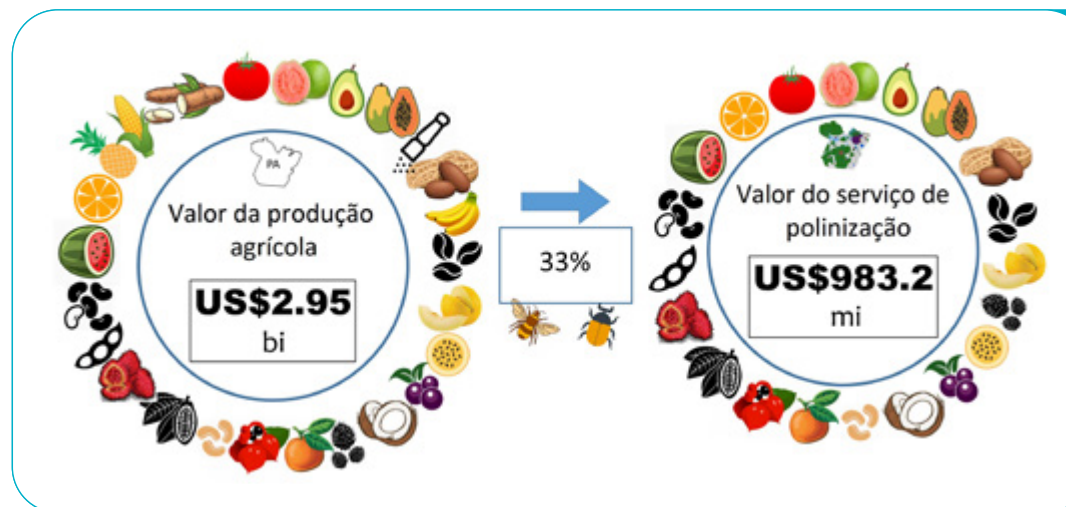


Figura 1. Valor da produção agrícola no estado do Pará e valor do serviço de polinização agrícola anual (ano 2017) (elaborado por R. C. Borges)

Os resultados mostram que a diversificação da produção agrícola associada a práticas amigáveis aos polinizadores é uma medida urgente para garantir a segurança alimentar e apoiar o desenvolvimento sustentável do estado. Fornecem também dados importantes para a tomada de decisão no que diz respeito à produção de alimentos e ao papel da biodiversidade nessa produção. Além disso, precisa ser levado em conta que a conservação dos polinizadores depende da conservação da matriz florestal, já que eles necessitam de locais para nidificação e fontes alternativas de alimentos nas épocas em que as culturas não florescem. Assim, a conservação das florestas nos arredores dos cultivos é importante para garantir a produção, especialmente dos cultivos muito dependentes de polinizadores.

A conservação das florestas nos arredores dos cultivos é importante para garantir a produção, especialmente dos cultivos muito dependentes de polinizadores

Em relação à análise das plantas utilizadas por comunidades tradicionais na Amazônia, a lista de plantas totalizou 188 espécies (Figura 2). A partir da análise da morfologia floral, demonstramos que os polinizadores mais comuns para essas espécies foram as abelhas (101 espécies de plantas analisadas) e os besouros (26 espécies). Também encontramos 238 espécies de polinizadores citadas para 52 (28%) espécies de plantas em publicações anteriores, sendo que 124 são abelhas (52%). Além disso, a lista desenvolvida aqui fornece alternativas potenciais para diver-

sificação da produção agrícola nos estados da Amazônia, representando também uma importante contribuição para geração de renda e pesquisa em agrobiodiversidade. Como demonstramos acima, esse potencial é ainda sub explorado no estado do Pará, e investimentos para a diversificação da produção agrícola podem aumentar a sustentabilidade socioambiental. Sistemas agroflorestais (SAFs) têm sido implantados na RNV e em outras áreas de atuação da Vale (Figura 3), e a relação com os polinizadores consiste em um importante foco de pesquisa.



Figura 2. Sumário dos resultados acerca da lacuna de informação sobre polinizadores de fruteiras consumidas por comunidades tradicionais na Amazônia (elaborado por T.C.Giannini)

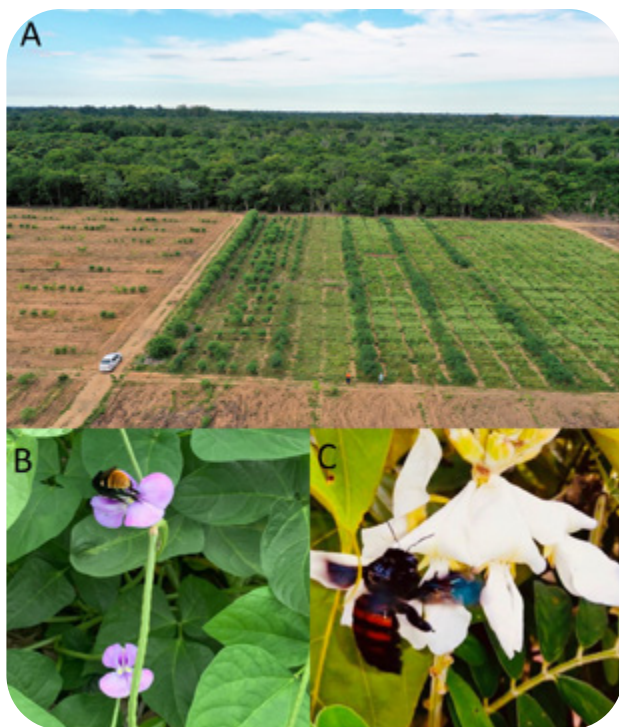


Figura 3. A) SAF na Reserva Natural Vale (foto de M. Senna); B) abelha *Eulaema* sp. em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e C) abelha *Xylocopa frontalis* em tefrósia (*Tephrosia vogelii*) (fotos de B.M. Marchiori)

Duas plantas adubadeiras (feijão guandu e tefrósia) foram utilizadas em oito hectares na RNV. Ambas são visitadas por abelhas solitárias do gênero *Xylocopa* e *Eulaema*. A área apresenta também diversas outras espécies de abelhas como as do gênero *Centris*, importantes na polinização da acerola. Ainda neste contexto da interação entre SAFs e polinizadores, podemos abordar a integração do sistema com a criação de abelhas nativas. Nessa integração, a produção nas áreas de SAF e a segurança alimentar podem ser alavancadas pelo serviço de polinização realizado pelas abelhas, e também pela produção do mel. Esse último, inclusive, pode atuar como uma fonte complementar de renda para os pequenos produtores.

Nos Sistemas Agroflorestais, pode haver integração com abelhas nativas que alavancam a produção e a segurança alimentar por meio de seus serviços de polinização

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Tereza Cristina Giannini^{1,2} (tereza.giannini@itv.org), Rafael Borges^{1,2}, Fabricia Paz^{1,3} (fabricia.spaz@gmail.com) Juliana Galaschi¹, Luciano Costa¹, Bia Makiyama Marchiori⁴ (bia.marchiori@vale.com), Debora Melo Furtado de Mendonça⁴

1. Instituto Tecnológico Vale; 2. Universidade Federal do Pará; 3. Universidade do Estado do Pará; 4. Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/Gerência Executiva de Gestão Ambiental/ Reserva Natural Vale.

Serviços Ecosistêmicos

Biofábrica de abelhas nativas e a atividade da meliponicultura no entorno da FLONA de Carajás, Amazônia



Introdução

As abelhas nativas sem ferrão formam um grupo diversificado de insetos sociais, com grande importância para a polinização de plantas silvestres ou cultivadas, e também para a produção de mel, própolis e outros produtos apícolas. Na Biofábrica de Abelhas Nativas, implantada na região de Carajás, são aproveitadas colônias de diferentes espécies de abelhas sem ferrão, resgatadas em áreas de supressão vegetal relacionadas às operações, com foco em promover a geração de renda nas comunidades locais e a conservação da biodiversidade. A partir de colônias matrizes resgatadas, trabalha-se a multiplicação em larga escala de espécies chave para polinização e produção de mel, buscando conectar abelhas, comunidade e conservação por meio da disponibilização de colônias de espécies nativas para a criação nos municípios próximos da Floresta Nacional (FLONA) de Carajás.

A estrutura de funcionamento da Biofábrica possibilita multiplicar ninhos de abelhas com segurança e eficiência, bem como avaliar e selecionar as espécies para atender às demandas da região, com foco na produção de mel, na polinização assistida e na recuperação de serviços ecossistêmicos de áreas degradadas em recuperação. A ferramenta do resgate de fauna auxilia também na mitigação do impacto da atividade minerária.

As instalações da Biofábrica estão distribuídas em dois locais, ambos em Carajás: o Viveiro de Mudanças Florestais e o Parque Zoobotânico da Vale (PZV). No Viveiro, estão dispostos três pontos para instalação de colônias de abelhas, com capacidade para abrigar cerca de 100 colônias. O PZV abriga um laboratório para a realização dos procedimentos de criação de rainhas in vitro, incubação de novas colônias e preparação de alimento complementar. As instalações abrigam até o momento 28 colônias

matrizes, representando sete espécies (Figura 1), dentre as quais três são prioritárias para desenvolvimento de plantel e pesquisas associadas: urucu boca de renda (*Melipona seminigra*), canudo preto (*Scaptotrigona postica*) e canudo amarelo (*Scaptotrigona xanthotricha*).

