

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO
DE JANEIRO - UNIRIO**

BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

MONOGRAFIA

**Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em mudas de
três espécies florestais nativas da Mata Atlântica utilizadas no
reflorestamento da Cidade do Rio de Janeiro**

Aluno(a): Rosemary de Fátima Turque Impronta

Orientador(a): Prof^a Dr^a Camila Maistro Patreze

Rio de Janeiro – RJ
2024

ROSEMARY DE FÁTIMA TURQUE IMPRONTA

**Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em mudas
de três espécies florestais nativas da Mata Atlântica utilizadas
no reflorestamento da Cidade do Rio de Janeiro**

Monografia do Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao Instituto de Biociências da
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof.^a Dr^a Camila Maistro Patreze

Rio de Janeiro
2024

IMPRONTA, Rosemary de Fátima Turque.

Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em mudas de três espécies florestais nativas da Mata Atlântica utilizadas no reflorestamento da Cidade do Rio de Janeiro - 2024

91 f.

Monografia do trabalho de conclusão de curso

Orientador: Prof^a Dr^a Camila Maistro Patreze

1 – Micorriza 2 – Inoculantes 3 – Restauração ecológica

I. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

II – Bacharel em Ciências Ambientais

Rosemary de Fátima Turque Impronta

Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em mudas de
três espécies florestais nativas da Mata Atlântica utilizadas no
reflorestamento da Cidade do Rio de Janeiro – 2024

Aprovada em 28 /08 /2024.

Prof.^a Dr^a Camila Maistro Patreze
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dra. Luzia Alice Ferreira de Moraes
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

Dra. Gabriela Akemi Oda
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Fiocruz Mata Atlântica

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Instituto de Biociências
Coordenação do Bacharelado em Ciências Ambientais

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

Aos vigésimo oitavo dias do mês de agosto do ano de dois mil e quatorze, às dez horas, realizou-se no auditório do PPGI (por ex.) do Prédio IBIO/ CCET, no *Campus* da Avenida Pasteur, nº 458, Rio de Janeiro – RJ, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO, a defesa da monografia intitulada **“Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em mudas de três espécies florestais nativas da Mata Atlântica utilizadas no reflorestamento da Cidade do Rio de Janeiro”**, da discente Rosemary de Fátima Turque Impronta (matrícula 20172411005), do Curso de Graduação em Ciências Ambientais da UNIRIO, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Ambientais. A orientação da monografia foi realizada pela Professora Dra. Camila Maistro Patreze, do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, sendo a Banca Examinadora constituída pelo Professor Dr^a Camila Maistro Patreze (Orientador) (presidente), pelo Prof. Dra. Luzia Alice Ferreira de Moraes (Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO) (membro), e pela Dra. Gabriela Akemi Oda (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/Fiocruz Mata Atlântica) (membro). Após apresentação, arguição e defesa da monografia, a banca considerou que a mesma demonstrou capacidade acadêmica para a sistematização e tratamento do tema abordado aprovando-a com o grau 9,3 (nove pontos e três décimos), decorrente da média aritmética das notas atribuídas, a seguir discriminadas: Professora Dra. Camila Maistro Patreze, 9,5 (nove e meio), Prof. Dra. Luzia Alice Ferreira de Moraes, 9,5 (nove e meio), Dra. Gabriela Akemi Oda, 9,0 (nove). Nada mais havendo a declarar eu, (Presidente da Banca), encerrei os procedimentos legais lavrando e assinando a presente Ata, em conjunto com os demais membros da banca. Rio de Janeiro, 28 de agosto de 2024.

Profa. Dra. Camila Maistro Patreze (UNIRIO)
(Presidente da Banca)

Prof. Dra. Luzia Alice Ferreira de Moraes

Dra. Gabriela Akemi Oda

AGRADECIMENTOS

A Deus pela criação.

À Prof.^a Dra. Camila Maistro Patreze pela orientação e diálogo.

Ao técnico Itamar Garcia Ignacio da Embrapa Agrobiologia pela dedicação e ensinamentos.

À bióloga Dra. Viviane Grenha da Silva da SMAC por permitir, disponibilizar e acolher.

Aos funcionários do Viveiro Campo Grande pela atenção e trabalho.

À Dra. Gabriela Akemi Oda da Fiocruz Mata Atlântica e Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) pela recepção e contribuição com a pesquisa de campo.

À minha irmã Katia Lucia Turque Impronta da Gama pela companhia, parceria e carinho.

Ao colega de curso Rodrigo Torres Batista de Azevedo pela contribuição durante o trabalho em campo.

À minha família: marido Flávio Baptista de Oliveira, filhos Marcos Henrique Impronta Nolasco e Guilherme Augusto Impronta Nolasco e neto Yan Lucca Impronta Gomes Nolasco por entenderem a ausência e a indisponibilidade de tempo.

“Desejo também que você plante uma semente por mais ridícula que seja e acompanhe seu crescimento dia a dia, para que você saiba de quantas muitas vidas é feita uma árvore.”

(Sérgio Jockymann, 1978)

RESUMO

O bioma Mata Atlântica é um dos três biomas mais degradados do país e um dos 34 *hotspots* mundiais de biodiversidade. A presente Década da Restauração de Ecossistemas (2021-2030) e os acordos internacionais firmados pelo Brasil para restaurar, em um contínuo de atividades, 12 milhões de hectares (120 mil km²) de ecossistemas degradados até o ano de 2030 corroboram com o descrito no Art. 225 da Constituição Federal Brasileira de 1988 sobre a importância da elaboração de políticas públicas visando à preservação dos ecossistemas para o equilíbrio ambiental, a conservação da biodiversidade, o bem-estar e a sustentabilidade da vida. A Cidade do Rio de Janeiro representa um polo estratégico para a restauração ecológica e a manutenção da vida da fauna e flora do bioma devido ao endemismo e à diversidade de espécies. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade (SMAC), órgão responsável pela execução das políticas de restauração do ecossistema do Bioma Mata Atlântica, enfrenta consideráveis desafios na produção de mudas das espécies nativas. A produção das mudas nos viveiros da SMAC é comprometida pela escassez de recursos financeiros. Durante o processo de avaliação da efetividade do experimento no Viveiro Campo Grande, observou-se que o custo da produção das mudas florestais envolve não só a qualidade e quantidade necessárias para garantir o sucesso da restauração ecológica. O orçamento da SMAC destinado aos fertilizantes é insuficiente, e a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) pode ser considerada uma técnica apropriada para alcançar as metas estabelecidas em acordos nacionais e internacionais. Os FMAs têm uma função fundamental de fornecer nutrientes que estão presentes no solo de forma limitada, além de garantir resistência diante de estresse ambientais ao vegetal em troca de fotoassimilados. O presente estudo envolve a avaliação dos efeitos da inoculação de mix de fungos FMAs, filo Glomeromycota, em mudas de espécies florestais nativas da Mata Atlântica pertencentes ao grupo das Angiospermas, *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr, *Hymenaea courbaril* var. *altissima* (Ducke) Y.T. Lee & Langenh. e *Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard., para uso em programas de restauração

ecológica. A SMAC teve participação efetiva na pesquisa com a doação de sessenta mudas, vinte de cada espécie estudada, e a cessão do Viveiro Campo Grande como laboratório para inoculação e controle do desenvolvimento das mudas. Os substratos das vinte mudas apresentaram na composição areia, barro, e fertilizante orgânico (*A. leiocarpa* e *M. subsericea*) e areia e barro e fertilizantes orgânico e inorgânico (*H courbaril*). Dez mudas de cada espécie, foram inoculadas com mix dos inóculos fúngicos fornecido pela EMBRAPA Agrobiologia (*Acaulospora colombiana*, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora scrobiculata*, *Cetraspora gilmorei*, *Cetraspora pellucida*, *Glomus formosanum* e *Rhizophagus clarus*). No período de sete meses, a partir da inoculação, as condições de desenvolvimento das mudas foram acompanhadas *in loco* mensalmente (altura do caule, fuste e diâmetro do caule na altura do fuste), de forma a analisar a efetividade simbiose fungo-planta. As extrações dos esporos dos substratos das mudas foram realizadas antes da inoculação e após o período de observação de sete meses, com posterior identificação e quantificação dos esporos. Na fase de viveiro 7 das 10 mudas não inoculadas *da A. leiocarpa* morreram no período analisado, o que pode ser um indicativo da atuação das micorrizas nas mudas inoculadas em resposta às condições ambientais. Efeitos no desenvolvimento das plantas em função da inoculação em plantas arbóreas não puderam ser observado no período do estudo. As mudas das plantas apresentaram, no período de avaliação de 7 meses, degradação dos esporos contidos no substrato, reduzindo de forma acentuada com o observado à época da inoculação (média de 30-90 esporos para menos de 10 esporos por muda). Apesar disso, as mudas de *A. leiocarpa* e *M. subsericea* foram plantadas em uma área de Mata Atlântica para futuras avaliações em campo da sobrevivência e desenvolvimento, com a possível reaplicação dos FMAs nas mudas pré-inoculadas. As mudas de jatobá permaneceram em viveiro para posterior identificação da espécie; que, se for identificada como *Hymenaea courbaril* var. *altissima* (Ducke) Y.T. Lee & Langenh., a espécie nativa da Mata Atlântica, será também levada à campo.

Palavras-chave: micorriza, inoculantes, restauração ecológica

ABSTRACT

The Atlantic Forest biome is one of the three most degraded biomes in the country and one of the 34 global biodiversity hotspots. The current Decade on Ecosystem Restoration (2021-2030) and the international agreements signed by Brazil to restore 12 million hectares (120,000 km²) of degraded ecosystems by 2030 align with the principles outlined in Article 225 of the Brazilian Federal Constitution of 1988, which emphasizes the importance of developing public policies aimed at ecosystem preservation for environmental balance, biodiversity conservation, and the sustainability of life. The city of Rio de Janeiro represents a strategic hub for ecological restoration and the maintenance of the biome's fauna and flora due to its endemism and species diversity. The Municipal Secretariat of the Environment of the City (SMAC), responsible for implementing the restoration policies for the Atlantic Forest biome, faces considerable challenges in producing seedlings of native species. Seedling production at SMAC nurseries is hindered by a shortage of financial resources. During the evaluation of the experiment's effectiveness at the Campo Grande Nursery, it was observed that the cost of producing forest seedlings involves not only the necessary quality and quantity to ensure the success of ecological restoration but also the availability of adequate resources. The SMAC budget allocated for fertilizers is insufficient, and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can be considered an appropriate technique to achieve the goals established in national and international agreements. AMF play a crucial role in providing nutrients that are limited in the soil, as well as ensuring plant resistance to environmental stress in exchange for photoassimilates. Additionally, AMF contribute to food security and prevent groundwater contamination by harmful chemical elements. This study involves evaluating the effects of inoculating a mix of AMF from the Glomeromycota phylum on seedlings of native Atlantic Forest species within the Angiosperms group, including *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr., *Hymenaea courbaril* var. *altissima* (Ducke) Y.T. Lee & Langenh., and *Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard., for use in ecological restoration programs. SMAC actively participated in the research by donating sixty seedlings (twenty of each studied species) and providing the Campo

Grande Nursery as a laboratory for inoculation and monitoring seedling development. The substrates of the twenty seedlings included sand, clay, and organic fertilizer (*A. leiocarpa* and *M. subsericea*) or sand, clay, and both organic and inorganic fertilizers (*H. courbaril*). Ten seedlings of each species were inoculated with a fungal inoculum mix provided by EMBRAPA Agrobiology (*Acaulospora colombiana*, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora scrobiculata*, *Cetraspora gilmorei*, *Cetraspora pellucida*, *Glomus formosanum*, and *Rhizophagus clarus*). Over a seven-month period from inoculation, seedling development conditions were monitored monthly on-site (stem height, trunk, and stem diameter at trunk height) to assess the effectiveness of the fungus-plant symbiosis. Spore extractions from seedling substrates were performed before inoculation and after the seven-month observation period, followed by spore identification and quantification. At the nursery stage, 7 of the 10 non-inoculated *A. leiocarpa* seedlings died during the analyzed period, which may indicate the role of mycorrhizae in the inoculated seedlings in response to environmental conditions. Effects on plant development due to inoculation in tree species could not be observed during the study period. The seedlings showed degradation of spores in the substrate over the 7-month evaluation period, with a marked reduction from the inoculation period (an average of 30-90 spores to fewer than 10 spores per seedling). Nevertheless, *A. leiocarpa* and *M. subsericea* seedlings were planted in an Atlantic Forest area for future field assessments of survival and development, with the possibility of reapplying AMF to pre-inoculated seedlings. The jatobá seedlings remained in the nursery for subsequent species identification, with if they are *Hymenaea courbaril* var. *altissima* (Ducke) Y.T. Lee & Langenh., a native Atlantic Forest species, will be taken to the field.

Keywords: mycorrhiza, inoculants, ecological restoration

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Comparativo entre a área da cobertura original da Mata Atlântica (ano 1500) e a área dos remanescentes da Mata Atlântica (ano 2019).	14
Figura 2 - Cobertura Arbórea do Município do Rio de Janeiro nos anos 2015, 2019 e 2024.....	19
Figura 3 - Indicação das espécies selecionadas no estudo no perfil da fitofisionomia da Mata Atlântica na Cidade do Rio de Janeiro.....	22
Figura 4 - Micorriza Arbuscular: (a), (b) e (c).....	24
Figura 5 - Representação esquemática da posição taxonômica das espécies arbóreas, <i>Apuleia leiocarpa</i> , <i>Hymenaea courbaril</i> e <i>Manilkara subsericea</i> de acordo com o APG IV.....	36
Figura 6 - Filogenia das espécies de FMAs selecionadas no presente estudo...	37
Figura 7 - Distribuição da ocorrência natural no Brasil das espécies vegetais estudadas:(a)- (c).....	38
Figura 8 - Comparação dos períodos de frutificação e floração das espécies estudadas.....	38
Figura 9 - Solos do Município do Rio de Janeiro.....	45
Figura 10 - Viveiro de Campo Grande.....	46
Figura 11 - Aferição das condições estruturais das mudas e coleta do substrato (a) – (d).....	49
Figura 12 - Aplicação do mix de FMAs.....	50
Figura 13 - Filtragem de 32,5 g de mix de esporos em 300 mL de água mineral: (a), (b) e (c).....	50
Figura 14 - Aplicação do soluto após a filtragem: (a) e (b).....	51
Figura 15 – Aspecto geral das 60 mudas inoculadas e acondicionadas no Viveiro Campo Grande, a pleno sol.....	51
Figura 16 - Extração dos esporos por peneiramento úmido e centrifugação em gradiente de densidade de sacarose: (a) – (t).....	54
Figura 17 - Preparo das lâminas com os esporos extraídos dos substratos das mudas: (a) – (d).....	55

Figura 18 - Extração dos esporos dos substratos coletados em 30/10/2023 e preparação das lâminas para análise e qualificação em microscopia no Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia: (a) – (c).....	55
Figura 19 - Mudanças das espécies (a) grábia, (b) jatobá e (c) maçaranduba da praia após 189 dias no Viveiro Campo Grande.....	57
Figura 20 - Condições do clima: (a) e (b).....	58
Figura 21 - Média do comprimento, largura na altura do fuste e fuste das mudas não inoculadas e inoculadas das espécies grábia, jatobá e maçaranduba da praia no dia da inoculação, em 30/10/23 e na última aferição, em 6/5/24: (a), (b) e (c)..	60
Figura 22 - As duas espécies encontradas nos substratos das mudas, antes da inoculação: (a) – (b).....	64
Figura 23 - Inclusão das espécies fúngicas encontradas no substrato antes da inoculação na classificação taxonômica.....	64
Figura 24 - Esporos deteriorados e em estágio de deterioração encontrados: (a) – (d).....	65
Figura 25 - Esporos encontrados no solo da área cedida pela FIOCRUZ Mata Atlântica, local do plantio das mudas de <i>A. leiocarpa</i> e <i>M. subsericea</i> , em 14/08//2024: (a) – (k).....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre os inventários florestais do Município do Rio de Janeiro dos anos 2015 e 2019.....	18
Tabela 2 - Filos do Reino Fungi encontrados no Brasil.....	27
Tabela 3 - Composições padrão de substratos utilizados na restauração ecológica da cidade pela SMAC.....	47
Tabela 4 - Quantidades do mix de esporos em 35 doses cedidos pela EMBRAPA-Agrobiologia, Seropédica-RJ.....	48
Tabela 5 - Variação do comprimento do caule, da largura na altura do fuste e fuste das espécies arbóreas estudadas entre as datas 30 de outubro 2023 e 2 de maio de 2024 (185 dias): (a) - (f).....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- APA: Área de Proteção Ambiental
- APG IV: Angiosperm Phylogeny Group
- COP: Conferência das Partes
- DAP: diâmetro na altura do peito
- EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FAO: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
- FMA: Fungos Micorrízicos Arbusculares
- GMR: Gerência de Mutirão Reflorestamento
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo
- ONU: Organização das Nações Unidas
- PNM Grumari: Parque Natural Municipal de Grumari
- PNUMA: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
- PSBM: Plano Municipal de Saneamento Básico do Município
- PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo
- PVLG: Polivinil-lacto-glicerol
- REBIO Guaratiba: Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba
- RQ: Neossolo Quartzarênico
- SMAC: Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade
- UNFCCC: Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
- WRI BRASIL: World Resources Institute Brasil

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. A CIDADE DO RIO DE JANEIRO PARA A CONSERVAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA.....	13
2.1.O BIOMA MATA ATLÂNTICA E O CONTEXTO POLÍTICO ATUAL.....	13
2.2. A CIDADE DO RIO DE JANEIRO COMO POLO ESTRATÉGICO PARA A REGENERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA.....	16
2.2.1. MATA ATLÂNTICA E OS DESAFIOS PARA REGENERAÇÃO NO TERRITÓRIO DO MUNICÍPIO.....	20
3. CARACTERÍSTICAS DAS ANGIOSPERMAS.....	22
4. CARACTERÍSTICAS DO FILO GLOMEROMYCOTA.....	23
4.1. REINO FUNGI.....	23
4.2. FILO GLOMEROMYCOTA.....	27
4.3. INTERAÇÃO FUNGO-PLANTA.....	29
4.4. TAXA DE INTERAÇÃO FUNGO-PLANTA.....	30
4.5. BENEFÍCIOS DA MICORRIZAÇÃO.....	31
5.CONTEXTO POLÍTICO ATUAL PARA A ESPÉCIES MICROBIANAS.....	32
6. OBJETIVOS.....	34
6.1. OBJETIVO GERAL.....	34
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
7.METODOLOGIA.....	34
7.1. MORFOLOGIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA ESTUDADAS.....	37
7.1.1. <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.....	39
7.1.2. <i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>altissima</i> (Ducke) Y.T. Lee & Langenh.....	40
7.1.3. <i>Manilkara subsericea</i> (Mart.) Dubard.....	43
7.2. MATERIAS E MÉTODOS.....	46
7.2.1. PRIMEIRA VISITA IN LOCO AO VIVEIRO CAMPO GRANDE, EM 30 DE OUTUBRO DE 2023.....	49
7.2.2.ETAPAS DO ISOLAMENTO DE ESPOROS DE FMA DO SUBSTRATO DAS MUDAS COLETADO ANTES DA INOCULAÇÃO E APÓS 189 DIAS DA INOCULAÇÃO.....	52
7.2.3. CONDIÇÕES ESTRUTURAIS DAS MUDAS.....	56
8. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	57
8.1 RESULTADO.....	57
8.2. DISCUSSÃO.....	67

9. CONCLUSÃO.....	67
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXO.....	83
Anexo I.....	83
Anexo II.....	84
a. Floresta Ombrófila Densa.....	84
b. Manguezal.....	85
c. Restinga.....	85
Anexo III.....	86
a. Relevo do Município do Rio de Janeiro.....	86
b. Áreas úmidas no Município do Rio de Janeiro.....	87
Anexo IV. Grápia - <i>Apuleia leiocarpa</i> : (a) - (h).....	88
Anexo V. Jatobá - <i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>altissima</i> (Ducke) Y.T. Lee & Langenh.: (a) - (h).....	89
Anexo VI. Massaranduba da praia - <i>Manilkara subsericea</i> : (a) - (g).....	90
Anexo VII. Linha do tempo da classificação dos FMAs.....	90
Anexo VIII. Material: (a) – (s).....	91
Anexo IX. Placas e tubos representando a identificação das 60 mudas das espécies grápia (G), jatobá (J) e maçaranduba da praia (M).....	92
Anexo X. Locais de restauração ecológica na Cidade do Rio de Janeiro.....	92
Anexo XI. Planilhas com as aferições do comprimento do caule, altura do fuste e largura na altura do fuste das 60 mudas, mantidas no Viveiro Campo Grande, período de 30/10/23 e 06/05/24.....	93

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica, o bioma mais degradado do país, apresenta atualmente cerca de 7% da vegetação original (PEREIRA, 2013; MACHADO, 2018; SCABIN, 2024). A Cidade do Rio de Janeiro nasceu inserida na Mata Atlântica e enfrenta desafios relacionados à preservação e à conservação da biodiversidade. Cerca de 50% (SCABIN, 2024) das espécies vegetais remanescentes são endêmicas, tornando a região um berço e abrigo para diversas espécies vegetais e animais ameaçadas de extinção.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade (SMAC), órgão responsável pela execução das políticas de restauração do ecossistema do Bioma Mata Atlântica, enfrenta consideráveis desafios na produção de mudas das espécies nativas. A produção das mudas nos viveiros da SMAC é comprometida pela escassez de recursos financeiros. Os FMAs têm uma função fundamental de fornecer nutrientes que estão presentes no solo de forma limitada, além de garantir resistência diante de estresse ambientais ao vegetal em troca de fotoassimilados. Ademais, os FMAs contribuem para a segurança alimentar e a prevenção da contaminação do lençol freático por elementos químicos prejudiciais ao meio ambiente.

O presente estudo envolve a avaliação dos efeitos da inoculação de mix de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), do Filo Glomeromycota, em mudas de espécies florestais nativas da Mata Atlântica para uso em programas restauração ecológica, contando com a parceria da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima (SMAC).

A década de 2021-2030 foi estabelecida pela ONU como a Década da Restauração de Ecossistemas, com vistas a prevenir, cessar e reverter a degradação dos ecossistemas mundiais. O Brasil assumiu o compromisso de restaurar 12 milhões de hectares de ecossistemas degradados, com a produção de mudas de espécies nativas.

A SMAC, órgão responsável pela política pública de regeneração de áreas degradadas na cidade, possui em sua estrutura governamental cinco viveiros

florestais e um horto florestal que desempenham um papel fundamental na produção de mudas para restauração ecológica.

As espécies nativas da Mata Atlântica fornecidas pela SMAC estudadas foram a grápia (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr), jatobá (*Hymenaea courbaril* var. *altissima* (Ducke) Y.T. Lee & Langenh.) e a maçaranduba da praia (*Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard), que pertencem ao grupo das Angiospermas.

2. A CIDADE DO RIO DE JANEIRO PARA A CONSERVAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA

2.1 O BIOMA MATA ATLÂNTICA E O CONTEXTO POLÍTICO ATUAL

O bioma Mata Atlântica é um dos três biomas mais degradados do país e um dos 34 *hotspots*¹ (áreas prioritárias para conservação) mundiais de biodiversidade (Anexo I). A Mata Atlântica originalmente presente em área de 136,3 milhões de hectares (1.363.000 Km²) do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul (Anexo I) e devido à proximidade com o litoral, inicialmente, foi o bioma mais atingido pela colonização europeia. A partir da colonização, ao longo de décadas, ações antrópicas no uso da terra, tais como extração de madeira para comércio, desmatamento para ocupação urbana, aterros de lagoas e manguezais, desmonte de morros, terraplanagem, compactação e impermeabilização do solo, agricultura e pastagem, alteraram a interação nas e entre as comunidades vegetal e microbiana do solo (BRAGA, 2020; PUCH-HAU, 2022).

Os aproximadamente 7% do bioma Mata Atlântica em território do litoral brasileiro representam menos de 100.000 km² de vegetação remanescente (MACHADO, 2018; SCABIN, 2024). Deste total, grande parte encontra-se no Estado do Rio de Janeiro, cerca de 1,3 milhão de ha – aproximadamente 29,9% do território (BRASIL, 2018) – e são consequência de um contínuo de ocupação humana desordenada desde a colonização, há 500 anos, devido à exportação

¹ Existem pelo menos 34 (trinta e quatro) hotspots no mundo, entretanto a lista é atualizada com o passar do tempo. Uma região é considerada *hotspot* quando possui pelo menos 1.500 espécies vegetais endêmicas e que pelo menos ¾ (75%) da área encontra-se degradada (UENO, 2022). Um artigo, de 1988, do ambientalista britânico Norman Myers traz, pela primeira vez, o conceito de *hotspot*.

das riquezas naturais (pau-brasil, ouro) e aos ciclos econômicos da produção agrícola (cana-de-açúcar, café) (ALMEIDA, 2016; PIMENTA, 2024).

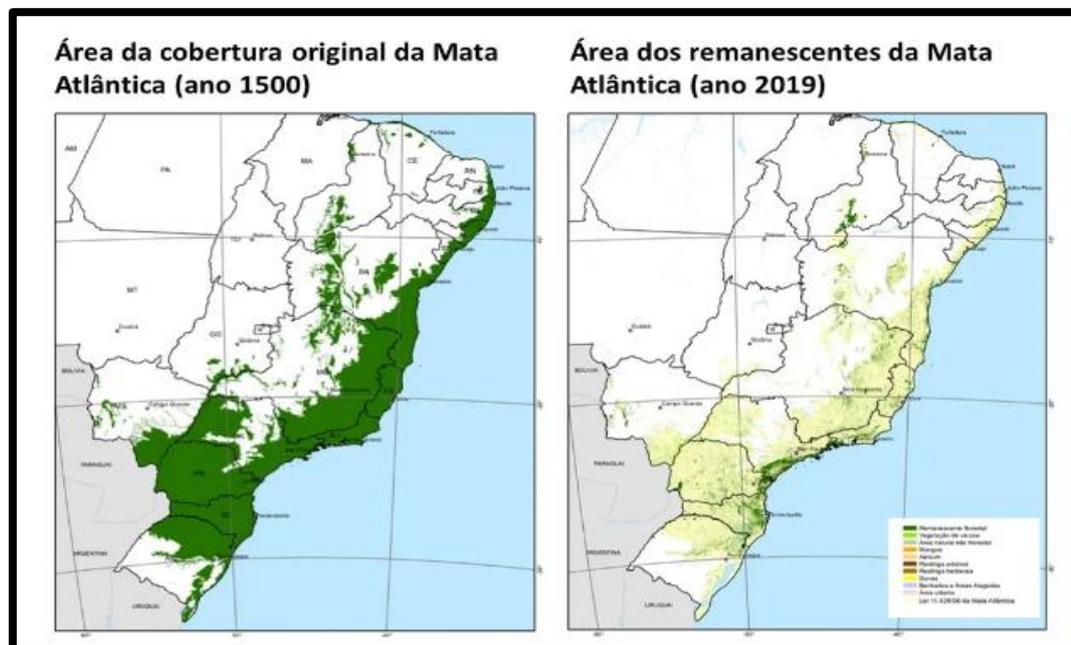


Figura 1. Comparativo entre a área da cobertura original da Mata Atlântica (ano 1500) e a área dos remanescentes da Mata Atlântica (ano 2019). Adaptado de MARCHI *et al* (2021)

O reconhecimento da Mata Atlântica como patrimônio natural na Constituição Federal Brasileira de 1988 (Art. 225, § 4º) reflete a importância da elaboração de políticas públicas visando à preservação desse ecossistema para o equilíbrio ambiental, a conservação da biodiversidade, o bem-estar e a sustentabilidade da vida. Em 2006 a Lei da Mata Atlântica (Lei Federal nº 11.428/2006) regulamentou através de regras específicas a utilização, a proteção e a conservação da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.

Proposta por mais de 70 países e liderada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a presente década (2021-2030) foi estabelecida pela Organização das Nações Unidas/ONU como a Década da Restauração de Ecossistemas (Década da ONU, 2024). Com o objetivo de prevenir, cessar e reverter a degradação dos ecossistemas mundiais, a resolução aprovada por Assembleia Geral em 1 de março de 2019 foi o ponto de partida

para mobilizar atores individuais, sociais, empresariais e governamentais valendo-se de políticas públicas, normatizações, legislações e iniciativas como forma de reforçar compromissos globais, regionais e locais de salvaguardar os ecossistemas em todo planeta (CHAZDON *et al.*, 2022; NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2022).

Conforme apontam Pereira (2018) e Saggin Júnior *et al.* (2022), o Brasil, parte integrante de acordos internacionais realizados nas sessões das Conferência das Partes (COP²) das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), assumiu o compromisso de restaurar, em um contínuo de atividades, 12 milhões de hectares (120 mil km²) de ecossistemas degradados até o ano de 2030, área um pouco maior que o estado de Pernambuco. A área degradada do território brasileiro é de 140 milhões de hectares (1.400 mil km²), correspondente a 16,5% do território nacional, e o bioma Mata Atlântica é a mais representativa desse total (EMBRAPA, 2016).

Pereira (2018) e Saggin Júnior *et al.* (2022) atentaram, no entanto, para o desafio na produção de mudas das espécies nativas. Afirmam que o custo da produção de mudas florestais, em termos de qualidade e quantidade necessárias para garantir o sucesso da restauração das áreas degradadas, é um dos principais obstáculos a serem enfrentados e consideram a inoculação com FMAs como a técnica apropriada para atingir a meta estabelecidas nos acordos nacionais e internacionais.

