

Jhonitan Matiello | Fabiane Granzotto | Guilherme Diego Fockink
Bruno Bervig Collares | Pedro Seeger da Silva | Sabrina Nicoletti
Emily Talita Pereira de Aguiar | Ana Paula Moreira Rovedder



Protocolo de caracterização de afloramentos rochosos:

uma ferramenta para conservação
e restauração de habitats

Jhonitan Matiello | Fabiane Granzotto | Guilherme Diego Fockink
Bruno Bervig Collares | Pedro Seeger da Silva | Sabrina Nicoletti
Emily Talita Pereira de Aguiar | Ana Paula Moreira Rovedder



Protocolo de caracterização de afloramentos rochosos:

uma ferramenta para conservação
e restauração de habitats

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
 Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
 Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
 Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
 Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
 Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
 Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
 Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
 Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
 Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
 Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
 Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Protocolo de caracterização de afloramentos rochosos: uma ferramenta para conservação e restauração de habitats

Diagramação: Ellen Andressa Kubisty
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Autores: Jhonitan Matiello
 Fabiane Granzotto
 Guilherme Diego Fockink
 Bruno Bervig Collares
 Pedro Seeger da Silva
 Sabrina Nicoletti
 Emily Talita Pereira de Aguiar
 Ana Paula Moreira Rovedder

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
P967	Protocolo de caracterização de afloramentos rochosos: uma ferramenta para conservação e restauração de habitats / Jhonitan Matiello, Fabiane Granzotto, Guilherme Diego Fockink, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024. Outros autores Bruno Bervig Collares Pedro Seeger da Silva Sabrina Nicoletti Emily Talita Pereira de Aguiar Ana Paula Moreira Rovedder Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2308-9 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.089241903 1. Afloramentos rochosos. 2. Conservação e restauração de habitats. I. Matiello, Jhonitan. II. Granzotto, Fabiane. III. Fockink, Guilherme Diego. IV. Título. CDD 551.43
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Ao bioma Pampa, pela beleza de seus ambientes que inspiraram este trabalho.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (NEPRAD-UFMS) e à equipe do projeto “RestauraPampa: plano de recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação do bioma Pampa”.

Ao Fundo Global para o Meio Ambiente no âmbito do Projeto Estratégias de Conservação, Restauração e Manejo para a biodiversidade da Caatinga, Pampa e Pantanal (GEF Terrestre), coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), implementado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e executado pelo Fundo Brasileiro para Biodiversidade (FUNBIO) pelo apoio financeiro ao projeto RestauraPampa.

À Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA) por meio da Divisão de Unidades de Conservação (DUC).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro através da Chamada CNPq Nº 08/2022 - Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora - DT.

Ao Herbário do Departamento de Biologia (SMDB) da UFSM pelo auxílio na identificação das espécies vegetais.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), Departamento de Biologia e Departamento de Ciências Florestais da UFSM.

Às pesquisadoras e pesquisadores que se dedicam incansavelmente na geração de conhecimento, em especial aos que trabalham pela conservação e restauração ecológica do bioma Pampa.



Vistas dos afloramentos rochosos na paisagem da Reserva Biológica do Ibirapuitã (Fotos: Fabiane Granzotto superior, 2022 e inferior, 2023).



O “Protocolo de Caracterização de Afloramentos Rochosos: uma ferramenta para conservação e restauração de habitats” é um trabalho inédito que aborda a identificação da diversidade estabelecida em afloramentos rochosos no bioma Pampa. A publicação insere-se no âmbito do **Projeto RestauraPampa: plano de recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação do bioma Pampa**, desenvolvido pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (NEPRADE), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) com apoio financeiro do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF) que tem o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) como agência implementadora e o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) como executor financeiro, por meio do Projeto **Estratégias de Conservação, Restauração e Manejo para a Biodiversidade da Caatinga, Pampa e Pantanal**. Além dessas instituições, o Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas faz a coordenação técnica, com apoio da Divisão de Unidades de Conservação (DUC) da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul.

A parte prática foi desenvolvida na Reserva Biológica do Ibirapuitã, unidade de conservação estadual situada no município de Alegrete, região oeste do RS. O documento é um guia prático para pesquisadores, estudantes e profissionais que trabalham com projetos de conservação da biodiversidade e restauração de ecossistemas. O mesmo traz a metodologia detalhada, o Roteiro de levantamento de variáveis para caracterização dos afloramentos rochosos e a Tabela de campo para levantamento da vegetação de afloramentos rochosos, que servem de referência para novos estudos, bem como os resultados do trabalho desenvolvido na Rebio Ibirapuitã. Por fim, o texto traz recomendações para conservação e restauração de afloramentos rochosos, que podem ser contempladas para o Pampa, mas também para outros biomas brasileiros, muito além da Unidade.

Os resultados obtidos no estudo para a Unidade demonstram a riqueza e a diversidade estabelecidas nos afloramentos rochosos, incluindo a presença de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, bem como sua suscetibilidade à degradação e invasão por espécies exóticas. A proteção deste tipo de ambiente é impreterível para a conservação do patrimônio natural da Unidade de Conservação, assim como para o bioma Pampa.

Danise A. de Alves
Gestora da Reserva Biológica do Ibirapuitã

Apesar de ser mais conhecido por sua vegetação campestre em extensas planícies, o Pampa brasileiro possui habitats e ecossistemas diversos, com elevada biodiversidade e endemismo. Alguns são muito específicos, como os afloramentos rochosos, que consistem na exposição do material de origem na superfície do solo, formando micro-habitats (e.g. frestas, ilhas de solo, rocha com vegetação incipiente), e estão associados à restrição da disponibilidade hídrica do substrato e alta insolação, situando-se, predominantemente, em meio aos campos. Essa exposição ocorre por meio de processos naturais, associando-se a pedosequências variadas, desde associações com Argissolos como com solos mais incipientes como os Cambissolos e Neossolos Litólicos.

No Pampa brasileiro, os afloramentos ocupam uma área de 29.739 hectares (MAPBIOMAS, 2022), formando microambientes que se distinguem na paisagem campestre. Abrigam espécies da flora e da fauna ainda pouco conhecidas, mas já ameaçadas de extinção, como é o caso da única lagartixa nativa do bioma Pampa, a lagartixa-das-pedras (*Homonota uruguayensis*), do cacto-bola (*Parodia ottonis*) e da bromélia *Dyckia vicentensis*.

Atualmente, os ecossistemas campestres, onde a maioria dos afloramentos rochosos ocorrem, sofrem ameaças pela conversão das áreas para monocultivos agrícolas, silviculturais e pastagens cultivadas. Além disso, a invasão biológica, o pisoteio e sobrepaspastejo por caprinos ou bovinos e o extrativismo ilegal de plantas ornamentais contribuem para a degradação destes ambientes tão importantes para a conservação da biodiversidade e manutenção de serviços ecossistêmicos.

Os afloramentos rochosos fazem parte da identidade do Pampa brasileiro e possuem grande importância ecossistêmica nas regiões em que ocorrem. No entanto, estudos sobre esses ambientes ainda são escassos, o que aumenta sua vulnerabilidade.

Diante disso, esta publicação apresenta um protocolo inédito de descrição e diagnóstico de afloramentos rochosos, fruto dos desafios encontrados em nossos trabalhos para restauração desses habitats na Reserva Biológica do Ibirapuitã (Rebio do Ibirapuitã), uma importante Unidade de Conservação com inúmeros afloramentos rochosos no bioma Pampa.

Descrevemos, passo a passo, a abordagem metodológica para a seleção de variáveis e produção do protocolo e compilamos os principais resultados obtidos a partir da testagem, calibração e validação das variáveis selecionadas. Apresentamos, como apêndices, um “Roteiro para o levantamento de variáveis para a caracterização e diagnóstico de afloramentos rochosos” e uma “Tabela de campo para levantamento da vegetação de afloramentos rochosos”. Nossa intenção é difundir a aplicação de um método prático e acessível e que poderá ser adaptado e aplicado em diferentes biomas brasileiros.

Com votos de uma boa leitura,

Os autores e autoras.

ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO PROTOCOLO PARA A CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS	1
DESCRIÇÃO DETALHADA DA METODOLOGIA	2
AMOSTRAGEM	2
VARIÁVEIS COMPONENTES DO PROTOCOLO	3
Localização, perímetro, área e formato do afloramento rochoso	3
Profundidade e tipo do substrato	4
Exposição solar	9
Geologia e relevo do afloramento	9
Regime de drenagem e hídrico	10
Tipos de micro-habitats	11
Agentes e sinais de degradação	16
Cobertura da superfície do ponto amostral	18
Riqueza de espécies de plantas e classificação quanto à origem, hábito e ameaça de extinção	20
Presença e/ou indícios de fauna nativa e/ou exótica.....	24
Presença de sombreamento e de abafamento	27
Presença de espécies dominantes	28
Registro de espécies exóticas invasoras vegetais	28
RECOMENDAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS	30
REFERÊNCIAS	33
APÊNDICES.....	34
ROTEIRO PARA O LEVANTAMENTO DE VARIÁVEIS PARA CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS.....	35
TABELA DE CAMPO PARA LEVANTAMENTO DA VEGETAÇÃO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS.....	39
SOBRE OS AUTORES	40

ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO PROTOCOLO PARA A CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS

A elaboração do Protocolo para a caracterização e diagnóstico de afloramentos rochosos envolveu uma equipe multidisciplinar e seguiu as fases nomeadas e descritas no esquema que segue:

1 SUBSÍDIOS TÉCNICOS

Compilação de informações da literatura técnico-científica sobre levantamentos de dados, descrição e diagnóstico de ambientes rochosos de diferentes tipos e em diferentes contextos ambientais.

2 SELEÇÃO DE VARIÁVEIS

Seleção de variáveis bióticas e abióticas fundamentais para a descrição detalhada, identificação de fontes e processos degradatórios e para propor soluções de conservação para ambientes rochosos.

3 PROTOCOLO PILOTO

Montagem do roteiro de campo e tabela para coleta de dados de vegetação. Organização de layout funcional, organização das variáveis e definição das suas unidades de coleta. Nesta etapa a equipe multidisciplinar envolvida sugeriu edições, inclusão ou exclusão de variáveis e alterações de formato, ordem e unidades de medidas, conforme a formação técnica e a expertise de cada profissional.

4 CALIBRAÇÃO E TESTAGEM

Experimentação de coleta de dados *in loco* na Reserva Biológica do Ibirapuitã, Alegrete, RS (bioma Pampa), área importante para a temática e com rico substrato para testagem da exequibilidade à campo, grau de qualidade e métodos de coleta das informações e unidade das variáveis. Nesta etapa avaliou-se também as possíveis análises e resultados a serem gerados com o banco de dados, além da funcionalidade do protocolo como um todo.

5 ANÁLISE CRÍTICA E REDAÇÃO DO PROTÓTIPO

Edições com base na etapa anterior, redação dos detalhamentos técnicos de cada variável e metodologias envolvidas para coleta das mesmas. Organização final do layout e finalização dos documentos "Roteiro para o levantamento de variáveis para a caracterização e diagnóstico de afloramentos rochosos" e "Tabela de campo para levantamento da vegetação de afloramentos rochosos".

6 APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO

Utilização dos documentos produzidos na fase anterior na coleta de dados e diagnóstico de onze afloramentos rochosos da Rebio do Ibirapuitã; Tabulação, análise e discussão dos dados. Esta etapa se deu sob a esfera de avaliação da funcionalidade e qualidade final da aplicação do protótipo

7 REVISÃO FINAL E PUBLICAÇÃO DO PROTOCOLO

Revisão final do protótipo, aperfeiçoamento da escrita técnico-científica do protótipo e dos resultados obtidos com a sua validação final. Redação do presente manual técnico.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA METODOLOGIA

Este trabalho como um todo é composto pela apresentação de resultados em duas etapas: a primeira refere-se à produção de um roteiro para diagnóstico detalhado das variáveis ecológicas e ambientais dos afloramentos rochosos, a partir do “Roteiro para o levantamento de variáveis para a caracterização e diagnóstico de afloramentos rochosos” e do levantamento da vegetação, a partir da “Tabela de campo para levantamento da vegetação de afloramentos rochosos” (Apêndices 1 e 2). A segunda etapa compreende a análise e processamento de dados obtidos pós aplicação do protocolo, com o intuito de gerar a caracterização, diagnóstico e recomendações técnicas para os afloramentos rochosos avaliados na Rebio do Ibirapuitã (apresentados nos boxes e no subtítulo “Recomendações para conservação e restauração de afloramentos rochosos”).

O protocolo propriamente dito inclui dados básicos do afloramentos e variáveis ecológicas e ambientais, que serão descritas detalhadamente nos itens subsequentes.

AMOSTRAGEM

A amostragem proposta consiste na avaliação de três pontos por afloramento rochoso, sendo um ponto no centro do afloramento e os outros dois distribuídos próximos às suas extremidades. Esse esforço amostral foi definido com base na exequibilidade em campo, tempo para avaliação, disponibilidade de recursos financeiros e humanos, área total de abrangência dos afloramentos e amplitude de micro-habitats, bem como análise de suficiência amostral florística. Recomenda-se a delimitação prévia da área dos afloramentos a serem avaliados por meio de imagens de satélite e ferramentas SIG (Sistemas de Informações Geográficas) e obtenção de dados quantitativos básicos sobre número e área dos afloramentos.

Em cada afloramento propomos a avaliação detalhada de variáveis bióticas e abióticas nos três pontos, de modo a representar a variação do meio físico e da vegetação, utilizando parcelas de 1 m x 1 m (1 m²). Para facilitar a instalação das parcelas de 1 m², utilizamos e recomendamos uma moldura facilmente projetada e construída com canos de PVC (policloreto de vinila), conforme a imagem que segue.



Moldura de 1 m² utilizada para a amostragem das variáveis nos afloramentos rochosos.

Foto: Fabiane Granzotto e Jhonitan Matiello (2022).

VARIÁVEIS COMPONENTES DO PROTOCOLO

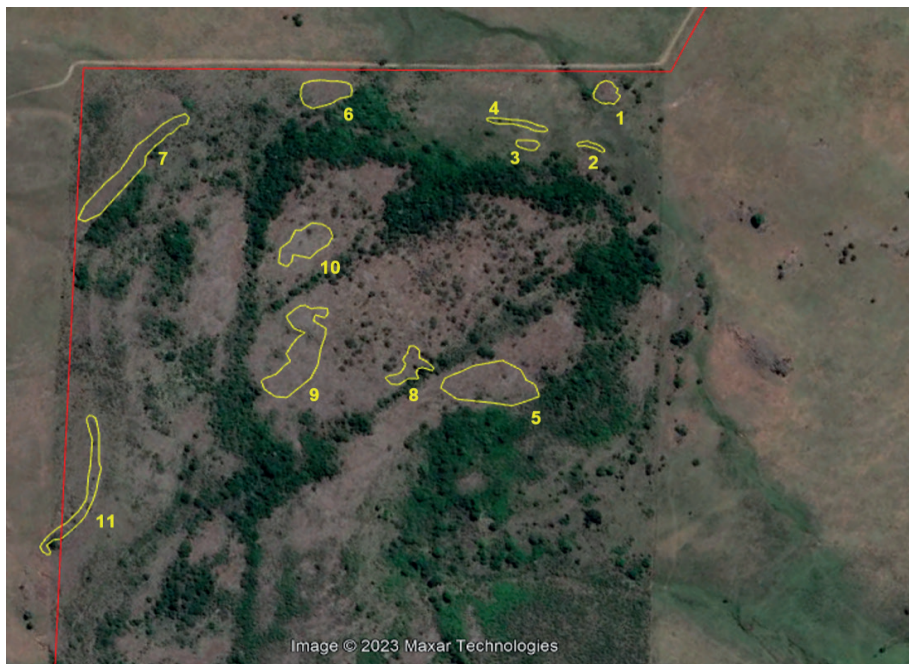
Localização, perímetro, área e formato do afloramento rochoso

A localização geográfica dos afloramentos rochosos e das parcelas a serem levantadas são o ponto de partida para a coleta dos dados necessários para caracterização destes ambientes. Recomenda-se que no item “Ambiente/Ponto amostral” seja seguida uma ordem numérica de ambientes levantados, seguido de uma ordem alfabética para cada ponto amostral dentro do mesmo afloramento. Sugere-se que as coordenadas geográficas sejam obtidas de forma precisa, por dispositivo GPS.

A coleta das coordenadas de todos os pontos amostrados é recomendada, pois possibilita futuras conferências no local e maior detalhamento do diagnóstico. Para isso existe o campo “Identificação das coordenadas do ponto amostral no GPS” para que seja anotada a mesma nomenclatura utilizada para a(s) respectiva(s) coordenada(s) da parcela amostral no dispositivo GPS a título de organização, conferência e segurança dos dados coletados.

A caracterização do perímetro (m), área (m²) e formato (arredondado, alongado ou irregular) do afloramento é essencial já no início do levantamento dos dados. Essas variáveis

podem influenciar a vegetação que se estabelece sobre os afloramentos rochosos. As medidas relacionadas ao tamanho dos afloramentos podem ser obtidas por meio de uma ferramenta SIG, tendo-se as coordenadas geográficas, ou a partir de medições in loco. No “Roteiro de levantamento de variáveis para caracterização de afloramentos rochosos”, os dados da localização, perímetro, área e formato do afloramento rochoso são os primeiros itens a serem preenchidos e assinalados durante o registro de campo.