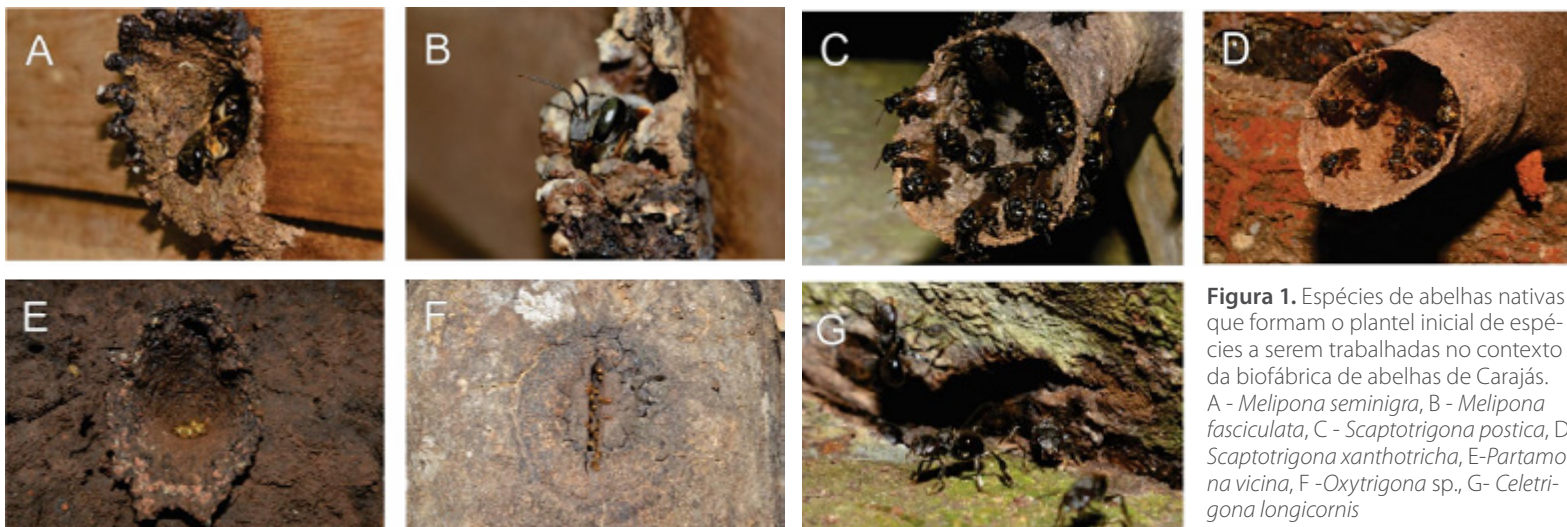


Figura 1. Espécies de abelhas nativas que formam o plantel inicial de espécies a serem trabalhadas no contexto da biofábrica de abelhas de Carajás. A - *Melipona seminigra*, B - *Melipona fasciculata*, C - *Scaptotrigona postica*, D - *Scaptotrigona xanthotricha*, E - *Partamona vicina*, F - *Oxytrigona* sp., G - *Celetrigona longicornis*

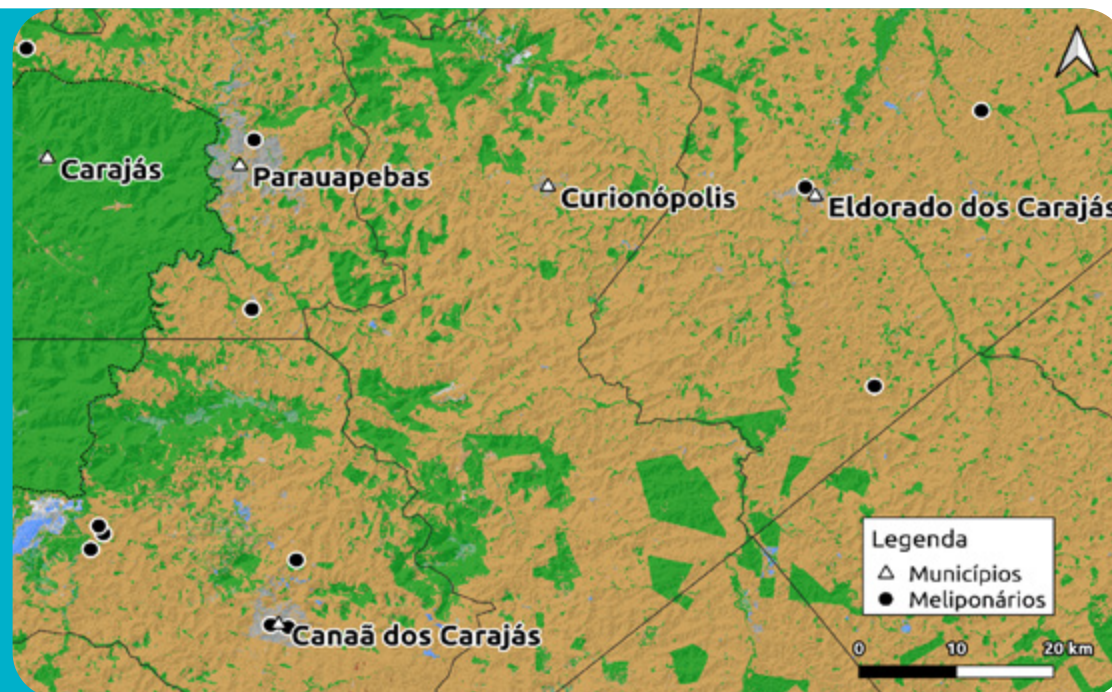
A estrutura de funcionamento da Biofábrica possibilita multiplicar ninhos de abelhas com segurança e eficiência

Metodologia

Como apoio ao resgate da fauna, foi elaborado um guia para o auxílio na identificação de espécies de abelhas, intitulado “Guia Fotográfico para a identificação de abelhas sem ferrão, para resgate em áreas de supressão florestal” ([veja aqui](#)), contando com fotografias das abelhas operárias e da entrada dos ninhos de 41 espécies ocorrentes na região. Também é realizado o acompanhamento da atividade de supressão, além de oferecidos cursos de capacitação das equipes de resgate, com aulas expositivas e práticas.

Para saber quais são as espécies de abelhas sem ferrão mais criadas no entorno da FLONA de Carajás e descobrir os desafios da atividade, foram entrevista-

Figura 2. Mapa da localização dos meliponários visitados durante as entrevistas no entorno da FLONA de Carajás.



dos 20 meliponicultores (criadores de abelhas nativas sem ferrão) em três municípios do entorno da FLONA (Figura 2). Entre eles, três mulheres e 17 homens, com idades entre 31 a 85 anos, e idade média de 54 anos. Eles possuíam uma média de 16 colônias de abelhas sem ferrão, com algumas propriedades chegando a 52 colônias, de diferentes espécies.

Como apoio ao resgate da fauna, foi elaborado um guia para o auxílio na identificação de espécies de abelhas

Resultados

Os produtores consideram como principal motivação para a criação de abelhas a venda de mel. No entanto, muitos revelaram motivos adicionais para sua dedicação à meliponicultura, citando fatores como a preservação das abelhas e do ambiente, seguidos do amor pelas abelhas, a criação como passatempo e, também, a curiosidade sobre estes insetos. Tais respostas demonstram que a criação de abelhas, pelo olhar do criador, não se limita a uma fonte de renda, mas tem valor afetivo, educacional (voltado ao meio ambiente)

As atividades da Biofábrica visam suprir a lacuna da obtenção de colônias, fortalecendo a atividade da meliponicultura na região

e, reconhecidamente, atua como um incremento em sua qualidade de vida.

Entre as espécies criadas pelos meliponicultores estão: *Melipona seminigra*, *Melipona fasciculata*, *Melipona flavolineata*, *Melipona amazonica*, *Scaptotrigona postica*, *Scaptotrigona polysticta*, *Frieseomelitta* spp., *Plebeia* spp., *Nannotrigona punctata* e *Tetragonisca angustula*. Aquela com maior frequência foi a *Melipona seminigra*, justificada pelo fato de ser mais comumente encontrada na região e de fácil manejo. Consequentemente, o maior número de colônias que os meliponicultores possuem é desta abelha.

Os meliponicultores relataram que o maior problema para a criação de abelhas nativas é a dificuldade para conseguir novas colônias. Há baixa disponibilidade de colônias para a venda e as técnicas para obtenção delas a partir de enxames da natureza é pouco conhecida na região. As atividades da Biofábrica se propõem a suprir essa lacuna da obtenção de colônias, fortalecendo a atividade da meliponicultura na região.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Juliana Stephanie Galaschi-Teixeira¹ (juliana.teixeira@itv.org), Luciano Costa¹ (costa.luciano@itv.org), Jamille Costa Veiga¹ (jamille.veiga@pq.itv.org), Tereza Cristina Giannini¹ (tereza.giannini@itv.org), Fabia Cavalcante³ (fabia.cavalcante@vale.com), Sérgio Souza Junior³ (sergio.souza.junior@vale.com).