Existem inúmeros trabalhos e pesquisas sobre a diversidade topográfica, florestal e climática da Mata Atlântica (PEREIRA, 2013) com pouca representatividade sobre a diversidade biológica existente no solo deste bioma que influi consideravelmente no estabelecimento das espécies. Entretanto, CROUZEILLES *et al.* (2020) estabeleceram, em seu estudo, que a floresta da Mata Atlântica é capaz de autorregenerar milhões de hectares. Valendo-se de modelagem matemática, tendo como base 2,8 milhões de hectares regenerados sem interferência humana, entre os anos 1995 e 2015, os pesquisadores

² A primeira COP data de 1995, e aconteceu em Berlim, na Alemanha. No ano de 2025 será realizada a 30ª edição dessa reunião, que terá sede pela primeira vez no Brasil, em Belém (Pará).

propuseram a “regeneração assistida”. Nesse processo a interferência humana seria de garantir a não ocupação humana da área e o plantio de espécies específicas ou endêmicas, por exemplo (WRI BRASIL, 2020). Uma das técnicas sugeridas pelo estudo é a de “melhorar o conhecimento científico da restauração”, desta feita, os FMAs podem ser considerados como estratégia para a recuperação e/ou conservação da biodiversidade da Mata Atlântica. E a preservação da Mata Atlântica deve ser ato coletivo e depende do conhecimento e esforços integrados entre a sociedade e a ciência.

2.2 A CIDADE DO RIO DE JANEIRO COMO POLO ESTRATÉGICO PARA A REGENERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA

A Cidade do Rio de Janeiro, com 120.032,9 hectares (1.200,329 km²) de área territorial (IBGE, 2022) está localizada entre o mar e a montanha, situada a 22°54’ latitude sul e 43°26’ longitude oeste, em plena Zona Tropical, faz fronteira com os municípios Itaguaí, Duque de Caxias, Seropédica, Nilópolis, Mesquita, Nova Iguaçu e São João de Meriti (PSBM, 2015)

Na Cidade do Rio de Janeiro, o bioma Mata Atlântica, devido fatores como topografia, clima e posição geográfica, apresenta uma grande biodiversidade e o estabelecimento de três fitofisionomias distintas (PMSB, 2015; PIMENTA, 2024). Conforme o *Manual Técnico da Vegetação Brasileira* (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, 2020) as formações florestais da Mata Atlântica que vão de perenifólias a decíduas, classificadas como floresta ombrófila densa, manguezal e restinga (Anexo IIa, b e c).

A temperatura média anual da Cidade (DATARIO, 2024) é de 23,7 °C. O clima da Cidade é influenciado também pelos ventos. O Anticiclone Tropical Atlântico, ou Massa Tropical Atlântica, tem direção de NE-N, e atua com maior intensidade no inverno. As brisas terrestres no inverno, com direção N-NO, das 20 horas às 9 horas em virtude do resfriamento do continente. Na orla marítima, a direção da brisa é S-SE, geralmente de setembro a abril. Entretanto, a composição do relevo define os climas de cada zona ou bairro, como por exemplo, o bairro Bangu, situado na Zona Oeste, entre os Maciços de Gericinó e Pedra Branca, local de maiores temperaturas anuais no verão. (PSBM, 2010). Os índices

pluviométricos anuais da cidade variam em função do relevo. Nos pontos mais elevados, Maciço da Tijuca (2200mm) Maciço de Gericinó-Mendanha (1400mm) e Maciço da Pedra Branca (1200mm), Zona Norte (905mm) e demais áreas de planície de forma homogênea (1000-1200mm) observa-se variação na média anual. Entretanto, no verão, a precipitação no litoral é menor do que na Zona Norte, em face da convecção do ar úmido oriundo da zona sul da cidade, devido ao aquecimento das áreas mais afastadas (DERECZYNSKI *et al*, 2009).

No bioma Mata Atlântica existem aproximadamente 21,2 mil espécies de flora e fungos catalogadas, dos quais 10,5 mil endêmicas do Brasil, contribuindo para a manutenção do equilíbrio ambiental (polinização, clima, retenção do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes. Além disso, este bioma abriga mais de 5% das espécies de vertebrados do planeta. Outro fator de importância socioambiental é o papel da floresta na regulação dos recursos hídricos, fornecendo água para a população residente, abrangendo valores espirituais e religiosos. Os produtos para indústria, como fibra, madeira e medicamentos fazem parte também da manutenção da vida humana nos ambientes naturais (METEORED, 2024; ZAÚ, 2021; PIMENTA, 2024).

A área de Floresta Ombrófila Densa, de recém-plantadas até as mais preservadas em relação ao impacto negativo da ação humana, está presente nos maciços da Tijuca, Pedra Branca e Gericinó/Mendanha, locais com aproximadamente 90% deste tipo de vegetação (SMAC, 2015). A área de Manguezal corresponde a Baía de Sepetiba, Sistema Lagunar Jacarepaguá-Barra da Tijuca, Baía de Guanabara, principalmente nas Ilhas, Lagoa Rodrigo de Freitas, Ilha do Governador: estuário do Rio Jequiá, Praia dos Galegos, Tubiacanga e Rio Piraquê (REFLORESTA RIO, 2024; MANGUEZAIS CARIOCAS, 2024). A área de Restinga encontra-se próxima ao litoral. São ecossistemas sobre dunas e planícies costeiras formadas por sedimentos terciários e quaternários, com vegetações herbáceas, arbustivas e arbóreas (SMAC, 2015; Refloresta Rio, 2024). A origem da restinga está associada ao movimento de avanço e recuo das águas marinhas sobre a costa do litoral, resultando em deposição de sedimentos dos períodos Terciários e Quaternário. Na área do Município existem poucos remanescentes na praia de Grumari (PNM

Grumari), ao redor da Lagoa de Marapendi (APA de Marapendi), ao redor da Lagoa das Tachas (Parque Chico Mendes), Restinga da Marambaia, e Guaratiba (REBIO Guaratiba) (SMAC, 2015).

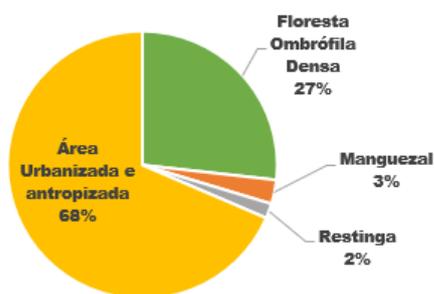
Em trabalho recente divulgado pela SMAC Manguezais Cariocas (2024) aponta para o aumento da área de manguezal na cidade.

Tabela 1 – Comparativo entre os inventários florestais do Município do Rio de Janeiro dos anos 2015, 2019 e 2024.

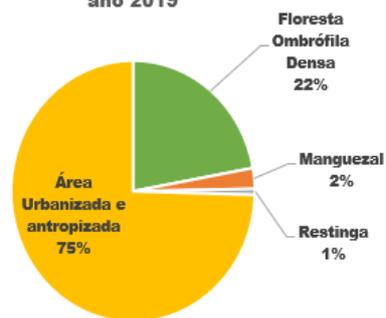
Tipo Florestal	Área (ha) ano 2015	Área (ha) ano 2019	Área (ha) ano 2024*
Floresta Ombrófila Densa	32.139	26.583	26.583*
Manguezal	3.485	3.057	4.048
Restinga	2.152	893	893*
Área Urbanizada e antropizada	82.256,90	89.499,90	88.508,90
ÁREA DO MUNICÍPIO	120.032,90	120.032,90	120.032,90

*valores sujeitos a alterações. Atualização de dados da cobertura vegetal relativos ao ano 2024 com publicação prevista para 2025 (SMAC, 2024)

Cobertura arbórea do Município do Rio de Janeiro ano 2015



Cobertura arbórea do Município do Rio de Janeiro ano 2019



**Cobertura arbórea do Município do Rio de Janeiro
ano 2024**

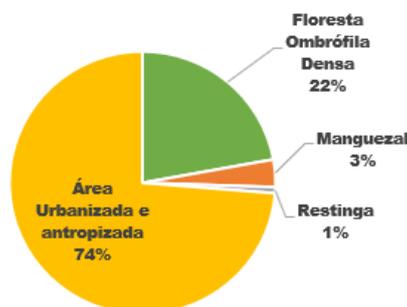


Figura 2. Cobertura Arbórea do Município do Rio de Janeiro nos anos 2015, 2019 e 2024.
Fonte: Inventário da Cobertura Arbórea da Cidade do Rio de Janeiro/2015. Refloresta Rio/2024. Manguezais Cariocas, 2024.

Conforme descrito na Tabela 1, a floresta ombrófila densa com 26.583 hectares, ocupa 22% da área do Município. Os manguezais (baixadas) com 4.048 hectares, ocupam 3% da área do Município. As áreas de restinga com 893 hectares, ocupam 1% da área do Município. Várias espécies nativas da Mata Atlântica foram introduzidas nos ambientes urbanos, como ruas, avenidas e praças, especialmente na Quinta da Boa Vista e no Aterro do Flamengo. Essas árvores, plantadas com propósitos paisagísticos, abrangem aproximadamente 43,81% da área total do município (SMAC, 2015).

De acordo com a ONG brasileira Fundação SOS Mata Atlântica (2024), atualmente a extensão de Mata Atlântica no Município do Rio de Janeiro totaliza 23.527 hectares (235,27 km²). Essa área é equivalente a quase 31 mil campos de futebol e representa aproximadamente 19,60% da Mata Atlântica original ainda presente no município.

O Portal MultiRio (2022) da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro destaca as transformações topográficas da Cidade do Rio de Janeiro ocorridas devido a questões ambientais e de saúde pública, já preconizadas no século XVIII. O acúmulo de dejetos em áreas baixas e praias e até mesmo o sepultamento nos arredores das igrejas, expuseram a população a doenças endêmicas e epidêmicas naquele período. As interferências humanas no meio físico da Cidade ocorreram como forma de resolver os problemas sanitários com desmorte dos morros, reflorestamento, drenagem e elevação dos terrenos, construção de valas e aterros dos charcos, alterando significativamente a fitofisionomia carioca.

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Florestas, a área original do bioma ocupava toda extensão do Estado do Rio de Janeiro (IBF, 2020)

A Cidade do Rio de Janeiro representa um polo estratégico para a restauração ecológica e a manutenção da biodiversidade do bioma. Os benefícios para a Cidade do Rio de Janeiro com a regeneração da Mata Atlântica vão além do retorno da fauna silvestre e da manutenção da vida de espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção, conforme Resolução SMAC nº 073/2022 e Resolução SMAC nº 74/2022. A restauração das áreas degradadas produz segurança alimentar para a população e gera recurso financeiro com o uso indireto de produtos florestais, haja vista que as áreas remanescentes da Mata Atlântica se encontram próximas dos grandes centros urbanos. Além disso, pauta importante nos acordos internacionais sobre as mudanças climáticas e manutenção da vida no Planeta, o sucesso da restauração ecológica tem peso fundamental no sequestro do dióxido de carbono da atmosfera (SMAC; 2015; WRI BRASIL, 2020).

A SMAC, órgão da Prefeitura do Rio de Janeiro executor responsável pela política pública de regeneração de áreas degradadas da Cidade do Rio de Janeiro, possui na estrutura viveiros (cinco) e (um) horto florestais e desenvolve um importante trabalho na produção de mudas para restauração ecológica. Segundo a Gerência de Mutirão Reflorestamento/GMR da SMAC, no ano de 2022, foram produzidas 199.817 mudas das espécies da Mata Atlântica nos viveiros e foram plantadas 95.964 mudas. No ano 2023, o total de mudas produzidas e plantadas pelos viveiros da SMAC corresponderam 195.873 e 128.964, respectivamente. Conforme informações da GMR, empregando 170 espécies florestais arbóreas nativas, além de espécies herbáceas e arbustivas, a produção de mudas (estoque de mudas disponível) nos viveiros da SMAC é sempre maior do que a demanda, de forma a suprir os déficits de demanda dos projetos devido ao tempo de crescimento (SMAC, 2023)

Não obstante a Cidade do Rio de Janeiro ser a única grande cidade do Brasil com programa de restauração ecológica permanente, tal como o Mutirão do

Reflorestamento³ e o Refloresta Rio⁴, com recursos próprios e de compensações ambientais, a ampliação das áreas verdes continua sendo um grande desafio. A perda de área de floresta é um dado preocupante, pois o risco da perda de espécies endêmicas é muito alto (PIMENTA, 2024).

Apesar de enfrentarem dificuldades na infraestrutura dos viveiros da SMAC, os técnicos realizam um controle cuidadoso das qualidades genéticas e fitossanitárias das sementes, garantindo a diversidade, o vigor e o porte adequado das mudas (SMAC, 2023). Esses esforços são essenciais para o sucesso do programa de reflorestamento e êxito na recuperação das áreas degradadas da cidade.

As espécies *H. courbaril* e *A. leiocarpa* são semeadas nos viveiros da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e utilizadas na restauração de mata de encostas (PSBM, 2015). Espécie ameaçada de extinção na Cidade do Rio de Janeiro pela Resolução SMAC nº 074/2022, publicada no Diário Oficial do Município em 22/08/2022, *A leiocarpa* é ecologicamente importante devido a sua utilidade na recuperação de solos degradados (MORAES, 2013) e pela contribuição econômica do valor da sua madeira (CARVALHO, 2003; CNCFLORA, 2024).

³ Criado pela Prefeitura do Rio, inicialmente na Secretaria Municipal de Desenvolvimento Social – SMDS, em 1985, como Projeto Mutirão do Reflorestamento utilizando agentes locais da comunidade cuja finalidade eram obras de esgotamento sanitário, drenagem de águas superficiais e acessibilidade. As ações de restauração ecológica passaram a compor o programa a partir de 1986, com trabalho remunerado. Com a criação da SMAC, em 1994 foi convertido no Programa Mutirão do Reflorestamento, em ações contínuas de reflorestamento (ZAÚ, 2021).

⁴ A partir de 2019 novas formas de projetos de restauração ecológica expandiram o Programa Mutirão Reflorestamento, surgindo o Refloresta Rio. O Programa Refloresta Rio atua em ambientes degradados do Bioma Mata Atlântica_ e seus ecossistemas associados, especificamente na recuperação de Florestas Ombrófilas Densas, Restingas e Manguezais da cidade.

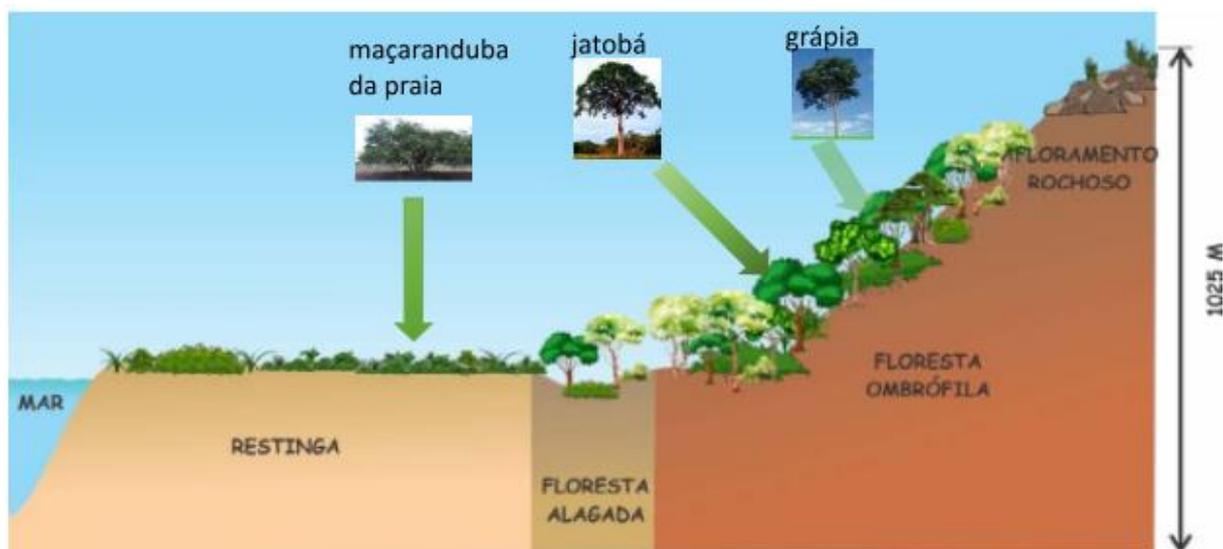


Figura 3. Indicação das espécies selecionadas no estudo no perfil da fitofisionomia da Mata Atlântica na Cidade do Rio de Janeiro.

Fonte: Adaptado de Perfil do bioma Mata Atlântica para a Cidade do Rio de Janeiro. A altitude máxima foi baseada no pico mais alto, o Pico da Pedra Branca. Fonte: MANUAL DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA DO HORTO CARLOS TOLEDO RIZZINI e Espécies-Arbóreas-Brasileiras / EMBRAPA.

3. CARACTERÍSTICAS DAS ANGIOSPERMAS

Angiospermas são plantas pertencentes à Divisão do Reino Vegetal caracterizadas por possuírem flores e sementes envoltas em fruto. O caule pode ser lenhoso, sublenhoso ou herbáceo, perenes, com vasos no tecido condutor. Os órgãos sexuais encontram-se inseridos em flores, que podem ser bissexuais ou unissexuais, com a maior parte hermafroditas (65%) e parte dioicas (20%), com indivíduos femininos e masculinos, e monoica (15%), com espécies apresentando um sexo (MACHADO, 2018). A característica hermafrodita do órgão reprodutor da maioria das Angiospermas confere às espécies a capacidade de elevada reprodução em ambientes com baixa densidade de indivíduos vegetais. A polinização das Angiospermas ocorre principalmente através do vento (anemófila) ou por animais (zoófila) e ocasionalmente por água (hidrófila) (SCHLEDER *et al.*, 2020).

Os primeiros registros das Angiospermas remontam há 130 milhões de anos (Cretáceo Inferior) com características monofiléticas encontradas em fósseis⁵

⁵ *Archaeofructus liaoningensis* angiosperma primitiva conhecida como "a Primeira Flor". Embutida em ardósias, a planta revela que as plantas com flores apareceram há mais de 100 milhões de

(SCHLEDER *et al.*, 2020). Este grupo das plantas é o mais diverso do planeta com 250.000 espécies (JBRJ, 2024). O sistema atualmente adotado para classificação das Angiospermas pelos profissionais da área de biologia e ecologia é o APG IV - *Angiosperm Phylogeny Group*, Grupo para a Filogenia das Angiospermas, em quarta versão, conforme estabelecido em 2016.

O APG, fundado em 1998 por um grupo de pesquisadores, utiliza a biologia molecular para analisar sequências de nucleotídeos de regiões do DNA, tanto do genoma de cloroplastos quanto do segmento nuclear. A abordagem molecular aliada à Sistemática Filogenética monofilética, que evidencia as relações genéticas entre os grupos de plantas, permite uma classificação mais precisa, baseada em evidências de parentesco evolutivo.

4. CARACTERÍSTICAS DO FILO GLOMEROMYCOTA

4.1 REINO FUNGI

A classificação do Reino Fungi como um reino foi proposta por Jahn & Jahn, em 1949, e Whittaker, em 1969, e é constantemente revisada (MAIA e CARVALHO JUNIOR, 2010). Unicelulares ou pluricelulares, eucariontes e heterótrofos por absorção, alguns sapróbios (decompõe a matéria orgânica liberando nutrientes para outros organismos) e outros simbioses (relação harmônica com outros seres, tais os FMA), os fungos são seres cosmopolitas que contribuem para a manutenção e equilíbrio da vida nos ecossistemas do planeta, considerando ainda para a importância econômica presente nas relações humanas (MORAES, 2012).

As micorrizas, ocorrem na maioria das espécies vegetais superiores, cuja etimologia é originada do grego, em que "mico" significa fungo e "riza" raízes, significando "fungo de raiz" (ANTONIOLLI & KAMINSKI, 1991). O pesquisador e botânico alemão Albert Bernard Frank (PEREIRA, 2015; VISIA, 2016) foi o primeiro a propor em 1885 o termo micorriza para definir a observável associação mutualística benéfica entre os fungos e a maioria dos vegetais. A descoberta no

anos, marcando o início da prosperidade das angiospermas cenozoicas. Os fósseis desta planta foram encontrados na Província de Liaoning, na China, que é famosa por seus fósseis bem preservados (MUSEU DE CIÊNCIAS NATURAIS DE TAICHUNG, 2004)

final do Século XIX da união benéfica entre os vegetais e micro-organismos do solo abriu um campo de estudo visando à identificação das espécies fúngicas arbusculares. De “arbuscular” (latim) refere-se à semelhança das estruturas especializadas desta espécie de fungos que interagem com as células corticais da raiz com a árvore (INVAM, 2024).

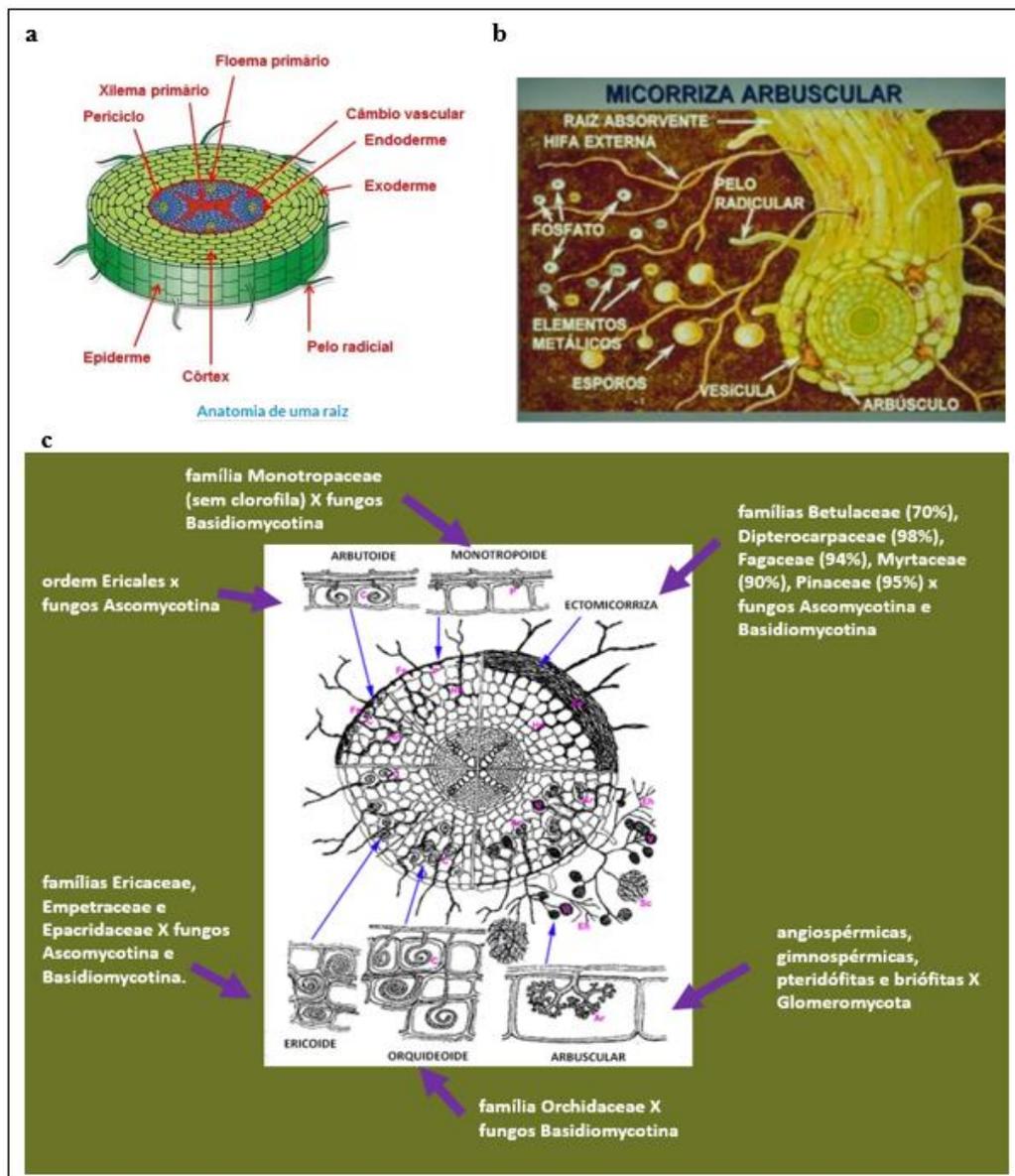


Figura 4. Micorriza Arbuscular: (a) anatomia de uma raiz; (b) detalhe da interação entre esporos e hifas e pelos radiculares (MUNIZ, 2021) e (c) tipos de micorrizas. (CAMARGO-RICALDE, 2012)

Os FMAs diferem de outros fungos micorrízicos (Ectomicorrizas, Arbutoide, Monotropoide, Ericoide e Orquidoide) por formarem arbúsculos dentro das células das raízes dos vegetais (Figura 4 c). Apresentam hifas cenocíticas e esporos

grandes (40 - 800 μm ou 10^{-6} m), com diversas paredes com dezenas de milhares de núcleos. Os arbúsculos não rompem o citoplasma das células das raízes das plantas e têm vida curta, não causando efeito patológico ao vegetal (SAGGIN JUNIOR *et al*, 2011; CAMARGO-RICALDE, 2012; VISIA, 2016; MUNIZ, 2021).

As características citológicas e morfológicas, tais como as estruturas vegetativas e os tipos de glomerosporos, foram responsáveis pela divisão do Filo Glomeromycota. Em 1845 os autores Tulasne & Tulasne descreveram o primeiro gênero de FMA denominado *Glomus Tul. & Tul.*, inicialmente com apenas duas espécies (*Glomus macrocarpum* e *G. microcarpum*) (GOTO, 2009), hoje é o gênero que possui a maior diversidade de espécies de FMA. A primeira revisão da família Endogonaceae, grupo onde se incluía os FMA, foi publicada apenas em 1922 com a inclusão dos *Glomus* no gênero *Endogone* e de outra espécie então descrita, em 1873 (*Sclerocystis Berk. & Broome*). Critérios morfológicos conduziram à nova classificação do gênero *Glomus* (SILVA, 2004).

Em 1974, a segunda revisão da família *Endogonaceae* manteve os FMAs com novas descrições de dois gêneros: *Acaulospora* e *Gigaspora*. Em 1990, os FMAs foram agrupados em Ordem *Glomales*, ainda dentro do filo *Zygomycetes*, ordem distinta criada devido à relação simbiótica que esses organismos formavam com os vegetais através das micorrizas. A criação do filo *Glomeromycota*, em 2001, apresentava uma classe *Glomeromycetes* e quatro ordens: *Diversisporales* (*Acaulosporaceae*, *Diversisporaceae*, *Gigasporaceae*) *Archaeosporales* (*Archaeosporaceae*, *Geosiphonaceae*), *Paraglomerales* (*Paraglomeraceae*) e *Glomerales* (*Glomeraceae*), as quais foram confirmadas por estudos moleculares em 2006 e 2007 (GOTO, 2009).

No início do século XXI, o sistema de classificação dos FMAs passa a utilizar técnicas moleculares baseada em similaridades de sequências de DNA (MAIA e CARVALHO JUNIOR, 2010), em consonância com os avanços da revolução científica molecular. Em contraponto à abordagem tradicional de análise do esporo por microscopia óptica, a identificação taxonômica dos FMAs pode apresentar divergências, pois uma espécie de FMA pode apresentar diferentes morfologia de esporos e nem sempre a semelhança morfológica representa uma mesma filogenia (SAGGIN JUNIOR *et al*, 2011).

A biologia molecular representa um avanço significativo para a identificação desses fungos. Esse método envolve a cultura das raízes do vegetal e a extração de DNA da raiz onde as hifas, componentes do micélio, estão presentes. A ciência vem aprimorando as pesquisas de identificação e classificação fúngica com o sequenciamento do núcleo único dos esporos. Essa abordagem tem sido destacada na literatura nas últimas décadas (SILVA, 2006; VAN DER HEIJDEN MG, 2008; GOTO, 2023; BIODIVERSITY4ALL, 2024).

Estimativas recentes descrevem entre 37.000 e 78.000 espécies de FMAs na biosfera sobre a classificação de filo Glomeromycota, o qual apresenta 3 classes, 5 ordens, 16 famílias, 44 gêneros e 317 espécies oficialmente descritas (LBM, 2024). Entretanto, considerando os parâmetros utilizados na identificação das espécies, ocorrem discrepâncias entre o número de espécies do Reino Fungi. Até mesmo a nomenclatura utilizada para definição pode conter sinônimos, apontando para a necessária atualização da classificação dos FMAs (GOTO *et al.*, 2023). Grande parte desses fungos é encontrada nos ecossistemas tropicais. No Brasil, os filos comumente encontrados são: Ascomycota, Basidiomycota, Glomeromycota e Mucoromycota (REFLORA; 2024).

Tabela 2. Filos do Reino Fungi encontrados no Brasil

Filo	Formas de vida	Substrato	Aceitos	Endêmicos	Sinônimos	
Ascomycota Caval-Sm	endofítico, entomógeno, liquenizado, parasita, sapróbio	Água, animal morto, areia, esterco ou fezes, folhede, (aéreo, submerso), outro, planta viva (córtex do caule, folha, inflorescência, raiz, rocha, solo, tronco em decomposição	94	0	0	ordens
			1322	0	72	gêneros
			3686	21	165	espécies
			0	0	0	subespécies
			39	1	25	variedades
Basidiomycota Whittaker ex R.T. Moore	micorrizico, parasita, sapróbio	Água, areia, esterco ou fezes, folhede, folhede submerso, outro, planta viva (córtex do caule, folha, raiz), rocha, solo, tronco em decomposição	36	0	0	ordens
			709	0	29	gêneros
			3274	30	306	espécies
			6	0	1	subespécies
			90	5	5	variedades
Glomeromycota C. Walker & A. Schüßler	micorrizico	Planta viva (raiz); solo	5	0	0	ordens
			51	0	0	gêneros
			177	0	36*	espécies
			0	0	0	subespécies
			0	0	0	variedades
Mucoromycota Doweld	Parasita, sapróbio	Esterco ou fezes, folhede, planta viva (fruto), solo	3	0	0	ordens
			26	0	0	gêneros
			104	18	13	espécies
			0	0	0	subespécies
			5	0	4	variedades

Fonte: adaptado de REFLORA, 2024. **Glomus clarum* e *Rhizoglomus clarum* são sinônimos de *Rhizophagus clarus* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & A. Schüßler

4.2. FILO GLOMEROMYCOTA

Goto (2009, 2023) destaca que o filo Glomeromycota apresenta uma ampla distribuição nos ecossistemas terrestres com biodiversidade ainda desconhecida. Para Silva (2006) esta distribuição global e generalizada, com variabilidade e

adaptação aos mais diferentes tipos de solo e planta, pode ser explicada pela ancestral simbiose entre os fungos e os vegetais (Paleozoico), conduzindo a evolução mútua entre os dois reinos⁶. A interação simbiótica entre os vegetais e os FMAs com permanência até os dias atuais ocorreu devido à especialização, em um processo de evolução e simbiose mutualística com extensa diversidade de plantas, o que pode indicar um grande campo de estudo para a ciência, com grande potencial biotecnológica (SAGGIN JUNIOR *et al*, 2011).

