

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**AVALIAÇÃO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA E DO  
DESENVOLVIMENTO DE ÁRVORES EM UMA LAVRA DE  
CASCALHO REVEGETADA DO DISTRITO FEDERAL, DF  
– BRASIL**

**CAROLINA RIZZI STARR**

**ORIENTADOR: RODRIGO SDUDART CORRÊA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**BRASÍLIA-DF: ABRIL – 2009**



## FICHA CATALOGRÁFICA

STARR, CAROLINA RIZZI

Avaliação da sucessão ecológica e do desenvolvimento de árvores em uma lavra de cascalho revegetada do Distrito Federal – DF, 2009. ix, 67 p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Recuperação de Áreas degradadas de Cerrado

2. Mineração

3. Estrato Herbáceo

4. Estrato Arbóreo

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

STARR, C. R. (2009). Avaliação da sucessão ecológica e do desenvolvimento de árvores em uma lavra de cascalho revegetada do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 71 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Carolina Rizzi Starr.

TÍTULO: Avaliação da sucessão ecológica em uma área minerada de Cerrado no Distrito Federal – DF.

GRAU: Mestre

ANO: 2009

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Carolina Rizzi Starr  
SCRN 714/715 Bl. H ap. 402  
CEP: 70761-680  
Brasília - DF

*Dedico esse trabalho à Grande Gaia,  
Sem ela não somos nada,  
E ela sem nós, continuará sendo sempre.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Pai, por estar sempre presente na minha vida, me apoiando incondicionalmente e sempre defendendo que “devemos fazer aquilo que amamos”.

Agradeço ao Rodrigo Corrêa por toda a confiança a mim depositada no processo de elaboração deste trabalho, ao conhecimento compartilhado e a humildade em ensinar e orientar.

A Hanna, minha filhota linda, pois acho que minha vida teria muito menos cor e graça sem você.

A Tutti, pelo apoio e “co-orientação” neste trabalho, sem você acho que ele não teria acontecido.

Ao Bebê e ao Renato, por sempre responderem os emails de uma bixete desesperada com o mestrado, obrigada!

Ao grupo de estudos da EMBRAPA, Xitão, Belinha e Vitor, pelas tarde que passamos discutindo artigos e compartilhando conhecimento, e pelas risadas e descontrações que vocês me proporcionaram.

Ao Tarciso Filgueiras por me receber e orientar com tanto carinho e dedicação, e por ter tanto amor a essas plantinhas que chamamos normalmente de “matos”.

A Juliana, Larissa e Lucinéia pelas nossas aulas de dendrologia / terapia em grupo nas quartas-feiras, elas foram fundamentais para a finalização deste trabalho.

Ao Neném, pelo companheirismo e paciência nesse período de trabalho.

A Jane, por ter me ajudado a reencontrar o meu caminho.

A Maya, Mazinha, Sarah, Jheyne, Sabrina e Prima, pois mesmo longe, a nossa amizade me mantém e me fortalece.

A Selma, pela sua amizade, pelas baladas e pelos desabafos nos momentos certos.

A Julia, Fernando e Camila por me receber quando precisei de um teto.

Ao Jair por todo o trabalho e pelas risadas que você me proporcionou.

Enfim, agradeço a todos que participaram da minha vida e de alguma forma proporcionaram bons momentos em minha vida.

## RESUMO

O Cerrado brasileiro apresenta a maior biodiversidade florística entre as existentes no Mundo. 41,6% da cobertura vegetal do Cerrado foram substituídas em decorrência de atividades antrópicas. Uma dessas atividades é a mineração. O processo de recuperação de área degradada pela mineração é lento e complicado e envolve atividades de revegetação associado com manejos de solo. O presente experimento foi estabelecido em uma cascalheira explorada, localizada na ARIE Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo - DF. A cascalheira foi revegetada em 2003, metade da área da jazida foi escarificada e semeada com *Stylosanthes* spp. e a outra metade não recebeu nenhum tratamento de estrato herbáceo, o *Stylosanthes* spp. (conhecido comercialmente como mineirão) foi escolhido por se tratar de uma espécie nativa e cujo plantio é permitido em unidades de conservação e por que espécies herbáceas estabelecidas em local minerado crescem rápido, protegem o solo e incorporam matéria orgânica. Covas foram escavadas nas duas porções da jazida (com e sem *Stylosanthes* spp.), totalizando 72 mudas de 6 espécies (*Inga edulis*, *Couepia grandiflora*, *Genipa americana*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Tapirira guianensis*) em cada metade da área 36 mudas receberam cobertura morta (*mulch*). Além disso mais 36 mudas das 6 espécies citadas foram implantadas em uma área de Cerrado preservado adjacente à jazida. A sobrevivência e o desenvolvimento das mudas arbóreas foram anualmente acompanhados desde o plantio, em 2004 até 2008. A porcentagem de árvores sobreviventes ao final de cinco anos foi de 67,2%, porém não houve sobreviventes de *Kielmeyera lathrophyton*. As mudas estabelecidas na área de solo não minerado (controle) apresentaram as maiores percentagens de mortes. Em relação ao incremento das espécies, o *Inga edulis* apresentou o melhor desempenho. Não houve nenhum tratamento significativamente melhor que o outro. Para avaliar a sucessão ecológica dos dois manejos, foram calculados índices fitossociológicos (cobertura linear, densidade relativa, cobertura relativa, frequência relativa e IVI) e índices de Shanon, Jaccard e Pielou. Foi observado que o plantio do estrato herbáceo aumentou a diversidade de espécies em 63%, uma diminuição da colonização por espécies exóticas em 20%, um aumento da cobertura linear da área em 30%. Como no Cerrado os estratos herbáceos e arbóreas apresentam comportamento heliófitos a introdução de ambos os estratos proporciona uma competição, porém não foi observado significância no desenvolvimento de espécies arbóreas em questão.

**Palavras-chave:** Recuperação de Áreas degradadas de Cerrado; Mineração; Estrato Herbáceo; Estrato Arbóreo.

## ABSTRACT

Brazilian savanna holds the greatest floristic biodiversity of this type in the World. 41,6% of Brazilian savanna vegetation was substituted by anthropic activities. One of them is mining. The recuperation process of the degraded area is slow and complex and involves revegetation activities and soil management practice. The present study was established in an exploited gravel mine, located at ARIE Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo - DF. The gravel mine was revegetated in 2003, half of the exploiting area was scarified and seeded with *Stylosanthes* spp while the other half did not receive any type of herbaceous stratus. The *Stylosanthes* spp (commercially known as minerão) was chosen because it is a native species and its sowing is permitted in conservation units and because herbaceous species established in mined areas grow fast, protect the soil and incorporate organic matter. Burrows were dug in both parts of the mine (with and without *Stylosanthes* spp), totalizing 72 plants of 6 species (*Inga edulis*, *Couepia grandiflora*, *Genipa americana*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Tapirira guianensis*) in each half of the area 36 plants received mulch. In addition 36 plants were implanted in an area of preserved savanna adjacent to the mine. The outlasting and development of the plants were annually monitored since seedling till 2008. The percentage of outlasting trees in the end of five years was 67,2%, and there were no *Kielmeyera lathrophyton* that outlasted. The plants established in the soil area that was not mined (control area) presented higher percentage of losses. In managements, phytosociologic index (linear coverage, relative density, relative frequency and IVI) and Shannon index, Jaccard and Pielou were applied. One observed that the seedling of the herbaceous stratus improved the diversity of species in 63%, there was a decrease in 20% of the exotic species, and an increase of 30% in linear coverage. Due to the fact that in Brazilian savanna minerão the herbaceous and arboreal stratus present heliophyt behavior the introduction of both stratus cause competition, but significance was not observed in the development of the arboreal species considered.

**Key words:** recuperation of degraded area; mining; herbaceous stratus; arboreal stratus.

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
OBJETIVO GERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
3 – SOBREVIVÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE SEIS ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA ÁREA MINERADA DE CERRADO NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL.....	12
3.1 – Introdução.....	12
3.2 – Materiais e métodos.....	14
3.3 – Resultados e discussão.....	17
Referências bibliográficas .....	27
4 - SUCESSÃO DO ESTRATO HERBÁCEO EM UMA JAZIDA DE CASCALHO NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL REVEGETADA COM <i>STYLOSANTHES</i> ssp. ....	31
4.1 – Introdução.....	31
4.2 – Material e métodos .....	33
4.3 – Resultados e discussão.....	38
4.4 – Conclusões.....	46
Referência bibliográfica .....	47
5 – PROCESSOS DE INTERAÇÕES ENTRE OS ESTRATOS HERBÁCEO E ARBÓREO.....	51
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	57
6.1 – Conclusões gerais .....	57
6.2 – Recomendações para estudos futuros.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b> – Principais características das espécies utilizadas.....	15
<b>Tabela 3.2</b> – Média das alturas (cm) das espécies por tratamento.....	17
<b>Tabela 3.3</b> – Sobrevivência das espécies por tratamento em 2008.....	19
<b>Tabela 3.4</b> – Equações de crescimento das espécies .....	20
<b>Tabela 3.5</b> – Equação de crescimento e eficiência relativa de cada tratamento e do controle para as diferentes espécies.....	22
<b>Tabela 3.6</b> – Desempenho de crescimento em cada tratamento .....	24
<b>Tabela 3.7</b> – Equação de crescimento e eficiência relativa de cada tratamento e do controle para as diferentes espécies.....	26
<b>Tabela 4.1</b> – Espécies encontradas na área com cobertura herbácea ( <i>Stylosanthes</i> spp) .....	43
<b>Tabela 4.2</b> – Espécies encontradas na área sem cobertura herbácea .....	44

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> – Curvas de crescimento do <i>Hymenaea stigonocarpa</i> em cada tratamento e no controle .....	21
<b>Figura 3.2</b> – Curvas de crescimento do <i>Couepia grandiflora</i> em cada tratamento e no controle .....	21
<b>Figura 3.3</b> – Curvas de crescimento do <i>Inga edulis</i> em cada tratamento e no controle .....	21
<b>Figura 3.4</b> - Curvas de crescimento do <i>Genipa americana</i> em cada tratamento e no controle .....	22
<b>Figura 3.5</b> – Curvas de crescimento do <i>Tapirira guianensis</i> em cada tratamento e no controle .....	22
<b>Figura 3.6</b> – Curvas de crescimento do <i>Hymenaea stigonocarpa</i> em cada tratamento e no controle .....	24
<b>Figura 3.7</b> – Curvas de crescimento do <i>Couepia grandiflora</i> em cada tratamento e no controle .....	25
<b>Figura 3.8</b> – Curvas de crescimento do <i>Inga edulis</i> em cada tratamento e no controle .....	25
<b>Figura 3.9</b> – Curvas de crescimento do <i>Genipa americana</i> em cada tratamento e no controle .....	25
<b>Figura 3.10</b> – Curvas de crescimento do <i>Tapirira guianensis</i> em cada tratamento e no controle .....	26
<b>Figura 4.1</b> – Modelo esquemático da disposição das linhas na área de estudo, localizada na ARIE Santuário da Vida Silvestre do Riacho Fundo – DF .....	36
<b>Figura 4.2</b> – Curva de rarefação da área com cobertura herbácea ( <i>Stylosanthes</i> spp) .....	43
<b>Figura 4.3</b> – Curva de rarefação da área sem cobertura herbácea .....	43
<b>Figura 4.4</b> – Abundância de espécies nas duas áreas de estudo .....	47

## LISTA DE SÍMBOLOS

ANOVA – Análise de Variância

ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico

b – Coeficiente Angular

Cerrado s.s – Cerrado *sentido restrito*

CL – Taxa de cobertura linear

CR – Taxa de cobertura relativa

DF – Distrito Federal

DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral

DP – Desvio Padrão

DR – Densidade Relativa

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ER – Eficiência Relativa

FR – Frequência relativa

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IVI – Índice de Valor de importância

ln -logaritmo na base n

NPK – Nitrogênio, Fósforo e Potássio

PRAD – Plano de Recuperação de Área Degradada

PRNT - Poder Relativo de Neutralização Total

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC – Unidade de Conservação

## 1 – INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é uma das principais savanas do planeta. É o segundo maior bioma brasileiro, estendendo-se por uma área de cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup>, abrangendo oito estados do Brasil Central. Ele cobre aproximadamente 20% do território e possui uma grande diversidade vegetal. É cortado por três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul. Atualmente no Cerrado 41,6% da sua cobertura original são pastagens, 11,4% atividade agrícola, 0,07% de florestas artificiais, 1,9% de áreas urbanas, e isso aconteceu principalmente nos últimos 35 anos (KLINK; MACHADO, 2005).

No caso do Distrito Federal, 57% da cobertura vegetal já foram perdidas, sendo que aproximadamente 0,6% foi devido à mineração a céu aberto para extração de areia, argila, cascalho e brita. Esse valor é cinco vezes maior que a média nacional (CORRÊA et al., 2004). Todo ato de minerar, tanto a céu aberto como subterrâneo, modifica o terreno no processo da extração mineral e de deposição de rejeitos. O bem mineral extraído não retorna mais ao local, ficando em circulação, servindo ao homem e às suas necessidades. A recuperação dessas áreas é um desafio atual, devendo ser foco de pesquisa e experimentos, pois sem a devida recuperação das áreas mineradas, essa atividade permanecerá ambientalmente insustentável.

Uma série de instrumentos legais, a começar pela Constituição Federal, regula as atividades potencialmente poluidoras, ditando normas e procedimentos para que as operações transcorram dentro de condições de controle. O artigo 225 da Constituição, também conhecido como Capítulo do Meio Ambiente, estabelece que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-la e preservá-la para as presentes e futuras gerações”. Esse artigo incumbe ao poder público “exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente degradadora do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade”. Determina ainda, “que aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”.

Atualmente o processo de recuperação de áreas degradadas prioriza a implantação de um estrato arbóreo composto por espécies nativas. Entretanto, o estrato herbáceo no Cerrado é responsável por uma maior porcentagem da diversidade do que o estrato arbóreo. Além disso, ervas são mais eficientes para reduzir a erosão, acelerar o processo de reconstrução do ecossistema, aportar matéria orgânica e criar condições favoráveis para a colonização por outras espécies, tanto herbáceas como arbóreas.

Apesar de importante, estudos sobre estratos herbáceos no Cerrado são escassos, sobretudo aqueles versam sobre a recuperação de áreas degradadas. O processo de sucessão ecológica sobre estratos herbáceos implantados também é pouco conhecido.

A escolha de espécies vegetais para utilização em recuperação de áreas degradadas devem se embasar no conhecimento da vegetação do entorno do local em questão. Quando essa informação não estiver disponível, estudos da composição florística das vegetações próximas com características semelhantes deve ser utilizada. A partir desses levantamentos, experimentos devem ser instalados procurando entender o processo de sucessão e a dinâmica do sistema. O estudo da vegetação, o conhecimento das fases sucessionais e das relações ecológicas é essencial para a escolha correta das espécies a serem utilizadas na recuperação de áreas degradadas. Esses conhecimentos auxiliam o sucesso da atividade, visto que a utilização de espécies adequadas ao local permite que a própria natureza encarregue-se dos passos subseqüentes da sucessão.

Em face do exposto, desenvolver e estudar novas alternativas de manejo para áreas degradadas pela mineração é essencial para acelerar o processo de restabelecimento de uma nova comunidade vegetal que seja capaz de assumir as funções ecológicas anteriormente existentes no local.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Cerrado brasileiro, uma das principais savanas do planeta e a que apresenta maior biodiversidade (WALTER, 2006), está localizado essencialmente no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior bioma em área do país (RIBEIRO; WALTER, 2008). Cobre aproximadamente 20% do território nacional e apresenta varias fitofisionomias (EITEN, 1972). É um dos biomas com maior diversidade florística do planeta (FELFILI et al., 1998) e possui mais de 11.000 espécies vegetais catalogadas (WALTER, 2006).

As savanas sempre estiveram associadas a ocupações humanas (WALTER, 2006) e elas sensibilizam menos o público leigo do que as formações florestais, existindo menos apelo na conservação das mesmas (KLINK et al., 1993). Atualmente no Cerrado 41,6% da sua cobertura original são pastagens, 11,4% atividade agrícola, 0,07% de florestas artificiais, 1,9% de áreas urbanas, e essas modificações aconteceram principalmente nos últimos 35 anos (KLINK; MACHADO, 2005). No caso do Distrito Federal, 57% da cobertura vegetal já foram perdidas sendo que aproximadamente 0,6% foi devido à mineração a céu aberto para extração de areia, argila, cascalho e brita, valor este 5 vezes maior que a média nacional (CORRÊA et al., 2004). Corrêa, (1998) ainda coloca que no Distrito Federal, para cada hectare urbanizado outro é alterado pelos impactos diretos e indiretos das atividades humanas. A abertura de vias, pavimentação, construção de assentamentos e outras obras civis demandam abertura e exploração de jazidas. Assim a extração de cascalho, argila, saibro e aterro, salvo algumas exceções, são as responsáveis pela degradação do Distrito Federal (CORRÊA, 1998).

Nas últimas três décadas, mudanças no uso do solo foram registradas na região Centro-Oeste, substituindo grandes áreas de vegetação nativa por outras formas de uso (BALENSIEFER et al., 1994). Apenas no Distrito Federal, mais de três mil hectares encontram-se degradados pela mineração e os substratos expostos são geralmente compactados, apresentando baixa capacidade de armazenamento de água, baixos teores de matéria orgânica e de nutrientes (PINHEIRO; CORRÊA, 2004).

A degradação ambiental é um termo usado para qualificar os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Segundo Carpenezzi et al. (1990), áreas degradadas são aquelas que após sofrerem um distúrbio, tiveram eliminados seus meios de regeneração natural, apresentando baixa resiliência. A Lei nº. 6.938, define que degradação ambiental é a alteração adversa das características do meio ambiente. O Decreto nº 97.632, define degradação como os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

A mineração é considerada uma das atividades mais impactantes atualmente. Este fato resulta em diversas áreas mineirada, que não cumprem as funções ecológicas, e normalmente são abandonadas sem nenhum processo de recuperação, impossibilitando a regeneração natural (RIBEIRO; SCHIAVINI,1998).

A mineração é um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das gerações presentes e futuras, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade. Na Conferência Rio + 10, realizada de 26 de maio a 29 de agosto de 2002, em Johannesburgo, a mineração foi considerada como uma atividade fundamental para o desenvolvimento econômico e social de muitos países (FARIAS, 2002).

Segundo Barreto, (2001) o subsolo brasileiro possui importantes depósitos minerais, considerados expressivos quando relacionados mundialmente e ainda define que o perfil do setor mineral brasileiro é composto por 95% de pequenas e médias minerações. As concessões de lavra demonstram que as minas no Brasil estão distribuídas regionalmente com 4% no norte, 8% no centro-oeste, 13% no nordeste, 21% no sul e 54% no sudeste. Entretanto, o cálculo do número de empreendimentos de pequeno porte é uma empreitada complexa devido ao grande número de empresas que atuam na informalidade, aliada às paralisações freqüentes das atividades, que distorcem as estatísticas (FARIAS, 2002).

Os problemas ambientais originados pela mineração de materiais de uso imediato na construção civil (areia, brita e argila) e os conflitos com outras formas de uso e ocupação do solo vêm conduzindo a uma diminuição crescente de jazidas disponíveis para o atendimento da demanda das principais regiões metropolitanas. (MACHADO, 1995).

A exploração de areia e cascalho foi regularizada no Brasil com a edição do Decreto nº 1.594, entretanto, já existiam lavras ilegais no DF e a exploração ilegal seguiu sem

nenhum tipo de controle, restando lavras esgotadas e locais inutilizados (CORRÊA, 1998). As informações sobre a extensão de áreas degradadas são imprecisas, mas são proporcionalmente dez vezes superiores a extensão de todas as concessões minerais em operação no Brasil, que ocupam cerca de 0,14% do território nacional (DNPM, 1994).

A legislação brasileira exige a apresentação de um Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD, para poder minerar uma área, porém 90% dos PRADs no Distrito Federal não foram executadas (LEITE; CASTRO, 2002). Além deste fato, boa parte dos empreendimentos de mineração do DF opera sem o devido licenciamento (CARNEIRO, 1999).

É eminente a necessidade de se reduzirem os impactos das atividades de mineração e de se aplicarem medidas mitigadoras à exploração. Os principais prejuízos causados pela mineração ao ambiente são: a perda da biodiversidade, a perda da fertilidade natural do solo e a interferência nos recursos hídricos (MOREIRA, 2004). A palavra recuperação pode remeter a busca por algo em seu estado original. Porém, sabe-se que isso não é possível, considerando que área degradada implica a perda das características originais do solo, inviabilizando qualquer recuperação natural a curto e médio prazo (RIBEIRO; SCHIAVINI, 1998).