1. Instituto Tecnológico Vale. 2. Universidade Federal do Pará. 3. Gerência de Meio Ambiente Ferrosos Norte.

Foto: Arquivos Fundo Vale

Ações em curso para o futuro que queremos

Pessoas e Parcerias



Pessoas e Parcerias

COEX Carajás e Fundo Vale: renda na folha do jaborandi - negócio socioambiental e uso sustentável da biodiversidade e geração de renda local na Amazônia



Introdução

A Cooperativa dos Extrativistas da Floresta Nacional de Carajás (COEX Carajás), localizada no município de Parauapebas (Pará, Brasil), foi formalmente criada em 2006 e reúne extrativistas da região que atuam desde a década de 80. Sua principal atividade é a extração e comercialização da folha do jaborandi, espécie ameaçada de extinção, usada na produção de remédios para glaucoma e câncer, por meio do nitrato e cloridrato de pilocarpina extraídos de sua folha seca.

A Cooperativa vende a matéria-prima sem beneficiamento, além de sementes de 350 outras espécies nativas, destinadas à recuperação ambiental e restauração de habitats. Hoje, é a única cooperativa de extrativismo local pautada pela conservação ambiental e que tem autorização do ICMBio (órgão federal responsável pela gestão da área protegida) para realizar essa coleta de forma sustentável dentro da Floresta Nacional. O trabalho contribui para a conservação da Floresta Amazôni-

ca, gera renda para as comunidades locais, reduz taxas de desmatamento e evita a perda de espécies nativas.

A COEX Carajás é liderada pela jovem Ana Paula Nascimento, única mulher na cooperativa. Ela explica que a coleta das folhas do jaborandi é sazonal e a espécie se encontra espalhada por diversos pontos da Floresta Nacional. A atividade exige que os coletores permaneçam na floresta entre 30 e 40 dias, fazendo longas caminhadas. Como todo pequeno negócio, a cooperativa tem fragilidades em sua gestão, capacitação, logística, marketing e acesso a mercado, entre outros temas, demandando uma gestão financeira e estratégia de negócio mais assertiva.

A COEX Carajás foi selecionada na chamada de 2019-2020 pelo programa de Aceleração PPA apoiada pelo Fundo Vale

Metodologia

O Fundo Vale foi criado há 10 anos pela Vale como uma ação de investimento voluntário da empresa, para atuar em biomas críticos. Sua estratégia é pautada no fortalecimento dos negócios de impacto socioambiental positivo e na oferta de instrumentos financeiros para empreendimentos que valorizem a floresta em pé, a restauração florestal e o uso sustentável da terra, com foco em cadeias produtivas de baixo carbono.

Uma das iniciativas que o Fundo Vale apoia é o Programa de Aceleração PPA (Plataforma Parceiros pela Amazônia), que há dois anos seleciona 15 startups socioambientais, oferecendo um pacote de benefícios para fortalecimento dos negócios, além de investimento financeiro. Na chamada de 2019-2020, a COEX Carajás foi uma das selecionadas.

Por meio do PPA, a cooperativa está recebendo mentorias especializadas que vai ajudá-la a solucionar os principais problemas do negócio, além de ter acesso a crédito aportado pelo Fundo Vale, Usaid e da Plataforma de Empréstimo Coletivo da Sitawi. Esses recursos, aportados em forma de empréstimo, serão usados na capacitação



A coleta das folhas é sazonal, por isso os coletores ficam de 30 a 40 dias na floresta

Fotos: Arquivos Fundo Vale

dos cooperados, mapeamento de matrizes e aquisição de equipamentos para a coleta, com o objetivo de expandir a atuação da cooperativa.

No papel de principal cliente, a Vale fechou um convênio para compra de sementes para o Viveiro de Carajás pelos próximos três anos. Além disso, o Instituto Tecnológico Vale tem uma linha de pesquisa específica para ampliação do conhecimento científico sobre a espécie.



145 hectares

recuperados com jaborandi

350 espécies

de sementes comercializadas

39 famílias

beneficiadas

Resultados

A COEX Carajás já havia passado por um programa de aceleração oferecido pelo ISES (Instituto de Socioeconomia Solidária), parceiro da Fundação Vale, e o acesso ao PPA já é resultado do amadurecimento contínuo do negócio, que agora ganha potencial de expansão para outras regiões do país.

Como principais resultados, destacam-se:

Recuperação de aproximadamente 145 hectares com as sementes de jaborandi extraídas e fornecidas pela cooperativa para empresas que executam projetos de reflorestamento.

350 espécies de sementes comercializadas por ano, todas com Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RENASEM) e inspecionadas por um profissional da área, valorizando a biodiversidade local.

Incremento na renda mensal de 39 extrativistas e suas respectivas famílias.

Venda de mais de 30 toneladas de folhas secas de jaborandi nativo em 2019, por meio de uso sustentável da biodiversidade, mostrando o potencial da bioeconomia para a conservação da Amazônia.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Márcia Soares (marcia.soares@vale.com).

Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/
Gerência de Conhecimento e Empreendedorismo de Impacto; Fundo Vale.

Pessoas e Parcerias

Coleta e fornecimento de sementes para a produção de mudas, recuperação de áreas e conservação das espécies



Foto: Arquivos Fundo Vale

Introdução

A implantação do Viveiro florestal de Carajás é uma iniciativa da Vale que contribui para a conservação da biodiversidade na região de Carajás, representando também um papel social, pois a maior parte das sementes que abastecem o Viveiro são adquiridas diretamente da Cooperativa dos Extrativistas da FLONA de Carajás (COEX), como forma de gerar renda e auxiliar o desenvolvimento dos cooperados e seus familiares.

Por meio do convênio firmado com a Vale, os cooperados realizam, hoje, além coleta das folhas do jaborandi, coleta de sementes nativas empregadas no cultivo de mudas pelo Viveiro Florestal de Carajás, nos programas de conservação das espécies, recuperação de áreas degradadas e restauração de habitats.

Metodologia

A seleção das espécies, assim como a quantidade mínima a ser coletada, é realizada previamente pela equipe do viveiro, sendo dada prioridade as espécies endêmicas do sudeste do Pará, assim como as escolhidas para atendimento de demandas específicas, como as condicionantes ambientais referentes a espécies presentes em listas de ameaças. Quando chegam ao viveiro, as sementes já vêm pesadas e identificadas com a data de coleta e origem, sendo realizada pela equipe do viveiro a verificação da identificação taxonômica, qualidade da semente, peso e beneficiamento, antes de efetuar o recebimento (figura 1). As sementes são compradas a quilo, variando de preço de acordo com a importância, tamanho, dificuldade de obtenção, beneficiamento, entre outros critérios.



Resultados

O quantitativo de sementes nativas adquiridas da COEX durante o ano de 2019 foi de 4.035 kg de sementes de 207 espécies nativas, considerada como alta diversidade. Naquele ano, houve um aumento significativo no quantitativo de sementes adquiridas da cooperativa, com acréscimo de 2.699 kg, se comparado com o ano anterior, representando um percentual de 302%, devido à ampliação no número de sementes e espécies para a utilização na revegetação das áreas mineradas.

Nesse quantitativo, a COEX contribuiu com 479,5 kg de sementes de 11 espécies presentes em listas oficiais de ameaças, que compreende as Vulneráveis (VU) *Bertholletia excelsa*, *Mezilaurus itauba*, *Ocotea tabacifolia*, *Swietenia macrophylla* (IUCN, MMA e COEMA), *Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea parvifolia*, *Virola surinamensis* (IUCN e MMA), *Cedrella fissilis* (MMA), *Mimosa acutistipula* e *Protium heptaphyllum* (COEMA), e as Em Perigo (EN) *Pilocarpus microphyllum* (IUCN, MMA e COEMA) e *Ocotea tabacifolia* (IUCN e MMA).

Além da aquisição das sementes, a Vale oferece treinamentos para capacitar os cooperados, envolvendo instituições como Embrapa Amazônia Oriental e a Universidade Federal

Rural da Amazônia, para ampliar o conhecimento dos coletores e trazer tecnologias de coleta de sementes de espécies nativas da região de Carajás e da Amazônia.

A diversificação de atividades com a coleta de sementes é uma forma de garantia de renda complementar às coletas de folhas de jaborandi, e auxilia na melhoria das condições de vida dessas famílias que vivem no entorno da Floresta Nacional de Carajás.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Jenaldo Carvalho¹, Lourival Tyski¹, Delmo Fonseca¹, Jerfesson Dutra², Alexandre F. Castilho¹, Giselly Mota da Silva², André Luiz de Rezende Cardoso² (jenaldo.carvalho@vale.com).

¹Diretoria Corredor Norte/Gerência de Meio ambiente e Relações Institucional Socioeconomia e Comunicação; ²Sete Soluções e Tecnologia Ambiental.

Pessoas e Parcerias

O uso sustentável do jaborandi na FLONA de Carajás é impulsionado pelo conhecimento científico aplicado à conservação e à geração de renda para a comunidade local

Foto: Cecílio Caldeira



Introdução

Embora sejam conhecidos os efeitos nocivos da degradação ambiental para a conservação da biodiversidade e considerando a importância dos compromissos firmados com a sociedade para o uso eficiente de recursos naturais e a sustentabilidade da produção de bens e serviços (ODS 12 e 15, Nações Unidas), fortes avanços sem planos de manejo e acentuada devastação ainda são observados sobre diferentes ecossistemas em todo o planeta. Esses danos são ainda mais acentuados em espécies nativas de interesse comercial, como o Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) (Fig. 1), única fonte de pilocarpina, um alcaloide extraído das folhas e usado no tratamento de doenças como glaucoma e xerostomia (Abreu et al., 2011).