Delimitação e identificação numérica de parte dos afloramentos rochosos (polígonos amarelos) da Reserva Biológica do Ibirapuitã (delimitada por linha vermelha), produzido com ferramentas SIG.

Imagem: Jhonitan MATiello (2022).

Profundidade e tipo do substrato

Refere-se à identificação do tipo de substrato predominante no ponto amostral (se rocha, solo ou biomassa vegetal) e sua profundidade (no caso de solo e biomassa). Esta variável pode auxiliar no entendimento de aspectos como a distribuição e diversidade de espécies e das características de cada micro-habitat. A profundidade do substrato pode ser medida com auxílio de uma régua ou trena, a partir de uma pequena abertura de perfil no solo/biomassa. A profundidade dá ideia da intensidade do intemperismo e de diferenças de potencial entre espécies na colonização inicial da rocha. Sugere-se que sejam tomadas pelo menos cinco medidas de profundidade, de maneira aleatória e bem distribuída em cada afloramento rochoso. O tipo de substrato predominante encontra-se no roteiro como um item a ser preenchido com marcação.

Cabe ressaltar que alguns itens do roteiro de campo são de caracterização geral, a serem preenchidos em um primeiro momento, servindo como dado para todo o afloramento, como por exemplo a profundidade do substrato, a área, perímetro, formato e tipo de rocha. Portanto, permanecendo em branco nos dois ou mais pontos amostrais que se seguem. Lembrando que o número de três pontos amostrais é uma recomendação com base na aplicação em contexto da Rebio do Ibirapuitã no bioma Pampa, podendo ser adaptável.

Vista de afloramento rochoso na porção superior da paisagem da Reserva Biológica do Ibirapuitã (Foto: Guilherme Diego Fockink, 2023).



Vista de afloramento rochoso na porção inferior da paisagem da Reserva Biológica do Ibirapuitã contornando um lago natural (Foto: Fabiane Granzotto, 2023).



Box 1. Aplicação e validação do protocolo em afloramentos rochosos da Reserva Biológica do Ibirapuitã

A aplicação e validação do protocolo foi realizada em afloramentos rochosos localizados na Reserva Biológica do Ibirapuitã (Rebio do Ibirapuitã), município de Alegrete, Rio Grande do Sul. A Rebio foi criada pelo Decreto Estadual 24.622/1976 e destina-se à preservação de espécies animais e vegetais ocorrentes na fronteira oeste do Estado, bem como à realização de estudos e pesquisas objetivando a manutenção da integridade dos ecossistemas do território estadual. Para a escolha da Rebio do Ibirapuitã como ambiente de estudo para a aplicação e validação do protocolo tomamos como base estudos anteriores que revelam a importância dos afloramentos rochosos dessa região para a conservação de espécies endêmicas e ameaçadas do bioma Pampa (KORMANN e ROBAINA, 2021; KORMANN, 2022).



Afloramentos rochosos em paisagem campestre da Reserva Biológica do Ibirapuitã (Foto: Guilherme Diego Fockink, 2023).

A aplicação do protocolo resultou em um diagnóstico detalhado, com dados dos componentes biótico e abiótico dos afloramentos rochosos. Isso permitiu a validação do protocolo criado, que pode ser usado como uma ferramenta eficaz para analisar este tipo de ambiente. Uma síntese dos principais resultados obtidos a partir do protocolo são apresentados nos boxes ao longo desta obra.

Vista dos afloramentos rochosos na paisagem da Reserva Biológica do Ibirapuitã (Foto: Fabiane Granzotto, 2023).

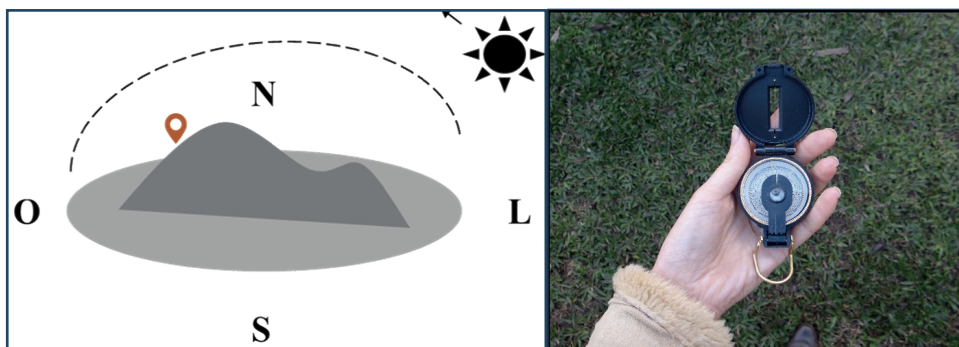


Vista de afloramento rochoso com rochas espalhadas na paisagem da Reserva Biológica do Ibirapuitã (Foto: Fabiane Granzotto, 2023).



Exposição solar

A exposição solar aqui é definida como a orientação em relação aos pontos cardeais para onde a face do terreno está inclinada. É representada pelos pontos cardeais norte (N), sul (S), leste (L) e oeste (O) e os colaterais noroeste (NO), sudoeste (SE), nordeste (NE) e sudeste (SE). Por definir o regime de luz e sombra a que a face do terreno estará exposta, este indicador pode influenciar na velocidade de intemperismo do material do afloramento, distribuição das espécies e cobertura vegetal. A exposição solar pode ser obtida facilmente com uma bússola magnética e registrada logo no início do levantamento de dados, no roteiro de levantamento de campo. Quanto mais inclinada a face do terreno, maior a influência da exposição. No Hemisfério sul, são importantes, principalmente, as exposições norte e sul.



Desenho esquemático de um ponto com exposição solar oeste em afloramento rochoso (marcador marrom), obtido com uma bússola magnética.

Imagem: Guilherme Diego Fockink (2023). Foto: Fabiane Granzotto (2023).

Geologia e relevo do afloramento

A geologia e o relevo do afloramento auxiliam no entendimento das características específicas de cada afloramento rochoso e sua relação com a paisagem. Consulta aos mapas geológicos, anotações e registros fotográficos, além da coleta de amostras de rochas auxiliam no entendimento do material de origem. No roteiro de campo foram elencados os principais tipos de rocha para serem assinalados conforme a realidade do ambiente estudado: magmáticas (e.g. basalto), sedimentares (e.g. arenito), metamórficas e outras. Um espaço para observações também se faz presente. O tipo de rocha também pode ser definido posteriormente a partir da consulta a especialistas. Para o Rio Grande do Sul a classificação do tipo de rocha pode ser encontrada em Streck et al. 2018 (capítulo 5).

A posição do ponto amostral no afloramento (superior, médio ou inferior) auxilia no entendimento de aspectos como a profundidade do substrato, distribuição das espécies, exposição solar, grau de exposição das rochas, formação de micrositios e grau de

degradação. Por exemplo, a porção superior do afloramento rochoso apresentado na figura abaixo está mais exposta ao impacto da energia cinética das chuvas, resultando em uma maior intensidade de intemperismo e formação de pequenas cavidades que acumulam água e se tornam micrositios. A porção inferior, por sua vez, está mais suscetível de receber o fluxo de material intemperizado que se desloca das porções superior e média, formando acúmulo de substrato. Esta variável pode ser levantada por observação visual direta em relação à paisagem, conforme representação que segue.



Regime de drenagem e hídrico

O regime de drenagem do substrato no afloramento e/ou em pontos específicos da sua superfície pode promover comportamentos diferentes de colonização. A subdivisão deste item consiste em: área drenada e área úmida. O regime hídrico difere-se em contínuo, intermitente ou efêmero. A presença desta variável é identificada no campo e então assinalada no roteiro em espaço para tal.



Tipos de micro-habitats

Com o intuito da correta descrição, detalhamento e diagnóstico, os pontos amostrais dos afloramentos rochosos (1 m²) foram subdivididos em oito micro-habitats. Para a definição dos micro-habitats foi utilizado como base os trabalhos de Porembsky et al. (1996); Oliveira e Godoy (2007); Ribeiro, Medina e Scarano (2007). Recomenda-se fortemente esta metodologia com base nas fases de desenvolvimento, testagem e aplicação do presente protocolo. Os micro-habitats são:

Fresta - espaços mais ou menos estreitos entre rochas, com substrato de solo ou resíduos orgânicos (e.g. resíduos de vegetação ou de animais) podendo conter, ou não, vegetação viva.

Ilha de solo - áreas mais ou menos arredondadas, com formação minimamente considerável de substrato do tipo solo e delimitadas pelas rochas.

