

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto
Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**



Relatório Final
(Ciclo 2022-2023)

**MODELOS DE AMOSTRAGEM FLORÍSTICA EM CAMPOS
RUPESTRES FERRUGINOSOS: SUBSÍDIOS PARA O
LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA FLORESTA NACIONAL DE
CARAJÁS, BRASIL**

Nome do(a) estudante de IC: Jessica Araújo Heringer Ribeiro

Orientador(a): Paulo Jardel Braz Faiad

Coorientador(a): Fernando da Costa Brito Lacerda

Instituição do coorientador: Universidade Federal Rural da Amazônia

**Parauapebas
Setembro/2023**

RESUMO

Os *campos rupestres* ferruginosos estão entre os ecossistemas naturais mais ameaçados do planeta. Possuem uma grande diversidade de plantas, muitas endêmicas e intimamente relacionadas com o substrato ferruginoso que recobre as jazidas minerais. Devido a essa associação, as últimas três décadas foram marcadas por um contínuo processo de supressão vegetal desses ecossistemas no Brasil. Compatibilizar a conservação dos *campos rupestres* com a exploração mineral é um grande desafio do licenciamento ambiental realizado na Floresta Nacional de Carajás. Diante dessa problemática, o objetivo é estabelecer uma metodologia padrão de amostragem de flora para os *campos rupestres* ferruginosos da Flona de Carajás. O estudo de campo está sendo conduzido nos platôs de N1 e N2 da Serra Norte da Floresta Nacional de Carajás com foco no *campo rupestre* ferruginoso. Duas novas metodologias estão sendo testadas para comparar a suficiência amostral com as usuais utilizadas no licenciamento ambiental dos *campos rupestres* ferruginosos da Flona de Carajás. Estão sendo considerados os geoambientes com possibilidade de amostragem florística: campo aberto, campo arbustivo, campo graminoso, campo brejoso, lajedo e mata baixa. Como existem dois principais estratos no ecossistema, dois critérios de inclusão foram adotados: 1 – plantas arbóreas/arbustivas – diâmetro a altura do solo igual ou superior a 10 cm; 2 – plantas herbáceas: amostrados por metodologia que considera como principal índice fitossociológico a cobertura da espécie sobre a área da parcela. Diferentes tamanhos de parcelas estão sendo considerados no processo de amostragem. Na amostragem “A” serão consideradas parcelas com tamanhos maiores, enquanto na amostragem “B” as parcelas terão tamanhos reduzidos. Como resultados preliminares, foram instaladas 180 parcelas, que estão distribuídas nos geoambientes de acordo com as amostragens sugeridas. Para o campo graminoso/brejoso foram 60 parcelas, sendo 30 com área de 4m² (2×2m) e 30 com área de 1m² (1×1m). Em campo aberto/lajedo também foram instaladas 60 parcelas, divididas em 30 de 25m² (5×5m) e 30 de 4m² (2×2m). Por fim, no campo arbustivo/mata baixa, foram instaladas 60 parcelas apenas para a amostragem B, onde 30 delas tem 25m² (5×5m) para o estrato arbóreo/arbustivo e 30 tem 1m² (1×1m) para o estrato herbáceo. Nessas parcelas já foi realizado o levantamento de todos os indivíduos, sendo estimado as abundâncias das espécies pelo índice de cobertura, conforme especificado nos critérios. Durante os levantamentos, os indivíduos foram fotografados e coletados para posterior identificação botânica, que se encontra em processamento. A próxima etapa que finaliza este processo amostral será a tabulação de dados e análises preliminares, ainda assim os dados já evidenciam aspectos de diversidade e dominância de espécies, que configuram potencial para estratégias de manejo e conservação. Os resultados completos, bem como a definição da metodologia mais eficaz a ser aplicada, serão apresentados em estudos posteriores.

Palavras-chave: jazidas minerais, conservação, supressão vegetal.