Figura 1. Plantas de Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) em diferentes fases de crescimento e reprodução: (a) planta adulta com aproximadamente 2.5 m de altura, (b) plântula crescendo no sub-bosque da floresta, (c) flores, (d) frutos e (e) e sementes em fase de dispersão. Fonte: Caldeira et al. 2017

Com ocorrência no Pará, Maranhão e Piauí (Pirani, 2015), é importante fonte de renda para famílias que dependem do extrativismo, como tratado nos artigos acima apresentados. No entanto, o histórico de desmatamento na região de ocorrência, somado ao aumento da demanda por pilocarpina, acentuou o extrativismo desordenado, o declínio de populações naturais com extinções locais (Grabher, 2015) e colocou a espécie na lista da flora de ameaçadas de extinção (Martinelli and Moraes, 2013).

A Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás) é referida como uma das maiores reservas naturais do Jaborandi graças a à reduzida perda de cobertura, apesar do intenso desmatamento até suas bordas (Souza-Filho et al., 2016).

A pesquisa abrangeu o mapeamento da ocorrência do Jaborandi na FLONA de Carajás, com apoio dos extrativistas, assim como estudo da diversidade genética

Metodologia

As pesquisas foram iniciadas com o mapeamento das áreas de ocorrência natural do Jaborandi na FLONA de Carajás. O mapeamento baseou-se no conhecimento empírico acumulado ao longo dos anos pelos folheiros (extrativistas cooperados da COEX-CARAJÁS) sobre a região que coletam folhas e no treinamento para aquisição de dados. Uma vez que o Jaborandi ocorre no sub-bosque, a demarcação das reboleiras (áreas com alta densidade de plantas de Jaborandi) foi realizada por meio do caminhamento e marcação de pontos até a formação de polígonos.

As coordenadas geográficas foram usadas para confecção de mapas, determinando a localização e tamanho das reboleiras. A coleta de dados ocorreu em duas fases, sendo inicialmente mapeadas 199 reboleiras (5.539 hectares) nas áreas historicamente exploradas, enquanto outras 133 reboleiras (1.516 hectares) foram encontradas em áreas que haviam sido exploradas no passado, mas sem registros recentes (Fig. 2). Essas áreas poderão ser manejadas de forma sustentável, permitindo e ampliar a geração de renda da comunidade de extrativistas da região.

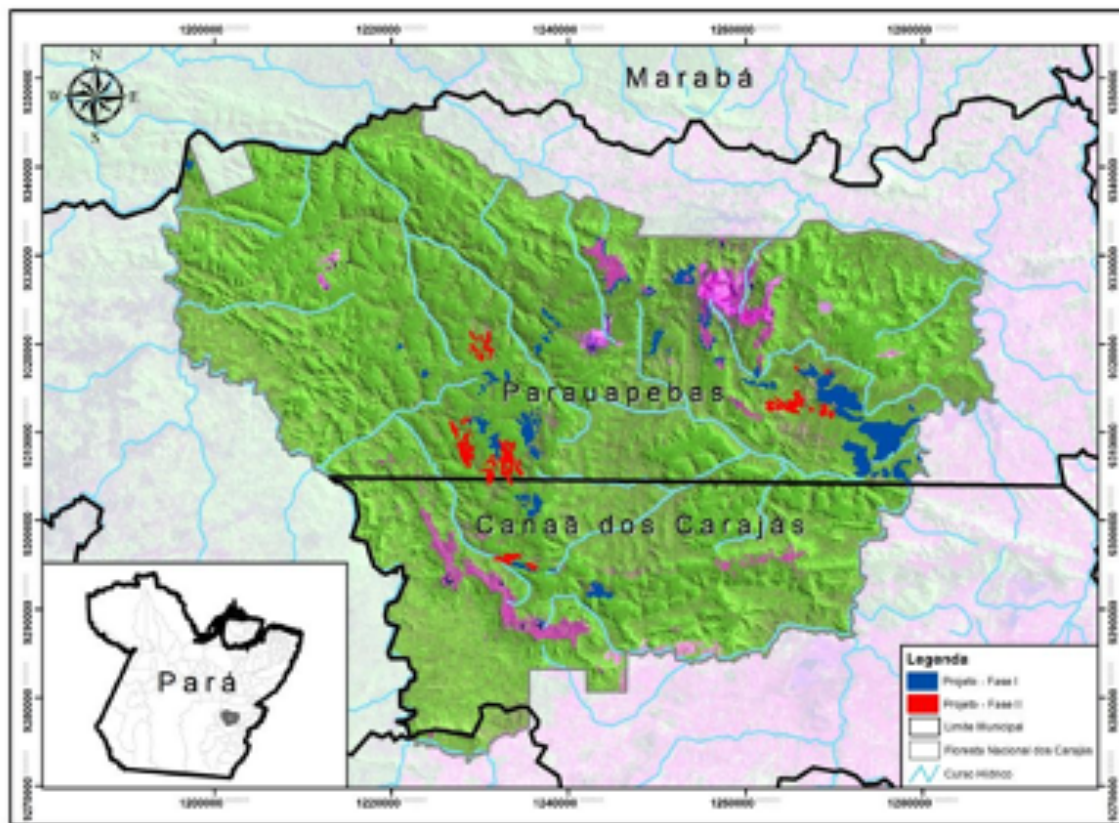


Figura 2. Mapa de ocorrência de Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) na FLONA de Carajás (as áreas destacadas em azul correspondem ao mapeamento realizado durante a 1ª fase, enquanto aquelas em vermelho às campanhas da 2ª fase)

Resultados

Durante o mapeamento, foram coletadas amostras de folhas e solo próximo às respectivas plantas com o objetivo de selecionar matrizes com alto teor de pilocarpina, assim como identificar variáveis associadas à sua síntese. A quantificação de pilocarpina revelou que cinco plantas (das 91 analisadas) apresentaram mais de 2% de pilocarpina foliar, valores considerados muito altos, uma vez que a média encontrada até o momento era de aproximadamente 1% (Costa, 2012). Outras 16 plantas foram identificadas com teores entre 1.5 e 2.0 %, perfazendo 21 plantas georreferenciadas e distribuídas em diferentes locais da FLONA de Carajás e que podem ser usadas como matrizes de propagação para cultivos futuros.

Por outro lado, as duas plantas identificadas com praticamente zero pilocarpina constituem uma importante ferramenta para elucidar a síntese desse composto. Portanto, construímos modelos com os resultados da concentração de nutrientes nas folhas e o solo para predição das variáveis que afetam o teor de pilocarpina. O

modelo com a melhor predição, usando os critérios de Akaike (AIC) para discriminação, sugere que o aumento de pilocarpina está associado a uma maior concentração de N e Mg nas folhas e Fe no solo, assim como a uma menor concentração de fósforo nas folhas e enxofre no solo. Juntamente com a seleção de matrizes, esses resultados compõem peça importante para uso sustentável do Jaborandi. Estudos em andamento, usando a técnica de *machine learning*, estão incorporando outras variáveis ambientais e também marcadores genéticos de aproximadamente 300 plantas de Jaborandi, visando identificar genes associados a altos teores de pilocarpina.

A determinação da diversidade genética e estrutura de populações, fundamentais para elaboração de planos de conservação e uso sustentável do Jaborandi, foram realizadas a partir de amostras representativas coletadas nas áreas mapeadas. O estudo usou milhares de marcadores moleculares tipo SNPs (*Single Nucleotide Polimorphism*), os quais permitem avaliar uma representação do genoma. Após filtragem dos dados, três abordagens de clusterização de agrupamento genético apontaram sempre a formação de quatro populações genéticas na FLONA de Carajás (Fig. 3). Aqui descritas como A, B, C e D, essas populações se encontram espacialmente separadas, com altos valores de diversidade dentro de cada uma e reduzido fluxo gênico entre elas, possivelmente associado ao curto raio de voo de seus polinizadores, abelhas e moscas.