Para um melhor entendimento do significado da palavra recuperação, o IBAMA, (1990) a definiu como o retorno de áreas degradadas a uma forma de utilização tecnicamente compatível, em conformidade com os valores ambientais, culturais e sociais locais. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, 2000) define recuperação como: a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original.

Um termo também encontrado na literatura é restauração e o SNUC (2000) define como a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original. Os termos recuperação e restauração causam confusão, devido ao uso incorreto e generalizado dos mesmos.

Enquanto a recuperação de uma área degradada visa à estabilização desta sem o estreito compromisso ecológico, a restauração visa à reposição exata das condições ecológicas da área degradada. A restauração de uma área degradada é considerada impossível atualmente, uma vez que no processo de degradação ocorrem perdas das características



originais do solo, base genética, inviabilizando a regeneração natural em curto e médio prazo (RIBEIRO; SCHIAVINI, 1998).

Alguns autores como Kageyama e Gandara (2000) utilizam o termo restauração de ecossistemas degradados se referindo ao termo como:

(...) a reconstrução de um novo ecossistema o mais semelhante o possível do original, de modo a criar condições de biodiversidade renovável, em que as espécies regeneradas artificialmente tenham condições de ser autosustentáveis, ou que sua reprodução esteja garantida e a diversidade genética em suas populações possibilite a continuidade de evolução das espécies.

O artigo 225 da Constituição Federal, também conhecido como Capítulo do Meio Ambiente, estabelece que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-la e preservá-la para as presentes e futuras gerações.

Este artigo incumbe ao poder público “(...) exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente degradadora do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade”. Determina-se, ainda, que “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”.

Com relação às sanções penais, a Constituição Federal estabeleceu que “as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar o dano”. Em 1998 a promulgação da Lei 9.605, determinou a passagem das questões relacionadas a danos ambientais do âmbito administrativo para o âmbito criminal.

Ainda a Lei n. ° 6.938 (Política Nacional de Meio Ambiente) adota o critério da responsabilidade objetiva definindo que o poluidor é obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. E o Decreto nº 97.632, estabelece a finalidade dos PRAD definindo que a recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.

A recuperação de áreas degradadas é de suma importância para que a atividade de mineração se torne menos inviável à longo prazo. A mineração é uma atividade inerente à ação humana, sendo impossível à extinção desta, e com o crescimento da população, a demanda por minérios é crescente. O que tem sido visto atualmente é um grande descaso dos órgãos ambientais responsáveis em realizar fiscalizações efetivas tanto antes de se iniciar o processo de exploração, com liberação de licenças sem estudo prévio, ou com estudos incompletos, bem como durante o processo não fiscalizando se estes estão seguindo as normas e especificações determinadas pelo órgão licenciador, finalizando com a não fiscalização adequada durante o processo de recuperação destas áreas. Assim tem-se um ciclo de descaso nesta atividade que vem resultando em inúmeras áreas exploradas abandonadas e sem nenhum indicio de regeneração natural mesmo após 50 anos.

A recuperação de ecossistemas inicia-se com a criação de condições que impulsionam os caminhos da sucessão (ANAND; DESROCHERS, 2004), e a escolha correta das espécies que iniciam esse processo é essencial para o sucesso dos trabalhos (MELO et al., 2004). PRADs que visam à revegetação se utilizam frequentemente da introdução de uma mistura de espécies herbáceas e lenhosas nas áreas mineradas (CORRÊA, 2006). Inúmeras tentativas de revegetação desses locais falharam, principalmente pelo baixo teor de matéria orgânica presente no substratos (CORRÊA, 2005).

Em áreas mineradas é necessário criar condições mínimas para a introdução de espécies vegetais. O processo de mineração remove todo o solo de uma área e pode ser comparado a um processo de sucessão primária (ODUM, 1988). Se nenhum manejo for realizado, o processo de recolonização da área pode demorar séculos. De acordo com Dedecek (1993), tais áreas necessitam de grande quantidade de matéria orgânica, para suportarem uma cobertura vegetal. Assim a criação de condições mínimas para o desenvolvimento da vegetação (ANAND; DESROCHERS, 2004), bem como a escolha certa das espécies que iniciam o processo de sucessão é de fundamental importância (MELO et al., 2004)

A recuperação de áreas degradadas pela mineração era, há algumas décadas, viabilizada por meio da introdução de espécies exóticas e agressivas, com objetivo de obter um efeito visual rápido, sem grandes preocupações com as questões ecológicas (GUIMARÃES, 2008). Atualmente, o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas é o método mais utilizado para a revegetação de áreas degradadas por mineração. Porém para o Bioma

Cerrado, ainda são insuficientes as informações necessárias para que projetos de revegetação atinjam seus objetivos (FELFILI et al., 2000), apesar da crescente demanda pelos PRADs na região (CORRÊA, 2006).

Reis et al. (2003) defendem que reconstruir ecossistemas de forma artificial representa um desafio em se iniciar o processo de sucessão o mais semelhante com os processos naturais, formando comunidades com biodiversidade que tendam a uma estabilização o mais rápido possível com a mínima entrada de taxas energéticas. Assim o processo de restauração deve ter como princípio o processo de sucessão natural do ecossistema a ser restaurado,

No processo de sucessão, as espécies de uma comunidade, após o seu estabelecimento, promovem modificações, permitindo que outros organismos mais exigentes possam colonizar a área. Há registros, no entanto, de espécies capazes de modificar os ambientes de forma mais acentuada, essas espécies são chamadas de facilitadoras (RICKLEFS, 1996). A facilitação ainda não tem recebido muita atenção dos ecólogos (CALLAWAY, 1995), mas os estudos atuais têm mostrado que o entendimento desse processo pode ser crucial para a recuperação de áreas degradadas. Calaway e Walker (1997) argumentam que a facilitação é um evento mais comum em comunidades vegetais com alto nível de estresse (principalmente abiótico) e que ela tende a diminuir conforme o estresse diminui. Essas relações de facilitação são tão importantes para algumas plantas em locais expostos ao estresse quanto para a dinâmica e a estrutura de sua comunidade (PUGNARE et al., 1996).

Segundo Ferreira et al. (2007) o maior desafio para a recuperação de áreas degradadas é a adoção de técnicas de revegetação eficazes e adequadas à peculiaridade do local a ser recuperado. Lima et al. (2006) citam a ausência do conhecimento prévio sobre o ecossistema como uma das principais causas da baixa qualidade dos PRADs.

Já é sabido que o estrato herbáceo no Cerrado é responsável por uma porcentagem maior na diversidade do mesmo, bem como na cobertura deste (WALTER, 2006), além de desempenhar várias funções ecológicas na dinâmica do ecossistema. Mesmo assim, esse estrato ainda não é priorizado na recuperação dessas áreas. As herbáceas representam uma maior diversidade de plantas do que as lenhosas e definem as fisionomias de formação mais aberta (MENDONÇA et al., 1998). Essa relação é em média de 3:1 (MANTOVANI; MARTINS, 1993), mas pode chegar a 131:1 no campo limpo (WALTER, 2006).

Segundo Haridasan (2000), as gramíneas e outras espécies do estrato herbáceo são adaptadas à baixa fertilidade do solo, o que sugere que a recuperação de áreas degradadas deve ser iniciada com a introdução deste estrato. Almeida (1998) coloca que as espécies de gramíneas nativas até o momento são pouco estudadas e inaproveitadas para uso comercial. De acordo com Martins (1996), as gramíneas nativas apresentam um grande potencial para recuperação de áreas degradadas. Entretanto o estrato herbáceo precisa de mais estudos para ser mais bem utilizado na recuperação de áreas degradadas.

O restabelecimento das relações ecológicas permite que o local recuperado integre as áreas preservadas do entorno e segundo Oliveira e Marquis (2002), remover o estrato herbáceo do Cerrado significa interromper o processo de sucessão ecológica do Cerrado e acelerar o processo erosivo. Assim se a remoção deste estrato determina a interrupção da sucessão ecológica do Bioma, a introdução deste pode iniciar a mesma.

No Brasil, os estudos sobre comunidades de herbáceas ainda são escassos. E mais escassos ainda são os trabalhos de revegetação de áreas degradadas no Cerrado que utilizam espécies nativas para compor o estrato herbáceo, apesar de só no Distrito Federal existir 209 espécies de gramíneas nativas (MARTINS et al., 2001). Porém ao serem semeadas as gramíneas nativas são substituídas por outras de maior valência ecológica, a agressividade de algumas gramíneas exóticas como a *Melinis minutiflora* e a *Brachiaria* spp. acaba eliminando essas gramíneas (MARTINS et al., 2004). Outro problema relacionado com a introdução de um estrato herbáceo é a dificuldade de obtenção de sementes nativas e da baixa germinação destas (CORREIA, 2006).

Martins et al. (2001) avaliaram o potencial de utilização de gramíneas nativas para a recuperação de áreas mineradas no Distrito Federal. Entretanto, pouca atenção tem sido dispensada à investigação da flora desse bioma que pode ser utilizada na efetiva recuperação de áreas degradadas (NUNES et al., 2002). Dessa forma, estudos sobre a composição florística das comunidades que colonizam espontaneamente áreas mineradas podem subsidiar projetos de recuperação (NAPPO et al., 2004), sobretudo porque esses estudos podem identificar espécies facilitadoras da sucessão natural (CHADA et al., 2004). Felfili et al. (1998), colocam que o conhecimento dos padrões de distribuição de espécies numa área pode contribuir para a compreensão dos principais fatores ambientais que estão determinando a estrutura da comunidade.

O estrato herbáceo também apresenta outro problema, pois ele aumenta o risco de incêndio na área recuperada, as gramíneas invasoras geram combustíveis e aumentam a incidência e intensidade do fogo, o que favorece a dominância das gramíneas exóticas (HOLFFMANN et al., 2004). O fogo é prejudicial e muitas vezes letal para as mudas de arbóreas plantadas.

No caso de recuperação de áreas degradadas pela mineração, o estudo do comportamento herbáceo é um campo a ser explorado, existindo atualmente ínfimos conhecimentos sobre o assunto. Como o estrato herbáceo é o primeiro a se estabelecer, conhecer e entender o comportamento deste em áreas degradadas é importante para propor manejos mais adequados priorizando ou acelerando o processo de colonização e sucessão ecológica.

Os ganhos ecológicos e ambientais de recuperar uma área minerada iniciam-se com a estabilização da paisagem e a introdução de uma cobertura vegetal no local. Há vários anos vigora no Brasil a exigência legal de se recuperarem áreas degradadas pela mineração, mas ainda subsistem dificuldades técnicas para tornarem eficazes medidas de revegetação desses locais (ALMEIDA; SÁNCHEZ, 2005).

A avaliação do manejo para a recuperação de área degradada pela mineração escolhido se relaciona com o fato deste ser feito considerando os dois estratos (arbóreo e herbáceo) e de forma a permitir uma comparação entre a introdução ou não de um estrato herbáceo junto ao arbóreo. Outro fato pertinente é a utilização de um estrato herbáceo composto por uma única espécie nativa economicamente viável, permitindo a reprodução do manejo em outros lugares.

## **OBJETIVO GERAL**

Avaliar o desenvolvimento ecológico da comunidade vegetal utilizada na recuperação de uma jazida de cascalho no Distrito Federal.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliação da sucessão ecológica do estrato herbáceo na jazida revegetada;
- Avaliação da sobrevivência e desenvolvimento das espécies arbóreas utilizadas na revegetação da jazida;
- Avaliação geral do projeto de revegetação;
- Avaliação do processo de interação entre os estratos herbáceos e arbóreos na área de estudos.

### **3 – SOBREVIVÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE SEIS ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA ÁREA MINERADA DE CERRADO NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL.**

O Cerrado brasileiro é a Savana com maior biodiversidade florística entre as existentes no Mundo. Até o momento, 41,6% da cobertura vegetal original do Cerrado foram substituídas em decorrência de atividades antrópicas. Uma dessas atividades é a mineração, que no Distrito Federal ocupam 0,6% do território. O processo de recuperação de área degradada pela mineração é lento e complicado e envolve atividades de revegetação associado com manejos de solo. O presente experimento foi estabelecido em uma cascalheira explotada, localizada na ARIE Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo – DF. A cascalheira foi revegetada em 2003, metade da área da jazida foi escarificada e semeada com *Stylosanthes* spp. e a outra metade não recebeu nenhum tratamento de estrato herbáceo. Covas foram escavadas nas duas porções da jazida (com e sem *Stylosanthes* spp.), totalizando 72 mudas de 6 espécies (*Inga edulis*, *Couepia grandiflora*, *Genipa americana*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Tapirira guianensis*) em cada metade de cada área 36 mudas receberam cobertura morta (*mulch*). 36 mudas foram implantadas em uma área de Cerrado preservado adjacente à jazida. A sobrevivência e o desenvolvimento das mudas arbóreas foram anualmente acompanhados desde o plantio até 2008. A porcentagem de árvores sobreviventes ao final de cinco anos foi de 67,2%, e não houve sobreviventes de *Kielmeyera lathrophyton*. As mudas estabelecidas na área de solo não minerado (controle) apresentaram as maiores percentagens de mortes. Em relação ao incremento das espécies, o *Inga edulis* apresentou o melhor desempenho, seguido de *Tapirira guianensis* e *Genipa americana*. Não houve nenhum tratamento significamente melhor que o outro.

#### **3.1 – Introdução**

O Cerrado brasileiro é a Savana que apresenta a maior biodiversidade florística entre as existentes em todo Mundo, com 11.046 espécies vegetais já catalogadas (WALTER, 2006). Está localizado principalmente no Planalto Central brasileiro, é o segundo maior bioma em extensão do país (RIBEIRO; WALTER, 2008), ocupando cerca de 20% do território nacional, e apresenta varias fitofisionomias (EITEN, 1972).

Até o momento, 41,6% da cobertura vegetal original do Cerrado foram substituídas por pastagens, agricultura, florestas plantadas e áreas urbanas. No Distrito Federal, a área desmatada atinge 57% da extensão territorial e as áreas degradadas pela mineração a céu aberto ocupam 0,6% do território distrital. Apesar da pequena proporção que representa, esse montante é cinco vezes superior à média brasileira da extensão degradada pela mineração (CORRÊA et al., 2004).

A legislação brasileira exige a apresentação de um Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD para se obter a licença de mineração de uma área. Porém, 90% dos

PRAD's apresentados ao Órgão Ambiental do DF para obtenção de licenças não foram executadas (LEITE; CASTRO, 2002), isso sem contar que boa parte dos empreendimentos opera sem o devido licenciamento (CARNEIRO; SOUZA, 2004).

O processo de mineração remove a camada superficial do solo e expõe material inapropriado para a colonização vegetal, que precisa ser intemperizado e sofrer os processos da pedogênese. Dessa forma, a recolonização natural de uma área minerada pode ser comparada à sucessão primária, que se refere à colonização de um meio que nunca sofrera significativa influência biológica, como ocorre nos horizontes expostos de áreas mineradas (ODUM, 1988). Esse tipo de sucessão leva séculos para atingir uma comunidade madura (BEGON et al., 1990). Portanto, a revegetação desses locais pelo homem requer antes a criação de condições edáficas e a escolha adequada das espécies que iniciam o processo de sucessão é de fundamental importância nesse processo (ANAND; DESROCHERS, 2004; MELO et al., 2004).

A recuperação de áreas degradadas pela mineração era há algumas décadas viabilizadas por meio da introdução de espécies exóticas e agressivas, com objetivo de obterem um efeito visual rápido, sem grandes preocupações com as questões ecológicas, atualmente, o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas é o método mais utilizado para a revegetação de áreas degradadas por mineração (GUIMARÃES, 2008).

Nos plantios para recuperação de áreas degradadas é comum se utilizarem espécies de diferentes estágios sucessionais, tais como pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climáticas. Tem-se observado que espécies consideradas pioneiras em áreas nativas podem apresentar menor desenvolvimento em altura nos primeiros meses de desenvolvimento no campo. Espécies classificadas como climáticas também podem mudar seu comportamento em áreas mineradas e terem um excelente desenvolvimento nos primeiros meses de campo (CORREIA; CARDOSO, 1998). Ampliar discussão sobre recuperação

Recuperar áreas mineradas ainda é um grande desafio, pois as técnicas e o conhecimento acumulado não são suficientes para restaurar ecossistemas após a intensa degradação causada pela atividade. Na região do Cerrado, especificamente, as informações necessárias para que projetos de revegetação atinjam seus objetivos são insuficientes (FELFILI et al., 2000). Dessa forma, este trabalho visa avaliar a sobrevivência e o desenvolvimento de seis



espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em uma lavra de cascalho explotada no Distrito Federal.

### 3.2 – Materiais e métodos

O experimento foi estabelecido em uma cascalheira explotada, localizada na Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo, que possui 480,12 ha entre as coordenadas 15°52'9'';15°52'13''S e 47°57'0''; 47°56'52''W. A ARIE Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo foi criada pelo Decreto Distrital nº 11.138, de 16 de junho de 1988, abrange uma área aproximada de 480ha, compreendendo parte da área pertencente anteriormente ao Jardim Zoológico. É uma área com características brejosas e constitui-se em excelente refúgio para as aves e fauna aquática. A vegetação do Santuário é composta predominantemente por mata ciliar e campo úmido, sendo também encontradas porções de campo limpo, campo sujo, campo de murunduns e campo cerrado, além de áreas com diferentes graus de perturbação ou mesmo sem a cobertura característica de cerrado. A cascalheira em questão apresentava uma vegetação de campo sujo e campo cerrado (de acordo com fotos aéreas do Arquivo Público do Distrito Federal de 1958).

A cascalheira revegetada apresentava 1,5 ha e fora explorada em 0,5 m de profundidade no início da década de 1970. Até o início do experimento, em 2003, o local não apresentava qualquer sinal de regeneração natural. O solo original do local era um Cambissolo Háplico Eutrófico Tb (EMBRAPA, 1999). Antes da implantação do experimento, a jazida foi terraceada para controle das águas pluviais. Metade da área da jazida foi escarificada a 20 cm de profundidade e foram incorporados ao substrato escarificado 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de composto de lixo, 870 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico 90% PRNT e 435 kg ha<sup>-1</sup> de NPK - 4:14:8. Quinze dias após a incorporação dos insumos, foram semeados 2 kg ha<sup>-1</sup> de *Stylosanthes* spp. à profundidade de 5 cm. O *Stylosanthes* spp. foi utilizado neste trabalho por ser uma planta nativa, aceita para plantio em Unidades de Conservação e por apresentar sementes comercialmente disponíveis e economicamente viáveis. Na outra metade da jazida a camada entre 0 e 20 cm de profundidade do substrato não foi tratada.

Covas de 64 L foram manualmente escavadas nas duas porções da jazida (com e sem *Stylosanthes* spp.) a um espaçamento de 4 m entre elas. Esse espaçamento refere-se à densidade média de 625 indivíduos lenhosos ha<sup>-1</sup> presentes em áreas nativas do Distrito

Federal (Eiten, 1994; 2001). Cada cova foi adubada com 30 L de composto de lixo (densidade = 0,4 mg cm<sup>-3</sup>), 100 g de calcário dolomítico (90% PRNT), 100 g de NPK-4:14:8 e 10 g de FTE (fonte de micronutrientes). Mudanças arbóreas de seis espécies (Tabela 1) foram plantadas em grupos de seis indivíduos (um de cada espécie), com doze repetições na porção semeada com *Stylosanthes* spp. e doze repetições na metade em que o substrato superficial não foi tratado ou semeado, totalizando 144 plantas. Seis grupos entre os doze implantados em cada porção da jazida receberam 30 L de cavaco de madeira no coroamento da cova (*mulch*). A aplicação de cavaco de madeira sobre a superfície das covas visou à proteção contra o estabelecimento de espécies invasoras e à redução da evaporação de água do solo/substrato da cova (CORRÊA et al., 2008).

Outros seis grupos de seis espécies (36 mudas) foram implantados em área de solo intacto, ao lado da jazida minerada, para efeitos de controle. Dessa forma, definiram-se os tratamentos C, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>, em um arranjo fatorial de 6 espécies x 6 repetições x 2 tratamentos da superfície da cova x 2 tratamentos da superfície do substrato + 36 mudas no controle = 180 plantas, conforme segue:

**C** – Controle: covas adubadas em solo não minerado.

**T<sub>1</sub>** – Covas adubadas na porção da jazida que não recebeu cobertura herbácea e sem utilização de *mulch* na cova.

**T<sub>2</sub>** – Covas adubadas na porção da jazida que não recebeu cobertura herbácea e com utilização de *mulch* na cova.

**T<sub>3</sub>** – Covas adubadas na porção da jazida que recebeu cobertura herbácea e sem utilização de *mulch* na cova.

**T<sub>4</sub>** – Covas adubadas na porção da jazida que recebeu cobertura herbácea e com utilização de *mulch* na cova.

