



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS APLICADAS E
GEODINÂMICA - PPGGAG

**DINÂMICA MULTITEMPORAL DO REFLORESTAMENTO NO
CONTROLE DA PERDA DE SOLO EM BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DE
USINA HIDRELÉTRICA**

OTÁVIO MARQUES

Orientador: Prof. José Eloi Guimarães Campos

**Dissertação de Mestrado
nº 214**

**Área de concentração - Recursos Hídricos e Meio Ambiente
Linha de pesquisa - Gestão de Recursos Hídricos**

Brasília, Maio de 2023.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS APLICADAS E GEODINÂMICA - PPGGAG

**DINÂMICA MULTITEMPORAL DO REFLORESTAMENTO NO
CONTROLE DA PERDA DE SOLO EM BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DE
USINA HIDRELÉTRICA**

OTÁVIO MARQUES

Área de concentração - Recursos Hídricos e Meio Ambiente
Linha de pesquisa - Gestão de Recursos Hídricos

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências Aplicadas e Geodinâmica

Brasília, Maio de 2023.

**DINÂMICA MULTITEMPORAL DO REFLORESTAMENTO NO
CONTROLE DA PERDA DE SOLO EM BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DE
USINA HIDRELÉTRICA**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos
Universidade de Brasília - UnB
Orientador

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista
Universidade de Brasília - UnB
Examinador

Prof. Dr. Ricardo Valcarcel
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ
Examinador

Brasília, Maio de 2023.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

MM357d Marques, Otávio
DINÂMICA MULTITEMPORAL DO REFLORESTAMENTO NO CONTROLE DA
PERDA DE SOLO EM BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DE USINA HIDRELÉTRICA
/ Otávio Marques; orientador José Eloi Guimarães Campos. -
Brasília, .
p.

Dissertação(Mestrado em Geociências Aplicadas) --
Universidade de Brasília, .

1. Reflorestamento . 2. Erosão Laminar. 3. USLE. I. Eloi
Guimarães Campos, José, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Prezados membros da banca examinadora,

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a cada um de vocês pelo tempo, esforço e dedicação dedicados à minha dissertação de mestrado. Agradeço a oportunidade de apresentar meu trabalho e pelas valiosas contribuições e críticas que recebi durante a defesa.

Agradeço também aos professores, colegas, amigos e familiares que me apoiaram durante todo o período do mestrado. Tenho a certeza de que essa jornada me permitiu crescer como pesquisador e, acima de tudo, como pessoa.

Agradeço ao meu orientador, Dr. José Eloi Guimarães Campos, pelo apoio e paciência ao longo deste processo. Sua orientação e aconselhamento foram fundamentais para o sucesso desta pesquisa e aos professores João Willy Corrêa Rosa e José Wilson Corrêa Rosa pelas contribuições e apoio na realização deste trabalho.

Agradeço o Programa de Pós-graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica pela oportunidade de estudo.

Em especial a Hanry Alves Coelho (esposa) expressei minha profunda gratidão por todo apoio que você me oferece. Suas palavras de incentivo e encorajamento foram sempre uma fonte de força. Seu apoio inabalável e sua “paciência” foram fundamentais para que eu pudesse me concentrar em meus estudos e me aprofundar em minhas pesquisas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano”
Isaac Newton

“Uma experiência nunca é um fracasso, pois sempre demonstra algo”
Thomas Edison

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação e Justificativa	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Material e Método	3
1.3.1 <i>Avaliação da dinâmica multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia no período de 2010 a 2021.</i>	3
1.3.2 <i>Comparação da Composição Florística das Áreas Reflorestadas, em Diferentes Idades, com Fragmentos Remanescentes Regionais</i>	6
1.3.3 <i>Modelo USLE</i>	13
1.3.3 <i>Cálculo da Estimativa de Erosão</i>	16
1.3.4 Cálculo da Perda de Solo por Erosão Laminar para avaliação do reflorestamento	17
1.4 Organização da Dissertação	17
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	19
2.1 Clima	20
2.2 Geologia	22
2.3 Geomorfologia	23
2.4 Fitofisionomia	28
2.5 Pedologia	34
2.6 Recursos Hídricos	36
CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	37
3.1 Erosão e Impacto Ambiental e Socioeconômico	37
3.1.1 <i>Erosão: O que é? Quais tipos?</i>	38
3.2.1 <i>Principais fatores que contribuem para o processo erosivo</i>	42
3.2 USLE - Universal Soil Loss Equation (<i>Equação Universal de Perdas de Solo</i>)	44
3.3 Reflorestamento	49
3.3.1 <i>Serviços Ambientais e Serviços Ecossistêmicos das Áreas de APPs</i>	49
CAPÍTULO 4 - TÉCNICAS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVAS APLICADAS AO PROCESSO DE REFLORESTAMENTO	51
4.1 Metodologia de Recomposição Florestal em Área de Preservação Permanente	51
4.1.2 <i>Isolamento da Área</i>	51
4.1.3 <i>Seleção de Espécies</i>	53
4.1.4 <i>Produção de Mudanças</i>	54
4.1.4 <i>Combate a Formiga e Cupins (Fase do Plantio)</i>	55
4.1.5 <i>Preparo do Solo</i>	56

4.1.6	<i>Eliminação de Espécies Invasoras (exóticas)</i>	57
4.1.7	<i>Recebimento das Mudas</i>	58
4.1.8	<i>Adubação de Plantio</i>	59
4.1.9	<i>Plantio</i>	60
4.1.10	<i>Irrigação</i>	61
4.1.11	<i>Replantio</i>	61
4.1.12	<i>Campanhas de Manutenção</i>	61
4.2	<i>Considerações Finais</i>	64
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES		66
5.1	<i>Avaliação da dinâmica multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia no período de 2010 a 2021</i>	66
5.2	<i>Avaliação da Eficiência do Reflorestamento</i>	68
5.1.1	<i>Comparação da Composição Florística das Áreas Reflorestadas, em Diferentes Idades, com Fragmentos Remanescentes Regionais</i>	68
5.1.2	<i>Resultado da Comparação da Composição Florística das Áreas Reflorestadas, em Diferentes Idades, com Fragmentos Remanescentes Regionais</i>	68
5.1.3	<i>Considerações Finais Relativas ao Reflorestamento</i>	88
5.3.1	<i>Equação Universal de Perda de Solo - USLE</i>	89
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES		104
6.1	<i>Conclusões</i>	104
6.2	<i>Recomendações</i>	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		107
ANEXO 1		114

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1** - Fluxo metodológico do modelo USLE aplicado neste estudo.
- Figura 2.1** - Carta-imagem da área de estudo e situação no estado de Goiás e no território brasileiro
- Figura 2.2** - Dados de precipitação média mensal e acumulada das 8 estações utilizada no estudo.
- Figura 2.3** - Esboço geológico da bacia do rio Corumbá. (Fonte: Feindt,2009)
- Figura 2.4** - Compartimentação geomorfológica da bacia do rio Corumbá.
- Figura 2.5** - Detalhe de banco de sedimentos identificado no curso d'água
- Figura 2.6** - Banco de sedimentos areno-argilosos identificado no curso d'água.
- Figura 2.7** - Vista geral de um cerrado típico.
- Figura 2.8** - Detalhe de um cerrado típico.
- Figura 2.9** - Vista geral de campo sujo.
- Figura 2.10** - Detalhe de mata ciliar.
- Figura 2.11** - Vista geral de mata de galeria.
- Figura 2.12** - Detalhe de mata de galeria.

Figura 2.13 - Detalhe de mata de galeria vista a partir do curso d'água.

Figura 2.14 - Vista geral de matas secas ou florestas mesofíticas.

Figura 2.15 - Vista geral de vegetação tipo Cerradão

Figura 2.16 - Detalhe de vegetação tipo cerradão.

Figura 3.1 - Estimativas anuais de perdas de produtividade da terra absoluta (%) do modelo Global USLE (Sartori, 2019).

Figura 3.2 - Ilustração de um processo erosivo natural.

Figura 3.3 - Processo erosivo naturais.

Figura 3.4 - Ilustrações do processo erosivo geológico ou natural.

Figura 3.5 - **a e b:** Efeito splash provocando início do processo erosivo. **c:** Ilustração das etapas de formação do processo erosivo.

Figura 3.6 - Indicador de erosão laminar.

Figura 3.7 - Detalhe de processo erosivo laminar. Fonte: Autor 2023.

Figura 3.8 - Ilustração do início do processo erosivo tipo sulco.

Figura 3.9 - Ilustração de processo erosivo tipo sulco.

Figura 3.10 - Vista geral de processo erosivo tipo mega ravinas desenvolvidas em cambissolo.

Figura 3.11 - Monograma de Wischmeier et al. (1971).

Figura 4.1 - Ilustração do método construtivo da cerca.

Figura 4.2 - Construção de cerca.

Figura 4.3 - Aceiro construído ao longo da área cercada.

Figura 4.4 - Corredor construído para acesso ao reservatório.

Figura 4.5 - Viveiro de produção de mudas

Figura 4.6 - Detalhe do viveiro.

Figura 4.7 - Formigueiro próximo a área de plantio.

Figura 4.8 - Combate a formiga sendo realizado.

Figura 4.9 - Isca colocada no olho do formigueiro.

Figura 4.10 - Subsolagem de área de plantio

Figura 4.11 - Subsolagem em área de plantio

Figura 4.12 - Subsolagem em nível.

Figura 4.13 - Subsolagem em curva de nível, na área de plantio.

Figura 4.14 - Aspersão de herbicida em área recém-plantada.

Figura 4.15 - Mudas recebidas sendo inspecionadas.

Figura 4.16 - Detalhes das raízes das mudas.

Figura 4.17 - Verificação da altura das mudas.

Figura 4.18 - Local de rustificação das mudas.

Figura 4.19 - Aplicação de calcário na linha de plantio.

Figura 4.20 - Aplicação do 10:30:10 + FTE na linha de plantio.

Figura 4.21 - Plantio semimecanizado com aplicação de gel hidro retentor

Figura 4.22 - Plantio semimecanizado.

Figura 1.23 - Detalhe da muda plantada.

Figura 1.24 - Linha de plantio.

Figura 4.25 - Desenvolvimento da prática de irrigação em área recém-plantada.

Figura 4.26 - Detalhe do equipamento utilizado na irrigação.

Figura 4.27 - Coroamento de manutenção.

Figura 4.28 - Muda com coroamento de manutenção.

Figura 4.29 - Atividade de coroamento.

Figura 4.30 - Atividade de combate a formiga.

Figura 4.31 - Combate a formiga

Figura 4.32 - Detalhe do combate a formiga.

Figura 4.33 - Isca no olho do formigueiro.

Figura 4.34 - Roçada manual seletiva.

Figura 4.35 - Roçada manual seletiva.

Figura 4.36 - Adubação de cobertura.

Figura 4.37 - Detalhe do medidor utilizado na adubação de cobertura

Figura 4.38 - Adubação e cobertura.

Figura 4.39 - Manutenção de aceiro.

Figura 4.40 - Aceiro ao longo da área de plantio.

Figura 4.41 - Vista geral do aceiro.

Figura 5.1 - Uso do solo para os anos 2010 e 2021.

Figura 5.2 - Número de indivíduos por família, para as 28 parcelas.

Figura 5.3 - Número de indivíduos por espécie, para as 28 parcelas.

Figura 5.4 - Número de indivíduos por espécie, parâmetros gerais para área amostrada das 28 parcelas

Figura 5.5 - Dendrograma de dissimilaridade florística (Abundância) pelo método de agrupamento UPGMA SORENSEN/BRAY-CURTIS.

Figura 5.6 - Dendrograma de dissimilaridade florística (Presença e Ausência) pelo método de agrupamento UPGMA SORENSEN/BRAY-CURTIS.

Figura 5.7 - Vinte espécies com maior Índice de Valor de Importância (IVI) na área de estudos.

Figura 5.8 - Distribuição das classes de altura.

Figura 5.9 - Distribuição das classes de diâmetro das copas.

Figura 5.10 - Fator R acumulado anual, para a bacia de estudo.

Figura 5.11 - Mapa de solo da bacia de estudo.

Figura 5.12 - Ferfil de Cambissolo Háplico Distrófico localizado na área de estudo, além de imagem de sua superfície de ocorrência (foto inferior) com aspecto pedregoso comumente observado.

Figura 5.13 - Mapa de solo da Área de Preservação Permanente.

Figura 5.14 - Cobertura vegetal da APP para o ano de 2010 e 2021.

Figura 5.15 - Área reflorestada ao longo da APP 100 metros.

Figura 5.16 - Evolução e detalhamento do reflorestamento realizado na APP.

Figura 5.17 - Evolução do reflorestamento, tipo de solo e regeneração natural.

Figura 5.18 - Faixa de APP reflorestada e preparo do solo em nível.

Figura 5.19 - Sub-bosque do reflorestamento e detalhe do tipo de solo.

Figura 5.20 - Fator LS para a bacia de estudo e para a Área de Preservação Permanente do reservatório.

Figura 5.21 - Ilustração da perda de solo na bacia em 2010 e 2021.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Classes utilizadas na avaliação da métrica da paisagem.

Tabela 1.2 - Classes utilizadas na avaliação da métrica da paisagem.

Tabela 1.3 - Estações pluviométricas utilizadas para o cálculo do fator R.

Tabela 1.4 - Fator K por classe de solo.

Tabela 1.5 - Valores adotados para o Fator C para as classes de uso do solo.

Tabela 1.6 - Classes de magnitude de perdas de solos.

Tabela 2.1 - Dados de precipitação média mensal e acumulada das 8 estações utilizada no estudo.

Tabela 3.1 - Fatores de Erosividade.

Tabela 3.2 - Fatores de Erodibilidade.

Tabela 3.4 - Modelos hidrossedimentológicos para predição de erosão.

Tabela 3.4 - Modelos hidrossedimentológicos para predição de erosão.

Tabela 4.1 - Espécies utilizadas no reflorestamento.

Tabela 5.1 - Dinâmica do uso e ocupação da área de estudo de 2010 a 2021.

Tabela 5.2 - Parâmetros gerais para área amostrada das 28 parcelas amostradas, na área de reflorestamento.

Tabela 5.3 - Listagem das famílias e espécies botânicas do componente arbóreo com números de indivíduos juntamente com avaliação de grau de ameaça, DD (Dados insuficientes), EN (em perigo), LC (menos preocupante), NA (Nulo - Não avaliada quanto a ameaça/classificação de grau de ameaça), NT (quase ameaçada), VU (vulnerável) segundo classificação Flora do Brasil CNCFLORA- Centro de conservação da flora. N= Números de indivíduos; DAB (Diâmetro em cm); H= (altura em Metros); DC = (Diâmetro da copa em metros).

Tabela 5.4 - Diversidade florística do componente arbóreo das 28 parcelas

Tabela 5.5 - Parâmetros fitossociológicos, em ordem decrescente de IVI.

Tabela 5.6. Parâmetros gerais de dados dendrométricos por parcelas e ano de plantio.

Tabela 5.7 - Precipitação média acumulada mesal, anual e fator R anual da área de estudo.

Tabela 5.8 - Classificação da erosividade da chuva.

Tabela 5.9 - Valores da cobertura da APP para o ano de 2010 e 2021.

Tabela 5.10 - Simulação da perda de solo considerando os fatores da equação universal de perda de solo (USLE) para a bacia de estudo.

Tabela 5.11 - Resultado da perda de solo por classe na bacia.

Tabela 5.12 - Alteração do Fator C das Áreas de Preservação Permanentes do reservatório.

RESUMO

Ao longo dos anos, diversas técnicas de recuperação têm sido propostas com o objetivo de potencializar os benefícios e catalisar o processo de recuperação das Áreas de Preservação Permanentes - APP do reservatório da Usina Hidrelétrica de Corumbá III. Este estudo foi avaliou a dinâmica multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia no período de 2010 a 2021 e verificou a eficiência das práticas conservacionistas aplicadas à redução de perdas dos solos. Na avaliação da dinâmica multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia no período de 2010 a 2021 foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solos – USLE. Para avaliar a eficiência do reflorestamento como prática conservacionista na redução de perda do solo foi utilizada a avaliação fitossociológica em áreas com diferentes idades e analisado o efeito destas alterações da cobertura do solo na prevenção da perda de solo por erosão laminar. No período de 2010 a 2021 a área de vegetação nativa da bacia diminuiu 1,85%, a de pastagem 2,96% e a área de agricultura aumentou 4,71%. Apesar da redução, a vegetação nativa ainda ocupa expressivo território em 2021 (35,74%) a agricultura (28,90%) e a pastagem (26,11%) também estão entre as principais classes de cobertura da área estudada. As aplicações de técnicas tradicionais aliadas a métodos inovadores resultaram em ganhos significativos dos resultados dos reflorestamentos de APPs em áreas de cerrado. Dentre as técnicas não tradicionais destacam-se: isolamento da área com cerca e aceiro, controle de espécies invasoras exóticas com capina química, uso da subsolagem em nível para o preparo de solo, aplicação de adubação de plantio e de cobertura com micronutrientes, produção de mudas utilizando substrato com adubo de liberação lenta, realização de tratos culturais no mínimo durante 4 anos após o plantio. As áreas reflorestadas, considerando sua composição florística e estrutural, vem desempenhando importante papel ecológico. As áreas reflorestadas apresentam os índices de diversidade de espécies de Shannon (H') e a equabilidade de Pielou para 28 parcelas amostradas, respectivamente de 4,36 e 0,83, mostrando alta diversidade. Estima-se que para cada hectare reflorestado considerando o reflorestamento realizado em áreas de pastagem, em cambissolo e com Fator LS de até 2 foi evitada uma perda de aproximadamente $18,51 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Para áreas de agricultura o valor da redução estimada é de 191 ton/ha/ano. Reflorestamentos realizados em áreas mais declivosas tem potencial ainda maior de conservação do solo atingindo valores de redução de perda de $46,28 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ quando o reflorestamento é realizado em área de pastagem e de 478,23 quando realizado em área de agricultura. Pode-se constatar que as medidas conservacionistas aplicadas nas Áreas de Preservação Permentes do reservatório da UHE Corumbá III foram eficientes e estão cumprindo o serviço ambiental de redução da perda de solo por erosão laminar.

Palavras-chave: Reflorestamento, Erosão Laminar, USLE

ABSTRACT

Over the years, several recovery techniques were proposed with the objective of enhancing the benefits and catalyzing the recovery process of the Permanent Preservation Areas of the reservoir of the Corumbá III Hydroelectric Power Plant. This study evaluated the multi-temporal dynamics of land use and occupation in the basin from 2010 to 2021 and verified the efficiency of conservation practices applied to the reduction of soil losses. In the evaluation of the multi-temporal dynamics of land use and occupation in the basin in the period from 2010 to 2021, the Universal Soil Loss Equation - USLE was applied. To evaluate the efficiency of reforestation as a conservation practice in reducing soil loss, it was used phytosociological evaluation in areas with different ages and analyzed the effect of these changes in soil cover in the prevention of soil loss by laminar erosion. In the period from 2010 to 2021, the area of native vegetation in the basin decreased 1.85%, the pasture decreased 2.96% and the area of agriculture increased by 4.71%. Despite the reduction, native vegetation still occupies significant territory in 2021 (35.74%). Agriculture (28.90%) and pasture (26.11%) are also among the main classes of coverage of the studied area. The application of traditional techniques combined with innovative methods resulted in significant gains in the results of reforestation of the Permanent Preservation Areas in Cerrado areas. Among the non-traditional techniques there are: isolation of the area with fence and firebreak, control of exotic invasive species with chemical weeding, use of subsoil at level for soil preparation, application of planting fertilization and cover with micronutrients, production of seedlings using substrate with slow release fertilizer, performance of cultural treatments at least for 4 years after planting. The reforested areas, considering their floristic and structural composition, have been playing an important ecological role. The reforested areas present the Shannon Species Diversity Index (H') and the Pielou Evenness for 28 sampled plots sites, respectively of 4.36 and 0.83, show high diversity. It is estimated that for each reforested hectare, considering the reforestation carried out in pasture areas, in inception and with LS Factor of up to 2, a loss of approximately $18.51 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ was avoided. For agricultural areas, the value of the estimated reduction is 191 ton/ha/year. Reforestation carried out in steeper areas has even greater potential for soil conservation, reaching loss reduction values of $46.28 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ when reforestation is carried out in pasture area and 478.23 when carried out in agricultural area. It can be seen that the conservation measures applied in the Permanent Preservation Areas of the Corumbá III Hydroelectric Power Plant reservoir were efficient and are fulfilling the environmental service of reducing soil loss due to laminar erosion

Keywords: Reforestation, Laminar Erosion, USLE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação e Justificativa

As mudanças climáticas atuais trazem vários questionamentos sobre a dinâmica, intensidade e suas consequências em diferentes regiões da Terra. Maior conhecimento da interação dos possíveis efeitos climáticos acumulados com as atividades antrópicas é necessário para a elaboração de políticas e aplicação das práticas conservacionistas.

Atividades como desmatamento, movimentação de terras, reflorestamento e ocupação urbana interferem nas características do solo e no ciclo hidrológico de uma bacia. Importantes processos como a evapotranspiração, escoamento superficial, infiltração, comportamento do nível de umidade do solo e erosão são influenciados pelas mudanças no uso e ocupação do solo. Importante ressaltar que embora mudanças relacionadas ao equilíbrio ambiental ocorram naturalmente, as ações antrópicas vêm acelerando estes processos (Tundisi e Tundisi, 2012).

A maioria das alterações no uso e ocupação do solo gera aumento do escoamento superficial e consequentemente, resulta no aumento na quantidade de sedimentos carreados do ambiente terrestre para o ambiente aquático.

O planejamento conservacionista para controle e preservação desses sistemas deve ser conduzido para garantir a conservação do solo. Devem ser geradas informações de variáveis consideradas em modelos científicos, com o objetivo de subsidiar a tomada de decisão no gerenciamento de bacias hidrográficas. A degradação ambiental ao longo do tempo tem se tornado cada vez mais evidente, não sendo mais imprescindível apenas entender ou reverter este processo, mas necessário também prever os danos futuros, para o correto planejamento da gestão desses recursos.

Os modelos hidrossedimentológicos são ferramentas de gestão e incluem mecanismos de simulação dos processos de erosão pela água e sedimentação, disponíveis para tentar prever o efeito da dinâmica de uso e ocupação do solo. Nesses modelos, variáveis como precipitação pluvial, variação da vazão, produção e transporte de sedimentos, tem papel fundamental.

Algumas medidas rotineiras, como o monitoramento de vazão e aporte de sedimentos em rios e em reservatórios são adotadas como forma de compreender a dinâmica hidrológica local. A adoção de modelos hidrossedimentológicos tenta prevenir, ou minimizar eventuais danos ao meio ambiente. Nesse contexto, algumas ferramentas são utilizadas para a realização de campanhas de monitoramento considerando o modelo hidrológico adotado (Tonkin et al., 2019).

Vários modelos hidrossedimentológicos foram propostos para quantificar a ação da erosão dos solos e vêm sendo aplicados para representar os processos de chuva-vazão-erosão e a interação

com o ciclo hidrológico. As aplicações dos referidos modelos podem ser encontradas em diversas escalas, considerando desde grandes parcelas até micro bacias (Medeiros e Silva, 2014).

Uma vez selecionado o modelo, e coletados os dados básicos referentes às variáveis adotadas na bacia hidrográfica de estudo, o resultado de variações temporais deve fornecer estimativas futuras sobre o comportamento das variáveis hidrológicas. Assim, podem-se realizar previsões referentes à vazão, evapotranspiração, qualidade da água, produção, transporte e deposição de sedimentos.

Dentre os modelos mais utilizados e difundidos está a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE - *Universal Soil Loss Equation*), desenvolvida pelo Departamento de Agricultura dos EUA, na década de 1950. A ferramenta considera os fatores ambientais responsáveis pela dinâmica de perda de solos, permitindo a compartimentação das áreas em diferentes níveis de instabilidade, possibilitando o desenvolvimento de ações conservacionistas mais efetivas e é utilizada para melhorar as condições de uso dos recursos naturais (Wischmeier e Smith, 1978).

Inicialmente, a utilização da equação USLE limitava-se apenas à modelagem de vertentes ou de pequenas áreas. No entanto, com a evolução das Geociências, foram consideradas várias formas de utilização da equação, considerando áreas maiores.

A aplicação de estratégias para a recuperação e restauração florestal visa restabelecer os processos e a estrutura do ecossistema original, garantindo incrementos em biodiversidade nos ecossistemas degradados (Kageyama e Gandara, 2005).

Ao longo dos anos, diversas técnicas de recuperação têm sido propostas com o objetivo de potencializar os benefícios e catalisar o processo de recuperação, por exemplo, o plantio de mudas nativas, o plantio de materiais vegetativos (estacas) diretamente no campo, semeadura direta, chuva de sementes, instalação de poleiros artificiais, entre outros.

Este estudo apresenta resultados de observações e análises realizadas na área diretamente afetada pela Usina Hidrelétrica de Corumbá III.

Deve-se estudar o uso e ocupação da bacia ao longo de 2010 a 2021 e a metodologia aplicada no reflorestamento das Áreas de Preservação Permanente - APP. Como resultado do estudo proposto, pretende-se entender a dinâmica de uso e ocupação e avaliar a eficiência de ações conservacionistas nas Áreas de Preservação Permanente. Assim, o trabalho pretende subsidiar a proposição de novas técnicas ambientais, voltadas ao manejo sustentável e ações de recuperação ambiental da bacia e principalmente na APP do reservatório, bem como avaliar a efetividade das técnicas aplicadas.

1.2 Objetivos

Objetivo Geral

- Avaliar a dinâmica multitemporal do reflorestamento da Área de Preservação Ambiental do reservatório da UHE Corumbá III, no controle da perda de solo na bacia de contribuição.

Objetivos Específicos

- Avaliar a dinâmica multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia no período de 2010 a 2021;
- Estimar com auxílio da Equação Universal de Perda de Solos - USLE as perdas laminares de solos na bacia do rio Corumbá;
- Avaliar a eficiência do reflorestamento como prática conservacionista, para a redução de perda do solo.

1.3 Material e Método

Para avaliação da evolução do reflorestamento foram aplicadas metodologias clássicas no âmbito da Engenharia Florestal as quais serão detalhadas no capítulo 4 desta dissertação.

Para aplicação da USLE foi realizada conforme fluxograma ilustrado na Figura 1.1, onde são apresentados os fatores que foram integrados para avaliação da perda de solo na bacia.

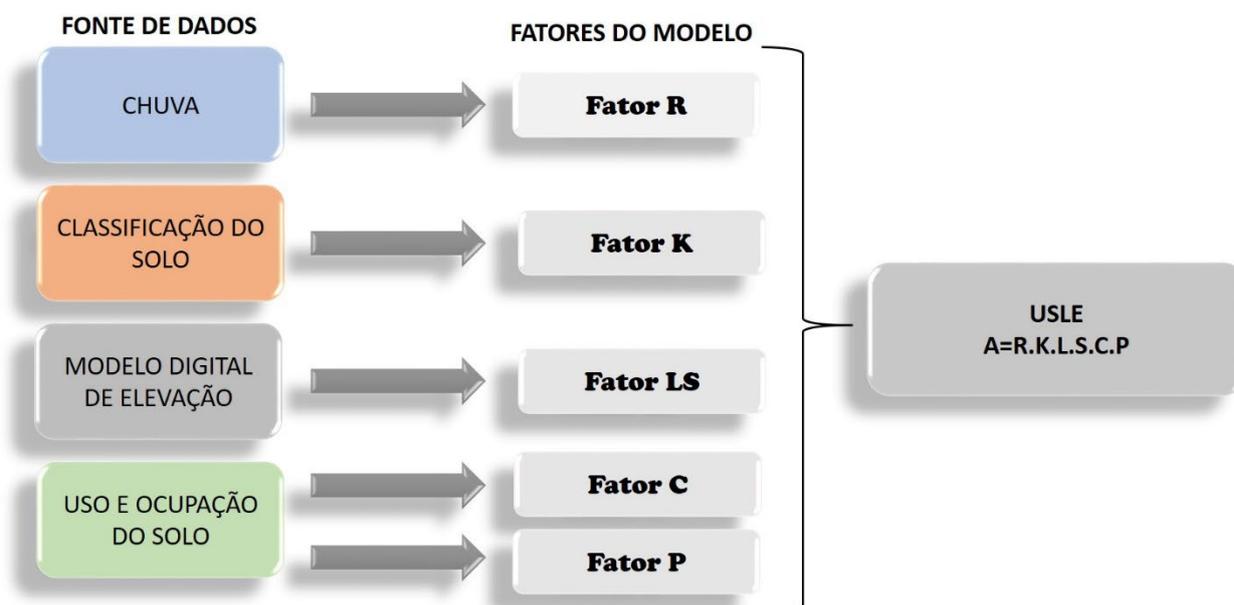


Figura 1.1 - Fluxo metodológico do modelo USLE aplicado neste estudo.

1.3.1 Avaliação da dinâmica multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia no período de 2010 a 2021.

Para avaliação da dinâmica multitemporal do uso e ocupação foram utilizadas as métricas da paisagem que têm sido frequentemente aplicadas para avaliar os padrões da cobertura da terra,

e a fragmentação da floresta ao longo do tempo (Rosa et al., 2017). O uso de métricas para analisar as mudanças no padrão da paisagem ao longo do tempo é essencial para o entendimento dos processos ecológicos e antrópicos que ocorrem em uma determinada região em um determinado espaço de tempo (Zhang et al., 2020).

A avaliação do mapeamento do uso e ocupação de toda extensão da bacia hidrográfica foi feito utilizando imagens disponibilizadas pelo MapBiomas que define o sistema da cobertura da terra por técnicas de sensoriamento remoto e organizada hierarquicamente por combinação LULC, seguindo o padrão de classificação da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO. O MapBiomas é um projeto colaborativo entre universidades, ONGs e especialistas das áreas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, tendo como objetivo a realização de mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo em todo o território brasileiro. Nesse sentido, foi realizado o download das imagens em format “TIFF” no website do MapBiomas selecionando os anos 2010 e 2021. As imagens foram recortadas com a delimitação da área de estudo nas diferentes escalas temporais.

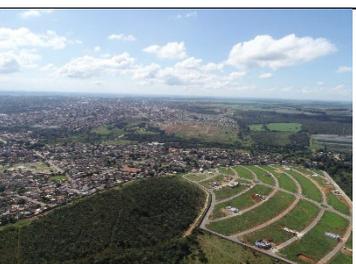
Após o recorte das imagens foi realizada a reclassificação de todas as classes de uso e ocupação conforme descrito na Tabela 1.1.

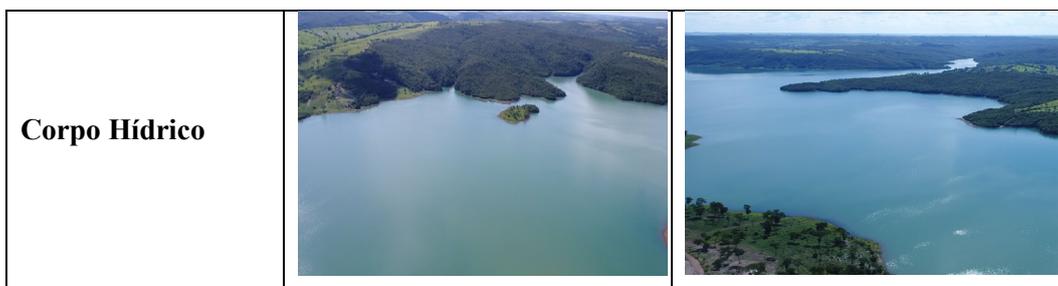
Em seguida foram extraídas as informações das métricas dos fragmentos pelo complemento LEcoS - Landscape Ecology Statistics. O LEcoS é geralmente utilizado em estudos de métrica de paisagem (Sardar e Samadder, 2021; Ferreira et al, 2018; Sanatana-Cordero, 2021; Bosch, 2019).

O LEcoS é uma ferramenta de grande utilidade pela capacidade de fornecer informações complexas de forma simples e confiável, quantificando as características espaciais, para comparação da dinâmica da métrica de paisagem. Neste trabalho foram selecionadas as métricas de área da classe (ha), porcentagem (%) e número de fragmento (n). Após efetuado o tratamento dos dados de métrica, definiu-se o padrão temporal de 21 anos (1º= 2010; 2º= 2021), promovendo a elaboração dos mapas de métrica das classes de uso e ocupação da área de estudo.

O plugin LEcoS realiza análises quantitativas das métricas desejáveis pelas manchas da imagem de diferentes classes de uso e ocupação do solo. O LEcoS permite se trabalhar com diversas métricas, porém para a área de estudo as métricas da paisagem utilizadas neste trabalho foram: área das classes, número de fragmentos das classes e média dos fragmentos. Após o processamento da imagem pelo algoritmo, o plugin retornou os valores encontrados a partir de uma tabela em planilha eletrônica.

Tabela 1.1 - Classes utilizadas na avaliação da métrica da paisagem.

Classes de uso	Ilustração da classes	
Floresta natural		
Floresta plantada		
Formação natural não florestal		
Pastagem		
Agricultura		
Área não vegetada		



1.3.2 Comparação da Composição Florística das Áreas Reflorestadas, em Diferentes Idades, com Fragmentos Remanescentes Regionais

Os dados da vegetação foram obtidos utilizando o método de parcelas múltiplas, conforme preconizado por Müeller-Dombois e Ellenberg (1974). Foram instaladas 28 parcelas, todas com tamanhos 25 m x 20 m (500 m²), dispostas aleatoriamente nas diferentes áreas e em diferentes anos de reflorestamento (Tabela 1.2), totalizando 14.000 m² (1,4 ha) de área amostrada. As instalações das unidades amostrais no campo, e as coletas de dados da vegetação foram feitas no período de outubro e novembro de 2021.

Foi realizado a caracterização das parcelas amostrais (Tabela 1.2) com leva de tipo de solo e cobertura vegetal pré-plantio, bem como a cobertura atual.

Tabela 1.2 – Caracterização das parcelas com coordenadas UTM, ano de plantio, tipo de solo e cobertura vegetal pré e pós plantio das 28 parcelas amostradas.

Dados das parcelas	Tipo de vegetação	
	pré plantio	Vegetação atual
Número: 01 Coordenadas: X: 805966 Y: 8191427 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018		
Número: 02 Coordenadas: X: 811481 Y: 8192488 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2020		
Número: 03 Coordenadas: X: 808050 Y: 8191635 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018		

<p>Número: 04 Coordenadas: X: 807914 Y: 8191546 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018</p>		
<p>Número: 05 Coordenadas: X: 811218 Y: 8190158 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018</p>		
<p>Número: 06 Coordenadas: X: 811232 Y: 8189612 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018</p>		
<p>Número: 07 Coordenadas: X: 812338 Y: 8187717 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2017</p>		
<p>Número: 08 Coordenadas: X: 812332 Y: 8185451 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018</p>		
<p>Número: 09 Coordenadas: X: 815242 Y: 8175755 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018</p>		
<p>Número: 10 Coordenadas: X: 814958 Y: 8175651 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018</p>		
<p>Número: 11 Coordenadas: X: 812173 Y: 8187824 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2017</p>		

<p>Número: 12 Coordenadas: X: 815241 Y: 8155923 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2019</p>		
<p>Número: 13 Coordenadas: X: 815010 Y: 8155882 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2019</p>		
<p>Número: 14 Coordenadas: X: 815983 Y: 8155019 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2019</p>		
<p>Número: 15 Coordenadas: X: 815844 Y: 8154987 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2019</p>		
<p>Número: 16 Coordenadas: X: 816897 Y: 8160578 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018</p>		
<p>Número: 17 Coordenadas: X: 812523 Y: 8161598 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2019</p>		
<p>Número: 18 Coordenadas: X: 812709 Y: 8160405 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2019</p>		
<p>Número: 19 Coordenadas: X: 818448 Y: 8165502 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2017</p>		

<p>Número: 20 Coordenadas: X: 816889 Y: 8181164 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2016</p>		
<p>Número: 21 Coordenadas: X: 816452 Y: 8180799 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2017</p>		
<p>Número: 22 Coordenadas: X: 816124 Y: 8180592 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2017</p>		
<p>Número: 23 Coordenadas: X: 815797 Y: 8178800 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2018</p>		
<p>Número: 24 Coordenadas: X: 816156 Y: 8177888 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2016</p>		
<p>Número: 25 Coordenadas: X: 816657 Y: 8178738 Solo: Cambissolo Ano de Plantio: 2016</p>		
<p>Número: 26 Coordenadas: X: 185554 Y: 8143927 Solo: Latossolo Ano de Plantio: 2018</p>		
<p>Número: 27 Coordenadas: X: 186032 Y: 8143856 Solo: Latossolo Ano de Plantio: 2018</p>		

Número: 28 Coordenadas: X: 186923 Y: 8143260 Solo: Latossolo Ano de Plantio: 2019		
--	---	--

Em cada uma das 28 parcelas, com o auxílio do paquímetro e suta, foram obtidos os diâmetros (diâmetro a altura da base - DAB) de todas as plantas arbóreas com altura superior a 0,30 m do nível do solo. Os diâmetros foram medidos a altura a 30 cm do solo, sendo que somente para os plantios de 2020 foram realizadas medições ao nível do solo.

Todos os indivíduos amostrados foram marcados individualmente com placas de alumínio, objetivando viabilizar os recenseamentos periódicos. Todos os indivíduos amostrados foram identificados com o número da parcela, o nome científico, a família, o diâmetro, o diâmetro da copa e altura total, além da informação se o indivíduo foi plantado, remanescente ou regenerante.

Os dados florísticos e quantitativos derivados das coletas das parcelas fitossociológicas foram analisados no Excel, versão 2019, dos quais se extraem informações a respeito das características fisionômicas da área. Os dados dendrométricos coletados foram processados e apresentados por meio de tabelas de espécies, gráficos de distribuição diamétrica e cálculo dos parâmetros fitossociológicos, conforme metodologia proposta por Müller-Dombois e Ellenberg (1974).

No tratamento dos dados, foram consideradas todas as parcelas sem estratificação da vegetação, ou seja, independente da tipologia florestal, considerando dessa forma a análise geral da vegetação.

Buscou-se analisar as espécies até o menor nível taxonômico possível, em acordo com o Sistema APG IV (2009, 2016). A revisão da nomenclatura taxonômica, ou seja, a confirmação dos nomes de cada espécie e o nome do autor segue base de dados do site da Lista da Flora do Brasil (disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), no qual constam todos os nomes de táxons válidos.

A partir do banco de dados de todas as parcelas, realizou-se a análise fitossociológica para a amostra total, com objetivo de caracterizar a comunidade arbórea estudada. Para cada espécie amostrada, foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos: Densidade Absoluta, Densidade Relativa, Frequência Absoluta, Frequência Relativa, Dominância Absoluta, Dominância Relativa e Valor de Importância (VI) e Valor de Cobertura (VC).

Os parâmetros fitossociológicos foram calculados segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), conforme descrito a seguir.

Densidade Absoluta (DA_i): densidade expressa a participação das diferentes espécies dentro da associação vegetal. Densidade absoluta (DA) indica o número de indivíduos de uma espécie por unidade de área [hectare (ha)].

$$DA_i = N_i * \frac{U}{A}$$

N_i : número total de indivíduos amostrados.

U : Unidade de área (ha).

A : Área amostrada (m^2).

Densidade Relativa (DR_i): indica a participação de cada espécie em relação ao número total de árvores/indivíduos.

$$DR_i = \left(\frac{n_i}{N}\right) * 100$$

n_i : número de indivíduos de determinada espécie.

N = número total de indivíduos de todas as espécies.

Frequência Absoluta (FA_i): indica a porcentagem (ou proporção) de ocorrência de uma espécie em uma determinada área.

$$FA = \frac{NA_i}{NAT} * 100$$

NA_i = número de parcelas (unidades amostrais) com ocorrência de cada espécie.

NAT = número total de espécies amostradas.

Frequência Relativa (FR_i): é a relação entre a frequência absoluta de determinada espécie com a soma das frequências absolutas de todas as espécies.

$$FR = \frac{FA_i}{\sum FA_i} * 100$$

FA_i = Frequência absoluta de uma determinada espécie.

$\sum FA_i$ = somatório das frequências absolutas de todas as espécies amostradas.

Dominância Absoluta (DoA_i): é definida como a área basal total de uma determinada espécie (g_i) por unidade de área, geralmente o hectare.

$$DoA_i = \sum_{i=1}^N g_i * \left(\frac{U}{A}\right)$$

$$g_i = \frac{\pi \cdot DAB^2}{4}$$

DAB = diâmetro a 30 cm.

g_i = área basal da espécie.

U : Unidade de área (ha).

A : Área amostrada (m^2).

Dominância Relativa (DoR): representa a porcentagem da área basal de uma determinada espécie (g_i) em relação a área basal de todas as espécies amostradas (G), o somatório das áreas basais individuais, ambas calculadas por unidade de área.

$$DoR = \left(\frac{g_i}{G}\right) * 100$$

$$G = \sum_{i=1}^N g_i$$

g_i = porcentagem de área basal de uma determinada espécie.

G = área basal de todas as espécies.

O valor de importância (VI) e o de valor de cobertura (VC) foram calculados segundo Kent e Coker (1992), conforme apresentado a seguir:

Índice de Valor de Importância (IVI): é o índice que caracteriza a importância de cada espécie na comunidade (sob a perspectiva horizontal), reunindo os critérios de análise dos três parâmetros (DR, FR, DoR). É a soma da abundância, da frequência e da dominância relativas de cada espécie da associação vegetal.

$$IVI = FR_i + DR_i + Dor_i$$

Índice de Valor de Cobertura (IVC): tem o mesmo princípio do valor de importância, retratar a importância da espécie. Contudo, este parâmetro considera a densidade e dominância das espécies, representando respectivamente o número de indivíduos e suas dimensões.

$$IVI = DR_i + Dor_i$$

Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H'): o índice de diversidade de Shannon (H') assume que os indivíduos são amostrados de forma aleatória de uma população infinitamente grande, assumindo também que todas as espécies estão representadas na amostra. É um índice baseado na abundância proporcional das espécies na comunidade:

$$H' = \sum_{i=1}^N \frac{n_i}{N} \cdot \ln \left(\frac{N}{n_i}\right)$$

N = número de espécies amostradas;

n_i = número de indivíduo da i -ésima espécie;

\ln = logaritmo neperiano.

Equabilidade J de Pielou: representa a distribuição do número de indivíduos em relação às espécies. Varia de 0 a 1,0, sendo que o valor 1,0 representa a situação em que todas as espécies

possuem a mesma abundância, ou seja, a mesma quantidade de indivíduos (Magurran, 1988; Felfili e Venturoli, 2000).

$$J = \frac{H'}{H_{max}}$$

$H_{max} = \ln(S)$: S é u número de espécies amostradas.

1.3.3 Modelo USLE

O modelo USLE é representado pela equação:

$$A = R. K. L. S. C. P$$

Onde:

R: Fator erosividade da precipitação, expressa a capacidade da chuva causar erosão na área.

K: Fator de erodibilidade do solo refere-se à capacidade do solo sofrer erosão pela chuva.

L, S: São fatores de comprimento de rampa (L) e de declividade (S) (adimensionais) nesta variável se leva em conta a declividade, forma do relevo das vertentes e o comprimento de rampa.

C: Fator uso e manejo do solo (adimensional) é a relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas de um terreno mantido continuamente descoberto.

P: Fator de práticas conservacionistas (adimensional), é a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática utilizada.

Fator R

Para a determinação do fator R foi utilizado o índice EI_{30} proposto por Wischmeier & Smith (1958). Considerando estudos realizados por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) em campinas, foi observado alto coeficiente de correlação entre o índice mensal de erosão e o coeficiente de chuva.

Para o cálculo do fator R foram selecionadas 8 estações pluviométricas no Goiás e Distrito Federal (Tabela 1.3), as quais apresentam registros consistentes. Para se ter confiabilidade no fator R, é necessário, no mínimo, 20 anos de dados disponíveis (Wischmeier e Smith, 1978). Para este estudo foram considerados estações com 20 a 60 anos de séries históricas.

Após a obtenção dos dados de precipitação e erosividade para cada estação pluviométrica (mensal e acumulado anual), foi realizada a espacialização e executado o procedimento de interpolação utilizando o método da ponderação pelo Inverso da Distância - IDW (*Inverse Distance Weighting*), no software QGIS 3.22.6. Após a interpolação foram gerados mapas de precipitação e erosividade, mensal e acumulado anual.

Tabela 1.3 - Estações pluviométricas utilizadas para o cálculo do fator R.

Item	Código da estação	Nome da estação	Coordenadas		Município	Série histórica
			Latitude	Longitude		
1	1547014	Área Alfa	-16,9792	-47,9750	Gama/DF	1979 a 2018
2	1548005	Gama ETE Alagado	-16,0247	-48,0977	Gama/DF	1972 a 2006
3	1547004	Brasília	-15,9792	-47,9750	Brasília/DF	1961 a 2021
4	1647008	Fazenda Limeira	-16,2101	-47,2300	Unai/MG	1974 a 1994
5	1648001	Ponte Anápolis	-16,1431	-48,6000	Anápolis/GO	1968 a 2012
6	1649004	Goianápolis	-16,5164	-49,0202	Goianápolis/GO	1974 a 2019
7	1748014	Pires do Rio I	-17,2996	-48,2822	Pires do Rio/GO	1977 a 1998
8	1647003	Mignone	-16,2501	-47,9500	Luziânia/GO	1974 a 1995

Fator K

Para terminar o fator K, foi utilizado o mapa de solo do estado do Goiás na escala de 1:250.000 baixado do site <http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/>, identificando os tipos de solo da área objeto do estudo. Os valores da erodibilidade das classes existentes foram obtidos a partir da bibliografia (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 - Fator K por classe de solo.