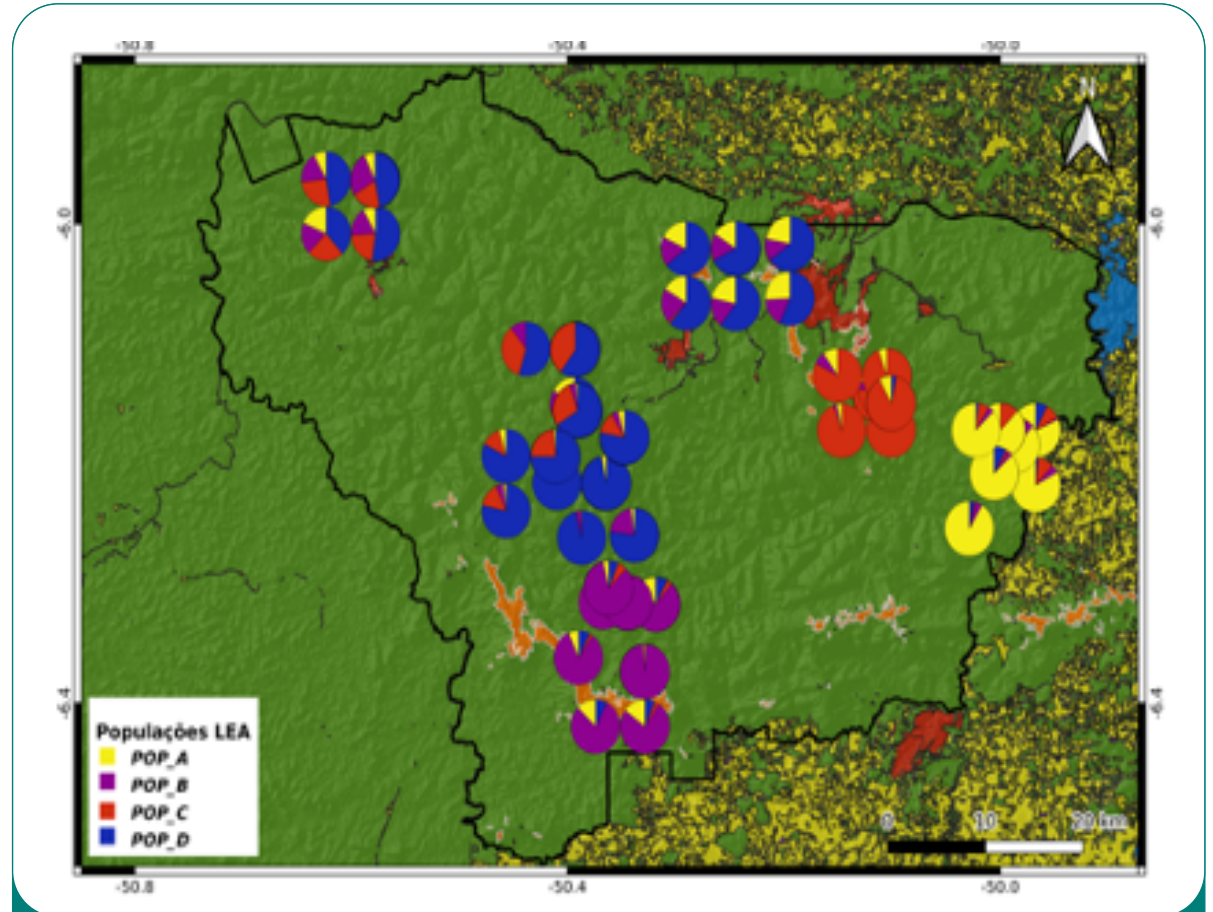


Figura 3. Análise Discriminante de Componentes Principais (DAPC) indicando a formação de quatro subgrupos de *P. microphyllus*

Para assegurar a manutenção da diversidade encontrada, iniciamos a construção de um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) na FLONA de Carajás. Devido à baixa viabilidade de armazenamento de suas sementes, o BAG do Jaborandi requer a manutenção de um grupo de plantas que representam a diversidade de cada população. A definição de plantas a serem propagadas foi realizada considerando a diversidade genética e estrutura destas populações, juntamente com informações de reprodução da espécie (Hoban et al., 2020).

Nessa primeira aproximação, a manutenção de plantas propagadas de 60 matrizes de cada uma das quatro populações preservaria pelo menos 95% da diversidade genética existente, e seria suficiente para prevenir endo-

Parcerias estabelecidas são essências para a geração de conhecimento e fundamentais para sua implementação

gamia. Estas análises estão sendo refinadas para considerar outras métricas de diversidade genética, como a variação adaptativa. Portanto, para evitar perdas significativas durante a germinação e morte dos indivíduos antes de chegar à idade reprodutiva, iniciamos a coleta de sementes de mais de 80 indivíduos por população. Sendo necessário, futuras expedições serão planejadas para coletar sementes e ampliar o BAG do Jaborandi na FLONA de Carajás.

As parcerias aqui estabelecidas são fundamentais para a geração de conhecimento e sobretudo para sua implementação, trazendo ganhos para a sociedade através da conservação de uma espécie ameaçada da flora brasileira e fornecendo as bases para o manejo sustentável desse recurso natural, garantindo a geração de renda ao longo de toda a cadeia produtiva, por exemplo, da coleta de folhas pelos extrativistas ao uso pelas indústrias. Novas etapas visam estudar a fisiologia e aspectos nutricionais Jaborandi, assim como o plantio de mudas de matrizes selecionadas em áreas de recuperação ambiental, onde poderão ser manejadas para maximizar a produção de material vegetal e pilocarpina.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Cecilio F. Caldeira¹, (cecilio.caldeira@itv.org) Silvio Ramos¹, Markus Gastauer¹, Waleria Monteiro¹, Jeronymo Dalapicolla¹, Rodolfo Jaffé¹, Gracialda Ferreira², Jayne Nobrega³, Renan Coelho⁴, Jenaldo Carvalho⁴, Pedro Walfrir¹

¹Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV); Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA); ³COEX Carajás; ⁴Diretoria Corredor Norte/ Gerência de Meio ambiente, Relações Institucional Socioeconomia e Comunicação.

Parceiros

COEX Carajás, Vale, Fundo Vale, ITV-DS, Fundação Vale, Usaid (Agência de Cooperação dos EUA), Idesam (Instituto de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia), Sitawi Finanças do Bem, ISES (Instituto de Socioeconomia Solidária), UFRA.

Pessoas e Parcerias

Educação e parcerias para o desenvolvimento sustentável



Introdução

A educação especializada e as parcerias estratégicas são importantes atividades que suportam o desenvolvimento da pesquisa no Instituto Tecnológico Vale - Desenvolvimento Sustentável (ITV-DS). A formação de novos talentos para a empresa e para a sociedade é promovida por atividades do curso de mestrado do ITV e pela capacitação de recursos humanos graduados no doutorado, pós-doutorado e desenvolvimento tecnológico. O ITV-DS possui programas que fornecem bolsas de estudo e pesquisa a pesquisadores com formação técnica, em linha com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 4 da Organização das Nações Unidas.

Além da formação de jovens talentos, o ITV-DS implementa parcerias estratégicas de cooperação com instituições no país e no exterior para ampliar a capacidade tecnológica interna e criar oportunidades para o intercâmbio de experiências entre os pesquisadores e estudantes. O treinamento dos pesquisadores e a colaboração são essenciais para as ações de pesquisa que dão suporte ao alcance dos ODSs e lacunas de ESGs (Environmental, Social and Governance) apontadas pela empresa. Como resultado, o ITV contribui para a disseminação, difusão e treinamento científico, ações previstas no ODS 17.

volvimento em tópicos importantes para a redução das disparidades regionais. O ITV-DS estabelece parcerias multissetoriais que mobilizam e compartilham conhecimento, expertise, tecnologia e recursos financeiros para o desenvolvimento da pesquisa. A rede de relacionamentos se constrói tanto pela colaboração entre pesquisadores quanto pelas parcerias institucionais. Dentre as instituições parceiras, estão incluídas importantes parcerias locais, assim como instituições em diversos estados do país, instituições governamentais e também instituições de pesquisa no exterior. Há também um forte vínculo com diversas áreas da própria empresa. A Figura 1 indica as principais parcerias estabelecidas pelo ITV-DS.

A cooperação científica entre instituições, em especial quando engloba países diferentes, estimula o processo de desenvolvimento da pesquisa e resulta em publicações científicas de maior impacto. A produção de artigos científicos submetidos ao sistema *peer review* nos últimos 9 anos é de 518 artigos (Figura 2).

518 artigos foram submetidos ao sistema *peer review* nos últimos nove anos

As publicações foram realizadas com extensa rede de colaboração de instituições no Brasil, somando 106 instituições até o momento. Nacionalmente sobressaem colaborações com instituições nos estados de MG (22 instituições) e SP (21 instituições). Ocorre ampla participação de instituições paraenses (10 instituições) (Figura 3).

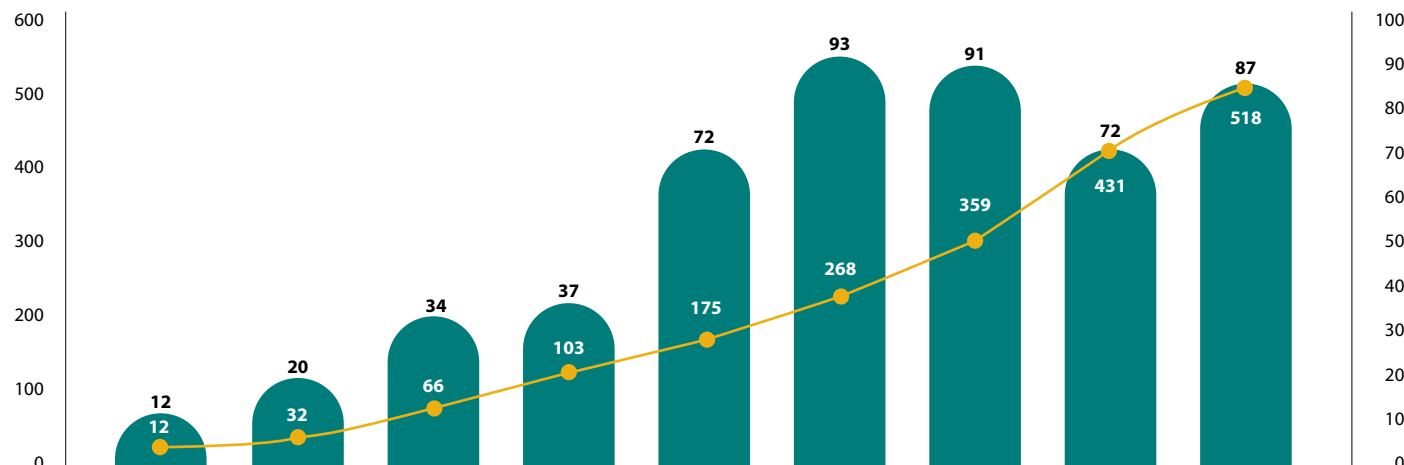


Figura 2. Número de artigos publicados pelo ITV-DS entre 2012 e 2020 (julho), anual (barra) e acumulado (linha).