**Tabela 3.1** – Principais características das espécies utilizadas

<b>Espécie</b>	<b>Nome Popular</b>	<b>Família</b>	<b>Estagio Sucessional</b>	<b>Habitat</b>
<i>Inga edulis</i>	Ingá	Leguminosae	pioneira	Mata de Galeria
<i>Couepia grandiflora</i>	Oiti	Chrysobalanaceae	secundária	Cerrado s.s., Campo Rupestre e Mata de Galeria
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Rubiaceae	pioneira	Cerrado s.s. e Cerradão
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Jatobá do Cerrado	Leguminosae	secundária tardia	Cerradão, Cerrado s.s., Campo Sujo, Mata de Galeria
<i>Kielmeyera lathrophyton</i>	Pau Santo	Guttiferae	Secundária	Cerrado s.s., Campo Limpo, Campo Sujo e Mata de Galeria
<i>Tapirira guianensis</i>	Pau Pombo	Anacardiaceae	pioneira	Mata de Galeria e Cerradão

Fonte: Felfili et al. (2000); Mendonça et al. (1998); Motta et al. (1997); Lorenzi (1998); Durigan e Nogueira (1990).

A sobrevivência e o desenvolvimento em altura e diâmetro das mudas arbóreas foram anualmente acompanhados desde o plantio realizado em outubro de 2003, sempre após

cada estação chuvosa. A manutenção do experimento se limitou a roçagens da jazida revegetada em 2004 e 2005.

Os dados coletados foram tabulados para se calcular a sobrevivência por espécie, por tratamento e para cada espécie em cada um dos tratamentos. Procedeu-se à Análise de Variância (ANOVA) e, quando pertinente, teste de Tukey com o uso do programa BioEstat 5.0. O mesmo procedimento foi adotado para comparação da altura e diâmetro das mudas de uma mesma espécie, distribuídas entre os quatro tratamentos + controle. Visou-se garantir que o tamanho das mudas de cada espécie era similar em todos os tratamentos na data do plantio.

Desenvolvimento em altura e diâmetro foi analisado por meio de curvas de crescimento, com a utilização de modelo alométrico. A literatura descreve três modelos que conciliam altura e diâmetro em apenas um parâmetro: 1) modelo de similaridade elástica, que considera que os troncos das árvores como colunas auto-sustentáveis, nas quais o diâmetro basal deve ser proporcional à altura elevada a 3/2 (Mc MAHON, 1973 apud SPOSITO; SANTOS, 2001); 2) modelo de estresse constante, que considera que o diâmetro aumenta proporcionalmente em relação à altura elevada ao quadrado (DEAN; LONG, 1986 apud SPOSITO; SANTOS, 2001); e 3) modelo de similaridade geométrica, que considera que a altura e o diâmetro crescem proporcionalmente um em relação ao outro.

As médias de altura e diâmetro de cada espécie em cada tratamento foram calculadas e os valores foram relacionados de acordo com o modelo alométrico mais adequado a cada espécie. Curvas de crescimento e respectivas equações foram descritas para cada espécie submetida a cada um dos tratamentos. As significâncias do coeficiente angular ( $b_i$ ) e de determinação ( $R^2$ ) dos modelos lineares ( $\hat{Y} = a + bX$ ), que descreveram o desenvolvimento alométrico das plantas, foram avaliadas por meio do Teste t, conforme Snedecor e Cochran (1989). Os coeficientes angulares ( $b_i$ ) das regressões foram comparados por meio do teste F (SNEDECOR; COCHRAN, 1989), feito entre cada tratamento e o controle e entre tratamentos. Quando o teste F indicou a existência de diferença significativa entre pares, a razão entre os coeficientes angulares ( $b_i$ ) foi utilizada para determinar a eficiência relativa (ER) de um tratamento em relação ao outro, conforme equação abaixo, descrita em Barbarick e Ippolito (2000) e Corrêa et al. (2005).

$$ER = \frac{b_1}{b_c} \text{ onde,}$$

ER é a Eficiência Relativa do tratamento;

$b_1$  é o coeficiente angular do tratamento comparado;

$b_c$  é o coeficiente angular do controle.

### 3.3 – Resultados e discussão

A altura e o diâmetro médios das mudas plantadas nos locais sob os diferentes tratamentos não apresentaram diferença significativa na data de plantio, de acordo com a Análise de Variância (ANOVA) Tabela 3.2 (F = 0,1836, p = 0,9427, GL = 4). Dessa forma, os resultados de crescimento obtidos neste estudo referem-se aos tratamentos dispensados a elas.

**Tabela 3.2 – Média das alturas (cm) das espécies por tratamento no plantio em 2003**

	Média C	Média T1	Média T2	Média T3	Média T4
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	32.16	28.7	29.33	21.7	23.2
<i>Couepia grandiflora</i>	41.33	42.5	32.2	36.8	38
<i>Inga edulis</i>	14.39	22.20	18.50	17.00	15.80
<i>Genipa americana</i>	17.00	19.20	23.50	14.70	15.70
<i>Kiellmeyera lathrophyton</i>	18.17	19.30	18.80	26.30	15.20
<i>Tapirira guianensis</i>	28.83	23.30	27.7	26.50	24.80

A porcentagem de árvores sobreviventes ao final de cinco anos, independentemente da espécie, foi de 67,2% do total de indivíduos plantados (Tabela 3.3). Não houve indivíduo de *Kiellmeyera lathrophyton* sobrevivente passados cinco anos do plantio. Algumas espécies de Cerrado não se desenvolvem bem quando adubadas com fertilizantes químicos, pois estão adaptadas às condições de solo mediantemente ácido e deficiente em fósforo disponível (EMBRAPA, 1993). A elevação da fertilidade do substrato minerado da jazida, por ocasião da adubação, é, portanto, a provável causa da mortalidade de todos os indivíduos dessa espécie.

Ao se excluir o *Kiellmeyera lathrophyton*, a porcentagem de sobrevivência das demais espécies atinge 84%, valor próximo aos encontrados por Almeida e Sánchez (2005), que trabalharam em recuperação de áreas mineradas no estado de São Paulo e Piña-Rodrigues

et al. (1997) que consideram até 20% de mortes como normal em projetos de revegetação de áreas mineradas. Não houve diferença significativa entre as percentagens de sobreviventes como resultado dos tratamentos aplicados (C, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>), pela ANOVA (F = 0,3717, p = 0,8276, GL = 4).

Quando avaliadas as espécies separadamente dentro dos tratamentos, foi encontrada diferença somente para o *Tapirira guianensis* ANOVA (F = 5,769, p = 0,0022 e GL = 4). Para verificar entre quais tratamentos ocorreu a diferença foi realizado um teste de Tukey. Este mostrou que diferença significativa ocorreu entre os quatro tratamentos e controle.

As mudas estabelecidas na área de solo não minerado (controle) apresentaram as maiores percentagens de mortes (Tabela 3.3). Existe um grande número de interações positivas e negativas de vegetais, animais e microrganismos estabelecidos em um local que atuam sobre plântulas em vias de estabelecimento (GANADE; BROWN, 2002). Competição, parasitismo e predação são relações desarmônicas que dificultam do estabelecimento de plântulas em um local. Relações ecológicas desarmônicas são inexistentes em áreas mineradas, uma vez que os substratos expostos são estéreis (SILVA; CORRÊA, 2008). Outros trabalhos têm obtidos resultados semelhantes de sobrevivência de mudas em áreas mineradas em relação a áreas não mineradas. Silva e Corrêa (2008) e Corrêa e Mesquita (2004) constaram maior sobrevivência e crescimento de mudas de Cerrado em área minerada do que em área com solo intacto.

Corrêa (2006) cita que o plantio de um estrato herbáceo pode prejudicar o estabelecimento das mudas, principalmente nos primeiros anos de desenvolvimento delas. Porém, a área de estudo recebeu duas capinas e não houve influência do estrato formado por *Stylosanthes* ssp. ou das operações que precederam sua implantação (escarificação, incorporação de matéria orgânica e adubação química) sobre a sobrevivência das mudas arbóreas no período de cinco anos avaliado.

**Tabela 3.3** – Sobrevivência (%) das espécies por tratamento em 2008, cinco anos após o plantio

Espécie	Porcentagem de sobrevivência de cada espécie no respectivo tratamento e no total					
	C	T1	T2	T3	T4	Total
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	83,3	83,3	83,3	66,6	50	73,3
<i>Couepia grandiflora</i>	33,3	83,3	66,6	33,3	83,3	60
<i>Inga edulis</i>	83,3	100	100	100	83,3	93,3
<i>Genipa americana</i>	83,3	100	83,3	100	100	93,3
<i>Kielmeyera lathrophyton</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Tapirira guianensis</i>	33,3	100	100	83,3	100	83,3
Total	52,7	77,7	72,2	63,8	69,4	

Sobrevivência das espécies em porcentagem (%) no ano de 2008, no Controle (C), tratamento 1 (T1), tratamento 2 (T2), tratamento 3 (T3) e tratamento 4 (T4).

### Curvas de crescimento

Para as análises de crescimento, inicialmente foram testados os modelos alométricos para cada espécie. As equações obtidas e os respectivos  $R^2$  podem ser observados na Tabela 3.4. Devido à inexistência de sobrevivente, não foram feitas análises de crescimento para o *Tapirira guianensis*. O modelo alométrico de similaridade geométrica, que considera que a altura e o diâmetro crescem proporcionalmente um em relação ao outro foi o que melhor se adequou aos dados obtidos (Tabela 4.3). A partir deste modelo alométrico, as curvas de crescimento por tratamento foram definidas (Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5).

*Inga edulis* foi a espécie com maior incremento, seguido de *Kielmeyera lathrophyton* e *Genipa americana*. Esses resultados confirmam a avaliação de dezoito meses de desenvolvimento dessas espécies no mesmo local de estudo (SILVA; CORRÊA, 2008). As três espécies em questão são pioneiras e apresentam facilidade em absorver nutrientes, quando comparadas a espécies secundárias, tardias e climácicas (POGGIANI; SCHUMACHER, 2004; RESENDE et al., 1999). Em contrapartida, Corrêa e Cardoso (1998) observaram em programas de recuperação do Distrito Federal que espécies pioneiras apresentaram menor desenvolvimento em altura que secundárias e climácicas.

Pode-se observar (Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5) que, com exceção do *Tapirira guianensis*, as demais espécies apresentaram desenvolvimento inferior na área-controle (solo não minerado) do que nos tratamentos instalados em local minerado. Porém, a sobrevivência do *Tapirira guianensis* na área-controle foi de 33%. As interações negativas favoreceram a mortalidade da espécie, mas as plantas que se estabeleceram apresentaram um bom incremento.

A influência de cada tratamento (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>) sobre o desenvolvimento de cada espécie medida neste trabalho se refere aos cinco primeiros anos de desenvolvimento das plantas no campo (Tabela 3.5). Pode-se observar que não houve um tratamento significativamente melhor que o outro. Porém, é possível observar uma tendência de melhor desempenho nos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> (Tabela 3.6), que se referem ao desenvolvimento das árvores sem a influência de um estrato herbáceo no local. Segundo Corrêa (2006), a escarificação e a adubação do substrato, para o estabelecimento de um estrato herbáceo, aceleram a formação de solo, que incrementa o desenvolvimento de árvores quando suas raízes extrapolam os limites da cova.

Porém, se de um lado essas atividades auxiliam o desenvolvimento de raízes de árvores, de outro, as ervas competem com as mudas que estão em fase de desenvolvimento. Sobrevivência e crescimento de árvores e arbustos são maiores quando não há competição com a camada herbácea (CORRÊA, 2006). Dessa forma, estrato herbáceo deve ser contido ou capinado até que não ofereça competição significativa às árvores e arbustos plantados. Porém, capinas freqüentes podem inibir a sucessão ecológica na área em recuperação, pois elas eliminam indivíduos desejáveis que conseguem se estabelecer espontaneamente no local.

**Tabela 3.4** – Equações de crescimento das espécies entre 2003 e 2008

Espécie	Equação	R <sup>2</sup>
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	$\hat{Y} = 0,38 + 0,03X$	0,75
<i>Couepia grandiflora</i>	$\hat{Y} = 0,03X - 0,22$	0,77
<i>Inga edulis</i>	$\hat{Y} = 0,03X - 1,17$	0,81
<i>Genipa americana</i>	$\hat{Y} = 0,02X - 0,21$	0,91
<i>Tapirira guianensis</i>	$\hat{Y} = 0,03X - 1,05$	0,85

*Hymenaea stigonocarpa*

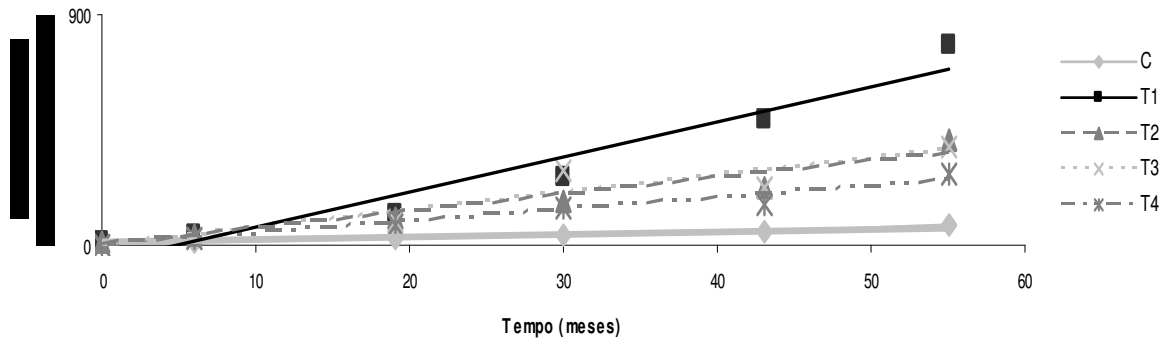


Figura 3.1 – Curvas de crescimento do *Hymenaea stigonocarpa* em cada tratamento e no controle

*Couepia grandiflora*

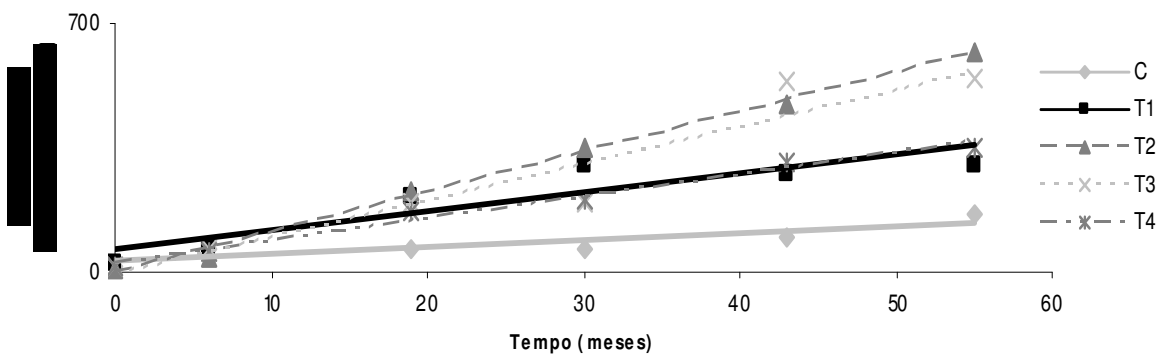


Figura 3.2 – Curvas de crescimento do *Couepia grandiflora* em cada tratamento e no controle

*Inga edulis*

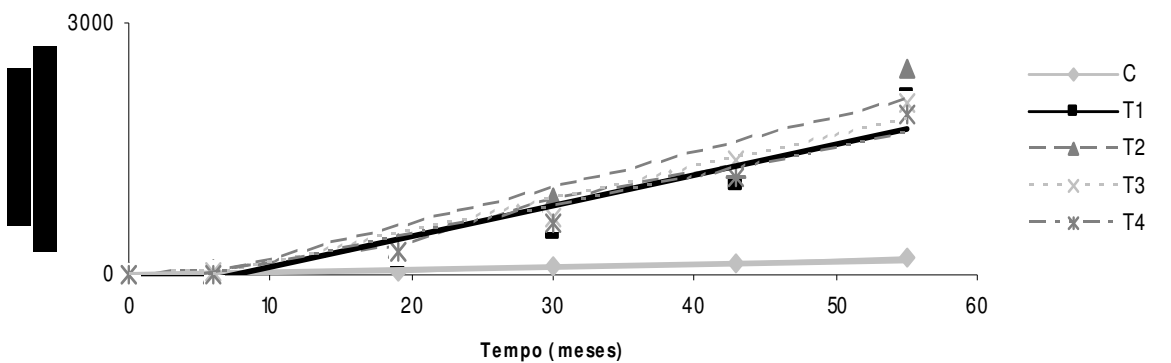
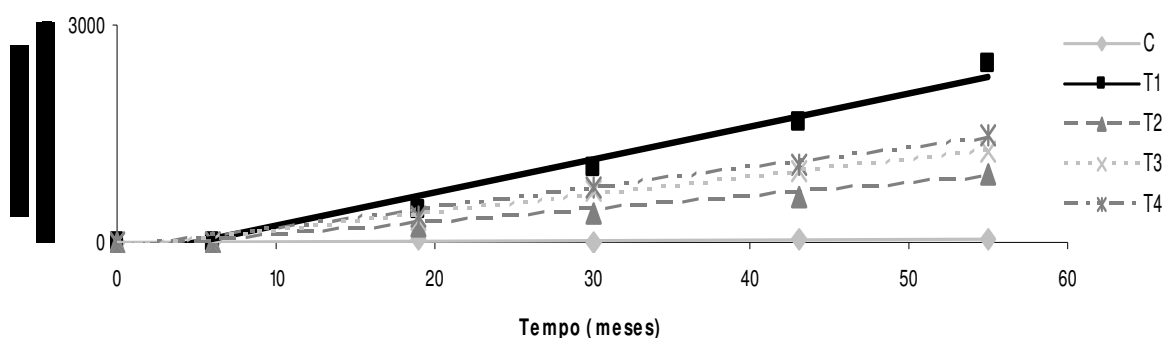


Figura 3.3 – Curvas de crescimento do *Inga edulis* em cada tratamento e no controle

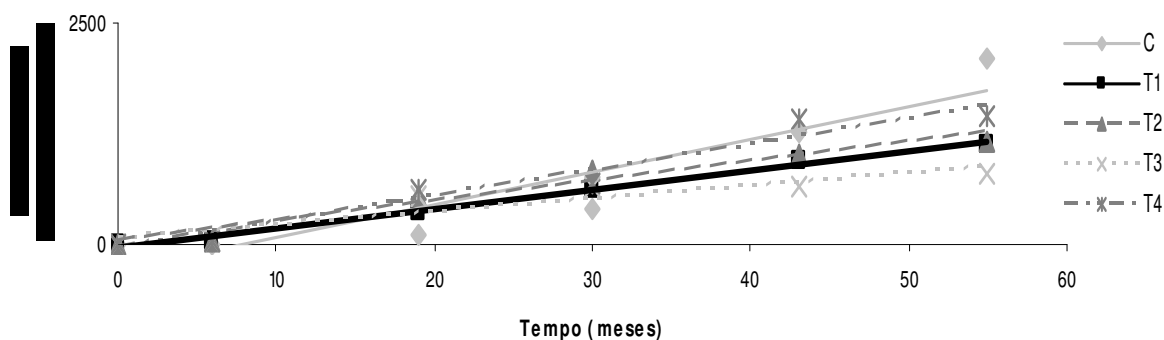


### *Genipa americana*



**Figura 3.4** - Curvas de crescimento do *Genipa americana* em cada tratamento e no controle

### *Tapirira guianensis*



**Figura 3.5** – Curvas de crescimento do *Tapirira guianensis* em cada tratamento e no controle

**Tabela 3.5** – Equação de crescimento e eficiência relativa de cada tratamento e do controle para as diferentes espécies

	Equação	R <sup>2</sup>	Tb1	F com c	b <sub>i</sub> /b <sub>c</sub>
C	$\hat{Y}=7,16+1,05X$	0,93	7,12		
T1	$\hat{Y}=-61,89+13,52X$	0,94	7,64	7,77*	12,88
T2	$\hat{Y}=-4,89+6,62X$	0,94	8,22	7,51*	6,30
T3	$\hat{Y}=-3,14+6,75X$	0,89	5,74	7,71*	6,43
T4	$\hat{Y}=-3,79+4,66X$	0,97	10,85	7,18**	4,44
	Equação	R <sup>2</sup>	Tb1	F com c	b <sub>i</sub> /b <sub>c</sub>
C	$\hat{Y}=29,51+2,03X$	0,80	3,95		
T1	$\hat{Y}=63,05+5,29X$	0,82	4,22	8,03*	2,61
T2	$\hat{Y}=1,73+11,23X$	0,89	30,44	6,23**	5,53
T3	$\hat{Y}=-4,67+10,33X$	0,92	6,70	8,00*	5,09
T4	$\hat{Y}=25,90+6,24X$	0,99	16,54	6,92**	3,07

	Equação	R <sup>2</sup>	Tb1	F com c	b <sub>i</sub> /b <sub>c</sub>
C	$\hat{Y}=1,80+3,34X$	0,93	7,56		
T1	$\hat{Y}=-279,83+36,39X$	0,87	5,19	7,94*	10,90
T2	$\hat{Y}=-254,31+42,68X$	0,92	6,85	7,94*	12,78
T3	$\hat{Y}=-224,1+37,37X$	0,94	8,24	7,92*	11,19
T4	$\hat{Y}=-200,54+33,90X$	0,94	7,95	7,91*	10,15

	Equação	R <sup>2</sup>	Tb1	F com c	b <sub>i</sub> /b <sub>c</sub>
C	$\hat{Y}=6,05+0,65$	0,87	5,21		
T1	$\hat{Y}=-226,47+45,49X$	0,98	11,03	7,91*	69,98
T2	$\hat{Y}=-70,99+17,19X$	0,98	12,98	7,74*	26,45
T3	$\hat{Y}=-69,8+24,02X$	0,98	15,71	7,79*	36,96
T4	$\hat{Y}=-91,83+27,77X$	0,99	18,28	7,82*	42,72

	Equação	R <sup>2</sup>	Tb1	F com c	b <sub>i</sub> /b <sub>c</sub>
C	$\hat{Y}=-301,82+37,34X$	0,87	5,15		
T1	$\hat{Y}=-45,46+22,11X$	0,99	21,70	6,50**	0,59
T2	$\hat{Y}=19,26+22,55X$	0,96	9,63	7,70*	0,60
T3	$\hat{Y}=71,3+14,71X$	0,84	4,62	7,85*	0,39
T4	$\hat{Y}=-36,31+28,82X$	0,95	8,57	7,83*	0,77

b representa o coeficiente angular da reta, R<sup>2</sup> coeficiente de determinação da reta, Tb1 é o valor obtido de t para o coeficiente angular (valor de t a 0,005 = 3,49948), F é o valor obtido para a comparação do coeficiente angular com cada tratamento (valor de F a 0,075 é 7,209 identificado com \* e a 0,5 é 5.117 identificado com \*\*) em relação ao controle (c), b<sub>i</sub>/b<sub>c</sub> é a eficiência relativa (EF) do tratamento em relação ao controle.