ABSTRACT

Ferruginous rock fields are among the most threatened natural ecosystems on the planet. They have a great diversity of plants, many endemic and closely related to the ferruginous substrate that recovers mineral deposits. Due to this association, the last three decades have been marked by a continuous process of plant suppression in these ecosystems in Brazil. Making conservation compatible with mineral exploration is one of the challenges that companies face during the environmental licensing of ferruginous rock fields found in the Carajás National Forest. Faced with this problem, the objective is to establish a standard flora sampling methodology for the ferruginous rock fields of Flona de Carajás. The field study is being extended on the N1 and N2 plateaus of the Serra Norte of the Carajás National Forest with a focus on the ferruginous rock field. Two new methodologies are being tested to compare the sampling sufficiency with the usual ones used in environmental licensing of the ferruginous rock fields of Flona de Carajás. The geoenvironments with the possibility of floristic sampling are considered: open field, shrubby field, grassy field, swampy field, flagstone and low forest. As there are two main strata in the ecosystem, two inclusion criteria were adopted: 1 – tree/shrub plants – diameter at height from the ground equal to or greater than 10 cm; 2 – Herbaceous plants: sampled using a methodology that considers the coverage of the species over the plot area as the main phytosociological index. Different plot sizes are considered in the sampling process. In sampling “A”, plots will be considered larger in size, while in sampling “B” the plots will have reduced sizes. As preliminary results, 180 plots were installed, where they are distributed in the geoenvironments according to the suggested sampling. For the grassy/brejososo field there were 60 plots, 30 with an area of 4m² (2×2m) and 30 with an area of 1m² (1×1m). In the open field/slab, 60 plots were also installed, divided into 30 of 25m² (5×5m) and 30 of 4m² (2×2m). Finally, in the shrub/low forest field, 60 plots were installed just for sampling B, 30 of which are 25m² (5×5m) for the arboreal/shrub stratum and 30 are 1m² (1×1m) for the herbaceous extract. All individuals have already been surveyed in these plots and estimated as species abundance using the coverage index, as specified in the criteria. During the surveys, individuals were photographed and collected for subsequent botanical identification, which are currently being processed. The next stage that completes this sampling process will be data tabulation and preliminary analyses, although the data already highlights aspects of species diversity and dominance, which represent potential for management and conservation strategies. The complete results, as well as the definition of the most effective methodology to be applied, will be presented in subsequent studies.

Key-words: mineral deposits, conservation, vegetal supression.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos platôs de N1 e N2 na Serra Norte da Floresta Nacional de Carajás, Parauapebas, Pará.	7
Figura 2: Execução da amostragem B em parcelas aleatórias no geoambiente de campo arbustivo localizado no platô de N1.	9
Figura 3: Amostragem em campo rupestre graminoso/brejoso.	9
Figura 4: Levantamento de dados ecológicos em campo rupestre aberto/lajedo.	10
Figura 5: Processamento e identificação do material botânico coletado nas parcelas amostradas.	11
Tabela 1: Metodologias propostas para amostragem florística do campo rupestre ferruginoso da Flona de Carajás.	8

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVOS.....	6
2.1. Geral.....	6
2.2. Específicos.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.1. Área de Estudo.....	7
3.2. Levantamento de dados secundários.....	7
3.3. Proposta de modelo de amostragem.....	8
3.4. Comparação entre os diferentes modelos de amostragem.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
5. RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO.....	12
6. AGRADECIMENTOS.....	13
7. CITAÇÕES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

1. INTRODUÇÃO

Os *campos rupestres* ferruginosos estão entre os ecossistemas naturais mais ameaçados do planeta. Apresentam uma pequena ocupação geográfica no território, restritos principalmente ao Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais e Serra dos Carajás no Pará, mas possuem uma grande diversidade de plantas, muitas endêmicas e intimamente relacionadas com o substrato ferruginoso que recobre as jazidas minerais (Nunes et al, 2015). Devido a essa associação, as últimas três décadas foram marcadas por um contínuo processo de supressão vegetal desses ecossistemas no Brasil.