Rocha - camada de rocha exposta na superfície, praticamente intacta, não havendo sobre ela deposição de solo ou material orgânico considerável e nem a presença de elementos vegetais superiores.

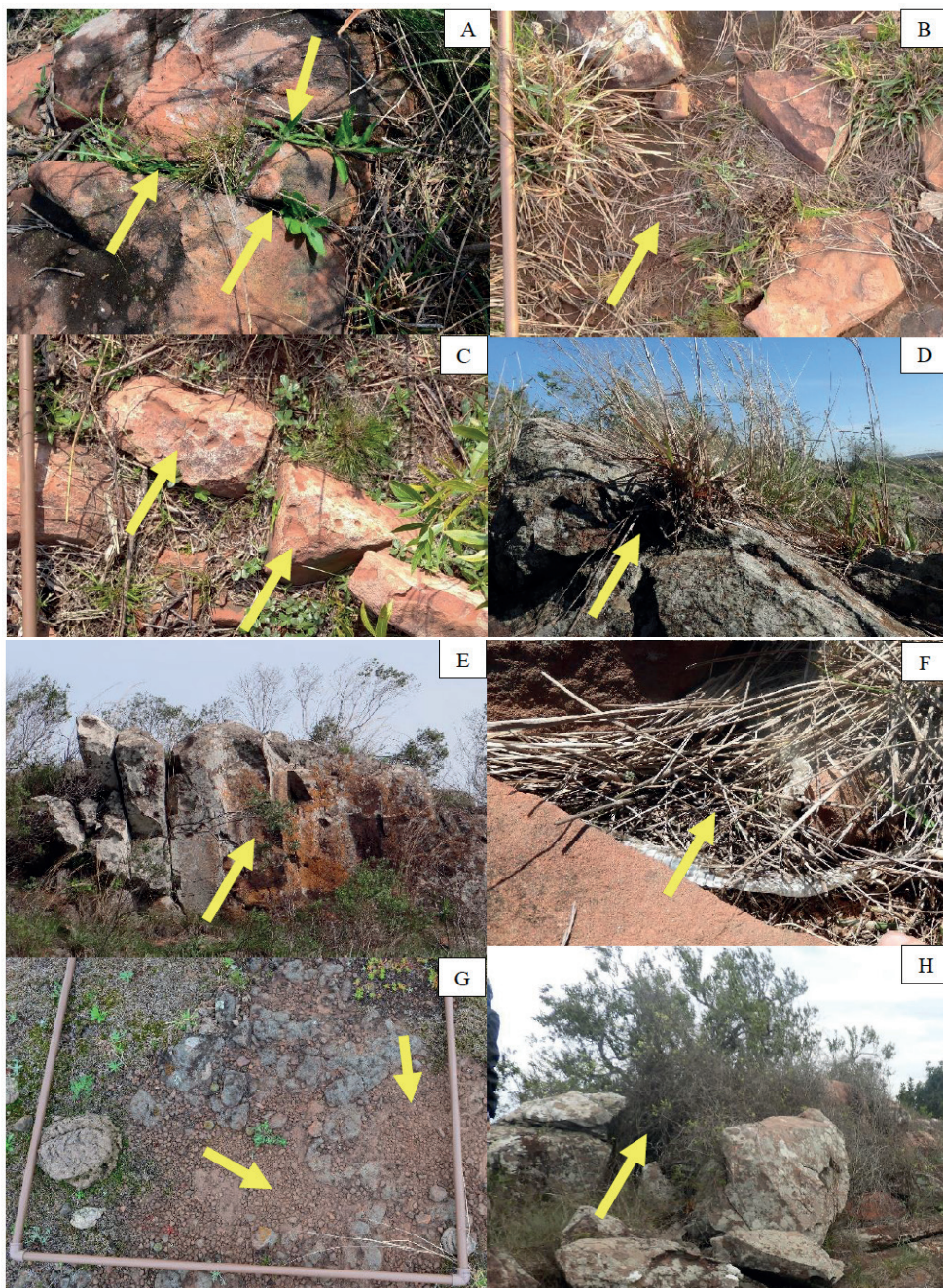
Rocha com vegetação - rochas parcialmente expostas, pelo menos em alguma porção, com pequeno acúmulo de material orgânico ou não, sob a qual ocorrem plantas superiores e líquens e/ou briófitas e/ou pteridófitas.

Paredão - rocha com inclinação elevada (>45°), com presença ou não de elementos vegetais.

Cobertura morta - região mais ou menos arredondada, com exclusiva presença de material orgânico ou biomassa seca na superfície, exceto espécies vivas que estejam em estágio dormente.

Depressão - áreas mais baixas, abaciadas, de acúmulo de material e, por vezes, de maior umidade do substrato ou da rocha.

Grupo de árvores e/ou arbustos - manchas ocupadas pela vegetação de maior porte, principalmente no estrato superior, provocando sua dominância e condições de menor luminosidade na superfície do afloramento rochoso.



Tipos de micro-habitats em afloramentos rochosos da Reserva Biológica do Ibirapuitã.

Fresta (A), ilha de solo (B), rocha (C), rocha com vegetação (D), paredão (E), cobertura morta (F), depressão (G) e grupo de árvores/arbustos (H).

Fotos: Fabiane Granzotto e Jhonitan Matiello (2022).

Os micro-habitats de cada ponto amostral devem ser identificados e quantificados e a vegetação associada a cada um destes registrada. O levantamento da vegetação será detalhado no item “Riqueza de espécies de plantas e classificação quanto à origem, hábito e ameaça de extinção”.

Box 2. Resultados da caracterização do meio abiótico nos afloramentos da Reserva Biológica do Ibirapuitã

Identificar as características abióticas dos afloramentos é importante, pois possuem relação direta com a distribuição de espécies da flora e fauna. Os afloramentos rochosos amostrados apresentaram formato e tamanho bastante variáveis (área entre 106 m² e 2.471 m²), sendo a maioria de formato alongado. O tipo de substrato predominante foi rocha (basalto e arenito), com algumas ilhas de solo (profundidade entre 1,6 cm e 7,0 cm). De acordo com Kormann e Robaina (2021), na Rebio do Ibirapuitã os afloramentos rochosos tem sua origem geológica das Formações Serra Geral (rochas vulcânicas - basalto) e na Formação Botucatu (rochas sedimentares - arenitos eólicos). Os referidos autores destacam que os afloramentos alongados são predominantes, registrados em áreas de transição entre rochas sedimentares e vulcânicas no terço superior das encostas, denominados “cornijas” enquanto afloramentos de basalto ocorrem em menor proporção, em áreas de todo do relevo.



Os afloramentos basálticos (A) apresentam uma maior resistência da rocha e uma baixa permeabilidade, resultando no acúmulo de água em períodos chuvosos, condição que possibilita o estabelecimento de líquens, briófitas e cactáceas sobre as rochas. Já os afloramentos de arenito (B) apresentam uma maior permeabilidade e são mais suscetíveis aos processos erosivos, tendo como espécie característica a criúva (*Agarista eucalyptoides*) e a lagartixa-das-pedras (*Homonata uruguayensis*) (KORMANN e ROBAINA, 2021). Corroboramos estas informações da literatura por meio da aplicação do protocolo e análise dos dados com ele obtidos.

Dos afloramentos amostrados 63,6% foram em rochas areníticas 36,4% de rochas areníticas com capeamento basáltico. Os substratos base identificados foram dois principais, a rocha e o solo, a variação de profundidades dos micro-habitats esteve entre os intervalos de 1,6 a 7 centímetros. A menor profundidade média de solo (entre 1,6 a 3,4 centímetros) ocorreu nos afloramentos situados na porção mais alta do relevo (afloramentos basálticos), inclusive com pontos de profundidade nula, correspondendo à rocha pura. Neles a rocha é formada pelo arenito com capeamento basáltico, visualmente mais densa, menos porosa, com menos frestas e em contínuo de lajes ao longo dos afloramentos estudados. Os afloramentos das porções mais baixas do relevo apresentaram maior profundidade do solo, junto de rochas areníticas e descontínuas, com rugosidade da superfície e porosidade das rochas visivelmente maior.

Registramos briófitas, líquens, *Crassula peduncularis* e cactáceas do gênero *Frailea* sp. associadas aos afloramentos com capeamento basálticos (A). Enquanto, nos afloramentos areníticos registramos associação com a criúva, cactáceas do gênero *Parodia* sp.. Espécies do gênero *Dyckia* sp. assim como as cactáceas do gênero *Parodia* sp. aparentemente têm preferência por afloramentos de rocha arenítica e maior profundidade de solo (B).



Fotos: Jhonitan Matiello e Fabiane Granzotto (2022).

Criúva junto de afloramento rochoso de rocha arenítica na paisagem da Reserva Biológica do Ibirapuitã (Foto: Guilherme Diego Focking, 2023).