No Cerrado, o estrato herbáceo e o estrato arbóreo são heliófitos, e a competição é uma relação cotidiana entre eles (COUTINHO, 2002). Assim é pertinente avaliar como esses estratos se relacionam em áreas em processo de recuperação. Com isso, foram agrupados os dados dos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> (sem estrato herbáceo) e os dados dos tratamentos T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> (com estrato herbáceo). Um novo teste F foi feito com o objetivo de avaliar a diferença entre esses tratamentos e, posteriormente, foi calculada a Eficiência Relativa para cada grupo de tratamentos (Tabela 3.7).

Todos os tratamentos diferiram significativamente do controle (Tabela 3.7). Assim, a Eficiência Relativa deles foi utilizada para comparar qual tratamento é melhor. Pode-se observar que *Couepia grandiflora*, *Tapirira guianensis*, *Inga edulis* e *Genipa americana* apresentaram pequenas diferenças de incremento. Porém, os tratamentos com estrato herbáceo (T<sub>3</sub>-T<sub>4</sub>) se mostraram menos eficientes que os sem estrato herbáceo (T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>). *Hymenaea stigonocarpa* foi a única espécie que realmente se comportou de forma diferenciada nos dois tratamentos, tendo um incremento alométrico significativamente maior nos tratamentos sem estrato herbáceo (T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>). Assim, pode-se observar que o estrato herbáceo desfavoreceu o desenvolvimento das espécies arbóreas introduzidas. Esse

resultado difere do encontrado por Carvalho et al. (2007) em uma área em regeneração em Goiânia, Goiás.

Entretanto, é importante ressaltar que se o objetivo do manejo é a recuperação de uma área degradada e no Cerrado nativo ambos os estratos estão presentes e competem (COUTINHO, 2002), a existência dessa competição aproxima o manejo dado à recuperação a um modelo mais próximo do natural. Segundo Araújo et. al (2006), quanto mais próximo ao padrão da comunidade pré-existente o manejo proporcionar, mais efetivo será o processo de recuperação da área.

A avaliação da interação entre estratos deve ser mais estudada no Cerrado. Segundo Almeida e Sanchez (2005), o estrato herbáceo melhora as condições de uma área e permite uma maior colonização do local por outras espécies, e isso auxilia o processo de recuperação do local.

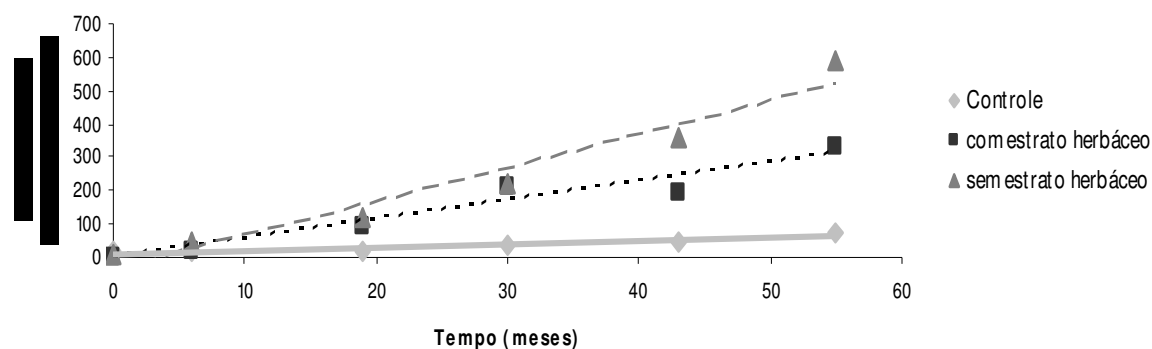
**Tabela 3.6** – Desempenho de crescimento em cada tratamento

Espécies	Seqüência de desempenho (do maior incremento para o menor)
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	T1 – T3 – T2 – T4 – C
<i>Couepia grandiflora</i>	T2 – T3 – T4 – T1 – C
<i>Inga edulis</i>	T2 = T3 = T1 = T4 – C
<i>Genipa americana</i>	T1 – T4 – T3 – T2 – C
<i>Tapirira guianensis</i>	C – T4 – T2 – T1 – T3

C representa o controle, T1 o tratamento 1, T2 tratamento 2, T3 Tratamento 3, T4 tratamento 4

Nas figuras de 3.6 a 3.10 podem ser observadas as curvas de crescimento com os tratamentos 1 e 2 (sem estrato herbáceo) e 3 e 4 (com estrato herbáceo). m<sup>2</sup>

### *Hymenaea stigonocarpa*



**Figura 3.6** – Curvas de crescimento do *Hymenaea stigonocarpa* em cada tratamento e no controle

### *Couepia grandiflora*

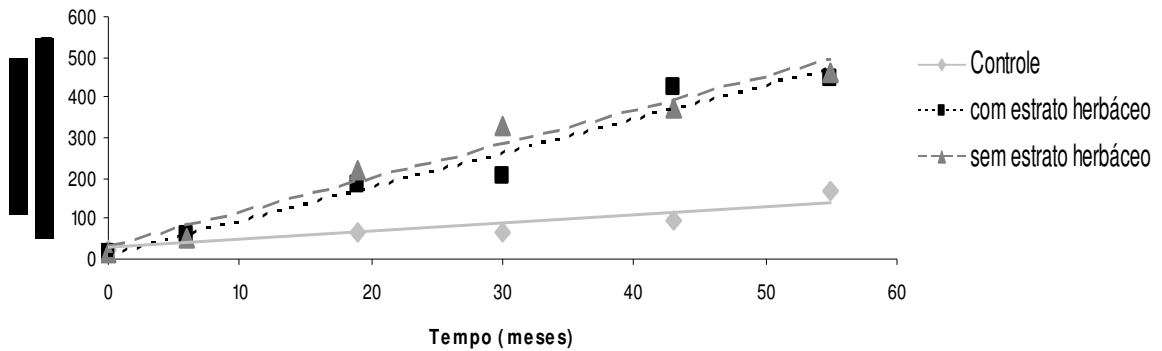


Figura 3.7 – Curvas de crescimento do *Couepia grandiflora* em cada tratamento e no controle

### *Inga edulis*

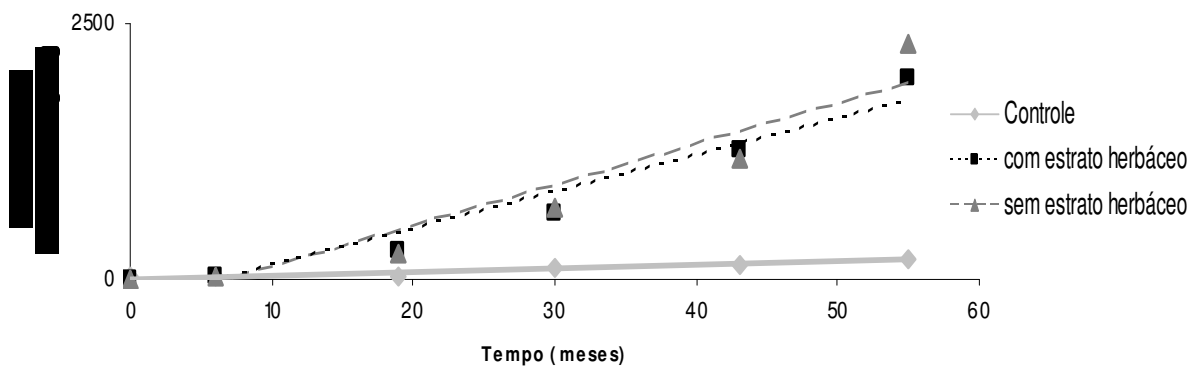


Figura 3.8 – Curvas de crescimento do *Inga edulis* em cada tratamento e no controle

### *Genipa americana*

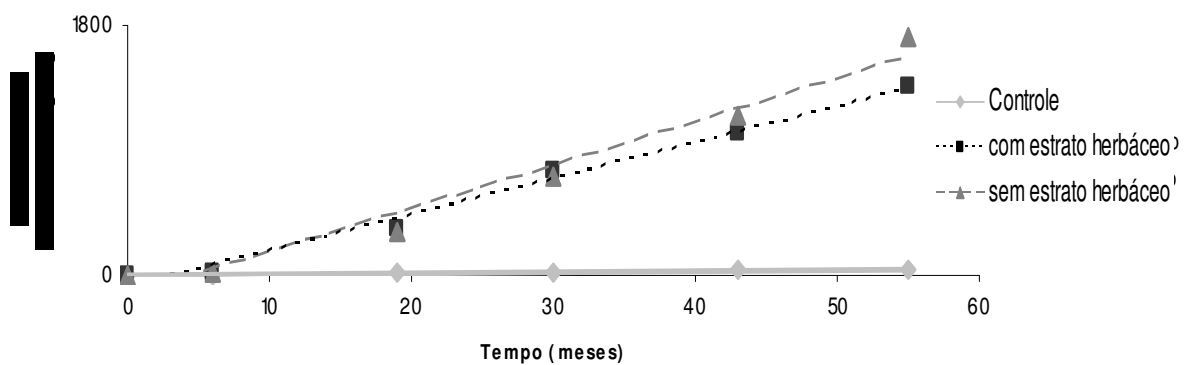
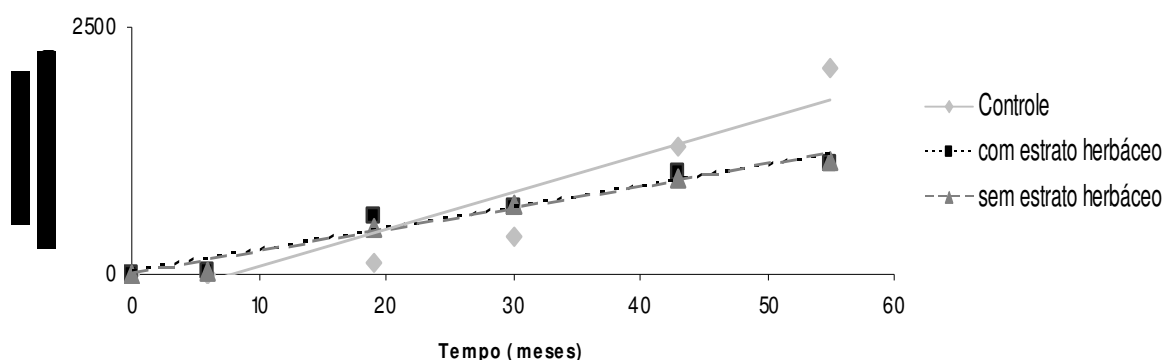


Figura 3.9 – Curvas de crescimento do *Genipa americana* em cada tratamento e no controle

### *Tapirira guianensis*



**Figura 3.10** – Curvas de crescimento do *Tapirira guianensis* em cada tratamento e no controle

**Tabela 3.7** – Equação de crescimento e eficiência relativa de cada tratamento e do controle para as diferentes espécies

<i>Hymenaea stigonocarpa</i>					
	Fórmula	b	R2	F com c	$b_i/b_c$
controle	$\hat{Y}=7,16+1,05X$	1,05	0,93		
com estrato	$\hat{Y}=-3,47+5,70X$	5,70	0,93	7,74*	5,43
sem estrato	$\hat{Y}=-33,39+10,07X$	10,07	0,94	7,90*	9,59
<i>Couepia grandiflora</i>					
	Fórmula	b	R2	F com c	$b_i/b_c$
controle	$\hat{Y}=29,51+2,03X$	2,03	0,80		
com estrato	$\hat{Y}=10,61+8,28X$	8,28	0,96	7,95*	4,08
sem estrato	$\hat{Y}=32,42+8,26X$	8,26	0,97	7,95*	4,07
<i>Inga edulis</i>					
	Fórmula	b	R2	F com c	$b_i/b_c$
controle	$\hat{Y}=1,80+3,34X$	3,34	0,93		
com estrato	$\hat{Y}=-212,32+35,64X$	35,64	0,94	7,96*	10,67
sem estrato	$\hat{Y}=-267,07+39,53X$	39,53	0,90	7,95*	11,84
<i>Genipa americana</i>					
	Fórmula	b	R2	F com c	$b_i/b_c$
controle	$\hat{Y}=6,05+0,65X$	0,65	0,87		
com estrato	$\hat{Y}=80,81+25,90X$	25,90	0,99	8,03*	39,85
sem estrato	$\hat{Y}=-148,73+31,34X$	31,34	0,97	8,01*	48,22
<i>Tapirira guianensis</i>					
	Fórmula	b	R2	F com c	$b_i/b_c$
controle	$\hat{Y}=-301,82+37,34X$	37,34	0,87		
com estrato	$\hat{Y}=17,5+21,77X$	21,77	0,95	7,75*	0,58
sem estrato	$\hat{Y}=-13,1+22,33X$	22,33	0,98	7,44*	0,60

b representa o coeficiente angular da reta,  $R^2$  coeficiente de determinação da reta, F é o valor obtido para a comparação do coeficiente angular com cada tratamento (valor de F a 0,075 é 7,209 identificado com em relação ao controle (c),  $b_i/b_c$  é a eficiência relativa (EF) do tratamento em relação ao controle.

### 3.4 – Conclusões

A ausência de relações desarmônicas no substrato estéril da área minerada favoreceu a sobrevivência das mudas arbóreas estabelecidas em covas adubadas, quando comparado ao controle do estudo, estabelecido em uma área de solo não minerado.

Exceto o pau-santo, as espécies utilizadas apresentaram percentagens de sobrevivência elevadas para os padrões de recuperação de áreas degradadas pela mineração.

A presença de um estrato herbáceo não influenciou a sobrevivência das espécies arbóreas utilizadas.

A presença de cavaco de madeira (*mulch*) sobre a superfície das covas não influenciou a sobrevivência nem no incremento alométrico das espécies arbóreas utilizadas.

A escarificação e a adubação da camada superficial do substrato minerado não favoreceram o incremento das árvores plantadas nas covas adubadas, quando comparado aos tratamentos em que as mudas foram estabelecidas em covas adubadas, mas sem tratamento superficial do substrato.

A influencia negativa do estrato herbáceo sobre o desenvolvimento alométrico das árvores foi baixa.

#### Referências bibliográficas

ALMEIDA, R. O. P. O.; SÁNCHEZ, L. E. **Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho.** Revista Árvore, v. 29, n. 1, 2005. p. 47-54.

ANAND, M.; DESROCHERS, R. E. **Quantification of restoration success using complex systems concepts and models.** Conservation Biology, v. 12, n. 1, 2004. p. 117-123.

BARBARICK, K. A.; Ippolito, J. A. **Nitrogen fertiliser equivalency of sewage sludge biosolids applied to dryland winter wheat.** Journal of Environmental Quality, v. 28, n. 07, 2000. p. 1345-1351.

BEERS, Y. 1957. **Introduction to theory of error.** S. l.: Addison-Wesley, 1957. 66 p.

BIOESTAT 5.0. 2007.

- BEGON, M; Harper, J. L.; TOWNSEND, C.R. **Ecology**: individuals, populations and communities. 2. ed. Blackwell Scientific Publications, Boston: 1990, 945 p.
- CARVALHO, R. de C.; VITAL, M.V.C.; COSTA, D.A.; Silva, L.C.F.da; VIEIRA, L.C.G.; SILVEIRA, A.V.T da; LIMA-FILHO, G.F.de L. **Competição, facilitação ou teoria neutra?** Um estudo das interações e de sua importância na estrutura de uma comunidade vegetal em regeneração. *Revista Biologia Neotropical* 4 (2), 2007. p. 117-123.
- CARNEIRO; SOUZA, 2004 In: Corrêa, R. S.; Baptista, G. M. M (Orgs.). **Mineração e áreas degradadas no Cerrado**. Brasília: Universa. p. 9-21, Carneiro, P.J.R. Mapeamento geotécnico e caracterização dos materiais naturais de construção do Distrito Federal: uma base de dados para o planejamento e gestão. Tese de Doutorado. Brasília: Universidade de Brasília– UNB – DF, 1999. 209 p.
- CORRÊA, R. S.; Bias, E. S.; Baptista, G. M. M. **Áreas degradadas pela mineração no Distrito Federal**. In: Corrêa, R. S.; Baptista, G. M. M (Orgs.). *Mineração e áreas degradadas no Cerrado*. Brasília: Universa, 2004. p. 9-21.
- CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado - Manual para revegetação**. Brasília: Universa, 2006. 187p.
- CORRÊA, R. S.; MESQUITA, P. G. Comparação entre o crescimento de três espécies arbóreas de Cerrado em área nativa e em área minerada. In: VII Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas – Forest, 2004. Brasília. **Anais...** Brasília: Revista do VII Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas – Forest, 2004. p. 52-54.
- CORRÊA, R. S.; SILVA L. L. A.; BAPTISTA, G. M. M. (2008). **Efeito de uma cobertura morta sobre o Intervalo Hídrico Ótimo e o desenvolvimento de ipê-roxo em área minerada no Cerrado**. *Revista de Pesquisa Aplicada à Engenharia – PET*, v. 1, n. 1. Brasília-DF: Universidade de Brasília, jul./dez. p. 1-9.
- CORRÊA, R. S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. **Biosolids effectiveness to yield ryegrass based on their nitrogen content**. *Scientia Agrícola*. v. 62, n. 03. 2005. p. 274-280.
- CORRÊA, R.S.; CARDOSO, E.S. 1998. **Espécies testadas na revegetação de áreas degradadas**. In: Corrêa, R.S.; Melo Filho, B. de. (orgs.). *Ecologia e recuperação de áreas degradadas no Cerrado*. Brasília: Paralelo 15. p. 101-116.
- COUTINHO, L.M. 2002. **O bioma do Cerrado**. In: Eugen Warming e o Cerrado brasileiro: um século depois. (A.L. Klein, ed.). São Paulo: Unesp, 2002. p. 77-91.
- DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p.
- EITEN, G. **The Cerrado vegetation of Brazil**. *Botanical review*, 38. 1972. p. 201-341.
- EITEN, G. **Vegetação do Cerrado**. In: Novaes Pinto, M. (Org.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1994. p. 7-73.