Lima (2020) enfatiza que as classificações taxonômicas recentes do filo Glomeromycota empregam a abordagem da taxonomia integrativa, combinando simultaneamente dados morfológicos e moleculares para identificação. Como resultado, têm surgido novas descrições de famílias, gêneros e espécies de FMAs (Fungos Micorrízicos Arbusculares) ao longo das últimas décadas, especialmente em ecossistemas tropicais.

Por definição, os FMAs são microrganismos biotróficos obrigatórios (não sobrevivem sem uma planta hospedeira), presentes no solo tropicais em diferentes profundidades (JOBIM, 2014), bioindicadores, além de acelerarem o metabolismo do vegetal contribuindo para o sequestro do carbono da atmosfera (PEREIRA, 2013; PUCH-HAU, 2022). Os FMAs se associam intracelularmente às raízes das plantas fisiologicamente ativas (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2022), e tem uma função fundamental de fornecer nutrientes que estão presentes no solo de forma limitada para o vegetal - N, P (baixa solubilidade e mobilidade), cobre, ferro e zinco - em troca de fotoassimilados obtidos da fotossíntese do vegetal (VAN DER HEIJDEN MG *et al.* 2008; LACERDA, 2011; CORTAT *et al.*, 2022).

Pereira (2015) ainda discorre que na classificação taxonômica dos FMAs, em 1974, os cientistas Gerdemann & Trappe levaram em consideração a morfologia dos glomerosporos como organização das paredes, tamanho, forma, cor, estruturas de germinação, ligação das hifas e reação a compostos de coloração (BIODIVERSITY4ALL, 2024). Em 1990, Morton e Benny definiram a ordem Glomales para os fungos que apresentavam essas estruturas arbusculares

⁶ Estudos da EMBRAPA (2006) sugerem que a migração das plantas do ambiente aquático para o terrestre e que a simbiose entre fungos e plantas tenha favorecido a adaptação ao novo ambiente.

dentro das raízes. O Filo Glomeromycota foi a nova classificação taxonômica dada por Schußler *et al.* em 2001, com base em características morfológicas, ultraestruturais, ontogenéticas e moleculares.

4.3. INTERAÇÃO FUNGO-PLANTA

A reprodução de Glomeromycota ocorre por esporulação. Reproduzem-se assexuadamente, sendo os glomerosporos (esporos) as estruturas reprodutivas e de resistência. Os glomerosporos variam entre 22 a 1.050 µm em diâmetro, parede espessa e com várias camadas, propagando-se por hifas cenocíticas e raízes colonizadas. A reprodução ocorre através do desenvolvimento da ponta da hifa, onde são produzidos os esporos. A germinação dos esporos depende de condições ambientais diversas, tais como temperatura ambiente, nutrientes disponíveis no solo e espécies vegetais hospedeiras (PEREIRA, 2013; CORTAT *et al.*, 2022).

A formação da micorriza ocorre inicialmente com a germinação do esporo na superfície da raiz, seguida da penetração mecânica e enzimática da hifa e posterior colonização inter e intracelular. Os vegetais não apresentam defesa típica ou modificações morfológicas aos fungos micorrízicos, tornando-se imperceptível a olho nu se a micorrização efetivou-se nos primeiros meses, sendo necessária a análise laboratorial por microscopia óptica. Segundo pesquisa da EMBRAPA (2006) as células dos vegetais apresentam alterações com a presença dos arbúsculos fúngicos, tais como redução no tamanho de vacúolos, aumento do volume do citosol e do número de mitocôndrias, plastídios, retículo endoplasmático e de Golgi. O núcleo aumenta de tamanho e migra para o centro da célula. A planta se torna um nicho para o FMA.

Desta feita, os FMAs e as plantas apresentam relação simbiótica e mutualística, gerando benefícios fisiológicos, nutricionais, ecológicos ou a combinação destes benefícios. Também ocasionam benefícios do ecossistema em que estão inseridos, gerando estabilidade do solo (INVAM, 2024). Espécies arbóreas tropicais, incluindo as espécies madeireiras de alto valor comercial, se associam a FMAs, e produz efeito positivo no estabelecimento das mudas e

crescimento das plantas (TÓTOLA e BORGES, 2000; PÉREZ-MORENO e NEGREROS-CASTILLO, 2011; RAJAN *et al.* 2020; FALCÓN *et al.* 2021).

Para que a simbiose ocorra, a planta hospedeira específica não é o fator primordial, com apontam CORTAT *et al.* (2022); uma espécie vegetal pode formar associação micorrízica com as mais diversas espécies de solo-planta. Segundo as pesquisas realizadas em todos os biomas brasileiros, os autores Winagraskl *et al.* (2019) concluíram que as condições ambientais favorecem ou não a efetividade da inoculação. Desta forma, a identificação com a espécie vegetal e o ambiente em que estão inseridas (EMBRAPA, 2006) são fatores, que, se associados, contribuem para a efetividade da inoculação dos FMAs. Pesquisa realizada por Oliveira Júnior *et al.* (2022) aponta que o crescimento e produtividade dos vegetais em resposta à colonização de FMAs variam concomitantemente com a espécie da planta, a espécie do FMA e as condições ambientais, alterando a competitividade entre as espécies vegetais (Lacerda *et al.*, 2011), principalmente em florestas tropicais devido à deficiência de fósforo (P).

4.4. TAXA DE INTERAÇÃO FUNGO-PLANTA

Esse fenômeno, ocorrido há pelo menos 460 milhões de anos, é amplamente reconhecido como um marco de extrema relevância para a sustentação da vida no planeta. A descoberta evidencia uma simbiose vital com cerca de 80% de todas as espécies e 92% das famílias vegetais, nos ecossistemas terrestres, dos polares até os tropicais úmidos ou desérticos. Em Angiospermas a taxa percentual eleva-se para 85 a 94% das espécies. Por esses fatores, plantas não micorrizadas podem ser consideradas exceção na natureza. Além disso, essa descoberta representa um avanço significativo na exploração de madeira, fibras e alimentos, além de desempenhar um papel de extrema importância na recuperação de solos degradados. (VAN DER HEIJDEN MG *et al.*, 2008; GURGEL, 2009; SAGGIN JUNIOR *et al.*, 2011; PEREIRA, 2015; OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2017; VISIA, 2016; CORTAT, 2022; INVAM, 2024).

A taxa de interação entre fungo e planta depende de alguns fatores: da dispersão condicionada pela presença de animais herbívoros; da densidade de esporos no solo e das excreções químicas das plantas hospedeiras, hormônio

vegetal estrigolactona (responsáveis pela atração e crescimento das hifas dos fungos em direção ao fino sistema radicular). A interação entre fungo-planta ocorre nos pelos radiculares com o desenvolvimento de apressórios entre as células das raízes epidérmicas. As hifas, uma vez no interior da raiz, estendem-se até às células corticais e penetram nas paredes celulares. Entretanto, não penetram na membrana celular, criando uma invaginação (BIODIVERSITY4ALL, 2024).

Outro dado importante a ser considerado, conforme as pesquisas de Oliveira Junior *et al.* (2022) e Oliveira Júnior J.Q *et al.* (2017), devido à especialização, deve-se utilizar um mix de espécies de FMAs em cada muda, sob condições ambientais igualitárias, para favorecer a combinação fungo-planta. Junior *et al.* (2022) aponta para novas pesquisas realizadas com fungos em culturas assimióticas, com resultados que apresentam esporos menores do que em plantas hospedeiras, consideradas onerosas e pouco factíveis para os autores. Para inoculação dos fungos nas plantas hospedeiras, os autores recomendam substrato composto por parte de areia para facilitar a drenagem e a aeração e que contenham baixos teores de nutrientes, especialmente do Fósforo, a fim de não impedir a simbiose do FMA com o vegetal.

4.5. BENEFÍCIOS DA MICORRIZAÇÃO

Contribuições da associação micorrízica descritas na literatura apontam para a redução do uso de fertilizantes e adubos químicos, em face à potencialidade das hifas explorar volume de solo mais extenso do que o sistema radicular dos vegetais. Os FMAs ajudam também a mitigar os estresses abióticos - permitindo o transporte de água e nutrientes do solo de áreas distantes das raízes das plantas, presença de metais pesados e deposição de glomalina⁷. A glomalina aumenta a agregação do solo e contribui para a restauração ecológica e para restauração de áreas degradadas. O controle biológico contra pragas e patógenos no sistema radicular é outro importante benefício da associação micorrízica, em

⁷A glomalina é capaz de ligar poluentes como Cu, cádmio (Cd), chumbo (Pb) e Zn, ou imobilizá-los (JUNIOR *et al.*, 2022)

face da substituição dos fertilizantes e adubos químicos (SILVA *et al.*, 2006; LACERDA, 2011; OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2017; WINAGRASKI, 2019; JUNIOR *et al.* 2022).

Oliveira Junior (2022) e pesquisas realizadas pela EMBRAPA (2006) discorrem para os benefícios da micorrização para as espécies vegetais, da absorção de nutrientes à resistência a estresses ambientais: 80% fósforo (fosfato inorgânico, imobilizado em baixa concentrações em ambientes intemperizados); 25% do nitrogênio; 10% do potássio; 25% do zinco (de baixa mobilidade); 60% do cobre (de baixa mobilidade); proteção de plantas contra estresse salino; resistência à seca; menor estresse nutricional; aumento na taxa fotossintética; maior densidade e longevidade das raízes e maior proteção contra patógenos.

Conforme descrito por Van der Heijden MG *et al.* (2008), a diversidade de FMAs, assim como de outros microrganismos presentes no solo, é reduzida devido ao uso da terra e à contaminação química. Outro dado importante levantado pelos pesquisadores é a relação inversa entre a diversidade microbiana e a disponibilidade de nutrientes encontrada no solo, considerando ainda que as plantas são menos dependentes dos FMAs diante de solo de alta fertilidade. Considerando esses fatores, em solos pobres em nutrientes, tal como o é das florestas tropicais, a diversidade de FMAs é mais frequente. Os solos tropicais, principalmente o brasileiro, é rico em alumínio (Al) e óxido de ferro (Fe) que se ligam ao fósforo (P), fixando-o, tornando indisponível para a planta (SOUZA, 2018).

5.CONTEXTO POLÍTICO ATUAL PARA A ESPÉCIES MICROBIANAS

A década de 2020 tem representado um avanço para a produção de insumo agrícola sustentável. A edição do Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020 (alterado pelo Decreto nº 11.940 de 07 de março de 2024), que instituiu o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos, trata de produção mais sustentável no setor agrícola, valendo-se de estímulo às pesquisas, à inovação e ao desenvolvimento de boas práticas no uso de bioinsumos. Nesta conjuntura, como apontam Cortat *et al* (2022), o estímulo à utilização de microrganismos promotores do crescimento e do desenvolvimento vegetal, com a consequente diminuição do emprego de

fertilizantes químicos, posiciona os FMAs como bioinsumos de potencial estratégico para os processos de restauração ecológica e regeneração da biodiversidade na Mata Atlântica. A referida definição pode ser encontrada no artigo 2º do Decreto nº 10.375/2020, o qual conceitua bioinsumo como:

O **produto**, o processo ou a tecnologia **de origem** vegetal, animal ou **microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de** produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de **florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta** de animais, **de plantas**, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos (BRASIL, 2020; grifo nosso).

A legislação também aborda no artigo V, Inciso VII, os objetivos do programa e menciona a adoção do uso de insumos na ampliação da tecnologia, incentivando, entre outros aspectos, o sistema de plantio direto e a recuperação de pastagens degradadas.

O principal obstáculo à utilização ampla destes fungos está na dificuldade de produção, em larga escala, de inoculantes que atendam as especificações do mercado, em termos de custo, pureza e qualidade. Os FMAs são biotróficos obrigatórios, ou seja, dependem do estabelecimento de simbiose com raízes de plantas compatíveis para completar seu ciclo de vida. Esta característica dificulta a produção asséptica de inoculante e seu registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). A grande maioria dos produtos é formulada com *Rhizoglossum* (BASIRU *et al.*, 2021), pois apresentam boa adaptação para produção de inóculo em sistemas monoxênicos - fungo associado a cultura de raízes - e dependendo da espécie podem ser capazes de produzir centenas a milhares de propágulos em curtos períodos de tempo (SOUZA *et al.*, 2005).

Atualmente, existe um inoculante comercial composto por FMAs registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa): Rootella BR, sob nº 22902 10000-0 (STOFFEL *et al.*, 2020). Este inoculante contém o fungo *Rhizoglossum intraradices* (*Rhizophagus intraradices*). Além dessa espécie, o *Rhizoglossum clarum* também vem sendo testado em campo no Brasil (CELY *et al.*, 2016; BARAZETTI *et al.*, 2019), porém sem registro comercial.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desenvolvimento de três espécies arbóreas vegetais da Mata Atlântica quanto à efetividade da simbiose com fungos micorrízicos arbusculares - FMAs, em substrato com adubos químicos, nas práticas de restauração ecológica da Cidade do Rio de Janeiro pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a resposta à inoculação FMAs em plantas de jatobá (*H. courbaril*) e acompanhar seu desenvolvimento;

Avaliar a resposta à inoculação FMAs em plantas de maçaranduba da praia (*M. subsericea*) e acompanhar seu desenvolvimento;

Avaliar a resposta à inoculação FMAs em plantas de grápia (*A. leiocarpa*) e acompanhar seu desenvolvimento e

7. METODOLOGIA

A identificação das espécies vegetais e fúngicas realizou-se por meio de revisão bibliográfica que incluiu artigos acadêmicos, dissertações, teses, legislações, normas técnicas e pesquisa em sites de instituições públicas e privadas, organizações empresariais e organizações não governamentais.

Foram preparadas, separadas e mantidas em viveiro vinte mudas de cada uma das seguintes espécies vegetais: jatobá (*H. courbaril*), maçaranduba da praia (*M. subsericea*) e grápia (*A. leiocarpa*). O substrato utilizado foi composto por barro, areia, esterco equino, cloreto de potássio e sulfato de amônio.

As origens das mudas, bem como a composição do substrato, com proporções específicas para atender às necessidades nutricionais da espécie, variam conforme descrição abaixo:

Grápia (*A. leiocarpa*) - Horto Carlos Toledo Rizzini (Parque Natural Municipal do Bosque da Barra); substrato composto de areia⁸, barro e esterco equino.

⁸ areia como substrato é utilizada para espécies de restinga.

Jatobá (*H. courbaril*) - Viveiro Municipal Florestal da Fazenda Modelo (bairro Guaratiba); substrato composto por barro, esterco equino, cloreto de potássio e sulfato de amônio;

Maçaranduba da praia (*M. subsericea*) - Viveiro Municipal de Produção de Mudanças de Grumari (bairro Grumari); substrato composto por areia, barro e esterco equino.

O cloreto de potássio é o fertilizante mais utilizado mundialmente como fonte de potássio para as plantas. O potássio é um importante macronutriente que atua no desenvolvimento e produtividade das plantas, tais como a ativação enzimática; síntese proteica; fotossíntese; transporte de fotoassimilados no floema; crescimento celular; regulação do potencial hídrico das células e melhoria da qualidade de flores e frutos. O sulfato de amônio é um fertilizante utilizado como fonte de nitrogênio e enxofre, macronutrientes essenciais para o vegetal. O nitrogênio é exigido em altas quantidades pelas plantas. Ele está envolvido em processos vitais para o crescimento vegetal, na fotossíntese (parte constituinte da clorofila) e no desenvolvimento do sistema radicular. O enxofre participa na formação de moléculas orgânicas aminoácidos, proteínas e enzimas, envolvidas no ciclo de vida vegetal (VELOSO, 2022).

A Figura 5 apresenta a posição taxonômica das três espécies do presente estudo. (APG IV - Angiosperm Phylogeny Group, 2016; SCHLEDER *et al.*, 2020).

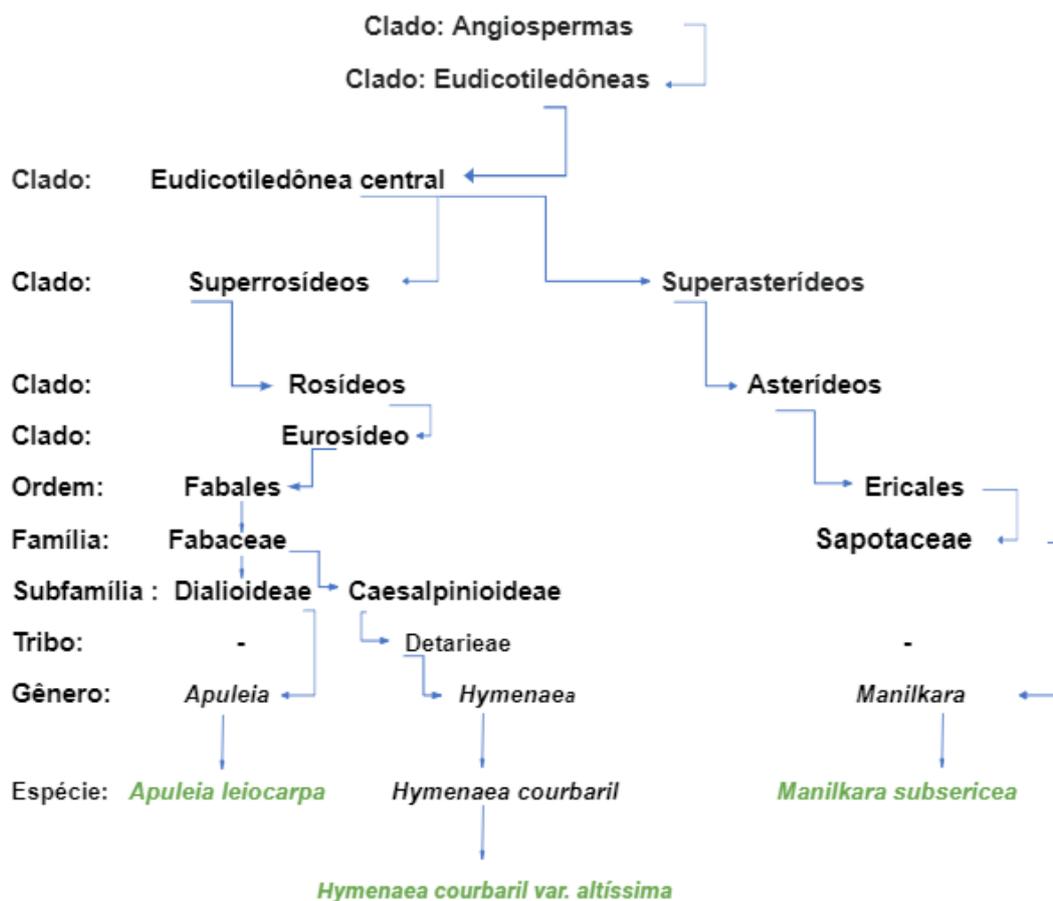
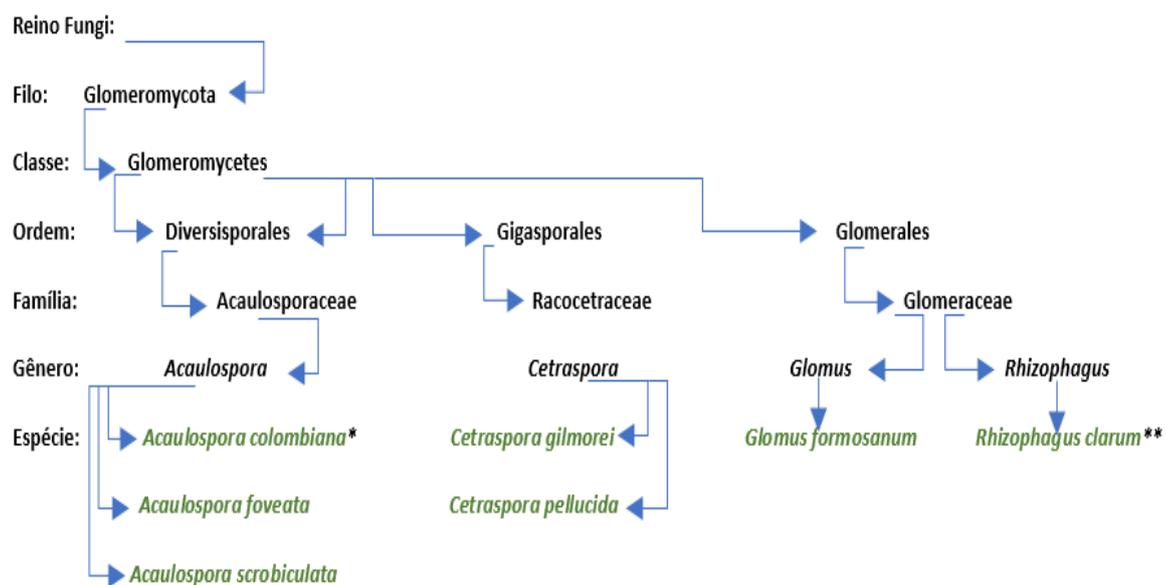


Figura 5 - Representação esquemática da posição taxonômica das espécies arbóreas *Manilkara subsericea*, *Apuleia leiocarpa* e *Hymenaea courbaril* var. *altissima* de acordo com o APG IV.

A Figura 6 representa a filogenia das espécies de FMAs selecionadas no presente estudo: *Acaulospora colombiana* (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever 2010), *Acaulospora foveata*, *Acaulospora scrobiculata*, *Cetraspora gilmorei*, *Cetraspora pellucida*, *Glomus formosanum* e *Rhizophagus clarus* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd., G.A. Silva & Oehl), seguindo classificação de acordo com GOTO (2024), LIMA (2020) e GOMES *et al* (2022).



* Gênero *Kuklospora* Oehl & Sieverd.

Kuklospora colombiana (Spain & N.C. Schenck) Oehl & Sieverd.

** Gênero *Rhizoglomus* Sieverd. G.A. Silva & Oehl

Rhizoglomus clarus (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd., G.A. Silva & Oehl

Figura 6. Filogenia das espécies de FMAs selecionadas no presente estudo: Representação esquemática da posição taxonômica das espécies de fungos micorrízicos arbusculares usados como inoculantes nas espécies arbóreas deste estudo, de acordo com Goto (2024), Lima (2020) e Gomes *et al.* (2022).

7.1. MORFOLOGIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA ESTUDADAS

As três espécies arbóreas da Mata Atlântica estudadas apresentam formas biológicas que as diferenciam, tal como a “estacionalidade” das suas folhas e morfologia das folhas e frutos. Na Cidade do Rio de Janeiro, a espécie *A. leiocarpa* (grápia) encontra-se presente em floresta ombrófila densa, com característica caducifólia em solos secos e profundos. A *H. courbaril* (jatobá), com característica semicaducifólia, encontra-se em floresta ombrófila densa, em solos argilosos, e a

M. subsericea (maçaranduba da praia), com característica perenifólia, em área de restinga (SMAC, 2015). A caducifolia da espécie grápia apresenta-se como uma característica marcante observada durante a experiência *in loco*.

A distribuição com a concentração da ocorrência natural das três espécies no Brasil encontra-se na Figura 7.

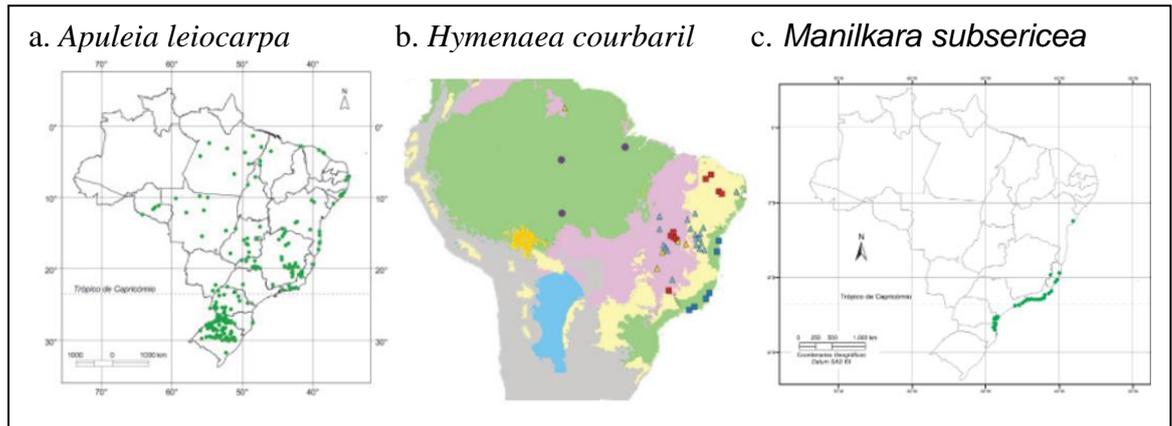


Figura 7. Distribuição da ocorrência natural no Brasil das espécies vegetais estudadas: (a) *A. leiocarpa* ocorre em todas as Regiões do Brasil e (c) *M. subsericea* ocorrência nas Regiões Sudeste e Sul (EMBRAPA, 2003) e (b) ocorrência da variante *H. courbaril altíssima* no Bioma Mata Atlântica, encontrada nas Regiões Nordeste e Sudeste, identificada com a simbologia de quadrado azul (Souza, 2014)

Com base nas informações sobre os períodos de floração e frutificação disponíveis (EMBRAPA, 2024) sobre as espécies estudadas e a imagem apresentada sobre jatobá, nós produzimos imagens semelhantes das espécies de grápia e maçaranduba para comparação entre elas (Figura 8).

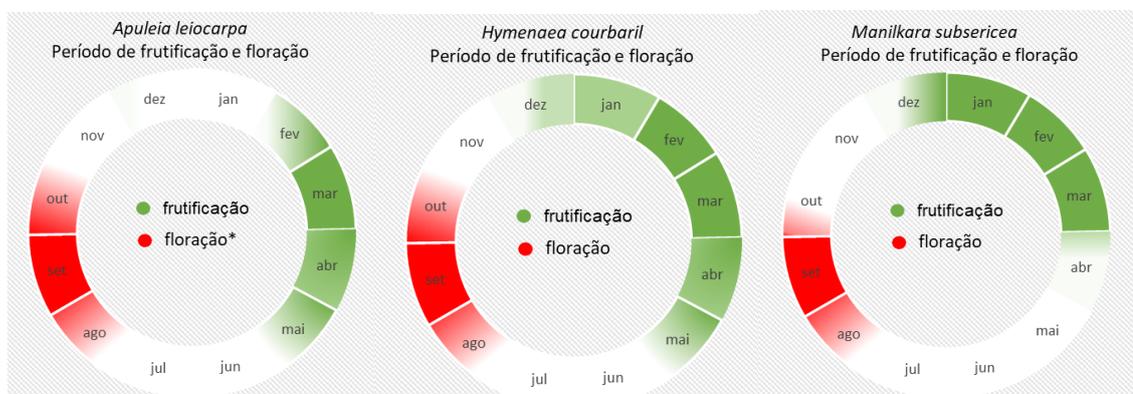


Figura 8. Comparação dos períodos de frutificação e floração das espécies estudadas. (adaptado de EMBRAPA, 2004) *floresce antes de formar as folhas.

7.1.1. *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr

A *A. leiocarpa*, conhecida como "garapa" ou "grápia", homenageia o filósofo L. Apuleus Madaurensis. O epíteto "leiocarpa" refere-se ao fruto liso e sem ornamentações. Essa árvore pioneira, não endêmica do Brasil, é classificada como secundária inicial, tardia e clímax exigente em luz. Polinizada principalmente por abelhas e pequenos insetos, é encontrada em todas as regiões brasileiras (Figura 7(a)), incluindo a floresta ombrófila densa do Rio de Janeiro (SMAC, 2015). A *A. leiocarpa* é caducifólia, podendo atingir até 20 metros de altura (Anexo IV(a)) e um tronco de até 100 cm de diâmetro (Anexo IV(b)). Sua casca é fina, com tonalidades que variam entre pardo-amarelo e branco-acinzentado, e pode ser áspera ou quase lisa, apresentando lenticelas (Anexo IV(c)). As folhas são compostas, alternas e imparipinadas, com folíolos ovais de 2 a 5 cm (Anexo IV(d)). As inflorescências terminais são cimeiras, com 25 a 35 flores, sendo a maioria hermafrodita (Anexo IV(e)). Os frutos, elípticos e de cor castanho-clara, são indeiscentes e contêm uma ou duas sementes (Anexo IV(f) e IV(g)) (EMBRAPA, 2003).

Embora a *A. leiocarpa* seja uma leguminosa, ela não fixa nitrogênio, mas forma associações com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.* 2017). Mesmo com altos níveis de fósforo no substrato, a planta continua a depender dessas micorrizas (OLIVEIRA JUNIOR *et al.* 2022). Além disso, a dieta de alguns mamíferos que consomem suas folhas aumenta antes da cópula, sugerindo que os compostos químicos da planta podem ter efeitos hormonais (Carvalho, 2003).