Apesar de inseridos em uma unidade de conservação (UC) federal de uso sustentável denominada Floresta Nacional (Flona) de Carajás, os *campos rupestres* ferruginosos encontrados na Serra dos Carajás também apresentam o contexto de entrave entre a conservação e a mineração. Um dos principais desafios relacionados a gestão da Flona de Carajás é licenciar o avanço da mineração sem causar extinção *in situ* das espécies endêmicas, conforme estabelecido pelo Plano de Manejo da Unidade (ICMBio, 2016), que trata da proibição expressa de extinção espécies dentro da UC.

Nesse sentido, gerar dados quantitativos sobre a ocorrência e distribuição da vegetação impactada pelos procedimentos de supressão vegetal permite uma análise aprofundada da estrutura da comunidade vegetal. Adicionalmente, informações relacionadas à ocorrência de espécies raras, ameaçadas ou exóticas são importantes para qualquer análise do valor de conservação, para a tomada de decisões quanto ao manejo e conversão do uso da terra (Andrade et al. 2019).

Em ecossistemas singulares, como os *campos rupestres* ferruginosos, os dados ecológicos sobre a flora permitem a inferência do grau de singularidade da vegetação em uma dada área, o que é importante para o processo de licenciamento, uma vez que grande parte desses ecossistemas já desapareceram devido a supressão vegetal causada pela abertura de minas de extração de ferro no Brasil. Nesse sentido, os inventários florísticos para licenciamento de ecossistemas devem conter o mínimo de erros amostrais e serem suficientes para caracterizar de forma eficiente o ecossistema.

Na Flona de Carajás, não existe uma metodologia padrão para os inventários florísticos realizados nas áreas de *campos rupestres* ferruginosos. Esses ecossistemas singulares apresentam dez diferentes geoambientes com singularidades edáficas que refletem a comunidade de plantas únicas entre os geoambientes (Nunes et al. 2015; Schaefer et al. 2016). Para o licenciamento, os inventários florísticos são realizados por

diferentes empresas e não consideram a gradação geoambiental no processo de amostragem, ocasionando em uma amostragem pouco representativa da riqueza de espécies encontradas no ecossistema. Essa amostragem insuficiente impossibilita que o órgão licenciador tenha noção do verdadeiro impacto ambiental sobre o ecossistema e impede que as metodologias de valoração ambiental sejam aplicadas para a indenização pela supressão vegetal do ecossistema.

Diante dessa problemática, em outubro de 2021, um grupo composto pelos gestores da Flona de Carajás, o empreendedor e a academia discutiram a problemática relacionada aos inventários florísticos no *campo rupestre* ferruginoso no evento ‘Oficina virtual de inventário florestal para ambientes de canga’. O grupo indicou a necessidade de realização de um estudo piloto que teste diferentes metodologias e que considerem as características únicas do ambiente e traduzam a verdadeira riqueza de flora associada ao ecossistema.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O objetivo geral é estabelecer uma metodologia padrão de amostragem para os *campos rupestres* ferruginosos da Flona de Carajás.

2.2. Específicos

Como objetivos específicos foram estabelecidos os seguintes:

- Levantar as metodologias e dados brutos de inventários florísticos de estudos de impactos ambientais (EIAs) e Relatórios de Impactos Ambientais (RIMAs) dos empreendimentos associados aos *campos rupestres* ferruginosos da Flona de Carajás.
- Aplicar nova metodologia de amostragem dos *campos rupestres* ferruginosos considerando a estratificação geoambiental.
- Comparar a suficiência amostral das novas metodologias com as usuais utilizadas no licenciamento ambiental dos *campos rupestres* ferruginosos da Flona de Carajás.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

A FLONA de Carajás é uma unidade de conservação federal de uso sustentável, com área de cerca de 390 mil hectares, localizada nos municípios de Parauapebas, Canaã dos Carajás e Água Azul do Norte, sudeste do Estado do Pará, compõe ainda um mosaico de seis áreas protegidas que somam quase 1,3 milhões de hectares de floresta contínua (ICMBio,2016). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como “Aw”, apresentando duas estações bem definidas, verão chuvoso, entre os meses de novembro a abril e inverno seco, entre os meses de maio a outubro. As temperaturas médias estão entre 19 a 31 °C (Ab’saber,1986).