- EITEN, G. **Vegetação natural do Distrito Federal**. Brasília: Universidade de Brasília/SEBRAE, 2001. 162 p.
- EMBRAPA. **Recomendações para o estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guinensis* cv. Mineirão**. EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 67; EMBRAPA-CNPQC. Comunicado Técnico, 49. Planaltina/Campo Grande: 1993. 6 p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPQ, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro-RJ: 1999. 412 p.
- FELFILI, J. M.; RIBEIRO, F. J.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. **Recuperação de matas de galeria**. Documento n. 21. Brasília: Embrapa Cerrados/MMA, 2000. 45 p.
- FELFILI, J.M.; SILVA JUNIOR, M.C.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E. **Comparation of Cerrado (sensu stricto) vegetation in Brasil Central**. *Ciência e Cultura* 50(4): 1998. p. 237-243.
- FUNATURA. **Plano de Manejo da Área de Relevante Interesse Ecológico do Riacho Fundo**. 1994.
- GANADE, G.; BROWN, V. K. **Succession in old pastures of Central Amazonia: role of soil fertility and plant litter**. *Ecology*, v. 83, n. 3, p. 743-754, 2002.
- GUIMARÃES, J.C.C. **Reabilitação de minas de bauxita em florestas nativas: Método tradicional versus método ecológico** Informe Agropecuário, v. 29, n. 244. Belo Horizonte: 2008. p. 30-33.
- LEITE, L.L.; CASTRO, A.J.R. **Situação dos planos de recuperação de áreas degradadas (PRAD) nos processos de licenciamento de cascalheiras no Distrito Federal**. In: V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e Biodiversidade. Belo Horizonte: 18 a 22 nov. 2002.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. v. 2. Nova Odessa/SP: Plantarum, 1998.
- MELO FILHO, B. de M.; CARDOSO, E.S.; CORREIA, R.S. **Identificação de corredores ecológicos no Distrito Federal**. IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, v. 1. Curitiba: 2004.
- MENDONÇA et al. **Flora vascular do Cerrado**. In: Sano, S.M.; Almeida, S. P. (Eds.) *Cerrado, ambiente e flora*. Planaltina: Embrapa, 1998. p. 289-556.
- MOTTA, M. L.; BENVENUTTI, R. D.; ANTUNES, E. C. **Aplicação dos estudos fitossociológicos ao reflorestamento ciliar do Vale do Rio Turvo, GO**. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 3. Ouro Preto. Do Substrato ao solo: trabalhos voluntários. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 558-571.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 1988.



- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; LOPES, L.; BLOOMFIELD, V. K. **Análise do desenvolvimento de espécies arbóreas da Mata Atlântica em sistema de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas em encosta, no entorno do Parque Estadual do Desengano (RJ).** In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas - III SINRAD. Ouro Preto: Anais. Curitiba: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas/Sobrade e Universidade Federal de Viçosa/UFV, 1997, p. 283-291.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. **Nutrient cycling in native forests.** In: Golçalves, J.L.M. e Benedetti, V. (orgs). Forest nutrition and fertilization. Piracicaba: Instituto de Pesquisas Florestais e Estudos Florestais, 2004. p. 285-305.
- RESENDE, A. V., NETO, A. E. F.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V. **Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n. 11, 1999. p. 2071-2081.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado.** In: Sano, S.M., Almeida, S.P. Ribeiro, J.F. (eds.). Cerrado: ecologia e flora. EMBRAPA Cerrados, Brasília-DF: 2008. p. 98-166.
- SILVA, L.C.R.; CORRÊA, R.S. **Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no Cerrado.** Revista Árvore. v. 32, n. 4. Viçosa-MG: 2008. p. 731-740.
- SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods.** 8. ed. Ames: Iowa State University Press, 1989. 503 p.
- SPOSITO, T.C. Santos, F.A.M. **Scaling of stem and crow in eight Cecropia (Cecropiaceae) species of Brazil.** American Journal of Botany v. 88. 2001. p. 939-949.
- WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas.** Tese de doutorado em ecologia na UNB, 2006.

## **4 - SUCESSÃO DO ESTRATO HERBÁCEO EM UMA JAZIDA DE CASCALHO NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL REVEGETADA COM *STYLOSANTHES* ssp.**

### **RESUMO**

O Cerrado brasileiro apresenta a maior biodiversidade florística entre todas as savanas existentes. O Distrito Federal está localizado na porção central do Cerrado brasileiro e apresenta 57% da cobertura vegetal removidas por atividades humanas. A mineração a céu aberto é responsável por 0,6% da extensão degradada no DF. Espécies herbáceas estabelecidas em local minerado crescem rápido, protegem o solo, incorporam matéria orgânica, porém estudos sobre estas são escassos. O estudo foi desenvolvido em cascalheira explorada no Distrito Federal, localizada na Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo. Foi avaliado o efeito de dois tipos de manejo, com e sem plantio de estrato herbáceo. Foi utilizada para compor o estrato herbáceo o *Stylosanthes* spp. (mineirão) por se tratar de uma espécie nativa. Para avaliar a sucessão ecológica dos dois manejos, foram calculados índices fitossociológicos (cobertura linear, densidade relativa, cobertura relativa, frequência relativa e IVI) e índices de diversidade (Shannon, Jaccard e Pielou). Foi observado que o plantio de um estrato herbáceo sobre o substrato minerado resultou em um aumento da diversidade de espécies em 63%, uma diminuição da colonização por espécies exóticas em aproximadamente 20%, um aumento da cobertura linear da área em 30%.

### 4.1 – Introdução

O Cerrado brasileiro é a Savana que apresenta a maior biodiversidade florística entre as existentes em todo Mundo, com mais de onze mil espécies de plantas (WALTER, 2006). Esse bioma localiza-se no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior em extensão do país (Ribeiro e Walter, 2008), cobrindo aproximadamente 20% do território nacional. O Cerrado é um mosaico formado por várias fitofisionomias (EITEN, 1972), que variam de formações florestais (Matas de Galeria e Matas Secas) a formações de campestres, tais como o Campo Sujo e Campo Limpo.

As formações savânicas estão associadas a ocupações humanas (WALTER, 2006), pois elas sensibilizam menos o público quanto à necessidade de conservação do que as formações florestais (KLINK et al., 1993). Atualmente, 41,6% da extensão original do Cerrado são pastagens, 11,4% campos agrícolas, 0,07% de reflorestamentos comerciais, 1,9% de áreas urbanas (KLINK; MACHADO, 2005). No Distrito Federal (DF), que se localiza na porção central do Cerrado brasileiro, 57% da cobertura vegetal foram removidas por atividades humanas e a mineração a céu aberto é responsável por 0,6% da extensão degradada no DF. Apesar da pequena proporção que ocupa, esse montante é

cinco vezes superior à média brasileira da extensão degradada pela mineração nas outras unidades da federação (CORRÊA et al. 2004).

A legislação brasileira exige, há mais de duas décadas, a apresentação de um Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD para se obter a licença de mineração de uma lavra. A recuperação de áreas mineradas era, há algumas décadas, viabilizada por meio da introdução de espécies exóticas e agressivas, com objetivo de se obter um efeito visual rápido, sem a preocupação com as questões ecológicas (GUIMARÃES, 2008). Atualmente, o plantio de mudas de espécies arbóreas é o método mais utilizado para a revegetação de áreas degradadas por mineração, e pouca atenção é dispensada à escolha de espécies que formarão o estrato herbáceo do local (MORAES NETO et al. 2003).

As espécies herbáceas de Cerrado apresentam maior diversidade do que as lenhosas e elas dominam as fisionomias campestres (MENDONÇA, et al., 1998; 2009). Essa relação é em média de três espécies herbáceas para cada lenhosa - 3:1 (MANTOVANI; MARTINS, 1993), mas pode chegar a 131:1 em áreas de Campo Limpo (WALTER, 2006). Há várias espécies de gramíneas e outras herbáceas que são adaptadas a solos e substratos com baixa fertilidade química. Isso sugere que a recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado deva ser iniciada com a introdução do estrato herbáceo (HARIDASAN, 2000), (...), sobretudo porque algumas espécies de gramíneas nativas apresentam grande potencial para essa finalidade (MARTINS, et al. 2001). Apesar disso, gramíneas nativas do Cerrado não são aproveitadas comercialmente na execução de PRAD's (ALMEIDA, 1998).

Espécies herbáceas estabelecidas em local minerado crescem rápido, protegem o solo, incorporam matéria orgânica e podem abrigar (*nurse plants*) sementes que espontaneamente chegam ao local, fomentando relações ecológicas e facilitando o início do processo de sucessão. A inibição do desenvolvimento dessas outras espécies e a tolerância ao desenvolvimento delas são outros modelos de sucessão que podem operar nessa situação (CONNELL; SLATYER, 1977).

Existem poucos estudos sobre a implantação de espécies herbáceas em áreas mineradas no Cerrado e sobre os modelos de sucessão que operam nessas comunidades (FILGUEIRAS, 1992; MARTINS et al., 2001; 2004). Apesar disso, o manejo de áreas mineradas em processo de recuperação demanda o entendimento do processo de colonização de herbáceas e sua influência na sucessão ecológica do local.

Dessa forma, este trabalho visa ao estudo do efeito do plantio de espécies nativas no processo da sucessão ecológica do estrado herbáceo em uma jazida de cascalho no Distrito Federal que recebeu dois diferentes tratamentos: revegetação com mudas arbóreas sobre substrato descoberto e mudas arbóreas plantadas sobre um estrado herbáceo composto de *Stylosanthes* spp., conforme se segue:

- 1) Mudas arbóreas nativas sobre substrato exposto → sucessão do estrato herbáceo
- 2) Mudas arbóreas nativas sobre estrato herbáceo → sucessão do estrato herbáceo

## 4.2 – Material e métodos

O experimento foi estabelecido em uma cascalheira explotada, localizada na Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo, que possui 480,12 ha entre as coordenadas 15°52'9'';15°52'13''S e 47°57'0''; 47°56'52''W. A ARIE Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo foi criada pelo Decreto Distrital nº 11.138, de 16 de junho de 1988, abrange uma área aproximada de 480ha, compreendendo parte da área pertencente anteriormente ao Jardim Zoológico. É uma área com características brejosas e constitui-se em excelente refúgio para as aves e fauna aquática. A vegetação do Santuário é composta predominantemente por mata ciliar e campo úmido, sendo também encontradas porções de campo limpo, campo sujo, campo de murunduns e campo cerrado, além de áreas com diferentes graus de perturbação ou mesmo sem a cobertura característica de cerrado. A cascalheira em questão apresentava uma vegetação de campo sujo e campo cerrado (de acordo com fotos aéreas do Arquivo Público do Distrito Federal).

A jazida, lavrada na década de 1970, apresenta extensão de 1,5 ha, Cambissolo Háplico Eutrófico Tb como solo original (EMBRAPA, 1999) e cerca de 1,5 m de profundidade de corte. Até o início do experimento, em 2003, o local não apresentava qualquer sinal de regeneração natural. Antes da implantação do experimento, a jazida foi terraceada para controle das águas pluviais. Metade da cava foi escarificada a 20 cm de profundidade, adubada com 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de composto de lixo, 870 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico 90% PRNT e 435 kg ha<sup>-1</sup> de NPK - 4:14:8. Quinze dias após aplicação dos insumos, foram incorporados 2 kg ha<sup>-1</sup> de sementes da mistura de *Stylosanthes* spp. (produto comercial

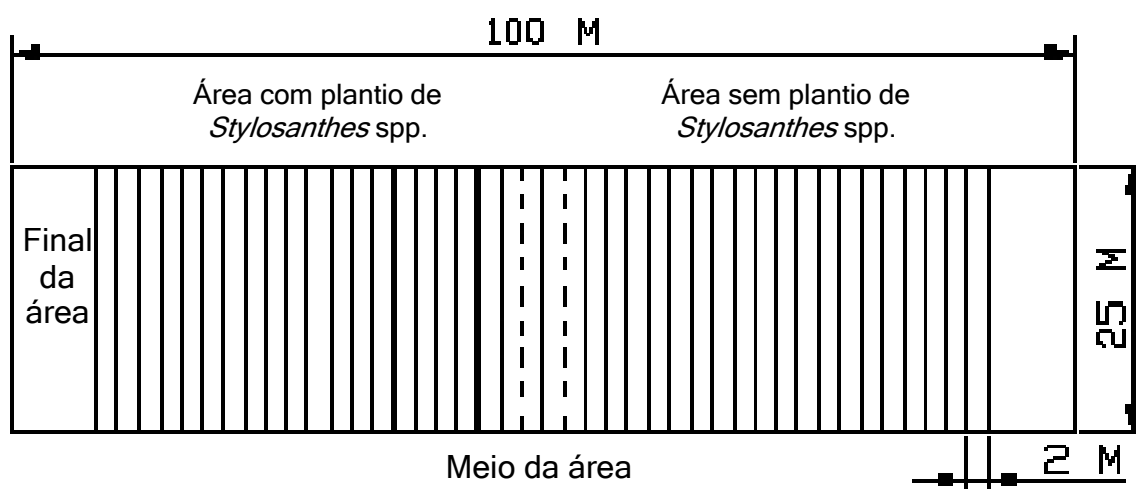
contendo 60% de *S. capitata*, 25% de *S. guianensis* e 15% de *S. macrocephala*) à profundidade de 5 cm, para a implantação de um estrato herbáceo. Esta mistura de *Stylosanthes* spp. foi utilizado neste trabalho por ser composto de espécies nativas, aceitas para plantio em Unidades de Conservação e por apresentarem sementes comercialmente disponíveis e economicamente viáveis.

Mudas arbóreas de seis espécies foram plantadas na jazida, em blocos de seis árvores, no espaçamento 4 x 4 m, totalizando 144 plantas (72 mudas na área com *Stylosanthes* spp. e 72 mudas na área sem cobertura herbácea) As mudas foram estabelecidas em covas de 64 L, adubadas com 30 L de composto de lixo (densidade = 0,4 Mg cm<sup>-3</sup>), 100 g de calcário dolomítico (90% PRNT), 100 g de NPK- 4:14:8 e 10 g de FTE (fonte de micronutrientes). O plantio de mudas arbóreas em covas adubadas é a prática mais utilizada no Distrito Federal para a recuperação de áreas mineradas (CORRÊA, 2006). As espécies arbóreas plantadas foram *Inga edulis*, *Couepia grandiflora*, *Genipa americana*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Tapirira guianensis*.

A manutenção do experimento consistiu em capinas anuais do estrato herbáceo para atenuar a competição com o estrato arbóreo implantado. As capinas foram realizadas com roçadeiras costais, em maio de 2004 e 2005. Após a emergência das árvores acima do estrato herbáceo, suspenderam-se as capinas. Dessa forma, a avaliação do estrato herbáceo se refere às espécies que espontaneamente se estabeleceram no local a partir do plantio de 2003 ou a partir do fim das capinas. Trata-se, portanto, da avaliação da sucessão do estrato herbáceo na jazida revegetada por um período mínimo de três anos e máximo de cinco anos.

A avaliação do estrato herbáceo utilizou o método de interseção na linha (MUELLER; DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; BROWER et al., 1990; MEIRELLES et.al.,2002). Esse método é adequado para coleta de herbáceas (BROWER et al., 1990) e tem-se mostrado apropriado para uso no Cerrado (MEIRELLES et.al., 2002). O método consiste em se esticar uma linha entre dois pontos sobre a vegetação a ser amostrada. Anota-se o comprimento da projeção de cobertura de cada espécie na linha e divide-se esse valor pelo comprimento total das espécies inventariadas sob a linha. Calcula-se então a proporção de área coberta por essa determinada espécie. A extensão total da uma linha pode ser utilizada como uma unidade amostral ou ela pode ser dividida em intervalos constantes, em que cada intervalo é considerado uma unidade amostral (BROWER et al., 1990).

As linhas deste estudo foram alocadas a cada 2 m de distância, a partir da borda entre a área revegetada com *Stylosanthes* spp. e a área da jazida que não fora revegetada. A distância total da primeira linha de uma área para a outra foi de 8 m, e no final de cada área restaram 8 m de bordadura (Figura 4.1). Foram estendidas vinte linhas paralelas em cada metade da jazida (com e sem *Stylosanthes* spp.), totalizando quarenta linhas de 25 m cada uma, que corresponde a largura da área revegetada. Neste estudo tratou-se cada linha como uma unidade amostral (BROWER et al., 1990).



**Figura 4.1** – Modelo esquemático da disposição das linhas na área de estudo, localizada na ARIE Santuário da Vida Silvestre do Riacho Fundo – DF

A delimitação de um indivíduo herbáceo na comunidade nem sempre é clara, devido a diferentes características de crescimento e de frequência de crescimento vegetativo (FALIŃSKA, 1991; BROWER et al., 1990). Para indivíduos que crescem em touceiras distintas, deve-se contar toda a touceira como um único indivíduo (BROWER et al., 1990). Em comunidades herbáceas do Cerrado é utilizada uma distância mínima de 10 cm entre plantas para se distinguir um indivíduo do outro (FILGUEIRAS, 1994), critério usado neste trabalho.

A coleta de dados foi feita entre abril e maio de 2008, final da estação chuvosa, quando o desenvolvimento das espécies herbáceas é máximo. As espécies foram coletadas independentemente de estarem com material reprodutivo. Algumas espécies foram coletadas fora das linhas de amostragem (Figura 4.1). Elas foram identificadas e fazem parte do inventário florístico, porém não das análises fitossociológicas. As plantas seriam acompanhadas por um ano, para se coletar material reprodutivo. Porém, um incêndio no

local, na primeira quinzena de setembro de 2008, impossibilitou a identificação de algumas espécies por meio de material reprodutivo e elas foram identificadas por meio de material vegetativo até Gênero.

O material vegetal coletado foi comparado à literatura, submetido a exame de especialista e comparado com exsicatas do Herbário da Universidade de Brasília, Herbário Rioclarense, do Instituto de Biociências de Rio Claro, e Herbário do Instituto de Botânica de São Paulo. *Vouchers* das espécies encontradas estão depositadas no herbário da Universidade de Brasília.

A suficiência amostral nas duas áreas de estudo da jazida foi verificada por meio de curvas de rarefação, geradas usando o programa EcoSim (GOTELLI; ENTSMINGER, 2001). O programa seleciona então os indivíduos de forma aleatória, repetidas vezes, gerando uma curva com agregações aleatórias de amostras inteiras. A amostra mínima representativa é indicada pela estabilização da curva de rarefação e pela redução dos valores de desvio padrão (MAGURRAN, 2000).

Os dados florísticos coletados nas linhas foram utilizados para os cálculos da Taxa de Cobertura Linear, Taxa de Cobertura Relativa, Densidade Relativa, Frequência Relativa e Índice de Valor de Importância, (BROWER et al., 1990):

**Taxa de cobertura linear (CL)** é a soma linear da extensão de uma espécie amostrada dividida pelo total de metros amostrados.

**Densidade Relativa (DR)** é número de indivíduos de uma espécie amostrada dividido pelo número total de indivíduos amostrados.

**Taxa de cobertura relativa (CR)** é a soma linear da extensão de uma espécie amostrada dividida pelo total de metros amostrados com espécies.

**Frequência relativa (FR)** é a frequência de uma espécie amostrada dividida pela soma de todas as frequências.

**Índice de Valor de importância (IVI)** é a soma da frequência relativa, taxa de cobertura relativa e densidade relativa.

Os Índices de Shannon, Pielou e Jaccard foram utilizados para se comparar as camadas herbáceas das duas áreas de estudo (MAGURRAN, 2000). O índice de Shannon é relativamente independente do tamanho da amostra (ODUM, 1988). Ele foi calculado conforme fórmula abaixo (MAGURRAN, 2000):

$$H = -\sum p_i \ln p_i$$

em que:

$p_i$  é a estimativa da proporção de indivíduos de cada espécie

$\ln$  é o logaritmo na base  $n$

Para a equitabilidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies, foi calculado o índice de Pielou (J), segundo a equação (PIELOU, 1975):

$$J = H' / \ln(S)$$

em que:

J representa a equitabilidade de abundância de espécies,

$H'$  é a diversidade (Shannon)

$\ln(S)$  é a riqueza de espécies

O Índice de Pielou varia entre 0 e 1; a máxima diversidade é representada pelo valor 1 o que significa que todas as espécies seriam igualmente abundantes.

O índice de Jaccard permite quantificar a semelhança florística entre áreas. Ele foi calculado segundo a fórmula:

$$CJ = \frac{c}{(a+b)} - c$$

em que:

CJ é índice de similaridade,

a é o número de espécies encontradas no local a,

b é o número espécies encontradas no local b

c é o número espécies encontradas em ambos os locais (a e b).

A repartição de nichos na comunidade foi representada por meio de um gráfico de abundância de espécies (MAGURRAN, 2000). Essa figura foi elaborada ordenando-se no eixo das abscissas a seqüência de espécies, da mais abundante para a menos abundante. No



eixo das ordenadas a abundância foi representada em escala logarítmica, conforme descrito em Magurran (2000).

### 4.3 – Resultados e discussão

Foram amostradas 31 espécies herbáceas interceptando as 40 linhas estendidas na jazida deste estudo. Dessas, 13 espécies foram comuns à área revegetada com *Stylosanthes* spp. e à área da jazida que não recebeu *Stylosanthes* spp. Outras quatorze espécies se estabeleceram apenas na área com *Stylosanthes* spp. e quatro apenas na área não revegetada. Duas outras espécies herbáceas foram coletadas fora das unidades amostrais (linhas), na área com *Stylosanthes* spp.: *Melochia spicata* (L.) Fryxell e *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf. A primeira é nativa do Cerrado, pertencente à família Malvaceae. A segunda é uma Poaceae exótica ao Cerrado. Como não interceptavam as unidades amostrais, elas não foram utilizadas nos cálculos fitossociológicos.