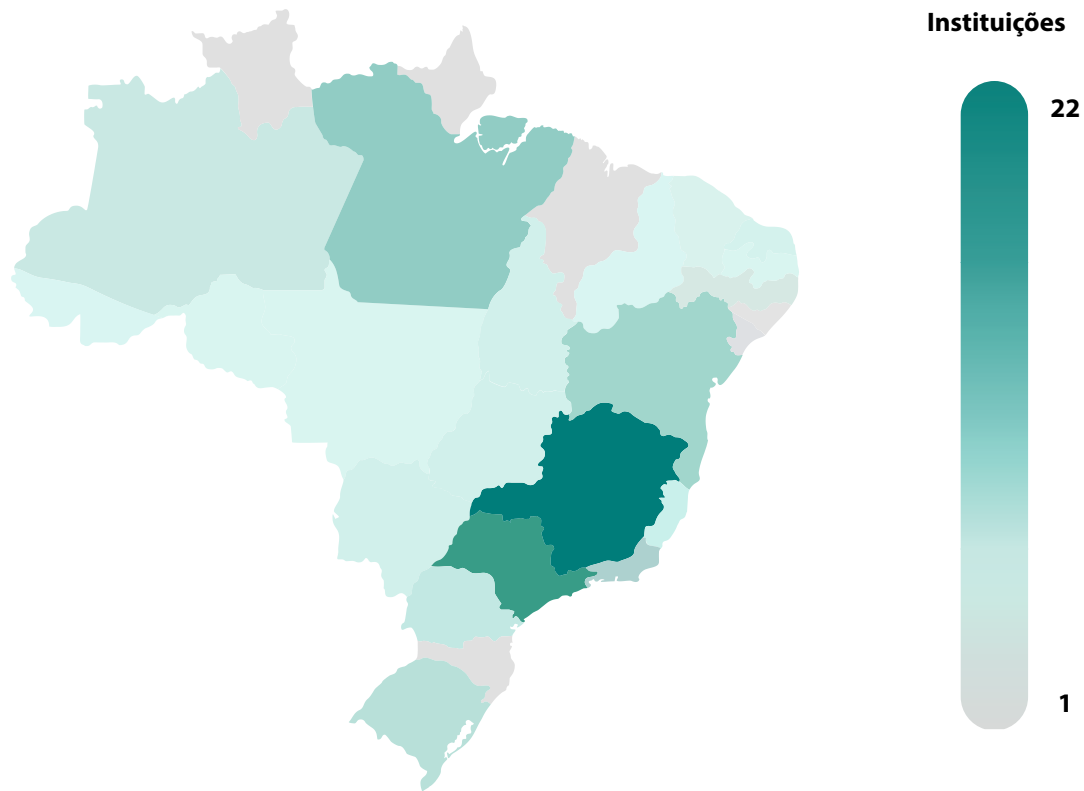
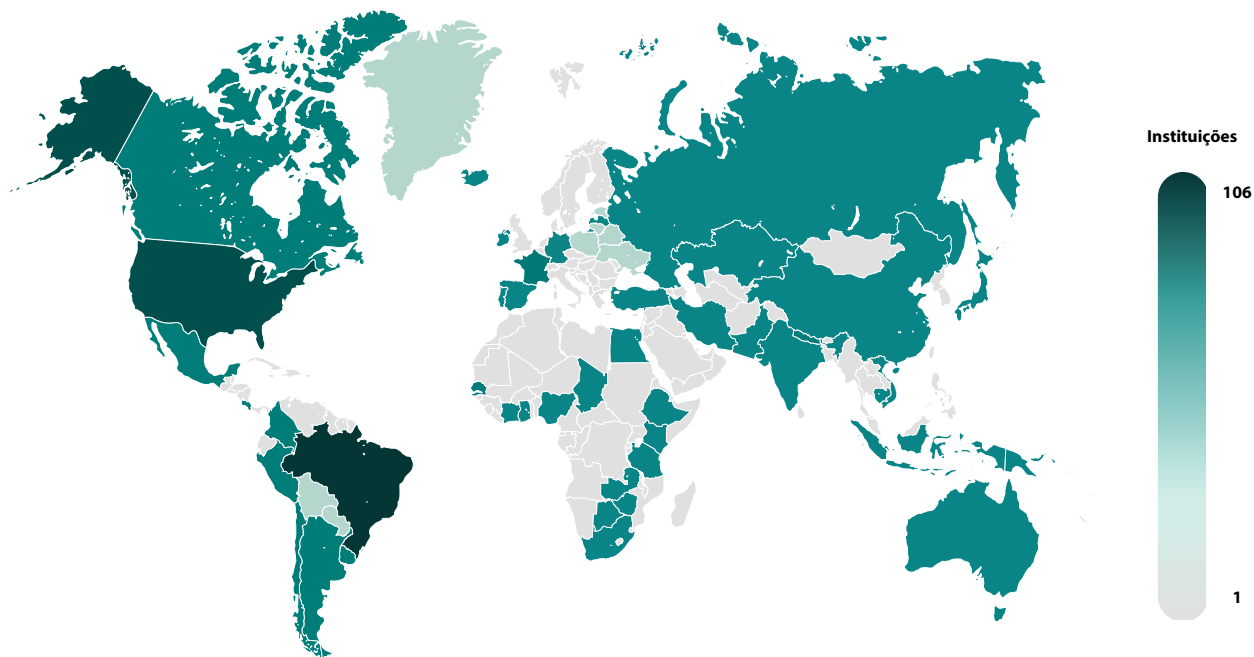


Figura 3: Intensidade de colaborações com instituições no Brasil. A intensidade da cor indica o número de instituições por estado com quem o ITV-DS publicou artigos científicos.

Um dos trabalhos mais emblemáticos do ITV-DS, o estudo da “Flora das cangas da Serra dos Carajás”, foi realizado em parceria com o Museu Paraense Emilio Goeldi e com colaborações de botânicos de diversas instituições brasileiras e internacionais. O trabalho gerou quatro volumes do periódico *Rodriguésia*, do Jardim Botânico do RJ. Em números, o total de espécies estudadas nesse projeto representou 15% de toda a flora até então conhecida para o estado do Pará. Há também extensa colaboração com instituições de pesquisa no exterior, como ilustrado na Figura 4. O principal país com quem o ITV-DS colabora para publicações, além do Brasil, é os Estados Unidos (63 instituições), seguido de França (27 instituições), Inglaterra (19 instituições), Austrália (18 instituições) e Alemanha (17 instituições) (Figura 4). Também ocorrem colaborações com diversos países da África, América do Sul e Ásia, mas com um menor número de instituições por país.

No Brasil, sobressaem colaborações com instituições nos estados de MG e SP, além de ampla participação de instituições paraenses

Figura 4: intensidade de colaborações com instituições no mundo. A intensidade da cor indica o número de instituições por país com quem o ITV-DS publicou artigos científicos.



A pesquisa e o ensino representam importante alavanca para o desenvolvimento regional, como apontado por vários dos ODSs. Com o foco na pesquisa socioambiental, o ITV-DS tem atuado fortemente na formação de recursos humanos e em colaborações nacionais e internacionais para fortalecer o alcance das metas de desenvolvimento sustentável.

Alinhamentos Estratégicos



Mais Informações

Josiane Martins; Guilherme Oliveira
(guilherme.oliveira@itv.org).

Diretoria de Sustentabilidade e Investimento Social/
Gerência Executiva de Investimento Social Cultura e
Inovação/ Instituto Tecnológico Vale.

Para saber mais

Abreu, I.N., Choi, Y.H., Sawaya, A.C.H.F., Eberlin, M.N., Mazzafera, P., Verpoorte, R., 2011. Metabolic alterations in different developmental stages of *Pilocarpus microphyllus*. *Planta Med.* 77, 293–300. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250314>

Andersen, K., Bird, K. L., Rasmussen, M., Haile, J., Breuning-Madsen, H., Kjaer, K. H., Willerslev, E. Metabarcoding of ‘dirt’ DNA from soil reflects vertebrate biodiversity. *Molecular Ecology*, v.21, p.1966–1979, 2012.

Andrino, C. O. et al. Iron islands in the Amazon: investigating the floristic network of canga outcrops. *Phytogeography* (no prelo).

Awade, M.; Miranda, L.; Molina, M.; Giannini, T.C. Recuperação de áreas degradadas na FLONA de Carajás com base na diversidade taxonômica e funcional de aves. Relatório de Pesquisa ITV. DOI: 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2019.24.Awade. 2019.

Borges, R.C.; Brito, R.M.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Giannini, T.C. The value of crop production and pollination services in the Eastern Amazon. *Neotropical Entomology* v.49, p. 545–56. 2020. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00791-w>

Borges, R.C.; Santos Júnior, J.E.; Tyski, L.; Silva, D.F.; Giannini, T.C. Selecionando espécies para recuperação de interações planta-polinizador na Amazônia Oriental.

Relatório de Pesquisa ITV. DOI: 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2019.32.Borges. 2019.