Classe de solo	Siglas	Erodibilidade (t.h/(MJ.mm))	Fonte
Cambissolo Háplico	CX	0,037	(INPE,2013)
Latossolo Vermelho	LV	0,013	(INPE,2013)
Latossolo Vermelho Amarelo	LVA	0,033	(INPE,2013)
Plintossolo Pétrico	FF	0,057	(INPE,2013)

Fonte: Adaptado de SEGADI, 2019.

Fator L e S

A estimativa do fator L foi feita a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) Alos Palsar com resolução de 12,5 m baixado do site <http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/> e utilizadas as equações a seguir:

McCool et al. (1987;1989)

$$\beta = \frac{\left(\frac{\text{sen}\theta}{(0,08696)} \right)}{(\text{sen}\theta^{0,8} + 0,56)}$$

Foster et al. (1977)

$$m = \frac{\beta}{(1 + \beta)}$$

Desmet e Govers, (1996)

$$L_{ij} = \frac{((A_{ij} + D^2)^{m+1} - (A_{ij})^{m+1})}{X_{ij}^m * D^{m+2} * 22,13^m}$$

Onde:

L_{ij} = Fator de comprimento de vertente de uma célula com coordenadas (i,j);

A_{ij} = Área de contribuição de uma célula com coordenadas (i, j) (m²) [flow accumulation];

D = Tamanho da grade de célula (m) [pixel size];

X_{ij} = Valor da direção de fluxo (flow direction);
 m = Coeficiente dependente da declividade;
 β = Quociente entre a erosão em sulco e entre sulcos.

Inicialmente foi realizado o tratamento das falhas do MDE, utilizando a ferramenta TauDEM/ Pit remove do QGIS 3.22. Na sequência, para a obtenção do fator L, foram calculadas as seguintes variáveis:

Declividade: Para o cálculo da declividade foi utilizado a ferramenta Raster/analise/declive;

Direção de Fluxo (Flow Direction): Para o cálculo da variável direção do fluxo foi utilizado a ferramenta GRASS/r.fill.dir;

Acumulação de Fluxo (Flow Accumulation): Para o cálculo da variável Acumulação de Fluxo foi utilizada a ferramenta GRASS/r.flow;

Variável β : Para o cálculo da variável β foi utilizada a calculadora raster a seguinte equação:

$$Beta = (\sin(\text{Declividade}) * 0,01745) / 0,0896) / (3 * (\sin(\text{Declividade} * 0,01745)^{0,8}) + 0,56)$$

Obs: declividade em graus a ser convertida em radianos.

Variável m : Para o cálculo da variável m , foi utilizada a calculadora raster com a seguinte fórmula:

$$m = \frac{Beta}{(1 + Beta)}$$

Após o cálculo de todas as variáveis foi calculado o fator L, utilizando a ferramenta GDAL/calculadora raster, conforme equação a seguir.

$$L = (\text{power}((A + 900), (A + 1)) - \text{power}(B, (A + 1))) / (\text{power}(C, A) * \text{power}(30, (A + 2)) * \text{power}(22.13, A))$$

Onde:

A = Fator m;

B = Acumulação de Fluxo;

C = Direção do Fluxo.

Para o cálculo do fator S foi utilizada a equação de McCool et al. (1987, 1989):

$$S = \begin{cases} 10,8 \sin\theta + 0,03 & (S < 9\%) \\ 16,8 \sin\theta - 0,50 & (S < 9\%) \end{cases}$$

Onde:

θ = Declividade em graus

Para o cálculo do fator S no QGIS, foi utilizada a ferramenta SAGA/ raster calculator, conforme fórmula a seguir.

$$\text{ifelse}((\tan(a * 0,01745) < 0,09), 10,8 * \sin(a * 0,01745) + 0,03, 16,8 * \sin(a * 0,01745) - 0,5)$$

Onde:

a = Declividade

Fator C.P

Para o cálculo do Fator C.P foi elaborado primeiramente o mapa de uso e cobertura para o ano de 2010 e de 2021.

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura vegetal foram utilizados os dados da coleção 5 do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomias). Para obter as imagens de satélite (rasters) do uso do solo da área de estudo, foi selecionada a área do Estado de Goiás, os dados de uso do solo para os anos de 2010 e 2021, realizado o download e em seguida o tratamento das imagens. Esse processamento consistiu em reprojetar os dados para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 e projeção UTM na Zona 22S, e em seguida recortar a imagem com os limites da área de estudo. Após o recorte da área, o raster foi vetorizado para melhor tratamento dos dados. Após a vetorização, houve a necessidade de classificação de sua simbologia. Então se utilizou o código de legenda para os valores de pixel na Coleção 5 do MapBiomias, onde foi preenchido os códigos e sua respectiva classificação. Após este tratamento, um layout padrão foi elaborado e a seguir foram exportados os mapas.

Segadi (2019) após análise de registros bibliográficos para determinação do fator C em diferentes usos do solo apresentou valores, conforme Tabela 1.5. Foi utilizado o valor de C.P integrado proposto por Stein *et al* (1987), os autores adotaram $P = 1$ como valor constante, por ser o pior cenário quanto as perdas de solo em função de práticas conservacionistas, considerando a dificuldade de conseguir valores confiáveis de P quando da utilização de técnicas de geoprocessamento para a classificação.

Tabela 1.5 - Valores adotados para o Fator C para as classes de uso do solo.

Classe de uso do solo	Fator C	Fonte
Floresta natural (cerrado)	0,150	(Morgan, 1995 apud Segadi, 2019)
Floresta Plantada	0,040	(Sivertun, 2003 apud Segadi, 2019)
Pastagem	0,180	(Morgan, 1995 apud Segadi, 2019)
Agricultura (perene e anual)	0,460	(Bertoni e Lombardi Neto, 1985 apud Segadi, 2019)
Área não vegetada (urbana)	0,030	(Sivertun, 2003 apud Segadi, 2019)
Curso Hídrico	0,00	(Farinasso, et al., 2006 apud Segadi, 2019)

Fonte: Adaptado de Segadi, (2019).

1.3.3 Cálculo da Estimativa de Erosão

Após o cálculo de todos os fatores da USLE foi estimada a perda de solos conforme a metodologia proposta por Wischmeier e Smith (1978). A operação foi realizada utilizando a

ferramenta “*Raster Calculator*” do software QGIS 3.12, onde foram inseridos os mapas gerados (matrizes numéricas - Raster) correspondentes aos fatores R, K, LS e CP da equação.

Os mapas de perdas de solo anuais foram dispostos em classes indicativas propostas pela FAO (1967) (Tabela 1.6).

Tabela 1.6 - Classes de magnitude de perdas de solos.

Classes	Perda de solo
Baixo	0 a 10 t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹
Moderado	> 10 a 50 t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹
Alto	> 50 a 200 t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹
Muito Alto	>200 t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹

1.3.4 Cálculo da Perda de Solo por Erosão Laminar para avaliação do reflorestamento

A avaliação foi realizada considerando o uso e cobertura anterior ao projeto de reflorestamento em comparação com o uso e cobertura atual.

Para comparar a eficiência do reflorestamento, foi realizado o cálculo da perda de solo antes e depois da implantação do projeto. Para o cálculo foi utilizado a Equação Universal de Perda de Solo Revisada, já descrita anteriormente.

A perda atual de solo foi obtida a partir do mapeamento atualizado do uso e cobertura, onde foi utilizada a imagem de satélite CBERS 4 A (fusionada) com resolução de 2 metros com o objetivo de validar as informações. Para comparar as perdas de solo, foi utilizado o mapeamento de uso e cobertura elaborado por Walm (2009), para subsidiar o Programa de Recomposição Vegetal do Entorno do Reservatório.

Após a aplicação do modelo USLE os resultados encontrados foram analisados com o objetivo de avaliar a eficiência da recomposição florestal na redução da erosão laminar nas APPs.

1.4 Organização da Dissertação

Essa dissertação de mestrado está organizada em seis capítulos, com o seguinte conteúdo:

- Capítulo 1 traz a apresentação do problema a ser estudado, com a metodologia específica relativa às perdas de solos;
- Capítulo 2 apresenta a área estudada, incluindo desde sua localização e aspectos do meio físico como clima, pedologia, geologia, relevo e recursos hídricos, além da descrição da vegetação nativa como forma de se entender os estudos desenvolvidos;
- Capítulo 3 refere-se ao referencial teórico sobre processos erosivos, e seus controles, incluindo as equações utilizadas para aplicação da USLE;

- Capítulo 4 expõe as técnicas convencionais e alternativas aplicadas nos processos de reflorestamento, com destaque para a ilustração das diferentes fases desde o plantio até o manejo final das APPs submetidas à recuperação;
- Capítulo 5 organiza os principais resultados do trabalho, sendo a primeira parte dedicada a dinâmica de uso e ocupação da bacia (2010 a 2021), a segunda parte ao reflorestamento e a terceira parte referente à aplicação da USLE.
- No último capítulo são enumeradas as conclusões, além das recomendações para futuros estudos.

A lista das referências bibliográficas é organizada ao final do volume, onde são enumeradas todas as citações feitas ao longo de todos os capítulos.

CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está localizada na bacia do rio Corumbá, pertencente à bacia hidrográfica do rio Paranaíba, localizado na Região Hidrográfica do Paraná, na parte centro-sul do estado de Goiás. A bacia hidrográfica do rio Corumbá ocupa uma área de 30.971 km², equivalente a cerca de 10% da área total do estado de Goiás.

A área em estudo representa a bacia de captação do reservatório da Usina Hidrelétrica Corumbá III, localizado no município de Luziânia, Novo Gama, Valparaíso de Goiás e Distrito Federal com uma área de aproximadamente 195.000 ha (Figura 2.1).

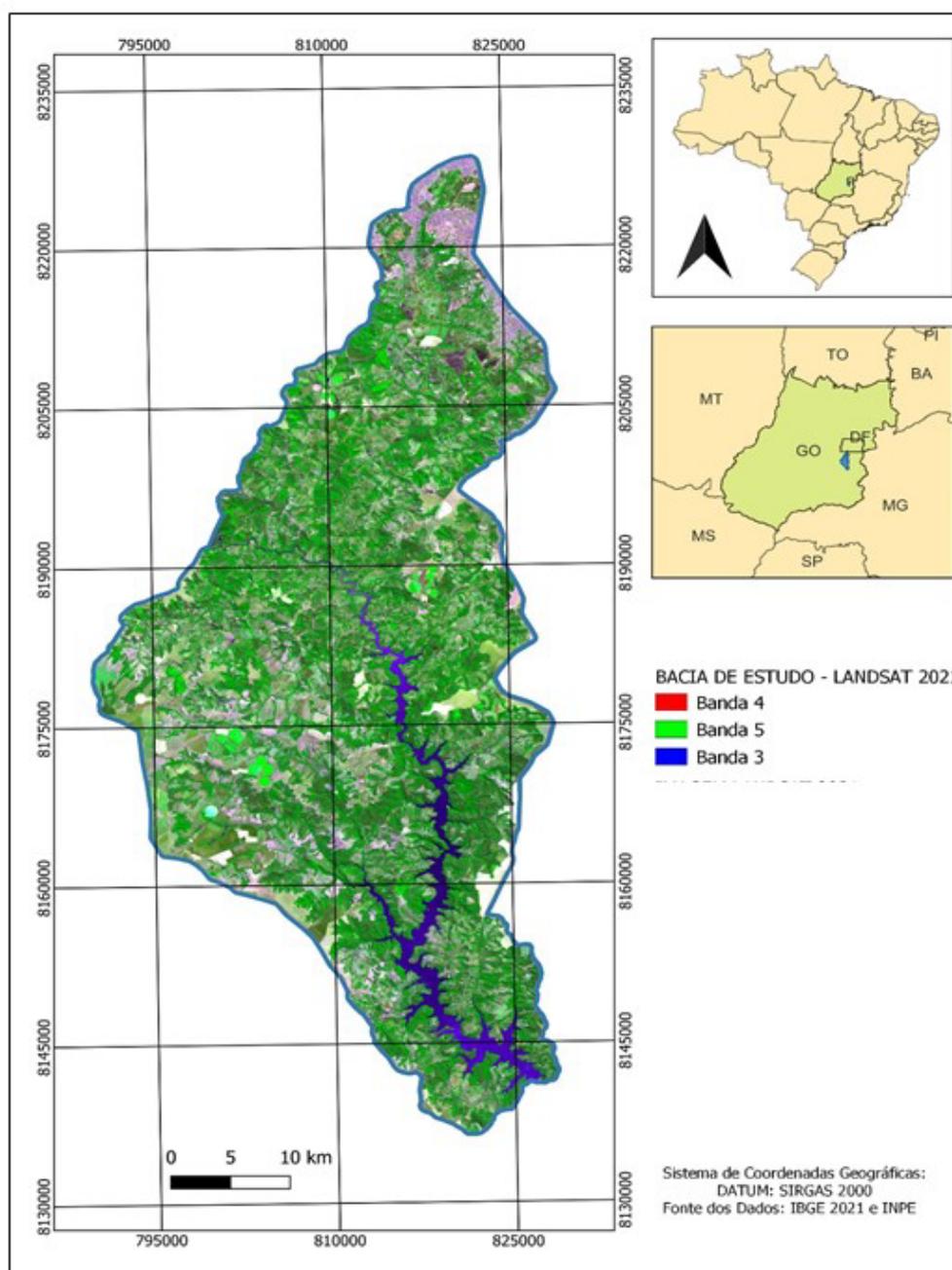


Figura 2.1 – Carta-imagem da área de estudo e situação no estado de Goiás e no território brasileiro.

2.1 Clima

O clima da área de estudo é característico do bioma Cerrado e, segundo classificação de Köppen, enquadra-se no clima tropical de savana (AW) - temperado chuvoso com uma estação seca bem definida de maio a setembro-outubro, e precipitação média entre 1.273 mm e 1.524 mm/ano (Medeiros et al., 2005).

A Tabela 2.1 e a Figura 2.2 apresentam os dados médios das 8 estações utilizadas para a realização deste estudo, onde foi encontrada precipitação média de 1.501mm.

Themag / CTE (2000), baseado em estudo de Monteiro (1969) caracteriza o ritmo climático regional da seguinte maneira:

“**Meses chuvosos**, caracterizados principalmente pelos meses de novembro a fevereiro, são explicados pelas instabilidades de noroeste em confronto com as chegadas dos fluxos polares. A umidade normalmente proveniente de norte e noroeste na região, é explicada pelos contra-alísios, após processo de recirculação na região amazônica. Os fluxos polares assumem a função de produzirem convecções frontais, embora sem qualquer efeito termal, considerando o estado de tropicalização dos mesmos”.

“**Período seco**, marcado pelos meses de maio a setembro ou outubro, é explicado pelo domínio dos ventos de leste e nordeste, associados ao posicionamento continental da massa Tropical Atlântica, responsável pela estabilidade atmosférica, dificultando a entrada dos fluxos extratropicais, o que justifica a constante mudança de direção das massas polares em direção ao oceano e consequente situação de frontólise. Enquanto no período úmido a umidade relativa do ar encontra-se acima dos 70%, predominando o excedente hídrico, no seco a mesma umidade encontra-se abaixo dos 60%, prevalecendo a deficiência hídrica após período de retirada”.

Veranico

No verão a área de estudo sofre com um fenômeno climático comum no Cerrado brasileiro denominado de veranico, caracterizado pela ocorrência de um período de tempo seco e quente durante o período das chuvas, que pode durar de alguns dias até várias semanas. Esse fenômeno pode ter impactos significativos na agricultura, pecuária, recursos hídricos e principalmente nas atividades de recuperação ambiental do Cerrado.

Em um estudo sobre as mudanças climáticas no Cerrado, Nobre et al. (2016) destacam que o veranico é um dos eventos extremos mais frequentes na região e pode ter impactos significativos na produtividade agrícola e no abastecimento de água.

Tabela 2.1 - Dados de precipitação média mensal e acumulada das 8 estações utilizada no estudo.

Dados das estações					Precipitação Média												
Item	Cod. Estação	Latitude	Longitude	Nome da Estação	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Acumulado Anual
1	1547014	-16,9792	-47,97501	Área Alfa	244,23	200,75	231,09	108,96	28,62	6,15	2,94	16,57	47,99	131,49	240,15	231,75	1442,69
2	1548005	-16,0246	-48,09779	Gama ETE Alagado	240,70	210,69	237,30	112,64	31,51	10,09	7,50	17,08	54,19	152,40	248,86	261,85	1584,81
3	1547004	-15,9792	-47,97501	Brasília	219,91	194,05	207,23	133,76	32,59	7,95	6,38	14,33	49,34	157,01	243,65	245,90	1508,58
4	1647008	-16,2100	-47,23001	Fazenda Limeira	251,48	190,71	210,79	95,12	23,36	7,85	7,37	8,15	30,65	182,46	205,72	247,19	1448,88
5	1648001	-16,1431	-48,60001	Ponte Anapolis	237,85	193,98	207,23	124,82	25,08	8,01	6,17	12,18	55,62	137,42	216,80	259,64	1484,78
6	1649004	-16,5164	-49,02029	Goianopolis	243,49	198,07	224,79	111,80	32,27	6,42	3,75	10,44	41,02	138,26	214,14	267,45	1491,18
7	1748014	-17,2995	-48,28223	Pires do Rio I	287,44	182,40	195,26	92,23	30,94	10,34	7,05	15,14	47,35	131,70	208,07	314,55	1521,06
8	1647003	-16,2500	-47,95001	Mingione	245,30	211,23	207,90	112,79	39,73	7,86	7,48	20,11	36,17	120,06	227,87	297,23	1531,84
																Média	1501,73

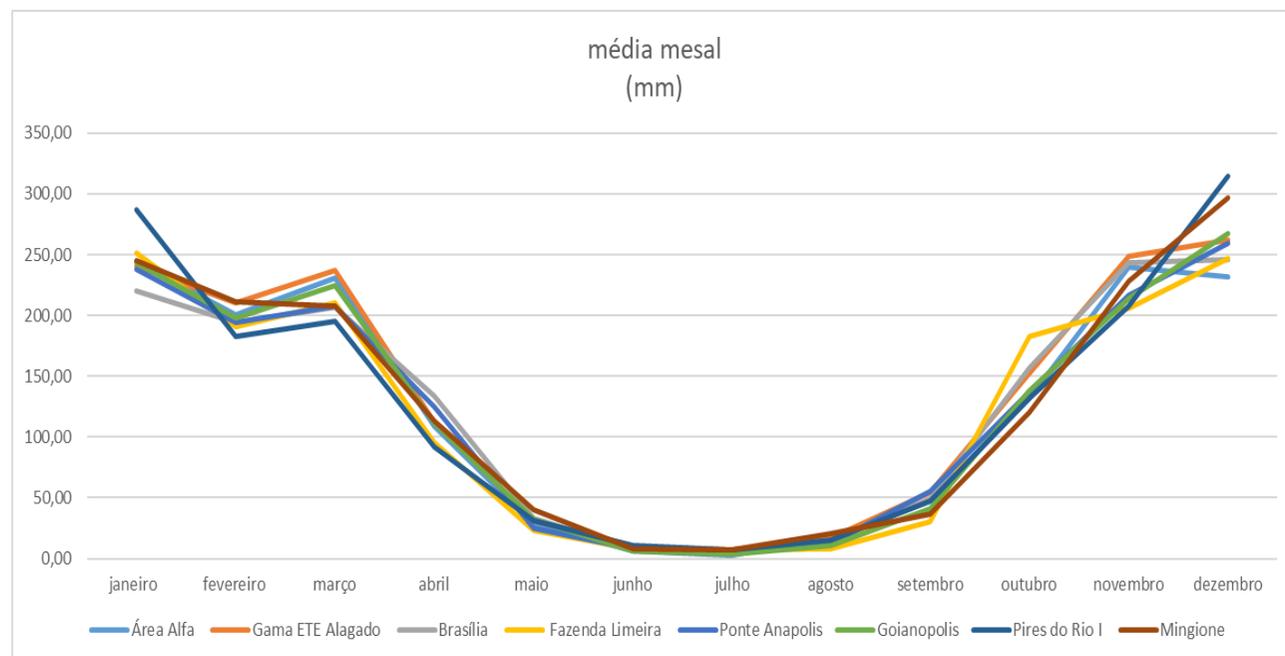


Figura 2.2 - Dados de precipitação média mensal e acumulada das 8 estações utilizada no estudo.

Umidade Relativa do Ar

Segundo Mello et al. (2020) a variação sazonal da umidade relativa do ar na região é acentuada, com valores mais elevados no período chuvoso e mais baixos nos meses de maio a setembro. Segundo estudo de Marques et al. (2020), durante a estação seca, a umidade relativa do ar pode variar entre 20% e 40%, o que pode afetar a saúde humana e a produtividade agrícola.

Alguns autores destacam a importância da vegetação na manutenção da umidade do ar na região do cerrado.

2.2 Geologia

Na área de estudo ocorrem rochas metamórficas, de idade proterozoica, de baixo grau metamórfico e com variação nos padrões de deformação que resultam no desenvolvimento de dobramentos, falhamentos, crenulações e cavalgamentos regionais, resultando em complexa evolução geológica (THEMAG/CTE, 2000). Nestes contextos ocorrem rochas atribuídas aos grupos Araxá, Canastra e Paranoá.

Grupo Araxá

Segundo Themag/CTE (2000), esta unidade é composta por um conjunto de metassedimentos que ocorrem ao sul da inflexão dos Pirineus, intensamente dobrados e fraturados, representados por gnaisses, quartzitos, anfíbolitos e mármore. Regionalmente estas rochas são exploradas como material de construção para produção de brita, além de quartzitos (“Pedra de Pirenópolis”) (Themag / CTE, 2000). No grupo Araxá, a litologia predominante é representada por xistos, ocorrendo também gnaisses finos e quartzitos micáceos (Themag / CTE, 2000).

Na área de estudo ocorre os metassedimentos da subunidade B, que se caracterizam por uma sequência metapelítica de origem marinha, formada por xistos carbonáticos, grafita xistos, quartzitos, lentes de metacalcários e de anfíbolitos, que foram observados com frequência nas encostas do vale e no leito do Rio Corumbá (Themag / CTE 2000).

Grupo Canastra

Segundo Lacerda Filho, et al. (1999) o Grupo Canastra é dividido em quatro subunidades, sendo elas: canastra indiviso, formação Serra do Landim, formação Paracatu e formação Chapada dos Pilões. Na área de influência física da UHE Corumbá III ocorrem apenas rochas que representam as formações Paracatu e Chapada dos Pilões, sendo as da formação Paracatu abundantes.

Formação Paracatu

Com litologias de baixo grau metamórfico do fácies xisto verde, onde se sobressaem uma sequência de quartzo sericita, clorita filitos, às vezes carbonosos, com lentes e níveis de quartzitos brancos, maciços, de granulometria variável. Geralmente os quartzitos estão dispostos acima das rochas filitosas, nas cotas topográficas mais elevadas, transicionando gradativamente para quartzo filitos (Themag / CTE 2000).

Na bacia de estudo estas rochas apresentam uma ampla faixa de exposição, ocupando as duas margens do Rio Corumbá, até o barramento da UHE Corumbá III (Themag / CTE 2000).

Formação Chapada dos Pilões

A Formação Chapada dos Pilões é constituída por uma alternância de camadas de filitos e quartzitos, com espessuras variando entre cerca de 10 cm a 10 m, formando um maciço estratificado, descontínuo e deformado (Themag / CTE 2000).

Os filitos, geralmente na cor cinza e finamente laminados, são compostos por quartzo-sericita-clorita e se apresentam em camadas estreitas, enquanto que os quartzitos, de cor branca, laminados e micáceos, formam as camadas mais espessas (Themag / CTE 2000).

Grupo Paranoá

Segundo Campos et al. (2013) o Grupo Paranoá corresponde a uma sequência psamopelito-carbonatada que está exposta desde o Distrito Federal até o sul do Estado de Tocantins. Na zona interna da Faixa Brasília, o grupo apresenta maior grau metamórfico e maior grau de deformação, caracterizando-se pela presença de filitos carbonosos, quartzitos, metacarbonatos.

A Figura 2.3 apresenta o mapa geológico da área da bacia do Rio Corumbá.

2.3 Geomorfologia

A classificação geomorfológica da área de estudo baseou-se na proposta de Gerasimov e Macerjakov (1968), in Ross e Moroz, (1997), que propõe uma ordem taxonômica do relevo baseada em seis táxons e apresenta os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura. Ao todo a proposta define 6 níveis taxonômicos. Portanto cabe expor, o conteúdo de cada nível taxonômico analisado. No 1º táxon caracterizam-se as unidades morfoestruturais enquanto que no 2º táxon caracterizam-se as unidades morfoesculturais representadas por serras, planaltos e depressões contidas nas unidades morfoesculturais apresentadas. No 3º táxon caracterizam-se as unidades morfológicas (tipos de relevo), não foi descrito; o 4º táxon corresponde a cada uma das formas de relevo, componentes das diferentes unidades morfológicas; o 5º táxon corresponde aos setores de cada uma das formas de relevo identificadas e o 6º táxon corresponde as formas atuais menores decorrentes de processos atuais, inclusive os antrópicos (formas erosivas, movimentos de massa e suas cicatrizes, cortes e aterros executados por maquinário, entre outros).

A seguir segue a descrição dos elementos que compõem a geomorfologia da área de estudo, em cada unidade taxonômica.

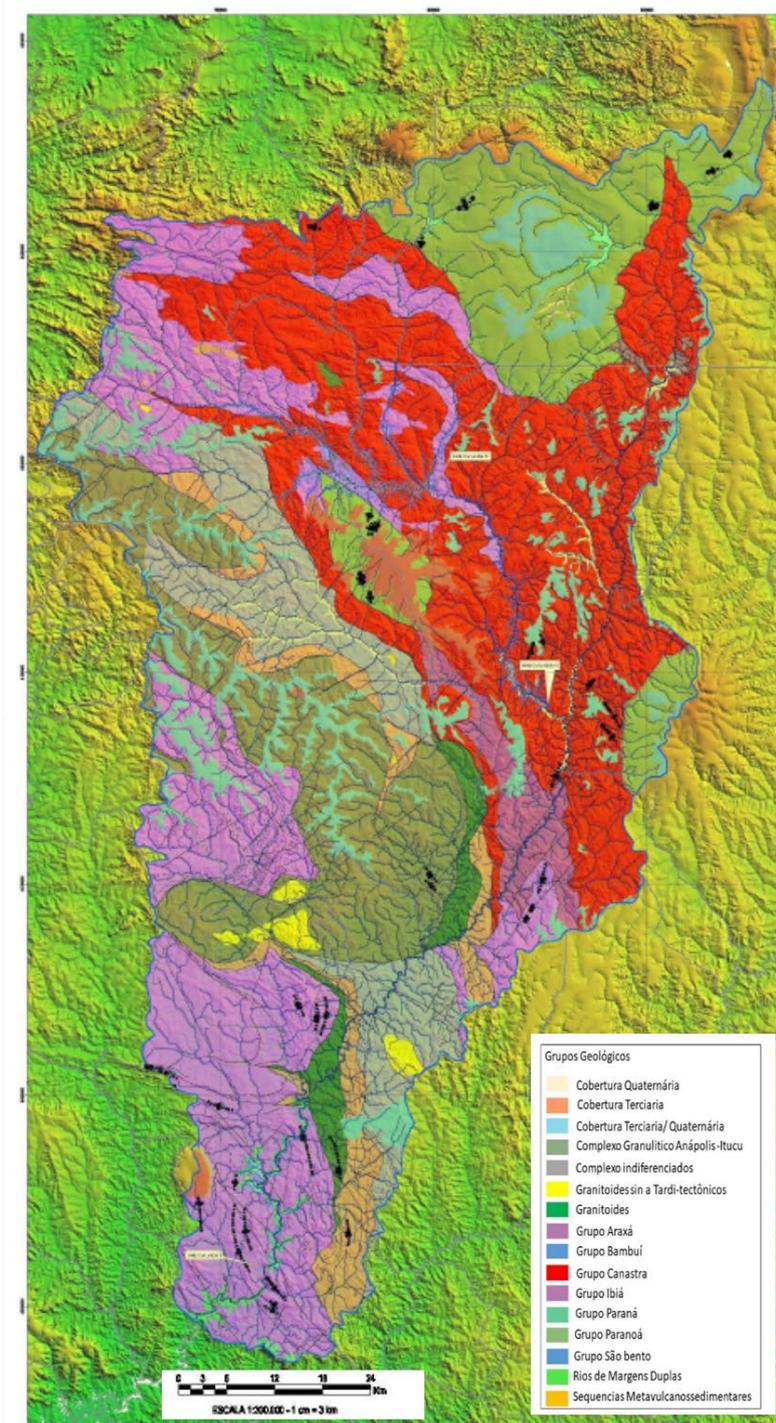


Figura 2.3 - Esboço geológico da bacia do rio Corumbá. (Fonte: Feindt,2009)

1º Táxon - Unidades Morfoestruturais

A bacia hidrográfica do rio Corumbá está inserida na unidade morfoestrutural do Planalto Central Goiano. Esta unidade morfoestrutural foi identificada e denominada por Pena et al. (1975), sendo mantida, também, por Mamede et al (1983). Esta morfoestrutura é composta por rochas do

Pré-cambriano, pertencentes ao Complexo Goiano, aos Complexos Máfico-Ultramáficos, ao Grupo Araxá e às demais estruturas metassedimentares do Meso e Neoproterozoico.

2º Táxon - Unidades Morfoesculturais

A região de estudo encontra-se com 90% da área inserida no Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba e com os outros 10% da área inserida no Planalto do Distrito Federal. O Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba apresenta predomínio de formas dissecadas. A partir de uma superfície contínua, cuja altitude varia entre 950 e 1.000m, emergem alguns relevos residuais conservados, com topos tabulares. Por sua vez, o Planalto do Distrito Federal apresenta a predominância de superfície tabular com elevação em torno de 1.200m e patamares rebaixados (tabulares) com elevações entre 950 e 1.000m. A união destas feições se dá por escarpas com até 150 m de amplitude altimétrica.

4º Táxon - Formas do Relevo

Formas tabulares (“chapadas” e/ou colinas de topo tabular): As formas tabulares estão relacionadas a lineamentos estruturais ou linhas de falha ou, secundariamente, a níveis de erosão. Themag / CTE (2000) aponta que “as superfícies estruturais tabulares se encontram vinculadas a resistência litológica dos quartzitos do Grupo Canastra”. Na área de estudo as principais formas tabulares são as chapadas das Covas e do Pega-Me-Larga. Themag / CTE (2000) aponta, ainda, que “podem ser observadas formas tabulares na porção sudoeste da área de estudo, como nas nascentes dos córregos Boa Vista, Canoa e ribeirão Santo Antônio, ou ainda no limite centro-sul, na margem esquerda do rio Corumbá, como nas nascentes dos córregos Águas Claras, Cágado e ribeirão Messias. Trata-se de formas vinculadas a processo de pediplanação, reafeiçoadas, marcadas pelas cotas dos 950-970 metros”.

Formas aguçadas (colinas de topo aguçado): As formas aguçadas ocorrem principalmente na porção meridional da área de estudo, como no baixo curso do rio Corumbá, nas sub-bacias dos córregos Taquaral, Messias e Águas Claras, ou ainda em praticamente toda extensão do ribeirão Samambaia, seccionando as superfícies estruturais das Chapadas das Covas/Pega-Me-Larga. A gênese destas formas está diretamente relacionada a perturbações tectônicas, caracterizadas pelo processo de encurtamento crustal que resultou na formação de lineamentos estruturais regionais e pela sucessão de cristas longitudinais ao ribeirão Samambaia (Themag / CTE 2000)

Formas convexizadas: As formas convexizadas ocorrem em toda a área de estudo, no entanto na porção mais alta da sub-bacia, localizada na parte norte, há uma predominância destas formas. As formas convexizadas variam entre formas suavemente convexizadas e formas fortemente convexizadas. As colinas fortemente convexizadas predominam nas sub-bacias do ribeirão Jacobina, do córrego Canoa e no baixo rio Corumbá. A gênese destas áreas fortemente

convexizadas está relacionada a variações litológicas, sobretudo pela presença de falhamentos nos quartzitos e no contato estrutural destes com os xistos.

Planícies fluviais (colinas de topos convexos): as planícies fluviais mais significativas encontram-se no vale do rio Corumbá, na porção central da área de estudo, em trecho do rio Corumbá localizado entre os Córregos Mato Grande e Mata Cavallo. Estas planícies possuem gênese vinculada a intensos processos de meandramento caracterizados pelo progressivo abatimento das margens côncavas e sedimentação das margens convexas.

5º Táxon - Setores / Elementos ou Partes de uma Forma do Relevo

Em relação aos setores de uma forma do relevo, o principal ponto a ser destacado é a presença de linhas de escarpa nas áreas limítrofes às formas tabulares. De origem erosiva estas linhas de escarpa representam o limite entre as formas tabulares e as formas convexizadas e aguçadas, no qual ocorrem intensos processos de erosão remontante. Na área de estudo as principais linhas de escarpa estão localizadas na porção centro-norte.

Na porção central da área de estudo, principalmente na sub-bacia do ribeirão Samambaia verifica-se a presença de lineamentos estruturais e linhas de crista, associados aos processos tectônicos relacionados a gênese desta região, onde predominam formas aguçadas.

Por fim, ressalta-se a presença de um grande falhamento no vale do rio Corumbá, na porção sul da área de estudo. Além de alguns pontos na sub-bacia do córrego Samambaia.

6º Táxon - Formas Menores Produzidas por Processos Atuais

As formas produzidas por processos atuais correspondem principalmente a formas originadas de processos erosivos atuais, ou da acumulação dos sedimentos originados por estes processos erosivos. Para os processos erosivos utilizou-se as seguintes categorias de processos: erosão por escoamento difuso, erosão por escoamento difuso intenso e erosão laminar. Esta classificação baseia-se na proposta de Carvalho (1994).

As observações de campo apontam que as áreas com formas tabulares (“chapadas” e colinas de topo tabular) apresentam predominância de erosão laminar, sobretudo em decorrência da intensa atividade agrícola sobre o solo. Nestas áreas também se observa a existência de processos erosivos por escoamento difuso e estes processos também estão associados a intervenções antrópicas, via de regra, construção e manutenção de estradas.

Nas áreas com formas convexizadas também se observa a presença de erosão laminar, no entanto, o principal indutor não é a atividade agrícola, mas sim a pecuária, que é mais intensa que a anterior, nestas áreas, em decorrência das dificuldades de mecanização da produção. A ação do gado como agente erosivo se inicia com a erosão laminar, com a erosão do tipo erosão de pisoteio, mas pode evoluir para erosões por escoamento difuso e por escoamento difuso intenso, com a ação

das chuvas. O mesmo processo pode ocorrer em áreas onde ocorre a supressão da vegetação arbórea.

A Figura 2.4 mostra a compartimentação geomorfológica da poligonal da bacia do Rio Corumbá.

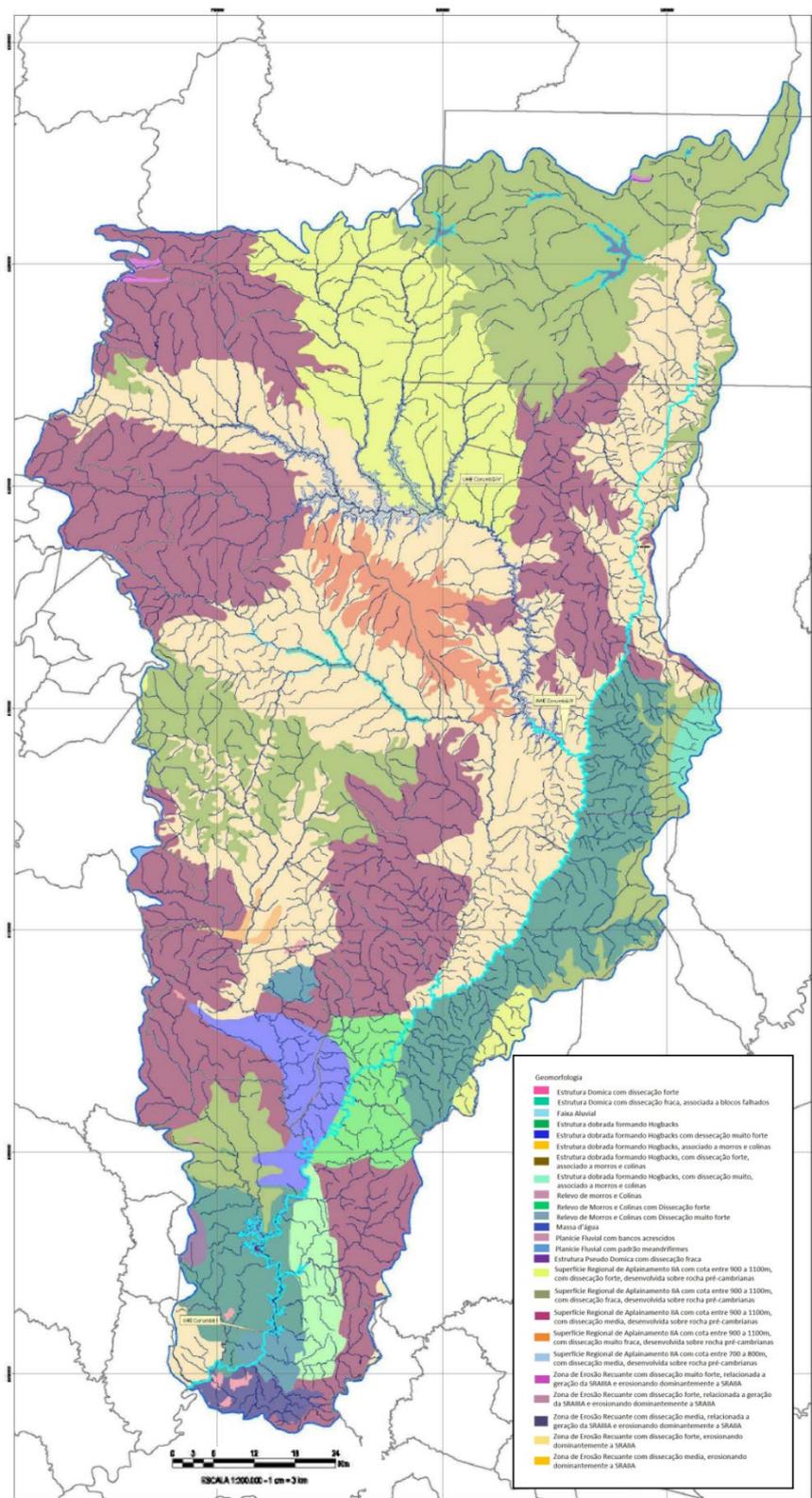


Figura 2.4 - Compartimentação geomorfológica da bacia do rio Corumbá.

Tanto nas formas convexizadas, como nas aguçadas, a construção e manutenção de estradas também se caracterizam como importantes agentes de formação de processos erosivos, por escoamento difuso e por escoamento difuso intenso.

Verificou-se, ainda, a ocorrência de processos de assoreamento de cursos d'água, por meio da presença de bancos de sedimentos (Figuras 2.5 e 2.6). Estes bancos de sedimentos se formam nas partes baixas dos cursos d'água, onde as declividades são menores e, conseqüentemente, a capacidade de transporte de sedimentos também é menor. Durante períodos com ocorrência de eventos chuvosos de maior intensidade (magnitude), com o aumento da capacidade de transporte dos cursos d'água estes sedimentos poderão ser carregados até o rio Corumbá, depositando-se na área do reservatório.



Figura 2.5 - Detalhe de banco de sedimentos identificado no curso d'água.



Figura 2.6 - Banco de sedimentos areno-argilosos identificado no curso d'água.

2.4 Fitofisionomia

Na área de estudo, predominam as formações savânicas do Cerrado, com destaque para os cerrados típico e ralo (Figuras 2.7 e 2.8). O cerrado típico ocupa, geralmente, os relevos aplainados como os topos tabulares de chapadas, sobre depósitos eluvionares e coluvionares recentes, e principalmente, latossolos vermelho-escuros. Porém, essa formação encontra-se, atualmente, muito reduzida, pois sofreu com a introdução de atividades agropastoris (Themag / CTE, 2000).



Figura 2.7 - Vista geral de um cerrado típico.



Figura 2.8 - Detalhe de um cerrado típico.

O cerrado típico apresenta estrato arbóreo com estrutura homogênea, composta por indivíduos com ramificações irregulares, e cujas copas quase sempre se tocam. As espécies às quais pertencem são, por exemplo, os paus-terra (*Qualea* spp.), a goiabinha-do-campo (*Myrcia* sp.), o pequizeiro (*Caryocar brasiliense*), a curriola (*Pouteria ramiflora*), a chapada (*Vatairea macrocarpa*), o tamboril-do-cerrado (*Enterolobium gummiferum*), o carvoeiro-branco (*Sclerolobium* sp.) e o vinhático (*Platymenia reticulata*) (Themag / CTE, 2000).

O estrato inferior do cerrado típico varia quanto à densidade de arbustos e ervas, predominando hábito arbustivo sobre latossolos e herbáceo sobre solos pouco profundos e cascalhentos. Entre as espécies que se destacam nesse estrato podem ser citadas mandioca-brava-do-campo (*Manihot* sp.), jasmim-do-campo (*Spiranthera odoratissima*), melosa (*Lipia* sp.), cigana (*Calliandra* sp.), carobinha (*Jacaranda ulei*), catuaba (*Anemopaegma arvense*), douradinha (*Palicourea coriacea*) e orelha-de-burro (*Duguetia furfuracea*) (Themag / CTE, 2000).

Sobre morros colinosos ou de topo convexo, normalmente de rochas quartzíticas, com cambissolos cascalhentos, estão os cerrados ralos que, pela baixa aptidão agrícola dos terrenos que ocupa, encontram-se razoavelmente bem preservados. Constituem a formação predominante na área de estudo, destaca-se sua presença nos terrenos entre a margem direita do rio Corumbá e a rodovia GO-404, na cabeceira de drenagem do córrego Gamelas e dos ribeirões Samambaia e Santo Antônio (Themag / CTE, 2000).

Sua estrutura é formada por baixa densidade de árvores tortuosas, com 2 a 5m de altura ou, eventualmente, maior, pertencentes a espécies como o tinteiro-vermelho (*Miconia albicans*), a gomeira (*Vochysia ellyptica*), o murici-peludo (*Byrsonima* sp.), a mangaba (*Hanchornia speciosa*), o pau-de-leite (*Hymatanthus obovatus*), a muxiba (*Erythroxylum suberosum*), a muliana (*Salvertia convallariaeodora*), o murici-de-flor-branca (*Byrsonima coccolobifolia*) e o guatambu-branco (*Aspidosperma tomentosum*), distribuídas de forma rarefeita sobre um estrato herbáceo-arbustivo. Nesse estrato inferior, predominam gramíneas, principalmente pertencentes ao gênero *Paspalum*.

Ocorrem, também, canelas-de-ema (*Vellozia* spp.), pé-de-perdiz (*Croton* cf. *antisiphiliticus*) e velame-do-campo (*Macrosiphonia* sp.) (Themag / CTE, 2000).

As formações campestres estão representadas principalmente pelos campos sujos, que entremeiam o cerrado ralo em situações de encostas e solos rasos ou litólicos. De forma mais restrita, ocorrem os campos limpos úmidos, com presença esparsa de buritis (*Mauritia flexuosa*). E, eventualmente, são encontrados os campos rupestres, nos quais foi encontrada a espécie arnica (*Lychnophora ericoides*) (Themag / CTE, 2000).

Os campos sujos constituem uma formação com estrato herbáceo-arbustivo predominante (Figura 2.9), dentre as quais se destacam aquelas pertencentes aos gêneros *Panicum*, *Paspalum*, *Xyris*, *Paepalanthus* e *Vellozia*. Arvoretas esparsas, de altura raramente superior a 1 metro, de espécies como lixinha (*Davilla elliptica*), mercúrio-do-campo (*Erythroxylum tortuosum*), gomeira (*Vochysia elliptica*), também estão presentes. Por ocorrer geralmente entremeando o cerrado ralo, sobre terrenos desinteressantes à agricultura e pecuária, também apresentam alto índice de preservação na área de estudo (Themag / CTE, 2000).



Figura 2.9 - Vista geral de campo sujo.

Dentre as formações florestais mais representativas na região da área de estudo estão as matas ciliares ao longo dos cursos d'água (Figura 2.10), geralmente em transição com a mata seca e o cerrado, quando em terrenos acidentados das encostas inferiores.



Figura 2.10 - Detalhe de mata ciliar.