Na área revegetada com *Stylosanthes* spp. foram amostradas 27 espécies entre 806 indivíduos ao longo das vinte linhas estendidas. Na outra porção da jazida, onde o substrato não fora escarificado, adubado ou plantado, 17 espécies entre 1.185 indivíduos foram encontradas interceptando as vinte linhas estabelecidas. O número de espécies encontrado foi suficiente para estabilizar as curvas de rarefação e reduzir satisfatoriamente os valores de desvio padrão nas duas áreas de estudo da jazida (Figuras 4.2 e 4.3). O esforço amostral foi, portanto, suficiente e o conjunto de plantas identificadas representa satisfatoriamente a comunidade herbácea da jazida de estudo.

O número de espécies amostradas na porção da jazida coberta com *Stylosanthes* spp. (27) é 63% maior que na área não revegetada (17). A contribuição das espécies nativas para o IVI da porção revegetada com *Stylosanthes* spp. é de 53,7%, enquanto que a contribuição das espécies nativas para o IVI da porção que não recebera o estrato herbáceo é de 30,7%. Entre as dez famílias botânicas encontradas na jazida (Tabela 4.1 e 4.2), quatro são comuns as duas áreas: Poaceae, Amaranthaceae, Asteraceae e Lamiaceae. A área revegetada com *Stylosanthes* spp. apresentou, ainda, espécies herbáceas das famílias Fabaceae, Rosaceae, Verbenaceae e Oxalidaceae. Na área não revegetada da jazida, encontram-se espécies de ervas das famílias Malvaceae, Solanaceae e Plantaginaceae.

Em relação ao *Stylosanthes* spp. somente uma espécie foi encontrada, o *S. guianensis*, as outras duas espécies plantadas não foram identificadas na coleta, provavelmente estas foram excluídas por competição, ou não chegaram a se estabelecer na área.

Substratos expostos em áreas mineradas são inférteis e estéreis e sementes e propágulos que atingem um local minerado geralmente não conseguem se estabelecer e desenvolver (SILVA; CORRÊA, 2008). O plantio de mudas arbóreas em covas adubadas favorece a colonização da área por espécies herbáceas e lenhosas que espontaneamente atingem a superfície dessas covas (CORRÊA et. al., 2005), pois a fertilidade edáfica é determinante no processo de colonização e sucessão em áreas em recuperação (GANADE; BROWN, 2002). O plantio das mudas arbóreas na área da jazida que não recebera cobertura herbácea permitiu que diversas espécies herbáceas, algumas lenhosas e representantes da edafofauna se estabelecessem no local a partir das covas adubadas. As árvores crescidas serviram de poleiros de aves e fontes de abrigo e alimentos para diversos animais. Tudo isso contribuiu para a colonização da área por diversas espécies vegetais. Esse processo de dispersão biológica é conhecido como nucleação, que é descrita como a capacidade de uma espécie propiciar significativa melhoria nas qualidades ambientais, permitindo aumento da probabilidade de ocupação do ambiente por outras espécies (YARRANTON; MORRISON, 1974).

O substrato da área com *Stylosanthes* spp. foi melhorado edaficamente antes da semeadura deste. O desenvolvimento radicular de ervas adiciona matéria orgânica ao solo/substrato, melhora as características químicas, físicas e biológicas do ambiente edáfico e auxilia o processo de colonização inicial de uma área (GANADE; BROWN, 2002). Esse fato é observado no presente trabalho, pois o número de espécies colonizadoras na área com substrato herbáceo foi 63% maior do que na área em que o substrato não fora tratado.

Martins et al. (2001; 2004) escarificaram a superfície exposta de uma cascalheira no Distrito Federal, incorporaram matéria orgânica e semearam 32 espécies de gramíneas (Poaceae) nativas do Cerrado. Dez anos após a semeadura, a área encontrava-se dominada por *Melinis minutiflora* (capim gordura). A evolução da comunidade herbácea neste trabalho ocorreu em sentido contrário: a área inicialmente revegetada com *Stylosanthes* spp. apresentou 29 espécies de ervas (27 interceptando as linhas amostrais + 2 espécies fora das linhas) após cinco anos de sucessão e *Melinis minutiflora* contribuía apenas com 14,5% do IVI total da comunidade herbácea. Dessa forma, *Stylosanthes* spp. não inibiu o

processo de colonização espontânea da área por outras espécies herbáceas (CONNEL; SLATYER, 1977) e impediu que uma única espécie dominasse a comunidade.

Gramíneas exóticas excluem espécies nativas pela competição (HOFFMANN et al., 2004) e retardam ou alteram o processo de sucessão (D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992). Cinco espécies de gramíneas exóticas ao Cerrado estão colonizando a jazida: *Urochloa brizantha*, *Melinis minutiflora*, *Melinis repens*, *Andropogon gayanus*, comuns as duas áreas, e *Megathyrsus maximus*, presente somente na área revegetada com *Stylosanthes* spp.. Apenas uma espécie de gramínea nativa foi encontrada na jazida estudada: *Pennisetum setosum* (Tabela 4.1), encontrada somente na porção com estrato herbáceo.

A três espécies com os maiores valores de IVI são as mesmas nas duas áreas da jazida: *Urochloa brizantha*, *Melinis minutiflora* (gramíneas exóticas ao Cerrado) e *Althernantera brasiliana* (Amaranthaceae nativa do Cerrado). A soma dos IVI's delas representa 50% do IVI total da área com estrato herbáceo e 73% do IVI da área com substrato não tratado. Na parte com estrato herbáceo, *Althernantera brasiliana* é a espécie herbácea de maior importância, respondendo por 20% do IVI total da comunidade herbácea. Ela se propaga por sementes e pode contribuir para reduzir a colonização da área por gramíneas invasoras e seus colmos ajudam a segurar as camadas superficiais do solo. Ela mostrou-se uma forte colonizadora também na área em que o substrato não foi tratado.

*Urochloa brizantha* responde sozinha com 40% do IVI total na área com substrato não tratado e com 16% do IVI total na porção com estrato herbáceo, ocupando primeiro e segundo lugares de importância fitossociológica nas duas respectivas áreas. Essa espécie de origem africana foi melhorada geneticamente para o Cerrado, (sinon. *Brachiaria brizantha* Hochst. ex A. Rich. Staf.). Ela foi introduzida no Cerrado para a formação de pastagem, pois apresenta boa resistência a seca e alta palatabilidade para o gado. Essa espécie tem sido erroneamente identificada como *Brachiaria decumbens* (T. Filgueiras, comunicação pessoal), que leva a um grande número de referências citar *Brachiaria decumbens* como uma das maiores invasoras do Cerrado brasileiros (MARTINS et al., 2004; PIVELLO et al., 1999).

*Melinis minutiflora* é uma espécie que ameaça a biodiversidade do Cerrado (Martins et al., 2004), pela sua adaptação à baixa fertilidade do solo, resistência à seca e alta porcentagem de germinação de suas sementes. Essa espécie consegue se estabelecer em áreas

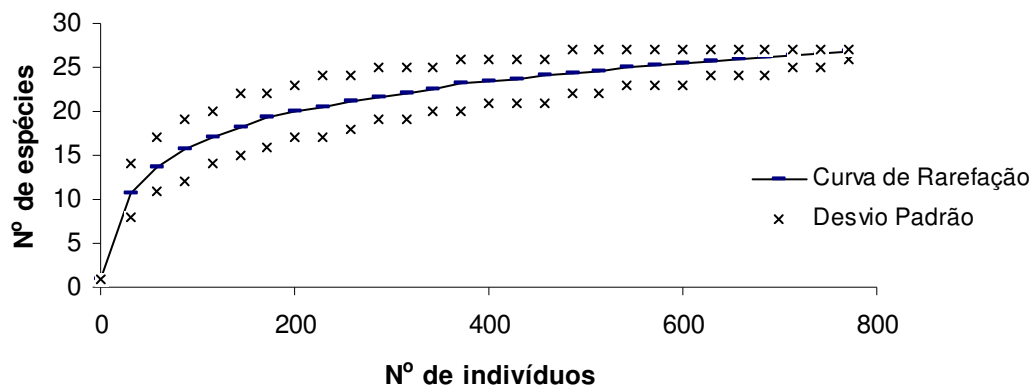
degradadas com muita facilidade (MARTINS et al., 2004). Espécies de forte valência ecológica, tais como *Melinis minutiflora* e *Brachiaria* sp. (= *Urochloa* sp.), inibem a sucessão em áreas de Cerrado em processo de recuperação (MARTINS et al., 2004). De acordo com o modelo de inibição descrito por Connell e Slatyer (1977), os primeiros colonizadores de um local impedem a entrada de espécies de *seres* mais avançadas. No presente trabalho, *Melinis minutiflora* representa 14,5% do IVI da área com cobertura herbácea e 18,8% da área em que o substrato não foi tratado. Abundância e distribuição de gramíneas invasoras em relação a gramíneas nativas são parâmetros que identificam o grau de perturbação de uma área (FILGUEIRAS, 1990). Nesse aspecto, a área da jazida revegetada com *Stylosanthes* spp. se encontra em estágio sucessional mais avançado que a outra área (Tabelas 4.1 e 4.2).

*Lantana camarea*, espécie nativa do Cerrado encontrada na porção revegetada da jazida, propaga-se por sementes e é dispersada por ornitocoria (WATANABE, 2005). Isso evidencia que as árvores plantadas na jazida têm servido de poleiros e que *Stylosanthes* spp. não inibiu a germinação de sementes e o estabelecimento de outras espécies vegetais no local. *Rubus* sp. foi encontrada na área com estrato herbáceo onde o *Stylosanthes* spp. alcançava 2,5m de altura. Essa espécie precisa de sombreamento e umidade, sendo mais freqüente em Matas de Galeria, esta apresenta frutos carnosos que são consumidos por pássaros, provavelmente suas sementes foram introduzidas por aves que visitaram o local. Nos locais amostrados, ela utilizava *Alternanthera brasiliana*, *Pennisetum setosum* e *Melinis minutiflora* como suporte.

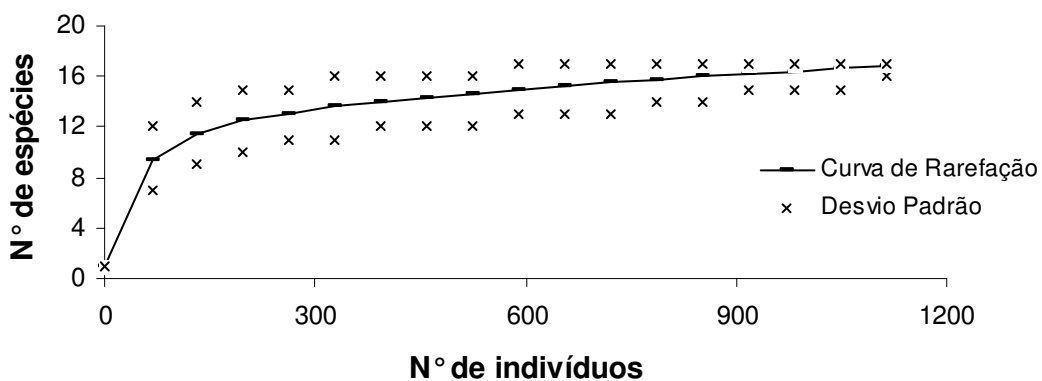
*Stylosanthes* spp. foi semeado em metade da superfície da jazida de estudo por ser uma espécie nativa, aceita em Unidades de Conservação e comercialmente viável. Ao final da primeira estação de crescimento (estação chuvosa de 2003 - 2004), o substrato apresentava um estrato herbáceo composto exclusivamente de *Stylosanthes* spp. Durante a estação seca de 2004, o *Stylosanthes* spp. secou e a área foi invadida principalmente por *Urochloa* sp. Atualmente, o IVI do *Stylosanthes* spp. corresponde a 9% do IVI total e ocupa a quarta posição de importância entre as espécies encontradas na área que foi revegetada em 2003. O *Stylosanthes* spp. não se expandiu ou colonizou as áreas adjacentes, preservadas ou degradadas.

A cobertura vegetal na área com *Stylosanthes* spp. foi de 92,2%, enquanto que a colonização espontânea de ervas na área em que o substrato exposto não foi tratado foi de

62,5%. O desenvolvimento do *Stylosanthes* spp. na jazida melhorou as condições do substrato revegetado (SILVA, 2006), além de apresentar o potencial de estar funcionado como *nurse plant*. Essas características facilitam a colonização da área e permitem a aceleração no processo de sucessão ecológica (CONNEL; SLATYER, 1977). A dispersão de propágulos que vêm de áreas vizinhas preservadas representa a maior fonte para colonização de um local degradado. A regeneração natural desse local é feita pelo desenvolvimento dos elementos depositados nela, tais como sementes, propágulos, ovos e larvas (GOTELLI, 2007). Entretanto, é necessário que o local esteja apto a dar suporte aos elementos dispersados e a porção da jazida com *Stylosanthes* spp. mostrou-se mais apropriada à colonização do que a parte em que o substrato não foi tratado.



**Figura 4.2** – Curva de rarefação da área com cobertura herbácea (*Stylosanthes* spp)



**Figura 4.3** – Curva de rarefação da área sem cobertura herbácea

**Tabela 4.1** – Espécies encontradas na área com cobertura herbácea (*Stylosanthes* spp)

Família / espécies	Cobertura Linear (%)	Frequência Relativa	Densidade Relativa	Taxa de Cobertura	IVI	Status
<b>Poaceae</b>	<b>48.33%</b>	<b>0.49</b>	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>	<b>1.53</b>	
<i>Urochloa brizantha</i> (Hoschstex A. Rich) R.D.W. Bster	20,74%	0.108	0.148	0.225	0.480	Exótica
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	16,5%	0.108	0.149	0.179	0.435	Exótica
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka.	0.91%	0.059	0.041	0.010	0.110	Exótica
<i>Pennisetum setosum</i> (Sw.) Rich.	2.92%	0.102	0.102	0.032	0.236	Nativa
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth.	6.44%	0.075	0.067	0.070	0.212	Nativa
<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs	0.82%	0.038	0.014	0.009	0.060	
<b>Amaranthaceae</b>	<b>25.70%</b>	<b>0.108</b>	<b>0.208</b>	<b>0.279</b>	<b>0.595</b>	
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	25.70%	0.108	0.208	0.279	0.595	Nativa
<b>Leguminosa</b>	<b>8.17%</b>	<b>0.113</b>	<b>0.122</b>	<b>0.089</b>	<b>0.323</b>	
<i>Stylosanthes guianensis</i>	6.92%	0.086	0.112	0.075	0.273	Nativa
<i>Phaseolus</i> sp.	1.25%	0.027	0.010	0.014	0.050	
<b>Asteraceae</b>	<b>6.66%</b>	<b>0.145</b>	<b>0.091</b>	<b>0.072</b>	<b>0.308</b>	
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC	0.03%	0.011	0.005	0.000	0.016	Nativa
<i>Bidens</i> sp.	0.09%	0.027	0.006	0.001	0.034	
<i>Pterocaulon</i> sp.	0.01%	0.005	0.001	0.000	0.007	
<i>Vernonia plantensis</i> (Spreng.) Less	0.20%	0.016	0.012	0.002	0.031	Nativa
<i>Tithonia diversifolia</i> A. Gray	3.72%	0.016	0.038	0.040	0.095	Exótica
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	0.43%	0.011	0.002	0.005	0.018	Nativa
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	1.75%	0.032	0.016	0.019	0.067	Nativa
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	0.12%	0.005	0.002	0.001	0.009	Nativa
<i>Eupatorium</i> sp.	0.24%	0.005	0.001	0.003	0.009	
<i>Bidens gardineri</i> Baker	0.04%	0.005	0.002	0.000	0.008	Nativa
<i>Bidens</i> sp.	0.02%	0.005	0.001	0.000	0.007	
<i>Vernonia</i> sp.	0.01%	0.005	0.001	0.000	0.007	Nativa
<b>Verbenaceae</b>	<b>1.41%</b>	<b>0.065</b>	<b>0.022</b>	<b>0.015</b>	<b>0.102</b>	
Não identificada	0.40%	0.022	0.009	0.004	0.035	
<i>Lantana lilancina</i> Desf.	0.68%	0.032	0.011	0.007	0.051	Nativa
<i>Lantana camarea</i> L.	0.33%	0.011	0.002	0.004	0.017	Nativa
<b>Lamiaceae</b>	<b>1.18%</b>	<b>0.038</b>	<b>0.02</b>	<b>0.013</b>	<b>0.07</b>	
<i>Hyptis suaveolens</i>	1.18%	0.038	0.020	0.013	0.070	Nativa
<b>Rosaceae</b>	<b>0.74%</b>	<b>0.038</b>	<b>0.016</b>	<b>0.008</b>	<b>0.06</b>	
<i>Rubus</i> sp.	0.74%	0.038	0.016	0.008	0.062	
<b>Oxalidaceae</b>	<b>0.01%</b>	<b>0.005</b>	<b>0.001</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>	
<i>Oxalis</i> sp.	0,01%	0.005	0.001	0.000	0.007	
<b>Total</b>	<b>92.20%</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	

**Tabela 4.2** – Espécies encontradas na área sem cobertura herbácea

Família / espécies	Cobertura Linear (%)	Frequência Relativa	Densidade Relativa	Taxa de Cobertura	IVI	Status
<b>Poaceae</b>	53.528%	0.496	0.727	0.857	2.080	
<i>Urochloa brizantha</i>	37.04%	0.163	0.454	0.593	1.210	Exótica
<i>Melinis minutiflora</i>	14.22%	0.163	0.175	0.228	0.565	Exótica
<i>Melinis repens</i>	1.02%	0.114	0.062	0.016	0.193	Exótica
<i>Andropogon gayanus</i>	1.24%	0.057	0.036	0.020	0.113	Nativa
<b>Amaranthaceae</b>	5.87%	0.154	0.169	0.094	0.417	
<i>Alternanthera brasiliana</i>	5.87%	0.154	0.169	0.094	0.417	Nativa
<b>Asteraceae</b>	0.957%	0.220	0.045	0.015	0.280	
<i>Bidens</i> sp.	0.23%	0.073	0.015	0.004	0.092	
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC	0.40%	0.041	0.013	0.006	0.060	Nativa
<i>Pterocaulon</i> sp.	0.10%	0.033	0.004	0.002	0.038	
<i>Vernonia plantensis</i>	0.18%	0.041	0.008	0.003	0.052	Nativa
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	0.01%	0.008	0.002	0.000	0.010	Nativa
<i>Ageratum conyzoides</i>	0.03%	0.008	0.001	0.001	0.010	Nativa
<i>Vernonia</i> sp.	0.01%	0.016	0.002	0.000	0.018	Nativa
<b>Lamiaceae</b>	<b>1.080%</b>	<b>0.049</b>	<b>0.022</b>	<b>0.017</b>	<b>0.088</b>	
<i>Hyptis suaveolens</i>	1.08%	0.049	0.022	0.017	0.088	Nativa
<b>Malvaceae</b>	<b>0.30%</b>	<b>0.041</b>	<b>0.019</b>	<b>0.005</b>	<b>0.064</b>	
<i>Melochia</i> sp.	0.30%	0.041	0.019	0.005	0.064	Nativa
	<b>0.680%</b>	<b>0.024</b>	<b>0.017</b>	<b>0.011</b>	<b>0.052</b>	
<i>Não identificada</i>	0.68%	0.024	0.017	0.011	0.052	
<b>Solanaceae</b>	<b>0.040%</b>	<b>0.008</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.010</b>	
<i>Solanum lycocarpum</i>	0.04%	0.008	0.001	0.001	0.010	Nativa
<b>Plantaginaceae</b>	<b>0.030%</b>	<b>0.008</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.009</b>	
<i>Plantago australis</i>	0.03%	0.008	0.001	0.000	0.009	Nativa
<b>Total</b>	<b>62.48%</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>3.000</b>	

Considerando que as duas porções da área foram tratadas como comunidades distintas, podem-se analisar a diversidade alfa e beta. A diversidade alfa se refere ao número, abundância e equitabilidade das espécies de uma comunidade (Índices de Shannon e Pielou), enquanto a diversidade beta se refere às diferenças na composição das espécies entre as comunidades (Índice de Jaccard). Valores acima de 0,5 para o Índice de Jaccard indicam comunidades com elevadas similaridades (MAGURRAN, 2000). Na área revegetada com *Stylosanthes* spp.,  $H' = 2,204$  para o Índice de Shannon e na área em que não houve tratamento do substrato,  $H' = 1,445$ . Munhoz e Felfili (2006) encontraram  $H' = 3 - 3,2$  em uma área de Campo Sujo. Meirelles et al. (2002) obtiveram valores de  $H' = 2,78 - 3,01$  para o estrato herbáceo de um Cerrado sentido restrito. Pode-se observar que a área

revegetada com substrato herbáceo neste trabalho apresenta valor para o Índice Shannon mais próximo ao de áreas de Cerrado preservadas do que a área em que não se tratou ou se estabeleceu um estrato herbáceo sobre o substrato exposto pela mineração. Assim, os tratamentos dispensados ao substrato exposto e a introdução de *Stylosanthes* spp. facilitaram a entrada de novas espécies herbáceas, que resultou em aumento da diversidade alfa. O índice de Jaccard encontrado entre as duas áreas (0,438) indica que elas são médiamente similares. Sob uma perspectiva inversa, as duas áreas resguardam uma alta diversidade beta entre elas, que pode ser resultado de variações edáficas (HARIDASAN et al., 1997) devido os tratamentos dispensados aos substratos delas.