O estudo de campo está sendo conduzido nos platôs de N1 e N2 da Serra Norte da Floresta Nacional de Carajás (Figura 1). O ecossistema foco do levantamento é o campo rupestre ferruginoso.

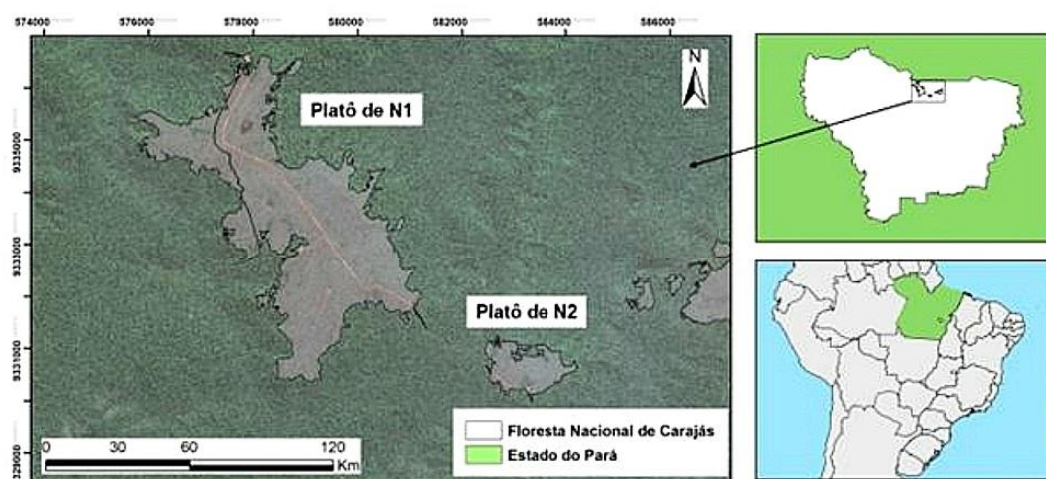


Figura 1: Localização dos platôs de N1 e N2 na Serra Norte da Floresta Nacional de Carajás, Parauapebas, Pará.

3.2. Levantamento de dados secundários

O acesso aos EIAs com informações de inventários florísticos de licenciamentos relacionados aos *campos rupestres* ferruginosos foi fornecido pelo Núcleo de Gestão Integrada de Carajás. Um banco de dados com os documentos dos últimos 10 anos está sendo construído com as seguintes informações: 1) tamanho das parcelas; 2) Locais e geoambientes de amostragem; 3) critérios de inclusão utilizados; 4) dados brutos do inventário.

O banco de dados será utilizado na comparação de suficiência amostral com os dados levantados em campo. Informamos, no entanto, que devido ao atraso no acesso à

extensão dos documentos no SEI, essa etapa ainda não foi concluída para que pudessem ser apresentados resultados no presente relatório.

3.3. Proposta de modelo de amostragem

O modelo proposto segue como premissa a gradação geoambiental do ecossistema de *campo rupestre* ferruginoso. Estamos considerando os seis principais geoambientes com possibilidade de amostragem florística segundo a classificação de Schaefer *et al.* (2016): campo rupestre aberto, campo rupestre arbustivo, campo graminoso, campo brejoso, lajedo e mata baixa. Como existem dois principais estratos no ecossistema, dois critérios de inclusão foram adotados: 1 – plantas arbóreas/arbustivas – diâmetro a altura do solo igual ou superior a 10 cm; 2 – plantas herbáceas: amostrados por metodologia de Braun-Blanquet (1979) que considera como principal índice fitossociológico a cobertura da espécie sobre a área da parcela. Diferentes tamanhos de parcelas estão sendo considerados no processo de amostragem. Na amostragem A um esforço maior será considerado, através de parcelas com tamanhos maiores. Na amostragem B as parcelas serão diminuídas conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Metodologias propostas para amostragem florística do campo rupestre ferruginoso da Flona de Carajás.