As matas de galeria também são comuns ocupando as margens de córregos e rios de pequeno porte, e apresentam transição abrupta com as formações savânicas ou campestres, à exceção da região de nascente, onde se mistura à mata seca sempre-verde de encosta (Figuras 2.11 e 2.12). Contudo, por estarem associadas a solos mais férteis, as formações florestais encontram-se muito alteradas, descaracterizadas ou até suprimidas, em especial as matas ciliares, dando lugar à agricultura e pastagens.

Nas margens dos cursos d'água de menor porte, com destaque para o córrego Gamela e os ribeirões Santo Antônio, Messias, Palmital e Samambaia e contribuintes, ocorrem as matas de galeria (Figura 2.13). Nas porções mais preservadas, principalmente junto às cabeceiras de drenagem e onde o relevo é mais acentuado, as matas de galeria apresentam estrutura adensada, perenifólia, com altura entre 10 e 15 m, além de alguns indivíduos emergentes. Normalmente ocupam faixas estreitas, raramente maiores do que 50 metros de largura.



Figura 2.11 - Vista geral de mata de galeria.



Figura 2.12 - Detalhe de mata de galeria.

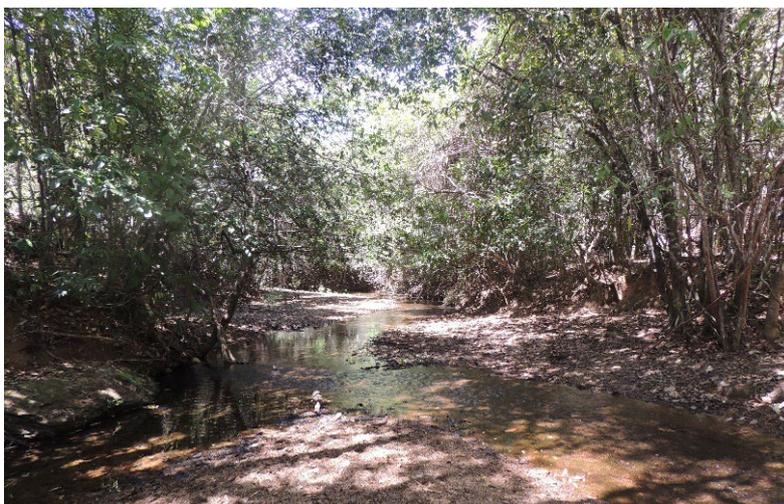


Figura 2.13 - Detalhe de mata de galeria vista a partir do curso d'água.

As matas secas, ou florestas mesofíticas, ocupam os interflúvios e apresentam diversos graus de caducifolia, dependendo das condições físico-químicas dos solos sobre os quais ocorre: quando em solos bem desenvolvidos e de boa fertilidade, são sempre-verdes, perdendo menos de 10% da folhagem durante a estação seca; são semidecíduas, perdendo entre 10 e 90% das folhas, quando em solos de média profundidade; e perdem mais de 90% da folhagem durante a estiagem quando recobrem solos rasos e pouco férteis. Estruturalmente, as matas secas apresentam um estrato superior heterogêneo, formando um dossel entre 15 e 25m de altura, com recobrimento de 70 a 95%.

Essas florestas mesofíticas, quando apresenta elevado índice de conservação, pode ter dossel entre 15 e 25 m de altura, constituído por espécies eretas e bem definidas, e um estrato inferior dominado por espécies emergentes (Figura 2.14). Nela, destacam-se espécies como o ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), a barriguda (*Chorisia speciosa*), o cedro (*Cedrela fissilis*), a aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), a maria-pobre (*Dilodendron bipinnatum*), o catiguá (*Trichilia clausenii*), entre outras espécies típicas, apesar de menos frequentes.



Figura 2.14 - Vista geral de matas secas ou florestas mesofíticas.

O cerrado, em suas características primárias, constitui a fisionomia de menor expressividade na área de estudo (Themag / CTE, 2000). Essa formação, em todas as áreas que recobria originalmente, encontra-se fortemente descaracterizada pela pressão antrópica, sendo encontrada em fragmentos isolados entre as pastagens e lavouras (Figuras 2.15 e 2.16). Ocupa áreas aplainadas do compartimento superior do relevo e áreas de encostas com solos profundos e de fertilidade moderada a elevada, e normalmente está associado a outras categorias florestais, formando estreitas faixas de transição entre o cerrado e outras matas.



Figura 2.15 - Vista geral de vegetação tipo Cerradão



Figura 2.16 - Detalhe de vegetação tipo cerradão.

Em levantamentos florísticos realizados na área de estudo, encontrou, um total de 280 espécies, distribuídas em 204 gêneros e 87 famílias. Dentre tais espécies, algumas podem ser consideradas regionalmente ameaçadas de extinção, como o gonçaleiro (*Astronium fraxinifolium*), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), peroba-rosa (*Aspidosperma cyllindrocarpon*), ucuúba-preta (*Virola surinamensis*), baru (*Dipteryx alata*) e palmito-doce (*Euterpe edulis*). A densidade absoluta encontrada foi de 1.318,38 indivíduos por hectare para as formações florestais e 2.133,33 indivíduos por hectare, para as formações savânicas (Themag/CTE, 2000)

2.5 Pedologia

Regionalmente observa-se a presença de quatro classes de solos distintas, a saber: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-amarelo, Cambissolo e Argissolo vermelho-amarelo. A distribuição destas classes de solo apresenta forte relação com os compartimentos geomorfológicos, além da litologia e da tectônica do Cenozoico.

Segundo EMBRAPA (2013), os latossolos se caracterizam como “solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm de superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura”.

Os latossolos vermelhos distróficos prevalecem nas áreas dos pediplanos e estão associados a estruturas litológicas que apresentam maior teor de ferro. Estas áreas pertencem a domínios das rochas básicas e ultrabásicas e nelas pode-se notar a presença de cobertura vegetal florestal. Na área de estudo, estes solos são argilosos e muito argilosos, com teores de argila entre 43 e 90% (Themag / CTE, 2000).

Os latossolos vermelho-amarelos podem ser distróficos ou álicos, dependendo do grau de saturação em alumínio, e embora também ocupem áreas dos pediplanos, apresentam-se como solos com maiores restrições naturais quanto à fertilidade. Na área de estudo os latossolos vermelho-amarelo contem concreções ferruginosas, dificultando a inserção de implementos agrícolas para o desenvolvimento da agricultura.

Nas áreas onde o relevo apresenta-se mais movimentado, seja por processos de dissecação ou por interferência de fatores de natureza litológica como lineamentos estruturais ocasionados por falhas e fraturas, predominam os cambissolos distróficos. EMBRAPA (2013) define cambissolos como “solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente imediatamente abaixo do horizonte A ou horizonte hístico com espessura inferior a 40 cm”. No caso da área em estudo a presença de material mineral nos solos está relacionada ao ambiente quartzoso.

Esta classe predominante na área de estudo, ocupando cerca de 70%, e nela associa-se ao domínio de formas convexizadas e aguçadas. Os cambissolos são bem drenados, pouco profundos e apresentam um horizonte B incipiente ou câmbico. Segundo Themag / CTE (2000) “possuem sequência de horizontes A, (Bi), C, com horizonte A do tipo moderado, raramente proeminente, com cores variando nos matizes 5YR e 7,5YR. Estes solos apresentam valores de Kl e silte/argila baixos, elevado grau de floculação e estrutura semelhante à dos latossolos”.

Themag / CTE (2000) apontou a presença de neossolos litólicos e neossolos flúvicos, porém não apresentou a delimitação destas classes de solos. Considerando-se a alta possibilidade de ocorrência destes solos e a possibilidade de não mapeamento dos mesmos, em decorrência da escala de apresentação dos mapas; optou-se por considerar a probabilidade de ocorrência destas classes na área de estudo. Assim, segue uma breve caracterização generalista destas classes.

Os neossolos litólicos são solos rasos e pouco desenvolvidos, cuja presença está associada a áreas de forte declividade e relevos escarpados. SANTOS (2018) os define da seguinte maneira: “solos com horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Admite um horizonte B, em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico”.

Os neossolos flúvicos também são solos rasos e poucos desenvolvidos, porém, sua gênese está associada à capacidade de transporte de sedimentos pelos cursos d’água, no caso da área de estudo, principalmente o rio Corumbá, e aos processos de meandramento e sedimentação. A localização destes solos na área de estudo em voga se dá preponderantemente em planícies de inundação do rio Corumbá. Estes solos são assim definidos por Santos (2018): “solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si, apresentando ambos ou um dos seguintes requisitos”:

- Decréscimo irregular do conteúdo de carbono orgânico em profundidade, dentro de 200 cm da superfície do solo; e/ou
- Camadas estratificadas em 25% ou mais do volume do solo dentro de 200 cm da superfície do solo”.

Por fim, foi observada a presença de plintossolos pétricos que podem ser agrupados em: plintossolos pétricos litoplínticos e concrecionários. No caso, da área de estudo constatou-se a presença de plintossolos pétricos concrecionários, os quais são solos que apresentam horizonte

pedregoso estando disposto em posição diagnóstica da superfície, dentro dos primeiros 40 cm de profundidade (Santos et al., 2018).

2.6 Recursos Hídricos

A área de estudo está localizada na bacia hidrográfica do rio Corumbá, tem suas nascente e foz dentro do estado de Goiás, cuja nascente localiza-se nas proximidades da divisa entre os municípios de Cocalzinho de Goiás e Pirenópolis, em altitude superior a 1.200m. Sua extensão é de aproximadamente 577 km. Ao longo do seu curso, destacam-se como principais afluentes os rios Areia, Descoberto e São Bartolomeu, pela margem esquerda, e Antas, Peixe e Piracanjuba, pela margem direita.

A sub-bacia de estudo predomina o padrão de drenagem dendrítico-retangular. Nesta área destacam-se como principais afluentes os ribeirões das Taipas, palmital e Messias, pela margem esquerda, e os ribeirões Veríssimo e Samambaia, pela margem direita. O uso consuntivo das águas superficiais nesta região se dá por meio de abastecimento público e irrigação de áreas agricultáveis pelo sistema de pivôs-centrais.

CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Erosão e Impacto Ambiental e Socioeconômico

O desenvolvimento de atividades antrópicas e as relacionadas ao manejo da terra são os principais fatores que causa a aceleração dos processos erosivos, implicando em alterações no ciclo nutricional, produtivo e socioeconômico mundial (Borrelli et al., 2017). O solo em pleno equilíbrio é de fundamental importância para garantir a demanda por alimentos e por água da humanidade no século XXI (Borrelli et al., 2017).

Sartori et al., (2019) estimaram que a erosão hídrica é responsável pela perda de US \$ 8 bilhões do PIB global anualmente, reduzindo a produção agroalimentar global em 33,7 milhões de toneladas, causando um aumento global dos preços em torno de 0,4% a 3,5%. A figura 3.1 ilustra as regiões com maior impacto em termo de perda de produtividade da terra absoluta.

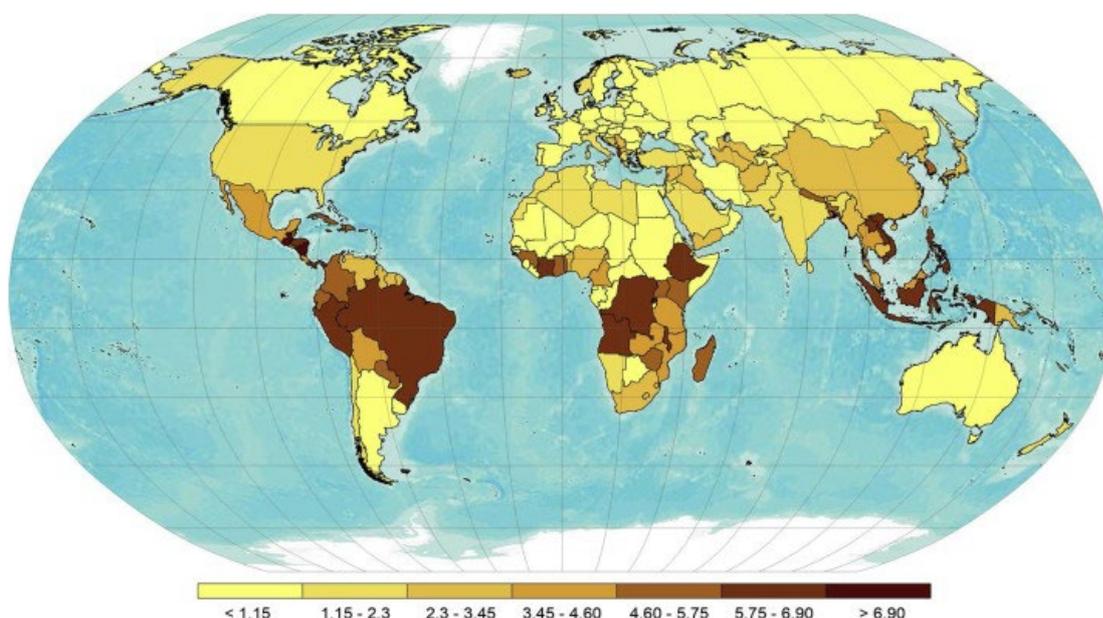


Figura 3.1 - Estimativas anuais de perdas de produtividade da terra absoluta (%) do modelo Global RUSLE (Sartori, 2019).

Diversas iniciativas estão sendo desenvolvidas com o objetivo de melhorar as condições ambientais, econômicas e sociais da população do mundo. Algumas destas ações foram realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) para o Desenvolvimento Sustentável 2030, onde foram estabelecidas 17 metas, destacando o objetivo 15 (Vida na Terra) que determina que até 2030, os governantes adotem ações necessárias para a proteção e restauração dos ecossistemas, exploração florestal sustentável, combate a desertificação, combate a degradação e recuperação da biodiversidade (Miluska e Gutierrez, 2020).

Porém para desenvolver ações com eficácia quanto a conservação do solo é preciso entender a origem dos processos erosivos, quais os tipos e principalmente e quais os principais fatores causadores. Com o entendimento da relação causa - efeito do processo erosivo, pode-se definir ações tanto no âmbito corretivo como preventivo, evitando neste caso a perda na capacidade produtiva, assoreamento de rios e reservatórios.

3.1.1 Erosão: O que é? Quais tipos?

“Erosão é o processo de desprendimento e arraste das partículas do solo que pode ser causado pela água ou o vento” (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

“Processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, ocasionado pela ação da água e do vento, constituindo a principal causa da degradação das terras agrícolas” (Pruski, 2009).

“O equilíbrio líquido de longo prazo de todos os processos que separam o solo e o movem de seu local original” (FAO, 2019).

Processos erosivos representam uma forma natural de moldar o relevo e atuam de forma conjugada aos processos pedogenéticos (Figuras 3.2 a 3.4). De forma geral, em condições naturais, os dois atuam de forma equilibrada, ocorrendo equilíbrio quanto a quantidade de solo perdido e a quantidade produzida, sendo este fenômeno chamado de erosão geológica ou natural (Carvalho et al., 2006).



Figura 3.2 - Ilustração de um processo erosivo natural.

Fonte:<https://escolakids.uol.com.br/geografia/tipos-erosao.htm>



Figura 3.3 - Processo erosivo naturais.

Fonte:<https://meioambiente.culturamix.com/natureza/erosao-marinha>



Figura 3.4 - Ilustrações do processo erosivo geológico ou natural.
Fonte:<https://quincykoetz.com/2019/05/hiking-honaker-trail-goosenecks-state-park-utah/>.

O processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são mais elevados do que em outras regiões do planeta. O processo acelera, à medida que o desmatamento avança, uma vez que o solo fica desprotegido de cobertura vegetal, e com incidência da chuva diretamente sobre sua superfície (Guerra et al., 2017). Segundo Guerra e Cunha (2001):

“O ciclo hidrológico é o ponto de partida do processo erosivo. Durante um evento chuvoso, parte da gota cai diretamente no solo, ou porque não existe vegetação ou porque a água passa pelos espaços existentes na cobertura vegetal. Parte da água da chuva é interceptada pela copa das árvores, sendo que parte dessa água volta para atmosfera, por evaporação, e outra parte chega ao solo ou por gotejamento das folhas, ou escoamento pelo tronco. A ação das gotas da chuva diretamente, ou por meio do gotejamento das folhas, causa a erosão por salpicamento (*splash*) conforme observado na Figura 3.5. A água que chega ao solo pode ser armazenada em pequenas depressões ou se infiltra aumentando a umidade do solo, ou abastece o lençol freático. Quando o solo não consegue mais absorver água, o excesso começa a se mover em superfície ou em subsuperfície, podendo provocar erosão através do escoamento das águas”.

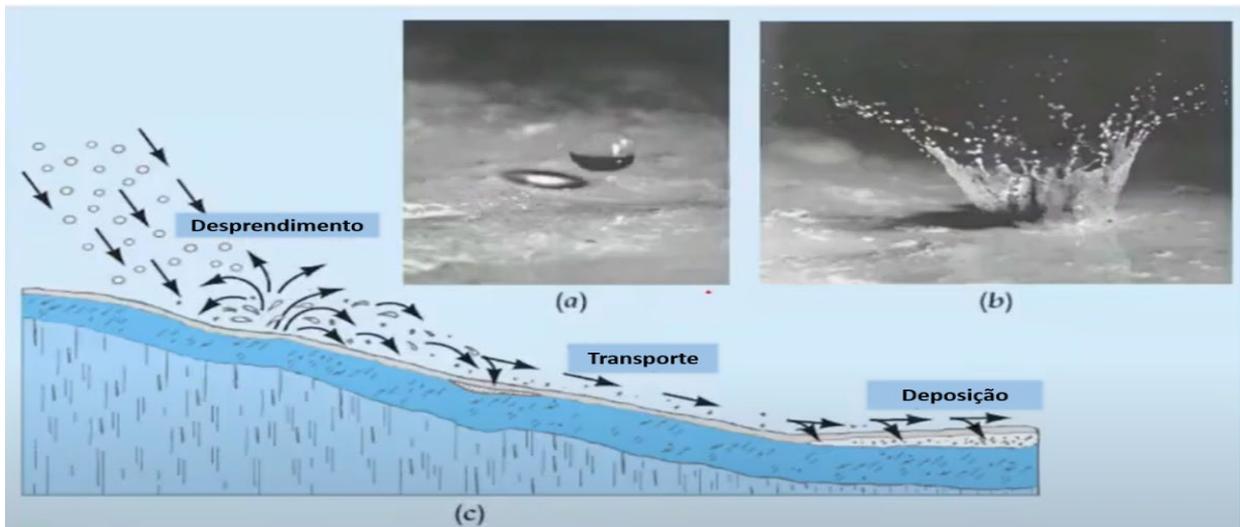


Figura 3.5 - a e b: Efeito splash provocando início do processo erosivo. c: Ilustração das etapas de formação do processo erosivo. Fonte: Modificado de Brady e Weil, (2010).

Guerra et al., (2020) descrevem que dependendo de como ocorre o escoamento superficial na encosta, podem-se desenvolver dois tipos de erosão:

- ✓ **Erosão laminar:** Quando causado por escoamento difuso das águas da chuva, resultando na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo conforme pode ser observado nas Figuras 3.6 a 3.8.



Figura 3.6 - Indicador de erosão laminar. Fonte: Autor, 2021.



Figura 3.7 - Detalhe de processo erosivo laminar. Fonte: Autor 2023.

- ✓ **Erosão linear ou em Sulco:** Quando causado por concentração do fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno (Figura 3.8), que pode evoluir por aprofundamento para ravinas (Figura 3.9).



Figura 3.8 - Ilustração do início do processo erosivo tipo sulco. Fonte: Autor, 2022.



Figura 3.9 - Ilustração de processo erosivo tipo sulco.

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/tipos-erosao.htm>, 2021.

Caso a erosão evolua, não somente pela influência das águas superficiais, mas também pela influência do fluxo subsuperficiais, onde se inclui o lençol freático configura-se o processo conhecido por voçoroca com o desenvolvimento de *piping* (Picheler, 1953 in: Guerra et al., 2017).

O fenômeno denominado *piping* provoca a remoção de partículas do interior do solo formando canais que evoluem em sentido contrário ao fluxo, causando colapso do terreno.

Assim, os processos de erosão lineares que resultam em mega ravinas (Figura 3.10) e voçorocas representam a união de diversos fenômenos em conjunto: erosão superficial, erosão interna e solapamentos, sendo considerada de elevado poder destrutivo (Guerra et al., 2017).



Figura 3.10 - Vista geral de processo erosivo tipo mega ravinas desenvolvidas em cambissolo.
Fonte: Autor, 2022

3.2.1 Principais fatores que contribuem para o processo erosivo

Os principais fatores determinantes para a ocorrência da erosão hídrica são os fatores erosividade e erodibilidade, pois dependendo da interação destes dois fatores teremos maior ou menor intensidade do processo erosivo (Cooke e Doornkamp, 1990).

3.1.1.1 Erosividade

Para Wischmeier (1962) a erosividade é a capacidade da chuva e do escoamento para provocar a erosão. Os principais fatores de determinam a erosividade são a intensidade, a duração e a frequência da chuva. A intensidade da chuva é a relação entre o volume da precipitação e o tempo de duração da mesma. Quando maior a intensidade, maior a energia cinética das gotas e, com isso, maior a sua capacidade de desagregação de solo, reduzindo a infiltração de água e aumentando o escoamento superficial (Wischmeier, 1962). A duração determina, a quantidade total de precipitação, a qual se relacionará com a taxa de infiltração da água no solo e a quantidade de escoamento. A frequência com que as chuvas ocorrem pode determinar o seu maior ou menor poder erosivo, quanto maior o teor de humidade no solo, menor será sua capacidade de infiltração e maior será o escoamento superficial aumentando o risco de erosão. A Tabela 3.1 identifica os principais fatores que influenciam na erosividade.

Tabela 3.1 - Fatores de Erosividade.

Fatores de Erosividade	
Precipitação	Escoamento
Tamanho das gotas de chuva	Intensidade
Velocidade das gotas da chuva	Velocidade
Ângulo e direção das gotas da chuva	Frequência
Intensidade	Magnitude
Frequência	Duração
Duração	Carga de sedimento

Fonte: modificado de Roxo, (1993).

3.1.1.2 Erodibilidade

A erodibilidade do solo, termo utilizado por Cook (1946), refere-se à resistência do solo ao desprendimento e ao transporte. Mesmo dependente das características topográficas, da declividade ou do grau de perturbação (Tabela 3.2), as características do solo constituem um fator importante, sendo a erodibilidade alterada com as variações da textura do solo, a estabilidade dos agregados, da capacidade de infiltração e da cobertura do solo (Morgan, 2005).

Gerrard (1981) reforça que a variação nas propriedades do solo é um dos fatores mais influentes na erosão do solo. De forma geral, os solos com taxas de infiltração mais rápidas, níveis mais altos de matéria orgânica e uma boa estrutura apresentam uma maior resistência à erosão (Van Beek et al., 2008).

Tabela 3.2 - Fatores de Erodibilidade.

Fator de Erodibilidade			
Propriedade do solo	Vegetação	Topografia	Uso do Solo
Tamanho das partículas	Cobertura vegetal	Inclinação da vertente	Lavoura em Nível
Existência de agregados	Tipo de vegetação	Comprimento de rampa	Estabilização de ravinas
Coesão dos Agregados	Proteção do solo	Rugosidade da superfície	Rotação de cultura
Capacidade de infiltração		Convergência ou Divergência	Sistema de Cultivo
			Existência de terraço
			Conteúdo de material orgânico

Fonte: modificado de Roxo (1993).

A partir da integração desses dois fatores responsáveis pela formação dos processos erosivos, chegou-se à proposição de Wischmeier e Smith (1978), conhecida mundialmente como Equação Universal de Perda de Solo Revisada.

3.2 USLE - Universal Soil Loss Equation (*Equação Universal de Perdas de Solo*)

Dos modelos indiretos desenvolvidos para estimar a perda de solo por erosão laminar, a Equação Universal de Perdas de Solo é a mais utilizada (Wischmeier e Smith, 1978).

O modelo USLE foi desenvolvido pelo *Soil Conservation Service e do Agricultural Research Service* dos Estados Unidos, em cooperação com algumas universidades norte americanas, desde a década de 1980. É um dos modelos para erosão laminar mais difundido e confiável por ter em sua abordagem uma premissa sistêmica que leva em consideração a integração dos principais fatores para a gênese do processo erosivo, tanto os de ordem natural: padrão de precipitação, tipo de solo, topografia e quanto de ordem antrópica como o sistema de cultivo e práticas de manejo (Pham et al., 2018).

A eficiência da USLE está relacionada diretamente às variáveis que compõem a sua equação. Estas variáveis são adquiridas e medidas independentemente e se integram posteriormente. A utilização da USLE está relacionada a confiabilidade dos dados das suas variáveis separadamente, tornando os procedimentos para obtenção dos dados mais importante que o próprio método (Xavier et al., 2019).

Levando em consideração a quantidade de dados necessária para a predição de erosão, nos últimos anos, estas modelagens estão sendo associadas às técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), principalmente para obtenção de Modelos Digital de Elevação - MDE que são de grande importância para obtenção do cálculo da perda de solos além da possibilidade de comparação do comportamento erosivo em múltiplos cenários de manejo do solo (Xavier et al., 2019).

A USLE se destaca pela possibilidade de observar a perda de solo na área de estudo de forma espacial. De modo que, quando se pretende realizar alteração no uso e ocupação do solo, informações sobre a perda de solo de forma espacial são mais relevantes que a quantidade bruta de perda do solo (Asmamaw e Mohammed, 2019). A equação utilizada no modelo inclui os seguintes parâmetros:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Onde:

A: perda de solo média anual, em $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$;

Fator R: erosividade da chuva, em $MJ \cdot mm / (ha \cdot h \cdot ano)$;

Fator K: fator erodibilidade do solo, em $t \cdot h / (MJ \cdot mm)$;

Fator LS: fator comprimento de rampa e declividade (adimensional);

Fator C: fator uso e manejo (adimensional); e

Fator P: fator práticas conservacionistas (adimensional).

Fator R: A erosividade da chuva pode ser entendida como uma avaliação numérica da capacidade de uma tormenta ou de uma precipitação erodir os solos de uma área desprotegida (Wischmeier, 1958).

Análises estatísticas, através de regressões múltiplas com dados de escoamento, de perdas de solos e a intensidade das precipitações realizadas em lotes nos EUA, em 21 estados. Obtiveram resultados concluindo que a energia cinética da chuva com intensidade de 30 minutos (EI30) seria a melhor forma de estimar o fator erosividade da USLE (Wischmeier, 1958).

Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) após efetuar diversas análises também indicam a adoção do Índice EI30 por considerar que melhor representa a erosividade da chuva na região intertropical e propuseram a determinação do valor médio do índice de erosividade através da relação entre a média mensal e a média anual de precipitação, conforme a equação.

$$EI_{30} = 67,355 \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \text{ onde,}$$

EI₃₀: média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/(ha.h);

r: média do total mensal de precipitação, em mm;

P: média do total anual de precipitação, em mm,

Para a determinação de **R** é necessário somar os 12 valores mensais do índice de erosividade, em cada estação pluviométrica:

$$R = \sum_{j=1}^{12} EI_{30j}$$

Fator K: Este fator está relacionado as propriedades do solo, afetando a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade de armazenamento de água, e que promovem a resistência as forças de dispersão, salpico e transporte das partículas pela chuva (Bertoni e Lombardi Neto, 2014).

A definição do fator K em parcelas experimentais, reque muito tempo de estudo, investimento muito alto, levando a métodos mais acessíveis de estimativa deste fator (Demarchi e Zimback, 2014). Muitos estudos têm utilizados valore do fator K obtidos da literatura de acordo com a similaridade de grupo de solos, pela limitação de obtenção de forma experimental.

Porém pode se estimar por meio do monograma (Figura 3.11) desenvolvido por Wischmeier et al. (1971) de forma indireta o valor do fator K.

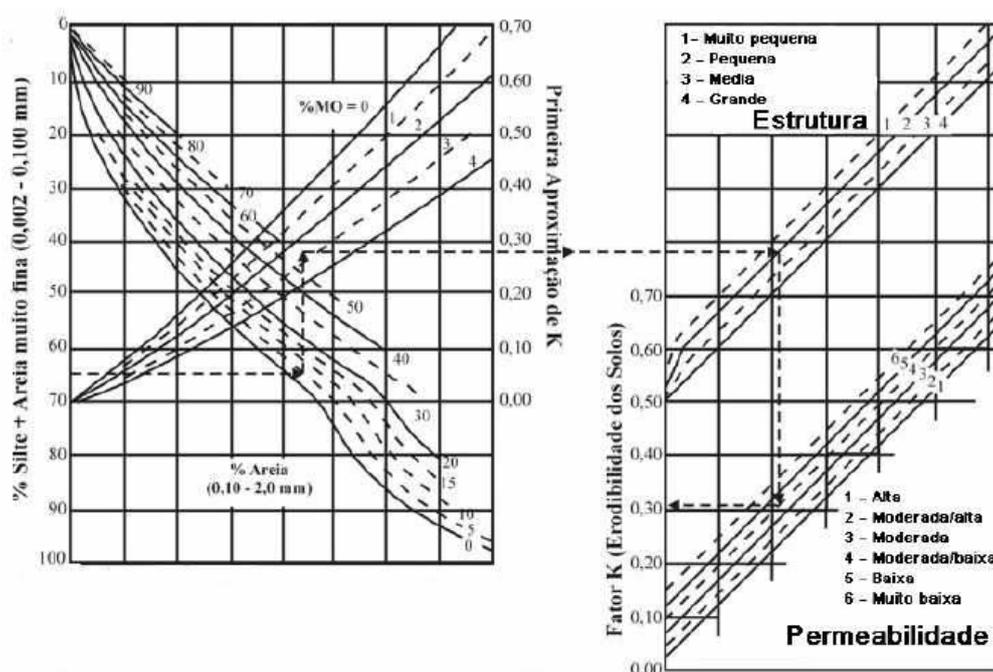


Figura 3.11 - Monograma de Wischmeier et al. (1971).

Denardin (1990) desenvolveu uma equação baseada nos parâmetros físicos e químicos do solo associado e métodos diretos de medição com a determinação do fator K de erodibilidade em 31 ordens e subordens de solos brasileiros e 46 solos americanos. A equação depende da análise da permeabilidade, do teor de silte, areia e matéria orgânica do solo.

$$K = 0,00000748.M + 0,00448059.P - 0,0,0631175.DMP + 0,01039567.REL$$

Onde:

- ✓ **K**: fator de erodibilidade em $Mg\ h\ (MJ\ mm)^{-1}$
- ✓ **M (%)**: $(\% \text{ silte} + \% \text{ areia muito fina}) \times (100 - \% \text{ argila})$
- ✓ **P**: representa o valor da permeabilidade, que é estimado pela análise do perfil do solo até o topo do horizonte C. Adotam-se os seguintes valores:
P: 1: muito baixa, 2: baixa, 3: baixa a moderada, 4: moderada, 5: moderada a alta, 6: alta.
- ✓ **DMP**:

$$DMP = \exp\left(\sum f_i \cdot \ln\left(\frac{d_i + d_{i-1}}{2}\right)\right), \text{ mm};$$

$$REL = \frac{\% MO}{\%_{\geq 0,1\ mm}}, \text{ adimensional};$$

Onde:

f = percentual correspondente ao intervalo do diâmetro, %;

d_j = diâmetro superior do intervalo, mm;

d_{i-j} = diâmetro inferior do intervalo, mm;

% MO = percentual de matéria orgânica, %.

$$R = \text{areia grossa (g kg}^{-1}\text{)} \times \text{matéria orgânica (g kg}^{-1}\text{)} / 100$$

De modo a simplificar ainda mais a estimativa do Fator K proposto por Denardin (1990), Lima et al., (2007) propõe a adoção exclusivamente o teor de argila conforme equação abaixo.

$$K = 0,00000055 \cdot x^3 - 0,00008011 \cdot x^2 + 0,00320292 \cdot x - 0,00623688$$

Fator LS: O fator LS é a relação da perda de solo com a declividade do terreno, sendo a taxa de perda de solo por unidade de área de uma parcela padrão de 25 metro de comprimento e 9% de declividade (Bertoni e Lombardi Neto, 2014).

Para facilitar a obtenção de dados relacionados a declividade, tabelas que fornecem valor único para a combinação dos fatores L e S têm sido elaboradas. O principal problema da representação do fator LS é definir a melhor metodologia que consiga representar a inclinação e o comprimento médio de toda área. Geralmente os erros na estimativa do fator LS estão associados ao fator S, como o agravante que a erosão é mais sensível a variação de declividade do que comprimento de rampa.

Fator C: A introdução de cobertura vegetal sobre o solo exposto é de maneira geral o primeiro objetivo de projetos de restauração e controle de erosão. Os valores do fator C no Cerrado variam amplamente dependendo das condições locais do solo, clima, relevo e cobertura vegetal.

Silva et al. (2019) avaliou a influência da cobertura vegetal no fator C em diferentes áreas do Cerrado brasileiro. Eles compararam o fator C em áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal (pastagem, vegetação nativa e áreas desmatadas) e descobriram que o fator C foi menor nas áreas de vegetação nativa em comparação com as pastagens e áreas desmatadas. Esse resultado sugere que a conservação da vegetação nativa é importante para reduzir a erosão do solo no Cerrado brasileiro.

Coelho et al. (2021), comparou fator C em áreas com diferentes densidades de cobertura vegetal no cerrado e identificou que o fator C foi menor em áreas com maior densidade de cobertura vegetal. Isso indica que a densidade da cobertura vegetal pode ser um fator importante para controlar a erosão do solo no Cerrado sendo um possível indicador para possíveis monitoramentos.

É importante destacar que os valores do fator C são altamente dependentes das condições locais e, portanto, podem variar amplamente entre diferentes áreas do Cerrado. Além disso, o fator C pode ser influenciado por práticas de manejo do solo, como o plantio direto, que podem aumentar a rugosidade do solo e reduzir a erosão. Portanto, os valores do fator C devem ser usados com cautela e considerados em conjunto com outras informações relevantes para avaliar o risco de erosão do solo em uma determinada área.

Fator P: O fator P da USLE é uma medida da influência das práticas conservacionistas adotadas na área em questão sobre a erosão do solo. As práticas conservacionistas, como a conservação da água e do solo, a rotação de culturas, a adoção de plantio direto e a construção de terraços, são cruciais para manter a produtividade do solo e evitar a erosão. O fator P é calculado com base em um índice de manejo, que leva em consideração a cobertura vegetal, o tipo de cultura, o preparo do solo, o controle de erosão e outras práticas conservacionistas.

Silva et al. (2012), Fidalski et al (2018) e Oliveira et al. (2020) avaliaram a eficácia de diferentes práticas conservacionistas, na redução da erosão do solo do cerrado. Os resultados mostram que o fator P teve um papel importante na redução da erosão no cerrado e que as práticas conservacionistas foram eficazes na manutenção da qualidade do solo.

Além disso, a adoção de práticas conservacionistas também pode trazer benefícios ambientais e econômicos. A conservação do solo e da água pode melhorar a qualidade do solo e da água, reduzir a poluição e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

Os fatores C e P considera no processo a participação antrópica. Um solo sem cobertura vegetal é geralmente mais susceptível à erosão do que outro coberto. A proteção do solo basicamente depende do estágio de desenvolvimento e crescimento da vegetação com associação à sequência de culturas e ao manejo adotada na área (Bertoni e Lombardi Neto, 1993).

Quando a utilização do USLE tem o objetivo de definir técnicas mais adequadas de produção, reduzindo os impactos sobre o meio físico, as variáveis antrópicas da USLE devem ser analisadas individualmente. Porém, quando o objetivo é a espacialização dos fatores, utilizando técnicas de Geoprocessamento, os dados dos fatores de C e P devem ser analisados considerando o uso e ocupação do solo e analisados de forma integrada (Stein et al., 1987).

Carvalho (2014), observa que a USLE e suas variações (MUSLE, RUSLE e HUSLE) são utilizados para predição de erosão pela maioria dos modelos hidrológicos. A Tabela 3.4 apresentada por Silva e Cretana (in: Carvalho, 2014), apresenta alguns modelos hidrossedimentológicos utilizados na estimativa do processo de erosão em bacias hidrográficas, ilustrando a evolução dos modelos a partir da USLE.

Tabela 3.4 - Modelos hidrossedimentológicos para predição de erosão.

Modelo	Nome Completo	Autor e Ano
USLE	Universal Soil loss Equation	Wischmeier e Smith (1978)
ANSWERS	Areal Non-point Source Watershed Environmental Response Simulation	Beasley <i>et al.</i> (1980)
EPIC	Erosion – Productivity Impact Calculator	Williams (1975)
AGNPS	Agricultural Non-point Pollution Source	Young <i>et al.</i> (1987)
CREAMS	Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems	Knisel (1991)
WESP	Watershed Erosion Simulation Program	Lopes (1987)
GLEAMS	Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems	Knisel (1991)
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation	Renard <i>et al.</i> (1991)
SWAT	Soil and Water Assessment Tool	Arnold <i>et al.</i> (1998)
MIKE – SHE	-	Refsgaard e Storm (1995)
CHDM	Catchment Hydrology Distributed Model	Lopes (1995)
KINEROS	Kinematic runoff and Erosion Model	Smith <i>et al.</i> (1995)
EUROSEM	European Soil Erosion Model	Morgan <i>et al.</i> (1998)
EROSION3 D	3D Erosin Model	Schimidt <i>et al.</i> (1999)
LISEN	Limburg Soil Erosion Model	Jetten e De Roo (2001)
TOP	-	Beven e Freer (2001)

Fonte: Silva e Crestana (in: Carvalho, 2014).

3.3 Reflorestamento

3.3.1 Serviços Ambientais e Serviços Ecossistêmicos das Áreas de APPs

A degradação da vegetação natural em áreas de APPs implicará no aumento no custo de tratamento de água para consumo humano, na perda de capacidade de armazenamento de água em reservatórios para a produção de energia elétrica e irrigação, na menor recarga de aquíferos como reservatórios naturais de água para diferentes fins, além do incremento das emissões adicionais de carbono para atmosfera provenientes do manejo do solo considerado indevido (Landers et al., 2001).

Os serviços ecossistêmicos prestados pelas APPs ripárias são bem conhecidos. Entre eles podem ser citados i) seu papel de barreira ou filtro, evitando que sedimentos, matéria orgânica, nutrientes dos solos, fertilizantes e pesticidas utilizados em áreas agrícolas alcancem o meio aquático; ii) o favorecimento da infiltração da água no solo e a recarga dos aquíferos; iii) proteção do solo nas margens dos cursos d'água, evitando erosão e assoreamentos; iv) a criação de condições para o fluxo gênico da flora e fauna (Batalha et al., 2005); v) o fornecimento de

alimentos para a manutenção de peixes e demais organismos aquáticos; vi) e o refúgio de polinizadores e de inimigos naturais de pragas de culturas.

A importância da manutenção da APP ripária para minimizar a perda de solo por erosão superficial e o consequente assoreamento de riachos, ribeirões e rios foi demonstrado por Joly et al., (2000), trabalhando na bacia do rio Jacaré-Pepira, no município de Brotas (SP). O grupo de pesquisadores determinou em campo, a partir do uso de parcelas de erosão, que a perda anual de solo em uma pastagem é da ordem de $0,24 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$; enquanto que no mesmo tipo de solo, com a mesma declividade e distância do rio, a perda anual de solo no interior da mata ciliar foi da ordem de $0,0009 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Joly et al., 2000).

CAPÍTULO 4 - TÉCNICAS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVAS APLICADAS AO PROCESSO DE REFLORESTAMENTO

O reflorestamento é uma das principais técnicas utilizadas para minimizar as perdas de solos em áreas degradadas pela formação de pastagens e para outros usos que exigem a supressão da vegetação natural.

Entretanto, o reflorestamento em regiões pedoclimáticas dos cerrados, ao contrário de outras regiões com climas em que a distribuição das chuvas é mais regular, apresenta maiores dificuldades. Como nesta região há prolongado período de tempo sem ocorrência de chuvas, os plantios apresentam maior dificuldade de fixação e desenvolvimento, principalmente nos primeiros anos após a introdução das mudas.

Além do condicionante climático, o forte distrofismo dos solos é outro fator limitante do desenvolvimento das mudas introduzidas. Em regiões com usos pretéritos, principalmente por pastagens, há ampla compactação pelo pisoteio do gado o que dificulta ainda mais o desenvolvimento das espécies introduzidas.

Assim, para se ampliar o sucesso dos processos de reflorestamento algumas práticas consideradas não convencionais devem ser aplicadas em conjunto com as práticas consideradas convencionais. A seguir são apresentadas as ações desenvolvidas durante o reflorestamento da Área de Preservação Permanente APP do reservatório da UHE Corumbá III.

4.1 Metodologia de Recomposição Florestal em Área de Preservação Permanente

4.1.2 Isolamento da Área

Foram instaladas cercas com mourões de eucalipto tratado com diâmetro de 8 a 10 cm com altura de 2,5 m. Os mourões esticadores, responsáveis pela firmeza da cerca, tem diâmetro de 14 a 16 cm com comprimento de 2,7 metros fixados a cada 50 metros ou quando há mudança de direção da estrutura.

Os mourões foram instalados com espaçamento a cada quatro (4) metros (sendo admitida uma tolerância de até 20 cm neste espaçamento), com 5 fios de arame liso galvanizado com espessura mínima de 2,2 mm (conforme Figuras de 4.1 a 4.3).

Os aceiros ao longo da cerca têm largura de 4 metros e foram preparados na etapa de preparação do solo. O aceiro é utilizado como estrada de acesso às áreas de plantio, diminuindo custo e melhorando sua eficiência. Esta área de proteção é periodicamente limpa com a retirada da gramínea de recobrimento.

O cercamento e a implantação de aceiros são considerados condições muito importantes para o sucesso do processo de reflorestamento como um todo.

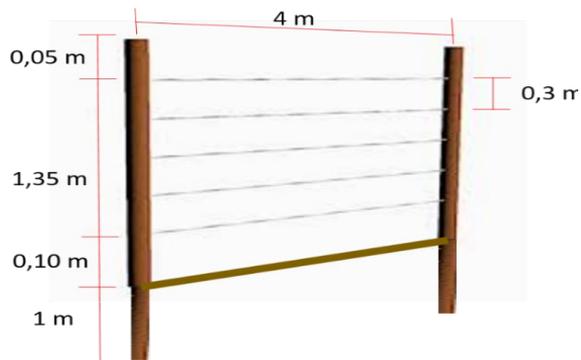


Figura 4.1 - Ilustração do método construtivo da cerca.



Figura 4.2 - Construção de cerca.



Figura 4.3 - Aceiro construído ao longo da área cercada.

Para acesso, dos proprietários vizinhos ao reservatório, foram construídos corredores ao longo do reservatório, respeitando a legislação vigente e em comum acordo com estes superficiários (Figura 4.4).



Figura 4.4 - Corredor construído para acesso ao reservatório.

4.1.3 Seleção de Espécies

As espécies utilizadas foram indicadas no Programa de Recomposição da APP (WALM, 2009), levando em consideração estudos florísticos de fragmentos de remanescentes locais. A Tabela 4.1 enumera as espécies utilizadas no reflorestamento.

Tabela 4.1 - Espécies utilizadas no reflorestamento.