A área com cobertura herbácea apresentou o valor de 0,66 para o Índice de Pielou, e a área sem cobertura herbácea, de 0,51. O índice de Pielou varia entre 0 e 1: o valor 1 representa uma comunidade equitativa e com distribuição igualitária de nichos. Nesse sentido, a porção revegetada com estrato herbáceo mostrou-se mais equitativa após cinco anos de sucessão do estrato herbáceo. A equitabilidade se relaciona de forma inversa à dominância e a área com cobertura herbácea apresentou melhor distribuição das espécies entre os diversos nichos (Figura 5.4). Os valores de IVI das espécies na área com *Stylosanthes* spp são também mais bem distribuídos (Tabelas 4.1 e 4.2) do que área em que não se tratou o substrato, onde uma espécie responde por 40% (*U. brizantha*) do IVI total e três espécies são responsáveis por 73% (*U. brizantha*, *M. minutiflora* e *A. brasiliana*) do IVI da comunidade (Tabela 4.2).

A diversidade das espécies pode ser discutida com base na relação entre número o e abundância de espécies (Figura 4.4). Quanto mais alta e achatada a curva, maior a diversidade em termos gerais; quanto mais inclinada a curva, menor a diversidade, em termos gerais e maior dominância da comunidade por poucas espécies (ODUM, 1988). O estresse tende a inclinar a curva, de modo que essa representação gráfica pode ser usada para se avaliar o efeito das perturbações sobre a estrutura de espécies (ODUM, 1988). Na porção da jazida em que o estrato herbáceo foi implantado, a diversidade alfa é maior e existe uma maior equitabilidade na distribuição dos nichos. Isso mostra que a introdução desse estrato sobre o substrato minerado tem-se mostrado ecologicamente mais eficiente para recuperar a área degradada. Segundo Haridasan (2000), espécies de gramíneas e outras herbáceas são adaptadas à baixa fertilidade do solo, que sugere que a recuperação de áreas degradadas deve ser iniciada com a introdução desse estrato. Segundo Gotelli (2007), em um modelo de facilitação, as espécies pioneiras que conseguem se estabelecer em uma



área degradada alteram as condições abióticas, estabilizam, sombreiam e acrescentam nutrientes ao meio edáfico, preparando (ou facilitando) a entrada de novas espécies.

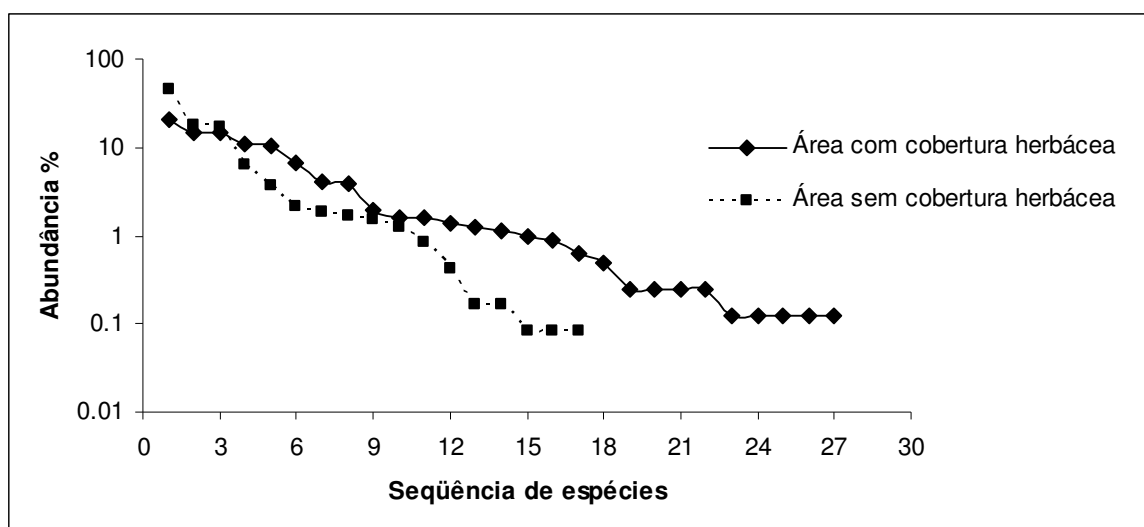


Figura 4.4 – Abundância de espécies nas duas áreas de estudo

#### 4.4 – Conclusões

Os tratamentos dispensados ao substrato exposto pela mineração (escarificação, incorporação de matéria orgânica e fertilizantes e semeadura de *Stylosanthes* spp.) permitiram que diversas espécies herbáceas se estabelecessem espontaneamente no local.

As árvores estabelecidas em covas adubadas estimularam o surgimento de uma comunidade herbácea na área em que o substrato exposto não foi tratado ou revegetado.

A porção da jazida revegetada com *Stylosanthes* spp. mostrou-se ecologicamente mais diverso em relação à área em que o substrato não fora tratado, considerando os parâmetros utilizados neste trabalho.

*Stylosanthes* spp. comportou-se como facilitador da sucessão e não permitiu que invasoras dominassem a comunidade herbácea do local.

*Stylosanthes* spp. mostrou-se adequado a modelos sucessionais de recuperação de áreas degradadas.

## Referência bibliográfica

- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B., SANO, S.M., RIBEIRO, J.F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p.
- BROWER, J.E., JERROLD, Z.H., ENDE, C.N. von. **Field and laboratory methods for general ecology**. 3. ed. Wm.C.Brown Publishers. Kerper Boulevard, Dubuque, USA: 1990.
- CONNELL, J.H.; SLAYTER, R.O. **Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization**. *The American Naturalist*. v. 111. 1977. p. 1119-1144.
- CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado - Manual para revegetação**. Brasília:Universa, 2006. 187 p.
- CORRÊA, R. S.; BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. **Áreas degradadas pela mineração no Distrito Federal**. In: Corrêa, R. S.; Baptista, G. M. M (Orgs.). *Mineração e áreas degradadas no Cerrado*. Brasília: Universa, 2004. p. 9-21.
- CORRÊA, R. S.; SILVA, L. C. R.; MELO FILHO, B. **Evolução da diversidade de espécies e da cobertura vegetal em uma área minerada em processo de recuperação no Cerrado do distrito federal: contribuição da fauna**. In: VI Simpósio Nacional e Congresso Latino Americano de Recuperação de Áreas Degradadas. Anais, Trabalhos voluntários orais. Curitiba: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas – SOBRADE, 24 a 28 out. 2005. p. 99-106.
- D'ANTONIO, C.M., VITOUSEK, P.M. **Biological invasions by exotic grasses, the grass fire cycle, and global change**. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23. 1992. p. 63-87.
- EITEN, G. **The Cerrado vegetation of Brazil**. *Botanical review*, 38. 1972. p. 201-341.
- EMBRAPA.. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPq, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: 1999. 412 p.
- FALIŃSKA, K. **Plant demography in vegetation succession**. Ed. Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 1991.
- FILGUEIRAS, T.S. **Africanas no Brasil: gramíneas introduzidas da África**. Caderno de Geociências. Rio de Janeiro: 1990. p. 5; 57-63.
- FILGUEIRAS, T.S. **Gramíneas Forrageiras nativas no Distrito Federal, Brasil Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 1992. 27 p.; p. 1103-1111.
- FILGUEIRAS, T.S. **Plantas herbáceas e arbustivas – Projeto Biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solo**. Caderno de Geociências, Rio de Janeiro: 1994. p. 12; 114-133.

- FUNATURA. **Plano de Manejo da Área de Relevante Interesse Ecológico do Riacho Fundo.** 1994.
- GANADE, G.; BROWN, V. K. **Succession in old pastures of Central Amazonia:** role of soil fertility and plant litter. *Ecology*, v. 83, n. 3. 2002. p. 743-754.
- GOTELLI, N.J., ENTSMINGER, G.L. **EcoSim: Null model software for ecology.** Version 7.0 Acquired Intelligence Inc. & Kesey – Bear. 2001. Disponível em: <[www.together.net/~gentsmin/ecosim.htm](http://www.together.net/~gentsmin/ecosim.htm)>. Acesso em: 03 jun. 2007.
- GOTELLI, N. J. **Ecologia.** Tradução Gonçalo Ferraz. Londrina: Planta, 2007. 260 p.
- GUIMARÃES, J.C.C. **Reabilitação de minas de bauxita em florestas nativas:** Método tradicional versus método ecológico Informe Agropecuário. v. 29, n. 244. Belo Horizonte: 2008. p. 30-33.
- HARIDASAN, M. **Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. v. 12, n. 1. 2000. p. 54-64.
- HARIDASAN, M. C.; SILVA JÚNIOR, J. M.; FELFILI, A. V.; REZENDE, P. E. N. Silva. **Gradient analysis of soil properties and phytosociological parameters of some gallery forest the Chapada dos Veadeiros.** In: Proceedings of the international symposium on assessment and monitoring of forests in tropical dry?? Brasília-DF: 1997. p. 259-275.
- HOFFMANN, W.A., LUCATELLI, V.M.P.C., SILVA, F.J. AZEVEDO, I.N.C., MARINHO, M.da S.; ALBUQUERQUE, A.M.S., LOPES, A. de O., MOREIRA, S.P. **Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna – forest ecotone in the Brazilian Cerrado.** Diversity and Distribution. v. 10. 2004. p. 99-103.
- INMET. \_\_\_\_\_. Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em: 12 dez. 2008.
- KLINK, C.A. **Germination and seedling establishment of two native and one invading African grass species in the Brazilian Cerrado.** Journal of Tropical Ecology. v. 12. 1996. p. 139-147.
- KLINK C.A; MACHADO R,B. **Conservation of the brazilian Cerrado.** Conservation Biology. v. 19, n. 3. 2005. p. 707-713.
- KLINK C.A.; MOREIRA, A.G.; SOLBRIG, O.T. **Ecological impact of agricultural development in the Cerrado.** In Young, M.D.; Solbri , O.T. (ed) The world's savanas: economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use. (Man and Biosphere Series v.12). Paris: The Parthenon Publishing group, Unesco, 1993. p. 259-282.
- LEITE, L.L.; CASTRO, A.J.R. **Situação dos planos de recuperação de áreas degradadas (PRAD) nos processos de licenciamento de cascalheiras no Distrito Federal.** In: V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e Biodiversidade. Belo Horizonte: 18 a 22 nov. 2002.

- MAGURRAN, A.E. **Diversidad ecológica y su medición**. Barcelona: Ediciones Vedra, 2000.
- MANTOVANI, W., MARTINS, F.R. **Florística do Cerrado na reserva biológica de Moji-Guaçu**. São Paulo: Acta Botânica Brasilica 7, 1993. p.1; 33-60.
- MARTINS, C.R.; LEITE, L.L.; HARIDASAN, M. **Recuperação de uma área degradada pela mineração de cascalho com uso de gramíneas nativas**. Revista Árvore, 24. Viçosa-Minas Gerais: 2001. p. 2; 157-166.
- MARTINS, C.R.; LEITE, L.L.; HARIDASAN, M. **Capim-Gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que comprometo a recuperação de áreas degradadas em Unidades de conservação**. Revista Árvore. v. 28. 2004. p. 739-747.
- MEIRELLES, M.L.; OLIVEIRA, R.C.; RIBEIRO, J.F.; VIVALDI, L.J.; RODRIGUES, L.A.; SILVA, G.P. 2002. **Utilização do método de interseção na linha em levantamento quantitativo do estrato herbáceo do Cerrado**. Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer 9. 2002. p. 60-68.
- MENDONÇA, R. C. et al. **Flora vascular do Cerrado**. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Eds.) Cerrado, ambiente e flora. Planaltina: Embrapa, 1998. p. 289-556.
- MORAES NETO, S. P.; GOLÇALVES, J. L. M.; ARTHUR Jr., J. C.; DUCATTI, F.; AGUIRRE Jr., J. H. **Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas**. Revista Árvore. v. 2, n. 27. Viçosa-Minas Gerais: 2003. p. 129-137.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, USA: Wiley, 1974. 547 p.
- MUNHOZ, C.B.R.; FELFILLI, J.M. **Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil**. Acta Botânica v. 20. 2006. p. 671-685.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 1988.
- OLIVEIRA, P.S. Marquis, R.J. **The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna**. USA: Columbia University Press, 2002.
- PIELOU, E.C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley, 1975. 165 p.
- PIVELLO, V.R.; CARVALHO, V.M.C.; LOPES, P.F.; PECCININI A.A. ROSSO, S. **Abundance and Distribution of Native and Alien Grasses in a Cerrado (Brazilian Savanna) Biological Reserve**. Biotropica, v. 31 1999. p. 71-82.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: S.M. Sano & S.P. Almeida (eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1998. p. 98-166.
- SILVA, L. C. R. **Desenvolvimento de espécies arbóreas em área degradada pela mineração sob diferentes tratamentos de substrato**. Trabalho Final de Graduação. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2006.

- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado.** In: Sano, S.M., Almeida, S.P. Ribeiro, J.F. (eds.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília DF: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 98-166.
- SILVA, L. C. R. **Desenvolvimento de espécies arbóreas em área degradada pela mineração sob diferentes tratamentos de substrato.** Trabalho Final de Graduação. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2006.
- WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas.** Tese de doutorado em ecologia na UNB, 2006.
- WATANABE, M.A. **Ácaros em *Lantana camara*.** Embrapa Meio Ambiente, Informativo n. 51. 2005.
- WILLIAMS, D.G. Baruch, Z, **African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology.** Biological Invasions 2. 2000. p. 123-140.
- YARRANTON, G.A. & R.G. Morrison. **Spatial dynamics of a primary succession: nucleation.** Journal of Ecology 62(2): 1974. p. 417-428.

## 5 – PROCESSOS DE INTERAÇÕES ENTRE OS ESTRATOS HERBÁCEO E ARBÓREO

Com base nos dados obtidos, a discussão será elaborada com o intuito de discutir as vantagens e desvantagens de cada manejo com o foco na autoregeneração da área revegetada.

Como no Cerrado os estratos herbáceo e arbóreos apresentam comportamento heliófitos (COUTINHO, 2002) é possível que a introdução de ambos os estratos tenha proporcionado competição, diminuindo assim o desenvolvimento das espécies arbóreas em questão porém, é importante ressaltar que se o objetivo do manejo é a recuperação de uma área degradada e no Cerrado ambos os estratos estão presentes e competem entre si, a presença desta competição aproxima o manejo a um modelo mais próximo do qual ocorre na natureza. A avaliação da interação desses estratos deve ser mais amplamente discutida, pois existe um grande déficit de informações científicas sobre o assunto para o Bioma Cerrado. Vale ressaltar que segundo Almeida e Sanchez (2005), a cobertura com estrato herbáceo melhora as condições da área permitindo maior colonização por outras espécies auxiliando no processo de recuperação desta. Segundo Araújo et al. (2005), quanto mais próximo ao padrão da comunidade pré-existente o manejo proporcionar mais efetivo será o processo de recuperação da mesma.

A taxa de sobrevivência das espécies arbóreas não diferiu significativamente entre os manejos. Como descrito anteriormente a área foi roçada por dois anos consecutivos, esse procedimento permitiu o estabelecimento das mudas evitando que o estrato herbáceo competisse ativamente com elas nos estágios iniciais. A roçada é importante para que as mudas possam se estabelecer tanto em tamanho como em estrutura de raiz permitindo assim competir com as herbáceas.

Em relação ao desenvolvimento das espécies arbóreas pode-se observar nas figuras de 3.6 a 3.10 que eles apresentaram um crescimento muito semelhante em ambas as áreas diferindo bastante do controle. Na Tabela 3.7 pode ser observado a eficiência relativa de cada tratamento em relação ao controle e observa-se que somente o *Hymenaea stigonocarpa* apresenta uma grande diferença entre os tratamentos, as demais espécies se comportaram de forma semelhante na presença e na ausência do estrato herbáceo, porém

em todos os tratamentos a Eficiência Relativa do tratamentos sem plantio de estrato herbáceo foi maior. Inicialmente acreditava-se que a implantação de um estrato herbáceo aceleraria o processo de recuperação do solo permitindo um melhor desenvolvimento das árvores (CORREA, 2005; 2006), esse fato foi observado também por Carvalho et al. (2007) em uma área em regeneração em Goiânia – GO. Porém no presente trabalho foi observado o oposto.

Nos plantios de recuperação de áreas degradadas é comum utilizar-se espécies de diferentes estágios sucessionais, pois essas apresentam diferentes comportamentos tanto em crescimento quanto em funções ecológicas (ARAÚJO et al., 2005). O crescimento das espécies pioneiras leva à mudanças nas condições de sombreamento, que favorecerão a introdução e desenvolvimento de espécies de estágios sucessionais mais avançados. No presente trabalho as espécies que mais se desenvolveram foram o *Inga edulis*, o *Tapirira guianensis* e o *Genipa americana*. As três espécies em questão são pioneiras e apresentam uma maior facilidade para absorver nutrientes aplicados aos substratos quando comparada com as espécies secundárias tardias e clímax (POGGIANI; SCHUMACHER, 2004; RESENDE et al., 1999). Em contrapartida Corrêa e Cardoso (1998) observaram que espécies consideradas pioneiras em áreas nativas apresentam um menor desenvolvimento em altura em projetos de recuperação de área minerada enquanto espécies consideradas clímax e secundárias verificaram-se um maior desenvolvimento no mesmo período. Essa dualidade de informações mostra que é necessária à realização de mais estudos sobre o comportamento das árvores em manejos de recuperação de áreas degradadas.

Analisando o processo de colonização por novas espécies, a área com introdução do estrato herbáceo se mostrou muito mais diversificada (3 vezes maior), apresentando índices de Shannon próximos a áreas de Cerrado da região ( $H' = 2.204$  para área com tratamento no estrato herbáceo e  $H' = 1.445$  para a área sem tratamento do estrato herbáceo). Munhoz e Felfile (2006) encontraram  $H' = 3 - 3,2$  em uma área de Campo Sujo. Meirelles et al. (2002) obtiveram valores de  $H' = 2,78 - 3,01$  para o estrato herbáceo de um Cerrado sentido restrito. Além de uma maior diversidade a área com o plantio de um estrato herbáceo apresentou uma divisão mais equitativa dos nichos, apresentando o valor de 0,66 para o Índice de Pielou, a área sem cobertura herbácea apresentou o valor de 0,51 para esse índice. O índice de Pielou varia entre 0 e 1. Nesse sentido, a porção revegetada com estrato herbáceo após cinco anos de sucessão do estrato herbáceo mostrou-se mais equitativa.

Esses dados obtidos se relacionam com a diferença no processo de colonização das áreas. Na área com introdução do estrato herbáceo a colonização ocorreu em toda a área, na outra metade da área o processo de colonização se iniciou somente nas covas, que se comportaram como pequenas ilhas de colonização. Substratos expostos em áreas mineradas são inférteis e estéreis e sementes e propágulos que atingem um local minerado geralmente não conseguem se estabelecer e desenvolver (SILVA E CORRÊA, 2008). O substrato da área com cobertura herbácea foi melhorado edaficamente melhorando sua condição estéril. De acordo com Ganade e Brown (2002) a qualidade do solo é determinante no processo de colonização e sucessão em áreas em recuperação e este afeta o recrutamento de espécies vegetais durante a sucessão. Ainda segundo esse autor após o estabelecimento de uma vegetação, o desenvolvimento radicular destas adiciona matéria orgânica ao solo/substrato, melhora as características químicas, físicas e biológicas do ambiente edáfico e auxilia o processo de colonização inicial de uma área. Sautter (1994) define que diferentes fontes de matéria orgânica com diferentes espécies de plantas utilizadas na recomposição interferem no processo de colonização da edafofauna e esta melhora significativamente as propriedades físicas e químicas do solo em áreas em recuperação.