Geoambiente	Amostragem A	Amostragem B
Campo rupestre aberto / Lajedo	Parcela de 5mx5m (Braun-Blanquet)	Parcela de 2mx2m (Braun-Blanquet)
Campo rupestre arbustivo / Mata baixa	a) Parcelas de 10mx5m (estrato arbóreo/arbustivo) b) parcela de 2mx2m (estrato herbáceo)	a) Parcelas de 5mx5m (estrato arbóreo/arbustivo) b) parcela de 1mx1m (estrato herbáceo)
Campo graminoso / Brejoso	Parcelas de 2mx2m (Braun-Blanquet)	Parcela de 1mx 1m (Braun-Blanquet)

Nos geoambientes de campo rupestre aberto/lajedo e campo graminoso/brejoso estão sendo realizadas somente metodologia de Braun-Blanquet devido a predominância do estrato herbáceo. Estamos amostrando no mínimo 30 parcelas para cada modelo de amostragem e geoambiente.

Iniciamos as atividades de campo com a execução do modelo de amostragem B proposto no plano de trabalho para campo arbustivo/mata baixa, incluindo o critério 1 e 2 nas parcelas de 5m x 5m. O diâmetro a altura do solo foi mensurado com o auxílio de um paquímetro e a altura mensurada com o auxílio de uma fita métrica. Para as parcelas

de 1m x 1m executamos apenas o critério 2 (Figura 2). As espécies encontradas nas parcelas ainda estão em processo de identificação.



Figura 2: Execução da amostragem B em parcelas aleatórias no geambiente de campo arbustivo localizado no platô de N1.

Na sequência o levantamento ecológico foi realizado no campo gramíneo/brejoso executando as amostragens A e B. Nas parcelas de 1m x 1m e nas parcelas de 2m x 2m foram aplicados apenas o critério 2 de amostragem (Figura 3).



Figura 3: Amostragem em campo rupestre gramíneo/brejoso.

Posteriormente, foi realizada a amostragem em campo rupestre aberto/lajedo, onde foram executados os modelos A e B de amostragem sugeridos utilizando o critério 2 da metodologia (Figura 4).



Figura 4: Levantamento de dados ecológicos em campo rupestre aberto/lajedo.

Os dados foram todos planilhados e seguem em processo de identificação das espécies. Para isso, foram coletadas amostras botânicas em campo para confecção das exsiccatas (Figura 5). Esse material foi prensado e seco em estufa, para a posterior identificação.



Figura 5: Processamento e identificação do material botânico coletado nas parcelas amostradas.

3.4. Comparação entre os diferentes modelos de amostragem

Após a conclusão das coletas de dados em campo, os modelos serão comparados entre si e com os dados dos inventários florísticos dos EIAs/RIMAs. As curvas de rarefação de espécie serão utilizadas para avaliar se houve uma estabilização do número de espécies encontradas nos diferentes modelos. Além disso, as listas florísticas serão comparadas para avaliar em qual dos modelos de amostragem foram encontradas as maiores riquezas e abundância da comunidade vegetal dos *campos rupestres ferruginosos* da Flona de Carajás.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o momento, relatamos, como resultados ainda preliminares, que foram instaladas 180 parcelas, onde estão distribuídas nos geoambientes de acordo com as amostragens sugeridas. Para o campo graminoso/brejoso foram 60 parcelas, sendo 30 com área de 4m² (2×2m) referente a amostragem “A” e 30 com área de 1m² (1×1m) para a amostragem “B”. Em campo aberto/lajedo também foram instaladas 60 parcelas, divididas em 30 parcelas (amostragem “A”) com área de 25m² (5×5m) e 30 parcelas (amostragem “B”) de 4m² (2×2m). Por fim, no campo arbustivo/mata baixa, foram instaladas 60 parcelas apenas para a amostragem B, onde 30 delas tem 25m² (5×5m) para o estrato arbóreo/arbustivo e 30 tem 1m² (1×1m) para o extrato herbáceo.