Nome popular	Nome científico	Família
Açoita cavalo	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Malvaceae
Angico canjiquinha	<i>Lachesiodendron viridiflorum</i> (Kunth) P.G. Ribeiro	Fab. - Mimosoideae
Angico monjolo	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton e Rose	Fab. - Mimosoideae
Araçá	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Myrtaceae
Angico verdadeiro	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Fab. - Mimosoideae
Angico vermelho	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Fab. - Mimosoideae
Aroeira pimenteira	<i>Schinus terebinthifolia</i> var. <i>acutifolia</i> Engl.	Anacardiaceae
Aroeira preta	<i>Myracrodruon urundeuva</i> M. Allemão	Anacardiaceae
Babosa branca	<i>Cordia superba</i> Cham.	Boraginaceae
Barbatimão falso	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Fabaceae
Baru	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Fab. - Papilionoideae
Canafistula	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fab. - Caesalpinioideae
Cajuzinho	<i>Anacardium humile</i> A.St.-Hil.	Anacardiaceae
Camboatã	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Sapindaceae
Capororoca	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. e Schult.	Primulaceae
Caroba	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Bignoniaceae
Carvoeiro	<i>Tachigali aurea</i> Tul.	Fab. - Caesalpinioideae
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. var. <i>langsdorffii</i>	Fab. - Caesalpinioideae
Dedaleiro	<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	Lythraceae
Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Urticaceae
Embiruçu	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. e Zucc.) A. Robyns	Malvaceae
Fedegoso	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Fab. - Caesalpinioideae
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Fab. - Caesalpinioideae
Goiaba	<i>Psidium guajava</i> var. <i>Cujavillum</i>	Myrtaceae
Gonçalo Alves	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anacardiaceae
Guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F Blake	Fab. - Caesalpinioideae
Ingá branco	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fab. - Mimosoideae
Ingá de metro	<i>Inga edulis</i> Mart.	Fab. - Mimosoideae
Ingazeira	<i>Inga vera</i> Willd.	Fab. - Mimosoideae
Ingá feijão	<i>Inga marginata</i> Willd.	Fab. - Mimosoideae
Ipê amarelo	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. Ex A. DC.) Standl.	Bignoniaceae
Ipê caraíba	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. e Hook.	Bignoniaceae
Ipê branco	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Bignoniaceae
Ipê rosa	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Bignoniaceae

Ipê roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae
Ipê verde	<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	Bignoniaceae
Jacarandá bico de pato	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Steffed	Fab. - Papilionoideae
Jacarandá caviúna	<i>Machaerium Scleroxylon</i>	Fab. - Papilionoideae
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fab. - Caesalpinioideae
Jenipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae
Jequitibá	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae
Leiteiro	<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.	Apocynaceae
Lobeira	<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	Solanaceae
Louro pardo	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	Boraginaceae
Maria pobre	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Sapindaceae
Mamica de porca	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae
Moreira	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud	Moraceae
Mulungu do litoral	<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	Fabaceae - Papilionoideae
Mulungu Velutina	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Fab. - Papilionoideae
Mutambo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae
Olho de cabra	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	Fab. - Papilionoideae
Paineira	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Malvaceae
Pau cigarra	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H. S. Irwin e Barneby	Fab. - Caesalpinioideae
Pau d'alho	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Phytolaccaceae
Pau formiga	<i>Triplaris americana</i> L.	Polygonaceae
Pau jangada	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Malvaceae
Pata de vaca	<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	Fab. - Cercideae
Pau Santo	<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	Calophyllaceae
Pau pólvora	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae
Peroba Poca	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.	Apocynaceae
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae
Quaresmeira Roxa	<i>Chaetogastra herbacea</i> (DC.) P.J.F.Guim. e Michelang.	Melastomataceae
Saboneteiro	<i>Sapindus saponaria</i> L	Sapindaceae
Saguaraji	<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	Rhamnaceae
Sangra D'Água	<i>Croton urucurana</i> Baill.	Euphorbiaceae
Sete cascas	<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby e J.W. Grimes	Fab. - Mimosoideae
Sumaúma	<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A. Robyns	Malvaceae
Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fab. - Mimosoideae
Vinhático	<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	Fab. - Mimosoideae
Tingú	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Sapindaceae

4.1.4 Produção de Mudas

Inicialmente as mudas eram adquiridas de diferentes fornecedores locais, porém com a dificuldade de encontrar mudas de boa qualidade e viveiros registrados, as matrizes para plantio passaram a ser produzidas em viveiro próprio (empresa contratada) para melhor adequação aos quesitos qualidade e diversidade.

As mudas foram produzidas em substrato inerte, em tubetes de 175 cm³ e em canteiros suspensos conforme pode ser observado nas Figuras 1.5 e 1.6.

Importante ressaltar que a qualidade das mudas é um fator importante para o sucesso do reflorestamento, sendo que plantios com mudas pouco desenvolvidas resultam em maior número de perdas, em comparação aos locais em que foram utilizadas mudas com maior desenvolvimento, em termos de enraizamento e em desenvolvimento de caule e folhas.



Figura 4.5 - Viveiro de produção de mudas.



Figura 4.6 - Detalhe do viveiro.

4.1.4 Combate a Formiga e Cupins (Fase do Plantio)

O controle das formigas e cupins foi realizado com auxílio de iscas formicida e cupinicida de baixa toxicidade, tanto nas áreas do reflorestamento com em tordo seu entorno.

O controle de formigas cortadeiras, como as saúvas (*Atta* sp.) e quenquéns (*Acromyrmex* sp.) tem sido realizado nas áreas alvo de reflorestamento e no entorno imediato. De acordo com a medição do formigueiro foi adicionada a dosagem de cerca de 10 gramas de isca formicida (princípio ativo Sulfluramida) por metro quadrado de terra solta (Figura 4.7) e para cada olheiro distante até 40 cm da sua entrada (Figuras 4.8 e 4.9). O controle foi realizado algumas semanas antes do preparo de solo e campanhas de controle são realizadas regularmente até que a floresta esteja estabelecida.

Quanto ao controle de cupins, as mudas tiveram um tratamento preventivo e suas raízes previamente submersas em solução cupinicida de 5 g/L de *Evidence*. Para os casos de implantação em áreas com histórico de ocorrência de cupim ou observação pontual dos cupinzeiros aplicou-se a solução de 5 g/L de *Evidence* com pulverizador costal (sem ponta de pulverização) no coleto da planta até o encharcamento do berço (aproximadamente 200 ml/berço).



Figura 4.7 - Formigueiro próximo a área de plantio.



Figura 4.8 - Combate a formiga sendo realizado.



Figura 4.9 - Isca colocada no olho do formigueiro.

4.1.5 Preparo do Solo

Para o preparo do solo foi utilizado o subsolador com linhas de subsolagem confeccionadas a cada 3,0 metros a uma profundidade de cerca de 60 cm e ao riper foi adicionado a “asa de andorinha” que contribui para maior descompactação do solo e conseqüente desenvolvimento das raízes (Figuras 4.10 e 4.11). Para não favorecer a evolução de processos erosivos, as linhas de subsolagem foram confeccionadas considerando-se a curva de nível (Figuras 4.12 e 4.13).

Em terrenos muito compactados foi utilizado retroescavadeiras com a concha acoplada ao braço hidráulico para confecção de covas, proporcionando maior área útil para o enraizamento das mudas e melhorando o rendimento operacional.



Figura 4.10 - Subsolação de área de plantio.



Figura 4.11 - Subsolação em área de plantio.



Figura 4.12 - Subsolação em nível.



Figura 4.13 - Subsolação em curva de nível, na área de plantio.

4.1.6 Eliminação de Espécies Invasoras (exóticas)

Para o controle das espécies invasoras (exóticas) foi aplicada a capina química com aplicação de herbicida em área total (Figura 4.14). Foi respeitado o limite de 10 metros da cota máxima de inundação, onde não foi aplicado o herbicida.

Esta é uma técnica considerada inovadora, uma vez que não é comumente aplicada em áreas de reflorestamento no cerrado, seja por limitações legais ou apenas pela falta de conhecimento da efetividade desta ação.

A capina química atua em diferentes funções: i) diminuição da concorrência que resulta no aumento de entrada de luz; ii) diminuição da concorrência por umidade, principalmente nos períodos secos, iii) diminuição da biomassa disponível para combustão e propagação de incêndios florestais.



Figura 4.14 - Aspersão de herbicida em área recém-plantada.

4.1.7 Recebimento das Mudanças

O viveiro produtor fornece mudas com tamanhos entre 30 a 40 cm e com raízes novas, sem envelhecimento. Todos os lotes de mudas recebidas são inspecionados previamente ao plantio (Figuras 4.15 a 4.17).

As mudas são transportadas para a área do empreendimento e acomodadas em um viveiro de espera. Tal procedimento denominado de rustificação permite que elas se adaptem às condições da região de plantio, isto é, às adversidades encontradas em campo, possibilitando maior resistência e minimizando o índice de perdas (Figura 4.18).



Figura 4.15 - Mudanças recebidas sendo inspecionadas.



Figura 4.16 - Detalhes das raízes das mudas.



Figura 4.17 - Verificação da altura das mudas.



Figura 4.18 - Local de rustificação das mudas.

4.1.8 Adubação de Plantio

Foi aplicado 30 dias antes do plantio, 40 g (67 kg/ha) de calcário por cova e 5 dias antes do plantio, 100g de 10:30:10 + FTE (167 kg/ha) por cova (Figuras 4.19 e 4.20). Os fertilizantes foram distribuídos ao longo da linha de plantio e posteriormente incorporados ao solo.



Figura 4.19 - Aplicação de calcário na linha de plantio.



Figura 4.20 - Aplicação do 10:30:10 + FTE na linha de plantio.

4.1.9 Plantio

A proporção entre as espécies foi de 50% pioneiras, 25% secundárias iniciais 15% secundárias tardias e 10% de clímax. A distribuição das mudas foi realizada de modo que as pioneiras e secundárias iniciais, que possuem rápido crescimento, proporcionassem o fechamento do dossel e sombreamento das áreas, criando o ambiente favorável para o desenvolvimento das mais exigentes.

Foi utilizado neste projeto o plantio semimecanizado. Este equipamento foi utilizado por proporcionar melhor ergonomia de trabalho e maior rendimento da operação de plantio, já que não é necessário se agachar para efetuar o plantio da muda (Figuras 4.21 a 4.24). Quando o plantio foi realizado em época de escassez hídrica o colaborador carregou um costal contendo a solução hidratada de gel que é acoplada por tubulação à plantadora que possui outro gatilho para liberação da dosagem (500 ml/cova) no entorno da muda plantada.



Figura 4.21 - Plantio semimecanizado com aplicação de gel hidro retentor.



Figura 4.22 - Plantio semimecanizado.



Figura 1.23 - Detalhe da muda plantada.



Figura 1.24 - Linha de plantio.

4.1.10 Irrigação

Quando observado escassez hídrica (veranico de janeiro, por exemplo), posterior ao plantio as mudas foram irrigação com 4 a 5 litros de água. Para isso, foi utilizado um conjunto de bomba + mangueira com terminal de chuveiro adaptado (Figuras 4.25 e 4.26).



Figura 4.25 - Desenvolvimento da prática de irrigação em área recém-plantada.



Figura 4.26 - Detalhe do equipamento utilizado na irrigação.

4.1.11 Replântio

Inicialmente o replântio era realizado 60 dias após o plantio para garantir a manutenção da densidade requerida de 1.667 mudas por hectare. Porém observou-se que a taxa de sobrevivência do replântio era muito baixa e com custo operacional elevado e optou-se pela mudança da densidade de plantio para 2.000 mudas/ha de forma a se evitar o processo de replântio.

A alteração da densidade de plantio garantiu que, mesmo com taxa de mortalidade elevada, fosse possível alcançar a densidade de projeto (1.667 mudas/ha) e com custo operacional menor e maior homogeneidade da área reflorestada.

4.1.12 Campanhas de Manutenção

As campanhas de manutenções das áreas reflorestadas foram realizadas ao longo de 3 a 4 anos para obtenção do recobrimento total do solo pelas copas das árvores plantadas ou regeneradas. Basicamente, o período de manutenção consiste nas campanhas de coroamento (Figuras 4.27 a 4.29), campanhas de combate a formigas (Figuras 4.30 a 4.33), campanhas de roçada seletiva (Figuras 4.34 e 4.35), campanhas de adubação de cobertura (Figuras 4.36 a 4.38) e manutenção de cercas e aceiros (Figuras 4.39 a 4.41).



Figura 4.27 - Coroamento de manutenção.



Figura 4.28 - Muda com coroamento de manutenção.



Figura 4.29 - Atividade de coroamento.



Figura 4.30 - Atividade de combate a formiga.



Figura 4.31 - Combate a formiga.



Figura 4.32 - Detalhe do combate a formiga.



Figura 4.33 - Isca no olho do formigueiro.



Figura 4.34 - Roçada manual seletiva.



Figura 4.35 - Roçada manual seletiva.



Figura 4.36 - Adubação de cobertura.



Figura 4.37 - Detalhe do medidor utilizado na adubação de cobertura.



Figura 4.38 - Adubação e cobertura.



Figura 4.39 - Manutenção de aceiro.



Figura 4.40 - Aceiro ao longo da área de plantio.



Figura 4.41 - Vista geral do aceiro.

4.2 Considerações Finais

As técnicas aplicadas para o reflorestamento de vegetação nativa da APP do reservatório da UHE Corumbá III podem ser consideradas não convencionais quando comparada aos métodos tidos como mais comuns ou mais “ambientalmente corretos”.

Práticas como uso o uso de mudas comerciais, controle de espécies exóticas com capina química, uso de fertilizantes solúveis, uso de inseticidas de amplo poder de atuação, são em geral tidos como não ambientais. Geralmente o mais comum nestes tipos de processos de reflorestamento é adquirir mudas de produtores locais, usar torta de sementes, aplicar biomassa seca em compostagem com outros resíduos animais para a fertilização dos solos e sempre que possível usar formas mais naturais para o controle de pragas.

Entretanto, as práticas mais ambientais apenas são efetivas para restritas áreas a serem recuperadas. Quando as poligonais são de centenas de hectares e espalhadas em milhares de quilômetros lineares (como APPs de grandes reservatórios de UHEs) as técnicas convencionais se tornam muito caras e seus resultados limitados.

Assim, se considera que as práticas adotadas neste projeto, que mesclam métodos tradicionais e não convencionais são importantes para se alcançar com o menor custo, menor tempo e máxima eficiência o objetivo de proteção dos terrenos contra erosão e o consequente assoreamento do reservatório.

Algumas das práticas são particularmente importantes, incluindo: o isolamento prévio das áreas a serem submetidas a plantio; uso de herbicidas em pelo menos duas etapas após o plantio (primeiro e segundo ano); aplicação de hidrogel em abundância para ampliar a resistência em períodos de secas; plantio nos meses imediatamente anteriores ao início do período chuvoso; uso de NPK solúvel; aprofundamento dos berços de plantio; e uso de irrigação para minimizar efeitos de secas periódicas (particularmente os veranicos de janeiro e fevereiro).

A comparação dos resultados do plantio em Corumbá III com outros projetos (realizada a partir da análise de dados estatísticos da literatura) mostra que as práticas adotadas neste trabalho resultam em ganhos significativos.

Nas áreas dos vales em que o reservatório foi estabilizado predominam cambissolos háplicos, sendo que as áreas de latossolos vermelhos e vermelho-amarelos ocorrem em menores proporções.

O uso de fertilizantes é uma necessidade em função das características químicas dos cambissolos da região, os quais são fortemente distróficos e alíticos, com baixo pH, comumente ricos em fragmentos de veios de quartzo e contendo argila de baixa atividade. Quando o plantio é realizado sobre latossolos, há a vantagem de serem coberturas mais espessas e macias, entretanto, as condições químicas de baixa fertilidade natural são mantidas.

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo será organizado em três itens que abordaram os seguintes temas que, em conjunto com o capítulo anterior, representam os principais resultados da presente dissertação de mestrado:

- Dinâmica do uso dos solos na década de 2010 a 2021;
- Avaliação da evolução do reflorestamento das áreas de preservação permanentes do reservatório;
- Aplicação da USLE com foco na bacia e nas nas APPs do reservatório.

5.1 Avaliação da dinâmica multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia no período de 2010 a 2021

Após levantamento de uso e ocupação realizado para os anos de 2010 e 2021 (Figura 5.1) foram encontrados, para o ano de 2010, as maiores porcentagens de uso do solo para floresta natural com 30,66%, pastagem com 29,09% e agricultura com 24,19%. Para o ano de 2021 as maiores porcentagens de uso do solo encontrada foi de agricultura com 28,90%, floresta natural com 28,81% e pastagem com 26,11% conforme Tabela 5.1.

A análise das métricas de paisagem indicou o aumento significativo da área de agricultura (2010 a 2021) de 4,71% equivalente a 9.175,05 ha, resultante principalmente da diminuição da área de pastagem de 2,96 % equivalente a uma área de 5.775,48 ha e da área de floresta natural de 1,85% equivalente a uma área de 3.606,03 ha.

Atualmente a área de estudo possui 2.636 fragmentos de floresta natural distribuídos em 56.167,02 ha, uma diminuição de 8% quando comparados ao número de fragmentos identificados em 2010 que era de 2.427 fragmentos. O tamanho dos fragmentos varia de 0,1 ha a 3.392,37 ha com tamanho médio de 24 ha. Quanto maior numero de fragmentos de floresta natural, maior a redução da diversidade de habitats e, como consequência menor o número de habitats (Cullen et al., 2005).

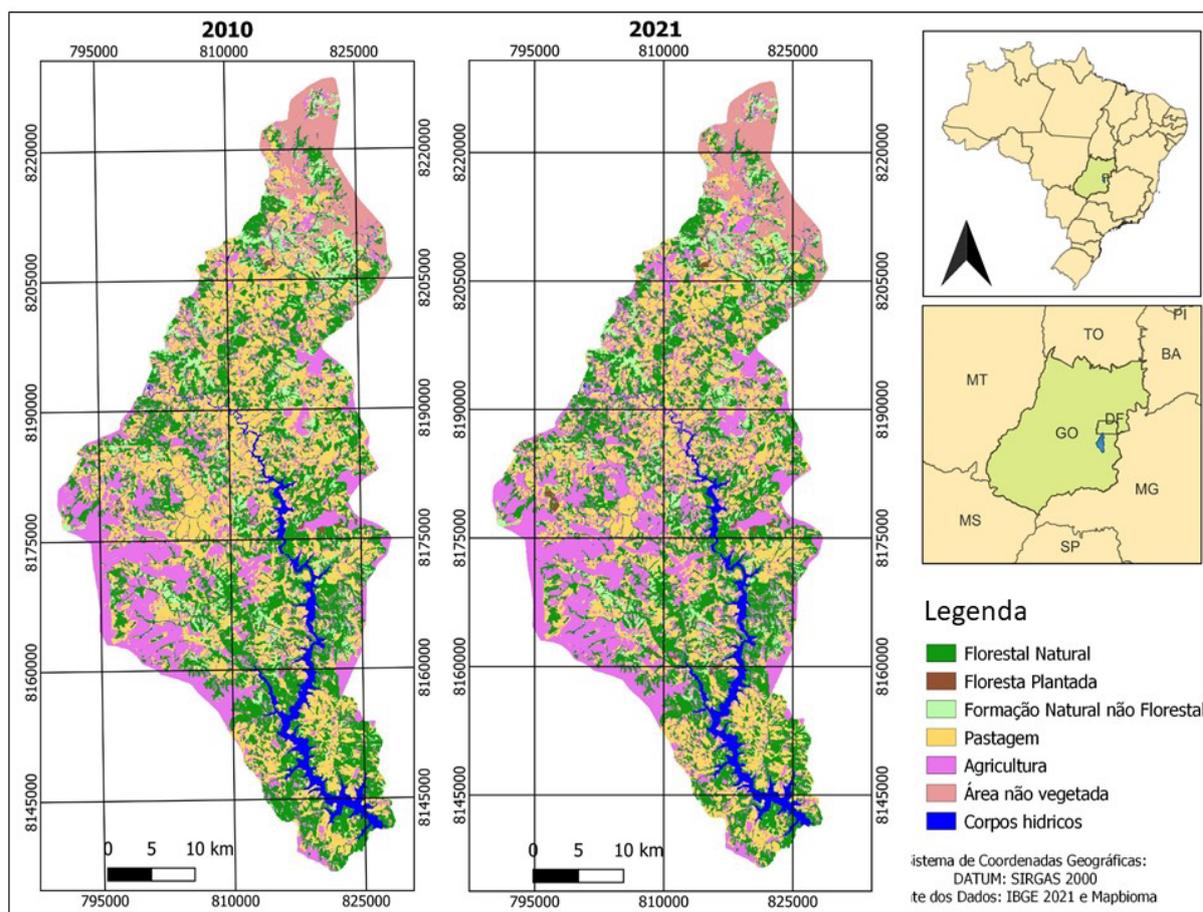


Figura 5.1 - Uso do solo para os anos 2010 e 2021.

Tabela 5.1 - Dinâmica do uso e ocupação da área de estudo de 2010 a 2021.

Uso do solo	2010			2021			Diferença		
	Área (ha)	Área %	Nº de Poligono	Área (ha)	Área %	Nº de Poligono	Área (ha)	Área %	Nº de Poligono
Floresta natural	59.773,05	30,66	2.427	56.167,02	28,81	2.636	-3.606,03	-1,85	209
Floresta plantada	312,75	0,16	100	778,59	0,40	129	465,84	0,24	29
Formação natural não florestal	14.183,64	7,28	2.526	13.499,28	6,93	3.085	-684,36	-0,35	559
Pastagem	56.664,00	29,07	2.578	50.888,52	26,11	2.618	-5.775,48	-2,96	40
Agricultura	47.152,26	24,19	6.818	56.327,31	28,90	6.378	9.175,05	4,71	-440
Área não vegetada	9.960,48	5,11	762	10.236,24	5,25	574	275,76	0,14	-188
Corpo Hídrico	6.883,65	3,53	151	7.032,87	3,81	126	149,22	0,08	-25
TOTAL	194.929,83	100	15.362	194.929,83	100	15.546			

De acordo com a teoria de biogeografia de ilhas de MacArthur e Wilson (1967) o tamanho, distância e descontinuidade de fragmentos de floresta natural dificulta o fluxo gênico diminuindo a riqueza ambiental considerando a diminuição do tamanho e aumento do isolamento dos fragmentos florestais naturais.

Foi observado também aumento na fragmentação da classe Formação Natural Não Florestal de 2.526 em 2010 para 3.085 em 2021, porém apresenta diminuição de 684,36 ha em sua área de cobertura considerando o período de 2010 para 2021.

O resultado encontrado evidencia a continuidade da expansão da agricultura na região do centro-oeste que se expande de forma acelerada desde a década de 1970, com a conversão de novas áreas e introdução de tecnologias de ponta (Vilela et al., 2020). Segundo Vilela et al. (2020), especialistas da área ambiental estão alertando sobre a contínua expansão agrícola e consequente supressão da vegetação nativa, e como os desmatamentos estão influenciando na degradação e fragmentação das áreas naturais do Cerrado.

Os resultados apresentados evidenciam que a fragmentação florestal é uma consequência da pressão antrópica em áreas florestais de grande extensão, gerando fragmentos que tornam a configuração da paisagem em formato de mosaicos (Guariz e Guariz, 2020). Por fim, o desenvolvimento sustentável se faz necessário para se traçar estratégias que tornem possível o crescimento econômico em associação à conservação dos recursos naturais (Colli et al., 2020). Com a tendência do resultado apresentado se torna necessário desenvolver incentivos governamentais a pesquisa, com o objetivo de desenvolver políticas públicas e técnicas sustentáveis para auxiliar os produtores no desenvolvimento econômico de suas propriedades.

5.2 Avaliação da Eficiência do Reflorestamento

Para avaliar a eficiência conservacionista das atividades de reflorestamento quanto a perda de solo, foram realizadas as seguintes atividades:

- Comparação da composição florística das áreas objeto do reflorestamento, em diferentes idades, com fragmentos remanescentes regionais;
- Cálculo da perda de solo por erosão laminar, considerando o uso e cobertura anterior ao projeto de reflorestamento e o uso e cobertura atual.

5.1.1 Comparação da Composição Florística das Áreas Reflorestadas, em Diferentes Idades, com Fragmentos Remanescentes Regionais

5.1.2 Resultado da Comparação da Composição Florística das Áreas Reflorestadas, em Diferentes Idades, com Fragmentos Remanescentes Regionais

Segundo o levantamento florístico e fitossociológico realizado por Themag/CTE (2000) apud Walm (2009), nos fragmentos florestais do rio Corumbá, foram identificadas 280 espécies distribuídas entre 204 gêneros e 87 famílias botânicas com uma densidade de em torno de 1.318,38 indivíduos por hectare. Dentre essas espécies, algumas podem ser consideradas regionalmente ameaçadas de extinção, como o Gonçalo Alves (*Astronium fraxinifolium* Schott ex Spreng.),

Aroeira Preta (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), Baru (*Dipteryx alata* Vogel) e Palmito-doce (*Euterpe edulis* Mart).

De modo geral, as fisionomias do cerrado apresentam árvores baixas (até 6 m de altura), tortuosas, de cascas grossas fendidas e sulcadas, raízes profundas e folhas rígidas e coriáceas, com gemas apicais protegidas por densa pilosidade (Rebeiro e Walter, 1998). Nessas formações, destacam-se no componente arbóreo o pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.), o jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne), o jacarandá-do-cerrado (*Dalbergia miscolobium* Benth.), o faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth.), o pau-santo (*Kielmeyera* sp.), o pausterra (*Qualea grandiflora* Mart, *Qualea parviflora* Mart.), o barbatimão (*Stryphnodendron pulcherrimum* (Willd.) Hochr.), a lixeira (*Curatella americana* L.) e a bananeira (*Salvertia convallariodora* A.St.-Hil.). Segundo Troppmair (2008), as savanas ou cerrados formam o segundo maior domínio morfoclimático do país, encontrados especialmente no Brasil Central, nos estados de Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais. Porém, podem-se destacar manchas menores, descontínuas, mas numerosas, dessa vegetação, nos demais estados do Brasil.

5.1.2.1 Composição Florística e Diversidade

Foram amostrados 2.881 indivíduos nas 28 parcelas, com um total de 193 espécies (sendo 153 identificados a nível de espécies e 36 a nível de gênero e 3 famílias e 1 não identificado), correspondendo a 50 famílias e 1 não identificada. A Tabela 5.2 apresenta parâmetros gerais do levantamento florístico realizado nas áreas reflorestas.

Tabela 5.2 - Parâmetros gerais para área amostrada das 28 parcelas amostradas, na área de reflorestamento.

Parâmetros gerais	Valores
Nº de indivíduos	2.881
Nº de Espécies/ Riqueza	193
Nº de Famílias	51
Nº de Amostras	28
Densidade total por hectare	2057,86 ± 653,61 ind/ha
Área basal total por hectare	5,28 ± 3,21 m ² /ha
Dominância Absoluta	5,16
Diâmetro - média	4,38
Altura - média	2,5
Índice Shannon-Weaver (H')	4,36
Equabilidade J	0,83

As famílias com maior número de indivíduos e espécies amostradas nas parcelas são apresentadas nas Figuras 5.2 e 5.3, com destaque para as famílias: **Fabaceae** com 1.205 indivíduos de 52 espécies, **Anacardiaceae** com 249 indivíduos de 5 espécies, **Myrtaceae** com 228 indivíduos

de 21 espécies, *Malvaceae* com 187 indivíduos de 9 espécies, e ***Bignoniaceae*** com 149 indivíduos de 8 espécies.

As situações onde Fabaceae contribui para a maior parte das espécies são comuns e principalmente por ser uma das três famílias com maior número de espécies no mundo e a com maior riqueza no Brasil (Lewis et al. 2005; Bezerra et al. 2018). Além disso, ela é encontrada em todos os biomas brasileiros (Gomes et al. 2018), com destaque por apresentar importância econômica e alimentar (Graham e Vance, 2003). Outros estudos ainda destacam a grande representatividade de Fabaceae, quanto ao número de espécies em áreas naturais, seja no Cerrado (Andrade et al., 2002; Bueno et al., 2013; Soares et al., 2015), em florestas estacionais (Pereira-Silva et al., 2004; Damasceno-Junior et al., 2005), nas áreas de transição (Oliveira et al., 2016) ou mesmo na Amazônia (Oliveira e Amaral, 2004; Condé e Tonini, 2013). Desta forma se observou que as áreas reflorestadas se encontram em avançado estágio de recuperação e com alta diversidade de espécies.

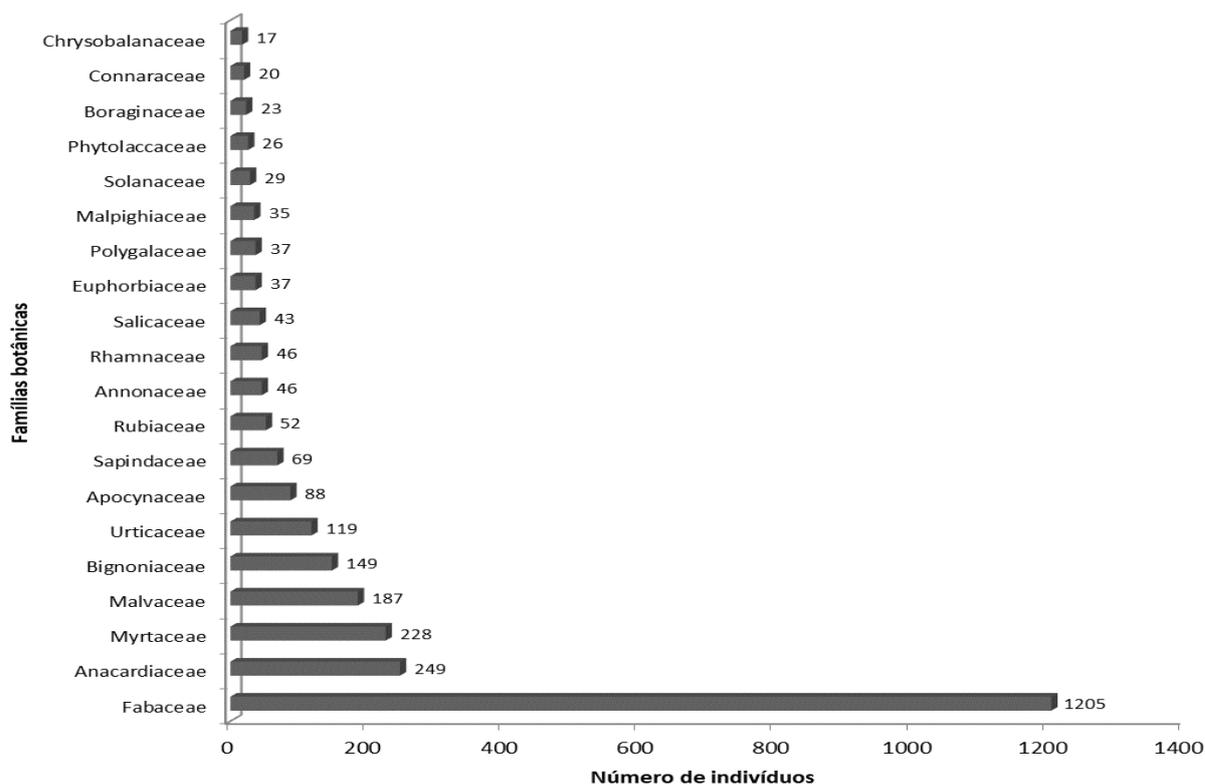


Figura 5.2 - Número de indivíduos por família, para as 28 parcelas.

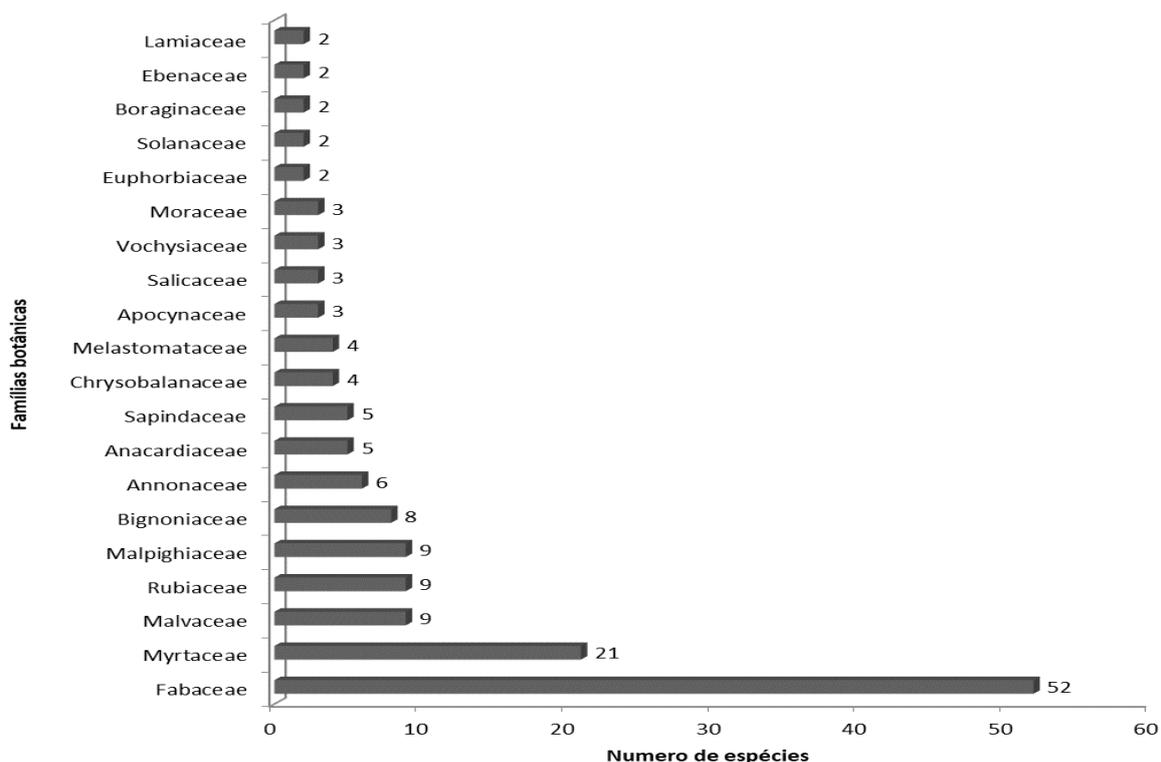


Figura 5.3 - Número de indivíduos por espécie, para as 28 parcelas.

Com relação ao número de indivíduos por espécies, *Schinus terebinthifolia* Raddi (171), *Dimorphandra mollis* Benth. (137), *Cecropia pachystachya* Trécul (119), *Psidium guajava* L. (115), *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (98), *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton e Rose (94), que apresentaram maiores destaque, sendo as demais espécies representadas por menor número de indivíduos. As espécies com maior número de indivíduos amostradas nas parcelas são apresentadas na Figura 5.4.

A Tabela 5.3 apresenta a listagem das famílias e espécies botânicas do componente arbóreo com números de indivíduos, diâmetro a altura da base, altura, diâmetro de copa, juntamente com avaliação de grau de ameaça, em perigo, menos preocupante, quase ameaçada, vulnerável segundo classificação Flora do Brasil CNCFLORA- Centro de conservação da flora. As informações foram organizadas por ordem alfabética de família, segundo APG IV (Angiosperm Phylogeny Group IV).

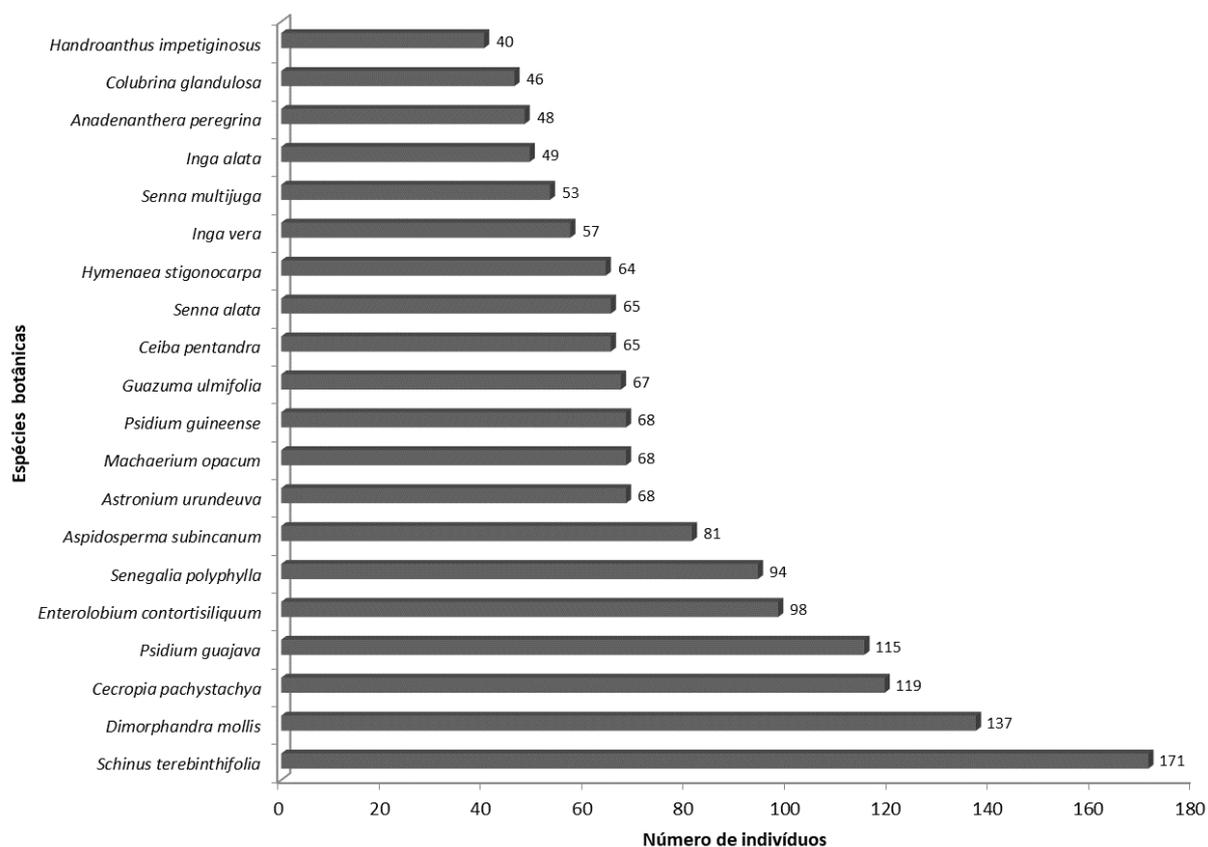


Figura 5.4 - Número de indivíduos por espécie, parâmetros gerais para área amostrada das 28 parcelas.

Tabela 5.3 - Listagem das famílias e espécies botânicas do componente arbóreo com números de indivíduos juntamente com avaliação de grau de ameaça, DD (Dados insuficientes), EN (em perigo), LC (menos preocupante), NA (Nulo - Não avaliada quanto a ameaça/classificação de grau de ameaça), NT (quase ameaçada), VU (vulnerável) segundo classificação Flora do Brasil CNCFLORA- Centro de conservação da flora. N= Números de indivíduos; DAB (Diâmetro em cm); H= (altura em Metros); DC = (Diâmetro da copa em metros).

Família	Nome Científico	CNC FLORA	N	DAB (cm)			H (m)			DC (m)
				Média	Mín.	Máx.	Média	Máx.	Mín.	Média
Anacardiaceae	<i>Anacardium humile</i>	LC	2	2,75	1,50	4,00	1,20	1,90	0,50	0,35
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i>	LC	7	2,64	0,90	5,40	1,31	2,20	0,35	0,83
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i>	NA	68	3,00	0,70	7,50	2,06	5,00	0,20	1,05
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i>	NA	171	4,66	1,00	13,00	2,50	6,00	0,40	2,01
Anacardiaceae	<i>Thyrsodium spruceanum</i>	NA	1	3,00	3,00	3,00	1,80	1,80	1,80	1,00
Annonaceae	<i>Annona cacans</i>	LC	1	0,90	0,90	0,90	0,35	0,35	0,35	0,10
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i>	LC	11	2,50	1,40	5,70	1,43	2,30	0,70	0,52
Annonaceae	<i>Annona crotonifolia</i>	NA	24	1,64	0,30	4,00	1,93	3,00	0,80	0,84
Annonaceae	<i>Annona sp.</i>	NA	1	3,50	3,50	3,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i>	LC	8	3,54	1,00	6,50	1,94	4,00	0,40	1,21
Annonaceae	<i>Xylopia polyantha</i>	NA	1	2,00	2,00	2,00	1,70	1,70	1,70	2,00
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i>	NA	81	2,71	0,80	7,00	1,59	4,10	0,50	0,90
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	LC	6	1,93	1,40	2,40	1,42	2,10	0,60	0,58

Família	Nome Científico	CNC FLORA	N	DAB (cm)			H (m)			DC (m)
				Média	Mín.	Máx.	Média	Máx.	Mín.	Média
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i>	NA	1	1,50	1,50	1,50	1,90	1,90	1,90	0,50
Araliaceae	<i>Didymopanax morototoni</i>	NA	4	1,53	1,00	2,00	0,85	1,90	0,40	0,20
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisyphilitica</i>	NA	11	5,35	2,20	9,00	2,24	3,10	0,60	1,17
Bignoniaceae	<i>Fridericia chica</i>	NA	7	5,03	3,60	7,00	2,49	3,00	1,90	1,43
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	NA	24	3,04	1,30	8,60	1,55	3,00	0,70	0,51
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	NT	40	3,56	0,90	9,00	1,72	3,20	0,19	0,67
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i>	NA	2	5,60	5,50	5,70	4,75	6,00	3,50	1,05
Bignoniaceae	<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	NA	32	4,90	0,30	12,00	2,60	6,70	0,19	1,15
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i>	NA	16	2,24	0,50	6,00	1,11	3,00	0,18	0,23
Bignoniaceae	<i>Zeyheria montana</i>	LC	17	2,82	1,10	7,00	2,10	5,00	0,40	0,94
Boraginaceae	<i>Cordia bicolor</i>	NA	9	3,16	1,00	7,00	1,57	3,00	0,50	0,92
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i>	NA	14	6,34	3,20	9,40	4,04	5,50	2,00	1,60
Burseraceae	<i>Trattinnickia burserifolia</i>	NA	6	5,15	1,10	8,00	3,47	7,00	1,10	1,88
Burseraceae	<i>Trattinnickia rhoifolia</i>	NA	4	3,98	1,40	7,50	2,30	4,00	1,10	0,93
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	NA	4	9,88	2,70	14,00	5,20	6,50	2,20	3,45
Caricaceae	<i>Carica sp.</i>	NA	1	2,00	2,00	2,00	4,00	4,00	4,00	1,00
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	LC	1	29,00	29,00	29,00	6,00	6,00	6,00	4,00
Celastraceae	<i>Salacia sp.</i>	NA	2	3,55	3,50	3,60	2,40	2,60	2,20	1,50
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella rodriguesii</i>	NA	9	2,89	1,90	5,00	2,76	4,80	2,00	1,12
Chrysobalanaceae	<i>Leptobalanus gardneri</i>	NA	1	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	0,60
Chrysobalanaceae	<i>Licania kunthiana</i>	NA	6	5,17	1,50	8,50	3,47	5,30	1,50	1,72
Chrysobalanaceae	<i>Licania sp.</i>	NA	1	2,00	2,00	2,00	1,10	1,10	1,10	0,10
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i>	LC	3	12,17	6,50	22,00	7,07	9,00	6,00	3,33
Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i>	NA	1	3,50	3,50	3,50	2,00	2,00	2,00	1,80
Connaraceae	<i>Connarus regnellii</i>	NA	20	1,68	0,60	4,00	1,47	2,70	0,24	0,68
Dichapetalaceae	<i>Tapura amazonica</i>	NA	2	6,35	6,10	6,60	4,25	4,50	4,00	1,75
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	NA	3	4,70	2,30	7,80	2,20	2,80	1,80	0,47
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i>	NA	1	1,50	1,50	1,50	0,60	0,60	0,60	0,20
Ebenaceae	<i>Diospyros brasiliensis</i>	NA	2	2,90	1,00	4,80	1,40	2,50	0,30	0,75
Ebenaceae	<i>Diospyros inconstans</i>	LC	13	4,34	1,10	8,00	2,63	5,00	0,50	1,02
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum citrifolium</i>	NA	6	2,08	0,70	6,00	1,36	3,00	0,37	0,70
Euphorbiaceae	<i>Aparisthium cordatum</i>	NA	16	3,75	1,00	18,00	2,86	7,00	1,00	0,95
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i>	NA	21	7,17	1,20	20,00	3,40	5,70	1,00	2,26
Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i>	LC	9	6,67	1,50	16,00	3,68	6,10	1,40	2,52
Fabaceae	<i>Amburana sp.</i>	NA	2	7,50	7,50	7,50	5,55	6,50	4,60	1,30
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i>	NA	21	7,18	0,70	14,00	4,30	6,00	0,70	2,42
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i>	NA	48	8,84	0,40	50,00	4,02	16,00	0,40	2,12
Fabaceae	<i>Andira cujabensis</i>	NA	11	2,46	1,30	5,00	1,13	1,70	0,60	0,64