Parodia ottonis à esquerda e *Dyckia remotiflora* à direita, mais frequentes em afloramentos de rocha arenítica (Fotos: Fabiane Granzotto e Bruno Bervig Collares, 2022).

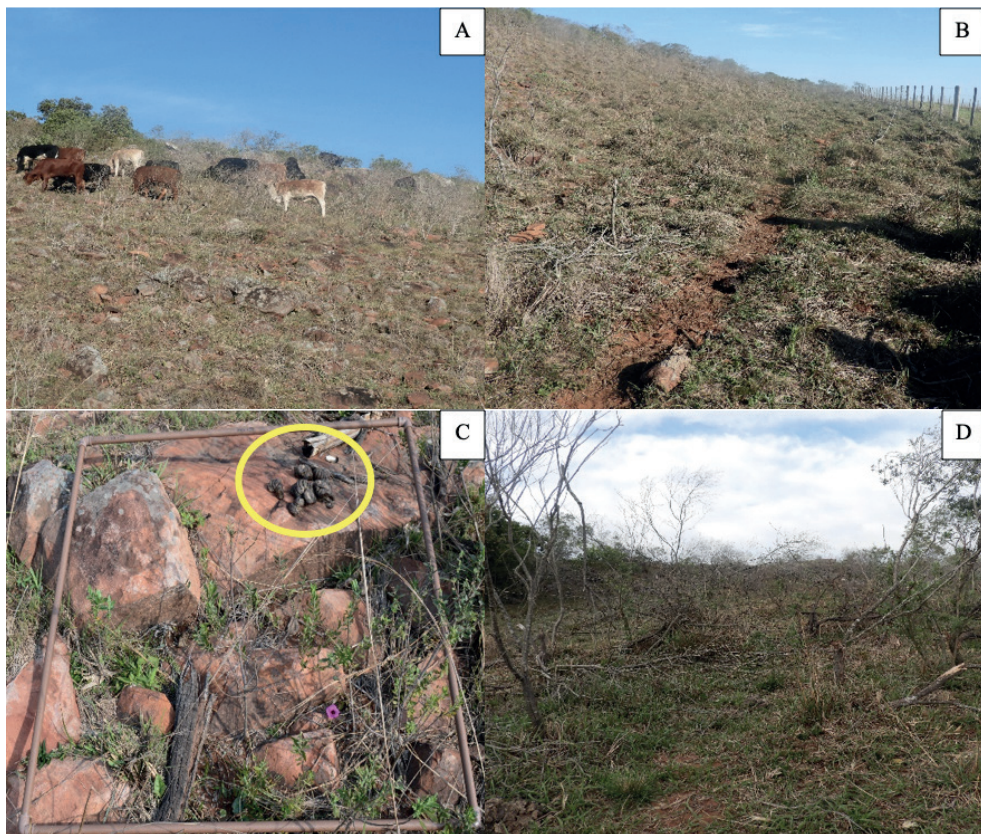


Agentes e sinais de degradação

Variável fundamental no estudo de ecossistemas ameaçados. Conhecer os agentes e sinais de degradação dos afloramentos é fundamental na descrição do seu estado de conservação e subsidiam recomendações de manejo mais efetivas e com maiores chances de sucesso. Em afloramentos rochosos, alguns fatores por vezes tidos como comuns em outros ambientes de conservação (e.g. trânsito de veículos e rochas deslocadas) podem atuar como forte agente/sinal de degradação. Isso se deve ao fato de que afloramentos são ambientes muito frágeis e que abrigam espécies animais e vegetais endêmicas e vulneráveis.

Neste protocolo elencamos como agentes e sinais de degradação: o trânsito de veículos/máquinas, a remoção e/ou rochas deslocadas no local, presença de cultivos no local ou próximo, agentes de perturbação no entorno, sinais ou presença de animais domésticos, pisoteio pelo gado, alta carga animal (sobrepastejo), sinais de permanência de gado, vegetação arrancada ou quebrada, invasão biológica, degradação do solo (processos erosivos) e outras alterações de origem humana.

Devido à importância desta variável no diagnóstico das áreas, podem ser registrados fatores identificados fora do ponto amostral, mas dentro do afloramento em questão. Os agentes e/ou sinais de degradação são identificados em campo e assinalados no roteiro, maiores descrições são anotadas em espaço ao lado do item.



Agentes e sinais de degradação em afloramentos rochosos na Reserva Biológica do Ibirapuitã. Presença de alta carga bovina (A), trajeto de intenso pisoteio e permanência de bovinos (B), fezes de bovinos sob o afloramento (C) e vegetação tombada pelo excesso de carga animais (D).

Fotos: Fabiane Granzotto (2022) e Jhonitan Matiello (2022).



Agentes e sinais de degradação em afloramentos rochosos na Reserva Biológica do Ibirapuitã. Fezes de bovinos e cactáceas arrancadas (E), cactácea com dano por pisoteio e arrancada (F), cactácea em período reprodutivo com dano pelo pisoteio do gado (G) e bromeliáceas intensamente partejadas (H).

Fotos: Fabiane Granzotto (2022) e Jhonitan Matiello (2022).

Cobertura da superfície do ponto amostral

Variável que permite inferir sobre aspectos da abrangência dos micro-habitats, dominância e/ou baixa expressão de determinados tipos de cobertura vegetal ou rochosa e identificação de impactos, como a presença de processos erosivos. Os dados obtidos com esta avaliação possibilitam quantificações dentro de categorias de cobertura, como por exemplo: percentual de solo exposto, percentual de cobertura por espécies nativas, percentual de cobertura por espécies invasoras, percentual de superfície rochosa, percentual de cobertura por biocrostas (e.g. briófitas e líquens), percentual de espécies-alvo de conservação (quanto em uma UC, por exemplo, cactáceas e bromeliáceas) e assim por diante.

Recomenda-se que seja seguida a metodologia de Booth, Cox e Barryman (2006) e adaptada por Matiello (2021), utilizando o aplicativo *SamplePoint* para quantificação dos

diferentes tipos de cobertura. Um dispositivo fotográfico de boa resolução é recomendado para realizar o registro fotográfico do ponto amostral de forma perpendicular ao plano estabelecido pela moldura de 1 m x 1 m (1 m²), na altura aproximada de 1,70 m, para que toda a área do ponto amostral seja encaixada no momento da captura da imagem.

No roteiro de coleta de dados a campo, após a obtenção da fotografia, deve ser assinalado o item “fez-se foto zenital para avaliação da cobertura da superfície no ponto amostrado”. Posteriormente, as imagens são processadas em escritório, no aplicativo *SamplePoint* para obtenção dos percentuais de cada classe, transferência dos dados para planilha *Excel* e prosseguimento em análises e discussões. Na ausência de um dispositivo fotográfico ou por questões de familiaridade com as metodologias, é possível realizar a avaliação da cobertura diretamente no local a partir de uma estimativa visual, onde o profissional observa as classes existentes dentro da moldura e atribui a estes valores percentuais condizentes. Neste caso, pode-se seguir a metodologia de abundância de cobertura adaptada de Braun – Blanquet: 0%, 1–5%, 5–10%, 10–25%, 25–50%, 50–75%, 75–95% e 95–100% (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974). Assim sendo, é importante que as observações sejam realizadas sempre pela mesma pessoa, para evitar erros na classificação. Na classe de cobertura vegetal (percentual de espécies nativas, percentual de espécies exóticas) recomenda-se organizar uma lista de espécies por afloramento (ver item: Riqueza de espécies de plantas e classificação quanto à origem, hábito e ameaça de extinção).



Obtenção de imagem zenital com dispositivo móvel para avaliação da cobertura da superfície do ponto amostral (Foto: Fabiane Granzotto, 2022).

Riqueza de espécies de plantas e classificação quanto à origem, hábito e ameaça de extinção

As espécies da flora e sua frequência são registradas em cada micro-habitat dos pontos amostrais dos afloramentos a partir da contagem dos indivíduos ou touceiras. Para esse registro deve ser utilizada a “Tabela de campo para levantamento da vegetação de afloramentos rochosos” (Apêndice 2). A identificação botânica dos indivíduos deve ser realizada em família, gênero e espécie, ou em morfoespécies quando a primeira não for possível. No roteiro de levantamento a campo, após realização da tarefa e a título de organização e minimização de erros, devem ser assinalados os itens “fez-se a identificação (ou coleta botânica e fotos) dos indivíduos em cada micro-habitat do ponto amostrado” e “fez-se a quantificação dos indivíduos em cada micro-habitat do ponto amostrado”.