Caldeira, C.F., Abranches, C.B., Gastauer, M., Ramos, S.J., Guimarães, J.T.F., Pereira, J.B.S., Siqueira, J.O., 2019. Sporeling regeneration and ex situ growth of *Isoetes cangae* (Isoetaceae): Initial steps towards the conservation of a rare Amazonian quillwort. *Aquat. Bot.* 152, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2018.10.001>

Costa, F.G., 2012. Os folheiros do jaborandi: organização, parcerias e seu lugar no extrativismo Amazônico (Thesis). University of Para, Belém/PA.

Costa, W.F.; Ribeiro, M.; Saraiva, A.M.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Giannini, T.C. Bat diversity in Carajás National Forest (Eastern Amazon) and potential impacts on ecosystem services under climate change. *Biological Conservation* v. 218, p. 200–210. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.12.034>

De Paula A, Soares JJ (2011). Estrutura horizontal de um trecho de floresta ombrófila densa das terras baixas na Reserva Biológica de Sooretama, Linhares, ES. *Floresta*, v. 41, n.2, pp.321-334.

Derhé, M. A., H. Murphy, G. Monteith, and R. Menéndez. (2016). Measuring the success of reforestation for restoring biodiversity and ecosystem functioning. *J. Appl. Ecol.* 53, 1714–1724.

Devecchi, M. F. et al. Beyond forests in the Amazon: biogeography and floristic relationships of the Amazonian savannas. *Bot. J. Linn. Soc.* 193, 478–503 (2020).

FAO. (1993). Ex situ storage of seeds, pollen and in vitro cultures of perennial woody plant species. Rome: FAO, 83 (forestry paper, 113).

Felitto, G.; Lozano, E. D.; Canestraro, B. K. & Kersten, R. A. 2017. Riqueza, composição e estrutura da comunidade arbustivo-regenerante em diferentes estágios sucessionais de uma Floresta Subtropical do Brasil. *Hoehnea*, 44(4): 490-504.

Fonseca-da-Silva, T. L. et al. Plant species on Amazonian canga habitats of Serra Arqueada: the contribution of an isolated outcrop to the floristic knowledge of the Carajás region, Pará, Brazil. *Braz. J. Bot.* 43, 315–330 (2020).

Gastauer, Markus, Cecílio Frois Caldeira, Silvio Junio Ramos, Delmo Fonseca Silva, and Jose oswaldo Siqueira. 2019. "Active Rehabilitation of Amazonian Sand Mines Converges Soils, Plant Communities and Environmental Status to Their Predisturbance Levels." *Land Degradation & Development*, October. <https://doi.org/10.1002/ldr.3475>.

Gastauer, Markus, Cecílio Frois Caldeira, Sílvio Junio Ramos, Leonardo Carreira Trevelin, Rodolfo Jaffé, Guilherme Oliveira, Mabel Patricia Ortiz Vera, et al. 2020.

"Integrating Environmental Variables by Multivariate Ordination Enables the Reliable Estimation of Mineland Rehabilitation Status." *Journal of Environmental Management* 256 (February): 109894.

Gastauer, Markus, Pedro Walfir Martins Souza Filho, Silvio Junio Ramos, Cecílio Frois Caldeira, Joyce Reis Silva, Jose Oswaldo Siqueira, and Antonio Eduardo Furtini Neto. 2018. "Mine Land Rehabilitation in Brazil: Goals and Techniques in the Context of Legal Requirements." *Ambio*, April. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1053-8>.

Gastauer, Markus, Silvio Ramos, Cecílio Caldeira, Leonardo Trevelin, Rodolfo Jaffé, Guilherme Oliveira, Mabel Vera, et al. 2019. "Integrating Environmental Variables by Multivariate Ordination Enables the Reliable Estimation of Mineland Rehabilitation Status," September. <https://doi.org/10.20944/preprints201909.0206.v1>.

Giannini T. C. et al. Selecting plant species for practical restoration of degraded lands using a multiple-trait approach. *Austral Ecol.* 42: 510–521 (2016).

Giannini, T.C.; Costa, W.F.; Borges, R.C.; Miranda, L.; Costa, C.P.W.; Saraiva, A.M.; Imperatriz-Fonseca, V.L. Climate change in the Eastern Amazon: crop-pollinator and occurrence-restricted bees are potentially more affected. *Regional Environmental Change* v. 20, p. 1-12. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01611-y>

Giulietti, A. M., Giannini, T. C., Mota, N. F., Watanabe, M. T., Viana, P. L., Pastore, M., ... & Pereira, J. B. (2019). Edaphic endemism in the Amazon: vascular plants of the canga of Carajás, Brazil. *The Botanical Review*, 85(4), 357-383.

Giulietti, A.M.; et al. 2019. Edaphic Endemism in the Amazon: Vascular Plants of the canga of Carajás, Brazil. *The Botanical Review*, 24: 357 – 383.

Grabher, C., 2015. A governança e a sustentabilidade do extrativismo do jaborandi na Amazônia e transição para o Cerrado e a Caatinga (PhD Thesis). University of Porto Alegre.

Hebert, P. D., Ratnasingham, S., & de Waard, J. R. Barcoding animal life: Cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 270, S96–S99, 2003.

Hoban, S., Callicrate, T., Clark, J., Deans, S., Dosmann, M., Fant, J., Gailing, O., Havens, K., Hipp, A.L., Kadav, P., Kramer, A.T., Lobdell, M., Magellan, T., Meerow, A.W., Meyer, A., Pooler, M., Sanchez, V., Spence, E., Thompson, P., Toppila, R., Walsh, S., Westwood, M., Wood, J., Griffith, M.P., 2020. Taxonomic similarity does not predict necessary sample size for ex situ conservation: a comparison among five genera. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 287, 20200102. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0102>

Kelly, R. P. et al. Genetic and manual survey methods yield different and complementary views of an ecosystem. *Front Mar Sci* 3, 283, 2017.

Lima, de R. A.; Mori, D. P.; Pitta, G.; Melito, M. O.; Bello, C.; Magnago, L. F. & Prado, P.I. 2015. How much do we know about the endangered Atlantic Forest? Reviewing nearly 70 years of information on tree community surveys. *Biodiversity and Conservation*, 24: 2135-2148.

Lynggaard, C, Nielsen, M, Santos Bay, L, Gastauer, M, Oliveira, G, Bohmann, K. Vertebrate diversity revealed by metabarcoding of bulk arthropod samples from tropical forests. *Environmental DNA*, 1: 329– 341, 2019.

Lynggaard, C., D. W. Yu, G. Oliveira, C. F. Caldeira, S. J. Ramos, M. R. Ellegaard, M. T. P. Gilbert, M. Gastauer and K. Bohmann. DNA-based arthropod diversity assessment in Amazonian iron mine lands show ecological succession towards undisturbed reference sites. *Frontiers in Ecology and Evolution* (submitted).

Lynggaard, C., M. Nielsen, L. Santos Bay, M. Gastauer, G. Oliveira, and K. Bohmann. (2019). "Vertebrate Diversity Revealed by Metabarcoding of Bulk Arthropod Samples from Tropical Forests." *Environmental DNA*. 1(4): 329–41.

Merritt D. J., Kingsley, W., Dixon, K. W. Restoration Seed Banks— A Matter of Scale. *Science* 332: 424–425 (2011)

Miranda, L.S.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Giannini, T.C. Climate change impact on ecosystem functions provided by birds in southeastern Amazonia. *PLoS ONE* v. 14, p. e0215229. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215229>

Moraes, B. C. et al. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amaz* 35:207–214 (2005)

Mota, N. F. de O. et al. Amazon canga: the unique vegetation of Carajás revealed by the list of seed plants. *Ro-driguésia* 69, 1435–1487 (2018).

Mota, N. F. de O. et al. Amazon canga: the unique vegetation of Carajás revealed by the list of seed plants. *Ro-driguésia* 69, 1435–1487 (2018).

Mota, N.F.O. & Giulietti, A.M., 2016. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Thymelaeaceae. *Rodri-guésia*, 67(5):1481–1484.

Nevling L.I.J. & Barringer, K. 1993. A new species of *Daphnopsis* (Thymelaeaceae) from Brazil. *Brittonia*, 45: 335–336.

Nunes, G.L., Oliveira, R.R.M., Guimarães, J.T.F., Giulietti, A.M., Caldeira, C., Vasconcelos, S., Pires, E., Dias, M., Wa-tanabe, M., Pereira, J., Jaffé, R., Bandeira, C.H.M.M., Carvalho-Filho, N., da Silva, E.F., Rodrigues, T.M., dos San-

tos, F.M.G., Fernandes, T., Castilho, A., Souza-Filho, P.W.M., Imperatriz-Fonseca, V., Siqueira, J.O., Alves, R., Oliveira, G., 2018. Quillworts from the Amazon: A multidisciplinary populational study on *Isoetes serracarajensis* and *Isoetes cangae*. *PLOS ONE* 13, e0201417. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201417>

Pavlik, B.M. 1996. Defining and measuring success. Restoring diversity: strategies for the reintroduction of endangered plants, 6:127–155.

Paz, F.S.; Pinto, C.E.; Brito, R.M.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Giannini, T.C. Edible plant species in the Amazon Forest rely mostly on bees and beetles as pollinators. *Journal of Economic Entomology*, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa284>

Pereira, J.B. de S., Salino, A., Arruda, A., Stutzel, T., 2016. Two New Species of *Isoetes* (Isoetaceae) from northern Brazil. *Phytotaxa* 272, 141–148. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.272.2.5>

Pompanon F, Deagle BE, Symondson WOC et al. Who is eating what: diet assessment using next generation sequencing. *Molecular Ecology*, 21, 1931–1950, 2012.