Família	Nome Científico	CNC FLORA	N	DAB (cm)			H (m)			DC (m)
				Média	Mín.	Máx.	Média	Máx.	Mín.	Média
Fabaceae	<i>Andira fraxinifolia</i>	NA	1	4,50	4,50	4,50	2,50	2,50	2,50	0,80
Fabaceae	<i>Bauhinia acuruana</i>	NA	34	2,53	0,70	13,00	2,19	4,00	0,20	0,94
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i>	NA	26	2,43	0,90	8,30	2,12	3,50	0,80	1,05
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i>	NT	26	2,62	0,90	5,00	2,22	4,00	0,60	0,70
Fabaceae	<i>Calliandra dysantha</i>	NA	9	1,18	0,70	2,00	1,38	2,50	0,40	0,53
Fabaceae	<i>Calliandra fasciculata</i>	NA	20	2,58	1,50	5,00	2,12	3,10	1,00	1,33
Fabaceae	<i>Chamaecrista sp.</i>	NA	2	3,20	2,50	3,90	2,40	3,00	1,80	1,00
Fabaceae	<i>Chloroleucon acacioides</i>	NA	1	7,00	7,00	7,00	2,50	2,50	2,50	2,00
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	NA	3	1,93	0,80	3,50	2,00	3,80	0,60	0,53
Fabaceae	<i>Dialium guianense</i>	NA	2	6,35	6,20	6,50	4,15	4,30	4,00	2,25
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i>	NA	137	6,13	0,40	16,00	3,49	8,00	0,20	1,99
Fabaceae	<i>Diptotropis sp.</i>	NA	1	8,00	8,00	8,00	5,00	5,00	5,00	2,00
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i>	LC	36	2,39	0,60	11,00	1,57	6,00	0,30	0,73
Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	NA	98	5,82	1,00	19,00	2,99	14,00	0,46	1,65
Fabaceae	<i>Erythrina mulungu</i>	NA	21	4,30	1,00	8,00	1,27	2,00	0,50	0,79
Fabaceae	<i>Erythrina velutina</i>	NA	9	4,74	1,80	12,00	1,61	4,50	0,20	1,20
Fabaceae	<i>Fabaceae</i>	NA	1	5,20	5,20	5,20	2,50	2,50	2,50	1,00
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	NA	64	3,97	0,70	35,00	2,11	12,00	0,20	1,35
Fabaceae	<i>Indigofera truxillensis</i>	NA	6	1,03	0,50	1,50	1,37	2,00	0,60	0,33
Fabaceae	<i>Inga alata</i>	NA	49	3,57	0,60	12,00	1,81	4,80	0,20	1,10
Fabaceae	<i>Inga cylindrica</i>	NA	25	5,94	0,70	14,00	3,33	8,00	0,40	1,68
Fabaceae	<i>Inga vera</i>	NA	57	4,51	0,90	10,90	2,33	6,60	0,30	1,64
Fabaceae	<i>Leptolobium sp.</i>	NA	3	4,07	1,90	6,00	2,00	4,10	0,30	0,70
Fabaceae	<i>Libidibia ferrea</i>	NA	6	6,67	3,50	9,00	2,87	3,60	2,30	2,08
Fabaceae	<i>Machaerium aculeatum</i>	NA	17	3,83	0,70	12,00	2,59	5,40	1,10	1,60
Fabaceae	<i>Machaerium amplum</i>	NA	14	2,78	1,20	8,40	1,61	3,10	0,60	1,41
Fabaceae	<i>Machaerium opacum</i>	NA	68	3,68	0,80	14,00	2,32	6,00	0,50	0,99
Fabaceae	<i>Mimosa setosa</i>	NA	4	2,78	1,90	3,90	2,50	3,00	2,00	0,65
Fabaceae	<i>Ormosia fastigiata</i>	NA	1	6,00	6,00	6,00	3,50	3,50	3,50	1,00
Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i>	NA	9	3,88	1,00	7,20	2,18	4,60	0,50	1,46
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	LC	6	13,05	2,80	24,00	5,57	8,00	2,70	2,22
Fabaceae	<i>Platymiscium sp.</i>	NA	1	3,40	3,40	3,40	3,20	3,20	3,20	0,80
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i>	NA	33	2,25	0,80	6,00	2,52	4,50	0,60	0,47
Fabaceae	<i>Pterogyne nitens</i>	LC	1	10,00	10,00	10,00	5,50	5,50	5,50	4,00
Fabaceae	<i>Samanea sp.</i>	NA	1	14,00	14,00	14,00	5,00	5,00	5,00	3,00
Fabaceae	<i>Samanea tubulosa</i>	NA	3	5,70	1,70	13,00	2,27	5,00	0,50	1,23
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i>	NA	22	12,00	0,80	20,00	6,58	12,00	0,22	2,49
Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i>	NA	94	6,35	1,00	19,00	3,63	10,00	1,10	2,14
Fabaceae	<i>Senna alata</i>	NA	65	6,08	1,00	25,00	2,72	8,00	0,38	2,20
Fabaceae	<i>Senna multijuga</i>	NA	53	4,45	0,90	13,00	3,19	6,00	0,60	1,77
Fabaceae	<i>Senna sp.</i>	NA	1	3,00	3,00	3,00	3,80	3,80	3,80	0,60

Família	Nome Científico	CNC FLORA	N	DAB (cm)			H (m)			DC (m)
				Média	Mín.	Máx.	Média	Máx.	Mín.	Média
Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	LC	14	6,55	1,00	40,00	2,73	8,00	0,60	1,15
Fabaceae	<i>Stryphnodendron cristalinae</i>	NA	1	11,00	11,00	11,00	5,00	5,00	5,00	2,00
Fabaceae	<i>Swartzia multijuga</i>	NA	7	3,83	1,40	7,50	2,64	3,60	1,97	1,17
Fabaceae	<i>Tachigali subvelutina</i>	NA	21	1,99	1,30	3,00	1,44	2,50	0,50	1,09
Fabaceae	<i>Tachigali vulgaris</i>	NA	28	4,50	1,00	20,00	2,73	8,00	0,80	1,38
Fabaceae	<i>Vatairea macrocarpa</i>	NA	13	2,67	1,00	5,50	1,99	7,80	0,40	0,38
Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i>	NA	6	2,33	1,20	3,40	1,43	2,50	0,46	0,63
Humiriaceae	<i>Sacoglottis guianensis</i>	NA	7	1,94	0,80	6,10	0,90	3,40	0,20	0,74
Hypericaceae	<i>Vismia brasiliensis</i>	NA	1	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30	0,30	0,20
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i>	NA	13	3,48	0,90	13,00	2,37	6,00	0,50	0,55
Lamiaceae	<i>Vitex polygama</i>	NA	1	4,80	4,80	4,80	2,00	2,00	2,00	1,50
Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>	NA	4	2,43	2,20	2,50	1,73	2,00	1,50	0,38
Lauraceae	<i>Persea sp.</i>	NA	1	7,00	7,00	7,00	4,50	4,50	4,50	1,00
Loganiaceae	<i>Antonia ovata</i>	NA	1	1,40	1,40	1,40	1,00	1,00	1,00	0,30
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i>	LC	6	3,33	0,80	5,00	2,08	3,00	0,80	0,55
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis caapi</i>	NA	2	4,80	4,00	5,60	2,50	3,00	2,00	1,50
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis sp.</i>	NA	4	3,53	2,00	6,00	2,03	3,50	1,50	1,90
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis sp.1</i>	NA	1	2,00	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	0,50
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	NA	8	2,98	1,40	5,00	1,58	2,50	1,00	0,69
Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i>	NA	3	6,33	1,40	16,00	1,80	4,00	0,50	1,33
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sp.</i>	NA	1	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	0,90	0,10
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sp.1</i>	NA	10	2,81	1,70	4,00	1,85	2,30	1,20	0,74
Malpighiaceae	<i>Byrsonima verbascifolia</i>	NA	5	3,38	2,00	4,50	2,04	2,50	1,60	1,28
Malpighiaceae	<i>Malpighiaceae</i>	NA	1	4,00	4,00	4,00	1,50	1,50	1,50	1,80
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i>	NA	16	4,80	0,70	10,00	2,20	5,00	0,20	1,24
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	NA	65	6,16	1,50	12,00	3,16	7,00	0,60	1,51
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i>	NA	26	5,71	1,20	11,80	2,31	5,00	1,00	1,30
Malvaceae	<i>Eriotheca globosa</i>	NA	3	1,23	0,80	2,10	0,24	0,26	0,20	0,08
Malvaceae	<i>Eriotheca sp.</i>	NA	1	1,50	1,50	1,50	0,80	0,80	0,80	0,30
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	NA	67	5,96	1,00	17,00	3,41	8,30	0,30	2,08
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i>	NA	2	4,10	3,00	5,20	2,08	2,15	2,00	1,75
Malvaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i>	NA	6	8,27	3,00	13,00	2,22	3,00	1,50	0,67
Malvaceae	<i>Sterculia excelsa</i>	NA	1	6,60	6,60	6,60	2,80	2,80	2,80	0,50
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i>	NA	8	2,96	0,70	6,70	1,11	2,10	0,20	0,71
Melastomataceae	<i>Miconia cuspidata</i>	NA	1	0,90	0,90	0,90	0,70	0,70	0,70	0,30
Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>	NA	1	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	0,30
Melastomataceae	<i>Mouriri glazioviana</i>	NA	2	3,20	2,00	4,40	2,50	3,10	1,90	1,35
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i>	VU	3	3,33	2,00	6,00	1,33	2,00	0,50	0,33
Metteniusaceae	<i>Emmotum nitens</i>	NA	5	3,40	2,00	5,00	2,38	3,00	1,90	1,40
Metteniusaceae	<i>Poraqueiba sp.</i>	NA	1	5,10	5,10	5,10	2,00	2,00	2,00	1,50
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	NA	3	3,60	1,50	7,20	2,93	5,00	1,80	1,10
Moraceae	<i>Ficus obtusiuscula</i>	NA	2	11,65	8,30	15,00	3,50	4,00	3,00	2,65

Família	Nome Científico	CNC FLORA	N	DAB (cm)			H (m)			DC (m)
				Média	Mín.	Máx.	Média	Máx.	Mín.	Média
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	NA	1	20,00	20,00	20,00	7,50	7,50	7,50	5,00
Myrtaceae	<i>Calyptanthus sp.</i>	NA	2	1,35	1,10	1,60	0,80	0,90	0,70	0,30
Myrtaceae	<i>Campomanesia velutina</i>	NA	3	4,00	1,70	5,60	3,47	5,20	1,60	1,37
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	LC	1	9,00	9,00	9,00	2,00	2,00	2,00	1,50
Myrtaceae	<i>Eugenia bimarginata</i>	NA	7	1,96	1,20	3,00	1,47	2,50	0,40	0,66
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	NA	2	2,20	1,70	2,70	1,40	2,00	0,80	1,00
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.2</i>	NA	2	3,35	1,70	5,00	2,30	3,00	1,60	0,80
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.3</i>	NA	1	2,50	2,50	2,50	2,00	2,00	2,00	0,80
Myrtaceae	<i>Myrcia fenzliana</i>	NA	7	2,27	0,70	4,00	1,79	3,10	0,50	0,85
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.</i>	NA	2	2,85	2,70	3,00	1,80	2,00	1,60	0,90
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.1</i>	NA	1	1,40	1,40	1,40	2,00	2,00	2,00	1,50
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.2</i>	NA	2	2,85	2,50	3,20	1,40	1,70	1,10	0,50
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.3</i>	NA	2	3,00	2,50	3,50	1,45	1,70	1,20	0,70
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i>	NA	3	3,63	1,40	5,00	2,30	3,00	1,90	0,87
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i>	NA	1	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
Myrtaceae	<i>Plinia cauliflora</i>	NA	1	3,40	3,40	3,40	2,00	2,00	2,00	1,00
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	NA	115	3,40	0,70	25,00	1,89	4,30	0,28	1,24
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	NA	68	2,27	0,60	7,00	1,52	4,00	0,27	1,02
Myrtaceae	<i>Psidium sp.</i>	NA	1	3,00	3,00	3,00	2,50	2,50	2,50	0,50
Myrtaceae	<i>Psidium sp.2</i>	NA	4	2,33	1,50	3,50	1,40	2,10	0,50	0,50
Myrtaceae	<i>Psidium sp.3</i>	NA	1	2,50	2,50	2,50	1,10	1,10	1,10	1,00
Myrtaceae	<i>Syzygium sp.</i>	NA	2	13,00	10,00	16,00	3,70	4,20	3,20	1,60
NA	NA	NA	4	3,88	1,00	12,00	1,63	5,00	0,30	0,55
Ochnaceae	<i>Ouatea hexasperma</i>	NA	1	3,60	3,60	3,60	2,20	2,20	2,20	1,00
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i>	NA	4	5,68	2,00	10,00	2,65	5,00	1,70	1,13
Phytolaccaceae	<i>Gallesia integrifolia</i>	NA	26	4,47	1,20	15,00	1,98	3,20	0,34	0,88
Polygalaceae	<i>Bredemeyera divaricata</i>	NA	37	2,17	0,70	11,00	2,32	4,00	0,80	0,82
Polygonaceae	<i>Coccoloba mollis</i>	NA	6	5,40	2,80	9,00	3,78	7,60	2,00	2,07
Polygonaceae	<i>Coccoloba sp.</i>	NA	1	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	0,40
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	NA	2	1,50	0,70	2,30	1,20	1,80	0,60	0,45
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i>	LC	46	4,53	1,00	13,00	2,53	4,90	0,30	1,32
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	NA	13	2,15	1,00	4,40	1,54	2,10	0,60	0,70
Rubiaceae	<i>Cordia macrophylla</i>	NA	1	1,60	1,60	1,60	1,10	1,10	1,10	0,50
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	LC	28	2,39	0,80	6,30	1,08	3,40	0,20	0,19
Rubiaceae	<i>Pagamea duckei</i>	NA	1	2,50	2,50	2,50	0,50	0,50	0,50	0,30
Rubiaceae	<i>Pagamea guianensis</i>	NA	2	1,95	1,60	2,30	1,50	1,80	1,20	0,40
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i>	NA	2	4,50	4,00	5,00	2,25	2,50	2,00	1,10
Rubiaceae	<i>Randia armata</i>	NA	1	4,80	4,80	4,80	2,60	2,60	2,60	1,50
Rubiaceae	<i>Rubiaceae</i>	NA	1	0,90	0,90	0,90	0,80	0,80	0,80	0,20
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i>	NA	3	4,23	1,20	6,50	2,17	3,00	1,00	1,57
Rutaceae	<i>Citrus</i>	NA	2	2,85	1,70	4,00	2,25	3,50	1,00	1,25
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	NA	7	4,90	1,40	10,00	2,71	5,00	1,00	1,37

Família	Nome Científico	CNC FLORA	N	DAB (cm)			H (m)			DC (m)
				Média	Mín.	Máx.	Média	Máx.	Mín.	Média
Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i>	LC	1	2,30	2,30	2,30	2,50	2,50	2,50	0,40
Salicaceae	<i>Casearia sp.</i>	NA	7	5,66	2,00	10,00	3,19	6,00	1,50	1,81
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	NA	35	3,59	0,80	11,00	1,87	5,00	0,50	1,06
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i>	LC	3	4,73	2,00	7,60	2,37	3,00	2,00	0,97
Sapindaceae	<i>Matayba heterophylla</i>	NA	7	4,11	1,20	7,00	2,40	3,50	0,50	1,06
Sapindaceae	<i>Matayba scrobiculata</i>	NA	1	6,20	6,20	6,20	5,40	5,40	5,40	2,00
Sapindaceae	<i>Pseudima frutescens</i>	NA	37	3,33	1,10	7,50	2,35	5,10	1,00	0,95
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i>	NA	21	1,55	0,70	3,20	0,98	2,50	0,20	0,32
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum sp.</i>	NA	2	2,45	2,40	2,50	2,85	3,00	2,70	1,50
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i>	NA	11	3,44	1,00	5,00	2,65	4,00	0,90	1,38
Siparunaceae	<i>Siparuna sarmentosa</i>	NA	2	1,75	1,60	1,90	1,80	2,10	1,50	0,45
Solanaceae	<i>Solanum lycocarpum</i>	NA	19	4,98	1,40	9,20	2,24	3,00	1,10	1,58
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i>	NA	10	2,64	1,40	4,50	2,06	3,50	1,00	0,86
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i>	NA	119	5,67	0,70	18,00	3,57	9,50	0,18	1,30
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i>	NA	3	3,77	1,20	6,50	2,10	3,00	1,50	1,27
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i>	NA	9	3,24	1,60	8,50	1,68	4,00	0,50	1,27
Vochysiaceae	<i>Vochysia ferruginea</i>	NA	2	4,35	2,70	6,00	2,00	3,00	1,00	1,50
Total Geral:			2.881	4,38	0,30	50,00	2,50	16,00	0,18	1,34

As áreas amostradas apresentaram altura média de 2,5 m e diâmetro de copa médio de 1,34 evidenciando uma boa cobertura do solo, considerando o espaçamento de plantio utilizado que foi de 3 x 2 metros. A copa intercepta a chuva reduzindo seu potencial efeito erosivo no solo.

Diante deste contexto, as áreas reflorestadas considerando sua composição florística e estrutural, vem desempenhando importante papel ecológico. A área reflorestada apresenta os índices de diversidade de espécies de Shannon (H') e a equabilidade de Pielou para as 28 parcelas amostradas, foram 4,36 e 0,83, respectivamente (Tabela 5.4), mostrando alta diversidade, uma vez que os valores para este índice se situam entre 1,5 e 3,5 e só raramente ultrapassam o valor de 4,5 (Magurran, 1988).

Os valores estão próximos dos apresentados por Marimon-Junior e Haridasan (2005), que encontraram 3,78 e 0,87 para o Cerrado *sensu strictu* e 3,67 e 0,84 para o Cerradão; para os mesmos índices aos de Bueno et al. (2013) com valores de 3,03 e 0,74; e de Carvalho et al. (2016), com 2,76 e 0,83, para a formação florestal Cerradão. Os números são também similares aos de Ivanauskas et al. (1999), que estudando uma floresta estacional em Itatinga - SP, encontraram valores 3,77 e 0,82 para os respectivos índices, salienta que todos os trabalhos analisados foram em áreas nativas, mostrando assim que a recomposição florestal juntamente com todas as técnicas apresentadas está contribuindo para a alta diversidade de espécies e recuperação, e consequentemente, apresentam melhores serviços ambientais.

Tabela 5.4 - Diversidade florística do componente arbóreo das 28 parcelas.

Parcela	Coordenadas UTM		Ano de Plantio	N	S	J	H'	DAB (cm)			H (m)			DC (m)
	X	Y						Média	Mín.	Máx.	Média	Máx.	Mín.	Média
P01	805966	8191427	2018	94	23	0,89	2,8	4,26	0,60	12,00	2,85	7,30	0,50	1,41
P02	811481	8192488	2020	75	28	0,93	3,1	1,85	0,30	2,50	0,52	2,00	0,18	0,28
P03	808050	8191635	2018	128	35	0,90	3,2	3,81	0,80	14,00	1,93	6,50	0,20	1,22
P04	807914	8191546	2018	103	31	0,84	2,9	4,97	0,80	16,00	3,04	12,00	0,30	1,98
P05	811218	8190158	2018	192	43	0,85	3,2	3,48	0,30	35,00	2,14	12,00	0,30	1,09
P06	811232	8189612	2018	67	18	0,93	2,7	4,90	0,90	14,00	2,74	8,00	0,25	1,66
P07	812338	8187717	2017	147	39	0,79	2,9	4,98	0,80	18,00	3,20	8,50	0,40	1,62
P08	812332	8185451	2018	135	32	0,84	2,9	4,26	0,80	14,00	3,26	8,00	0,60	1,20
P09	815242	8175755	2018	68	28	0,93	3,1	6,08	0,60	40,00	3,33	12,00	0,50	1,79
P10	814958	8175651	2018	65	16	0,69	1,9	4,61	0,90	17,00	2,60	8,00	0,35	1,64
P11	812173	8187824	2017	103	38	0,91	3,3	5,48	0,70	19,00	3,11	10,00	0,40	1,46
P12	815241	8155923	2019	140	27	0,82	2,7	3,54	0,70	50,00	2,04	16,00	0,27	0,95
P13	815010	8155882	2019	77	22	0,91	2,8	3,20	0,60	7,50	2,01	6,00	0,40	1,19
P14	815983	8155019	2019	115	29	0,71	2,4	4,01	0,50	12,00	2,33	5,50	0,30	1,41
P15	815844	8154987	2019	80	33	0,92	3,2	3,48	0,70	9,00	2,17	6,00	0,30	1,18
P16	816897	8160578	2018	84	21	0,92	2,8	4,48	0,50	10,50	2,42	6,20	0,20	1,35
P17	812523	8161598	2019	91	24	0,88	2,8	2,06	0,40	5,00	1,33	3,00	0,20	0,66
P18	812709	8160405	2019	96	24	0,85	2,7	2,13	0,70	7,00	1,15	2,50	0,20	0,71
P19	818448	8165502	2017	173	43	0,90	3,4	4,20	1,00	40,00	2,71	14,00	0,40	1,16
P20	816889	8181164	2016	112	28	0,84	2,8	5,36	0,90	15,00	3,36	8,70	0,50	1,63
P21	816452	8180799	2017	70	18	0,86	2,5	8,78	1,50	20,00	3,80	10,00	0,20	2,36
P22	816124	8180592	2017	90	21	0,89	2,7	7,25	1,20	16,00	3,58	9,50	0,50	2,09
P23	815797	8178800	2018	85	26	0,89	2,9	4,32	0,70	11,00	2,11	6,00	0,30	1,24
P24	816156	8177888	2016	94	25	0,87	2,8	7,08	0,70	25,00	3,70	12,00	0,50	2,28
P25	816657	8178738	2016	87	31	0,87	3,0	7,71	1,00	24,00	3,52	8,60	0,50	1,87
P26	185554	8143927	2018	125	39	0,90	3,3	3,04	0,90	29,00	1,79	6,00	0,40	0,94
P27	186032	8143856	2018	64	18	0,90	2,6	3,25	1,00	9,00	1,57	5,00	0,20	0,98
P28	186923	8143260	2019	121	36	0,89	3,2	3,10	0,70	20,00	1,79	5,70	0,30	0,99
Total Geral				2.881	193	0,83	4,36	4,38	0,30	50,00	2,50	16,00	0,18	1,34

N: Número de indivíduos, **S:** Número de espécies, **J:** Equabilidade J de Pielou, **H':** Índice Shannon-Weaver, **DAB:** Diâmetro a altura da base (cm); **H:** Altura (m); **DC:** Diâmetro de copa (m).

Para melhor avaliação dos dados foi realizada análise de agrupamento e elaborados dendrogramas a partir do Índice de Similaridade de UPGMA SORESEN/BRAY-CURTIS com os dados (matriz) de presença e ausência e com abundância, o qual revelou uma diferenciação das parcelas em 10 grupos distintos para presença e ausência e 9 grupos para abundância, conforme apresentam as Figuras 5.5 e 5.6. Estes se mostraram realistas para o que ocorre nas áreas, sendo um isolado pela parcela 07 implantada no ano de 2017, outros grupos foram formados pelas parcelas não tendo uma diferenciação por ano de plantio, o qual pode ser devido as espécies regenerantes que ocorreram em todas as parcelas amostrais. Os valores dos coeficientes

cofenéticos foram superiores a 0,7, valor aceitável pela literatura (Valentin, 1995). Nesse método, a média das similaridades entre um objeto e cada membro é calculada e todos os objetos (parcelas) ganham o mesmo peso (Felfili et al., 2011). Pode-se aferir para o estudo que os valores de similaridade em espécies botânicas estimados pelo Índice de Similaridade de UPGMA SORENSSEN/BRAY-CURTIS onde os dados de abundância e presença e ausência não mostraram variações expressivas, sugerindo uma comunidade estável em termos de semelhança entre espécies. Para o bioma Cerrado, tanto a diversidade alfa quanto a diversidade beta são elevadas, podendo variar ao longo do espaço (Felfili et al., 2003) e ser influenciada por diversos fatores, como as condições climáticas e o tipo de solo (Ratter et al., 2003; Felfili et al., 2004).

Um dos padrões mais consistentes sobre a distribuição, composição e heterogeneidade da vegetação em comunidades florestais e savânicas é a resposta diferenciada que as espécies apresentam em relação às condições de seca (Malhi e Davidson, 2013). Em escalas locais outros fatores como: variações topográficas e de textura do solo interferem na drenagem dos solos (Daws et al., 2002) e, em algum grau com a disponibilidade de água, nutrientes e deposição de liteira, gerando gradiente de riqueza e mudança na composição de espécies (Costa et al., 2005; Drucker et al., 2008; Reatto et al., 2008).

Os dados mostraram que a variação espacial e os anos de plantio não influenciaram na diversidade e na variação das espécies, mostrando assim que todas as áreas apresentam bom padrão de riqueza de espécies.

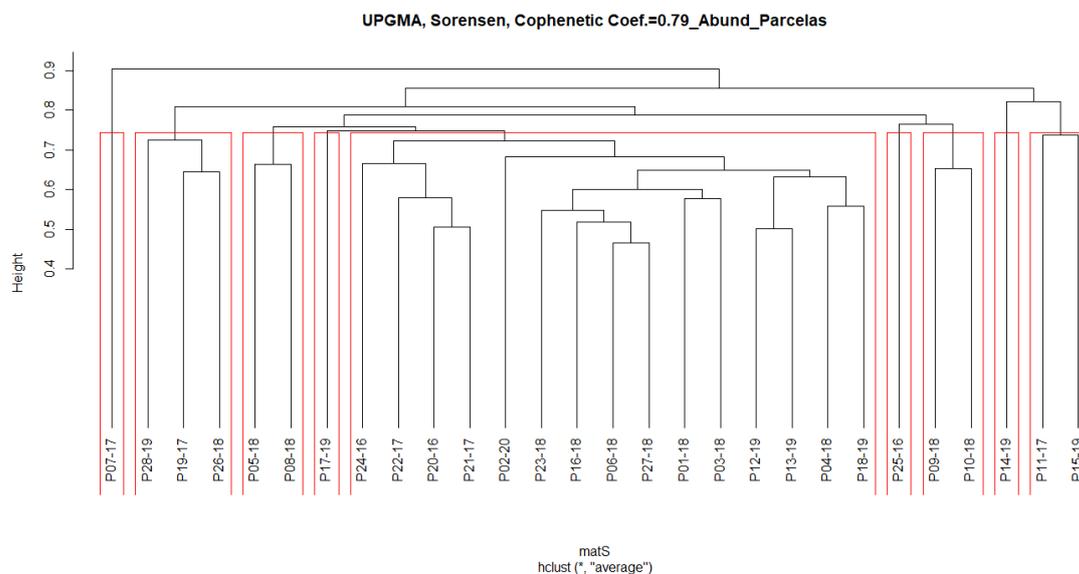


Figura 5.5 - Dendrograma de dissimilaridade florística (Abundância) pelo método de agrupamento UPGMA SORENSSEN/BRAY-CURTIS.

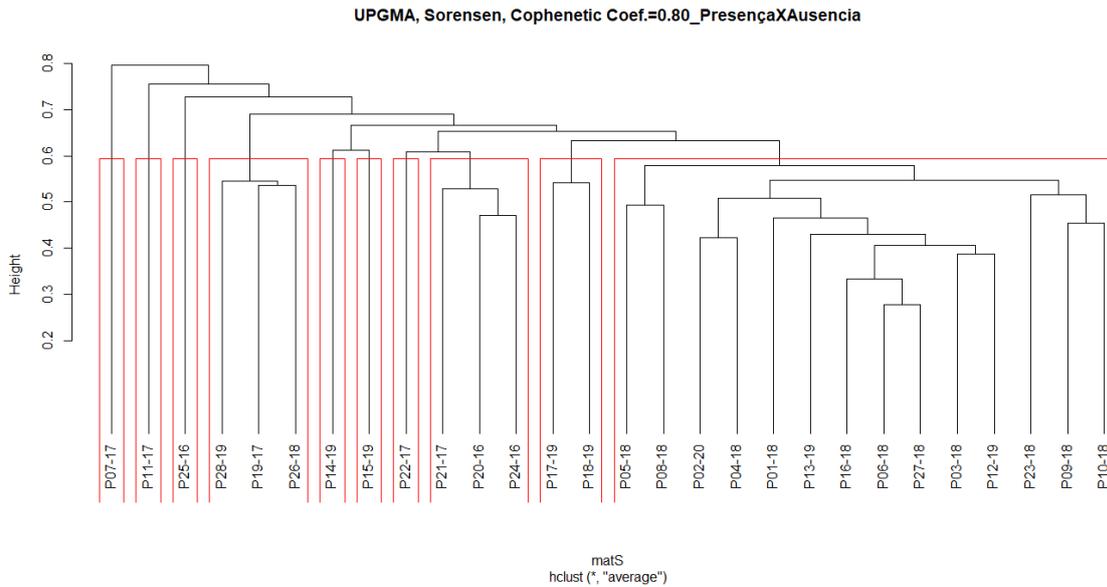


Figura 5.6 - Dendrograma de dissimilaridade florística (Presença e Ausência) pelo método de agrupamento UPGMA SORENSEN/BRAY-CURTIS.

5.1.2.2 Parâmetros Fitosociológicos

A espécie que apresentaram maior valor de importância (IVI) nas 28 parcelas amostradas foram: *Dimorphandra mollis*; *Schinus terebinthifolia* com 14,35 e 14,15 respectivamente, conforme Figura 5.7. As demais espécies apresentaram valores menores com relação ao índice de valor de importância, como pode ser observado na Tabela 5.5.

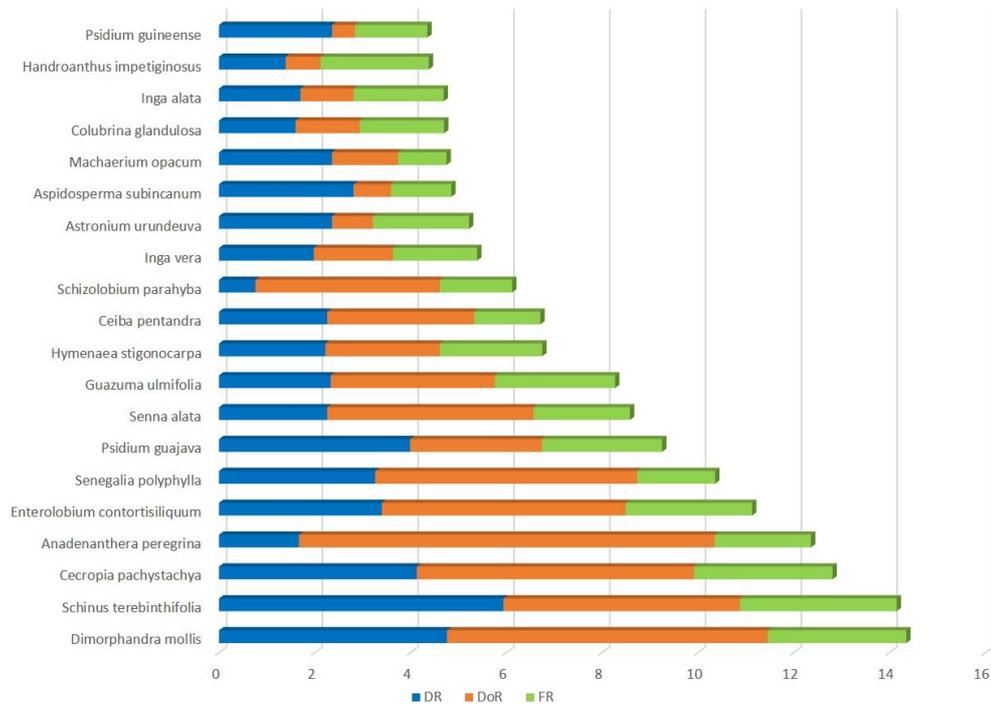


Figura 5.7 - Vinte espécies com maior Índice de Valor de Importância (IVI) na área de estudos.

O índice de valor de importância é uma métrica utilizada como determinante da importância ecológica das espécies amostradas e que pode ser utilizado como uma ferramenta norteadora de tomadas de decisão e desenvolvimento de estratégias conservacionistas (Vieira et al. 2015).

Tabela 5.5 - Parâmetros fitossociológicos, em ordem decrescente de IVI.

Família	Nome Científico	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI	IVI %	IVC	IVC%
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i>	137	0,5	97,86	4,76	0,35	6,7	82,14	2,89	14,35	4,78	11,46	5,74
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i>	171	0,36	122,14	5,94	0,26	4,94	92,86	3,27	14,15	4,71	10,88	5,45
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i>	119	0,43	85	4,13	0,31	5,79	82,14	2,89	12,81	4,27	9,92	4,97
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i>	48	0,64	34,29	1,67	0,46	8,68	57,14	2,01	12,36	4,12	10,35	5,18
Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	98	0,38	70	3,4	0,27	5,09	75	2,64	11,13	3,71	8,49	4,25
Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i>	94	0,4	67,14	3,26	0,29	5,47	46,43	1,63	10,36	3,45	8,73	4,37
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	115	0,2	82,14	3,99	0,15	2,75	71,43	2,51	9,25	3,09	6,74	3,37
Fabaceae	<i>Senna alata</i>	65	0,32	46,43	2,26	0,23	4,31	57,14	2,01	8,58	2,86	6,57	3,29
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	67	0,25	47,86	2,33	0,18	3,43	71,43	2,51	8,27	2,76	5,76	2,88
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	64	0,18	45,71	2,22	0,13	2,39	60,71	2,14	6,75	2,25	4,61	2,31
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	65	0,23	46,43	2,26	0,16	3,07	39,29	1,38	6,71	2,24	5,33	2,67
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i>	22	0,28	15,71	0,76	0,2	3,85	42,86	1,51	6,12	2,04	4,61	2,31
Fabaceae	<i>Inga vera</i>	57	0,12	40,71	1,98	0,09	1,65	50	1,76	5,39	1,8	3,63	1,82
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i>	68	0,06	48,57	2,36	0,05	0,85	57,14	2,01	5,22	1,74	3,21	1,61
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i>	81	0,06	57,86	2,81	0,04	0,78	35,71	1,26	4,85	1,62	3,59	1,80
Fabaceae	<i>Machaerium opacum</i>	68	0,1	48,57	2,36	0,07	1,38	28,57	1,01	4,75	1,58	3,74	1,87
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i>	46	0,1	32,86	1,6	0,07	1,34	50	1,76	4,7	1,57	2,94	1,47
Fabaceae	<i>Inga alata</i>	49	0,08	35	1,7	0,06	1,11	53,57	1,88	4,69	1,56	2,81	1,41
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	40	0,05	28,57	1,39	0,04	0,73	64,29	2,26	4,38	1,46	2,12	1,06
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	68	0,04	48,57	2,36	0,03	0,48	42,86	1,51	4,35	1,45	2,84	1,42
Fabaceae	<i>Senna multijuga</i>	53	0,12	37,86	1,84	0,08	1,6	17,86	0,63	4,07	1,36	3,44	1,72
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i>	36	0,03	25,71	1,25	0,02	0,34	64,29	2,26	3,85	1,29	1,59	0,80
Bignoniaceae	<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	32	0,1	22,86	1,11	0,07	1,3	35,71	1,26	3,67	1,22	2,41	1,21
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	35	0,05	25	1,21	0,04	0,7	39,29	1,38	3,29	1,1	1,91	0,96
Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	14	0,15	10	0,49	0,11	2,01	17,86	0,63	3,13	1,04	2,5	1,25
Polygalaceae	<i>Bredemeyera divaricata</i>	37	0,03	26,43	1,28	0,02	0,35	39,29	1,38	3,01	1,01	1,63	0,82
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i>	26	0,08	18,57	0,9	0,06	1,12	28,57	1,01	3,03	1,01	2,02	1,01
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i>	21	0,13	15	0,73	0,09	1,8	14,29	0,5	3,03	1,01	2,53	1,27
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i>	21	0,11	15	0,73	0,08	1,51	17,86	0,63	2,87	0,96	2,24	1,12
Sapindaceae	<i>Pseudima frutescens</i>	37	0,04	26,43	1,28	0,03	0,56	28,57	1,01	2,85	0,95	1,84	0,92
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	28	0,02	20	0,97	0,01	0,22	46,43	1,63	2,82	0,94	1,19	0,60
Fabaceae	<i>Inga cylindrica</i>	25	0,11	17,86	0,87	0,08	1,43	10,71	0,38	2,68	0,89	2,3	1,15
Fabaceae	<i>Erythrina mulungu</i>	21	0,04	15	0,73	0,03	0,5	39,29	1,38	2,61	0,87	1,23	0,62
Phytolaccaceae	<i>Gallsia integrifolia</i>	26	0,06	18,57	0,9	0,04	0,79	25	0,88	2,57	0,86	1,69	0,85
Fabaceae	<i>Tachigali vulgaris</i>	28	0,08	20	0,97	0,05	1,03	14,29	0,5	2,5	0,83	2	1,00
Fabaceae	<i>Bauhinia acuruana</i>	34	0,03	24,29	1,18	0,02	0,4	21,43	0,75	2,33	0,78	1,58	0,79

Familia	Nome Científico	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI	IVI %	IVC	IVC%
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	24	0,02	17,14	0,83	0,02	0,31	32,14	1,13	2,27	0,76	1,14	0,57
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	6	0,11	4,29	0,21	0,08	1,44	14,29	0,5	2,15	0,72	1,65	0,83
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i>	21	0	15	0,73	0	0,06	39,29	1,38	2,17	0,72	0,79	0,40
Solanaceae	<i>Solanum lycocarpum</i>	19	0,04	13,57	0,66	0,03	0,58	21,43	0,75	1,99	0,67	1,24	0,62
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i>	16	0,04	11,43	0,56	0,03	0,56	25	0,88	2	0,66	1,12	0,56
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i>	33	0,02	23,57	1,15	0,01	0,21	14,29	0,5	1,86	0,62	1,36	0,68
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i>	26	0,02	18,57	0,9	0,01	0,24	17,86	0,63	1,77	0,59	1,14	0,57
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i>	14	0,05	10	0,49	0,03	0,66	17,86	0,63	1,78	0,59	1,15	0,58
Fabaceae	<i>Machaerium aculeatum</i>	17	0,03	12,14	0,59	0,02	0,4	21,43	0,75	1,74	0,58	0,99	0,50
Annonaceae	<i>Annona crotonifolia</i>	24	0,01	17,14	0,83	0	0,09	21,43	0,75	1,67	0,56	0,92	0,46
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i>	26	0,02	18,57	0,9	0,01	0,22	14,29	0,5	1,62	0,54	1,12	0,56
Fabaceae	<i>Calliandra fasciculata</i>	20	0,01	14,29	0,69	0,01	0,16	17,86	0,63	1,48	0,49	0,85	0,43
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	13	0,01	9,29	0,45	0	0,07	25	0,88	1,4	0,47	0,52	0,26
Euphorbiaceae	<i>Aparisthium cordatum</i>	16	0,04	11,43	0,56	0,03	0,6	7,14	0,25	1,41	0,47	1,16	0,58
Connaraceae	<i>Connarus regnellii</i>	20	0,01	14,29	0,69	0	0,08	17,86	0,63	1,4	0,47	0,77	0,39
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i>	16	0,01	11,43	0,56	0,01	0,12	17,86	0,63	1,31	0,43	0,68	0,34
Ebenaceae	<i>Diospyros inconstans</i>	13	0,02	9,29	0,45	0,02	0,31	14,29	0,5	1,26	0,42	0,76	0,38
Fabaceae	<i>Erythrina velutina</i>	9	0,02	6,43	0,31	0,02	0,32	17,86	0,63	1,26	0,42	0,63	0,32
Bignoniaceae	<i>Zeyheria montana</i>	17	0,01	12,14	0,59	0,01	0,18	14,29	0,5	1,27	0,42	0,77	0,39
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i>	7	0,01	5	0,24	0	0,07	25	0,88	1,19	0,4	0,31	0,16
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i>	10	0,01	7,14	0,35	0	0,09	21,43	0,75	1,19	0,4	0,44	0,22
Fabaceae	<i>Machaerium amplum</i>	14	0,01	10	0,49	0,01	0,16	14,29	0,5	1,15	0,38	0,65	0,33
Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i>	9	0,05	6,43	0,31	0,04	0,68	3,57	0,13	1,12	0,37	0,99	0,50
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	7	0,02	5	0,24	0,01	0,25	17,86	0,63	1,12	0,37	0,49	0,25
Fabaceae	<i>Tachigali subvelutina</i>	21	0,01	15	0,73	0	0,09	7,14	0,25	1,07	0,36	0,82	0,41
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i>	13	0,03	9,29	0,45	0,02	0,35	7,14	0,25	1,05	0,35	0,8	0,40
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	1	0,07	0,71	0,03	0,05	0,89	3,57	0,13	1,05	0,35	0,92	0,46
Burseraceae	<i>Trattinnickia burserifolia</i>	6	0,02	4,29	0,21	0,01	0,21	17,86	0,63	1,05	0,35	0,42	0,21
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i>	8	0,01	5,71	0,28	0,01	0,11	17,86	0,63	1,02	0,34	0,39	0,20
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	4	0,04	2,86	0,14	0,03	0,5	10,71	0,38	1,02	0,34	0,64	0,32
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i>	3	0,05	2,14	0,1	0,03	0,63	7,14	0,25	0,98	0,33	0,73	0,37
Fabaceae	<i>Calliandra dysantha</i>	9	0	6,43	0,31	0	0,01	17,86	0,63	0,95	0,32	0,32	0,16
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i>	9	0,01	6,43	0,31	0,01	0,14	14,29	0,5	0,95	0,32	0,45	0,23
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisyphilitica</i>	11	0,03	7,86	0,38	0,02	0,38	3,57	0,13	0,89	0,3	0,76	0,38
Sapindaceae	<i>Matayba heterophylla</i>	7	0,01	5	0,24	0,01	0,15	14,29	0,5	0,89	0,3	0,39	0,20
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i>	11	0,01	7,86	0,38	0,01	0,16	10,71	0,38	0,92	0,3	0,54	0,27
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum citrifolium</i>	6	0	4,29	0,21	0	0,05	17,86	0,63	0,89	0,29	0,26	0,13
Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i>	9	0,01	6,43	0,31	0,01	0,18	10,71	0,38	0,87	0,29	0,49	0,25
Malvaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i>	6	0,04	4,29	0,21	0,03	0,51	3,57	0,13	0,85	0,28	0,72	0,36
Polygonaceae	<i>Coccoloba mollis</i>	6	0,02	4,29	0,21	0,01	0,21	10,71	0,38	0,8	0,27	0,42	0,21
NA	NA	4	0,01	2,86	0,14	0,01	0,16	14,29	0,5	0,8	0,27	0,3	0,15
Fabaceae	<i>Vatairea macrocarpa</i>	13	0,01	9,29	0,45	0,01	0,12	7,14	0,25	0,82	0,27	0,57	0,29
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i>	8	0,01	5,71	0,28	0,01	0,15	10,71	0,38	0,81	0,27	0,43	0,22
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	8	0,01	5,71	0,28	0	0,08	10,71	0,38	0,74	0,25	0,36	0,18

Familia	Nome Científico	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI	IVI %	IVC	IVC%
Fabaceae	<i>Andira cujabensis</i>	11	0,01	7,86	0,38	0	0,08	7,14	0,25	0,71	0,24	0,46	0,23
Boraginaceae	<i>Cordia bicolor</i>	9	0,01	6,43	0,31	0,01	0,13	7,14	0,25	0,69	0,23	0,44	0,22
Salicaceae	<i>Casearia sp.</i>	7	0,02	5	0,24	0,02	0,3	3,57	0,13	0,67	0,22	0,54	0,27
Myrtaceae	<i>Eugenia bimarginata</i>	7	0	5	0,24	0	0,03	10,71	0,38	0,65	0,22	0,27	0,14
Myrtaceae	<i>Myrcia fenzliana</i>	7	0	5	0,24	0	0,05	10,71	0,38	0,67	0,22	0,29	0,15
Myrtaceae	<i>Psidium sp.2</i>	4	0	2,86	0,14	0	0,03	14,29	0,5	0,67	0,22	0,17	0,09
Fabaceae	<i>Samanea tubulosa</i>	3	0,01	2,14	0,1	0,01	0,19	10,71	0,38	0,67	0,22	0,29	0,15
Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i>	6	0	4,29	0,21	0	0,04	10,71	0,38	0,63	0,21	0,25	0,13
Fabaceae	<i>Libidibia ferrea</i>	6	0,02	4,29	0,21	0,02	0,3	3,57	0,13	0,64	0,21	0,51	0,26
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i>	11	0,01	7,86	0,38	0	0,09	3,57	0,13	0,6	0,2	0,47	0,24
Malpighiaceae	<i>Byrsonima verbascifolia</i>	5	0	3,57	0,17	0	0,06	10,71	0,38	0,61	0,2	0,23	0,12
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	1	0,03	0,71	0,03	0,02	0,43	3,57	0,13	0,59	0,2	0,46	0,23
Burseraceae	<i>Trattinnickia rhoifolia</i>	4	0,01	2,86	0,14	0	0,09	10,71	0,38	0,61	0,2	0,23	0,12
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i>	4	0,01	2,86	0,14	0,01	0,18	7,14	0,25	0,57	0,19	0,32	0,16
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis sp.</i>	4	0	2,86	0,14	0	0,06	10,71	0,38	0,58	0,19	0,2	0,10
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sp.1</i>	10	0,01	7,14	0,35	0	0,09	3,57	0,13	0,57	0,19	0,44	0,22
Bignoniaceae	<i>Fridericia chica</i>	7	0,01	5	0,24	0,01	0,2	3,57	0,13	0,57	0,19	0,44	0,22
Myrtaceae	<i>Syzygium sp.</i>	2	0,03	1,43	0,07	0,02	0,38	3,57	0,13	0,58	0,19	0,45	0,23
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	3	0	2,14	0,1	0	0,06	10,71	0,38	0,54	0,18	0,16	0,08
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella rodriguesii</i>	9	0,01	6,43	0,31	0	0,09	3,57	0,13	0,53	0,18	0,4	0,20
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i>	6	0,01	4,29	0,21	0	0,08	7,14	0,25	0,54	0,18	0,29	0,15
Fabaceae	<i>Leptolobium sp.</i>	3	0	2,14	0,1	0	0,06	10,71	0,38	0,54	0,18	0,16	0,08
Chrysobalanaceae	<i>Licania kunthiana</i>	6	0,02	4,29	0,21	0,01	0,21	3,57	0,13	0,55	0,18	0,42	0,21
Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i>	3	0,02	2,14	0,1	0,01	0,28	3,57	0,13	0,51	0,17	0,38	0,19
Moraceae	<i>Ficus obtusiuscula</i>	2	0,02	1,43	0,07	0,02	0,31	3,57	0,13	0,51	0,17	0,38	0,19
Fabaceae	<i>Swartzia multijuga</i>	7	0,01	5	0,24	0,01	0,13	3,57	0,13	0,5	0,17	0,37	0,19
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	3	0,01	2,14	0,1	0	0,09	7,14	0,25	0,44	0,15	0,19	0,10
Myrtaceae	<i>Campomanesia velutina</i>	3	0	2,14	0,1	0	0,06	7,14	0,25	0,41	0,14	0,16	0,08
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i>	3	0	2,14	0,1	0	0,05	7,14	0,25	0,4	0,14	0,15	0,08
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i>	3	0	2,14	0,1	0	0,06	7,14	0,25	0,41	0,14	0,16	0,08
Humiriaceae	<i>Sacoglottis guianensis</i>	7	0	5	0,24	0	0,05	3,57	0,13	0,42	0,14	0,29	0,15
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i>	3	0,01	2,14	0,1	0	0,07	7,14	0,25	0,42	0,14	0,17	0,09
Araliaceae	<i>Didymopanax morototoni</i>	4	0	2,86	0,14	0	0,01	7,14	0,25	0,4	0,13	0,15	0,08
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	6	0	4,29	0,21	0	0,02	3,57	0,13	0,36	0,12	0,23	0,12
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	3	0	2,14	0,1	0	0,02	7,14	0,25	0,37	0,12	0,12	0,06
Metteniusaceae	<i>Emmotum nitens</i>	5	0	3,57	0,17	0	0,07	3,57	0,13	0,37	0,12	0,24	0,12
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.2</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,03	7,14	0,25	0,35	0,12	0,1	0,05
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,04	7,14	0,25	0,36	0,12	0,11	0,06
Melastomataceae	<i>Mouriri glazioviana</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,02	7,14	0,25	0,34	0,12	0,09	0,05
Celastraceae	<i>Salacia sp.</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,03	7,14	0,25	0,35	0,12	0,1	0,05
Fabaceae	<i>Samanea sp.</i>	1	0,02	0,71	0,03	0,01	0,21	3,57	0,13	0,37	0,12	0,24	0,12
Anacardiaceae	<i>Anacardium humile</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,02	7,14	0,25	0,34	0,11	0,09	0,05
Myrtaceae	<i>Calypttranthes sp.</i>	2	0	1,43	0,07	0	0	7,14	0,25	0,32	0,11	0,07	0,04
Fabaceae	<i>Chamaecrista sp.</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,02	7,14	0,25	0,34	0,11	0,09	0,05