Valor econômico da espécie aponta a madeira como importante produto para construções externas, revestimentos interiores e móveis devido à durabilidade, e resistente às alterações climáticas e de temperatura; álcool e carvão devido ao alto teor de lignina⁹; qualidade da celulose e papel superior a do eucalipto; componentes químicos hormonais nas folhas observados na casca do caule apresentam importância medicinal: propriedades antissifilíticas, dores no corpo,

⁹ Macromolécula tridimensional amorfa encontrada nas plantas terrestres, associada à celulose na parede celular cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Lignina>).

antiofídico, analgésico e anti-inflamatórias e indicação contra diabetes (CARVALHO, 2003).

O solo característico na Cidade do Rio de Janeiro da espécie *A. leiocarpa* é o Latossolo Vermelho-Amarelo. “Latossolo”, do latim lat, “tijolo”, é a denominação atribuída a solos constituídos por materiais minerais, muito intemperizados devido às altas temperaturas e à lixiviação. Do Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) a coloração laranja é consequência da presença de óxidos de ferro e alumínio e é encontrado no Município do Rio de Janeiro em áreas de floresta de maior altitude. O tipo de vegetação é floresta ombrófila densa, alta (20 a 30 m), rica em espécies vegetais. Este tipo solo apresenta-se como distrófico, ou seja, solo de baixa fertilidade ou baixa saturação de bases¹⁰ (a intensa lixiviação remove os nutrientes solúveis). A atividade da argila é baixa (Tb)¹¹. Não ocorre movimento de retração quando secos e dilatação quando úmidos, comprometendo a retenção de umidade. São solos ácidos devido à presença do alumínio. Apresenta profundidade média de 200 cm e chega a 300 cm se o horizonte A apresenta mais de 150 cm de espessura. As pedras não ficam na superfície, proporcionando espaço para as raízes. A combinação desses fatores faz do solo de áreas como áreas dos maciços da Tijuca, Pedra Branca e Gericinó/Mendanha serem pobres em nutrientes e sujeitos a erosão quando desmatados. Neste tipo de solo no Município do Rio de Janeiro são encontradas as grápias (EMBRAPA, 2004; SBCS, 2018).

7.1.2. *Hymenaea courbaril* var. *altissima* (Ducke) Y.T. Lee & Langenh.

Silva et al (2014) aponta a espécie *Hymenaea courbaril* como complexa, enquanto Carvalho (2003) a classifica como polimórfica, e devido às 6 variedades (var. *altissima* (Ducke) Lee e Lang., var. *courbaril*, var. *longifolia*, var.

¹⁰ Taxa percentual ($V\% = 100 \times S/T$) de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca determinada a pH 7. A expressão “alta saturação” se aplica a solos com saturação por bases igual ou superior a 50% (estrófico) e “baixa saturação” a solos com valores inferiores a 50% (distrófico) (SiBCS, 2018).

¹¹ Refere-se à capacidade de troca de cátions relativa à fração argila: Atividade baixa (Tb) corresponde a valor inferior a 27 cmolc* kg⁻¹ de argila (SiBCS, 2018).

estilbocarpa (Hayne) Lee e Lang., var. *subsessilis* Ducke e var. *vilosa*). Dentre as variedades morfológicas da espécie a var. *altíssima* apresenta distinção pelo menor tamanho das folhas (não excedendo 6,5 cm) e flores (menos de 15 mm de comprimento). Conforme os autores, a espécie *Hymenaea courbaril* var. *altíssima* pode ser encontrada em área de terras baixas das florestas tropicais ombrófilas e submontanas, típico das florestas da Mata Atlântica da Cidade do Rio de Janeiro.

A *Hymenaea courbaril* L., da família Fabaceae, possui mais 90 denominações, mas o nome mais popular é "jatobá". A origem da palavra *Hymenaea* é grego (*hymen*), "deus do matrimônio" como referência aos dois folíolos pareados das folhas. 'Courbaril' é o nome comum. Jatobá, em tupi *va-atã-yba*, significa "árvore de fruto duro", polinizada por animais silvestres, tal como morcegos do gênero *Glossophaga* (CARVALHO, 2003). Árvore de grande porte, nativa, não endêmica no Brasil, encontrada em áreas de terra firme e em área de várzea, (SMAC, 2015; Hopkins (2004). Espécie apontada por Carvalho (2003) como secundária tardia ou clímax exigente de luz, comumente encontrada em solos argilosos e pobres, de baixa fertilidade e com poucas evidências em terra roxa no solo brasileiro (CARVALHO, 2003), conforme observado na Figura 6b. Costa *et al.* (2011) e Pinto *et al.* (2020) apresentam características biológicas da espécie *H. courbaril*, destacando sua forma semicaducifólia e a dispersão autocórica (por barocoria) ou zoocoria. A *H. courbaril* é uma árvore que cresce de 8 a 15 metros de altura (Anexo V(a)) e possui um diâmetro à altura do peito (DAP) de 40 a 80 cm (Anexo V(b)). Seu tronco é reto e cilíndrico, coberto com casca cinza-clara, áspera e escamosa, e exsuda resina rosada (Anexo V(c)). A árvore tem ramificação racemosa e irregular, com copa grande e arredondada e folhagem densa. Suas folhas, compostas e coriáceas, têm dois folíolos desiguais, brilhantes e medem de 6 a 14 cm de comprimento e 3 a 5 cm de largura (Anexo V(d)). As flores, com pétalas brancas a bege e botões dourado-acinzentados, estão agrupadas em inflorescências racemosas terminais, com cerca de 14 flores por inflorescência (Anexo V(e) e V(f)). Os frutos são vagens lenhosas, indeiscentes, marrom-brilhantes, com polpa carnosa e farinácea, odor adocicado e comestível. Medem

de 9 a 17 cm de comprimento e 4 a 5,5 cm de largura, contendo de 2 a 8 sementes ovaladas, castanhas escuras a pretas (Anexo V(g) e V(f)).

Moraes (2013) apresenta a espécie jatobá como uma das espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica com potencial de uso na restauração de áreas sucessionais e formações florestais no Estado do Rio de Janeiro, encontradas em florestas semidecidual, ombrófila e em áreas antrópicas (Cordeiro, 2022; EMBRAPA, 2003). A Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, através da SMAC, também utiliza a espécie na restauração ecológica de áreas degradadas. O trabalho de Costa et al. (2011) ressalta a importância do jatobá como recurso para os setores industrial madeireiro e químico. Na indústria madeireira, sua madeira é utilizada na fabricação de móveis, enquanto no setor químico, a resina que é extraída do tronco é utilizada para a produção de verniz vegetal, combustível, incenso, polimento e impermeabilização. Além disso, na medicina popular, a casca do tronco do jatobá é utilizada no tratamento de diversas condições da saúde humana, tais como gripe, cistite, bronquite, infecções da bexiga e como vermífugo. No estudo sobre espécies nativas no Brasil prioritárias na silvicultura (Rolim et al. 2019), com foco nos biomas da Amazônia e Floresta Atlântica, foram elencadas 45 espécies madeireiras e foi verificada a presença de FMAs em 27 delas. Dentre essas últimas encontra-se o jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), da família Fabaceae, classificado como 1A no critério de nível de prioridade. Este critério inclui espécies com taxa de crescimento rápida (> 0,8 cm de diâmetro anual de incremento), forma desejada para o mercado madeireiro, apresentando valor de mercado. Entretanto, segundo Junior et al. (2022), a espécie jatobá pode não apresentar benefícios da inoculação com FMAs durante a fase de muda, devido ao crescimento lento. Recomenda, desta forma, ampliar a fase da observação em campo para compreender melhor esse aspecto.

O solo característico na Cidade do Rio de Janeiro da espécie *H. courbaril* é o "Argissolo". Do do latim argilla, "argila"; refere-se aos solos com processo de acumulação de argila na camada abaixo da superfície B textural (Bt), com cores vermelho-amareladas devido à presença alumínio, óxidos de ferro hematita e goethita. O Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) apresenta característica de solo distrófico, de baixa atividade de argila, porém menos profundos que o latossolo.

A vegetação é típica de ambientes menos úmidos, onde é possível encontrar espécies com características de floresta tropical subcaducifólia, entre a floresta ombrófila e o manguezal, tal como a *H. courbaril*. A presença de argila contribui para a boa fertilidade do solo, enquanto o alumínio pode afetar a disponibilidade de nutrientes para as plantas e, em altas concentrações, pode ser tóxico (EMBRAPA, 2004; SBCS, 2018).

7.1.3. *Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard

A *Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard, conhecida popularmente como "paraju", "maçaranduba da praia" e "maçarandubinha" é uma árvore perenifólia da família Sapotaceae, nativa da Mata Atlântica, presentes em florestas ombrófilas e restingas, ou seja, em área de encostas e de planície litorânea, conforme observado na Figura 7c. Espécie clímax, polinizada por abelhas e diversos insetos pequenos, a maçaranduba da praia é a única das espécies estudadas neste trabalho que é endêmica no Brasil. Na Cidade do Rio de Janeiro, esta espécie é encontrada em área de restinga.

Conforme publicação em Espécies Arbóreas Brasileiras (CARVALHO, 2003), o termo "*manilkara*" é de origem desconhecida e *subsericea* significa "meio sedosa", referindo-se à região de baixo (abaxial) da folha. A maçaranduba da praia é uma espécie que pode atingir até 25 metros de altura (Anexo VI(a)) e 90 centímetros de diâmetro (DAP). Possui um tronco reto e cilíndrico, com casca externa cinza e fissurada (Anexo VI(b)), que exsuda um látex branco quando incisada (Anexo VI(c)). Sua ramificação é racemosa, com copa alta e folhagem abundante de coloração cinza-pálida. As folhas são obovado-oblongas ou ovado-elípticas, com ápice arredondado, obtuso ou emarginado (Anexo VI(d) e VI(e)). Os frutos são bagas elipsoides ou globosas, de cor variável, medindo de 1,5 a 3,0 cm de diâmetro, contendo de 1 a 2 sementes ovoides, lateralmente comprimidas e albuminosas, com tegumento duro e castanho-escuro, apresentando sutura lateral característica (Anexo VI(e) e VI(f)). As flores são perfumadas, de coloração creme, apresentam dicogamia (GOMES, 2010), com a primeira fase feminina e a subsequente hermafrodita, agrupadas em inflorescências com pedicelo medindo de 0,7 a 1,6 cm de comprimento (Anexo VI(g)).

A maçaranduba da praia é inapropriada para produção de celulose e papel, entretanto o látex exsudado da casca é comestível, além de possuir sabor agradável. Os frutos também são comestíveis. A madeira produz lenha de boa qualidade. Assim como a grápia e a jatobá, essa espécie é muito utilizada na construção civil, em áreas externas e internas. Indicada também para a produção de arcos para violinos. Muito indicada para a reconstituição de áreas degradadas (EMBRAPA. 2003).

O solo característico da espécie *M. subsericea* é o solo Neossolo Quartzarênico (RQ). Do grego *neo*, “novo”, Neossolo Quartzarênico são solos que apresentam textura arenosa, com pouco desenvolvimento pedogenético. Apresentam textura arenosa em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm. São solos típicos de floresta hidrófilos de restinga, onde pode ser encontrada a espécie *M. subsericea* (EMBRAPA, 2004; SBCS, 2018).

Logo, a espécie *A. leiocarpa* pode ser encontrada no solo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). A *H. courbaril* nos solos Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA). A *M. subsericea* no Neossolo Quartzarênico (RQ).

Os solos originais das espécies estudadas são o Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Quartzarênico. As áreas em branco no mapa representam as áreas antropizadas ou urbanizadas.

Abaixo apresentamos o mapa dos solos do Município do Rio de Janeiro com a descrição dos solos (três primeiras linhas) onde podem ser encontradas as espécies arbóreas *Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea courbaril var altíssima* e *Manilkara subsericea*.

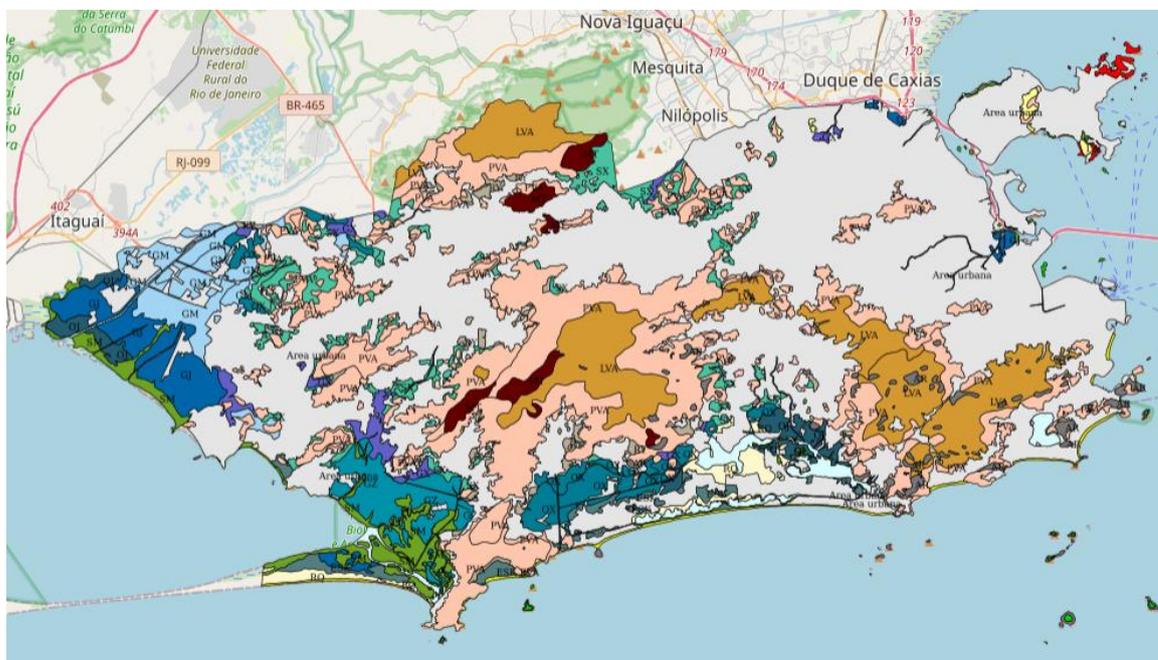


Figura 9. Solos do Município do Rio de Janeiro. (EMBRAPA, 2004)

SOLOS ORIGINAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS:

	SÍMBOLO	SOLO
	LVA	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
	PVA	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO
	RQ	NEOSSOLO QUARTZARENICO
	MT	CHERNOSSOLO ARGILUVICO
	SX	PLANOSSOLO HAPLICO
	OX	ORGANOSSOLO HAPLICO
	GZ	GLEISSOLO sálico
	SM	SOLOS INDISCRIMINADOS DE MAN
	ESK	ESPODOSSOLO FERRIHUMILUVICO
	GX	GLEISSOLO HAPLICO
	GJ	GLEISSOLO TIOMORFICO
	GM	GLEISSOLO MELANICO
	LA	LATOSSOLO AMARELO
	RY	NEOSSOLO FLUVICO
	AR	AFLORENTOS DE ROCHA
	Area urbana	Area urbana
	Area não mapeada	Area não mapeada
	Ilha não mapeada	Ilha não mapeada

7.2. MATERIAL E MÉTODOS

O Viveiro Campo Grande (Figura 10) pertencente à Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima (SMAC), órgão da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. O viveiro está situado em Campo Grande, bairro da Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro, a rua Homero Fortuna Carneiro, número 431. Este viveiro é responsável por manter espécies da Mata Atlântica que são utilizadas na restauração ecológica da Cidade do Rio de Janeiro.



Figura 10. Viveiro de Campo Grande: Imagem aérea do Viveiro Campo Grande da SMAC localizado em Campo Grande, bairro da Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Google Earth®

[-22.892468394307635, -43.577272581413496]

O início do experimento ocorreu em 30 de outubro de 2023, com a inoculação de 30 (trinta) mudas, das 60 (sessenta) entregues pelos funcionários do Viveiro Campo Grande. Essas mudas estavam acondicionadas em saquinhos de polietileno com as seguintes dimensões: grápia com 10x18 cm; jatobá e maçaranduba da Praia com 15 x 25 cm.

Tabela 3. Composições padrão de substratos utilizados na restauração ecológica da cidade pela SMAC.

Espécie arbórea	Origem	Composição do substrato	Quantidade (mudas)	Recipiente (sacos plásticos de polietileno)
<i>A. Leiocarpa</i> (grápia)	Horto Carlos Toledo Rizzini (Parque Natural Municipal do Bosque da Barra)	Areia (1/4), barro (1/4) e (1/2) esterco equino	20	10x18 cm
<i>H. courbaril</i> (jatobá)	Viveiro Municipal Florestal da Fazenda Modelo (bairro Guaratiba)	Barro (1/3), esterco equino, cloreto de potássio e sulfato de amônio (2/3)	20	15x25 cm
<i>M. subsericea</i> (maçaranduba da praia)	Viveiro Municipal de Produção de Mudanças Grumari	Areia (1/4), barro (1/4) e (1/2) esterco equino	20	15x25cm

A Tabela 3 apresenta as mudas das espécies arbóreas utilizadas neste estudo cedidas pela SMAC, com as mesmas composições padrão de substratos utilizados na restauração ecológica da cidade. O substrato (barro, areia) é cedido pelas empresas que trabalham junto à SMAC com medidas compensatórias. O esterco equino tem origem do Exército Brasileiro. Os componentes químicos cloreto de potássio e sulfato de amônio são adquiridos com o orçamento da SMAC.

Os materiais utilizados no Viveiro Campo Grande estão apresentados no Anexo VI.

Para identificar cada vaso, as mudas foram marcadas por plaquinhas numeradas de 1 a 10 quando não inoculadas (controle) e por plaquinhas numeradas de 11 a 20 quando receberam a inoculação dos FMAs. Além da identificação numérica, as espécies foram marcadas com a letra inicial do nome popular, sendo G para grápia, J para jatobá e M para maçaranduba da praia (Anexo VIII), conforme descrição a seguir:

1 a 10 G = grápia (*A. leiocarpa* não inoculada);

11 a 20 G = grápia (*A. leiocarpa* inoculada);

1 a 10 J = jatobá (*H. courbaril* não inoculada);

11 a 20 J = jatobá (*H. courbaril* inoculada);

1 a 10 M = maçaranduba da praia (*M. subsericea* não inoculada);

11 a 20 M = maçaranduba da praia (*M. subsericea* inoculada).

A análise das condições estruturais, aferição da taxa de sobrevivência e avaliação do desenvolvimento e vigor das espécies arbóreas foram feitas (ANEXO XI), em média, a cada 30 (trinta) dias, após a inoculação com FMAs enquanto as plantas foram mantidas sob condições usuais no Viveiro de Campo Grande, com o trabalho de rega duas vezes ao dia. Essas atividades contaram com a participação dos profissionais técnicos produtores de mudas e funcionários dos viveiros.

Antes da inoculação, coletou-se amostras de 50g do substrato de cada vaso para a extração dos esporos nativos e contagem em lupa no Laboratório de Biologia Molecular de Plantas e Fungos da UNIRIO e, em posteriormente, encaminhadas para qualificação na Embrapa Agrobiologia, em Seropédica.

A inoculação de FMAs realizou-se aplicando uma mistura de esporos das espécies (Tabela 4): *Acaulospora colombiana*, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora scrobiculata*, *Cetraspora gilmorei*, *Cetraspora pellucida*, *Glomus formosanum* e *Rhizophagus clarus* nas espécies vegetais mencionadas, conforme as indicações da Embrapa Agrobiologia (Seropédica-RJ).

Tabela 4. Quantidades do mix de esporos em 35 doses cedidos pela EMBRAPA-Agrobiologia, Seropédica-RJ

Vaso	Código da linhagem	Código original da linhagem	Espécie	Nº esporo por dose
1750	A15	CNPAB 015	<i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever 2010	30
1596	A92	CNPAB 048	<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos (1982)	30
2005	A38	IES-33	<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe (1977)	30
1753	A13	CNPAB 013	<i>Cetraspora gilmorei</i> (Trappe & Gerd.) Oehl, F.A. Souza & Sieverd (2009) (2008)	30
1593	A70	CNPAB 029	<i>Cetraspora pellucida</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Oehl, F.A. Souza & Sieverd (2009) (2008)	30
1588	A20	CNPAB 020	<i>Glomus formosanum</i> C.G. Wu & Z.C. Chen (1986)	30
2539	A5	CNPAB 005	<i>Rhizophagus clarus</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & A. Schüssler (2010)	30
Mistura				210

CNPAB é a sigla original do antigo nome da Embrapa Agrobiologia: Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia.

IES sigla de Instituição de Ensino Superior

7.2.1. PRIMEIRA VISITA *IN LOCO* AO VIVEIRO CAMPO GRANDE, EM 30 DE OUTUBRO DE 2023

Etapa 1 - aferiu-se às condições estruturais de cada muda utilizando-se paquímetro e trena: comprimento e largura do caule (Figura 11a e 11b).

Etapa 2 - coletou-se 50 g do substrato dos vasos de cada muda conforme indicação de Saggin Junior (2011), utilizando a tampinha do tubete como medidor, anteriormente atestada a eficácia da medição em balança de precisão do Laboratório da UNIRIO. Separou-se cada 50g do substrato em tubetes unitários, para a extração dos esporos constantes no substrato e contagem no Laboratório de Biologia Molecular de Plantas e Fungos da UNIRIO (Figura 11c).

Etapa 3 - com um auxílio de uma colherzinha de plástico higienizada fez-se 4 (quatro) buraquinhos de, aproximadamente, 2,5 cm, medidos a profundidade com auxílio da trena (Figura 11d), no substrato das mudas 11 a 20 G = grápia (*A. leiocarpa*); 11 a 20 J = jatobá (*H. courbaril*) e 11 a 20 M = maçaranduba da Praia (*M. subsericea*). A cada nova inserção no substrato de outro vaso higienizou-se a colherzinha com guardanapo embebido em álcool etílico líquido 70%.

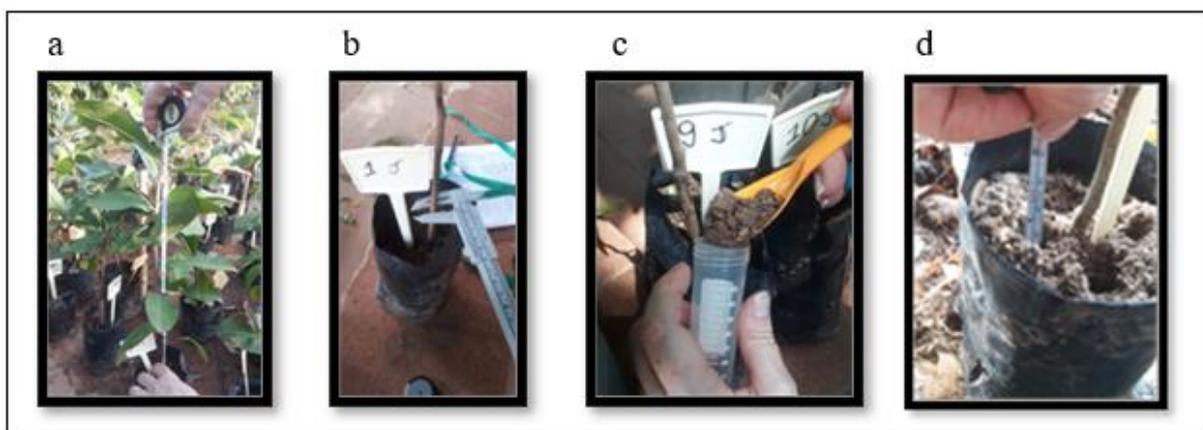


Figura 11. Aferição das condições estruturais das mudas e coleta do substrato: (a): aferição do comprimento; (b): aferição da largura do caule; (c). coleta de 50 g do substrato de cada muda e (d): aferição da altura de um dos quatro buraquinhos feito nas mudas para adicionar o mix de esporos de fungos.

Homogeneizou-se o saquinho do mix dos inoculantes FMAs fornecido pela EMBRAPA Agrobiologia (Figura 12a) sacudindo-se levemente nas direções horizontal e vertical com as duas mãos.

Etapa 4 - a inoculação de FMAs fez-se por meio da aplicação da mistura de

esporos fúngicos das espécies: *Acaulospora colombiana*, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora scrobiculata*, *Cetraspora gilmorei*, *Cetraspora pellucida*, *Glomus formosanum* e *Rhizophagus clarus* nas espécies vegetais, de acordo com indicações da Embrapa Agrobiologia (Seropédica-RJ). Adicionou-se aproximadamente 6,45g divididas nos quatros buraquinhos (Figura 12b) (utilizando-se outra tampinha como medidor), no substrato de cada muda identificada como 11 a 20 Y_j (muda com o inoculante).

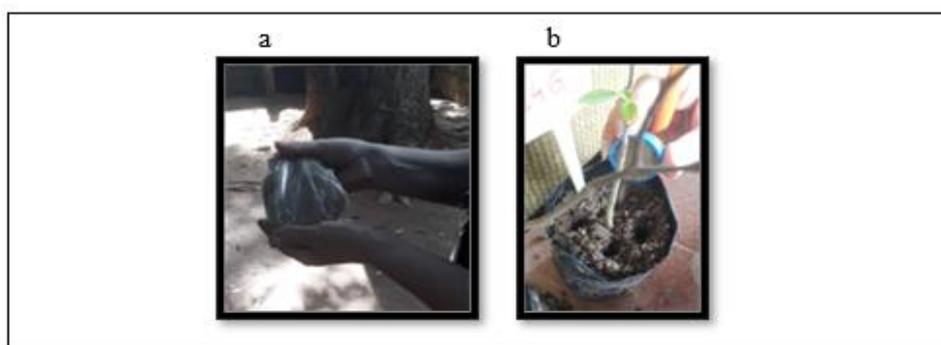


Figura 12. Aplicação do mix de FMAs: (a) Mix dos inoculantes de FMAs fornecido pela Embrapa Agrobiologia e homogeneização. (b) inoculação das mudas com o mix dos inoculantes.

Etapa 5: após a aplicação, reservou-se, aproximadamente, 32,25g do mix dos inóculos e adicionou-se 300mL de água mineral. Utilizando-se de um filtro de papel e suporte plástico filtrou-se essa mistura reservando-se a parte sólida no coador de papel e a parte líquida no recipiente de plástico (Figura 13a, 13b e 13c).

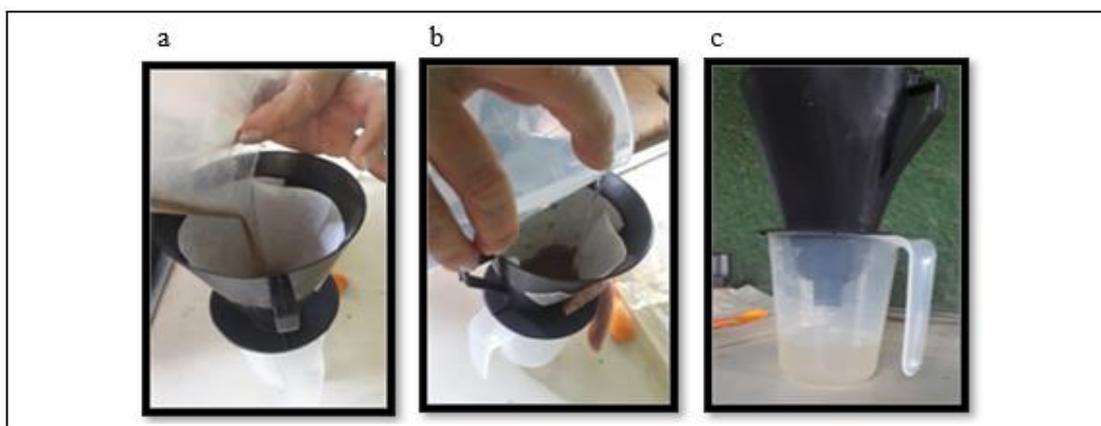


Figura 13. Filtragem de 32,5 g de mix de esporos em 300 mL de água mineral (a), (b) e (c).

Etapa 6: Da segregação por filtração obteve-se o soluto (mix de esporos dos inóculos de FMAs) e solução de água com possíveis outros microrganismos. De forma a igualar a comunidade microbiana não micorrízica em todas as mudas, 10mL da solução obtida foi acrescentada em cada muda das espécies grápia (*A. leiocarpa*), jatobá (*H. courbaril*) e maçaranduba da praia (*M. subsericea*) 1 a 10 Y_j (muda sem o inoculante), utilizando-se uma seringa. totalizando os 300 mL (Figura 14a e 14b).

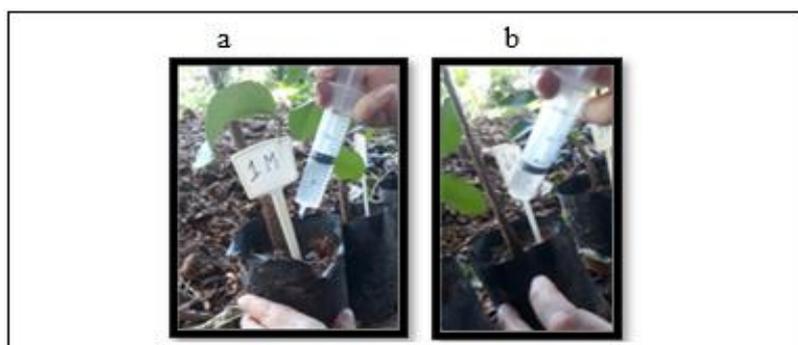


Figura 14. Aplicação do soluto após a filtração (a) e (b).

Etapa 7: Após a inoculação, em 30 de outubro de 2023, e acondicionamento em local apropriado às mudas a pleno sol (Figura 15), aguçou-se com o vaporizador.



Figura 15. As 60 mudas inoculadas e acondicionadas no Viveiro Campo Grande, a pleno sol.

No final de dezembro de 2023, as mudas da grápia foram transferidas para área de sombrite no viveiro, devido ao estresse ambiental ocasionado por conta do calor extremo no período entre novembro e dezembro de 2023 (Figura 20a e 20b).