Ramos, SJ, Caldeira CF, Gastauer M, Costa DLP, Furtini Neto AE, Souza FBM, Souza-Filho PWM, Siqueira JO (2019) Native leguminous plants for mineland revegeta-

tion in the eastern Amazon: seed characteristics and germination. *New Forests*, 50:859-872. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-019-09704-1>

Reis, A.S.; Gil, A.S.B.; Kameyama, C. 2017a. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Acanthaceae. *Ro-driguesia*, 68: 887–903.

Reis, A.S.; Gil, A.S.B.; Kameyama, C. 2017b. *Ruellia anamariae*, a new species of Acanthaceae from northern Brazil. *Acanthaceae. Phytotaxa*, 327 (3): 276–282.

Ribeiro, R.A., Giannini, T. C., Gastauer, M., Awade, M., Siqueira, J.O. 2018. Topsoil application during the rehabilitation of a manganeses tailing dam increases plant taxonomic, phylogenetic and functional diversity. *Journal of Environmental Management* 227, 386-394.

Rolim SG, Jesus RM, Nascimento HEM (2007). Restauração experimental de uma pastagem na mata atlântica através de semeadura direta. In: *Ecossistemas Costeiros do Espírito Santo*. Menezes, L. F. T.; Fábio Ribeiro Pires, Oberdan José Pereira, Publisher: EDUFES, pp.269-290.

Ruppert, Krista M., Richard J Kline, and Md Saydur Rahman. Past, present, and future perspectives of environmental DNA (eDNA) metabarcoding: A systematic review in methods, monitoring, and applications of global eDNA. *Global ecology and conservation* 17: e00547, 2019.

Schmidt PA, Bálint M, Greshake B, Bandow C, Römbke J, et al. Illumina metabarcoding of a soil fungal community. *Soil Biol Biochem* 65:128–132, 2013.

Silveira, A. L.; Ribeiro, L. S. V. B.; Dornas, T. T. e Fernandes, T. N. 2020a. Novos registros de *Sphaenorhynchus canga* (Amphibia, Anura, Hylidae) no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, Sudeste do Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, 15(1): 19-28.

Silveira, A. L.; Ribeiro, L. S. V. B.; Dornas, T. T. e Fernandes, T. N. 2010b. Distribuição geográfica de *Scinax crospe-dospilus* (Anura, Hylidae), incluindo novos registros na Mata Atlântica de Minas Gerais (Brasil). *Revista Brasileira de Zoociências*, 21(1): 1-19.

Silveira, A. L.; Ribeiro, L. S. V. B.; Dornas, T. T. e Fernandes, T. N. 2019a. Taxonomic identity of *Adelophryne* (Anura, Eleutherodactylidae) populations in the Atlantic Forest in Minas Gerais, Brazil. *Herpetology Notes*, 12: 311-3117.

Silveira, A. L.; Ribeiro, L. S. V. B.; Dornas, T. T. e Fernandes, T. N. 2019b. Novos registros geográficos, variação morfológica e notas de história natural de *Scinax tripui* (Amphibia, Anura, Hylidae) na Mata Atlântica de Minas Gerais (Brasil). *Revista Brasileira de Zoociências*, 20(2): 1-23.

Silveira, A. L.; Ribeiro, L. S. V. B.; Dornas, T. T. e Fernandes, T. N. 2018a. Primeiro registro de *Leptodactylus cu-preus*

(Anura, Leptodactylidae) no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 16(2): 47-52.

Silveira, A. L.; Ribeiro, L. S. V. B.; Dornas, T. T. e Fernandes, T. N. 2018b. New records of *Dispas albifrons* (Serpentes, Dipsadidae) in the Atlantic Forest of Minas Gerais, Brazil, with morphological data. *Herpetology Notes*, 11: 809-815.

Silveira, A. L.; Ribeiro, L. S. V. B.; Fernandes, T. N. e Dornas, T. T. 2019c. Anfíbios do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais): atualização do conhecimento, lista comentada e guia fotográfico. Belo Horizonte, Editora Rupestre. 448 pp. ISBN: 978-65-80945-00-9.

Silveira, F. A. O., Teixeira, A. L., Zanetti, M., Pádua, J. G., Andrade, A. C. S. de, & Costa, M. L. N. da. (2018). Ex situ conservation of threatened plants in Brazil: a strategic plan to achieve Target 8 of the Global Strategy for Plant Conservation. *Rodriguésia*, 69(4), 1547–1555.

Souza-Filho, P.W.M., de Souza, E.B., Silva Júnior, R.O., Nascimento, W.R., Versiani de Mendonça, B.R., Guimaraes, J.T.F., Dall’Agnol, R., Siqueira, J.O., 2016. Four decades of land-cover, land-use and hydroclimatology changes in the Itacaiúnas River watershed, southeastern Amazon. *J. Environ. Manage.* 167, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.039>

Taberlet, P., E. Coissac, and F. Pompanon. (2012). Towards Next-generation Biodiversity Assessment Using DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*. 21(8): 2045-50.

Viana PL, Mota NFO, Gil ASB, Salino A, Zappi DC, Harley RM, Ilkiu-Borges AL, Secco RS, Almeida TE, Watanabe MTC, Santos JUM, Trovó M, Maurity C, Giuliatti AM (2016) Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: história, área de estudos e metodologia. *Rodriguésia*, 67:1107-1124.

Viana, P. L. et al. Flora of the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: history, study area and methodology. *Rodriguésia* 67, 1107–1124 (2016).

Viana, P. L. et al. Flora of the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: history, study area and methodology. *Rodriguésia* 67, 1107–1124 (2016).

Viana, P. L., Mota, N. F. O., Gil, A. S. B., Salino, A., Zappi, D. C., Harley, R. M., Ilkiu-Borges, A. L., Secco, R. S., Almeida, T. E., Watanabe, M. T. C., Santos, J. U. M., Trovó, M., Maurity, C., Giuliatti, A. M. (2016). Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: história, área de estudos e metodologia. *Rodriguésia*, 67(5), 1107-1124.

Viana, P. L., Mota, N. F. O., Gil, A. S. B., Salino, A., Zappi, D. C., Harley, R. M., Ilkiu-Borges, A. L., Secco, R. S., Almeida, T. E., Watanabe, M. T. C., Santos, J. U. M., Trovó, M., Maurity, C., Giuliatti, A. M. (2016). Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: história, área de estudos e metodologia. *Rodriguésia*, 67(5), 1107-1124.

Wardil, M.V.; et al. 2017. Primeiro registro de indivíduos femininos de *Daphnopsis filipedunculata* Nevling & Barringer (Thymeliaceae) e ampliação da distribuição geográfica da espécie endêmica na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *Anais do 68º Congresso Nacional de Botânica*, RJ.

Watanabe, M.T.C.; Mota, N.F.O.; Pastore, M.; Santos, F.M.G.; Zappi, D.C. 2018. Completing the jigsaw: the first record of the female plant of *Daphnopsis filipedunculata* (Thymelaeaceae), an endemic species from the Brazilian Amazon. *Phytokeys*, 109: 93–101.

Wyse, S. V., Dickie, J. B., & Willis, K. J. (2018). Seed banking not an option for many threatened plants. *Nature Plants*, 4(11), 848–850.

Yoccoz, N., Brathen, K., Gielly, L., Haile, J., Edwards, M., Gostar, T., Pompanon, F. DNA from soil mirrors plant taxonomic and growth form diversity. *Molecular Ecology*, v.21, p. 3647–3655, 2012.

Zappi, D. C. et al. Plotting a future for Amazonian canga vegetation in a campo rupestre context. *PLOS ONE* 14, e0219753 (2019).

Zappi, D. C. et al. Plotting a future for Amazonian canga vegetation in a campo rupestre context. *PLOS ONE* 14, e0219753 (2019).

Créditos

Luiz Eduardo Osorio

*Diretoria Executiva de Relações Institucionais,
Comunicação e Sustentabilidade*

Hugo Barreto

Diretor de Sustentabilidade e Investimento Social

Bruno Ferraz

Gerente Executivo de Gestão Ambiental

Vitor Cabral

Gerência de Biodiversidade e Parques

Richardson Costa Faria

*Gerência de Recuperação Ambiental
e Fechamento de Mina*

Organização

Letícia Souza Lima Guimarães

Recuperação Ambiental e Fechamento de Mina

Tereza Cristina Giannini

*Instituto Tecnológico Vale/Biodiversidade
e Serviços Ecossistêmicos*

Comitê de Avaliação Técnica

Fernando Marino Gomes dos Santos

Estudos Ambientais Ferrosos

Letícia Souza Lima Guimarães

Recuperação Ambiental e Fechamento de Mina

Luiz Felipe Campos

Recuperação Ambiental e Fechamento de Mina

Tais Fernandes

*Licenciamento Ambiental, Estudos e Espeleologia
da Cadeia de Valor Ferrosos*

Tereza Cristina Giannini

*Instituto Tecnológico Vale/Biodiversidade
e Serviços Ecossistêmicos*

Rodolfo Jaffe

Instituto Tecnológico Vale

Capa

Foto: **João Marcos Rosa**

Revisão, Projeto Gráfico e Diagramação

grupo report: rpt.com

Editado em fevereiro 2021