Familia	Nome Científico	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI	IVI %	IVC	IVC%
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i>	3	0,01	2,14	0,1	0	0,09	3,57	0,13	0,32	0,11	0,19	0,10
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,01	7,14	0,25	0,33	0,11	0,08	0,04
Fabaceae	<i>Indigofera truxillensis</i>	6	0	4,29	0,21	0	0,01	3,57	0,13	0,35	0,11	0,22	0,11
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,01	7,14	0,25	0,33	0,11	0,08	0,04
Fabaceae	<i>Amburana sp.</i>	2	0,01	1,43	0,07	0,01	0,12	3,57	0,13	0,32	0,1	0,19	0,10
Fabaceae	<i>Mimosa setosa</i>	4	0	2,86	0,14	0	0,03	3,57	0,13	0,3	0,1	0,17	0,09
Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>	4	0	2,86	0,14	0	0,03	3,57	0,13	0,3	0,1	0,17	0,09
Fabaceae	<i>Stryphnodendron cristalinae</i>	1	0,01	0,71	0,03	0,01	0,13	3,57	0,13	0,29	0,1	0,16	0,08
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i>	3	0	2,14	0,1	0	0,05	3,57	0,13	0,28	0,09	0,15	0,08
Fabaceae	<i>Dialium guianense</i>	2	0,01	1,43	0,07	0	0,09	3,57	0,13	0,29	0,09	0,16	0,08
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,07	3,57	0,13	0,27	0,09	0,14	0,07
Fabaceae	<i>Pterogyne nitens</i>	1	0,01	0,71	0,03	0,01	0,11	3,57	0,13	0,27	0,09	0,14	0,07
Dichapetalaceae	<i>Tapura amazonica</i>	2	0,01	1,43	0,07	0	0,09	3,57	0,13	0,29	0,09	0,16	0,08
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis caapi</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,05	3,57	0,13	0,25	0,08	0,12	0,06
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	1	0,01	0,71	0,03	0	0,09	3,57	0,13	0,25	0,08	0,12	0,06
Fabaceae	<i>Diploptropis sp.</i>	1	0,01	0,71	0,03	0	0,07	3,57	0,13	0,23	0,08	0,1	0,05
Malvaceae	<i>Eriotheca globosa</i>	3	0	2,14	0,1	0	0,01	3,57	0,13	0,24	0,08	0,11	0,06
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,04	3,57	0,13	0,24	0,08	0,11	0,06
Vochysiaceae	<i>Vochysia ferruginea</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,05	3,57	0,13	0,25	0,08	0,12	0,06
Fabaceae	<i>Chloroleucon acacioides</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,05	3,57	0,13	0,21	0,07	0,08	0,04
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum sp.</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,01	3,57	0,13	0,21	0,07	0,08	0,04
Rutaceae	<i>Citrus</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,02	3,57	0,13	0,22	0,07	0,09	0,05
Ebenaceae	<i>Diospyros brasiliensis</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,03	3,57	0,13	0,23	0,07	0,1	0,05
Sapindaceae	<i>Matayba scrobiculata</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,04	3,57	0,13	0,2	0,07	0,07	0,04
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,02	3,57	0,13	0,22	0,07	0,09	0,05
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.2</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,02	3,57	0,13	0,22	0,07	0,09	0,05
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.3</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,02	3,57	0,13	0,22	0,07	0,09	0,05
Fabaceae	<i>Ormosia fastigiata</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,04	3,57	0,13	0,2	0,07	0,07	0,04
Rubiaceae	<i>Pagamea guianensis</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,01	3,57	0,13	0,21	0,07	0,08	0,04
Lauraceae	<i>Persea sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,05	3,57	0,13	0,21	0,07	0,08	0,04
Siparunaceae	<i>Siparuna sarmentosa</i>	2	0	1,43	0,07	0	0,01	3,57	0,13	0,21	0,07	0,08	0,04
Malvaceae	<i>Sterculia excelsa</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,05	3,57	0,13	0,21	0,07	0,08	0,04
Fabaceae	<i>Andira fraxinifolia</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,02	3,57	0,13	0,18	0,06	0,05	0,03
Annonaceae	<i>Annona sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.3</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Fabaceae	<i>Fabaceae</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,03	3,57	0,13	0,19	0,06	0,06	0,03
Chrysobalanaceae	<i>Leptobalanus gardneri</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Malpighiaceae	<i>Malpighiaceae</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,02	3,57	0,13	0,18	0,06	0,05	0,03
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Rubiaceae	<i>Pagamea duckei</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Fabaceae	<i>Platymiscium sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Myrtaceae	<i>Plinia cauliflora</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Metteniusaceae	<i>Poraqueiba sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,03	3,57	0,13	0,19	0,06	0,06	0,03

Família	Nome Científico	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI	IVI %	IVC	IVC%
Myrtaceae	<i>Psidium sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Myrtaceae	<i>Psidium sp.3</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Rubiaceae	<i>Randia armata</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,02	3,57	0,13	0,18	0,06	0,05	0,03
Fabaceae	<i>Senna sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Anacardiaceae	<i>Thyrsodium spruceanum</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,01	3,57	0,13	0,17	0,06	0,04	0,02
Lamiaceae	<i>Vitex polygama</i>	1	0	0,71	0,03	0	0,02	3,57	0,13	0,18	0,06	0,05	0,03
Annonaceae	<i>Annona cacans</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,16	0,05	0,03	0,02
Loganiaceae	<i>Antonia ovata</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,16	0,05	0,03	0,02
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis sp.1</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,16	0,05	0,03	0,02
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,16	0,05	0,03	0,02
Caricaceae	<i>Carica sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,16	0,05	0,03	0,02
Polygonaceae	<i>Coccoloba sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,16	0,05	0,03	0,02
Rubiaceae	<i>Cordia macrophylla</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,16	0,05	0,03	0,02
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Malvaceae	<i>Eriotheca sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Chrysobalanaceae	<i>Licania sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Melastomataceae	<i>Miconia cuspidata</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.1</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Rubiaceae	<i>Rubiaceae</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Hypericaceae	<i>Vismia brasiliensis</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02
Annonaceae	<i>Xylopia polyantha</i>	1	0	0,71	0,03	0	0	3,57	0,13	0,15	0,05	0,03	0,02

N: Número de indivíduos da espécie; **AB:** Área basal (m²), **DA (n/ha):** Densidade Absoluta; **DR (%):** Densidade Relativa; **FA (%):** Frequência Absoluta; **FR (%):** Frequência Relativa; **DoA (m²/ha):** Dominância Absoluta; **DoR (%):** Dominância Relativa; **IVI:** Índice de Valor de Importancia, **IVI (%):** Valor de Valor de Importância em porcentagem, **IVC:** Índice do valor de cobertura; **IVC (%):** Índice do valor de cobertura em porcentagem.

5.1.2.3 Estrutura Vertical e Estrutura Diamétrica

A Tabela 5.8 apresenta os dados gerais da estrutura vertical e diamétrica das 28 parcelas amostradas.

As áreas amostradas apresentam indivíduos com altura total que variam de 0,20 a 16 m e com média de 2,5 (Tabela 5.6 e Figura 5.8), sendo que a média foi maior nos plantios com maior período de implantação, como já era esperado. Pode observar que as espécies plantadas obtiveram alguns valores “outliers”, mais a maioria dos indivíduos ficou em torno da média de 2,5 metros.

Tabela 5.6. Parâmetros gerais de dados dendrométricos por parcelas e ano de plantio.

Parcela	Ano de Plantio	N	S	DAB (cm)			H (m)			DC (m)
				Média	Mín.	Máx.	Média	Máx.	Mín.	Média
P01	2018	94	23	4,26	0,60	12,00	2,85	7,30	0,50	1,41
P02	2020	75	28	1,85	0,30	2,50	0,52	2,00	0,18	0,28
P03	2018	128	35	3,81	0,80	14,00	1,93	6,50	0,20	1,22
P04	2018	103	31	4,97	0,80	16,00	3,04	12,00	0,30	1,98
P05	2018	192	43	3,48	0,30	35,00	2,14	12,00	0,30	1,09
P06	2018	67	18	4,90	0,90	14,00	2,74	8,00	0,25	1,66
P07	2017	147	39	4,98	0,80	18,00	3,20	8,50	0,40	1,62
P08	2018	135	32	4,26	0,80	14,00	3,26	8,00	0,60	1,20
P09	2018	68	28	6,08	0,60	40,00	3,33	12,00	0,50	1,79
P10	2018	65	16	4,61	0,90	17,00	2,60	8,00	0,35	1,64
P11	2017	103	38	5,48	0,70	19,00	3,11	10,00	0,40	1,46
P12	2019	140	27	3,54	0,70	50,00	2,04	16,00	0,27	0,95
P13	2019	77	22	3,20	0,60	7,50	2,01	6,00	0,40	1,19
P14	2019	115	29	4,01	0,50	12,00	2,33	5,50	0,30	1,41
P15	2019	80	33	3,48	0,70	9,00	2,17	6,00	0,30	1,18
P16	2018	84	21	4,48	0,50	10,50	2,42	6,20	0,20	1,35
P17	2019	91	24	2,06	0,40	5,00	1,33	3,00	0,20	0,66
P18	2019	96	24	2,13	0,70	7,00	1,15	2,50	0,20	0,71
P19	2017	173	43	4,20	1,00	40,00	2,71	14,00	0,40	1,16
P20	2016	112	28	5,36	0,90	15,00	3,36	8,70	0,50	1,63
P21	2017	70	18	8,78	1,50	20,00	3,80	10,00	0,20	2,36
P22	2017	90	21	7,25	1,20	16,00	3,58	9,50	0,50	2,09
P23	2018	85	26	4,32	0,70	11,00	2,11	6,00	0,30	1,24
P24	2016	94	25	7,08	0,70	25,00	3,70	12,00	0,50	2,28
P25	2016	87	31	7,71	1,00	24,00	3,52	8,60	0,50	1,87
P26	2018	125	39	3,04	0,90	29,00	1,79	6,00	0,40	0,94
P27	2018	64	18	3,25	1,00	9,00	1,57	5,00	0,20	0,98
P28	2019	121	36	3,10	0,70	20,00	1,79	5,70	0,30	0,99
Médias				4,5	0,8	18,3	2,5	8,0	0,3	1,4

N- Número de indivíduos, S- Número de espécies, **DAB** (Diâmetro em cm); **H** - Altura em metros; **DC** - Diâmetro da copa em metros.

A Figura 5.8 ilustra a distribuição das amostras por classe de altura.

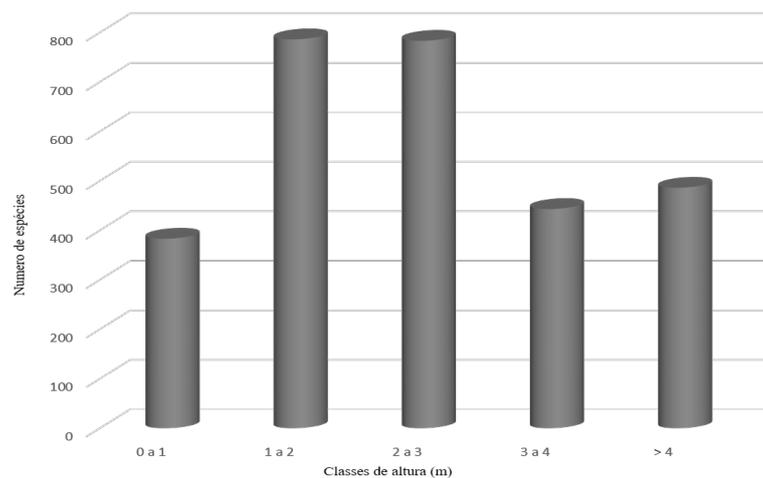


Figura 5.8 - Distribuição das classes de altura.

Quanto aos diâmetros das copas a média foi de 1,34 metro. Foi observado que a média foi maior nos plantios com maior período de implantação (1,9 metro no plantio de 2016), como também esperado. A Figura 5.9 ilustra a distribuição das classes de diâmetro de copa das áreas amostradas.

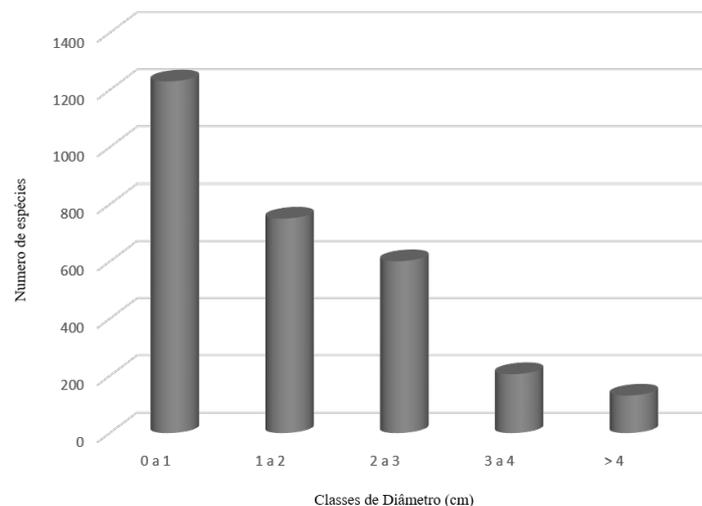


Figura 5.9 - Distribuição das classes de diâmetro das copas.

Goodland (1971) estudando o Cerrado do Triângulo mineiro encontrou altura média para o Cerrado *sensu stricto* de seis metros e de nove metros para o cerradão considerando no estudo também indivíduos com DAP abaixo de 10 cm. Outros estudos, como o de Costa e Araújo (2001), encontraram valor médio de altura de 3,94 m para Cerrado *sensu stricto* e 5,96 m para o Cerradão. Os dados da literatura demonstram que os reflorestamentos mais antigos já vêm se assemelhando a essas características de fragmentos naturais. Os diferentes estratos de alturas e classes de diâmetros das árvores de uma floresta podem variar de acordo com a resposta da vegetação à

diferentes fatores como, tipo de solo, altura do lençol freático, disponibilidade de água, de luz, entre outros, promovendo assim uma diferenciação no perfil vertical (Souza e Souza, 2004).

5.1.3 Considerações Finais Relativas ao Reflorestamento

De forma geral as áreas encontram-se em processo adequado de recuperação. Conforme resultados apresentados anteriormente todos os tratamentos culturais estão sendo executados de acordo com o preconizado na metodologia. Durante a realização de atividades de manutenção são registrados avistamento de animais silvestres na área, principalmente nas áreas de reflorestamento mais antigo.

A dispersão de sementes pelos animais é essencial para a manutenção dos ecossistemas terrestres (Wang e Smith, 2002) e, a presença de animais dispersantes de sementes influenciará a capacidade dos ecossistemas para sustentar comunidades de animais e plantas a longo prazo (McConkey et al., 2012).

Os resultados apresentados anteriormente evidenciam que as áreas reflorestadas estão em processo de recuperação, porém é importante destacar alguns pontos importantes que contribuíram de forma positiva para o resultado do reflorestamento. Estes apontamentos referem-se a gestão de contratos que não foram descritos na metodologia operacional apresentada:

- Prazo de vigência do contrato: importante realizar contratos mais longos de no mínimo 4 anos. Em contratos mais longos pode-se diluir o custo de investimento em equipamentos, construção e manutenção de viveiros e outros custos necessários.
- Clareza na definição das atividades durante a coleta de preço: a precisão na definição e quantificação das atividades influencia diretamente no valor apresentado pela empresa no momento da coleta de preço.
- Forma de medição das atividades: a forma de avaliação definida para o contrato, deixa claro para a contratada a forma e o período que será realizada a validação dos serviços e posterior faturamento. Isso facilita a programação do fluxo de caixa da contratada e do contratante.
- Equipe qualificada para fiscalização do contrato: a qualificação da equipe para fiscalização do contrato tem o objetivo de garantir que as atividades realizadas estejam de acordo com a metodologia definida, considerando os melhores padrões de qualidade e o atendimento ao cronograma estabelecido no início do contrato.
- Contratação de empresa com capacidade técnica comprovada: importante verificar se as empresas que estão sendo convidadas para a coleta de preço têm demonstração de capacidade confirmada no bioma objeto do reflorestamento.

- Cronograma de atividades detalhado no início do contrato: a definição da distribuição de tempo para desenvolvimento das atividades no início do contrato é de grande importância para garantir a melhor gestão, planejamento operacional da contratada, previsão de faturamento da contratada e desembolso pela contratante.
- Desenvolvimento de técnicas para melhorar o rendimento operacional e baixar o custo: o desenvolvimento e adaptação de metodologias ao longo da vigência do contrato é um ponto importante para ampliar o rendimento operacional e baixar os custos das atividades.

5.3.1 Equação Universal de Perda de Solo - USLE

5.3.1.1 Fator R

Os resultados obtidos do fator R para a bacia de estudo alcançou valores mínimos de 8.234 MJ.mm.ha-1.ano-1 e máximos de 8.369 MJ.mm.ha-1.ano-1 (Figura 5.10 e Tabela 5.7) evidenciando baixa variação quando comparados com estudo realizado por SEGEDI, (2019) na bacia do São Marcos, próximo a área de estudo, que encontrou valores mínimos de 4.547 MJ.mm.ha-1.ano-1 e máximos de 9.225 MJ.mm.ha-1.ano-1.

A área de estudo apresenta maiores índices do Fator R nos meses de outubro a março e menores nos meses de abril a setembro em função das duas estações bem definidas, conforme já decrito na caracterização da área.

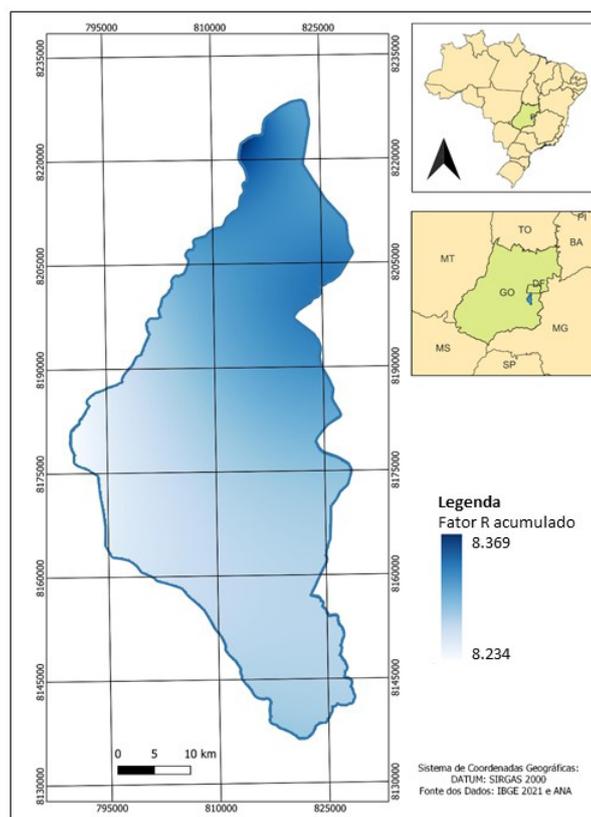


Figura 5.10 - Fator R acumulado anual, para a bacia de estudo.

Tabela 5.7 - Precipitação média acumulada mensal, anual e fator R anual da área de estudo.

Meses	Estações							
	Precipitação acumulada (mm)							
	Área Alfa	ETE Alagado	Brasília	Faz. Limeira	Ponte Anápolis	Goianápolis	Pires do Rio I	Mingone
Janeiro	200,75	201,69	219,91	251,48	237,85	243,49	287,44	245,30
Fevereiro	200,75	237,30	194,05	190,71	193,98	198,07	182,40	211,23
Março	231,09	112,64	207,23	210,79	207,23	224,79	195,26	207,90
Abril	108,96	31,51	133,76	95,12	124,82	111,80	92,23	112,79
Maio	28,62	10,09	32,59	23,36	25,08	32,27	30,94	39,73
Junho	6,15	7,5	7,95	7,85	8,01	6,42	10,34	7,86
Julho	2,94	17,08	6,38	7,37	6,17	3,75	7,05	7,48
Agosto	16,57	54,19	14,33	8,15	12,18	10,44	15,14	20,11
Setembro	47,99	152,40	49,34	30,65	55,62	41,02	47,35	36,17
Outubro	131,49	248,86	157,01	182,46	137,42	138,26	131,70	120,06
Novembro	240,15	261,85	243,65	205,72	216,80	214,14	208,07	227,23
Dezembro	231,75	158,81	245,90	247,19	259,64	267,45	314,55	297,23
Total acumulado	1.442,69	1.508,58	1.508,58	1.448,88	1.484,78	1.491,18	1.521,06	1.531,84
Fator R	8.313,85	8.395,47	8.007,40	8.129,98	7.965,91	8.154,15	8.467,89	8.338,73

Os resultados apresentados na Tabela 5.8 enquadra a bacia como localidade de erosividade muito alta, conforme classificação proposta por Foster et al. (1981), quando se avalia os resultados apresentados na Tabela 5.9. No entanto, esse valor está dentro da faixa estabelecida para o Brasil, que é de 5.000 a 12.000 MJ. mm ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, de acordo com Cogo (1988).

Tabela 5.8 - Classificação da erosividade da chuva.

Erosividade MJ.mm.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	Classificação
<300	Muito Baixa
300 a 2.000	Baixa
2.000 a 4.000	Moderada
4.000 a 8.000	Alta
>8.000	Muito Alta

Fonte: Segundo Foster et al., (1981).

5.3.1.2 Fator K

Com relação ao índice de erodibilidade do solo ou fator K, foram utilizados valores da literatura conforme indicado na metodologia. Esses dados foram utilizados devido à ausência de estudos da determinação direta dos índices de erodibilidade na região e ausência de mapas pedológicos com maior nível de detalhamento, que para a escala utilizada, pode subestimar a existência de algumas tipologias de solo existentes na bacia.

O mapa de solo da bacia (Figura 5.11) apresenta um predomínio do Cambissolo Háptico Distrófico (Figura 5.12) ocupando 74,3% da área da bacia. Latossolo Vermelho Distrófico ocupa 22,9% da área, Latossolo Vermelho Ácrico com 2,7% e o Plintossolo Pétrico Concrecionário ocorre em área de 0,2% da bacia.

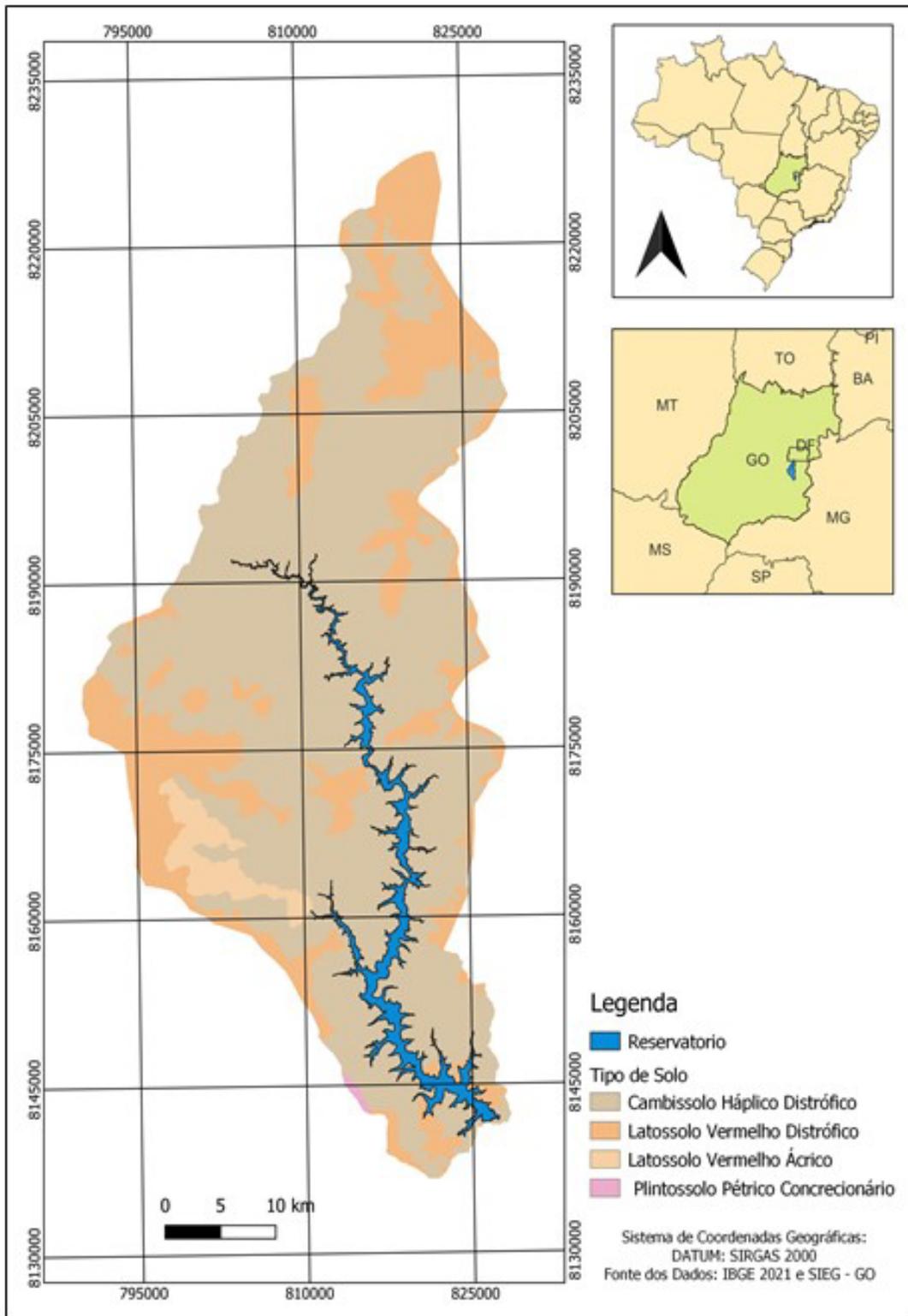


Figura 5.11 - Mapa de solo da bacia de estudo.



Figura 5.12 - Ferfil de Cambissolo Háplico Distrófico localizado na área de estudo, além de imagem de sua superfície de ocorrência (foto inferior) com aspecto pedregoso comumente observado.

Os valores mais significativos para erodibilidade foi da classe de Cambissolo com 0,037 (t.h/(MJ.mm)) e o menor foi para a classe de Latossolo Vermelho com 0,013 (t.h/(MJ.mm)) conforme apresentado na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Erodibilidade e representabilidade das classes de solo da bacia.

Classe de solo	Siglas	Erodibilidade (t.h/(MJ.mm))	Representatividade na bacia (%)
Cambissolo Háplico	CX	0,037	74,3
Latossolo Vermelho	LV	0,013	25,6
Plintossolo Pétrico	FF	0,057	0,2

Ao longo da APP objeto do reflorestamento foi identificado somente duas classes de solo o Cambissolo Háplico distrófico ocupando 94% da APP e o Latossolo Vermelho Distrófico ocupando 6% conforme ilustrado na Figura 5.13.

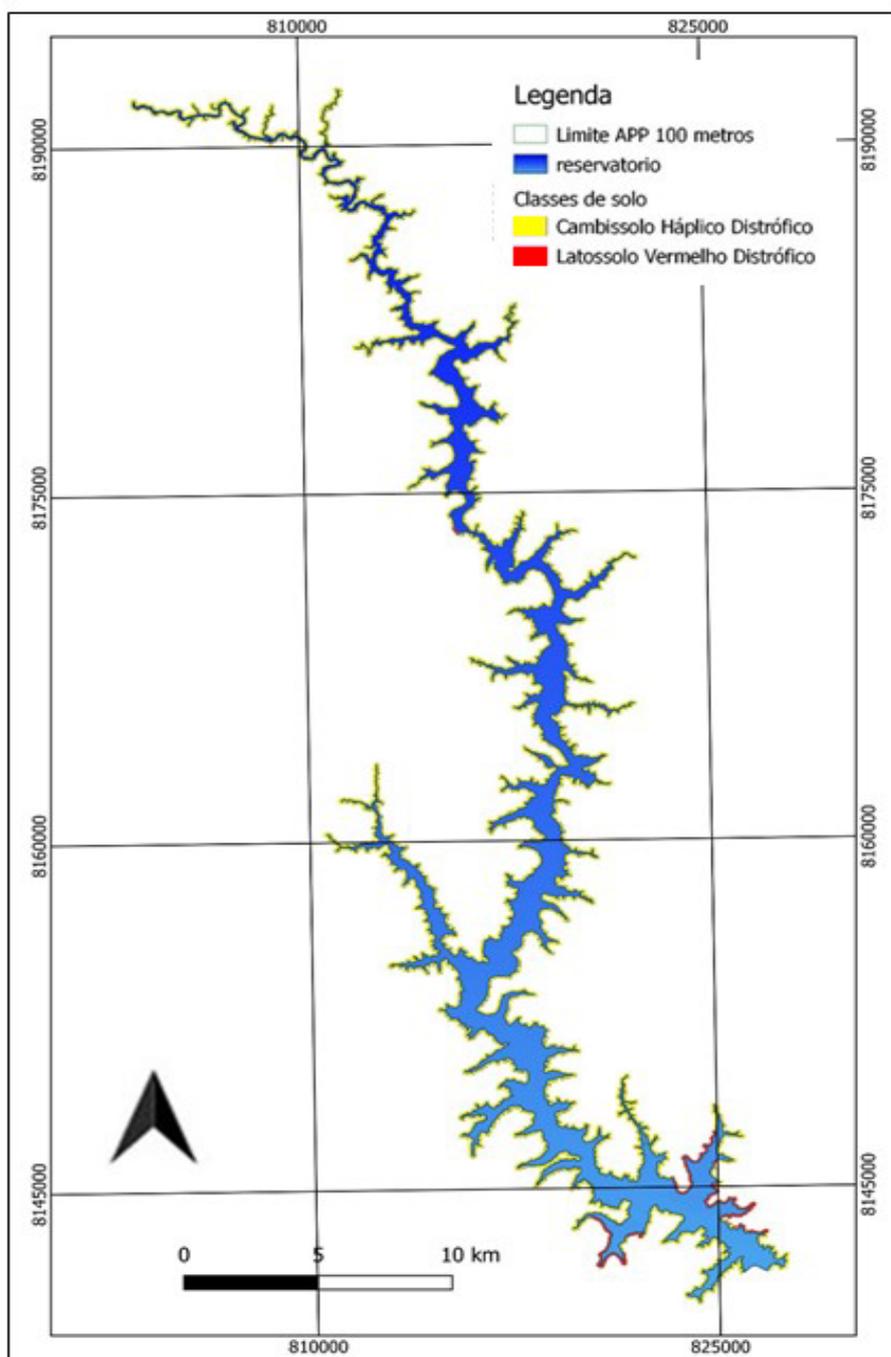


Figura 5.13 - Mapa de solo da Área de Preservação Permanente.

5.3.1.3 FATOR C.P

O mapeamento da cobertura vegetal da APP para os anos de 2010 e 2021 (Figura 5.14) apresenta a distribuição espacial associada ao valor C. A cobertura vegetal na APP presta um importante serviço de proteção do solo, maximizando a proteção e minimizando a perda de solo por erosão laminar de acordo com a capacidade de proteção de cada classe (Keesstra et al., 2018).

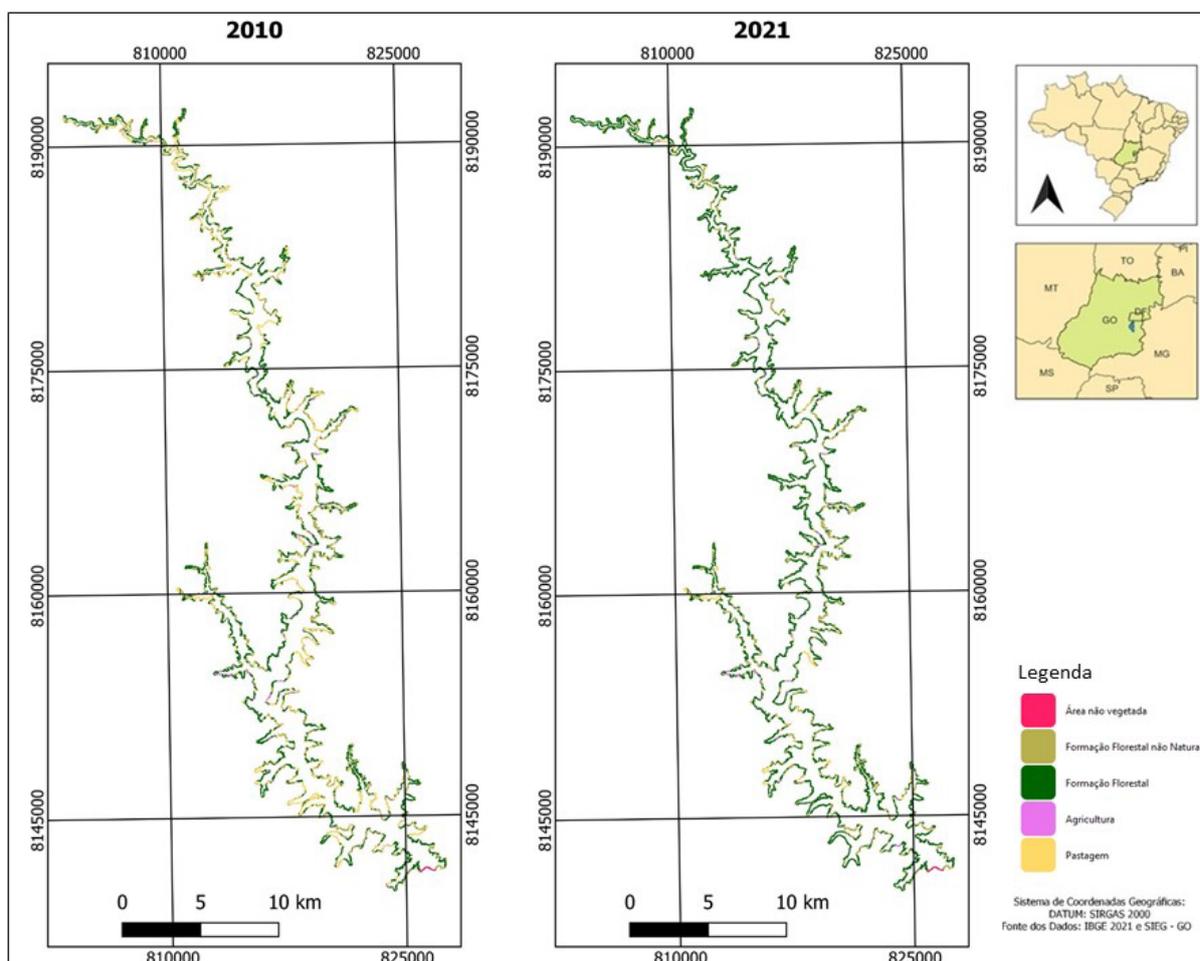


Figura 5.14 - Cobertura vegetal da APP para o ano de 2010 e 2021.

Na análise realizada considerando a cobertura vegetal do solo ano de 2010 (Tabela 5.11), antes do início do projeto de reflorestamento, destacou em termos de extensão a classe Cerrado representando 50,26% da área, seguindo de pastagem com 26,53%, campo cerrado com 20,07, agricultura com 2,84% e área urbana com 0,3%. Para o ano de 2021 (Tabela 5.10) a cobertura vegetal apresentou significativa mudança tendo como destaque a classe cerrado ocupando 78,25% da área, campo cerrado com ocupação de 19,66%, pastagem ocupando uma área de 1,61%, agricultura 0,22% e área urbana com 0,26%.

Tabela 5.10 - Valores da cobertura da APP para o ano de 2010 e 2021.

Classe de Uso	2010		2021		Fator C
	Área da Classe (ha)	%	Área da Classe (ha)	%	
Área Urbana	15,45	0,30	13,37	0,26	0,030
Campo Cerrado	1.019,56	20,07	998,56	19,66	0,150
Cerrado	2.553,07	50,26	3.975,07	78,25	0,150
Agricultura	144,03	2,84	11,03	0,22	0,460
Pastagem	1.347,65	26,53	81,73	1,61	0,180
Total	5.079,77	100	5.79,77	100	

As alterações significativas na cobertura vegetal da APP (principalmente para as classes de agricultura e pastagem), deve-se ao projeto de reflorestamento, iniciado em 2012, tendo como resultado o reflorestamento de 1.388,58 ha (Figura 5.15) que foram isolando de ações antrópicas para a condução da regeneração. A metodologia utilizada no reflorestamento foi apresentada no Capítulo 4.

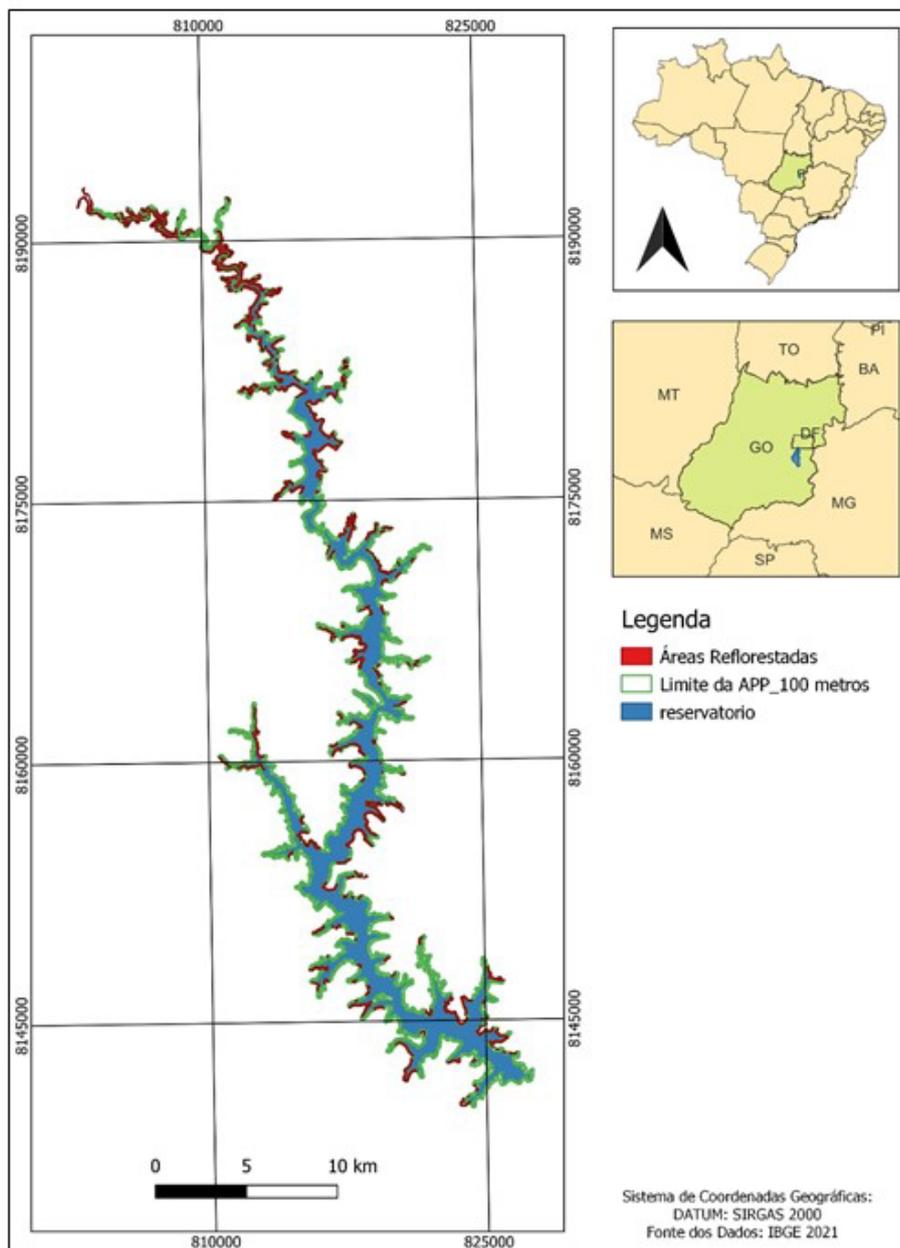


Figura 5.15 - Área reflorestada ao longo da APP 100 metros.

As ilustrações apresentadas nas Figuras 5.16 a 5.19 a ilustram a evolução da cobertura vegetal ao longo da APP no período de 2012 a 2021 evidenciando a eficiência conservacionista do reflorestamento realizado ao longo de toda a APP.



Figura 5.16 - Evolução e detalhamento do reflorestamento realizado na APP.



Figura 5.17 - Evolução do reflorestamento, tipo de solo e regeneração natural.



Figura 5.18 - Faixa de APP reflorestada e preparo do solo em nível.



Figura 5.19 - Sub-bosque do reflorestamento e detalhe do tipo de solo.

5.3.1.4 FATOR LS

Os resultados do fator LS para a bacia (Figura 5.20) indicam uma variação do Fator LS de 0,030 a 58,73 apresentando na maior parte da área de estudo valores baixos, variando entre 0 a 2

representando 73% e os valores de 2 a 5 representam 22% da área, correspondente às porções com padrão de relevo plano a suave ondulado. Os valores maiores, que variam de 5 a 10 (3,5% da área) e superiores a 10, estão localizados em relevos mais declivosos, coincidindo em alguns casos com as bordas das chapadas.

Para a área de APP, local do projeto do reflorestamento os valores do Fator LS apresentam uma variação de 0,030 a 23,66. A classe de 0 a 2 representa 61% da área, a classe de 2 a 5 representa 30%, a classe de 5 a 10 ocupa uma área de 7% e a classe maior que 10 representa 1,06%.

O fator LS é responsável por apresentar fatores que organizam o escoamento e desenvolvimento evolutivo dos processos erosivos, sendo quanto maior a amplitude desses valores, maior a tendência de instabilidade erosiva no qual acarreta no maior volume de perda de solo (Cunha et al., 2017).