7.2.2. ETAPAS DO ISOLAMENTO DE ESPOROS DE FMA DO SUBSTRATO DAS MUDAS COLETADO ANTES DA INOCULAÇÃO E APÓS 189 DIAS DA INOCULAÇÃO

Conforme indicação de Saggin Junior (2011), a extração dos esporos de FMAs realizada no Laboratório de Biologia Molecular de Plantas e Fungos da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) foi realizada pelo método adaptado de extração de nematoides do solo de peneiramento úmido descrito por Gerdemann e Nicolson, em 1963, e completada pela centrifugação em gradiente de densidade de sacarose adaptada também para a extração de nematoides do solo descrita por Jenkins, em 1964:

1 - No liquidificador, foram inseridos o substrato de cada tubete representativo de cada muda arbórea das três espécies e adicionou-se água (aproximadamente 750 mL) até a altura média do copo. Bateu-se por mais ou menos 1 minuto a fim de homogeneizar e eliminar os torrões (Figura 16a).

2 - Peneirou-se o conteúdo obtido por três peneiras granulométricas de malhas de 60 - 115 - 270 mesh (0,25 mm; 0,125mm; 0,053 mm, nessa sequência) (Figura 16b, 16c e 16d).

3 - Descartou-se a solução das peneiras superiores, com maior trama. Com o auxílio da pisseta coletou-se, aproximadamente, 30 mL da solução obtida. (Figura 16d, 16e e 16f).

4 - Repetiu-se as fases 1 a 3 com outros tubetes contendo parte do substrato das mudas e colocou-se na centrífuga, em velocidade de 3.000 rot/min por 3 min (Figura 16g e 16h).

5 - Descartou-se a solução que se sobrepõe ao soluto, após a centrifugação (Figura 16i e 16j).

6 - Na balança de precisão tarou-se o papel e adicionou-se 100 g de açúcar e completou-se com água até 200 mL em béquer (Figura 16k). Dilui-se a solução para homogeneizar. Em seguida, adicionou-se a solução de sacarose ao substrato do tubete até a marca de 25 mL no tubete. Tarou-se o béquer pequeno pesou-se cada tubete para padronizar o peso (Figura 16l e 16m).

7- Na centrífuga colocou-se os tubetes com a solução obtida na primeira centrifugação e a solução de sacarose à velocidade de 2.000 rotações por minuto

por 2 minutos.

8 - Após a centrifugação (Figura 16n)), segregou-se a solução na peneira de 270 mesh (0,053 mm) (Figura 16o)). Lavou-se com água corrente para retirar a sacarose (flutuação por gradiente de densidade) e descartou-se o substrato do fundo do tubete. Com o auxílio de uma pisseta, transferiu-se o resultado para os tubetes lavados. Em placa de Petri (Figura 16p e 16q), o conteúdo de cada tubete foi observado na lupa, após movimentos circulares para centralizar os esporos na observação

Após a realização dessas etapas, o material obtido foi o objeto da análise (Figura 16r, 16s e 16t) para a identificação e contagem dos esporos dos FMAs no Laboratório de Biologia Molecular de Plantas e Fungos da UNIRIO. A contagem dos esporos foi realizada em etapas, com os tubetes dispostos em geladeira por todo o período.

A fase posterior foi a extração dos esporos e classificação das espécies dos FMAs no Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica. O procedimento de montagem de lâminas permanentes para microscopia foi realizado com a suspensão de esporos numa placa de Petri (Figura 17a) e a posterior segregação dos esporos (Figura 17b) em duas gotas com pipetador graduado para 10ul (Anexo VIII o) em lâmina (Anexo VIII h) identificada para cada muda e posterior secagem (Figura 18a). No dia seguinte, com as lâminas secas, aplicou-se em cada gota de esporos os reagentes Polivinil-lacto-glicerol (PVLG) e Polivinil-lacto-glicerol (PVLG) + reagente de Melzer, em proporção 1:1 (Figura 17c) e (Figura 18a); após, dispondo-se as lamínulas (20 x 20mm) (Anexo VIII l) sobre as duas gotas e realizando uma leve pressão com o auxílio da ponta de lapiseira (Figura 17d). Deixou-se secar por aproximadamente 10 dias para secagem dos reagentes, selou-se as lamínulas com a aplicação de esmalte incolor. As lâminas permaneceram em ambiente refrigerado por aproximadamente 15 dias para secagem e endurecimento da resina e posterior análise e identificação das espécies fúngicas (Figura 18c).



Figura 16. Extração dos esporos por peneiramento úmido e centrifugação em gradiente de densidade de sacarose (a) – (t)

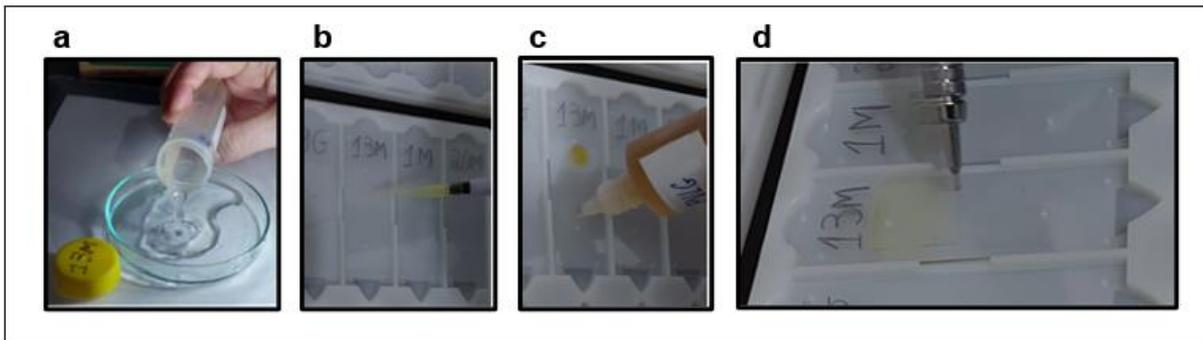


Figura 17. Preparo das lâminas com os esporos extraídos dos substratos das mudas (a) – (d)

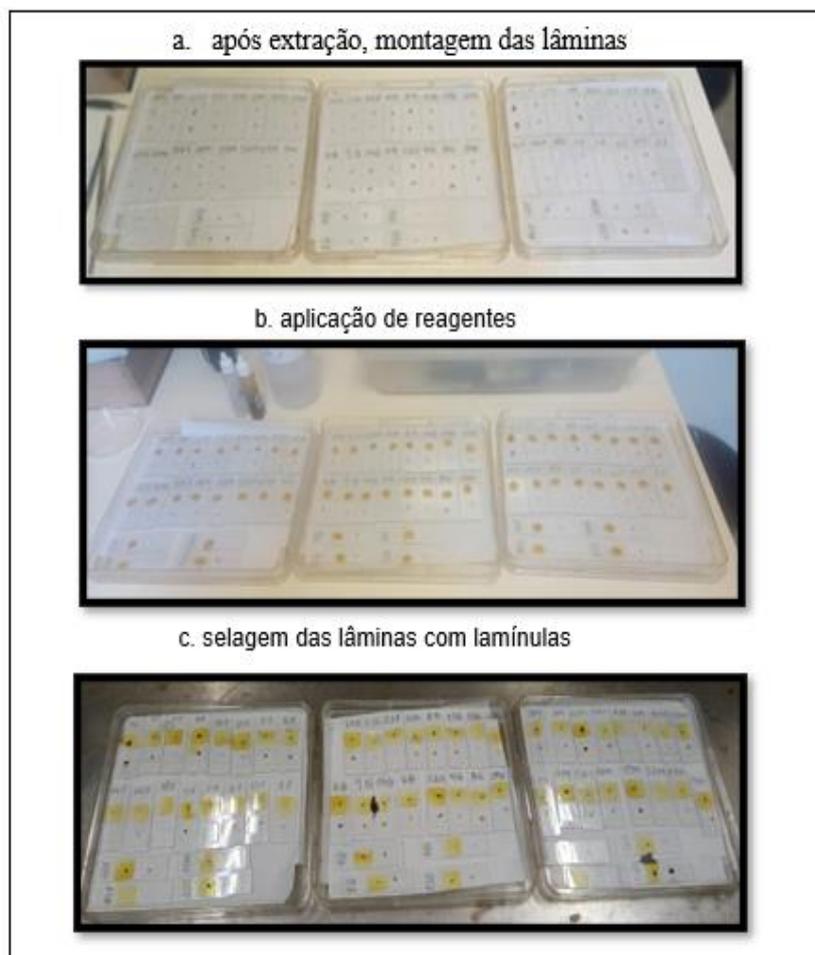


Figura 18. Extração dos esporos dos substratos coletados em 30/10/2023 e preparação das lâminas para análise e qualificação em microscopia no Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia (a) – (c).

Em 6/7/2024, coletou-se, aproximadamente 50g de substrato de cada muda, no Viveiro de Campo Grande. No período entre 8/7/2024 e 18/7/2024, no Laboratório de Biologia Molecular de Plantas e Fungos da UNIRIO, realizou-se a

extração dos esporos por método de peneiramento úmido e centrifugação em gradiente de sacarose e posterior identificação e quantificação dos esporos fúngicos no Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica. Os mesmos procedimentos foram realizados para a extração, quantificação e quantificação dos esporos presentes nos substratos das mudas não inoculadas e inoculadas, após 189 dias da inoculação (Figuras 16, 17 e 18).

Realizou-se o plantio em campo das mudas de *A. leiocarpa* e *M. subsericea*, realizado em 30/7/2024, no campus da FIOCRUZ Mata Atlântica. Coletou-se, aproximadamente, 50 g de 4 pontos do local de plantio, e realizou-se análise dos esporos repetindo-se as etapas de extração, quantificação e identificação dos esporos fúngicos micorrízicos (Figuras 16, 17 e 18)

A espécie *H. courbaril*, assim como as outras espécies estudadas no presente trabalho, são utilizadas na restauração ecológica das áreas degradadas da Cidade pela SMAC. Entretanto, em face de uma recente discussão sobre a possibilidade de haver uma variedade que se atribui como nativa da Mata Atlântica (*H. courbaril* var. *altíssima*) e a espécie *H. courbaril* proveniente da Amazônia ser considerada “invasora” na Mata Atlântica, os técnicos da FIOCRUZ Mata Atlântica optaram por não a utilizar no plantio. Nós pretendemos enviar alguns exemplares para especialistas ou indicar para estudos de caracterização genética a fim de elucidar a identificação da espécie/variedade dessas mudas que vem sendo plantadas no município.

Assim, o plantio das espécies *A. leiocarpa* e *M. subsericea* foi realizado numa área da Fiocruz Mata Atlântica e o plantio de jatobá será realizado em outra área, a definir.

7.2.3. CONDIÇÕES ESTRUTURAIS DAS MUDAS

Nas visitas *in loco*, aferiu-se o comprimento e largura do caule das mudas das espécies grápia, jatobá e maçaranduba da praia no dia da inoculação, em 30 de outubro de 2023, mensalmente, até a última visita *in loco*, ocorrida em 06/052024 (Anexo XI).

Após 189 dias, observou-se o desenvolvimento aparente das três espécies (Figura 19a, 19b e 19c).



Figura 19. Aspecto geral das mudas das espécies (a) grápia, (b) jatobá e (c) maçaranduba da praia após 189 dias no Viveiro Campo Grande.

A medição do comprimento do caule deu-se do ponto próximo ao substrato até o meristema apical. A medição da largura do caule foi feita no ponto abaixo da folha, ou ramo. O fuste é aferido a partir do substrato até a altura da folha ou ramo. A largura do colo é feita na área próxima ao substrato.

8. RESULTADO E DISCUSSÃO

As mudas das três espécies de plantas do presente estudo se desenvolveram em condições do viveiro, apesar da elevada temperatura e escassez de chuva nos meses novembro e dezembro na Cidade do Rio de Janeiro (Figura 20a e 20b). A espécie grápia foi mais impactada por tais condições tendo havido a morte de 9 indivíduos (7 não inoculadas e 2 inoculados), conforme Tabela 6a e 6b.

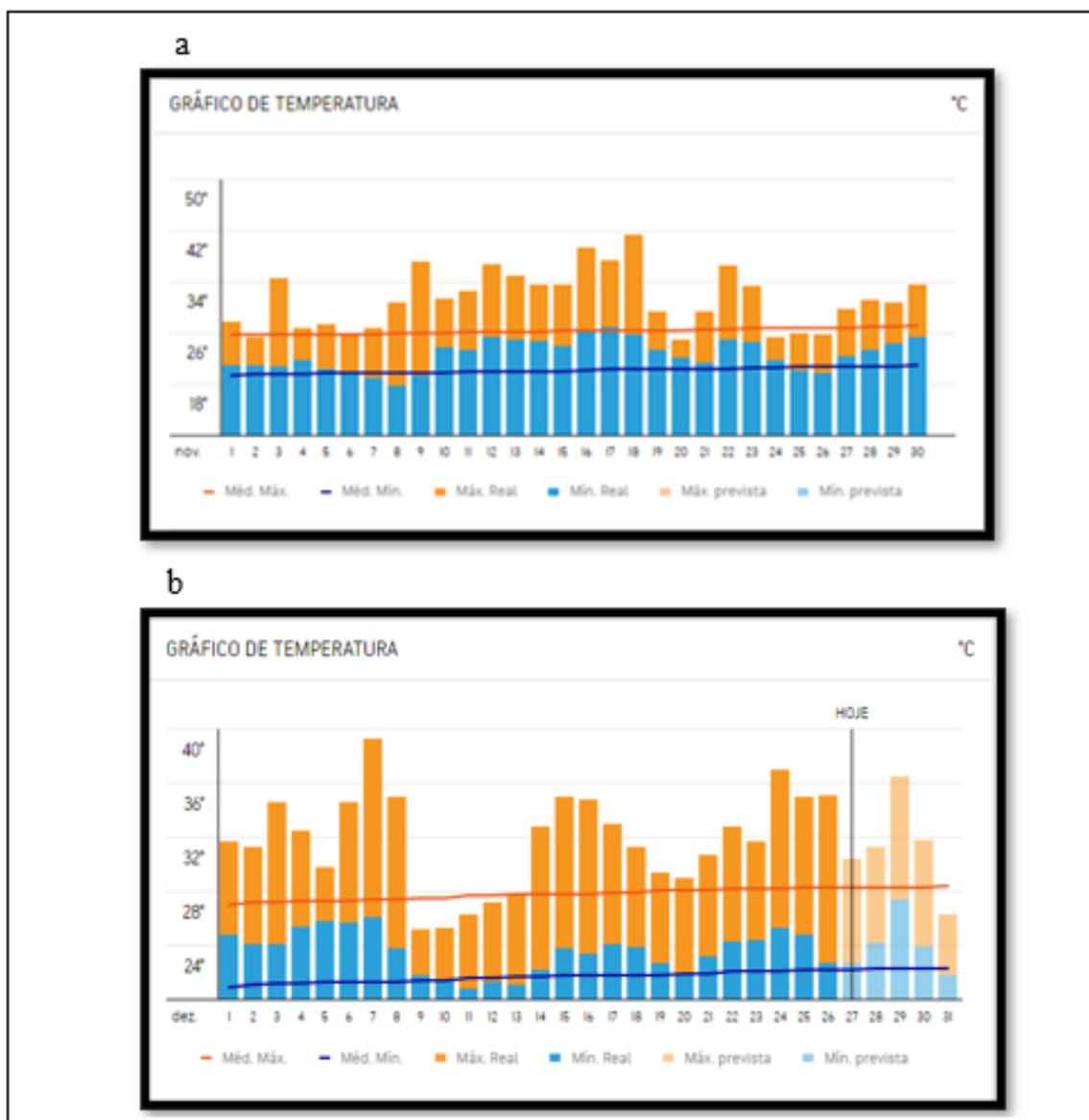
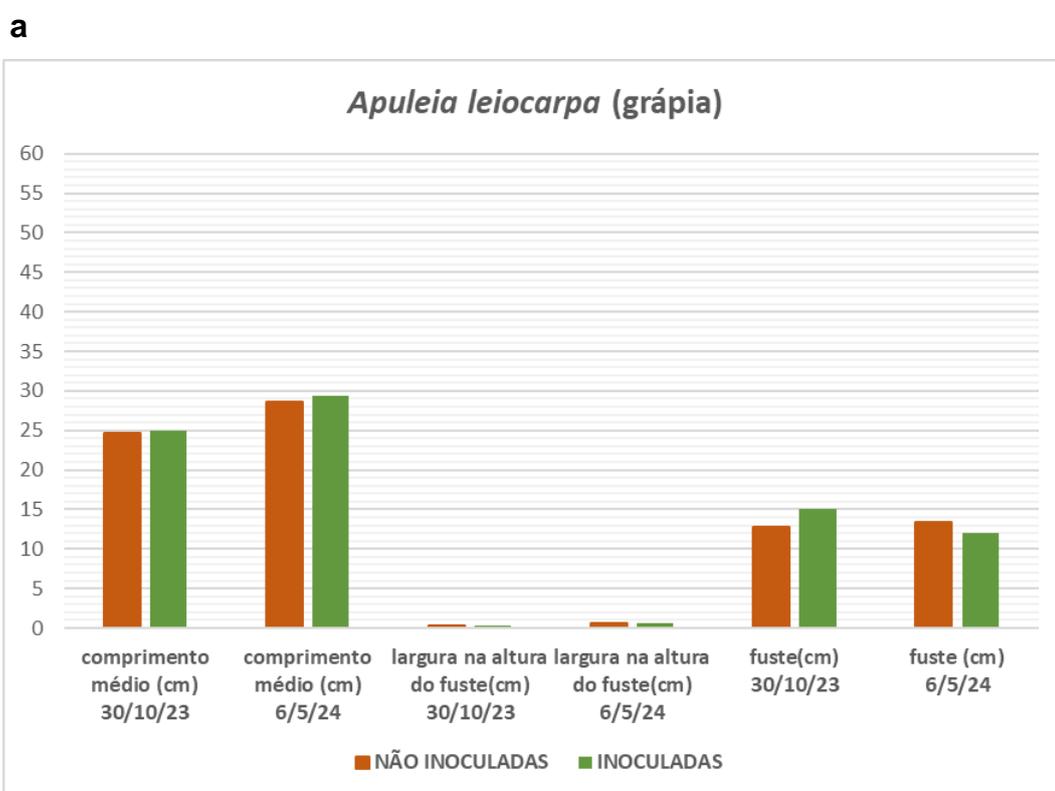


Figura 20. Condições do clima (a) e (b): O gráfico acima representa a consulta realizada sobre as condições do clima dos meses novembro e dezembro de 2023, no dia 27 de dezembro de 2023. Fonte: <https://www.accuweather.com/pt/br/rio-de-janeiro/45449/november-weather/45449>

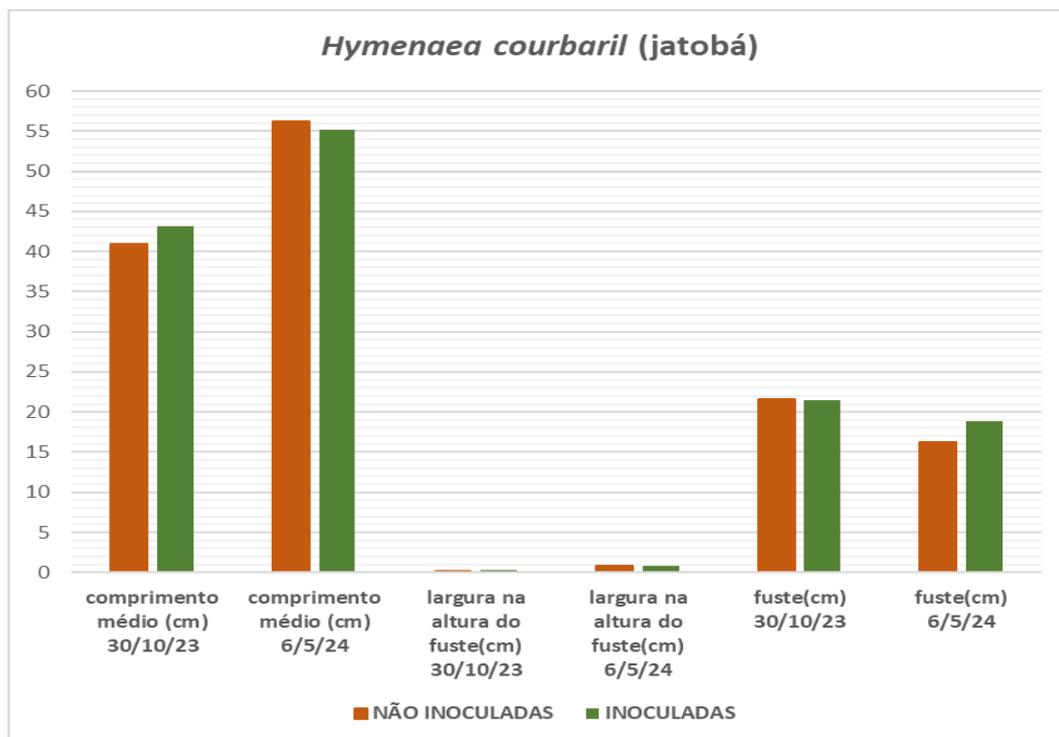
As condições estruturais dos indivíduos da espécie grápia (*A. leiocarpa*), tais como a queda das folhas, o baixo desenvolvimento e a perda de algumas mudas, podem ser interpretadas pela adaptação ao meio em que está inserida e ao extremo calor e falta de chuvas nos meses de novembro e dezembro de 2023. Conforme boletim da EMBRAPA, a espécie *A. leiocarpa* é classificada como caducifólia (perdem as folhas na época de seca) e tolerante a temperatura média anual: 16,7°C a 26,8°C. Em função

da reação negativa às condições climáticas da Cidade do Rio de Janeiro nos meses de novembro e dezembro de 2023 (reação de estagnação e até aparência de perda de vida dos indivíduos).

Não foi possível verificar diferenças fenotípicas significativas (parâmetros avaliados: altura, diâmetro, etc.) nas espécies jatobá (*H. courbaril*) e maçaranduba da praia (*M. subsericea*) inoculadas com o mix de esporos em comparação com as mudas não inoculadas (controle) (Figura 21a, 21b e 21c).



b



c

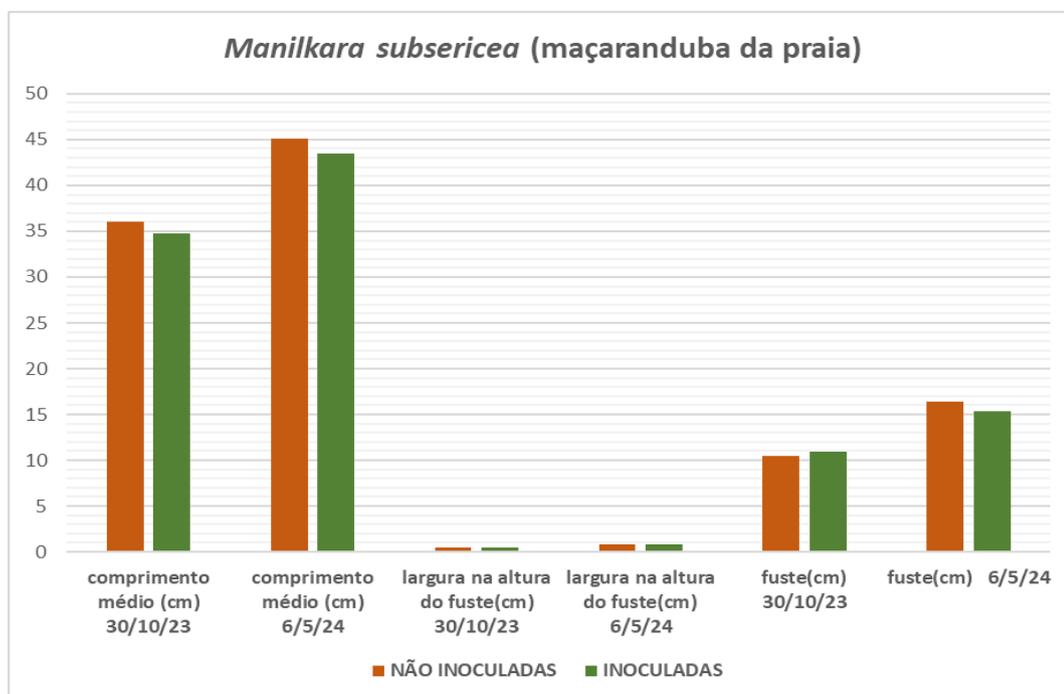


Figura 21. Média do comprimento, largura na altura do fuste e fuste das mudas não inoculadas e inoculadas das espécies grápia (a), jatobá (b) e maçaranduba da praia (c) no dia da inoculação, em 30/10/23 e na última aferição, em 6/5/24.

Tabela 5. Variação do comprimento do caule, da largura na altura do fuste e fuste das espécies arbóreas estudadas entre as datas 30 de outubro 2023 e 6 de maio de 2024 (189 dias). *A. leiocarpa* (a e b); *H. courbaril* (c e d) e *M. subsericea* (e e f)

a

<i>Apuleia leiocarpa</i> (grápia) NÃO INOCULADAS							
Identificação	Primeiro e último dia de medição	Comprimento do caule (cm)	Δ%	Largura do fuste (cm)	Δ%	fuste (cm)	Δ%
1G	30/10/2023	20	perda	0,3	perda	20	perda
	06/05/2024	0		0,0		0	
2G	30/10/2023	22	25%	0,3	151%	11	-68%
	06/05/2024	27,5		0,9		3,5	
3G	30/10/2023	28	perda	0,3	perda	7	perda
	06/05/2024	0		0,0		0	
4G	30/10/2023	27	19%	0,3	-99%	21	43%
	06/05/2024	32		0,2		30	
5G	30/10/2023	36	perda	0,3	perda	12	perda
	06/05/2024	34		0,6		10	
6G	30/10/2023	26	perda	0,2	perda	18	perda
	06/05/2024	0		0,0		0	
7G	30/10/2023	15	perda	0,3	perda	6	perda
	06/05/2024	0		0,0		0	
8G	30/10/2023	30	perda	0,4	perda	12	perda
	06/05/2024	0		0,0		0	
9G	30/10/2023	21	0%	0,3	69%	11	-9%
	06/05/2024	21		0,6		10	
10G	30/10/2023	22	perda	0,3	perda	10	perda
	06/05/2024	0		0,0		0	

b

<i>Apuleia leiocarpa</i> (grápia) INOCULADAS							
Identificação	Primeiro e último dia de medição	Comprimento do caule (cm)	Δ%	Largura do fuste (cm)	Δ%	fuste (cm)	Δ%
11G	30/10/2023	26	19%	0,3	75%	5	60%
	06/05/2024	31		0,5		8	
12G	30/10/2023	29	-21%	0,3	83%	28	-57%
	06/05/2024	23		0,5		12	
13G	30/10/2023	19	perda	0,3	perda	11	perda
	06/05/2024	0		0,0		0	
14G	30/10/2023	23	35%	0,9	13%	19	-92%
	06/05/2024	31		1,0		1,5	
15G	30/10/2023	26	35%	0,3	3%	15	33%
	06/05/2024	35		0,3		20	
16G	30/10/2023	29	-21%	0,3	210%	19	-95%
	06/05/2024	23		0,9		1	
17G	30/10/2023	28	-11%	0,9	-65%	16	-99%
	06/05/2024	25		0,3		0,1	
18G	30/10/2023	12	perda	0,2	perda	8	perda
	06/05/2024	0		0		0	
19G	30/10/2023	28	14%	0,2	179%	16	-97%
	06/05/2024	32		0,4		0,5	
20G	30/10/2023	29	19%	0,2	109%	14	36%
	06/05/2024	35		0,4		19	

C

<i>Hymenaea courbaril</i> (jatobá) NÃO INOCULADAS							
Identificação	Primeiro e último dia de medição	Comprimento do caule (cm)	Δ%	Largura do fuste (cm)	Δ%	fuste (cm)	Δ%
1J	30/10/2023	36	68%	0,2	159%	25	-0,08
	06/05/2024	60,5		0,5		23	
2J	30/10/2023	46	28%	0,2	306%	25	-28%
	06/05/2024	59		0,9		18	
3J	30/10/2023	44	32%	0,2	279%	18	-17%
	06/05/2024	58		0,8		15	
4J	30/10/2023	40	23%	0,2	232%	20	20%
	06/05/2024	49		0,7		24	
5J	30/10/2023	46	33%	0,2	318%	19	-11%
	06/05/2024	61		0,8		17	
6J	30/10/2023	34	44%	0,2	10%	15	7%
	06/05/2024	49		0,2		16	
7J	30/10/2023	49	22%	0,2	459%	24	-83%
	06/05/2024	60		1,3		4	
8J	30/10/2023	37	51%	0,2	236%	20	-600%
	06/05/2024	56		0,7		14	
9J	30/10/2023	38	42%	0,2	295%	15	0%
	06/05/2024	54		0,8		15	
10J	30/10/2023	39	perda	0,2	perda	35	perda
	06/05/2024	0		0,0		0	

d

<i>Hymenaea courbaril</i> (jatobá) INOCULADAS							
Identificação	Primeiro e último dia de medição	Comprimento do caule (cm)	Δ%	Largura do fuste (cm)	Δ%	fuste (cm)	Δ%
11J	30/10/2023	40	18%	0,2	234%	16	50%
	06/05/2024	47		0,7		24	
12J	30/10/2023	45	perda	0,2	perda	30	perda
	06/05/2024	0		0,0		0	
13J	30/10/2023	52	21%	0,2	240%	20	-20%
	06/05/2024	63		0,7		16	
14J	30/10/2023	44	27%	0,2	308%	35	-43%
	06/05/2024	56		0,8		20	
15J	30/10/2023	42	57%	0,2	346%	22	-23%
	06/05/2024	66		0,9		17	
16J	30/10/2023	45	24%	0,4	81%	18	6%
	06/05/2024	56		0,8		19	
17J	30/10/2023	46	0%	0,4	149%	21	-95%
	06/05/2024	46		1,0		1,0	
18J	30/10/2023	37	32%	0,4	91%	17	24%
	06/05/2024	49		1		21	
19J	30/10/2023	38	37%	0,5	78%	17	6%
	06/05/2024	52		0,8		18	
20J	30/10/2023	42	24%	0,5	70%	18	-11%
	06/05/2024	52		0,8		16	

e

<i>Manilkara subsericea</i> (maçaranduba da praia) NÃO INOCULADAS							
Identificação	Primeiro e último dia de medição	Comprimento do caule (cm)	Δ%	Largura do fuste (cm)	Δ%	fuste (cm)	Δ%
1M	30/10/2023	39,5	6%	0,5	106%	7	14%
	06/05/2024	42		1,1		8	
2M	30/10/2023	34,5	13%	0,5	50%	14	57%
	06/05/2024	39		0,8		22	
3M	30/10/2023	33	21%	0,4	130%	12	-25%
	06/05/2024	40		0,9		9	
4M	30/10/2023	37	35%	0,4	94%	17	24%
	06/05/2024	49,8		0,8		21	
5M	30/10/2023	38	24%	0,4	77%	11	72%
	06/05/2024	47		0,7		19	
6M	30/10/2023	38	29%	0,4	192%	7	14%
	06/05/2024	49		1,2		8	
7M	30/10/2023	36	44%	0,6	2%	10	100%
	06/05/2024	51,8		0,6		20	
8M	30/10/2023	36,2	22%	0,6	39%	10	230%
	06/05/2024	44		0,8		33	
9M	30/10/2023	38,5	19%	0,4	125%	9	-11%
	06/05/2024	46		0,9		8	
10M	30/10/2023	30,2	39%	0,6	19%	8	100%
	06/05/2024	42		0,7		16	

f

<i>Manilkara subsericea</i> (maçaranduba da praia) INOCULADAS							
Identificação	Primeiro e último dia de medição	Comprimento do caule (cm)	Δ%	Largura do fuste (cm)	Δ%	fuste (cm)	Δ%
11M	30/10/2023	33,5	37%	0,5	95%	11	36%
	06/05/2024	46		0,9		15	
12M	30/10/2023	37	22%	0,6	57%	13	15%
	06/05/2024	45		0,9		15	
13M	30/10/2023	36,4	32%	0,6	54%	12	167%
	06/05/2024	48		0,9		32	
14M	30/10/2023	36	19%	0,4	118%	7	14%
	06/05/2024	43		0,9		8	
15M	30/10/2023	38	34%	0,4	213%	8	-25%
	06/05/2024	51		1,3		6	
16M	30/10/2023	34	21%	0,4	65%	14	43%
	06/05/2024	41		0,6		20	
17M	30/10/2023	38	11%	0,6	14%	12	25%
	06/05/2024	42		0,7		15,0	
18M	30/10/2023	33	33%	0,49	-6%	14	7%
	06/05/2024	44		0,46		15	
19M	30/10/2023	22	45%	0,6	67%	11,9	51%
	06/05/2024	32		0,9		18	
20M	30/10/2023	40	8%	0,5	124%	6	50%
	06/05/2024	43		1,2		9	

Obs: a cor em laranja indica que a espécie apresenta recuperação. A cor vermelha, que a muda está morta.