Para a identificação taxonômica recomenda-se consultar bibliografia especializada, herbários e especialistas. Após esta etapa, uma lista contendo todas as espécies em cada micro-habitat e afloramento deve ser elaborada em planilha Excel para obtenção da riqueza de espécies e demais análises. Para melhor caracterização das espécies deve-se realizar a classificação quanto ao hábito de vida (árvore, arbusto, erva, etc.), origem (nativa, exótica ou exótica invasora) e ameaça de extinção com base na literatura disponível para cada região ou bioma e fitofisionomia estudada, completando-se a tabela de dados em Excel. Estas informações podem ser obtidas em bases de dados como a Flora e Funga do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>). Sugere-se inserir no roteiro de campo variáveis como: formato dos cactos e tomada da altura e diâmetro, sendo interessante para trabalhos com foco em cactáceas e que almejam maior detalhamento na sua descrição. Estas variáveis também podem auxiliar na identificação taxonômica de algumas cactáceas.

Porção de afloramento rochoso com predomínio de briófitas e líquens (Foto: Guilherme Diego Fockink, 2023).



Porção de afloramento rochoso com predomínio de líquens e presença de várias cactáceas do gênero *Fraila* sp. (Foto: Fabiane Granzotto, 2023).



Box 3. Resultados da cobertura e florística dos afloramentos rochosos na Reserva Biológica do Ibirapuitã

A cobertura da superfície predominante nos onze pontos amostrais foi a biomassa seca (31,0%), seguida da biocrosta (23,9%), rochas (22,1%), cobertura vegetal (aqui somadas espécies nativas e exóticas) (16,0%), solo exposto (5,2%) e espécies alvo de conservação (1,7%). Na composição florística foram registrados 1.509 indivíduos de plantas vasculares, pertencentes a 35 famílias botânicas e 113 táxons, dos quais 75 foram identificados a nível de espécie, 23 a nível de gênero e seis a nível de família. Sete líquens e duas briófitas também foram registrados. A faixa de variação do número de espécies nas unidades amostrais foi de 6 a 39 espécies/m² e o afloramento dois contabilizou o maior número de espécies (43).

As famílias botânicas com maior riqueza de espécies foram Poaceae, Asteraceae e Fabaceae. Ervas predominaram (88 espécies), seguidas de arbustos (13), subarbustos (10) e árvores (4). Foram registradas 14 espécies com algum grau de ameaça de extinção. Dentre elas, destacamos a *Crassula peduncularis* (A), *Lippia coarctata* (B), *Frailea pumila* (C) e *Parodia ottonis* (D). Este resultado mostra a importância de conservação dos afloramentos, principalmente pelo elevado número de espécies raras e ameaçadas que ocorrem em seus micro-habitats.



Fotos: Fabiane Granzotto (2022).



Equipe técnica realizando identificação taxonômica, registros fotográficos das espécies, coleta de material botânico e caracterização afloramentos rochosos da Reserva Biológica do Ibirapuitã.

Fotos: Jhonitan MATiello e Fabiane Granzotto (2022).

Presença e/ou indícios de fauna nativa e/ou exótica

Afloramentos rochosos no Pampa brasileiro são indispensáveis enquanto áreas de conservação de espécies de flora (e.g. cactáceas) e fauna (e.g. répteis) endêmicas e, muitas vezes, ameaçadas de extinção. Até mesmo registros de espécies de fauna exótica podem auxiliar na compreensão de processos de degradação, a exemplo da presença ou vestígios de espécies exóticas invasoras. Esta análise da fauna visualizada ao longo dos levantamentos é fundamental para a correta descrição e proposições de manejo conservacionista em afloramentos, além disso contribui para a descrição da fauna associada a estes ambientes, ainda pouco estudada. Devido à importância dessas informações, registros podem ser gerados mesmo fora do ponto amostral, mas dentro do afloramento em questão.

O levantamento das variáveis deste item é realizado de forma visual. Adotamos indicativos de fauna relacionados aos principais grupos esperados em afloramentos como répteis, insetos, aves e outros animais. Devem ser registrados os sinais da presença destes grupos por meio de vestígios (fezes, pegadas, trocas de pele, penas ou plumas) e/ou a sua presença durante o levantamento por meio de avistamentos (visualização ou vocalização do animal). Para facilitar a amostragem de campo listamos os itens em: vestígios de aves, avistamentos de aves, vestígios de insetos, avistamentos de insetos, vestígios de répteis, avistamentos de répteis, vestígios de outros animais, avistamentos de outros animais. Após cada opção, existe um espaço para indicação de maiores detalhes como o tipo de vestígio e o grupo ou espécie. O pesquisador observa a presença de cada um dos itens por micro-habitat e faz a marcação com um (x) quando sinalizado positivo para a sua presença e anotações podem ser realizadas no espaço para observações. Os dados podem ser contabilizados a partir do número de registros ou vestígios por grupo de fauna ou espécies, quando possível a identificação.



Presença e/ou indícios de fauna nativa e/ou exótica em afloramentos rochosos na Reserva Biológica do Ibirapuitã. Inseto ordem Hymenoptera (A), ave bacurau-chintã (*Hydropsalis parvula*) (B), muda de serpente (C), solo revolvido por javali (*Sus scrofa*) (D).

Fotos: Fabiane Granzotto e Bruno Bervig Collares (2022).

Box 4. Resultados da fauna associada aos afloramentos rochosos na Reserva Biológica do Ibirapuitã

Os principais grupos de fauna registrados foram insetos, aves e répteis. As aves foram registradas por avistamento (12,1% dos pontos amostrados) e vestígios (18,2%). Insetos - himenópteros (formigas e vespas), coleópteros (besouros) e dípteros (moscas) foram registrados por avistamento (60,6%) e por vestígios (9,1%). Répteis foram registrados por avistamento (12,1%) e por vestígios (9,1%). Do total de registros de fauna por vestígios, 87,9% são de animais domésticos (gado bovino), também registrados por avistamento (15,1%). Quanto à fauna exótica invasora, identificamos vestígios de lebre-europeia (*Lepus europeus*) e javali (*Sus scrofa*) em 30,3% dos pontos amostrados.

Com a aplicação do protocolo foi possível identificar a dualidade existente entre o importante registro de espécies nativas características destes locais, que garantem o equilíbrio da cadeia alimentar, ciclagem de nutrientes e demais processos ecológicos, frente à presença elevada de animais exóticos e exóticos invasores que promovem a intensa degradação dos habitats.



Muitas espécies, principalmente de répteis, são endêmicas do bioma Pampa e estão associadas aos afloramentos, dependendo de sua conservação para a sobrevivência, como é o caso da lagartixa-das-pedras (*Homonota uruguayensis*) à esquerda e do lagarto-verde (*Teius oculatus*) à direita.

Presença de sombreamento e de abafamento

Estas variáveis subsidiam informações sobre a dinâmica da comunidade vegetal e aspectos a serem considerados no diagnóstico e propostas de manejo conservacionista dos afloramentos. É uma informação que pode estar relacionada com a abundância de determinada espécie de estrato mais alto e em determinados casos serve de indicador de espécies agressivas e/ou de desequilíbrios da comunidade (e.g. vegetação nativa de caráter oportunista que domina a área após um distúrbio).

Subdividimos conforme o porte da vegetação nos itens: vegetação arbórea, vegetação arbustiva, vegetação herbácea entouceirada ou prostrada, espécie invasora. As opções são seguidas por espaço para que anotações de identificação das espécies ou demais informações possam ser adicionadas livremente, além de espaço para observações gerais ao final do item.

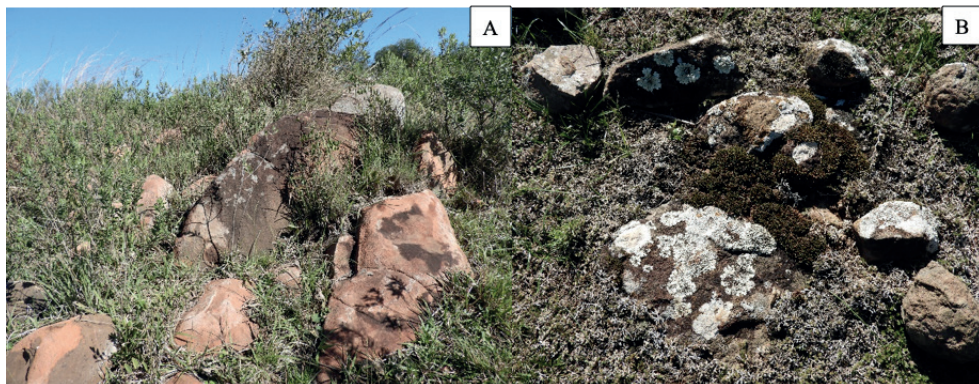


Expressão da vegetação arbustiva provocando sombreamento na porção superior de afloramento rochoso (imagem acima). Expressão da vegetação arbustiva provocando sombreamento em toda a extensão do afloramento rochoso (imagem abaixo), (Fotos: Fabiane Granzotto e Guilherme Diego Fockink, 2023).