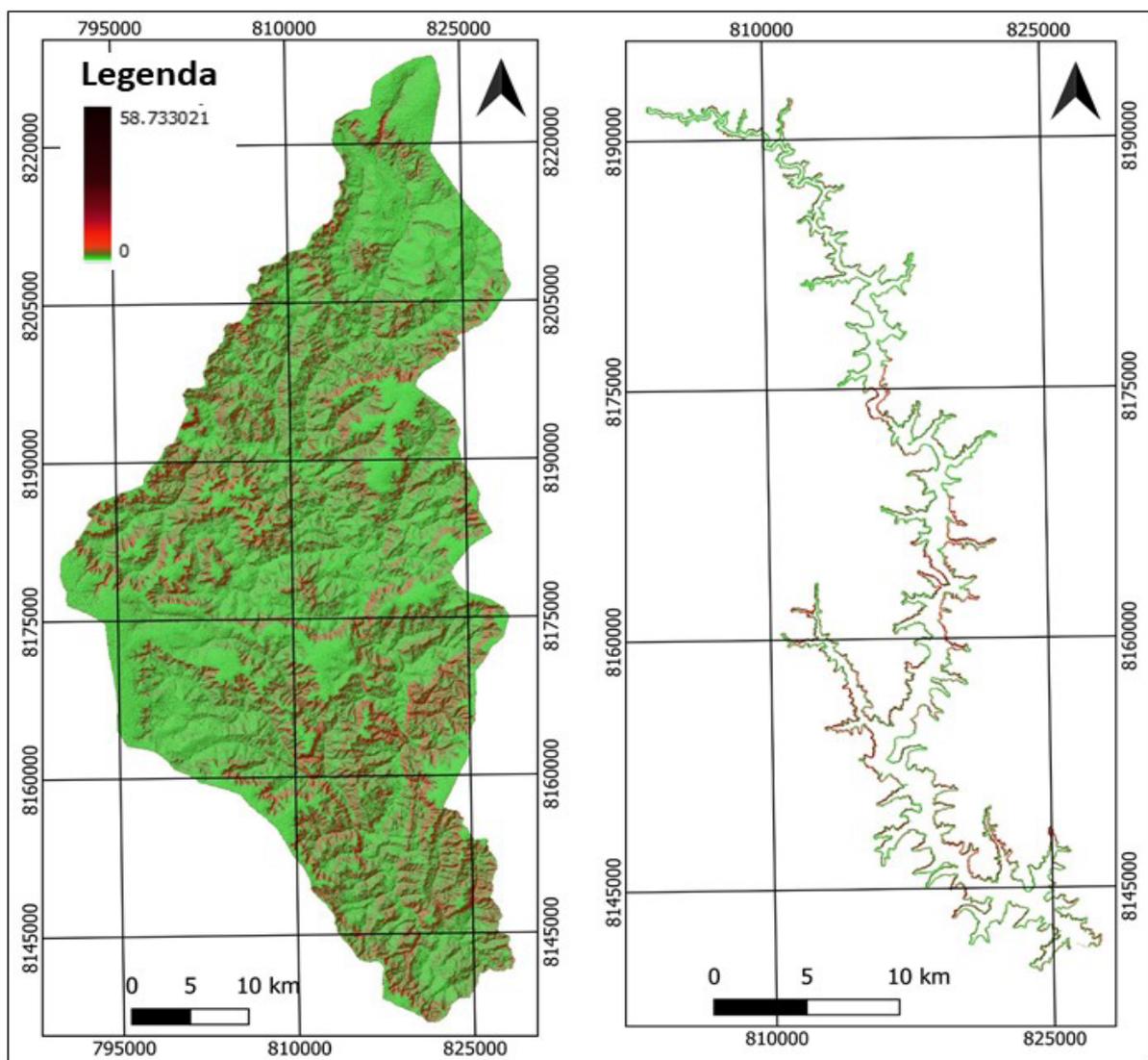


Figura 5.20 - Fator LS para a bacia de estudo e para a Área de Preservação Permanente do reservatório.

5.3.1.5 Resultados da Perda de Solo

Os resultados obtidos para a bacia consideram as variáveis componentes da equação de perda de solo. Pode-se observar que as variáveis Fator R, Fator LS e Fator K são parâmetros que consideram as características físicas da área. Para efeito de planejamento de gestão de práticas conservacionistas de solo é necessário considerar, nas ações propostas, alteração na variável Fator CP que tem no reflorestamento a melhor prática de alteração deste parâmetro.

A Tabela 5.11 evidencia a influência do Fator CP no resultado quantitativo de perda de solo na bacia estudada. A tabela mostra o valor de R de uma estação na bacia, os valores do Fator LS de 2 e 5 que representa 95% dos encontrados na bacia, os valores do Fator K para cada tipo de solo observado e o valor do Fator CP para a classe de uso do solo.

Tabela 5.11 - Simulação da perda de solo considerando os fatores da equação universal de perda de solo (USLE) para a bacia de estudo.

Fator R	Fator LS	Fator K	Fator CP	Perda de solo
Cambissolo				
				t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹
8338,73	2	0,037	0,15	Cerrado 92,56
8338,73	2	0,037	0,03	Área urbana 18,51
8338,73	2	0,037	0,46	Agricultura 283,85
8338,73	2	0,037	0,18	Pastagem 111,07
8338,73	5	0,037	0,15	Cerrado 231,40
				Área
8338,73	5	0,037	0,03	urbana 46,28
8338,73	5	0,037	0,46	Agricultura 709,63
8338,73	5	0,037	0,18	Pastagem 277,68
Latossolo				
8338,73	2	0,013	0,15	Cerrado 32,52
8338,73	2	0,013	0,03	Área urbana 6,50
8338,73	2	0,013	0,46	Agricultura 99,73
8338,73	2	0,013	0,18	Pastagem 39,03
8338,73	5	0,013	0,15	Cerrado 81,30
				Área
8338,73	5	0,013	0,03	urbana 16,26
8338,73	5	0,013	0,46	Agricultura 249,33
8338,73	5	0,013	0,18	Pastagem 97,56
Plintossolo				
8338,73	2	0,057	0,15	Cerrado 142,59
8338,73	2	0,057	0,03	Área urbana 28,52
8338,73	2	0,057	0,46	Agricultura 437,28
8338,73	2	0,057	0,18	Pastagem 171,11
8338,73	5	0,057	0,15	Cerrado 356,48
				Área
8338,73	5	0,057	0,03	urbana 71,30
8338,73	5	0,057	0,46	Agricultura 1093,21
8338,73	5	0,057	0,18	Pastagem 427,78

A Figura 5.21 ilustra a evolução da perda de solo na bacia, com restrita evolução do quantitativo das classes de perda de solo como pode ser observado na Tabela 5.12.

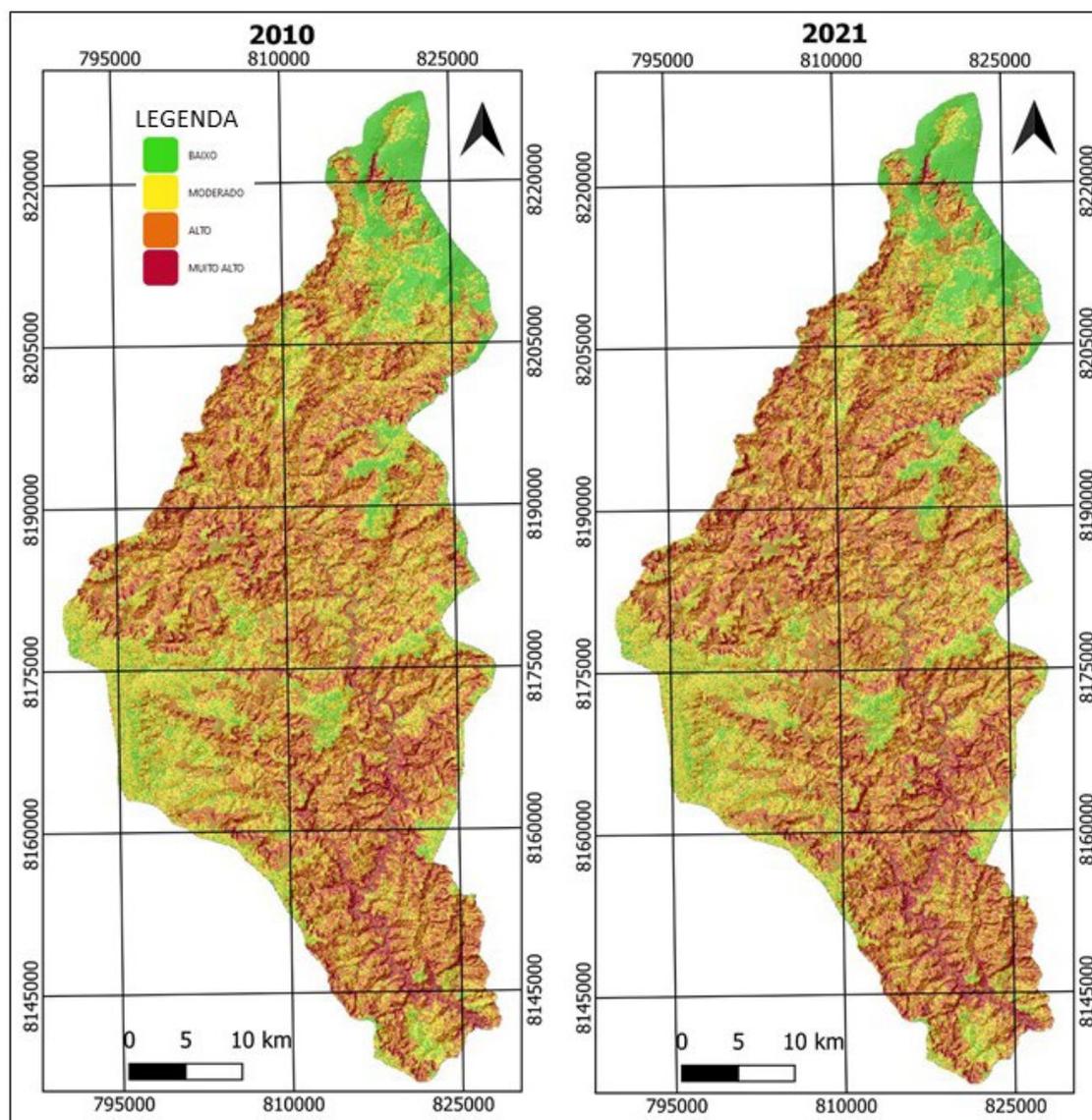


Figura 5.21 - Ilustração da perda de solo na bacia em 2010 e 2021.

Tabela 5.12 - Resultado da perda de solo por classe na bacia.

Classes	Perda de solo	% 2010	% 2021
Baixo	0 a 10 t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	13,5	13,2
Moderado	> 10 a 50 t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	32,3	30,7
Alto	> 50 a 200 t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	41,8	42,3
Muito Alto	>200 t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	12,4	13,5

O resultado final mostra claramente que a bacia tem um alto potencial de perda de solo com mais de 50% da área da bacia apresentando valores no intervalo de classe entre alto a muito alto quanto ao potencial de perda de solo. Isso potencializa a necessidade de realização de ações de práticas conservacionistas como o reflorestamento apresentado anteriormente, que alterou Fator C na APP, conforme mostra a Tabela 5.13.

Tabela 5.13 - Alteração do Fator C das Áreas de Preservação Permanentes do reservatório.

Fator R	Fator LS	Fator K	Fator CP		Perda de solo
			Cambissolo		t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹
8338,73	2	0,037	0,15	Cerrado	92,56
8338,73	2	0,037	0,46	Agricultura	283,85
8338,73	2	0,037	0,18	Pastagem	111,07
8338,73	5	0,037	0,15	Cerrado	231,40
8338,73	5	0,037	0,46	Agricultura	709,63
8338,73	5	0,037	0,18	Pastagem	277,68
			Latossolo		
8338,73	2	0,013	0,15	Cerrado	32,52
8338,73	2	0,013	0,46	Agricultura	99,73
8338,73	2	0,013	0,18	Pastagem	39,03
8338,73	5	0,013	0,15	Cerrado	81,30
8338,73	5	0,013	0,46	Agricultura	249,33
8338,73	5	0,013	0,18	Pastagem	97,56

5.3.1.6 Considerações Finais sobre Perdas de Solos

Considerando a Tabela 5.15 estima-se que para cada hectare reflorestado considerando o reflorestamento realizado em áreas de pastagem, em cambissolo e com Fator LS de até 2 foi evitada uma perda de aproximadamente 18,51 ton/ha/ano de solo. Se o reflorestamento fosse realizado em áreas de agricultura a redução das perdas de solos seria de 191 ton/ha/ano. Reflorestamentos realizados em áreas mais declivosas tem potencial ainda maior de conservação do solo atingindo valores de redução de perda de 46,28 ton/ha/ano, quando reflorestamento é realizado em área de pastagem e 478,23 ton/ha/ano, quando realizado em área de agricultura.

O estudo evidencia que as áreas com maior potencial de perda de solo estão em áreas com pouca vegetação, com maior comprimento de rampa e maiores declividades e videnciando a importância de implementação de políticas públicas para a recuperação e conservação destas áreas. A utilização de metodologia eficiente de recuperação em áreas sem vegetação aliada a elaboração de políticas de manejo e conservação das áreas críticas poderão diminuir o impacto da perda de solo na região da bacia conforme pode ser observado neste estudo. Contudo, é necessário um aprofundamento na discussão metodológica e melhoria das variáveis considerando a escala dos dados disponíveis.

Acresenta-se a este resultado a grande redução da perda de solo na APP, por erosão laminar, na comparação entre os anos 2010 e 2011 evidenciando a eficiência do reflorestamento quanto ao serviço ambiental de redução da erosão por fluxo de escoamento difuso ou laminar.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

Com relação ao meio físico da bacia estudada é possível enumerar a seguinte síntese sobre a área:

- A geologia é essencialmente composta por metassedimentos proterozoicos de baixo grau metamórfico incluindo ardósias, filitos, xistos, metarritmitos e quartzitos dos grupos Paranoá, Canastra e Araxá;
- O clima é típico da região do cerrado brasileiro, com forte sazonalidade em que se distinguem duas estações com contraste de todos os parâmetros climáticos, de outubro a abril e de maio a setembro. A região é submetida ao fenômeno de veranicos, que correspondem a períodos secos de 15 a 20 dias, nas épocas em que se esperam os maiores índices pluviiais (janeiro e fevereiro);
- O relevo da região é predominantemente marcado por forte dissecação, com padrão ondulado a forte ondulado, elevada densidade de drenagem e porções reduzidas com declives moderados compondo padrão de relevo suave ondulado;
- Os solos predominantes são cambissolos distróficos que ocupam mais de 70% da área, além de latossolos vermelhos distróficos e ácricos. Outras classes de solos ocorrem apenas de forma localizada.

Considerando os resultados obtidos na avaliação temporal da paisagem da bacia e na avaliação da eficiência das ações conservacionistas aplicadas nas Áreas de Preservação Permanente do reservatório da UHE Corumbá III, conclui-se que:

- Considerando o período de 2010 a 2021 área de vegetação nativa da bacia diminuiu 1,85%, a de pastagem 2,96% e a área de agricultura aumentou 4,71%. Apesar da redução, a vegetação nativa ainda ocupa expressivo território em 2021 (35,74%) a agricultura (28,90%) e a pastagem (26,11%) também estão entre as principais classes de cobertura da área estudada;
- A aplicação de técnicas tradicionais aliadas a métodos inovadores resultou em ganhos significativos nos resultados dos reflorestamentos de APPs em áreas de cerrado. Dentre as técnicas não tradicionais destacam-se: isolamento da área com cerca e aceiro, controle de espécies invasoras exóticas com capina química, uso da subsolagem em nível para o preparo de solo, aplicação de adubação de plantio e de cobertura com micronutrientes, produção de mudas utilizando substrato com adubo de liberação lenta, realização de tratamentos culturais no mínimo durante 4 anos após o plantio;

- Quanto as áreas reflorestadas considerando sua composição florística e estrutural, é possível concluir que estas áreas vêm desempenhando importante papel ecológico. As áreas reflorestadas apresentam índices de diversidade de espécies de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou para as 28 parcelas amostradas entre 4,36 e 0,83, respectivamente, mostrando alta diversidade, uma vez que os valores para estes índices se situam entre 1,5 e 3,5 e só raramente ultrapassam o valor de 4,5;
- A aplicação do modelo USLE alinhado ao SIG evidenciou de forma espacializada que as áreas com maior potencial de perda de solo estão em áreas com pouca vegetação, com maior comprimento de rampa e maiores declividades, evidenciando a importância de proposição de políticas públicas para recuperação e conservação destas áreas;
- O reflorestamento das áreas de preservação permanentes do reservatório da UHE de Corumbá III permite reduzir as perdas de solos. Caso as técnicas de reflorestamento fossem aplicadas em áreas de pastagem, cultivo agrícola ou de maior declividade a redução das perdas por erosão laminar seria mais acentuada.

A utilização de metodologia eficiente de recuperação em áreas sem vegetação aliada a elaboração de políticas de manejo e conservação das áreas críticas poderá diminuir o impacto da perda de solo na região da bacia conforme pode ser observado neste estudo. Contudo é necessário um aprofundamento na discussão metodológica e melhoria das variáveis considerando a escala dos dados disponíveis.

A aplicação do modelo USLE se mostrou viável para a bacia hidrográfica, pois apesar de este ter enfrentado algumas limitações acerca de dados e materiais em escalas adequadas, ainda sim foi possível realizar a avaliação. Considerando a área com informações restritas considerando escala de informações, consideramos a metodologia sob a ótica de uma abordagem qualitativa, em que apesar de não fornecer informações absolutas, permitiu uma análise comparativa.

Vale destacar que este estudo consiste em um estudo em escala regional na bacia. Neste sentido, sugere-se que para futuros estudos sejam utilizados mapas de solos em maiores escalas e com maior detalhamento. Os ensaios laboratoriais com solos presentes na região seriam de importante, para determinação de erodibilidade para esses solos. Assim, o estudo não se basearia somente na utilização de valores de regionalização presentes na literatura.

Espera-se que, de alguma forma, este estudo venha a contribuir com órgãos gestores no auxílio da proposição de medidas de ordenamento acerca do uso e ocupação do solo, que são imprescindíveis para a conservação.

6.2 Recomendações

O estudo apresentado evidencia a eficiência conservacionista do reflorestamento realizado na APP. No entanto, para ampliar o conhecimento e melhorar as práticas já utilizadas se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas com maior detalhamento, a fim de potencializar o conhecimento sobre a evolução dos atributos ambientais das áreas reflorestadas, incluindo:

- Instalação de calha de Wischmeier em áreas reflorestadas, áreas de pastagens e área de fragmentos florestais naturais sobre o mesmo tipo de solo e mesma declividade para quantificação da perda de solo;
- Avaliação da dinâmica do carbono e nutrientes do solo nas áreas de reflorestamento com diferentes idades, sob fragmento florestal natural e pastagem;
- Avaliar o aporte de serrapilheira nas áreas de reflorestamento com diferentes idades e em fragmento florestal natural;
- Avaliar a infiltração do solo nas áreas de reflorestamento de diferentes idades, pastagem e sob fragmento florestal natural;
- Comparar os parâmetros dendrométricos e fitossociológico da técnica utilizada neste estudo com as técnicas tradicionalmente utilizadas no cerrado;
- Avaliar a relação dos impactos ambientais provocados pela redução das áreas de floresta natural e formação natural não florestal, como os impactos na flora, na biodiversidade, nos indivíduos de espécies endêmicas;
- Avaliar a relação da vazão das sub-bacias com a dinâmica de uso e ocupação da bacia;
- Avaliar a ecologia da paisagem dos fragmentos com o objetivo de propor políticas públicas de áreas prioritárias de formação de corredores ecológicos e proposição de criação de áreas protegidas na bacia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVALÁ, R.C.S.; CUNHA, A.P.M.A.; BRITO, S.S.B.; SELUCHI, M.E.; MARENGO, J.A.; et al. 2019. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 91 (Suppl. 1), e20170209.
- ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; DORNELAS, G.V. 2002. Análise da vegetação arbóreo-arbustiva espontânea, ocorrente em taludes íngremes no município de Areia - estado da Paraíba. *Revista Árvore* 26(2): 165-172.
- ASMAMAW, L.B.; MOHAMMED, A.A. 2019. Identification of soil erosion hotspot areas for sustainable land management in the Gerado catchment, North-eastern Ethiopia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 13, p. 306-317.
- BATALHA, R.M.P.; TEIXEIRA FILHO, J.; TERESO, M.J.A. Recuperação da mata ripária como diretriz prioritária no planejamento dos recursos hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 1995. *Conservação do solo*. São Paulo: Editora Ícone, 356p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 2014. *Conservação do solo*. 9. ed. São Paulo: Ícone, 355p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI-NETO, F. 1993. Fatores que influem na erosão. *Conservação do solo*, v. 3, p. 45-67.
- BEZERRA, J.W.A.; SILVA, M.A.P.; BATISTA, A.P.; MENDONÇA, A.C.A.M.; OLIVEIRA, J.F.; SANTOS, M.A.F.; SILVA, V. B. Biometria e quebra de dormência em *Dimorphandra gardneriana* Tul. (Faveira) (Fabaceae). *Revista Cubana de Plantas medicinales*, v. 23, n. 4, 2018.
- BORRELLI, P., ROBINSON, D. A., FLEISCHER, L. R., LUGATO, E., BALLBIO, C., ALEWELL, C.; PANAGOS, P. 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications*, 8(1).
- BOSCH, M. 2019. PyLandStats: An open-source Pythonic library to compute landscape metrics. *PloS one*, v. 14, n. 12, p. e0225734.
- BOTTA, G.F.; KRUGER, E.L.; VIGLIZZO, E.F.; JOBÁGY, E.G. 2014. A review of the ecosystem functions in grassland soils in response to the implementation of conservation practices. *Environmental Research Letters*, 9(12), 123006.
- BRADY, N.C. and WEIL, R.R. 2010. *The Nature and Properties of Soils*. 13th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- BUENO, M.L.; PENNINGTON, R.T.; DEXTER, K.G.; KAMINO, L.H.Y., PONTARA, V.; NEVES, D.M.; RATTER, J.A; OLIVEIRA-FILHO, A.T. 2016. Effects of Quaternary climatic fluctuations on the distribution of Neotropical savanna tree species. *Ecography*, v. 39, p. 001-012.
- CAMPOS, J.E.G.; DARDENNE, M.A., HENRIQUE, F., MARTINS-FERREIRA, M.A.C. 2013. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. 43(September), 461-476.
- CARVALHO, F.H. 2014. *Uso do modelo SWAT na estimativa da vazão e da produção de sedimentos em bacia agrícola do Cerrado brasileiro*. Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 154p. Dissertação de Mestrado.
- CARVALHO, J.C.; SALES, M. M.; MORTARI, D.; FÁCIO, J. A.; MOTTA, N.; FRANCISCO, R.A. 2006. Processos erosivos. In: Carvalho, J.C.; Sales, M. M.; Souza, N. M.; Melo, M. T. S. (Org.). *Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro*. Brasília: Finatec, p. 39-91.

- CARVALHO, M.A.F.C.; BITTAR, P.A.; SOUZA, P.B.; FERREIRA, R.Q.S. 2016. Florística, fitossociologia e estrutura diamétrica de um remanescente florestal no município de Gurupi, Tocantins. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, n. 4, p. 59-66,
- CARVALHO, N.O. 1994. *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro: Ed. CPRM. 372p.
- COELHO, M.R.M., CURI, N., SOARES, J.P.G., MARQUES, J.J.G.S.M.; GUILHERME, L.R.G. 2021. The impact of vegetation density on soil erosion in the Cerrado. *Journal of Environmental Management*, 292, 112798.
- COGO, N.P. 1988. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1988. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.251-262
- COLLI, G.R.; VIEIRA, C.R.; DIANESE, J.C. 2020. Biodiversidade e conservação do Cerrado: avanços recentes e velhos desafios. *Biodiversidade e Conservação*, v. 29, n. 5, pág. 1465-1475, 2020.
- CONDÉ, T.M., TONINI, H. 2013. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. *Acta Amaz.* 43, 247–259.
- COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J.C. 1990. *Geomorphology in environmental management: A new introduction*. Oxford Clarendon Pr.
- COSTA, A.A.; ARAÚJO, G.M. 2001. Comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Acta botânica brasílica*, v. 15, n. 1, p. 63-72.
- COSTA, F.R.C., MAGNUSSON, W.E., LUIZÃO, R.C. 2005. Mesoscale distribution patterns of Amazonian understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology*, -878.
- CULLEN, L.; ABREU, K. C.; SANA, D.; NAVA, A. F. D. 2005. As onças-pintadas como detetives da paisagem no corredor do Alto Paraná, Brasil
- DAMASCENO-JUNIOR, G.A.; SEMIR, J.; SANTOS, F.A.M.; LEITÃO-FILHO, H.F. 2005. Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. *Flora*, v. 200, p. 119–135,
- DAWS, M.I; PEARSON, T.R.H; BURSLEM, D.F.R.P; MULLINS, C.E.; DALLING, JW. 2005. Efeitos da posição topográfica, serapilheira e tamanho da semente na demografia de mudas em uma floresta tropical semidecídua no Panamá. *Ecologia de plantas*, 179 , 93 – 105.
- DEMARCHI, J.C.; ZIMBACK, C.R.L. 2014. Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perda de solo na sub-bacia do Ribeirão das Perobas. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 29, n. 2, p. 102-114,
- DENARDIN, J.E. 1990. Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba, ESALQ, 81p. (Tese de Doutorado)
- DRUCKER, D.P.; COSTA, F.R.C.; MAGNUSSON, W.E. 2008. How wide is the riparian zone of small streams in tropical forests? A test with terrestrial herbs. *Journal of Tropical Ecology*, v. 24, n. 1, p. 65-74.
- FAO. 2019. *Soil erosion: the greatest challenge to sustainable soil management*. Rome. 100 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, R.P. 2003. Conceitos e métodos em fitossociologia. *Comunicações Técnicas Florestais*, v. 5, n. 1, p.68.
- FELFILI, J.M.; FELFILI, M.C. 2011. Diversidade Alfa e Beta no cerrado sensu stricto da Chapada Pratinha, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, v.15, n.2, p. 243-254.

- FELFILL, J.M.; SILVA-JÚNIOR, M.C.; SEVILHA, A.C.; FAGG, C.W.; WALTER, B.M.T.; NOGUEIRA, P.E.; REZENDE, A.V. 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. *Plant Ecology*, v. 175, n.1, p. 37-46.
- FERREIRA, I. J. M. et al. 2018. Spatial dimension landscape metrics of Atlantic Forest remnants in Paraná State, Brazil. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 40, p. e36503- e36503.
- FIDALSKI, J., BERTO I, I., BATISTELA, O. A. 2018. Erosão hídrica em solo cultivado com milho sob plantio direto e cobertura vegetal em área de cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(2), 107-113.
- FOSTER, G.R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. 1981. “Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units”. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.36, p. 355- 359.
- GERRARD, A.J 1981. Slope form in the Derbyshire Peak District: Some geomorphological considerations. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 6(2), 183-196.
- GOMES, G.S.; SILVA, G.S.; SILVA, D.L.S.; OLIVEIRA, R.R.; CONCEIÇÃO, G.M. 2018. Botanical Composition of Fabaceae Family in the Brazilian Northeast, Maranhão, Brazil. *Asian Journal of Environment and Ecology*. v. 6, n. 4, p. 1-10,
- GOODLAND, R.A. 1971. Physiognomic Analysis of the ‘Cerrado’ Vegetation of Central Brasil. *Journal of Ecology*, v. 59, n. 2, p. 411-419,
- GRAHAM, P. H.; VANCE, C. P. 2003. Legumes: Importance and Constraints to Greater Use. *Plant Physiology*, v. 131, pp. 872-877.
- GUARIZ, H.R.; GUARIZ, F.R. 2020. Avaliação do tamanho e forma de fragmentos florestais por meio de métricas de paisagem para o Município de São Roque do Canaã, Noroeste do Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 5, p. 2139-2153.
- GUERRA, A. J. T. 2017. Processos erosivos nas encostas. In: *Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos*. Orgs: Antonio Jose Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha, 15ª edição, Editora Bertrand Brasil, 149-209.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.). 2001. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. 1999. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Scientia Forestalis*, n. 56, p.83-99.
- JOLY, C. A.; SPIGOLON, J. R.; LIEBERG, S. A; AIDAR, M. P. M.; METZGER, J. P.; SALIS, S. M.; LOBO, P. C.; SHIMABUKURO, M. T.; MARQUES, M. M.; SALINO, A. 2000. Projeto jacaré-pepira: o desenvolvimento de um modelo de recomposição de mata ciliar com base na florística regional. In: RODRIGUES, R. R. (Org.). *Matas ciliares: estado atual de conhecimento*. Campinas: Fapesp/ EDUSP, p. 271-278.
- KAGEYAMA, PY, GANDARA FB. 2005. Resultados do programa de restauração com espécies arbóreas nativas do convênio ESALQ/USP e CESP. In: Galvão APM, Porfírio-da-Silva V, editores. *Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso*. Colombo: Embrapa.
- KESSTA, S., NUNES, J., NOVARA, A., FINGER, D., AVELAR, D., KALANTARI, Z., CERDÁ, A. 2018. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 610, 997-1009.
- LACERDA FILHO, JV; REZENDE, A.; SILVA, A. 1999. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil-Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Goiânia: CPRM-Serviço Geológico do Brasil.**

- LANDERS, J.L.; FREITAS, P.L. 2001. Preservação da vegetação nativa nos trópicos brasileiros por incentivos econômicos aos sistemas de integração lavoura x pecuária com plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE ECONOMIA E ECOLOGIA, 2001, Belém. Anais... Belém: [s.n.]
- LEWIS, G.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew.
- LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E.M.; EID, N.J.; MARTINS, E.S.; KOIDE, S.; REATTO, A. 2007. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para a estimativa da erodibilidade dos solos da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim – DF. Revista Brasileira de Geomorfologia, 8 (2): 21-34.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. 1980. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa Sobre Conservação do Solo, p. 13– 25.
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- MAGURRAN, A.E. 2013. Medindo a Diversidade Biológica. Curitiba, Ed. da UFPR, 261 p.
- MALHI, Y.; DAVIDSON, E.A. 2013. Biogeochemistry and Ecology of Terrestrial Ecosystems of Amazonia. Amazonia and Global Change. Oxford, University of Oxford, p. 293-297.
- MAMEDE, L; ROSS, J.L.S; SANTOS, L.M.; NASCIMENTO, M.A.L.S. 1983. Geomorfologia. In: PROJETO RADAMBRASIL. Folha SE.22 - Goiânia. Rio de Janeiro: IBGE, p. 349-412, Levantamento de Recursos Naturais, 31.
- MARIMON-JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. Acta Botânica Brasilica, v.19, n.4, p.913-926,
- MARQUES, F. M.; RODRIGUES, R. C.; NASCIMENTO, M. A. et al. 2020. Caracterização da umidade do ar na região do cerrado brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 561-570.
- MCCONKEY, Kim R. et al. 2012. Dispersão de sementes em paisagens mutáveis. Conservação biológica, v. 146, n. 1, pág. 1-13.
- MEDEIROS, I.C.; SILVA R.M. 2014. Análise da erosão hídrica na região semiárida da Paraíba usando o modelo SWAT acoplado a um SIG. Geociências, v. 33, n. 3, p.457-471.
- MEDEIROS, M. B.; GUARINO, E. S.G.; SILVA, G.P. 2005. Fitossociologia de um trecho de cerrado sensu stricto na bacia do rio Corumbá – área de influência direta do Aproveitamento Hidrelétrico Corumbá IV (GO), Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
- MELLO, C.H.A.; TEIXEIRA, A.S.; SANTOS, T.C.C. et al. 2019. Variabilidade sazonal da umidade relativa do ar na região do cerrado brasileiro. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 24, p. 18-30.
- MELLO, C. R., MARQUES, J.J.G.S.M., CURI, N., SOARES, J.P.G.; SILVA, A.M. 2020. Influence of soil texture and roughness on the Cfactor of the Universal Soil Loss Equation in the Cerrado biome. Journal of Soil and Water Conservation, 75(5), 521-528.
- MILUSKA AR, GUTIERREZ R. 2020. Assessing soil erosion risk at national scale in developing countries: The technical challenges, a proposed methodology, and a case history. Science of The Total Environment 703:135474.

- MORGAN, R.P.C. 2005. Soil Erosion and Conservation. 3^o edition. England: Blackwell Publishing.
- MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Willey & Sons.
- OLIVEIRA, A.N.; AMARAL, I.L. 2004. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. *Revista Acta Amazônica*, Manaus, v.34, n.1, p.21-34
- OLIVEIRA, F. da S. O. 2016. Empreendimentos Hidrelétricos e Transformações Socioespaciais: A construção dos AHE Corumbá III e IV e os efeitos sobre o produtor rural diretamente atingido do município de Luziânia-GO – Dissertação – UFU – 158p
- OLIVEIRA, L.J., REIS JÚNIOR, F.B., ROSSETI, K.V., OLIVEIRA, T.S. 2020. Impacto das práticas conservacionistas na qualidade do solo em áreas de cerrado. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, 18(3), 273-280.
- ONU 2015. Resolução adotada pela Assembléia Geral em 25 de setembro de 2015. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Relatório Técnico Nações Unidas - Assembléia Geral EUA.
- PENA, G.S.; PEREIRA, A.D.C., TAKAHASHI, A.T. et al. 1975. Projeto Goiânia II Goiânia, CPRM, v. 1. - Relatório Final. Convênio CPRM/DNPM
- PEREIRA-SILVA, E. F. L.; SANTOS, J. E.; KAGEYAMA, P. Y.; HARDT, E. 2004. Florística e fitossociologia dos estratos arbustivos e um arbóreo de um remanescente de cerrado em uma Unidade de Conservação do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de botânica*, v. 27, p. 533-544,
- PHAM, T. G., DEGENER, J., KAPPAS, M. 2018. Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam. *International Soil And Water Conservation*
- PRUSKI, FERNANDO FALCO. 2009. Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: ED. UFV, 279p.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation. III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany*, v. 60, n. 1, p. 57-109.
- REATTO, A. CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; MARTINS, E.S. 2008. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. Pp. 107-134. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J. P. (Eds.). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Planaltina, Embrapa.
- RENARD, K.G., FOSTER, G.R., WEESIES, G.A., McCOOL, D.K., YODER, D.C. 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 703.
- ROSA, I.M.D.; GABRIEL, C.; CARREIRAS, J.M.B. 2017. Spatial and temporal dimensions of landscape fragmentation across the Brazilian Amazon. *Regional Environmental Change*, New York, v. 17, p. 1687-1699,
- ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. 1997. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – escala 1:500.000, FFLCH-USP-IPT-FAPESP, São Paulo, vol. 1 e 2.
- SANTANA-CORDERO, A.M. 2021. Geographic information science in historical landscape studies. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, n. 28, p. 121-134.

- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa.
- SARDAR, P.; SAMADDER, S. R. 2021. Understanding the dynamics of landscape of greater Sundarban area using multi-layer perceptron Markov chain and landscape statistics approach. *Ecological Indicators*, v. 121, p. 106914.
- SEGEDI, G.C. 2019. Estimativa de Erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) para a Bacia São Marcos. Universidade de Brasília, 19p. Monografia de especialização em em Geoprocessamento.
- SILVA, F.M., CARVALHO, M.P., RALICH, R., OLIVEIRA, G.C. 2012. Práticas conservacionistas na redução da erosão do solo em áreas de cerrado. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 6(4), 279-292.
- SILVA, L. A., MONTEBELLER, C. A., CURI, N. 2019. Soil loss prediction based on USLE and empirical equations for three different land uses in the Cerrado biome. *Catena*, 175, 117-124.
- SOARES-LOPES, C.R.A. 2015. Herbário da Amazônia Meridional, Mato Grosso (HERBAM). *Unisanta Biosci.* 4, 36-39.
- SOUZA, D. R. de; SOUZA, A. L. 2004. Estratificação vertical em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 691-698.
- STEIN, D.P.; DONZELLI, P.L.; GIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W.L.; LOMBARDI NETO, F. 1987. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na bacia do Peixe - Paranapanema. 4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Anais. Marília. Vol.1, 105-135.
- THEMAG/ CTE – Centro Tecnológico de Engenharia. 2000. Relatório de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Corumbá III. 4 vols.
- TONKIN, J. D.; POFF, N. L.; BOND, N. R.; HORNE, A.; MERRITT, D. M.; REYNOLDS, L. V; OLDEN, J. D.; RUHI, A.; LYTLE, D. A. 2019. Prepare river ecosystems for an uncertain future. *Nature*, jun.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. 2012. *Limnology*. [S.l.]: Taylor & Francis, ISBN 9780415588355.
- VALENTIN, J. L. 1995. Agrupamento e Ordenação. *Oecologia Brasiliensis*, v. 2, p. 30-55.
- VAN BEEK, R., COMMERAAT, E., ANDREU., M.S. e DORREN, L 2008. Hillslope Processes: Mass Waasting, Slope Stability and Erosion. In J. Noris, A. Stokes, S. Mickovski, E Cammeraat, R. Van Beek, B. Nicoll, et al., *Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solution (17-64)*. Dordrecht, Netherland: Springer
- VIEIRA, D.S., GAMA, J.R.V., OLIVEIRA, M.L.R., RIBEIRO, R.B.S. 2015. Análise estrutural e uso múltiplo de espécies arbóreas em florestas manejadas no médio vale do rio Curuá-Una, Pará. *Revista Floresta* 45, 465-476.
- WALM – Engenharia e Tecnologia Ambiental LTDA. 2009. Programa Básico Ambiental de Recomposição do entorno do reservatório Corumbá III. 32pg.
- WANG, B.C.; SMITH, T.B. 2002. Fechando o ciclo de dispersão de sementes. *Tendências em ecologia e evolução*, v. 17, n. 8, pág. 379-386.
- WISCHMEIER, W. H., JOHNSON, C. B., CROSS, B. V. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, 26, 189-193.
- WISCHMEIER, W.H. 1962. Storms and Soil Conservation. *Journal of Soil AND Water Coservation*, An-Keny, v.17, nº 2, 55-59.

- WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Agriculture Handbook 537. U. S. Department of Agriculture, Washington, USA, 58p.
- XAVIER, J.P.S., BARROS, A.H.C., WEBBER, D.C., ACCIOLY, L.J.O., MARQUES, F.A., ARAÚJO FILHO, J. C., SILVA, A.B. 2019. Estimativa da erosividade da chuva por diferentes métodos e seu impacto na equação universal de perdas de solo, no semiárido pernambucano, Revista Brasileira de Geografia Física v.12, n.03 859-875.
- ZHANG, Q. et al. 2020. The spatial granularity effect, changing landscape patterns, and suitable landscape metrics in the Three Gorges Reservoir Area, 1995–2015. Ecological Indicators. [s. l.], v. 114, p. 1-15.
- ZHAO, Y., ZHANG, X., LEI, T., GAO, P. 2015. Effect of soil and water conservation measures on soil erosion and maize yield on sloping farmland in the semi-humid region of the Chinese Loess Plateau. Soil and Tillage Research, 153, 1-9.

ANEXO 1

Equação Fator L.S

##Calculadora raster

#Equação 1

Beta = (sin("Declividade" * 0.01745) / 0.0896) / (3*(sin("Declividade" * 0.01745)^0.8)+0.56) #declividade em graus a ser convertida em radianos

Beta = (sin("Declividade" / 57.3) / 0.0896) / (3*(sin("Declividade" * 0.01745)^0.8)+0.56) #declividade em graus a ser convertida em radianos

Beta = (sin("Declividade_Rad") / 0.0896) / (3*(sin("Declividade_Rad")^0.8)+0.56) #declividade em radianos

##Calculadora raster

#Equação 2

m = (sin("Declividade" * 0.01745) / 0.0896) / (3*(sin("Declividade" * 0.01745)^0.8)+0.56) / (1 + (sin("Declividade" * 0.01745) / 0.0896) / (3*(sin("Declividade" * 0.01745)^0.8)+0.56))

m = Beta / (1 + Beta)

##Calculadora raster GDAL

#Fórmula 3 - Fator L

L = (power((B + 900),(A+1)) - power(B, (A+1))) / (power(C,A)*power(30,(A+2))*power(22.13,A))

##Calculadora raster SAGA

#Condicional - Fator S

ifelse((tan(a*0.01745)< 0.09), 10.8*sin(a * 0.01745)+0.03, 16.8*sin(a*0.01745)-0.5)

##RECLASSIFICAÇÃO DO MAPA FINAL### Guimaraes (2011) / FAO 1967

0 - 1

1 - 3

3 - 5

5 - 10

10 - 20

20 - 50

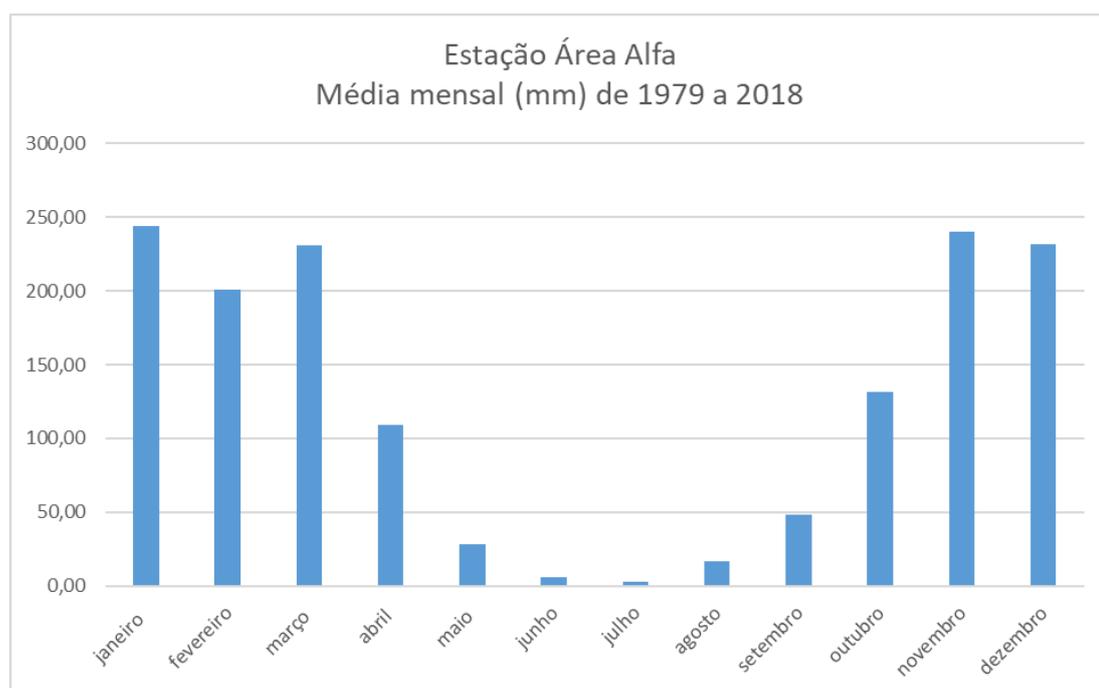
50 - 200

> 200

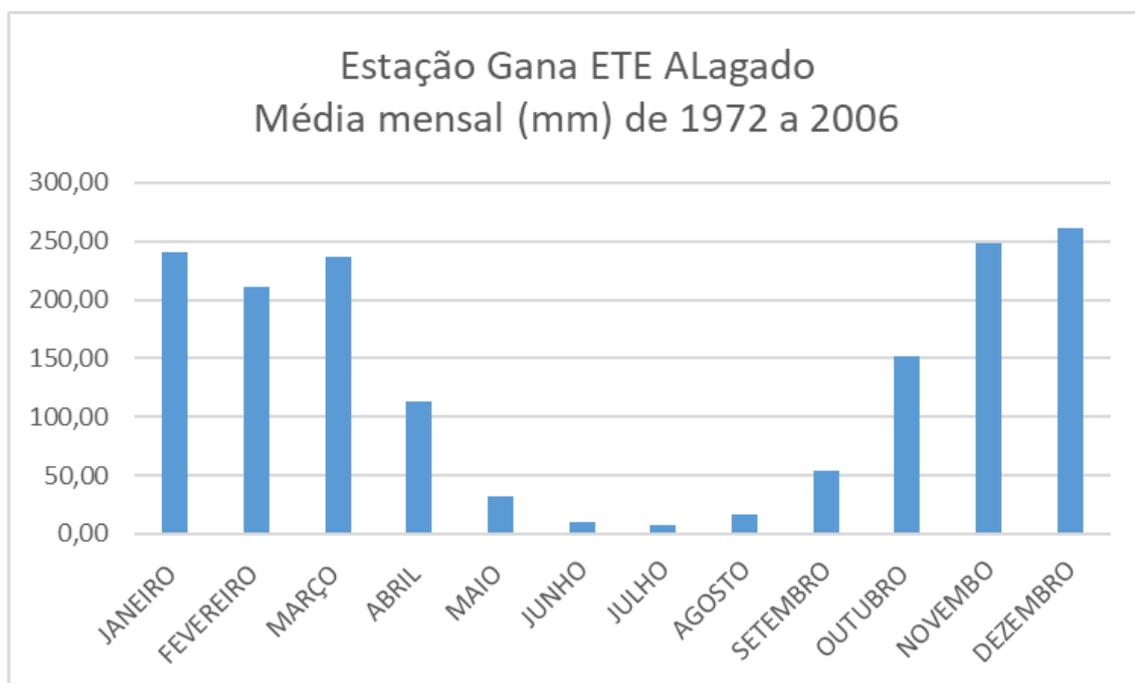
ANEXO 2

Dados das Estações Pluviométricas

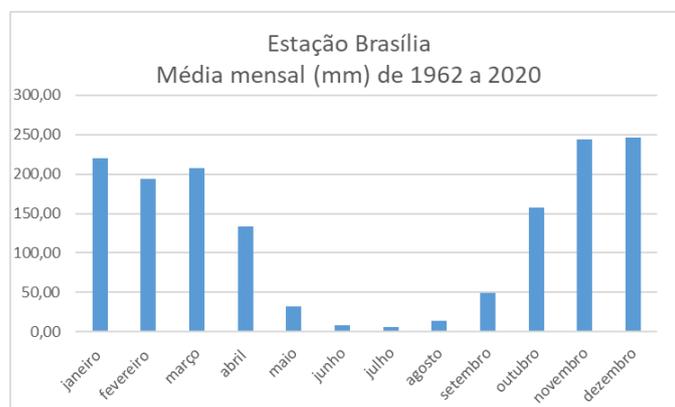
Código da Estação: 01547014 (Área Alfa)													
Período: 1979 a 2018													
ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	total
2018	180	213,1	128	217,7	20,8	0	0	23,3	24,9	151,7	284,4	110,3	1329,3
2017	135,4	197,1	235,7	14,9	42,5	2	0	0	7,8	67,7	405,9	326,1	1427,3
2016	305,2	89,7	221	17	18,1	0	0	1,6	48,1	119,4	271,6	124,9	1168,5
2015	70	136,8	254,9	178,1	34,6	0	0,8	0	48,7	43	246,5	197,7	1162,4
2014	96,1	113,4	322,7	245,3	0,2	23,4	2	0	5,6	101,3	336	320,8	1561,2
2013	344,4	98	191,4	95,3	30,6	3,6	0	0	58,2	202,6	140,7	374,6	1481,2
2012	239,1	208	142,2	146,2	42	11,6	0,1	0	25,8	76	359,4	105,8	1330,4
2011	118,4	239,6	237,7	63	14,2	0	0	0	5,1	277,5	231,7	351,8	1533,9
2010	203,2	114,6	230	53,8	3,2	7,9	0	0	0	136,8	256	250,8	1256,3
2009	295,1	187,5	225,8	158,2	54,4	15,7	0	119	27,7	386,3	170	256,8	1868,8
2008	1003,7	384,6	877,2	90,6	0	0	0	0	44,5	47,2	169,3	253,4	2826
2007	289,8	245,5	8,4	71,6	2,2	0	0	0	0	35,8	219,8	153,2	1026,3
2006	144	198,2	359,9	161,2	34,6	22,2	1	42	59	307,6	199,7	237,4	1707,8
2005	274,2	262,2	276,8	73,7	12,4	1	0	41,2	44,6	117	249,4	323,7	1631,6
2004	463,6	449,5	407,4	159	0	0	0	0	0	108,5	84	209,5	1881,5
2003	164,2	123,5	162,2	40	25,3	1	0	18,2	3,3	56,9	212,9	139,9	944,1
2002	236,6	232,5	270,5	39,2	1	0	0	0	104,6	113	281,5	160,8	1335,1
2001	139,5	280,7	357,4	97	28	0	0	45,8	42,8	174,5	214,9	147,4	1485,2
2000	325	172,2	191,9	128,7	0	0	0	49,7	159,7	103,2	252,2	344,1	1567
1999	94	92	220,7	78,3	18,4	0	0	0	83,4	165,4	277,9	227,7	1174,4
1998	264,4	308,7	170,6	97,5	18,9	14,3	0	0	3,2	165,4	317	245,3	1602,1
1997	254,7	88,8	333,4	62,8	74,2	9,7	0	0	162,6	108,6	206,7	114,7	1253,6
1996	93,5	137,6	185,3	48,4	100	0	0	39,3	8,3	43,5	277,7	285,4	1210,7
1995	155,8	177,8	244,6	233	33,3	0	0	0	10,3	131,4	340,8	164,7	1481,4
1994	330,5	84,6	391,6	142,1	26,3	22,4	6	0	0	32,3	218,5	388,1	1642,4
1993	98,2	314,7	111,4	143,6	37,2	9,2	0	32,1	47,3	73,5	129,6	401,3	1350,8
1992	234,2	271,1	86,4	162,2	27,3	0	0	60,3	84,9	196,8	385,4	225,9	1649,6
1991	160,9	352,4	257,2	108,1	25,3	0	0	0	50,4	62,3	320,4	317	1603,6
1990	167,2	142,9	77,8	72,5	102,2	0	12,4	16	143,1	121	148,2	176,1	1036,3
1989	98,4	160	100,3	35,8	0	35	13	23,8	81,7	124,6	449,8	351,9	1392,6
1988	161,5	224,7	103,9	147,6	4,2	19,1	0	0	8,2	269,2	127,1	182,5	1239,8
1987	90	78,4	152,3	229,2	12,4	1	0	0,2	61,6	53,3	242,8	152,6	1012,2
1986	115,2	109	177,7	40,6	16	0	41	39	5,1	93	112,4	150,1	894
1985	271,1	154,4	168,4	83,3	55,4	0	0	1,2	70,4	128,4	55,1	81	998,3
1984	132	96,4	144,2	88,4	4	0	0	53,8	86,1	84,1	101,1	202,7	906,7
1983	426	296,2	343	141,2	57	0	23,6	0	45,6	169,6	333	254,5	2044,1
1982	406,2	35,6	319,2	71,6	121	0	0	5,8	56	142,4	71,8	179	1352,6
1981	288,4	84,4	264,4	59	6,2	42	14	32,4	18	348,2	352,7	264,5	1756,2
1980	361,8	416,4	67,6	118	20,8	5	0	0	54,2	32,2	233,8	354,6	1610,2
1979	537,7	457	222,4	144,6	20,4	0	3,8	18,2	128,6	88,2	318,4	161,2	1971,9
Média	244,23	200,75	231,09	108,96	28,62	6,15	2,94	16,57	47,99	131,49	240,15	231,75	1442,69