A largura negativa do caule na altura do fuste deveu-se ao crescimento mais acentuado em detrimento do desenvolvimento lateral do caule, haja vista que o ponto abaixo do ramo ou folha ser o local de medição da largura do caule (Tabela 5 a – f).

Algumas mudas apresentaram variação negativa da altura do fuste, apesar do crescimento do caule. Isso se deve ao fato do brotamento do caule na parte mais baixa do caule (Tabela 5 a - f).

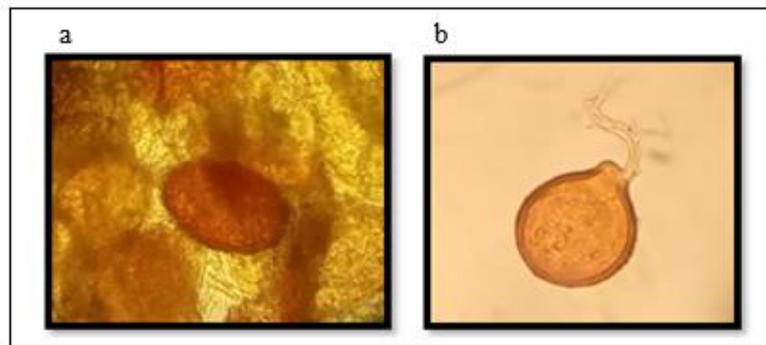


Figura 22. As duas espécies encontradas nos substratos das mudas, antes da inoculação: (a) *Glomus macrocarpum* Tul. & C.Tul. [Reino Fungi, filo Glomeromycota, ordem Glomerales, gênero *Glomus*] e (b) *Corymbiglomus tortuosum* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Błaszk. & Chwat [Fungi, filo Glomeromycota, ordem Diversisporales, gênero *Corymbiglomus*] (SiBBR, 2024).

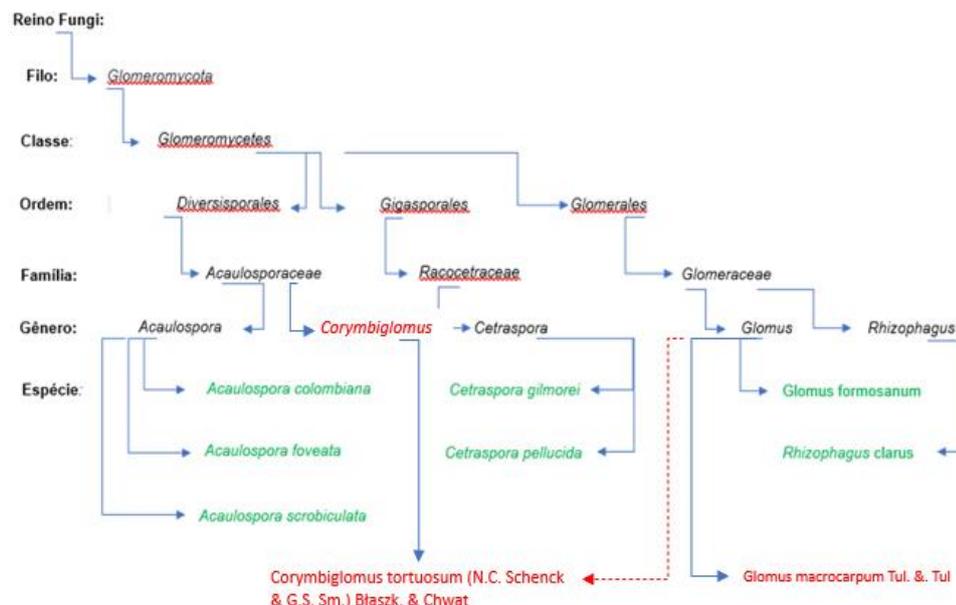


Figura 23. Inclusão das espécies fúngicas encontradas no substrato antes da inoculação na classificação taxonômica. A espécie *Corymbiglomus tortuosum* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Błaszk. & Chwat encontrada nos substratos das mudas antes da inoculação até o ano de 2020 pertencia ao gênero *Glomus*, conforme demonstrado na classificação taxonômica acima. Incluída também a espécie *Glomus macrocarpum* Tul. & C.Tul encontrada no substrato antes da inoculação.

Outro fator importante considerado é que foi utilizado o mix de inóculos e que após o período de 7 meses, antes do plantio em campo, a quantidade de esporos observadas no substrato de cada muda inoculada foi de, aproximadamente, 10 esporos por muda. Inicialmente, a quantidade de esporos antes da inoculação estava em torno de 30-90 esporos. Observou-se, em análise de microscopia óptica realizado no Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia, que o número médio de esporos no substrato de cada muda caiu vertiginosamente em comparação com o observado à época da inoculação. Dentre os esporos observados (menos de 10 por muda) a única espécie encontrada, dentre as utilizadas no mix de esporos, foi *Acaulospora scrobiculata* (Figura 24e). Esse resultado indica a probabilidade de não ocorrência da inoculação, inclusive com a degradação de esporos que já se encontravam presentes no substrato antes da inoculação em 30/10/2023 (Figura 24a, 24b e 24c). Foram encontradas duas espécies não identificadas no substrato anteriormente: *Acaulospora mellea* (Figura 24b) e *Gigaspora sp* (Figura 19e).

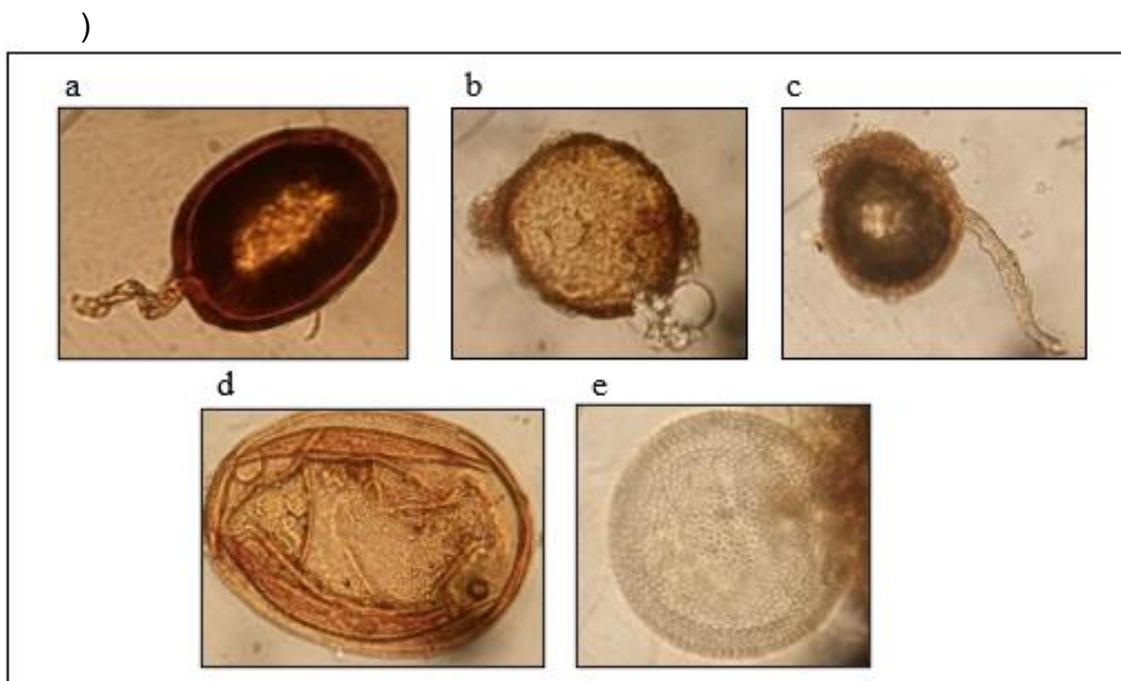


Figura 24. Esporos deteriorados e em estágio de deterioração encontrados (a) *Glomus macrocarpum*, (b) *Acaulospora mellea* e (c) *Glomus macrocarpum* e (d) *Gigaspora sp* fossilizado e (e) esporo da *Acaulospora scrobiculata* preservado.

Antes do plantio em campo em área cedida pela FIOCRUZ Mata Atlântica das mudas de *A. leiocarpa* e *M. subsericea* foi realizada análise do solo em quatro pontos da e foram encontrados esporos (90 a 100 esporos em média/por amostra) das espécies *Acaulospora bireticulata*, *Acaulospora laevis*, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora spinosa*, *Gigaspora* sp, *Glomus macrocarpum*, *Glomus microagregatum*, e *Rizophagus intradices* (Figura 25 a-k). Desta forma, a pesquisa será estendida para análise em campo da efetiva inoculação e simbiose planta-fungo. Devido a não identificação/confirmação da espécie *H. courbaril* como a variante *altíssima*, recomenda-se que seja feita análise molecular para identificação antes do plantio em campo.

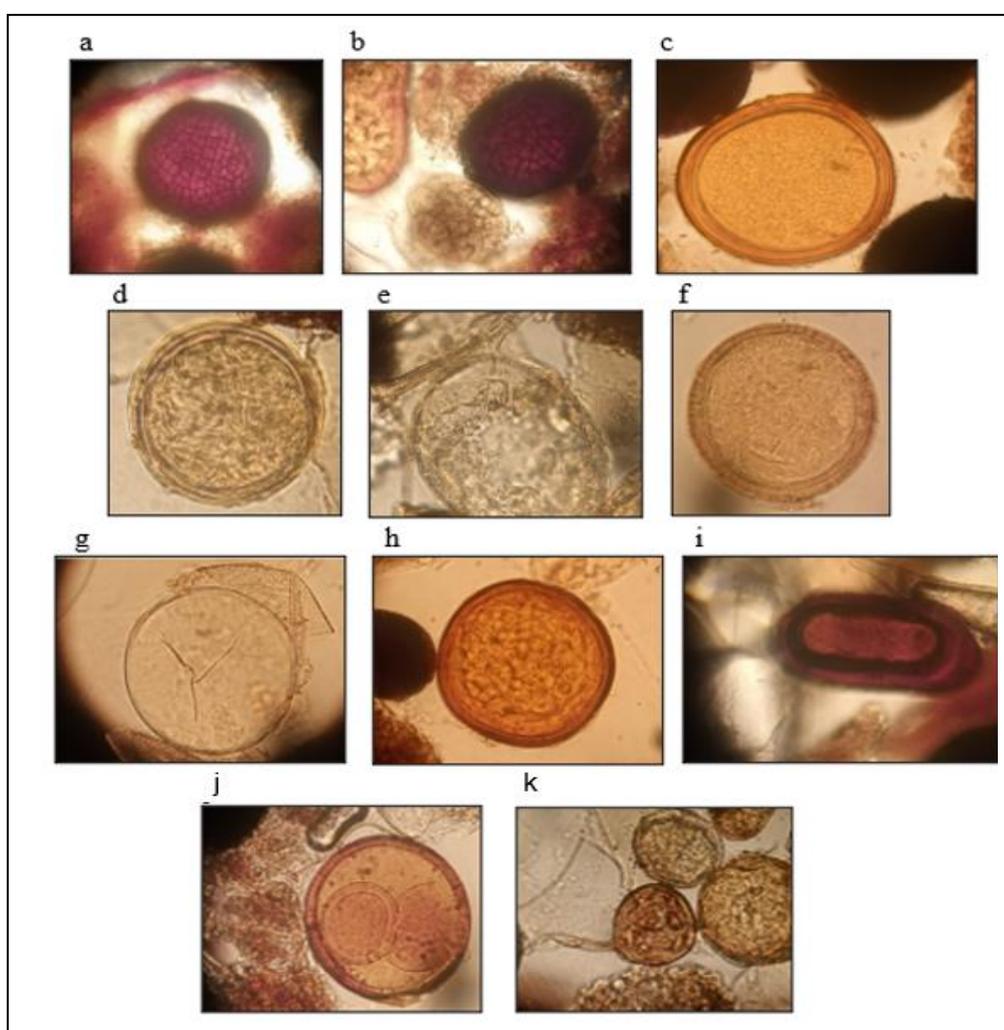


Figura 25. Esporos encontrados no solo da área cedida pela FIOCRUZ Mata Atlântica, local do plantio das mudas de *A. leiocarpa* e *M. subsericea*, em 14/08/2024: (a) *Acaulospora bireticulata*; (b) *Acaulospora bireticulata* nova; (c) *Acaulospora laevis*; (d) *Acaulospora mellea*; (e) *Acaulospora scrobiculata*; (f) *Acaulospora spinosa*; (g) *Acaulospora spinosa* nova; (h) *Gigaspora* sp; (i) *Glomus macrocarpum*; (j) *Glomus microagregatum*; (k) *Rizophagus intradices*.

Como não foi observado, em fase de viveiro, a assimilação, o estabelecimento e o crescimento diferencial das mudas inoculadas, pretende-se re-inocular as mudas plantadas em campo, a fim de garantir o sucesso da simbiose nas condições de baixa fertilidade do solo e estresses ambientais decorrentes de seca ou patógenos. Assim, será observado em campo a efetividade da inoculação e simbiose, haja vista a característica deficitária de nutrientes no solo do plantio e a presença de esporos nativos e que serão inoculados em campo.

Saggin Júnior (2022) aponta que o padrão utilizado para a produção de mudas inoculadas com fungos micorrízicos segue a proporção de 30% de composto orgânico, 30% de subsolo (argiloso), 30% de solo arenoso e 10% de fosfato de rocha (proporções baseadas em volume), entretanto, considera que o substrato rico nutricionalmente não é o mais adequado para a colonização micorrízica. Considera ainda o substrato composto por solo e areia e matéria orgânica são indicados para a inoculação e que o tempo ideal é durante a formação das mudas, garantindo a simbiose fungo-planta.

Conforme Tabela 3, a proporção da composição do substrato utilizada pela SMAC é diferente, principalmente considerando a porcentagem, acima da recomendada, de adubo orgânico e inorgânico, o que pode ter sido fator de inibição do desempenho da inoculação dos fungos. De acordo com Saggin Junior (2022), a espécie *A. leiocarpa* apresenta grande dependência micorrízica, apesar da disposição de nutrientes no substrato, tal como o fósforo e eficiente simbiose com o *Rhizophagus clarus* (Figura 6) (uma das espécies fúngicas utilizadas no mix de esporos). Para futuros experimentos, sugere-se alterar a composição dos substratos, diminuindo a oferta de nutrientes, e comprovar a efetividade da inoculação por meio da avaliação da porcentagem de colonização radicular das mudas.

9. CONCLUSÃO

As mudas das espécies cedidas pela SMAC apresentaram proporções de adubo orgânico e inorgânico superiores ao recomendado na literatura para estimular a simbiose. Provavelmente, esta condição resultou na degradação dos

esporos contidos no subsolo. Entretanto, mesmo não havendo a multiplicação de esporos nos substratos, pode ter ocorrido a penetração dos FMAs no córtex da raiz, mas estas não foram avaliadas.

Durante todo o processo de observação nos 7 meses de visita *in loco* no viveiro observou-se que as mudas da espécie *A. leiocarpa* (grápia) reagiram às altas temperaturas dos meses novembro e dezembro de 2023 com perdas de folhas. No entanto, observou-se que as maiores perdas ocorreram entre as não inoculadas com o mix de esporos da pesquisa (7 mudas de 10). A espécie jatobá (*H. courbaril*) e maçaranduba da praia (*M. subsericea*) não apresentaram diferenças significativas nos parâmetros analisados, tal como altura e diâmetro, entre as inoculadas e não inoculadas, apresentando uma perda da muda de jatobá, apenas.

As mudas das espécies *A. leiocarpa* e *M. subsericea* foram plantadas em área de Mata Atlântica no campus da FIOCRUZ Mata Atlântica, em Jacarepaguá. Considerando a existência primária dos FMAs no solo, como observado na análise dos substratos das mudas adquiridas através da SMAC e na amostragem realizada na área do plantio, espera-se que a inoculação das mudas contribua com espécies de FMAs eficientes e indicadas para as espécies plantadas, resultando em diferenças em relação à sobrevivência e desenvolvimento das mudas em campo.

As mudas da *H. courbaril* foram mantidas no viveiro nas mesmas condições de local e irrigação, para posterior identificação da variante da espécie.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, DS. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica** [online]. 3rd ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 2016, 200 p. ISBN 978-85-7455-440-2. Available from SciELO Books. Disponível em: <<https://static.scielo.org/scielobooks/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402.pdf>> Acessado em 30 ago 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES – MCTIC. **Mata Atlântica: o bioma do Rio de Janeiro**. Publicado em 06/06/2018. Disponível em: <<https://conexaomataatlantica.mctic.gov.br/cma/noticias/mata-atlantica-o-bioma-do-rio-de-janeiro>> Acessado em 30 ago 2024.

ALVES-ARAÚJO, A.; ALMEIDA Jr., E.B. **Manilkara in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB39448>>. Acessado em 27 out. 2023.

Angiospermas in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB128482>>. Acessado em 26 jan. 2024.

ANTONIOLLI, Z. I., & Kaminski, J. (1991). **MICORRIZAS**. *Ciência Rural*, 21(3), 441–455. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84781991000300013>> Acessado em 29 jul 2024.

Bioma Mata Atlântica. Instituto Brasileiro de Florestas / IBF. 2020. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica>>. Acessado em 19/ jun 2024.

BOSCHIERO, Beatriz Nastaro. **Fungos micorrízicos arbusculares na cultura da soja**. Fundação AGROADVANCE. 13/06/2024 Disponível em: <<https://agroadvance.com.br/blog-fungos-micorrizicos-arbusculares/>>. Acessado em 21 jun 2024.

BRAGA, Fernanda Figueiredo. **Reconstituição Histórico-Geográfica da Área Central do Rio De Janeiro: O Passado e o Presente**. Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, e52795, 2020.

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. **Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos**. D.O.U de 27/05/2020, pág. nº 105.

CAMARGO-RICALDE, Sara Lucía *et al.*. **MICORRIZAS: UNA GRAN UNIÓN DEBAJO DEL SUELO**. *Revista Digital Universitaria*. 1 de julio 2012 • Volumen 13 Número 7 • ISSN: 1067-6079.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Livro Espécies Arbóreas Brasileiras, volume 1 – **Grápia - *Apuleia leiocarpa***. EMBRAPA. 2003.

_____. Livro Espécies Arbóreas Brasileiras, volume 1 – **Jatobá - *Hymenaea courbaril var. stilbocarpa***. EMBRAPA. 2003.

_____. Livro Espécies Arbóreas Brasileiras, volume 4 – **Maçaranduba - *Manilkara subsericea***. EMBRAPA. 2003.

CHAZDON, R. L., Chaves, R. B., CALMON, M., SIQUEIRA, L. P. de ., & Junqueira, R. G. P.. (2022). **Experiências de governança da restauração de ecossistemas e paisagens no Brasil**. *Estudos Avançados*, 36(106), 221–237. Disponível em:< <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2022.36106.013>> Acessado em 16 fev 2024.

CNCFlora. ***Apuleia leiocarpa* in Lista Vermelha da flora brasileira** versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em:< [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Apuleia leiocarpa](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Apuleia%20leiocarpa)>. Acesso em 26 outubro 2023.

Condições Meteorológicas Mensais em Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Brasil. Disponível em:<<https://www.accuweather.com/pt/br/rio-de-janeiro/45449/november-weather/45449>> Acessado em 4 Nov de 2023.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Art. 225, § 4º. Disponível em:<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf> Acessado em 7 mar 2024.

CORDEIRO, Iracema Maria Castro Coimbra. LAMEIRA, Osmar Alves. ***Hymenaea courbaril*: Jatobá**. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I. C. G. (ed.). *Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Norte*. Brasília, DF: MMA, 2022. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1144679/1/Plantas-para-o-Futuro-Norte-1057-1063.pdf>> Acessado em 20 out 2023.

CORTAT, Lucas Henrique. RANGEL, Danillo Sartório. LAMBERT, José Carlos. GOMES, João Paulo Andrade. SILVA, Maria Amélia Bonfante da. FIGUEIREDO, João Sávio Monção. ARAÚJO, Otávio Pereira. SOUZA, Maurício Novaes. **Fungos micorrízicos arbusculares (FMA): alternativa agroecológica para**

recuperação biológica dos solos degradados. Capítulo V. Tópicos em recuperação de áreas degradadas. Volume III Maurício Novaes Souza (Org.) © 2022 Mérida Publishers CC-BY 4.0

COSTA, Walter da Silva. SOUZA, Agostinho Lopes. Souza, Priscila Bezerra. **Jatobá | Hymenaea courbaril L. Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia de Espécies Nativas da Mata Atlântica.** Espécies Nativas da Mata Atlântica | Nº 2, 2011. Projeto: Prospecção do Conhecimento Científico de Espécies Florestais Nativas (Convênio de Cooperação Técnica FAPEMIG / FUNARBE) Polo de Excelência em Florestas Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. Março, 2011.

CROUZEILLES R, BEYER HL, MONTEIRO LM, *et al.* **Alcançando a restauração florestal em escala de paisagem econômica por meio da regeneração natural direcionada.** *Cartas de Conservação.* 2020; 13:e12709. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/conl.12709> > Acessado em 30 ago 2024.

DATA RIO. Rio em Síntese. Território e Meio Ambiente. **Características Ambientais.** Disponível em: < <https://www.data.rio/pages/rio-em-sntese> > Acessado em 1 ago 2024.

DATA RIO. SIG-FLORESTAS. Disponível em: < <https://www.data.rio/apps/PCRJ::sig-floresta/explore> > Acessado em 25 jan 2024.

DERECZYNSKI, C. P., Oliveira, J. S. de ., & Machado, C. O.. (2009). **Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro.** *Revista Brasileira De Meteorologia,* 24(1), 24–38. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000100003> > Acessado em 23 jul 2024.

Embrapa Amazônia Oriental 2004. **Espécies Arbóreas da Amazônia. Nº 8: Jatobá, Hymenaea courbaril.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Governo Federal. ISBN 85-87690-29-9

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Programa fará mapeamento completo dos solos brasileiros** 2016. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17550684/programa-fara-mapeamento-completo-dos-solos-brasileiros#:~:text=Dados%20do%20Minist%C3%A9rio%20do%20Meio,Alimenta> >

%C3%A7%C3%A3o%20e%20Agricultura%20(FAO)>. Acessado em 13 mai 2024.

FALCÓN OCONOR E, COBAS LÓPEZ M, BONILLA VICHOT M, RODRÍGUEZ LEYVA O, ROMERO CASTILLO CV, RODRÍGUEZ LEYVA E (2021) **Plant quality of *Swietenia mahagoni* L. Jacq. produced in substrate inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi.** Rev Cienc Ambient 55:292–306. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.55-2.15>.

FELIPPI, Marciele *et al.* **Fenologia, Morfologia e Análise de Sementes de *Apuleia Leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 477-491, jul.-set., 2012.

Flora e Funga do Brasil. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:<<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/consulta/ficha.html?idDadosListaBrasil=22971>> Acessado em 20 out 2023.

GALL, Joana. **Caducifólia: o que é e onde se pode encontrar no Brasil.** 17 mar 2021. Disponível em:<<https://www.agro20.com.br/caducifolia/>> Acessado em 31 dez 2023.

GERUM, Áurea Fabiana Apolinário de Albuquerque. SANTANA, Marcelo do Amaral. BALDAS, Maria Angélica Sousa. SANTOS, Gilmar Souza. **Tendência de crescimento no Brasil. Embrapa Mandioca e Fruticultura.** 08 dez 2023. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/85620702/bioinsumos-tendencia-de-crescimento-no-brasil#:~:text=O%20Programa%20Nacional%20de%20Bioinsumos,26%20de%200maio%20de%202020.>>> Acessado em 19 mar 2024.

GLOMEROMYCOTA. Disponível em:<<https://www.biodiversity4all.org/taxa/151868-Glomeromycota>> Acessado em 17 abr 2024.

GOMES, R., Pinheiro, M. C. B., Lima, H. A. de ., & Santiago-Fernandes, L. D. R.. (2010). **Biologia floral de *Manilkara subsericea* e de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) em restinga.** Brazilian Journal of Botany, 33(2), 271–283. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000200008>> Acessado em 4 ago 2024.

GOMES, S.R.B.S.; de Queiroz, M.B.; Leroy, J.A.S.; de Lima, J.L.R.; Freire, F.A.d.M.; Jobim, K.; de Souza, F.A.; Goto, B.T. **Richness of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in a Brazilian Tropical Shallow Lake: Assessing an**

Unexpected Assembly in the Aquatic-Terrestrial Gradient. Diversity 2022, 14, 1046. <https://doi.org/10.3390/d14121046>.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. **Laboratório de Biologia de Micorrizas.** Disponível em: < <https://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas> >. Atualizado em 28 mai 2024. Acessado em 10 jan 2024.

GOTO, Bruno Tomio; Costa Maia, Leonor. **Taxonomia de Glomeromycota: revisão morfológica, chaves dicotômicas e descrição de novos táxons.** 2009. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

HOFFMANN, Lúcia Vieira. LUCENA, Valeska Silva. **Para Entender Micorrizas Arbusculares.** Campina Grande, 2006. 22p. (Embrapa Algodão. Documentos, 156).

HOPKINS, Michael John Gilbert. **Espécies Arbóreas da Amazônia. N° 8: Jatobá, Hymenaea courbaril.** Embrapa Amazônia Oriental 2004.

HOTSPOTS REVISITADOS. **As Regiões Biologicamente mais Ricas e Ameaçadas do Planeta. Conservação Internacional Organização não governamental.** Disponível em:<<https://www.conservation.org/docs/default-source/brasil/HotspotsRevisitados.pdf>> Acessado em 24 jul 2024.

Instruções Para Plantio De Maçaranduba (*Manilkara Subsericea*). Disponível em:<<https://institutohorus.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Plantio-Manilkara-subsericea-macaranduba.pdf>> Acessado em 31 jan 2024.

INVAM - A Coleção Internacional de Fungos Micorrízicos Arbusculares (Vesiculares). Disponível em:<<https://invam.ku.edu/>> Acessado em 14 mar 2024.

Inventário da Cobertura Arbórea da Cidade do Rio de Janeiro. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Agosto 2015. Disponível em: < <https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4975980/4158246/InventarioCoberturaArboreadaCidade2015.pdf> > Acessado em 28 abril 2024.

JOBIM, K., ARAUJO, S. N., COSTA, T. C. C., SOUZA, F. A., GOTO, B. T.. **Diversidade De Fungos Micorrízicos Arbusculares (Glomeromycota) Ao Longo De Perfis De Solo Em Áreas De Cerrado E Mata Atlântica, Sete Lagoas, Minas Gerais.** EMBRAPA. 2014.

LACERDA, K. A. P., Silva, M. M. de S., Carneiro, M. A. C., Reis, E. F. dos ., & Saggin Júnior, O. J.. (2011). **Fungos micorrízicos arbusculares e adubação**

fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado. CERNE, 17(3), 377–386.