Presença de espécies dominantes

Variável que auxilia na compreensão das relações entre micro-habitats e vegetação e na identificação da fisionomia dos afloramentos. As espécies dominantes são representadas por características como quantidade de indivíduos, visualmente se sobressaindo em sua expressão no ponto amostrado ou não. Espécies com comportamento dominante poderão ser identificadas com base no levantamento de campo (visualização e contagem) e/ou a partir do tratamento da tabela de vegetação em escritório. As espécies dominantes são anotadas no roteiro de campo durante o levantamento em campo.

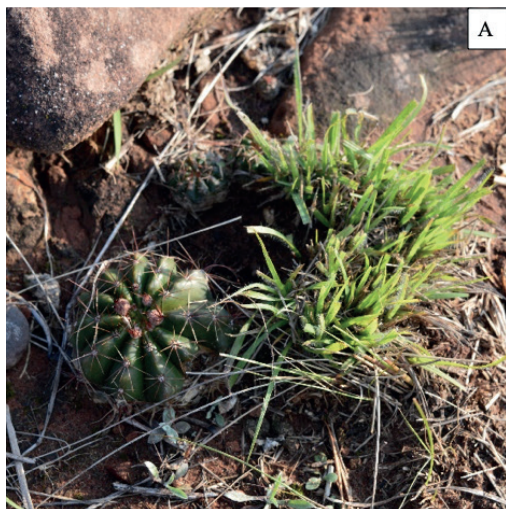


Afloramento rochoso (arenito) com dominância de vegetação campestre, principalmente das famílias Poaceae e Cyperaceae (A) e afloramento rochoso (basalto) com dominância de líquens e briófitas (B) na Rebio do Ibirapuitã.

Fotos: Guilherme Diego Fockink (2023).

Registro de espécies exóticas invasoras vegetais

As espécies exóticas invasoras são a segunda causa de perda de biodiversidade global. No contexto dos afloramentos rochosos, elas podem exercer elevada pressão devido às diferentes formas de competição e inibição das espécies da flora nativa. Por conta disso, informações poderão ser registradas mesmo fora do ponto amostral, desde que dentro do afloramento em estudo no momento. Essa variável deve ser observada em campo e checada em bases de dados científicos e na legislação ambiental vigente. No entanto, é preciso um olhar atento para identificar a presença de plantas invasoras em campo. Neste protocolo, utilizamos como base de dados o Instituto Hórus (<https://institutohorus.org.br/>), literatura científica descrevendo espécies da flora exótica invasora ou com potencial invasor no Pampa brasileiro e a Portaria 79/2013 da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA, 2013). No roteiro de campo consta espaço para anotar espécies exóticas invasoras que possam ser identificadas na área.



A



B

Indivíduos jovens de *Melinis repens* ao lado de cactáceas no afloramento (A) e *Melinis repens* com inflorescência (B), na Rebio do Ibirapitã.

Fotos: Fabiane Granzotto (2022).

RECOMENDAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS

Pesquisas em afloramentos rochosos precisam ser ampliadas a fim de subsidiar a nossa compreensão desses ecossistemas, dado o seu papel fundamental na geração de inúmeros serviços ecossistêmicos. Os afloramentos apresentam características e espécies muito específicas. Algumas espécies de fauna e flora dependem diretamente dos afloramentos para sua existência e sua perpetuação, sendo a identificação destas espécies o primeiro passo para estratégias de conservação. Além disso, os efeitos das mudanças climáticas sobre esses ecossistemas ainda são pouco conhecidos, mas é muito provável que atuem na redução de cobertura viva, na perda de biodiversidade e de seus serviços ecossistêmicos.

Finaliza-se este manual com recomendações de conservação e restauração para afloramentos rochosos baseadas na validação do protocolo aqui apresentado:

- Implementar e estudar os efeitos de barreiras físicas (cercamento dos afloramentos rochosos) para impedir o acesso de animais domésticos (por exemplo, rebanho bovino, rebanho caprino) que possam causar danos por meio do pisoteio, pastejo das espécies vegetais e afugentamento da fauna nativa;
- Promover estudos detalhados dos efeitos da pecuária na flora e fauna endêmicas e incentivar boas práticas nas atividades agropecuárias em regiões com afloramentos rochosos, a exemplo da regulação da carga animal;
- Monitorar a dinâmica da composição florística a partir da regulação/remoção da carga animal, para melhor entendimento das ações de controle da degradação e retomada de um possível equilíbrio ecológico nesses ecossistemas;
- Priorizar a conservação e restauração de afloramentos rochosos devido à sua fragilidade, preocupante estado de degradação e elevada riqueza de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, objetivando garantir a manutenção da sua biodiversidade e dos seus serviços ecossistêmicos;
- Desenvolver e testar técnicas de restauração ecológica específicas para afloramentos rochosos;
- Adotar e testar técnicas de controle da invasão biológica (e.g. controle químico seletivo, técnicas de abafamento ou roçadas periódicas) sob um olhar de restauração ecológica e manejo conservacionista;
- Elaborar material técnico-científico e de divulgação da importância da conservação e restauração dos ecossistemas em afloramentos rochosos;
- Incentivar o exercício da ciência cidadã como meio de aumentar a informação e os conhecimentos sobre os afloramentos rochosos e as espécies relacionadas.

Essas recomendações podem ser aplicadas a qualquer afloramento do bioma Pampa e servem de inspiração para outras realidades e biomas. No entanto, não descarta a necessidade de um diagnóstico detalhado com base neste protocolo e suas possíveis complementações, pois cada ambiente possui suas singularidades e suscetibilidade a diferentes pressões antrópicas.

Box 5. Conservação e restauração dos afloramentos rochosos da Reserva Biológica do Ibirapuitã

Os afloramentos rochosos da Rebio do Ibirapuitã abrigam um número considerável de espécies de flora e fauna, muitas endêmicas e ameaçadas de extinção, o que reforça a necessidade de ações para sua conservação e restauração. As principais ameaças encontradas são a intensa presença de animais domésticos e a invasão biológica por espécies de fauna e flora. Aqui apresentamos medidas que podem ser adotadas e implementadas nos afloramentos.

A primeira delas, é o cercamento destes ambientes, para impedir o livre acesso de animais domésticos (gado bovino) que, na carga animal atual, causam danos pelo pisoteio e pastejo excessivo às espécies vegetais e, junto dos cães de pastoreio, promovem o afugentamento da fauna nativa. Como a Rebio do Ibirapuitã ainda possui uma área em litígio, é importante também que medidas de manejo adequado da carga animal sejam adotadas nessa área, diminuindo assim, a pressão sobre os afloramentos rochosos de arenito, que são mais suscetíveis a processos erosivos e encontram-se sob maior degradação nesta área em questão.

A segunda recomendação, consiste na adoção de medidas para o controle de espécies exóticas invasoras, principalmente do capim-gafanhoto (*M. repens*) e do capim-annoni (*E. plana*) que estão em processo de expansão nos afloramentos e podem causar danos às espécies nativas, competindo por recursos e promovendo o sombreamento destas. Neste caso, podem ser utilizadas diferentes técnicas, como o controle químico seletivo apenas nas touceiras das invasoras (prática sob teste), técnicas de abafamento ou roçadas periódicas.



Foto: Fabiane Granzotto e Jhonitan MATiello (2022).

Tais medidas podem contribuir para a conservação e restauração dos afloramentos que são ambientes singulares e que contribuem de forma expressiva para a biodiversidade da Rebio do Ibirapuitã. A criatividade, o senso crítico e o estudo intenso destes contextos devem contribuir de forma crucial para a melhoria da realidade dos afloramentos rochosos do Pampa brasileiro.