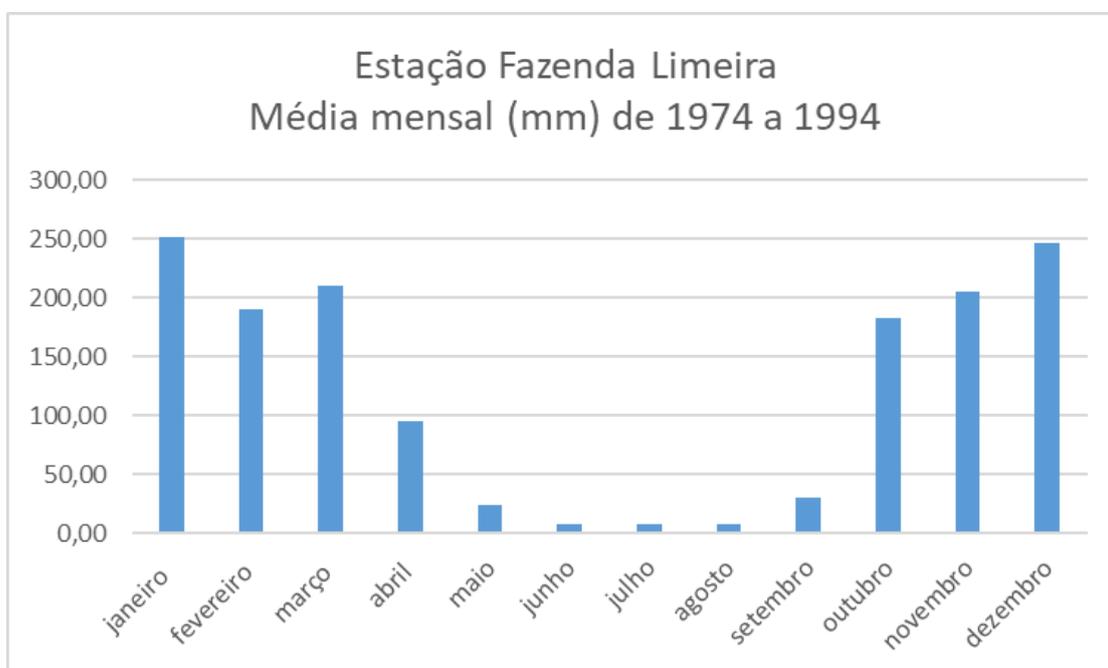
Código da Estação: 1548005 (Gama ETE Alagado)													
Período: 1972 a 2006													
ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	total
2006	226,6	226,8	346,9	93,6	57	3,4	0	13,2	81	354,2	246,6	242,2	1891,5
2005	202,2	331,8	247,1	78,8	15,6	0	0	15,6	27,2	88,6	279,6	554	1840,5
2004	472,9	348,1	171,8	85,4	0	0	0	0	0	103	179,3	226,3	1586,8
2003	207,6	189,6	144,6	39,4	35,6	0	0	21,9	33,4	38,8	135	163,4	1009,3
2002	306,2	227,8	198,4	97,2	23,2	0	1,4	5,2	75	97,2	257	188,6	1477,2
2001	168,4	189,4	261,1	51,5	15,5	0	2,2	33,7	77,2	172,7	253,2	200,6	1425,5
2000	201,4	217,3	189,8	116,2	0	0	0	40	192,7	117,4	226,8	197	1498,6
1999	168,7	100,8	331,4	53,4	10,4	19	0	0	86,4	156,9	272,1	235,2	1434,3
1998	207,5	347,4	183	106,2	33,4	24	0	0	6,4	230,6	324,6	274,9	1738
1997	279,3	156,1	382,6	82,6	79	0	0	0	104,2	96,2	159,6	141,3	1480,9
1996	134,8	130	267,4	66,2	43,8	0	0	53,6	34,7	155,8	227,5	223,3	1337,1
1995	183,6	201,4	301,1	140,6	78	48,8	13,8	0	3,2	135,2	370,2	239	1714,9
1994	346,4	164,2	448	101,8	29	39	0	0	0,2	96	202,8	429,7	1857,1
1993	104,4	359,2	67,2	160,4	28,3	0	0	62,2	73,8	131,2	205,5	374	1566,2
1992	311,3	258,6	120,4	245	6,8	0	0	46,6	54,8	216,6	356,4	254,4	1870,9
1991	193,2	323	230,4	156,5	1,4	0	32,8	0	48,6	104,1	352,9	387,3	1830,2
1990	199,4	258,6	146,4	71,6	135,1	66,8	22	22,4	122	125,4	174	108,5	1452,2
1989	97,3	304,4	171,8	101	0	25	0	52,7	66,5	113,9	386,9	325,8	1645,3
1988	139,2	234	226	81,6	24,7	1	0	0	12,2	241	165,9	278,3	1403,9
1987	111,6	79,3	223,8	219,4	26,6	0	57,5	3,6	77,8	128,8	430,6	326	1685
1986	287,9	185,4	120	20,2	25,3	0	7,8	70,7	15,1	125,5	112,4	204,3	1174,6
1985	346	94,1	222,9	68,8	47,1	0	0	8	51,9	148,3	92,7	257	1336,8
1984	148,2	159,6	210,1	88,8	3,7	0	28,8	41,1	101,9	103,6	88,4	403,4	1377,6
1983	396	357,3	469,2	111,2	61,2	0	1,3	0	58,9	148	516,3	244,9	2364,3
1982	341,3	34,2	371,8	100,1	103	45,4	0	9,7	81,9	245,1	113	214,8	1660,3
1981	324	115,1	344,8	40,4	3,5	31,8	0	43,4	5,3	253	383	210	1754,3
1980	486,1	369,3	112,3	91,4	53,1	0	1,7	0	115,4	32,2	273,5	305,2	1840,2
1979	441,9	321,4	147,6	123,9	0,8	8,4	6,8	53,6	26,4	104,8	274,8	387,4	1897,8
1978	255,2	242,4	142,6	104,2	36	0	0	0	53,9	190,9	275	242,8	1543
1977	233,9	44,7	118	131	38	0	3,8	0	30,2	119,1	199,2	148,3	1066,2
1976	150,3	220,8	299,5	116,1	29,9	0	34,6	0	68,2	152	315,4	256,1	1642,9
1975	359,5	136,6	125,4	268,2	7,5	0	0	0	0,9	187,5	201,8	167,8	1455,2
1974	141	173,1	391,4	178,3	7,7	34	0	0	0	171,5	125,8	299,3	1522,1
1973	106,5	118,9	455,1	101,1	18,7	0	24,6	0	72,5	252,1	331,1	165	1645,6
1972	144,8	153,4	115,7	250,4	24,1	6,4	23,3	0,6	36,7	196,9	201,3	288,5	1442,1
Média	240,70	210,69	237,30	112,64	31,51	10,09	7,50	17,08	54,19	152,40	248,86	261,85	1584,81



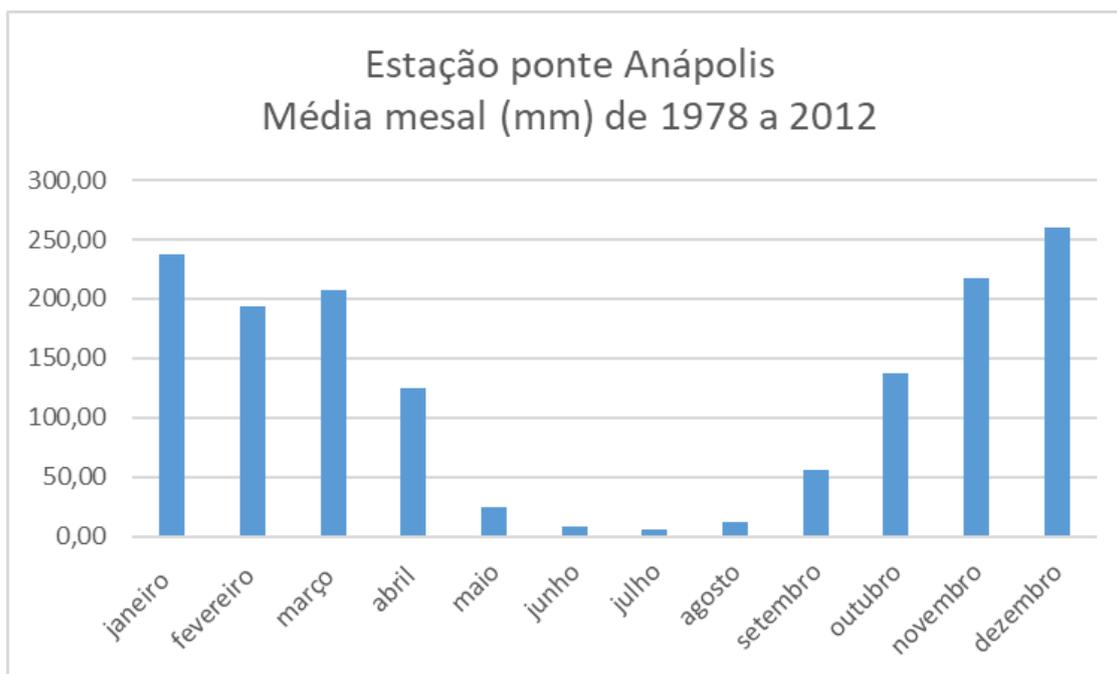
Código da Estação: 1547004 (Brasília)													
Período: 1962 a 2020													
ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	total
2020	283,4	168,7	263,5	156,4	26,7	0,3	0	0	29,8	147,2	196,8	133,9	1406,7
2019	74,3	151,9	265,6	311,8	76,1	6,9	0	0	8,7	19,8	177,2	250,3	1342,6
2018	151	272	240,6	218,9	10,9	0	0	21,1	38,6	236,4	371,5	177,5	1738,5
2017	145,7	256,2	179,2	26,7	62,4	0	0	0	9,2	33,2	290,1	252,7	1255,4
2016	398,1	84,9	151,4	10,8	3,9	0	0	20,9	55,9	77,1	228,4	156,4	1187,8
2015	93,9	129,7	345,6	207,6	44,7	0	0,8	0	21,8	69,4	132,4	172,2	1218,1
2014	153,1	139,2	340,2	249,3	2,8	10	6,8	0	16,2	201,4	192	366,7	1677,7
2013	491,8	189,1	190,8	95,4	22,2	6,2	0,3	0	65,9	106,9	278,5	336,2	1783,3
2012	269,9	110	198,2	120,8	42,8	2,4	0,2	0	33,3	109,8	443,4	143,1	1473,9
2011	126,8	172,6	243,3	69,7	13,9	3,8	0	0	7	263,8	338	318,5	1557,4
2010	118,1	36,3	249,4	235,4	27,5	0	0	0	0	189,7	254,5	313,5	1424,4
2009	202,8	133	81	410,1	61,2	9,3	0	72,5	48,8	259,9	198,5	297,7	1774,8
2008	201	242,5	213,5	210,9	0	0	0	0	79,8	38,7	263,2	322,6	1572,2
2007	269,5	265,9	35,3	49,7	7,5	0	0	0	0	38,3	228,5	271,5	1166,2
2006	123,1	191,9	258	141,6	34,9	0,7	0,1	52,8	40,2	526	195,4	182,2	1746,9
2005	245,2	264,7	299,8	28	17	5,4	0,2	39,1	55,9	57,3	226,5	422,2	1661,3
2004	344,4	422,3	266,8	171,2	11,6	0	0,5	0	0	172,3	103,9	126	1619
2003	229,4	141,1	208,2	70,2	8,7	0	0	60,3	11,3	64,8	276,4	191,5	1261,9
2002	208,3	233,1	133,8	90,1	18,2	0	16,5	17,8	67,6	57,5	175,1	371,1	1389,1
2001	179,4	105,9	191,5	145,4	36,2	0	14,6	38,5	50,5	132,5	199,6	191,4	1285,5
2000	130	168	229,6	98,5	0	0	0	56,3	105,3	201,8	231,7	155,3	1376,5
1999	71,3	108,6	228,1	60,9	8,9	3,3	0	0	59,9	200,1	289,8	205,3	1236,2
1998	246,3	128,1	263,1	67	38,8	7,4	0	9,7	20,7	125,8	300,5	167,8	1375,2
1997	315,4	68,9	371,9	135,9	60,7	23,9	0	0	85,2	104,3	188,5	157,3	1512
1996	84,7	91,1	204	88,7	16,6	0	0	38,2	24,8	107,3	250,9	250,8	1157,1
1995	204,6	158,3	253,1	140,3	38,4	0	0,1	0	0	144,3	191,9	244,2	1375,2
1994	166,8	134,8	324,4	143,1	69,4	12	4	0	0	50	278,9	193,6	1377
1993	114,6	258,1	75,1	93,7	24,1	6,7	0	37,1	75,1	75,1	225	296,5	1281,1
1992	171,6	313,8	135,8	297,9	4,5	0	0	19,5	95,4	202,8	339	256,7	1837
1991	361,3	227,7	241,5	236,9	6,9	0	0	0	25,8	189,3	407,8	250,7	1947,9
1990	207,7	172,1	78,5	105,1	84,9	0,3	95,3	27,9	98,9	161,4	196,8	86,9	1315,8
1989	244,6	274	176,8	49,4	0	30,1	15	59,1	124,3	191	212	454	1830,3
1988	141,8	291	289,2	223,5	12,1	43,8	0	0	16,2	162,5	230,4	252,7	1663,2
1987	81,3	155,5	313,4	190,8	63,5	5,9	0	0,2	58,9	80,8	322,9	333	1606,2
1986	199,3	136,7	84,2	69,3	9,1	0	31,8	50,9	13,2	105,7	112,3	200,6	1013,1
1985	323,5	158	178,1	117,4	51,1	0	0	14,7	55,7	231,7	127,9	283,1	1541,2
1984	137,8	136,7	159,9	92,2	1,6	0	0	93,3	59	213,6	87,3	134,8	1116,2
1983	348,3	290,9	208,3	218,4	54,4	0	25	0	63,3	208,8	304,6	295,9	2017,9
1982	398,8	81,9	233,4	114,7	105,3	0	0	28,6	80,4	161,9	127,7	160,2	1492,9
1981	252,9	75,3	360,3	90,3	17,8	22,4	10,6	1,3	2,8	425,8	396,7	219,5	1875,7
1980	459,2	459,9	80,3	140,8	20,2	21,6	0	0	68,8	8,4	203,7	215	1677,9
1979	376,9	197,1	188,5	72,5	34,1	0	2,6	23,5	33,3	107,1	190,8	313,3	1539,7
1978	317,1	251	192,8	116,3	87,1	116,3	1,9	0	32,8	100,9	155,2	190,6	1562
1977	254,3	78,5	118	127,5	13,5	38	0	14,2	163,2	149,5	163,2	230,6	1350,5
1976	137,5	349,9	236,3	76	77,4	0	13,4	0	74	99,7	244,3	260,8	1569,3
1975	233,3	227,7	53,1	193,7	59,3	0	22,8	0	30,4	121,1	155	239,8	1336,2
1974	90,7	206,3	259,9	90,7	43,8	0	0	33	0	177,3	186,1	186,3	1274,1
1973	206,8	183,5	225,1	83,3	17,7	26,6	0	0	132	281,4	197,6	160,9	1514,9
1972	21,7	92,1	105,5	142,1	27,6	0	7,4	1,7	24,4	259,7	371,5	470,3	1524
1971	211,1	117,3	190,5	125,8	33	33,8	61,5	1,3	124,3	274,3	367,6	313,7	1854,2
1970	471,5	233,2	188,5	98,6	0	0	0	0	97,3	206,6	228,8	195,3	1719,8
1969	196,3	138,9	180,5	91	120,8	0	0	0	4,8	195,5	303,6	277,8	1509,2
1968	91,9	450,7	225,1	148,8	27,5	0	0	7,1	49	88,2	307,7	259,4	1655,4
1967	90,3	171,1	285,4	213,6	4,4	0,1	0	0	39	64,3	218,4	179,7	1266,3
1966	230,7	352,1	169,3	106,9	87,2	0	0	0	102,2	136,9	154	347,8	1687,1
1965	275,8	163,3	319,3	165,5	6,6	31,8	32,4	4,8	73,1	360,8	449,4	121,7	2004,5
1964	463,3	331,9	212,6	86,4	55,7	0	12,9	0	32	189,5	279,3	293,9	1957,5
1963	177,4	254	24,2	144	9,1	0	0	0	0	82,5	354,5	275	1320,7
1962	156,9	49,7		14,4	0,8	0	0	0	125,2	213,6	252,1	380	1192,7
Média	219,91	194,05	207,23	133,76	32,59	7,95	6,38	14,33	49,34	157,01	243,65	245,90	1508,58



Código da Estação: 1647008 (Fazenda Limeira)													
Período: 1974 a 1994													
ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	total
1994	260,8	57,7	373,1	85,1	3,3	7,1	0	0	0	19,7	225,3	316,2	1348,3
1993	171,3	296,4	10,3	50,5	6,5	33,8	0	4,6	16,2	78,3	99,8	312,9	1080,6
1992	473,5	411,5	162	94,3	7,7	0	0	13,5	46,9	126,9	302,1	131,9	1770,3
1991	202,6	219	369,1	98,3	0	0	0	0	30,7	35,1	356	252,1	1562,9
1990	83,9	95,7	59,2	5,6	54,3	0	44,6	30,1	57,8	31,5	121,4	99	683,1
1989	133,3	149,4	114,1	12,8	0	57,9	6,2	15,4	60,1	104,7	324,4	463,6	1441,9
1988	158,3	311,1	235,2	154,1	20,1	3,7	0	0	6,4	132,1	236,2	162,2	1419,4
1987	225,2	280	189,6	218,9	20,2	8,2	0	0	37,2	117,9	192,3	287,8	1577,3
1986	213,7	243,3	87,7	20,2	16,1	0,7	33,1	1,3	7	38,6	206,9	290	944,9
1985	233,1	93,2	323,9	28,9	30	0	0	0,5	41,3	125,1	154,6	262,6	1293,2
1984	116	101,1	212,9	220,2	0	0	0	32	50	1994	144,2	273	3143,4
1983	753,9	240,2	342,7	67,6	25,5	0,9	6	0	8,3	172,7	287,7	232,5	2138
1982	354,7	102,8	454,1	122,9	106,4	0	7,8	5,4	34,9	109,2	32,4	314,9	1645,5
1981	269,3	45,4	264,7	108,2	23,7	24,3	13,9	16,2	11	226,5	297,7	170,3	1471,2
1980	473,1	404,9	88,8	142,9	49,1	26,8	0	0	67,1	32,6	230,2	313,5	1829
1979	393,1	199,7	150,5	11,5	46,1	0	2,6	14,8	25,4	40,7	270,1	294,4	1448,9
1978	230,1	351,6	265,2	165,4	41,5	0	15,8	0	15,8	90,4	165,5	220,9	1562,2
1977	244,6	20,5	16,2	29,6	6	1,5	0	0	14,5	126	198,4	247,6	904,9
1976	76	237,5	108,4	47,6	26,5	0	0	1,2	104,9	48,4	206,9	292,7	1150,1
1975	106,9	81,5	63,7	233,2	7,5	0	24,7	0	8,2	116	165	145,8	952,5
1974	69,8	62,5	535,1	79,7	0	0	0	36,2	0	65,3	103,1	107,1	1058,8
Média	251,48	190,71	210,79	95,12	23,36	7,85	7,37	8,15	30,65	182,46	205,72	247,19	1448,88



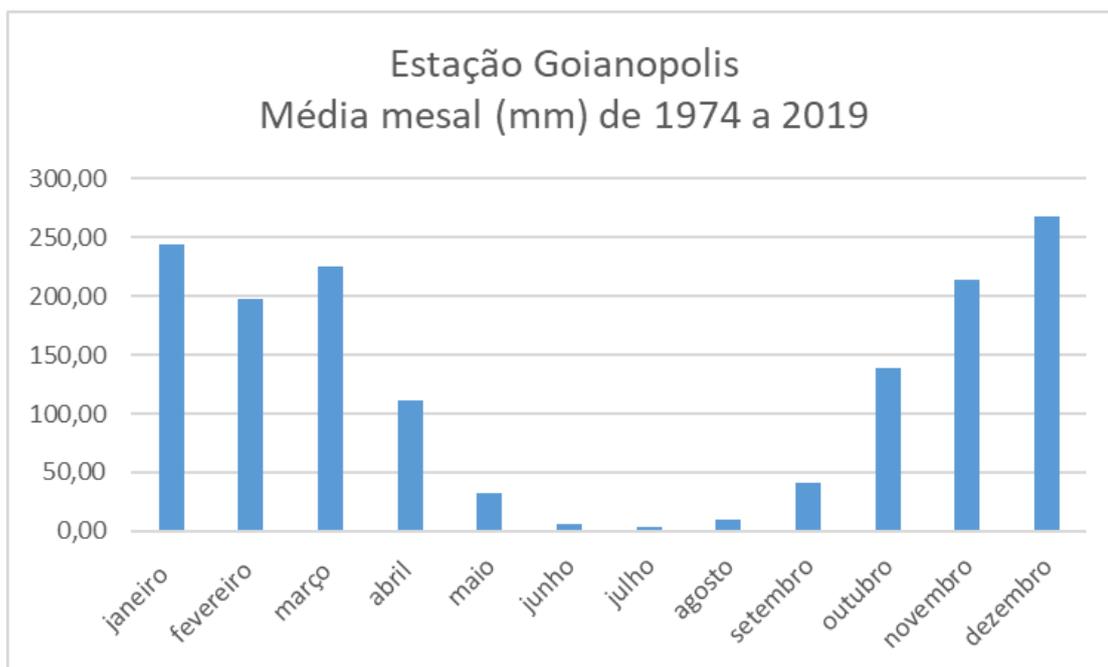
Código da Estação: 1648001 (Ponte Anápolis)													
Período: 1968 a 2012													
ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	total
2012	168,5	153	130,6	112,5	3,6	4,9	0	0	76,5	65,9	240,8	117,9	1074,2
2011	242,5	230,4	231,7	84,3	0,7	0	0	0	4,5	169,1	85,5	360,3	1409
2010	167,4	109,3	62,4	48	0,9	25,9	0,6	49,4	16,9	133,6	280	266,2	1160,6
2009	107,5	160,5	149,5	261,3	24,9	0	0	0	96,9	183,2	180,6	307,1	1471,5
2008	305,5	374,8	170,1	127,9	5,5	5,5	11,5	0	49,7	147	187,8	185,9	1571,2
2007	419,7	283,8	79,3	182,1	14,5	0	0	4,1	0	56	109	220,3	1368,8
2006	145,7	232,1	294,3	126,9	2	4	0	0	51	247,4	249,8	279	1632,2
2005	266,8	235,9	274,4	71	14,5	0	1	0	41,5	79,7	178	254,5	1417,3
2004	305,5	343	165,1	153,1	15,4	0	0	18,3	0	192,4	139,7	144	1476,5
2003	247,3	157	271,5	56,6	17,7	0	0	3	4,5	88,4	195,5	292,9	1334,4
2002	250,8	261,9	182,4	27,8	49,3	0,7	0	22	145,3	60,6	217,7	270	1488,5
2001	136,4	192,6	319,2	94	40,5	0	2,4	48	39,8	236,2	418,4	351,7	1879,2
2000	244,5	210,2	214,9	56,5	4,7	0	0	0	137,1	191,9	236,5	337,4	1633,7
1999	65,3	124,9	237,7	17,9	8	29,2	0	0	28,6	80,8	215	207,5	1014,9
1998	130,3	115,9	141	63,4	12,1	43,6	0	0	2,6	83,9	196,9	178,9	968,6
1997	299,7	160,8	239,9	196,3	76,3	0	0	34,4	69,2	44,8	233,9	150,4	1505,7
1996	237,5	75	313,7	76,5	6,3	0	0	0	12,2	144,3	205,3	223	1293,8
1995	248,9	201,3	237,7	209,2	28,5	16,4	19,2	0	9	64	196,8	225,3	1456,3
1994	385,5	129,8	339,7	192,4	23,4	8,2	0	42,7	1,4	52,8	113,3	401,2	1690,4
1993	109	280	147,5	99,9	28,4	2	0	16,3	78,6	125,3	379,4	317,9	1584,3
1992	350,1	191,3	222,3	325,4	10	0	0	0	207,8	265	154,4	501,4	2227,7
1991	280,5	246,5	297,6	169,3	10,2	0	22,3	18,9	80,3	65,4	88,7	62	1341,7
1990	68,1	177,5	50,2	84,5	95	36	37	36	11,1	24,2	174,9	250,4	1044,9
1989	216,7	217,6	273,9	32,2	22	26,3	0	0	85,5	88,1	240	191,3	1393,6
1988	130	265,4	258,7	159	7,4	0	0	0	0	335,9	341,4	373,4	1871,2
1987	206,9	246,2	197,8	255,1	15	0	27,2	32,5	13,1	192,6	114,5	269,6	1570,5
1986	241,6	198,9	126,6	67,9	25,1	0	0	1,3	21,4	84,5	71,7	260,8	1099,8
1985	470,7	94,6	154,5	98,4	21	0	0	21,9	46,9	106	91,9	82,7	1188,6
1984	97,2	155,3	178,8	145,7	19,2	0	39,3	0	86,9	136,6	206,9	249,8	1315,7
1983	331,8	180,6	353,1	119,7	65,6	0	0	33,2	64,2	235,7	171,3	365,7	1920,9
1982	480,8	105	254,6	91,9	100	37	47,2	0	100,2	166,4	348,1	206,7	1937,9
1981	228,8	146,3	394,5	60,4	32,1	6,2	0	0	16,4	304,9	290,2	267,7	1747,5
1980	337,2	355,3	93,8	160	43,2	0	0	15,4	36,7	88,5	143,4	228,7	1502,2
1979	494,8	212,4	203,4	79,5	54	6,4	13	0	83,4	179,2	149,8	350,4	1826,3
1978	284,8	202,3	111,8	136,3	37,1	42,9	0	9,3	17,4	91,9	363,3	176,5	1473,6
1977	343,4	66,4	171,4	101,1	25,6	0	4,1	4,4	35,4	66,5	243,9	319,8	1382
1976	180,8	323,2	271,4	100	49,6	0	24,4	0	114,9	60,1	229,2	119,4	1473
1975	261,2	203,4	68,3	198,6	15	1,6	0	33	4,2	155,4	78	197,6	1216,3
1974	81,9	42,3	330,1	130,6	25,7	44,8	0	0	6,8	98,4	263,1	158,4	1182,1
1973	141,8	263,4	304,1	95,4	14,2	0	6,8	0	68	255,9	148,9	314,5	1613
1972	119,3	146,4	102,6	230,6	12,2	8,7	17,4	5	40,5	296,6	335,3	391,9	1706,5
1971	119,4	120,2	182,5	194,4	29,7	0	4,3	16,8	61,9	133,4	186,4	289,5	1338,5
1970	278,2	215,4	207	156,5	0,1	0	0	0	87,4	127,3	554,2	506	2132,1
1969	227,9	140,4	157,1	97	22,3	10	0	24	5	77,5	336	279	1376,2
1968	245	180,4	156,7	70	0	0	0	58	342	100,5	170,5	179,2	1502,3
Média	237,85	193,98	207,23	124,82	25,08	8,01	6,17	12,18	55,62	137,42	216,80	259,64	1484,78



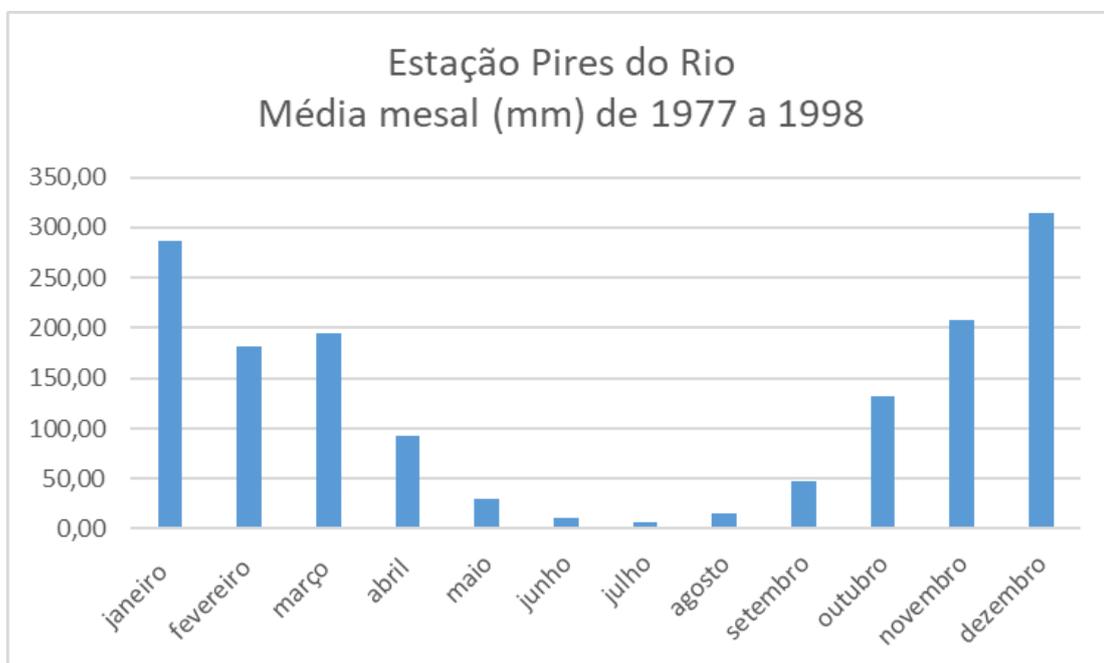
Código da Estação: 1649004 (Goianopolis)

Período: 1974 a 2019

ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	total
2019	92,8	184,8	231,8	278,9	40,7	0	0	0	0	95,9	220	341,7	1486,6
2018	174,8	260	214,4	163,7	22,7	0	0	18,2	23,7	255,1	329,6	162,1	1624,3
2017	228,1	169,9	140,4	101,5	57,6	0	0	0	31,9	39,4	256,5	372,9	1398,2
2016	452,1	151,3	202,9	3,1	10,1	0	0	13,7	24	168,2	255,5	235,8	1516,7
2015	79,7	101,5	227,3	171,7	30,4	0	3,9	9,2	24,3	122,2	269,9	190,9	1231
2014	86,3	229,4	211,3	234,6	0	0	9,4	0	38,5	51,8	114,8	206,5	1182,6
2013	339,4	119,2	278,6	79,2	27,5	6	0	3,9	15,6	135	249,4	257	1510,8
2012	430,4	262,2	162,3	157,3	56	24,4	2,3	0	64,2	55,3	203,2	180,3	1597,9
2011	273,9	179,3	266,2	149,9	0	17,3	0	0	0	291,9	179,1	226,6	1584,2
2010	177,6	225,4	133,8	107,4	9,5	9,2	0	0	16,3	281,6	257,2	430,6	1648,6
2009	222,1	175,5	305,1	162,7	8,4	17	0	27,5	165,3	261	256,4	393,5	1994,5
2008	269,1	317,5	185,4	236,5	31,98	0	0	0	26,6	72,2	205,2	251,2	1563,7
2007	241,8	199,8	181,8	112,4	18,2	0	27,9	0	0	103,1	156,9	368,7	1410,6
2006	147,6	297,2	367,5	178,2	37,6	0	0	8,5	16	240,7	201,3	353,6	1848,2
2005	272,5	205,9	258,4	49,3	15,5	5,3	0	0	10,8	155,3	300,7	292,6	1566,3
2004	376,9	300,8	308,6	108,4	18,7	0	9,9	0	0	185,5	189,7	313,1	1811,6
2003	304,6	167,5	344,1	147,8	0	0	0	2,7	75,6	107,4	262,8	156,9	1569,4
2002	251,5	292,5	171,3	22,2	45,2	0	5,2	3,2	86,7	25	169,6	302,5	1374,9
2001	185,6	157,1	207,4	160	59,4	0	0	21,9	71,7	171,5	262,5	276,4	1573,5
2000	298	276,5	279,9	52,3	0	0	0	25,4	139,9	70,2	302,7	292,3	1737,2
1999	117,2	108,9	182,6	13,4	23,6	2,9	0	0	85,1	152,5	296,8	205,4	1188,4
1998	175,3	357,1	106,3	78,4	29,9	10	0	0	19,9	90,1	355,5	175,5	1398
1997	316,8	183,5	324,4	75,9	79,1	70,7	0	0	49,6	121,2	143,4	258,6	1623,2
1996	87,6	111,8	166	73,4	4,2	0	0	2,6	44,3	241,9	153,4	203,2	1088,4
1995	238,4	170,3	260,4	92,5	112,9	2,3	0	0	7,1	183	169,9	213,2	1450
1994	216,1	156,2	376,8	64	21,6	18,7	0	0	8,6	74	157,9	302,4	1396,3
1993	142,6	278,8	172,9	36,7	13,8	18	0	44,7	83	116	137	282	1325,5
1991	21,7	73,4	176,6	158	5	0	0	0	54,5	67,2	118,2	359,3	1033,9
1990	2,1	11,8	8,5	3,7	2,8	0	0	5,2	0	0	14,4	7,2	55,7
1989	241,2	147,3	94,3	85,2	11,5	1,5	2,5	10,5	0	17,1	0	8,7	619,8
1988	258,5	285,5	222,7	175,5	19,3	30,7	0	0	0	120	259,3	335,9	1707,4
1987	219,9	222,6	211	162,3	1,9	0	0	1,6	46,2	151	385,8	364,1	1766,4
1986	185	137,4	158,2	58	48,8	0	14,5	36,3	21,7	71,9	152	411	1294,8
1985	446,3	75,4	214,2	198,4	0	0	0	1	95,9	103	161,8	209	1505
1984	120,2	241,6	395,8	32,2	50,4	0	0	45,2	59,8	85,6	128,2	299,6	1458,6
1983	325,2	158,6	166,8	35,3	27,2	0	0	0	44,6	157,4	273,4	275	1463,5
1982	582,2	241,6	280	153,2	135,4	0	31	96,4	70,4	315,6	126,2	277	2309
1981	158	103	320	87	3	17	25	0	23	264	333,2	267	1600,2
1980	389	423	63	73	0	18	0	6	68	70	233,8	191	1534,8
1979	426	304	233	60	103	0	7	12	37	216	275,1	233	1906,1
1978	253	235	161	78	37	0	18	0	19	96,4	257	468	1622,4
1977	389	141	162	73	67	20	0	15	57	100	174	200	1398
1976	146	138	326	41	93	0	0	0	118	230	330	367	1789
1975	307	176	151,5	199	9	0	12	0	0	113	261	242	1470,5
1974	288	158	503	247	63	0	0	59	2	176,4	96	275	1867,4
Média	243,49	198,07	224,79	111,80	32,27	6,42	3,75	10,44	41,02	138,26	214,14	267,45	1491,18



Código da Estação: 1748014 (Pires do Rio I)													
Período: 1977 a 1998													
ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	total
1998	240,4	216,2	69,8	29,7	30	0	0	7,9	23	134,3	186,6	278,2	1216,1
1997	590,4	133,5	304,9	64,4	0	39,3	0	0	59,7	77,7	190,5	283,5	1743,9
1996	248,1	74,7	330,4	59,6	14,9	0	0	8,5	71,6	96,6	215,1	257,9	1377,4
1995	87,7	203	81,1	33,8	36,2	4,8	0	0	39,9	101,7	196,3	252	1036,5
1994	324,7	239,4	415	70,3	27,3	7,3	0	0	0	109,4	300	255,9	1749,3
1993	132	382	53,2	79	23,8	11,2	0	72,8	54,4	94,8	182,9	377,3	1463,4
1992	275,8	116,3	118	117,8	7,7	0	0	6,3	185,3	200,1	183,1	292,4	1502,8
1991	265,8	213,4	358	91	31	0	0	0	41	164,3	141	238,9	1544,4
1990	203,7	118,1	175,8	17,9	65,8	0	22,7	3,3	68,3	95,6	126,6	205,9	1103,7
1989	174,1	334	142,1	108,5	1,1	20	25	29,5	27,6	117,7	231,9	572,7	1784,2
1988	189	256,3	222,2	144,1	10,7	67,7	0	0	0	205,2	241,3	334,2	1670,7
1987	193,6	69,2	120,6	201,9	13	0	0	3	37,5	181,9	278,7	391,6	1491
1986	245,7	273,5	68,6	44,3	61,3	0	24	66,1	51,3	119,2	177,6	520,6	1652,2
1985	319,5	117,7	209,7	93	6	0	0	0	37	73,3	206,2	292,4	1354,8
1984	148	108,8	92,8	72,4	22,8	0	0	87,6	49,6	68	206,4	244,8	1101,2
1983	353,6	287	343,5	167	37	0	43,3	0	62,8	127,2	223	361	2005,4
1982	462,8	118,5	448,7	33,3	70,8	0	6	20,9	43	119	113,8	277,8	1714,6
1981	276,8	59	360,1	53,4	2	25	11,5	0	3,7	274	247,1	220,8	1533,4
1980	599,2	355,7	34,1	255,2	18,2	27,8	0	2,8	64	75	163,4	307,3	1902,7
1979	440,5	223,6	42,3	81,4	31,5	0	18,4	24,3	59	72,3	276	269,7	1539
1978	325,2	87,5	206,5	105	38,6	0,4	4,3	0	7,3	195,2	282,9	417,5	1670,4
1977	227	25,3	98,3	106,1	100	23,9	0	0	55,8	194,8	207,2	267,8	1306,2
Média	287,44	182,40	195,26	92,23	29,53	10,34	7,05	15,14	47,35	131,70	208,07	314,55	1521,059



Código da Estação: 1647003 (Mingione)													
Período: 1974 a 1995													
ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	total
1995	221,6	163,8	166,9	122,6	26,4	0	0	0	2,1	136,7	352,7	212,3	1405,1
1994	203,6	85,2	283,4	37,8	12,4	56,3	0	0	0	44,8	191,8	323,3	1238,6
1993	121,8	230,2	20	38,6	21,3	2	0	40,8	17,7	67,5	116,3	347,3	1023,5
1992	325,4	639,9	306,1	328,5	187,6	0	0	60,7	60,5	204,6	365,6	198,6	2677,5
1990	137,2	171,2	110,9	23,1	224,8	0	0	23,4	21,5	49,6	284,4	577,8	1623,9
1989	180,5	359,4	280,7	18,3	9,3	9	34,7	19,7	0	95,4	364,6	458,5	1830,1
1988	409,6	233,5	167,3	310,9	22,2	10,2	0	0	75,4	140	420,7	418	2207,8
1987	167,5	84	156,5	189,9	14,5	0	0	0	0	91,3	249,2	332,2	1285,1
1986	197,1	117,4	96,4	22,7	23,9	0	40,9	107,5	23,9	52,5	80,6	214	953
1985	496,7	174,8	213,9	36,2	13	0	0	0	59,9	213,6	128,8	326,5	1663,4
1984	68,7	134,9	321,9	61,3	0	0	0	60,8	2,1	112	137,3	286,2	1185,2
1983	368,5	263,1	293,3	105,1	41	0	8,1	0	69,9	64,9	283	179,7	1676,6
1982	387,3	92,2	372,7	66,7	56,9	0	4,1	26,5	0	271,4	156	199,7	1633,5
1981	186,5	116,8	306,8	95,6	2,4	36,2	47,4	23,7	90	228,4	242,9	299,4	1676,1
1980	354	434,9	50,4	132,6	46,4	31,5	0	0	133,9	40,6	284,4	217,9	1726,6
1979	326,1	293	217,5	94,1	14,2	0	0	13,7	14,7	67,6	135,8	229,4	1406,1
1978	244,7	274	148,7	147,9	32,1	0	10,4	0	25,5	91,5	194,4	303,3	1472,5
1977	272,7	62,9	60	91,7	15,8	17,8	0	0	118,4	102,7	211,3	255,2	1208,5
1976	132	255,9	294,7	72,8	40,3	0	2,2	14,1	5,6	124,9	242,5	285,1	1470,1
1975	241,8	132,4	61	197,5	12,5	0	9,2	0	0	129,9	237,3	199,3	1220,9
1974	108,1	116,3	436,9	174,7	1,4	2,1	0	31,4	38,5	191,4	105,6	378,1	1584,5
Média	245,30	211,23	207,90	112,79	39,73	7,86	7,48	20,11	36,17	120,06	227,87	297,23	1531,84