LIMA, Juliana Luiza Rocha de. **Fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) em diferentes fitofisionomias na Chapada do Araripe, Ceará, Brasil.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Sistemática e Evolução. Natal, 2020. Disponível em :https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/31404/1/Fungosmicorrizicosarbusculares_Lima_2020.pdf >. Acessado em 9 jan 2024.

MACHADO, Evandro Luiz Mendonça *et al.* Diversidade e Caracterização Funcional de Espécies de Mata Atlântica com Potencial de Uso na Restauração Florestal. *In*: PEREIRA, Israel Marinho. Livro: **Restauração Florestal da Mata Atlântica. Aspectos Ecológicos e Silviculturais.** Editora NERAD. 2018. Pag. 49-102. Disponível em:<<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Restauracao-Florestal-da-Mata-Atlantica.pdf>> Acessado em 23 fev 2024.

MAIA, LC. e CARVALHO JUNIOR, AA. **Introdução: os fungos do Brasil.** *In*: FORZZA, RC., org., et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 43-48. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0. Available from SciELO Books.

Manual de Produção de Mudanças de Espécies Nativas do Bioma Mata Atlântica do Horto Carlos Toledo Rizzini. 1ª Edição - Julho 2020. Disponível em:<https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/91265/4304601/ManualdeMudas2020_web1.pdf> Acessado em 24 jan 2024.

Mapa de solos do município do Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 2004 Disponível em:<<https://geoinfo.dados.embrapa.br/catalogue/#!/dataset/1743>> Acessado em 1 abr 2024.

MARCHI, Kelly de. *et al.* **CARTILHA AQUI TEM MATA?.** 2ª edição. São Paulo (SP). SOS MATA ATLÂNTICA. 2021. Disponível em:<<https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/05/aquitemmata2021V6.pdf>> Acessado em 30 ago 2024.

[Metereored.tempo.com/SOS Mata Atlântica.](https://www.meteoreoed.tempo.com/SOS-Mata-Atlantica) **Você sabe quanto ainda resta de Mata Atlântica na sua cidade?.** Disponível em:<<https://www.aquitemmata.org.br/#!/busca/rj/Rio%20de%20Janeiro/Rio%20de%20Janeiro>> Acessado em 7 mar 2024.

Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil. Livro, Capítulo 9. (pp.279-310) Editora EFLA. Setembro 2010.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências, n. 1. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

Monitoramento da Cobertura Vegetal e do Uso das Terras do Município do Rio de Janeiro - 2010, 2014, 2016 e 2018. SIG Floresta. Publicador Prefeitura. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em:<<https://www.data.rio/apps/sig-floresta/explore>> Disponível 10 jul 2024.

MORAES, Aurea Maria Lage de. PAES, Rodrigo de Almeida. HOLANDA, Verônica Leite de. Conceitos e Métodos para a Formação de Profissionais em Laboratórios de Saúde. Capítulo 4. Micologia. **Introdução à micologia.** 2012.

MORAES, Luiz Fernando Duarte de *et al.* **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro** – Rio de Janeiro : Jardim Botânico. do Rio de Janeiro, 2013.

MultiRio. A cidade no tempo dos vice-reis. **As transformações do Rio no século XVIII. 2022.** Disponível em:< <https://multirio.rio.rj.gov.br/index.php/historia-do-brasil/rio-de-janeiro/2454-as-transformacoes-do-rio-no-seculo-xviii.>> Acessado em 1 set 2024.

MUNIZ, Silas. **Micorrizas: Fungos que ajudam as plantas a absorverem mais nutrientes.** 2 abril 2021. SINAPSE. Disponível em:<<https://emsinapse.wordpress.com/2021/04/02/micorrizas-fungos-que-ajudam-as-plantas-a-absorverem-mais-nutrientes/>> Acessado em 31 jul 2024.

NORONHA, Felipe. **ÁREAS ÚMIDAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: conceitos, dinâmica de transformação e indicações de proteção.** Biólogo, MSc. em Geografia SECONSERMA/SUBMA/CCA/GMFA-7. Disponível em:< <https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6438610/4226424/81AreasUmidasnaCidadeRiodeJaneiro.pdf>> Acessado em 5 mai 2024.

Novembro 2023: mais um mês de extremos no Brasil. Disponível em:<<https://tempoagora.uol.com.br/noticia/2023/11/30/novembro-2023-mais-um-mes-de-extremos-no-brasil-3076>> Acessado em 4 nov de 2023.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. Q. de, JESUS, E. da C., PEREIRA, M. G., CAMARA, R., FONSECA JÚNIOR, A. M., & SOUSA, A. C. O.. (2017). **Dependency and Response of *Apuleia leiocarpa* to Inoculation with Different Species of**

Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 41, e0160174. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160174>> Acessado em 30 ago 2024.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. Q. D., JESUS, E. D. C., SOUZA, R. C. D., SILVA, C. F. D., & PEREIRA, M. G.. (2022). **A MIXTURE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI FAVORS BRAZILIAN PEPPER SEEDLINGS UNDER AN INTERMEDIATE LEVEL OF SOIL PHOSPHORUS.** *Revista Caatinga*, 35(3), 641–648. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n315rc>> Acessado em 30 ago 2024.

PACHECO, Emílio. **Sérgio Jockymann (1930-2011).** BLOG DO EMILIO PACHECO. 17 fev 2011. Disponível em:<<https://emiliopacheco.blogspot.com/2006/05/clique-para-ampliar.html>> Acessado em 14 jun 2024.

PEREIRA, Camilla Maciel Rabelo. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Mata Atlântica sob diferentes usos do solo.** – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Pós-graduação em Biologia de Fungos, 2013.

PÉREZ-MORENO J, NEGREROS-CASTILLO P (2011). **Los hongos micorrízicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en meliáceas.** *Interciencia* 36:564–5.

PIMENTA, Paula. **Bioma Mais Devastado Mata Atlântica Luta Para Manter Biodiversidade.** Agência Senado. Disponível em:<<https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2024/01/bioma-mais-devastado-mata-atlantica-luta-para-manter-biodiversidade>> Acessado em 20 mai 2024.

PINTO, R.B.; Tozzi, A.M.G.A.; Mansano, V.F. **Hymenaea in Flora e Funga do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:<<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22971>>. Acesso em: 20 out. 2023.

PIOTTO, Amanda Ceribelli. **Micorrizas: O Que São E Qual A Sua Importância Ecológica E Econômica.** 28 de set. de 2022. MinasBio Consultoria Ambiental. Disponível em:<<https://www.minasbioconsultoria.com/>> Acessado em 21 jun 2024.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO - DIAGNÓSTICO ATUAL. ANO 2010. Disponível em:<<https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/126674/DLFE->

210113.pdf/2DIAGNOSTICODASITUACAOATUAL.pdf> Acessado em 19 fev 2024.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Prefeitura Da Cidade Do Rio De Janeiro Secretaria Municipal De Saneamento E Recursos Hídricos Fundação Instituto Das Águas. Dez 2015.

PRÁTICAS AGRÍCOLAS. Micorrizas: o que são, tipos e benefícios para a produção agrícola. 1 set 2021. Disponível em:<<https://acientistaagricola.pt/micorrizas-o-que-sao-tipos-e-beneficios-para-a-producao-agricola/>> Acessado em 3 abr 2024.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. CASA CIVIL. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **LEI Nº 11.428, de 22 de dezembro 2006.** Disponível em:<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm> Acessado em 7 mar 2024.

Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal. **Manilkara subsericea.** 2019. Disponível em:<<https://www.programaarboretum.eco.br/especie/131/macaranduba>> Acessado em 4 ago 2024.

PUCH-HAU, Carlos. POLO-MARCIAL, QUINTANILLA-MENA, Martín H. Mercedes *et al.* **Selecting logging, and old secondary vegetation conserve biodiversity and composition of bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in a community-based forestry in the Maya Forest,** 21 June 2022, PREPRINT (Version 1) available at Research Square. Disponível em:<<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1747010/v1>> Acessado em 30 ago 2024.

QUEIROZ, Prof. Rubens Teixeira de Queiroz Dr. **Plantas do Brasil.** 2014. Disponível em:<<https://rubens-plantasdobrasil.blogspot.com/2014/02/fabaceae-apuleia-leiocarpa-vogel-jf.html>> Acessado em 31 jan 2024.

RAJAN LJ, SANTHOSHKUMAR AV, GOPAL SK, KUNHAMU TK (2020) **Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation as a climate adaptation strategy for establishment of Swietenia macrophylla King seedlings.** Forests 11:1–15. <https://doi.org/10.3390/f11050488>.

REFLORESTA RIO. Programa de Reflorestamento do Município do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. 9 de fevereiro de 2024. Disponível em:<<https://storymaps.arcgis.com/stories/7afa6040cd4e46b48720e280b7238434/>> . Acessado em 8 mai 2024.

Relevo do município do Rio de Janeiro. COLÉGIO PEDRO II. Informática Educativa – Campus Tijuca I. 1 nov de 2019. Disponível em:<<https://www.cp2.g12.br/blog/labtijuca1/2019/11/01/relevo-do-municipio-do-rio-de-janeiro/>> Acessado em 21 mai 2021.

Resolución aprobada por la Asamblea General el 1 marzo de 2019. 73/284. Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030). 69a sesión plenaria 1 de marzo de 2019. Disponível em:<<https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n19/060/20/pdf/n1906020.pdf?token=kM7PIzqJqHtm3q2cpH&fe=true>> Acessado em 26 fev 2024.

Rio de Janeiro (RJ) Cidades. Território. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística | v4.6.43. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/rio-de-janeiro.html>> Acessado em 7 mar 2024.

Rio de Janeiro vive dia mais quente do ano com sensação térmica de 50°C. Disponível em:<<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2023/11/rio-de-janeiro-vive-dia-mais-quente-do-ano-com-sensacao-termica-de-500c.shtml>> Acessado em 4 nov 2023.

RIO DE JANEIRO. Resolução SMAC nº 073 de 19 de AGOSTO de 2022. Dispõe sobre a divulgação da Lista das Espécies Nativas da Fauna Ameaçadas de Extinção que ocorrem na Cidade do Rio de Janeiro e dá outras providências. Publicado no DOM - Rio de Janeiro em 22 ago 2022

RIO DE JANEIRO. Resolução SMAC nº 074 de 19 de AGOSTO de 2022. Dispõe sobre a divulgação da Lista das Espécies Nativas da Flora Ameaçadas de Extinção que ocorrem na Cidade do Rio de Janeiro e dá outras providências. Publicado no DOM - Rio de Janeiro em 22 ago 2022

ROLIM, S.G. et al., 2019. **Research Gaps and Priorities in Silviculture of Native Species In Brazil.** Working Paper. São Paulo, Brasil: WRI Brasil. Disponível em:<<https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes>>

SAGGIN JUNIOR, O. J.; BORGES, W. L.; NOVAIS, C. B. de; SILVA, E. M. R. da. **Manual de curadores de germoplasma - micro-organismos: fungos micorrízicos arbusculares.** Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília - DF. 2011

SAGGIN JÚNIOR, Orivaldo José *et al.* **Inoculação de mudas de espécies florestais com fungos micorrízicos arbusculares: avanços na produção e legislação.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2022. Livro Digital. (PDF): (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 324) ISSN 1676-6709

SANTOS, Elisandro Ricardo Drechsler dos. **Material Complementar ao livro Sistemática Vegetal I: Fungos. baseado no capítulo original de Paulo Antunes Horta Junior. Universidade Federal de Santa Catarina. Governo Federal. Ministério da Educação.** Florianópolis, 2015.

SANTOS, Humberto Gonçalves *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos/SiBCS. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Governo Federal.** Disponível em:<<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos/neossolos-quartzarenicos>> Acessado em 28 mai 2024.

SCABIN, Denise. **HOTSPOTS DE BIODIVERSIDADE.** Portal Educação Ambiental. CEA/SEMIL. Governo do Estado de São Paulo. 07/05/2024. <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/hotspots-de-biodiversidade/>> Acessado em 23 jul 2024.

SCHLEDER, Eloty Justina Dias, et al. **Material Didático: Introdução a Taxonomia e Sistemática Vegetal.** Londrina: Editora Científica, 2020.

Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Manguezais Cariocas.** 11 mai 2024. Disponível em:<<https://siurb.rio/portal/apps/storymaps/stories/b800bdaf865c4acfb2ec07e48562b000>> Acessado em 12 jul 2024.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Sistema Nacional de Informações Florestais/SNIF. **Tipologias Florestais.** 2020. Disponível em:<<https://snif.florestal.gov.br/pt-br/conhecendo-sobre-florestas/168-tipologias-florestais>> Acessado em 28 abril 2024.

SILVA, G.A. **Aspectos taxonômicos e filogenéticos em fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota).** 2004. Tese (Doutorado) em Biologia de Fungos. Departamento de Micologia da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2004.

SIQUEIRA, J.O.; ANDRADE, A.T.; FAQUIN, V. **O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas.** Departamento de Ciência do Solo. UFLA. (Palestra proferida em São Pedro, SP). 2003.

SIQUEIRA, José Oswaldo. SOUZA, Francisco A. de. CARDOSO, Elke J.B.N.. TSAI, Siu Mui. **Micorrizas arbusculares nos biomas Floresta Atlântica e Floresta de Araucária.**

Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr). Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação – MCT. Governo Federal. Disponível em:< <https://sibbr.gov.br/page/o-que-sibbr.html>> Acessado em 14 jun 2024.

Sobre a Década da ONU. Disponível em:<Sobre a década da ONU | UN Decade on Restoration> Acessado em 26 fev 2024.

SOS Mata Atlântica adere à Década da Restauração de Ecossistemas. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/200336-sos-mata-atl%C3%A2ntica-adere-%C3%A0-d%C3%A9cada-da-restaura%C3%A7%C3%A3o-de-ecossistemas#:~:text=O%20estudo%20afirma%20que%20o,o%20in%C3%ADcio%20da%20Revolu%C3%A7%C3%A3o%20Industrial>> Acessado em 16 fev 2024.

SOUZA, Francisco Adriano de *et al.* **Fungo micorrízico arbuscular com potencial para o desenvolvimento de inoculante para a cultura do milho e para a produção de mudas florestais.** CIRCULAR TÉCNICA 276. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG Outubro, 2021. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publica%C3%A7%C3%B5es>> Acessado em 24 jul 2024.

SOUZA, Isys & Funch, Ligia & Queiroz, Luciano. (2014). **Morphological analyses suggest a new taxonomic circumscription for *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae).** *PhytoKeys*. 38. 101-18. 10.3897/phytokeys.38.7408.

SOUZA, J. O. **Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (fma) em diferentes tipologias florestais do estado de pernambuco.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de PósGraduação em Engenharia Florestal, Recife, BR-PE, 2018.

SOUZA, V. C. de ., SILVA, R. A. da ., CARDOSO, G. D., & BARRETO, A. F.. (2006). **Estudos sobre fungos micorrízicos.** *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(3), 612–618. Disponível em:< <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300011>> Acessado em 19 jan 2024.

STÜRMER, Sidney Luiz. CICG. Ano 2022. **Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota / CICG - FURB.** Disponível em: < <https://sites.google.com/site/cicgfma/home> > Acessado em 19 jun 2024.

TÓTOLA MR, BORGES AC (2000) **Growth and nutritional status of Brazilian wood species *Cedrella fissilis* and *Anadenanthera peregrina* in bauxite spoil in response to arbuscular mycorrhizal inoculation and substrate**

amendment. Braz J Microbiol 31:257–265. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822000000400004>

UENO, Alessandra. **“Hotspots” são um alerta para a degradação ambiental.** Atualidades / Jornal da USP no Ar / Jornal da USP no Ar 1ª edição / Rádio USP. 07/12/2022. Disponível em:<<https://jornal.usp.br/?p=582930>> Acessado em 23 jul 2024.

Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Química. i-flora@iq.ufrj.br - Biodiversidade, Química e Biologia. Disponível em:<. https://i-flora.iq.ufrj.br/sobrerj_afisicos.html> Acessado em 19 fev 2024.

VAN DER HEIJDEN MG, BARDGETT RD, VAN STRAALLEN NM (2008) **The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems.** Ecol lett 11:296–310. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x>

Vegetação com influência marinha (restingas). EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2021. Disponível em:<[https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/vegetacao/vegetacao-com-influencia-marinha-restingas->](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul- pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/vegetacao/vegetacao-com-influencia-marinha-restingas->) Acessado em 28 abr 2024.

VELOSO, Cristiano. **Entenda o que é o sulfato de amônio e o seu uso como adubo.** Verde Agritech. 2022. Disponível em:< <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/sulfato-de-amonio/>> Acessado em 01 set 2024.

_____. **Cinco pontos para entender para que serve o Cloreto de Potássio e suas limitações na agricultura.** Disponível em:<<https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/cinco-pontos-para-entender-para-que-serve-o-cloreto-de-potassio-e-suas-limitacoes-na-agricultura/>. Acessado em 01 set 2024.

VISTA, Xochitl Margarito. **Riqueza de fungos micorrízicos arbusculares em remanescente de Mata Atlântica de tabuleiro costeiro do Rio Grande do Norte** - Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio

WINAGRASKI1A, Etienne et al. **Diversity Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi In Forest Ecosystems Of Brazil: A Review.** Embrapa Florestas, Curitiba, Paraná, Brazil. 2019. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1108467/diversity-of-arbuscular-mycorrhizal-fungi-in-forest-ecosystems-of-brazil-a-review>>

WRI BRASIL - World Resources Institute. Programa de Florestas. **Podemos restaurar milhões de hectares de Mata Atlântica. Basta ajudar a natureza a se regenerar.** 4 mar 2020. Disponível em:<<https://www.wribrasil.org.br/noticias/podemos-restaurar-milhoes-de-hectares-de-mata-atlantica-basta-ajudar-natureza-se-regenerar>> Acessado em 27 mar 2024.

ZAÚ, André Scarambone. Sartori, Antonio. **Florestas aos montes: A recuperação das matas do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Letras e Versos, 2021.**

ANEXO

Anexo I

Extensão original, habitat remanescente e porcentagem do habitat para cada hotspot, (determinados utilizando projeções de áreas equivalentes) e seu tipo de bioma predominante			
HOTSPOT	Extensão original (Km ²)	Habitat remanescente (Km ²)	Porcentagem restante (%)
Andes Tropicais	1.542.644	385.661	25
Tumbes-Chocó-Magdalena	274.597	65.903	24
Mata Atlântica	1.233.875	99.944	8
Cerrado	2.031.990	432.814	22
Florestas Valdivias	397.142	119.143	30
Mesoamérica	1.130.019	226.004	20
Florestas de Pinho-Encino de Sierra Madre	461.265	92.253	20
Ilhas do Caribe	229.549	22.955	10
Provincia Florística da Califórnia	293.804	73.451	25
Florestas da Guiné, África Ocidental	620.314	93.047	15
Provincia Florística do Cabo	78.555	15.711	20
Karoo das Plantas Suculentas	102.691	29.780	29
Maputaland-Pondoland-Albany	274.136	67.163	25
Montanhas do Arco Oriental	291.250	29.125	10
Florestas de Afromontane	1.017.806	106.870	11
Chifre da África	1.659.363	82.968	5
Madagascar e Ilhas do Oceano Índico	600.461	60.046	10
Bacia do Mediterrâneo	2.085.292	98.009	5
Caucaso	532.658	143.818	27
Região Irano-Anatólica	899.773	134.966	15
Montanhas da Ásia Central	863.362	172.672	20
Ghats Ocidentais, Índia e Sri Lanka	189.611	43.611	23
Himalaia	741.706	185.427	25
Montanhas do Centro Sul da China	262.446	20.996	8
Regiões da Indo-Birmânia	2.373.057	118.653	5
Sunda	1.501.063	100.571	7
Wallacea	338.494	50.774	15
Filipinas	297.179	20.803	7
Japão	373.490	74.698	20
Sudoeste da Austrália	356.717	107.015	30
Ilhas da Melanésia Oriental	99.384	29.815	30
Nova Zelândia	270.197	59.443	22
Nova Caledônia	18.972	5.122	5
Ilhas da Polinésia e Micronésia	47.239	10.015	21
Total	23.490.101	3.379.246	

Fonte: ONG Conservação Internacional, 2024.

Anexo II



Fonte: <https://storymaps.arcgis.com/stories/7afa6040cd4e46b48720e280b7238434> e <https://pt.wikipedia.org/wiki/Maci%C3%A7o>.



Fonte: <https://storymaps.arcgis.com/stories/7afa6040cd4e46b48720e280b7238434> e <https://pt.wikipedia.org/wiki/Maci%C3%A7o>

b. Manguezal



Parque Royal, Ilha do Governador



Jequitiá



Manguezal da Lagoa Rodrigo de Freitas

Fonte: <https://storymaps.arcgis.com/stories/7afa6040cd4e46b48720e280b7238434> e <https://www.aecweb.com.br/revista/noticias/mangue-da-lagoa-rodrigo-de-freitas-sera-revitalizado/22731>; <https://www.aecweb.com.br/revista/noticias/mangue-da-lagoa-rodrigo-de-freitas-sera-revitalizado/22731>

c. Restinga



Praia da Reserva



Praia da Barra da Tijuca



Restinga da Marambaia

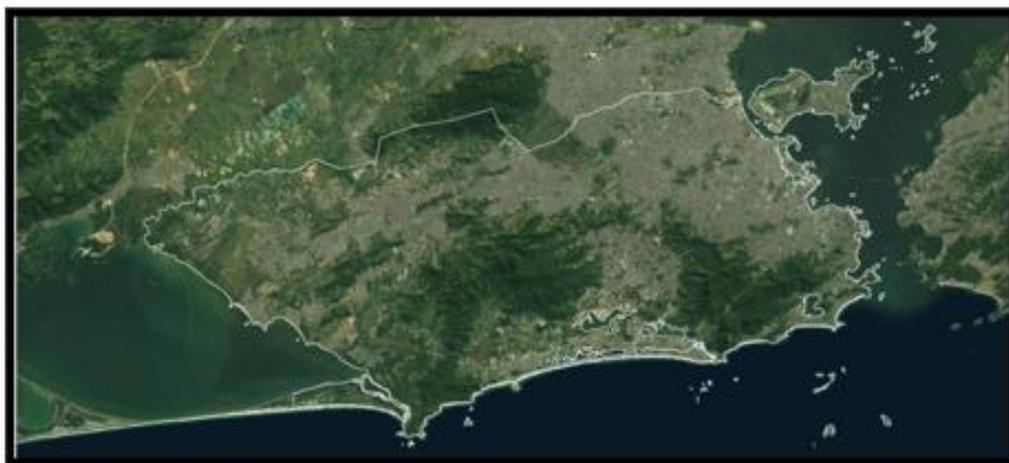
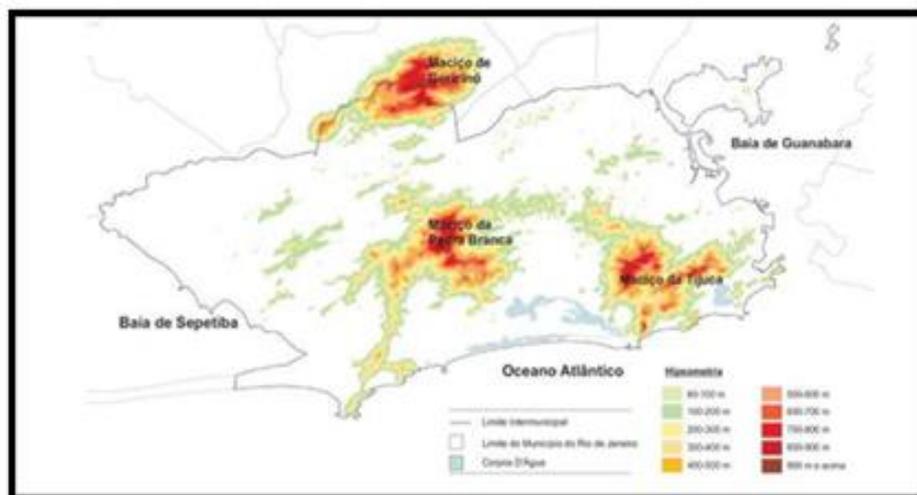


Recuperação de restinga, canteiro Orla da Barra da Tijuca.

Fonte: <https://storymaps.arcgis.com/stories/7afa6040cd4e46b48720e280b7238434> e https://pt.wikipedia.org/wiki/Restinga_da_Marambaia

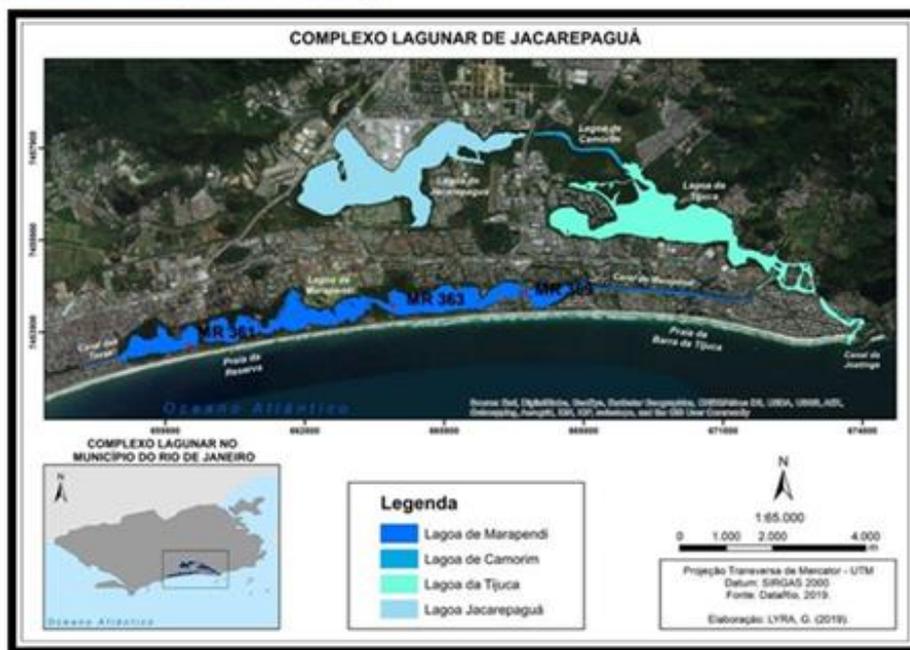
Anexo III

a. Relevo do Município do Rio de Janeiro.