REFERÊNCIAS

- BOOTH, D. T., COX, S. E., BERRYMAN, R.D. **Point sampling digital imagery with ‘SamplePoint’**. *Environmental Monitoring and Assessment* 123:97-108, 2006. Disponível em: <<https://www.samplepoint.org/>>. Acesso em: 08 de novembro de 2022
- KORMANN, T. C.; ROBAINA, L. E. DE S. Interface entre Geodiversidade e Biodiversidade na Reserva Biológica do Ibirapuitã, bioma Pampa, Rio Grande do Sul. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 22, n. 79, 2021. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/53493>>. Acesso em: 18 de agosto de 2022.
- KORMANN, T. C. Gestão de unidade de conservação no Pampa: contribuição a partir da Reserva Biológica do Ibirapuitã - Alegrete - RS. **Revista Geografar**, 17, 93–113, 2022. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/82929/46571>>. Acesso em: 18 de agosto de 2022.
- MAPBIOMAS: **Evolução Anual da Cobertura e Uso da Terra**. Coleção 7.1. Plataforma de Mapas e dados 2022. Brasil. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>>. Acesso em: 27 de agosto de 2023.
- MATIELLO, J. **Plantas ornamentais nativas**: elementos para seleção e cultivo de doze espécies do bioma Pampa. 2021. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2021.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. Wiley, New York. 1974. 547 p.
- OLIVEIRA, R. B. de, GODOY, S. A. P. de. Composição florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, Altinópolis, São Paulo. **Biota Neotropica**, 7(2),bn00507022007, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1676-06032007000200004>>. Acesso em: 12 de setembro de 2023.
- POREMBSKI, S.; SZARZYNSKI, J.; MUND, J. P.; BARTHLOTT, W. Biodiversity and vegetation of small-sized inselbergs in a West African rain forest (Taï, Ivory Coast). **Journal of Biogeography**. 23: 47-55, 1996.
- SEMA – SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. **Portaria 79/2013**. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/23180118-portaria-sema-79-de-2013-especies-exoticas-invasoras-rs.pdf>>. Acesso em: 18 de setembro de 2022.
- RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O.; SCARANO, F. R. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, 30(4), 623–639, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400008>>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ª ed. Porto Alegre: EMATER/RS. 2008. 222 p.

APÊNDICES

O Apêndice 1, denominado “Roteiro para o levantamento de variáveis para caracterização e diagnóstico de afloramentos rochosos” encontra-se nas próximas duas páginas que seguem, para facilitar sua impressão e utilização em campo.

ROTEIRO PARA O LEVANTAMENTO DE VARIÁVEIS PARA CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS

DADOS BÁSICOS DO AMBIENTE:

Local: _____ Afloramento/Ponto amostral: _____ Data: ____ / ____ / ____

Equipe responsável: _____

Área do afloramento(m²): _____ Perímetro do afloramento (m): _____

Identificação das coordenadas do ponto amostral no GPS: _____

Formato do afloramento: () arredondado () alongado () irregular

VARIÁVEIS ECOLÓGICAS E AMBIENTAIS:

Profundidade do substrato do afloramento: _____ a) _____ b) _____ c) _____ d) _____ e) _____

Tipo de substrato predominante no ponto amostral: () rocha () solo () biomassa vegetal

Tipo de rocha do afloramento: () sedimentar-arenito () magmática-basalto () metamórficas
() outras () fez-se fotografias das rochas

Exposição solar do ponto amostral: () N () S () L () O () No () So () Ne () Se

Porção do relevo do ponto amostral: () superior () médio () inferior

Características de drenagem e hídricas do ponto amostral:

() área drenada () regime contínuo
() área úmida () regime intermitente
() regime efêmero

() outro _____

Micro-habitats identificados no ponto amostral:

Micro-habitat	Frequência no ponto amostral
Fresta	
Ilha de solo	
Rocha	
Rocha com elementos vegetais	
Paredão	
Cobertura morta	
Depressão	
Grupos de árvores e/ou arbustos	

Observações: _____

Agentes/sinais de degradação no ponto e/ou no afloramento:

() trânsito de veículos/máquinas _____

() remoção e/ou rochas deslocadas no local _____

- () cultivos no local ou próximo _____
- () agentes de perturbação no entorno _____
- () sinais ou presença de animais domésticos _____
- () pisoteio pelo gado _____
- () alta carga animal (sobrepastejo) _____
- () sinais de permanência de gado _____
- () vegetação arrancada ou quebrada _____
- () degradação de solo (processos erosivos) _____
- () outras alterações de origem humana _____
- () outros sinais e agentes identificados _____

Cobertura da superfície do ponto amostral:

- () Fez-se foto zenital para avaliação da cobertura da superfície no ponto amostrado (caso a avaliação seja realizada utilizando o aplicativo *SamplePoint* para quantificação).
- () Seguiu-se a metodologia adaptada de Braun – Blanquet por estimativa visual *in loco*, observando a abundância de cobertura em percentual 0%, 1–5%, 5–10%, 10–25%, 25–50%, 50–75%, 75–95% e 95–100%, sendo:
 - () solo exposto com percentual de: _____
 - () rocha com percentual de: _____
 - () biomassa seca (e.g. galhos, folhas e raízes) com percentual de: _____
 - () vegetação nativa com percentual de: _____
 - () vegetação exótica e/ou invasora com percentual de: _____
 - () biocrostas (liquens e briófitas) com percentual de: _____
 - () espécies alvos (e.g. cactáceas e/ou bromeliáceas) com percentual de: _____
 - () outra classe: _____ com percentual de: _____

Levantamento das formas de vida vegetal:

- () Fez-se a identificação (ou coleta botânica e fotos) dos indivíduos em cada micro-habitat do ponto amostrado.
- () Fez-se a quantificação dos indivíduos em cada micro-habitat do ponto amostrado.

Presença e/ou indícios de fauna nativa e/ou exótica, com identificação das espécies no ponto e/ou no afloramento:

- () vestígios de aves _____
- () avistamentos de aves _____
- () vestígios de insetos _____
- () avistamentos de insetos _____
- () vestígios de répteis _____
- () avistamentos de répteis _____

() vestígios de outros animais _____

() avistamentos de outros animais _____

Observações:

Presença de sombreamentos e abafamentos no ponto e/ou no afloramento:

() vegetação arbórea _____

() vegetação arbustiva _____

() vegetação herbácea entouceirada ou prostrada _____

() espécies invasoras _____

Observações:

Espécies dominantes no ponto e/ou no afloramento:

Registro de espécies exótica invasoras vegetais no ponto e/ou no afloramento:

O Apêndice 2, denominado “Tabela de campo para levantamento da vegetação de afloramentos rochosos” encontra-se na próxima página que segue, para facilitar sua impressão e utilização em campo.

TABELA DE CAMPO PARA LEVANTAMENTO DA VEGETAÇÃO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS

Local:

Data:

Equipe:

[illegible]



JHONITAN MATIELLO: Técnico em Agropecuária e em Paisagismo, Engenheiro Florestal e Mestre em Engenharia Florestal.

<http://lattes.cnpq.br/2952079237113522>



FABIANE GRANZOTTO: Técnica em Geomática, Engenheira Florestal e de Segurança do Trabalho, Especialista em Gestão Ambiental, Licenciada em Docência para a Educação Profissional e Tecnológica, Mestra em Engenharia Química, Doutora em Engenharia Agrícola, Pesquisadora de Pós-Doutorado e integrante do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (Neprade) – Universidade Federal de Santa Maria.

<http://lattes.cnpq.br/8076213921271063>



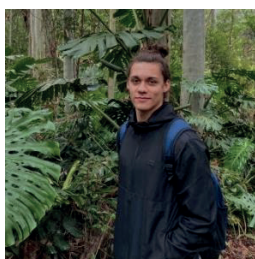
GUILHERME DIEGO FOCKINK: Engenheiro Florestal, Mestre em Engenharia Florestal doutorando em Engenharia Florestal e Integrante do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (Neprade) – Universidade Federal de Santa Maria.

<http://lattes.cnpq.br/9093621537727081>



BRUNO BERVIG COLLARES: Zootecnista, Mestre em Extensão Rural, doutorando em Engenharia Agrícola e integrante do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (NEPRADE) – Universidade Federal de Santa Maria.

<http://lattes.cnpq.br/9377504441870816>



PEDRO SEEGER DA SILVA: Graduando de Engenharia Florestal e integrante do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (Neprade), Universidade Federal de Santa Maria.

<http://lattes.cnpq.br/5529499457548749>



SABRINA NICOLETTI: Técnica em Paisagismo, Graduada de Ciências Biológicas Bacharelado e integrante do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (Neprade), Universidade Federal de Santa Maria. <http://lattes.cnpq.br/3138807604268477>



EMILY TALITA PEREIRA DE AGUIAR: Técnica em Florestas, graduanda em Engenharia Florestal e integrante do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (Neprade), Universidade Federal de Santa Maria. <http://lattes.cnpq.br/6513827482924362>



ANA PAULA MOREIRA ROVEDDER: Engenheira Florestal, Mestra em Agronomia e Doutora em Ciência do Solo. É professora do Departamento de Ciências Florestais/UFMS. Bolsista de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq. Coordenadora do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (Neprade/UFMS) e coordenadora da Rede Sul de Restauração Ecológica (Gestão 2023-2025). <http://lattes.cnpq.br/5274469660466638>

Projeto



Apoio financeiro do projeto



Execução do projeto



Protocolo de caracterização de afloramentos rochosos:

uma ferramenta para conservação
e restauração de habitats



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Protocolo de caracterização de afloramentos rochosos:

uma ferramenta para conservação
e restauração de habitats

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br