Nessas parcelas já foi realizado o levantamento de todos os indivíduos, sendo estimado as abundâncias das espécies pelo índice de cobertura, conforme especificado nos métodos. Durante os levantamentos, os indivíduos foram fotografados e coletados para posterior identificação botânica, que se encontra em processamento. Após a finalização das identificações, os dados serão tabulados e submetidos a análises preliminares.

Informo que também já foi iniciado a triagem de dados florísticos dos estudos e relatórios de impactos ambientais de empreendimentos associados aos campos rupestres ferruginosos de Carajás. Os resultados das próximas etapas, bem como a definição da metodologia mais indicada, serão apresentados em estudos posteriores.

5. RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO

Um processo de licenciamento ambiental sem dados robustos e confiáveis a respeito da diversidade de plantas das áreas suprimidas é uma violação da legislação ambiental brasileira. Os problemas encontrados na amostragem florísticas dos EIAs/RIMAs de licenciamentos ambientais relacionados aos *campos rupestres ferruginosos* trazem fragilidades a conservação do ecossistema. Ao testar novas metodologias de amostragem florísticas que considerem a gradação geoambiental dos *campos rupestres ferruginosos*, essa pesquisa poderá indicar as empresas qual metodologia será mais eficiente para a amostragem de flora, considerando a diversidade de plantas e o esforço amostral realizado. Além disso, a pesquisa será uma importante evidência do esforço da UC na resolução de problemas indicados através da gestão participativa com os diversos setores da sociedade.

Provavelmente nunca será possível quantificar as perdas que teremos devido ao desaparecimento dos únicos *campos rupestres ferruginosos* da Amazônia, mas essa pesquisa buscará auxiliar os órgãos ambientais numa tomada de decisão mais segura, pois ao indicar uma metodologia padrão e rigorosa em relação as características do ecossistema, os organismos vegetais presente sem todos os geoambientes serão amostrados e, desse modo, os órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento ambiental e pela gestão da UC poderão elaborar condicionantes relacionadas a mitigação e conservação das espécies impactadas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos às instituições fomentadoras do projeto, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), CNPq e Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) que dão suporte e apoio para a execução da pesquisa científica. Agradecemos também aos coordenadores e orientadores do projeto, M.Sc Paulo Faiad, M.Sc Wendelo Costa Silva e Drº Fernando Lacerda, que estão sempre dispostos a auxiliar com orientações que visem o aperfeiçoamento da pesquisa. E por fim, agradecemos toda a equipe colaboradora, primeiramente à Lígia Haira, que juntamente com a Thaís Gonzaga e os demais componentes das equipes de campo, foram essenciais para a realização das coletas.

7. CITAÇÕES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab`saber, A.N. Geomorfologia da região. In: Almeida Jr. (Org). Carajás: desafiológico, ecologia e desenvolvimento. São Paulo: Brasiliense, Brasília: CNPq., p.88-124.1986.
- Andrade, B.O. Boldrini, I.I. Cadenazzi, M. Pillar, V.D. Overbeck, G.E. Grassland vegetation sampling -a practical guide for sampling and data analysis. Acta Botanica Brasilica, v.33, n.4, 2019.
- Braun-Blanquet, J. Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales. 3.ed. Madrid: Aum. Blume; 1979.
- ICMBio-
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Planodemanejoda Floresta Nacional de Carajás, V.2: Planejamento. 2016.
- Nunes, J.A., Schaefer, C.E.G.R., Ferreira-Júnior, W.G., Neri, A.V., Correa, G.R., Enright, N.J. Soil-vegetation relationships on a banded ironstone 'island', Carajás Plateau, Brazilian Eastern Amazonia. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2015.
- Schaefer, C.E.G.R. Lima-Neto, E. Correa, G.R. Simas, F.N.B. Campos, J.F. Mendonça, B.A.F. Nunes, J.A. Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém, v. 11, n. 1, p. 85-101, 2016.