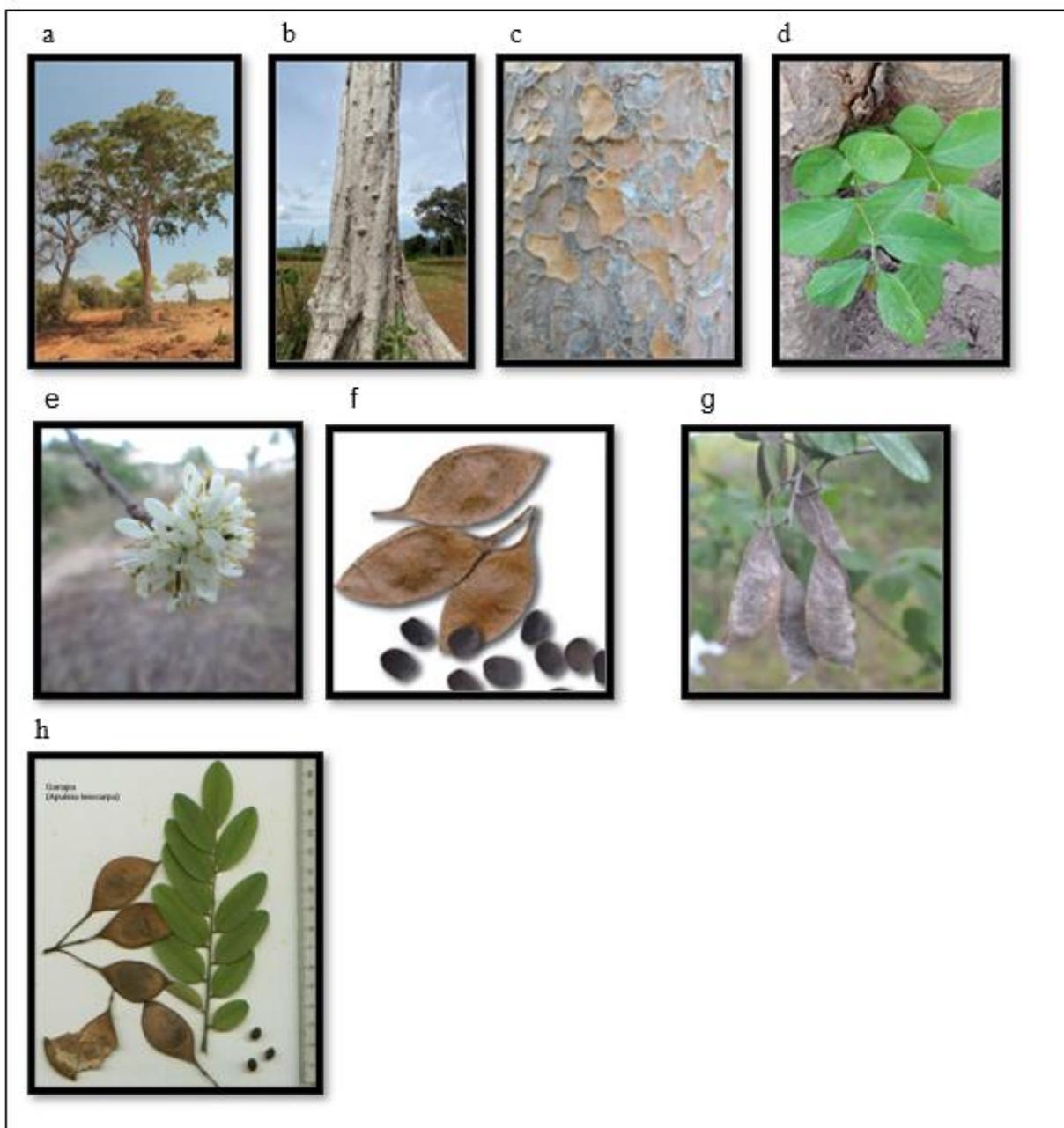
Fonte Plano Municipal de Saneamento Básico/2010 e <https://www.cp2.g12.br/blog/labtijuca1/2019/11/01/relevo-do-municipio-do-rio-de-janeiro/>

b. Áreas úmidas no Município do Rio de Janeiro



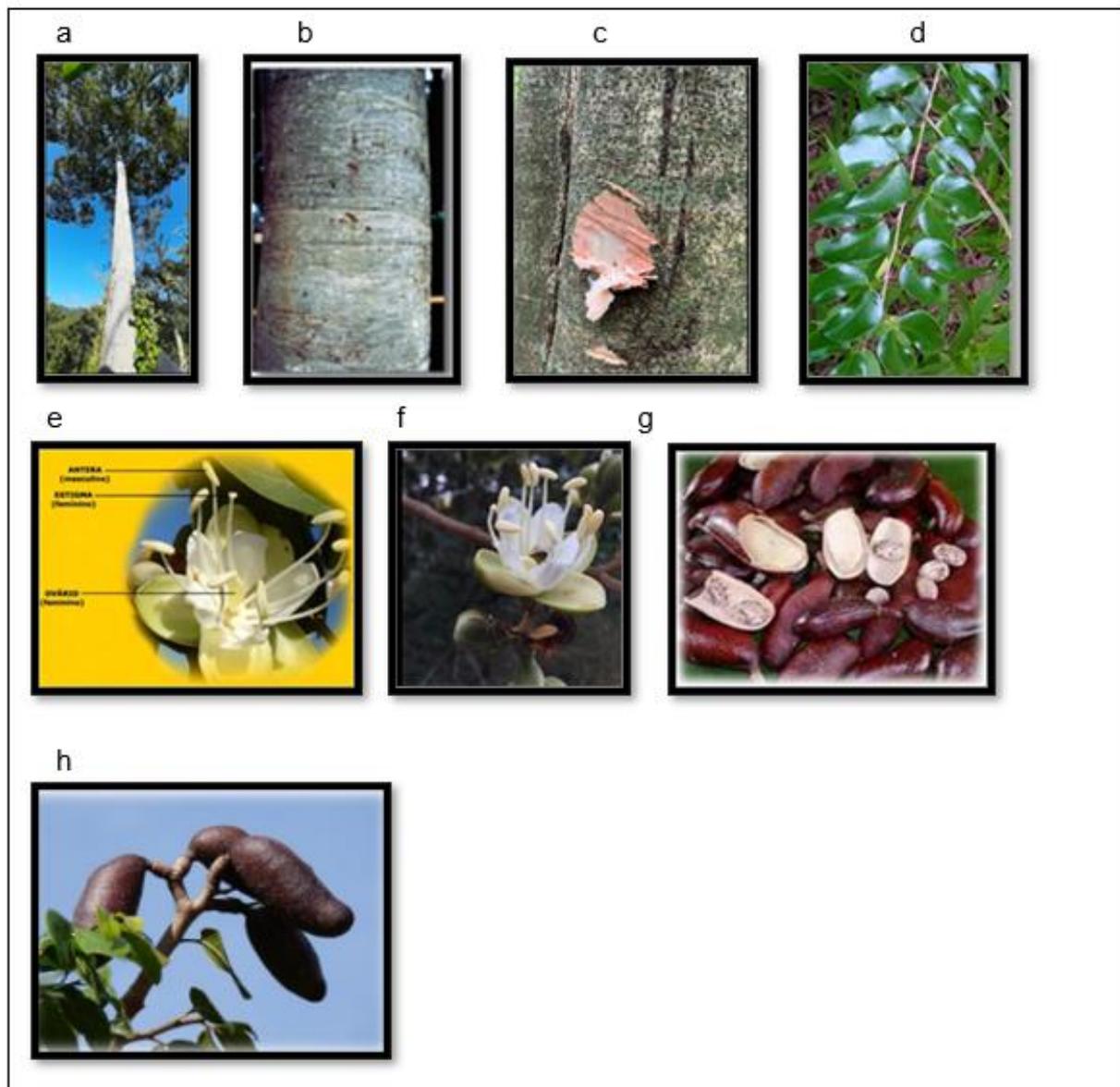
Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-de-localizacao-do-Complexo-Lagunar-de-Jacarepagua-e-estacoes-de_fig1_338831571;
<https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6438610/4226424/81AreasUmidasnaCidadedoRioDeJaneiro.pdf>

Anexo IV - Grápia - *Apuleia leiocarpa*



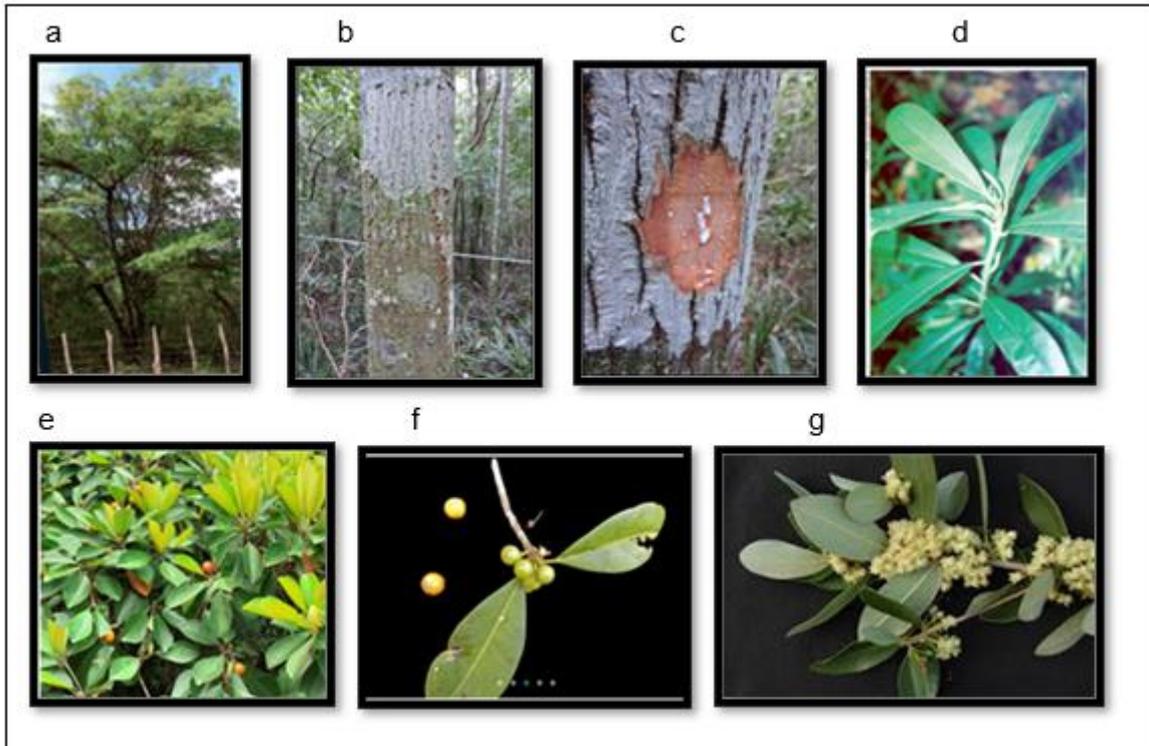
Fonte: EMBRAPA, 2003

Anexo V - Jatobá - *Hymenaea courbaril* var *altíssima*



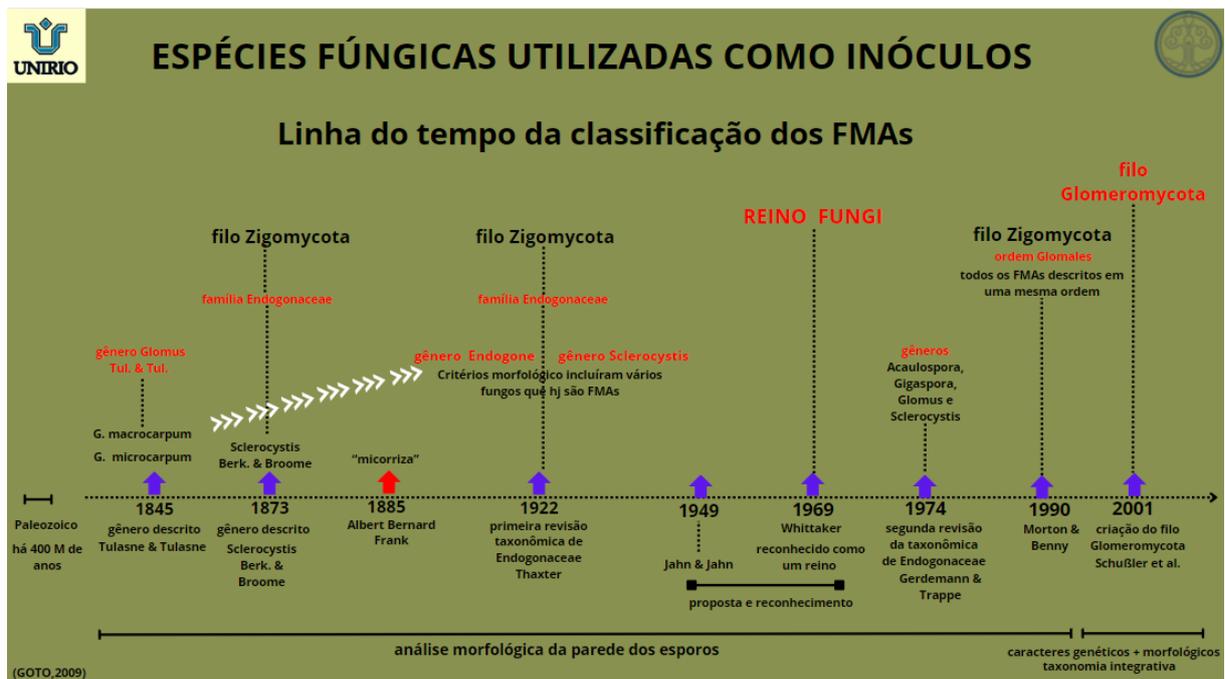
Fontes: COSTA et al., 2011; EMBRAPA, 2003; QUEIROZ, 2014 e https://www.biodiversity4all.org/taxa/139075-Hymenaea-courbaril/browse_photos

Anexo VI – Maçaranduba da Praia - *Manilkara subsericea*

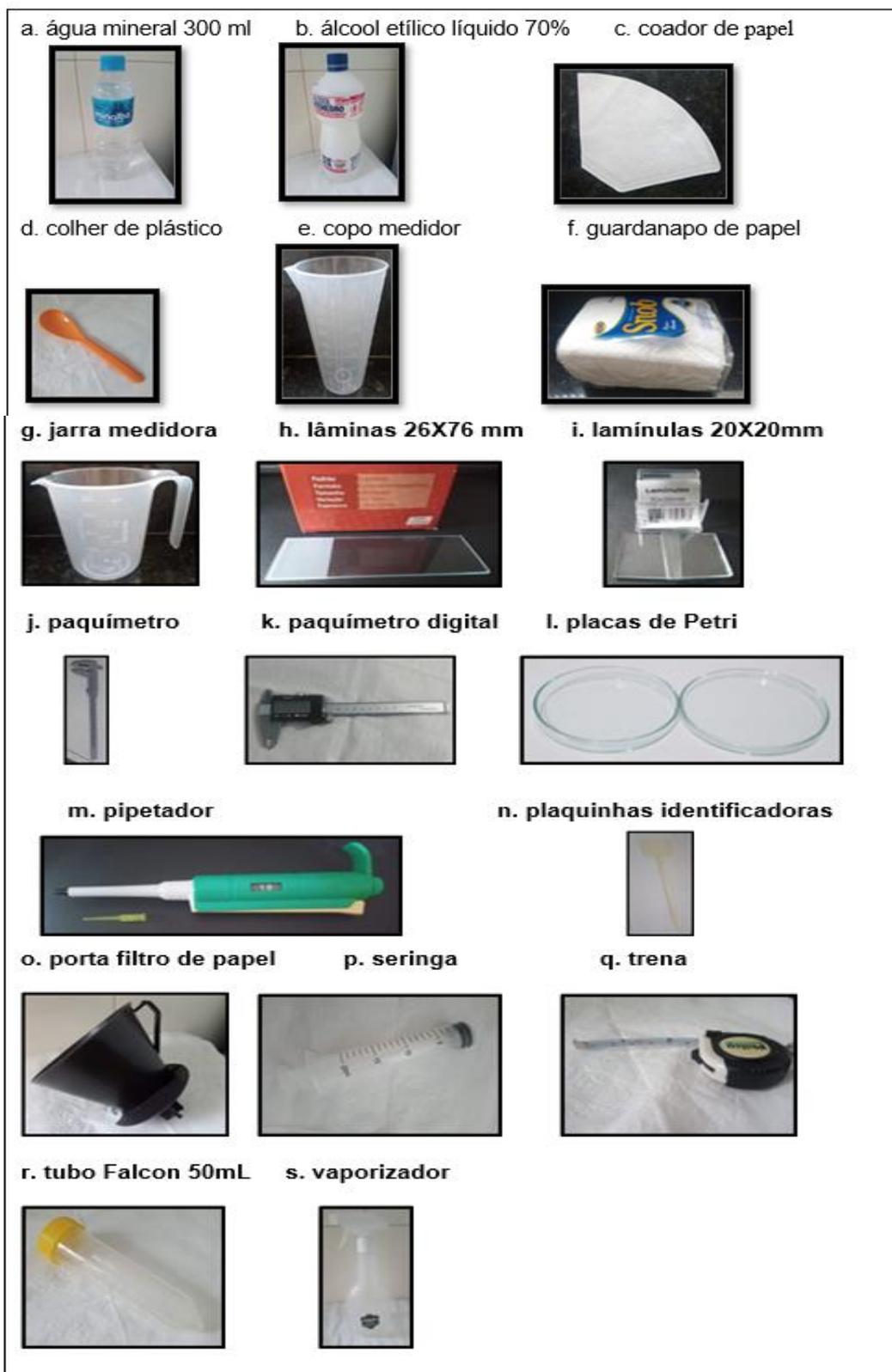


Fontes: EMBRAPA, 2003; https://www.biodiversity4all.org/taxa/440215-Manilkara-subsericea/browse_photos

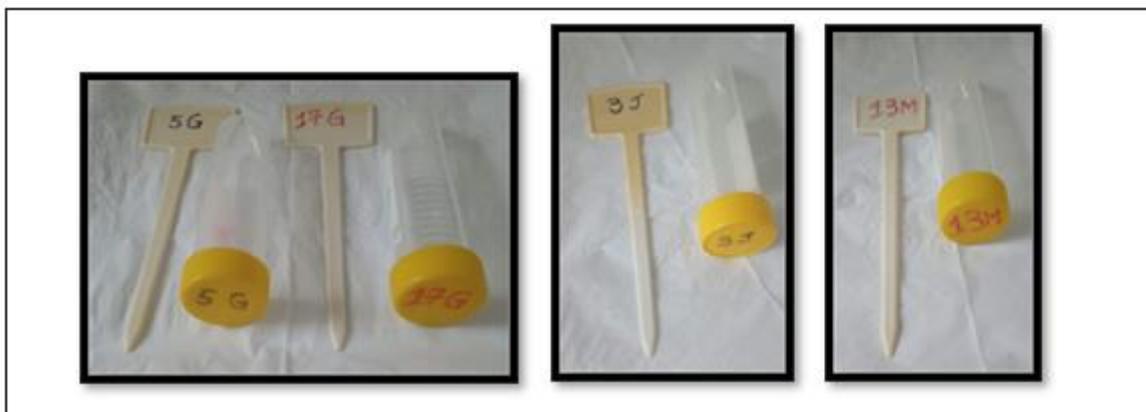
Anexo VII



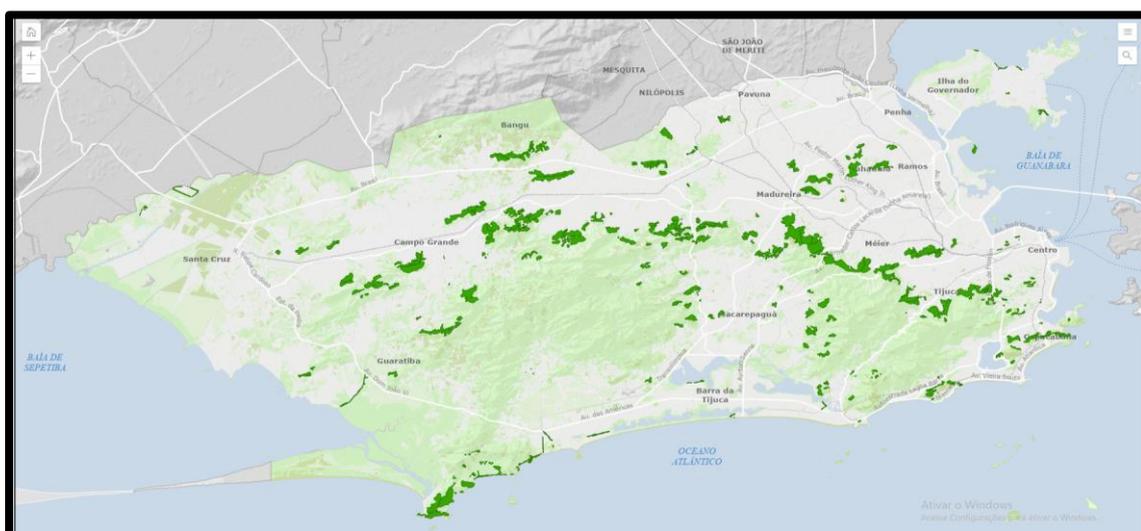
Anexo VIII. Material



Anexo IX Placas e tubos representando a identificação das 60 mudas das espécies grábia (G), jatobá (J) e maçaranduba da praia (M).



Anexo X. Locais de restauração ecológica na Cidade do Rio de Janeiro



Premiações do Programa Mutirão Reflorestamento da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro:

1. Projeto Megacidades – ONU, 1990;
2. 100 Experiências Brasileiras de Desenvolvimento Sustentável e Agenda 21 - Ministério do Meio Ambiente, 1997;
3. 20 melhores projetos - Concurso Gestão Pública e Cidadania - Fundação Getúlio Vargas (FGV) /Fundação Ford, 1997;
4. Melhores Práticas e Programa Líder Local” - UNCHS/Habitat, 1998;
5. Prêmio CREA-RJ de Meio Ambiente – CREA-RJ, 1998;
6. Prêmio Projeto Modelo - Sociedade para a Restauração Florestal (Society for Ecological Restoration), 1999;
7. Menção honrosa no Prêmio Metrôpoles - 2020;
8. Homenagem no II Simpósio de Restauração Ecológica do estado do Rio de Janeiro em reconhecimento aos relevantes serviços prestados no âmbito da Restauração Ecológica, 2019.

Fonte:

<https://siurb.rio/portal/apps/instant/basic/index.html?appid=9a26c45a1fb842b1a86b6ffe28a2a53f>

Anexo XI. Planilhas com as aferições do comprimento do caule, altura do fuste e largura na altura do fuste das 60 mudas, mantidas no Viveiro Campo Grande, período de 30/10/23 e 06/05/24

Apuleia leiocarpa (grápicia) Condições estruturais																								
mudas	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	30/10/23	30/10/23	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	26/12/23	26/12/23	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	1/2/24	1/2/24	29/2/24	29/2/24	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	27/3/24	27/3/24	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	29/4/24	29/4/24	6/5/24	6/5/24
1G	20	0,32	20	20,0	20	0,3	20,0	21	21,0	0,41	11,5	12	12,5	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2G	22	0,34	11	22,0	0,3	11,0	24,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,329	15	27	0,33	15	27,5	0,853	3,5
3G	28	0,25	7	28,0	0,3	7,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4G	27	0,29	21	27,0	0,3	21,0	34	34,0	0,33	26	26	34,2	29	29,0	14	0,148	29	29	29	0,582	14	32	0,182	30
5G	36	0,31	12	36,0	0,3	12,0	36	36,0	0,44	9	36	36	9,5	36	0,506	10,1	34	34	0,477	10,1	34	0,561	10,02	
6G	26	0,21	18	26,0	0,2	18,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7G	15	0,31	6	15,0	0,3	6,0	16	16,0	0,14	7,5	14,5	6,52	6,52	1,58	0,426	7	0	0	0	0	0	0	0	
8G	30	0,37	12	30,0	0,4	12,0	33	33,0	0,35	21	37	21	21	21	0,282	21	0	0	0	0	0	0	0	
9G	21	0,34	11	21,0	0,3	11,0	22,5	0,37	11	22	0,255	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10G	22	0,32	10	22,0	0,3	10,0	24	24,0	0,23	18	24	0,253	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11G	26	0,31	5	26,0	0,3	5,0	27	27,0	0,43	6	27	0,07	5,21	28	0,7	7,1	29	29	0,71	7,1	31	0,541	8	
12G	29	0,29	28	29,0	0,3	28,0	29	29,0	0,28	20	27	0,114	18	29	0,114	16	29	29	0,263	12	23	0,48	12	
13G	19	0,26	11	19,0	0,3	11,0	19	19,0	0,31	13	19	0,284	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14G	23	0,89	19	23,0	0,9	19,0	29	29,0	0,87	1,2	29	0,69	3	30	1,184	1	30	30	0,564	16	31	1,01	1,5	
15G	26	0,27	15	26,0	0,3	15,0	26	26,0	0,29	9	31	0,313	18	33	0,268	20	34	34	0,271	20	35	0,278	21	
16G	29	0,29	19	29,0	0,3	19,0	30	30,0	0,29	1	33	0,871	2	31	1,02	15	31	31	0,792	16	23	0,898	1	
17G	28	0,19	16	28,0	0,2	16,0	28	28,0	0,41	13,5	29	0,318	12	26	0,14	14	24	24	0,303	14	25	0,314	15	
18G	12	0,19	8	12,0	0,2	8,0	17	17,0	0,17	9	17	0,376	8,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19G	28	0,16	16	28,0	0,2	16,0	30	30,0	0,18	19	30	0,21	20	31	0,21	22	31	31	0,392	19	32	0,447	19	
20G	29	0,19	14	29,0	0,2	14,0	31	31,0	0,22	16	33	0,268	17	33	0,27	17	33	33	0,367	17	34,5	0,398	19	

Hymenaea courbaril (jatobá) Condições estruturais																								
mudas	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	30/10/23	30/10/23	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	26/12/23	26/12/23	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	1/2/24	1/2/24	29/2/24	29/2/24	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	27/3/24	27/3/24	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	31/4/24	31/4/24	6/5/24	6/5/24
1J	36	0,21	25	36,0	0,42	30,1	55	55,0	0,58	32,1	58	32,5	59	59,0	27	0,225	28	28	28	0,458	22	60,5	0,544	23
2J	46	0,22	25	46,0	0,46	25,2	57,7	57,7	0,54	25,5	59	0,53	27	59	0,225	28	59	59	0,893	18	59	0,894	18	
3J	44	0,22	18	44,0	0,54	17,5	56	56,0	0,56	18,5	56	0,579	18,5	57	0,28	19	19	19	0,701	20	58	0,833	15	
4J	40	0,21	20	40,0	0,52	21,5	48	48,0	0,65	24	48	0,615	24	47	0,221	23	47	47	0,694	23	49	0,697	24	
5J	46	0,20	19	46,0	0,46	20,0	52	52,0	0,52	12	51	0,603	12,6	52	0,26	16	16	16	0,921	16	61	0,836	17	
6J	34	0,22	15	34,0	0,66	15,3	49	49,0	0,69	12	48	0,658	15	46	0,241	13	48	48	0,697	14	49	0,701	16	
7J	49	0,23	24	49,0	0,52	21,0	60	60,0	0,56	1	60	0,118	1	60	0,481	2	60	60	1,17	3	60	1,285	4	
8J	37	0,21	20	37,0	0,63	18,3	53	53,0	0,59	8	53	0,544	9	54	0,213	22	55	55	0,677	13	56	0,706	14	
9J	38	0,21	15	38,0	0,57	16,0	49,2	49,2	0,59	19	50	0,67	19	52	0,187	32	52	52	0,666	20	54	0,83	15	
10J	39	0,20	35	39,0	0,33	36,0	52	52,0	0,53	39	54	0,42	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11J	40	0,2	16	40,0	0,53	20,5	49	49,0	0,44	20	42	0,53	20	44	0,196	22	46	46	0,564	23	47	0,667	24	
12J	45	0,21	30	45,0	0,45	24,5	53	53,0	0,44	24,5	53,5	0,35	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13J	52	0,22	20	52,0	0,57	22,5	55	55,0	0,62	14,5	56	0,54	23	57	0,264	20	62	62	0,661	20	63	0,749	16	
14J	44	0,2	35	44,0	0,61	25,3	62,5	62,5	0,62	35	58	0,53	36,5	46	0,267	18	53	53	0,686	19	56	0,815	20	
15J	42	0,21	22	42,0	0,61	25,3	62,5	62,5	1,4	26	62	0,58	26	64	0,257	16	64	64	0,937	16	66	0,936	17	
16J	45	0,42	18	45,0	0,54	19	55	55,0	0,54	20	54	0,44	20	54	0,244	21	54	54	0,752	21	56	0,761	19	
17J	46	0,39	21	46,0	0,66	20	56	56,0	0,75	21	56	0,64	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18J	37	0,4	17	37,0	0,77	12,6	51	51,0	0,65	18,5	51	0,63	20	51	0,318	19	51	51	0,752	14	49	0,764	21	
19J	38	0,45	17	38,0	0,61	16,5	52,5	52,5	0,64	17	52	0,62	17	52	0,308	17	53	53	0,834	18	52	0,801	18	
20J	42	0,49	18	42,0	0,63	19,2	51	51,0	0,67	19,5	51	0,61	20	51	0,321	14	52	52	0,861	16	52	0,832	16	

mudas	Manilkara subsericea (mangaranduba da praia) Condições estruturais																											
	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)	comprimento (cm)	largura na altura do fuste (cm)																		
1M	39,5	0,51	7	40	1,5	7,5	40,5	1,89	8	42	0,451	7,5	42	1,08	8	42	1,08	8	42	0,451	7,5	42	1,08	8				
2M	34,5	0,53	14	36	0,12	17	37	0,619	19	37	0,274	20	37	0,704	20	39	0,793	22	39	0,274	20	37	0,704	20	39	0,793	22	
3M	33	0,37	12	34,1	0,73	12	35	0,862	8,5	38	0,34	9	38	0,856	9	40	0,851	9	40	0,34	9	38	0,856	9	40	0,851	9	
4M	37	0,39	17	42	0,55	17	43	0,665	18	47	0,717	20	49,8	0,756	21	49,8	0,756	21	49,8	0,717	20	49,8	0,756	21	49,8	0,756	21	
5M	38	0,42	11	43	0,74	12	45	0,764	14	46	0,301	16	46	0,301	16	45	0,744	17,5	47	0,301	16	45	0,744	17,5	47	0,745	18,9	
6M	38	0,42	7	47,5	1,4	7	48	0,23	7	49	0,47	8	49	0,47	8	49	1,27	8	49	0,47	8	49	1,27	8	49	1,27	8	
7M	36	0,58	10	46	0,66	10,1	47	0,53	15	49	0,281	16	42	0,281	16	42	0,281	16	42	0,281	16	42	0,281	16	42	0,281	16	42
8M	36,2	0,57	10	40	0,61	10	42	0,716	31	42	0,341	7	44	0,341	7	44	0,95	7	44	0,341	7	44	0,95	7	44	0,95	7	
9M	38,5	0,41	9	43	0,41	6	43	0,832	6,5	44	0,832	6,5	44	0,832	6,5	44	0,832	6,5	44	0,832	6,5	44	0,832	6,5	44	0,832	6,5	44
10M	30,2	0,56	8	36	0,65	10	38	0,73	13	41	0,285	15	42	0,285	15	42	0,711	16	42	0,285	15	42	0,711	16	42	0,665	16	
11M	33,5	0,46	11	41,5	0,8	12	44	0,742	14	44	0,321	14	44	0,321	14	45	0,806	14	46	0,321	14	45	0,806	14	46	0,898	15	
12M	37	0,59	13	39	0,77	14	41	0,88	14	42	0,347	15	43	0,347	15	43	0,737	12	45	0,347	15	43	0,737	12	45	0,925	15	
13M	36,4	0,57	12	41	0,85	9,6	43	0,943	10	42	0,308	11	42	0,308	11	42	0,821	15	48	0,308	11	42	0,821	15	48	0,875	32	
14M	36	0,39	7	41	0,74	7	41	0,89	7	41	0,347	7	41	0,347	7	42	0,735	7,5	43	0,347	7	42	0,735	7,5	43	0,852	8	
15M	38	0,4	8	43,5	1,15	8,1	48	1,254	8,5	49	0,501	18	48	0,501	18	48	1,294	9	51	0,501	18	48	1,294	9	51	1,253	6	
16M	34	0,37	14	40	0,5	17	42	0,574	19	43	0,248	20	43	0,248	20	41	0,609	20	41	0,248	20	41	0,609	20	41	0,61	20	
17M	38	0,61	12	39,5	0,56	13,5	40,5	0,73	14	36	0,266	14	40	0,266	14	41	0,681	14	42	0,266	14	41	0,681	14	42	0,697	15	
18M	33	0,49	14	35,2	0,9	12,2	37	0,889	14	38	0,37	14	38	0,37	14	40	0,922	14	44	0,37	14	40	0,922	14	44	0,46	15	
19M	22	0,56	11,9	28,4	0,64	14,5	29	0,76	13	30	0,289	16	31	0,289	16	31	0,727	17	32	0,289	16	31	0,727	17	32	0,934	18	
20M	40	0,52	6	45	1,31	7	46	1,113	7	47	0,47	8	47	0,47	8	47	1,135	8	43	0,47	8	47	1,135	8	43	1,165	9	