A dispersão de propágulos oriundos de áreas vizinhas preservadas representa a maior fonte para colonização de um local degradado. A regeneração natural desse local é feita pelo desenvolvimento dos elementos depositados nela, tais como sementes, propágulos, ovos e larvas (GOTELLI, 2007). Entretanto, é necessário que o local esteja apto a dar suporte aos elementos dispersados e a porção da jazida com substrato herbáceo mostrou-se mais apropriada à colonização do que a parte em que o substrato não foi tratado. Além disso a serrapilhera produzida é um fator que pode proporcionar o estabelecimento e desenvolvimento de muitas espécies de diferentes estágios sucessionais, pois ela cria microhabitats diferentes que favorece diferentes espécies (GANADE; BROWN, 2002). Ainda de acordo com os mesmos autores, a serrapilhera é um fator importante no processo de facilitação, evitando a exposição de sementes à dessecação e a predadores.

No processo de sucessão, as espécies de uma comunidade, após o seu estabelecimento, realizam modificações, permitindo que outros organismos mais exigentes possam colonizar a área. Há registros, no entanto, de espécies capazes de modificar os ambientes de forma mais acentuada, sendo assim chamadas de facilitadoras. Ricklefs (1996) denominou essas espécies como espécies facilitadoras, onde facilitação é o processo pelo qual a espécie,



numa fase inicial, altera as condições de uma comunidade de modo que as espécies subseqüentes tenham maior facilidade de estabelecimento. Calaway e Walker (1997) argumentam que a facilitação é um evento mais comum em comunidades vegetais com alto nível de estresse (principalmente abiótico) e que tende a diminuir conforme o estresse diminui. Essas relações de facilitação são tão importantes para algumas plantas em locais expostos ao estresse quanto para a dinâmica e a estrutura de sua comunidade (PUGNARE et al., 1996).

O *Stylosanthes* spp. se comportou como facilitadora. A cobertura vegetal na área com *Stylosanthes* spp. foi de 92,2%, enquanto que a colonização espontânea de ervas na área em que o substrato exposto não foi tratado foi de 62,5%. O desenvolvimento do *Stylosanthes* spp. na jazida melhorou as condições do substrato revegetado (SILVA, 2006). Essas características aceleraram o processo de colonização da área otimizando o processo de sucessão ecológica (CONNEL; SLATYER, 1977). Além disso após cinco anos o IVI do *Stylosanthes* spp. foi de 0,27 (tabela 4.1) isso mostra que este foi substituído por outras espécies. Além de a introdução de *Stylosanthes* spp. facilitar o estabelecimento de novas espécies herbáceas, que resultou em aumento da diversidade alfa apresentando uma cobertura de quase 100% do solo contra aproximadamente 60% na outra área, este reduziu a colonização por espécies exóticas (principalmente *Melinis minutiflora* e *Brachiaria* sp.) em relação a área sem a implantação do estrato herbáceo.

Gramíneas exóticas excluem espécies nativas pela competição (HOLFFMANN et al., 2004) e retardam ou alteram o processo de sucessão ecológica de áreas degradadas (D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992). Cinco espécies de gramíneas exóticas ao Cerrado estão colonizando a área (Tabela 4.1 e 4.2): *Urochloa brizantha*, *Melinis minutiflora*, *Melinis repens*, *Andropogon gayanus*, comuns as duas áreas, e *Megathyrsus maximus*, presente somente na área revegetada com *Stylosanthes* spp.. Apenas uma espécie de Poacea nativa foi encontrada na jazida estudada, *Pennisetum setosum*, encontrada somente na porção com estrato herbáceo.

*Melinis minutiflora* é uma espécie que ameaça a biodiversidade do Cerrado (MARTINS et al., 2004), pela sua adaptação à baixa fertilidade do solo, resistência à seca e alta porcentagem de germinação de suas sementes. Esta espécie consegue se estabelecer em áreas degradadas com muita facilidade (MARTINS et al., 2004) e sendo uma espécie de forte valência ecológica, assim como a *Brachiaria* sp. (*Urochloa* sp.), inibem a sucessão

em áreas de Cerrado em processo de recuperação (MARTINS et al., 2004). De acordo com o modelo de inibição, os primeiros colonizadores impedem a entrada de espécies de novas espécies (CONNEL; SLATYER, 1977). No presente trabalho, *Melinis minutiflora* e *Urochloa brizantha* representam 30% do IVI da área com cobertura herbácea contra 60% do IVI da área em que não foi plantado esse substrato. De acordo com Filgueiras (1990) a abundância e distribuição de gramíneas invasoras em relação a gramíneas nativas são parâmetros que identificam o grau de perturbação de uma área. Pode se concluir que a área com estrato herbáceo se encontra em estágio sucessional mais avançado que a outra metade da área.

De acordo com Ziller (2001) a modificação que as espécies exóticas causam nos sistemas naturais é considerada a segunda maior ameaça mundial a biodiversidade. O agravante deste problema é que com o passar do tempo, ao invés desta perturbação ser absorvida pelo sistema, esta é potencializada por meio de ocupação de nichos pertencentes antes as espécies nativas. Essas gramíneas exóticas excluem espécies nativas pela competição (HOFFMANN et al., 2004) e retardam ou alteram o processo de sucessão (D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992).

Visualmente a área com plantio de estrato herbáceo esta mais próxima de um Cerrado em regeneração do que a área adjacente, o estrato herbáceo esta bem estabelecido, o solo esta quase todo coberto, como os encontrados normalmente em áreas preservadas. Existe a presença de serrapilheira no solo. É possível observar um melhor sombreamento da área e mais fauna associada (ninhos de passarinhos, formigueiros e termiteiros, entre outros).

A recuperação de área degradada objetiva permitir que esta se restabeleça e possa novamente ser uma área autosustentável, restabelecendo suas funções ecológicas, esse é o objetivo da restauração ecológica, que segundo Anand e Desroches (2004) é o de iniciar a cobertura de um ecossistema degradado gerando condições para que este possa iniciar sua autoregeneração. A meta da restauração é construir um ambiente o mais próximo possível do original, de modo a criar condições de biodiversidade renovável, onde as espécies regeneradas artificialmente tenham condições de ser auto-sustentavel (KAGEYAMA et al, 2003). Assim pode se observar que a introdução de um estrato herbáceo permite que esta esteja mais próxima de uma auto-sustentabilidade do que a não introdução deste.

Ainda de acordo com Bechara et. al., (2005) o uso de cobertura com espécies herbáceas nativas deveria ser enfatizado nos manejos de recuperação do Cerrado e ainda segundo os mesmos autores a visão dendrológica da recuperação de áreas degradadas tem implicado em baixos níveis de regeneração natural. Isso é agravado pela ausência de conhecimento prévio de ecossistemas recuperados é uma das principais características do fracasso dos PRAD (Lima et. al., 2006).

Assim a introdução do estrato herbáceo não influenciou na sobrevivência e no desenvolvimento das espécies arbóreas, porém esse estrato herbáceo permitiu uma melhor regeneração apresentando um estágio sucessional mais avançado do que a não introdução deste.

## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 – Conclusões gerais

A ausência de relações desarmônicas no substrato estéril da área minerada favoreceu a sobrevivência das mudas arbóreas estabelecidas em covas adubadas, quando comparado ao controle do estudo, estabelecido em uma área de solo não minerado. A presença de um estrato herbáceo, bem como, a presença de cavaco de madeira (*mulch*) não influenciou a sobrevivência das espécies arbóreas utilizadas.

Exceto o pau-santo, as espécies utilizadas apresentaram percentagens de sobrevivência elevadas para os padrões de recuperação de áreas degradadas pela mineração.

A escarificação e a adubação da camada superficial do substrato minerado, bem como a presença de cavaco de madeira (*mulch*) não favoreceram o incremento das árvores plantadas nas covas adubadas, quando comparado aos tratamentos em que as mudas foram estabelecidas em covas adubadas, mas sem tratamento superficial do substrato.

Os tratamentos dispensados ao substrato exposto pela mineração (escarificação, incorporação de matéria orgânica e fertilizantes e semeadura de *Stylosanthes* spp.) permitiram que diversas espécies herbáceas se estabelecessem espontaneamente no local. A porção da jazida revegetada com *Stylosanthes* spp. mostrou-se ecologicamente mais diversa em relação à área em que o substrato não fora tratado, considerando os parâmetros utilizados neste trabalho.

A influencia negativa do estrato herbáceo sobre o desenvolvimento alométrico das árvores foi baixa.

*Stylosanthes* spp. comportou-se como facilitador da sucessão e não permitiu que invasoras dominassem a comunidade herbácea do local. *Stylosanthes* spp. mostrou-se adequado a modelos sucessionais de recuperação áreas degradadas.

## 6.2 – Recomendações para estudos futuros

Um acompanhamento mais longo do processo de colonização é necessário para uma melhor avaliação dos manejos, e é necessário ampliar estudos sobre o processo de interação entre os estratos herbáceo e arbóreo no Bioma Cerrado.

Estudos sobre espécies com comportamento de facilitação devem ser realizados pois essas espécies podem ser utilizadas nos manejos de recuperação de área degradada, minimizando custos e aumentando a eficiência..

Estudos sobre a *Althernantera brasiliiana* devem ser realizados, pois esta espécie nativa, pioneira apresentou um comportamento de competitividade intensa com a *Melinis minutiflora* e *Uruchloa* sp.e poderá ser utilizada na recuperação de áreas degradadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. O. P. O.; SÁNCHEZ, L. E. **Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho.** Revista *Árvore*, v. 29, n. 1. 2005. p. 47-54.
- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B., SANO, S.M., RIBEIRO, J.F. **Cerrado: espécies vegetais úteis.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p.
- ANAND, M.; DESROCHERS, R. E. **Quantification of restoration success using complex systems concepts and models.** *Conservation Biology*. v. 12, n. 1. 2004. p. 117-123.
- ARAÚJO, E. Del; SILVA, K. A. da; FERRAZ, E. M. N.; BARRETTO, Sampaio S. I. da S.; SILVA, S. I. - **Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil.** *Resvista Acta bot. bras.* 19(2), 2005. p. 285-294.
- BALENSIEFER, M.; ARAÚJO, A.J.; ROSSOT, N.C. In: **Simpósio Sul Americano 1 e Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas 2.** Curitiba. Anais-Curitiba: FUPEF, 1994. p. 371-81.
- BARBARICK, K. A.; IPPOLITO, J. A. **Nitrogen fertiliser equivalency of sewage sludge biosolids applied to dryland winter wheat.** *Journal of Environmental Quality*. v. 28, n. 7. 2000. p. 1345-1351.
- BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215 p.
- BECHARA, F.C.; CAMPOS FILHO, E.M.; BARETTO, K.D.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. **Nucleação de diversidade ou cultivo de arvores nativas? Qual o paradigma de restauração? VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano de áreas degradadas.** 2005. p. 355-363, Anais.
- BEERS, Y. 1957. **Introduction to theory of error.** S. l.: Addison-Wesley, 1957. 66 p.
- BEGON, M; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C.R. **Ecology: individuals, populations and communities.** 2. ed. Boston: Blackwell Scientific Publications, 1990. 945 p.
- BIOESTAT. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 5.0, 2007.
- BRASIL, **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília: 5 out. 1988.
- BRASIL, **Decreto n. 1.594 de 13 de setembro de 1939.**
- BRASIL, **Decreto n. 97.632 de 10 de abril de 1989.** Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Diário Oficial da União de 12.4.1989. 168º da Independência e 101º da República. Brasília:10 abr. 1989.

- BRASIL, **Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União de 3/2/1998. 177º da Independência e 110º da República. Brasília: 12 fev. 1998.
- BRASIL, **Lei 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União de 19/7/2000. 179º da Independência e 112º da República. Brasília: 18 jul. 2000.
- BRASIL, **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União de 2/9/1981. 160º da Independência e 93º da República. Brasília: 31 ago. 1981.
- BROWER, J.E., JERROLD. Z.H., ENDE, C.N. von. **Field and laboratory methods for general ecology**. 3. ed. Wm.C.Brown Publishers. Kerper Boulevard, Dubuque, USA: 1990.
- CALAWAY. **Positive interactions among plants**. The Botanical Review. 1995. 61 p.; p. 306-349.
- CALLAWAY, R. M.; Walker, L. R. **Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities**. Ecology 78. 1997. p. 1958-1965.
- CARNEIRO; SOUZA. In: Corrêa, R. S.; Baptista, G. M. M (Orgs.). **Mineração e áreas degradadas no Cerrado**. Brasília: Universa, 2004. p. 9-21
- CARNEIRO, P.J.R. **Mapeamento geotécnico e caracterização dos materiais naturais de construção do Distrito Federal: uma base de dados para o planejamento e gestão**. Tese de Doutorado. Brasília-DF: Universidade de Brasília –UNB, 1999. 209 p.
- CARPENEZZI, A.A.; COSTA, L.G.S.; KAGEYAMA, P.Y. **Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: observação de laboratórios naturais**. In: Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordão, São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p. 216-221. Anais.
- CARVALHO, R. de C.; VITAL, M.V.C.; COSTA, D.A.; SILVA, L.C.F.da; VIEIRA, L.C.G.; SILVEIRA, A.V.T da; LIMA-FILHO, G.F.de L. 2007. **Competição, facilitação ou teoria neutra? Um estudo das interações e de sua importância na estrutura de uma comunidade vegetal em regeneração**. Revista Biologia Neotropical 4 (2). 2007. p. 117-123.
- CHADA , S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. - **Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em angra dos reis**. RJ Revista Árvore, v.28, n.6. Viçosa-MG: 2004,p. 801-809.
- CONNELL, J.H.; SLAYTER, R.O. **Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization**. The American Naturalist. v. 111. 1977. p. 1119-1144.

- CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado - Manual para revegetação.** Brasília:Universa, 2006. 187 p.
- CORRÊA, R. S.; BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. **Áreas degradadas pela mineração no Distrito Federal.** In: Corrêa, R. S.; Baptista, G. M. M (Orgs.). *Mineração e áreas degradadas no Cerrado.* Brasília: Universa, 2004. p. 9-21.
- CORRÊA, R. S.; MESQUITA, P. G. **Comparação entre o crescimento de três espécies arbóreas de Cerrado em área nativa e em área minerada.** In: VII Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas. Revista do VII Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas. Anais. Brasília: Forest 2004. p. 52-54.
- CORRÊA, R. S.; SILVA L. L. A.; BAPTISTA, G. M. M. **Efeito de uma cobertura morta sobre o Intervalo Hídrico Ótimo e o desenvolvimento de ipê-roxo em área minerada no Cerrado.** Revista de Pesquisa Aplicada à Engenharia - PET, v. 1, n. 1. Brasília-DF: Universidade de Brasília, jul./dez. 2008. p. 1-9.
- CORRÊA, R. S.; SILVA, L. C. R.; MELO FILHO, B. **Evolução da diversidade de espécies e da cobertura vegetal em uma área minerada em processo de recuperação no Cerrado do distrito federal: contribuição da fauna.** In: VI Simpósio Nacional e Congresso Latino Americano de Recuperação de Áreas Degradadas. Anais, Trabalhos voluntários orais. Curitiba: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas – SOBRADE, 24 a 28 out. 2005. p. 99-106.
- CORRÊA, R. S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. **Biosolids effectiveness to yield ryegrass based on their nitrogen content.** Scientia Agrícola, v. 62, n. 3. 2005. p. 274-280.
- CORRÊA, R.S. **Degradação e recuperação de áreas no Distrito Federal.** In: Corrêa, R.S.; Melo Filho, B. de. (orgs.). *Ecologia e recuperação de áreas degradadas no Cerrado.* Brasília: Paralelo 15, 1998. p. 13-19.
- CORRÊA, R.S.; CARDOSO, E.S. **Espécies testadas na revegetação de áreas degradadas.** In: Corrêa, R.S.; Melo Filho, B. de. (orgs.). *Ecologia e recuperação de áreas degradadas no Cerrado.* Brasília: Paralelo 15, 1998. p. 101-116.
- CORREIA, R.S.; MELO FILHO, B. de (org.) – **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no Cerrado.** Brasília: Paralelo 15, 1998.
- COUTINHO, L.M. **O bioma do Cerrado.** In: Eugen Warming e o Cerrado brasileiro: um século depois (A.L. Klein, ed.). São Paulo: Unesp, 2002. p. 77-91.
- D'ANTONIO, C.M., VITOUSEK, P.M. **Biological invasions by exotic grasses, the grass fire cycle, and global change.** Annual Review of Ecology and Systematics 23. 1992. p. 63-87.
- DEDECEK, R.A. **Manejo e preparo do solo.** In: CURSO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, v. I. Curitiba, Paraná: Universidade Federal do Paraná e FuPeF, 1993. p. 5.
- DNPM, 1994. **Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral Brasileiro, realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM EITEN, G.**



- Vegetação natural do Distrito Federal. Brasília: Universidade de Brasília/ SEBRAE, 2001. 162 p.
- DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p.
- EITEN, G. **The Cerrado vegetation of Brazil**. Botanical review, 38. 1972. p. 201-341.
- EITEN, G. **Vegetação do Cerrado**. In: NOVAES PINTO, M. (Org.). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. 2. ed. Brasília; Universidade de Brasília, 1994. p. 7-73.
- EITEN, G. **Vegetação natural do Distrito Federal**. Brasília: Universidade de Brasília/ SEBRAE, 2001. 162 p.
- EMBRAPA. **Recomendações para o estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guinensis* cv. Mineirão**. EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 67; EMBRAPA-CNPQC. Comunicado Técnico, 49. Planaltina/Campo Grande: 1993. 6 p.
- EMBRAPA.. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPQ, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: 1999. 412 p.
- FALIŃSKA, K. **Plant demography in vegetation succession**. Ed. Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 1991.
- FARIAS, C.E.G.; COELHO, J.M, - **Relatório Preparado para o CGEE - PNUD – Contrato 2002/001604, PNUD, 2002.**
- FELFILI, J. M. et al. **Recuperação de matas de galeria**. (Documento, 21). Brasília: Embrapa Cerrados/MMA, 2000. 45 p.
- FELFILI, J. M.; RIBEIRO, F. J.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. **Recuperação de matas de galeria. Brasília: Embrapa Cerrados/MMA. Documento n. 21, 2000. 45p.**
- FELFILI, J.M.; Silva Junior, M.C.; Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E. **Comparasion of Cerrado (sensu stricto) vegetation in Brasil Central**. Ciência e Cultura 50(4): 1998. p. 237-243.
- FERREIRA, W.C.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A. C. FARIA, J. M. R. 2007. **Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na usina hidroelétrica de Camargo**. MG Revista Arvore. v. 31, n. 1 Visoça – Minas Gerais: 2007. p. 177- 185.
- FILGUEIRAS, T.S. **Africanas no Brasil: gramíneas introduzidas da África**. Caderno de Geociências. Rio de Janeiro: 1990. p. 5; 57-63.
- FILGUEIRAS, T.S. **Plantas herbáceas e arbustivas – Projeto Biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solo**. Caderno de Geociências, Rio de Janeiro: 1994. p. 12; 114-133.

- FILGUEIRAS, T.S. **Gramíneas forrageiras nativas no Distrito Federal, Brasil Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 1992. 27 p.; p. 1103-1111.
- FUNATURA. **Plano de Manejo da Área de Relevante Interesse Ecológico do Riacho Fundo**. 1994.
- GANADE, G.; BROWN, V. K. **Succession in old pastures of Central Amazonia: role of soil fertility and plant litter**. Ecology, v. 83, n. 3. 2002. p. 743-754.
- GOTELLI, N. J. **Ecologia**. Tradução Gonçalo Ferraz. Londrina: Planta, 2007. 260 p.
- GOTELLI, N.J., ENTSMINGER, G.L. **EcoSim: Null model software for ecology**. Version 7.0 Acquired Intelligence Inc. & Kesey – Bear. 2001. Disponível em: <www.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>. Acesso em: 03 jun. 2007.
- GUIMARÃES, J.C.C. **Reabilitação de minas de bauxita em florestas nativas: Método tradicional versus método ecológico** Informe Agropecuário. v. 29, n. 244. Belo Horizonte: 2008. p. 30-33.
- HARIDASAN, M. **Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. v. 12, n. 1. 2000. p. 54-64.
- HARIDASAN, M. C.; SILVA JÚNIOR, J. M.; FELFILI, A. V.; REZENDE, P. E. N. Silva. **Gradient analysis of soil properties and phytosociological parameters of some gallery forest the Chapada dos Veadeiros**. In: Proceedings of the international symposium on assessment and monitoring of forests in tropical dry?? Brasília-DF: 1997. p. 259-275.
- HOFFMANN, W.A., LUCATELLI, V.M.P.C., SILVA, F.J. AZEVEDO, I.N.C., MARINHO, M.da S.; ALBUQUERQUE, A.M.S., LOPES, A. de O., MOREIRA, S.P. **Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna – forest ecotone in the Brazilian Cerrado**. Diversity and Distribution. v. 10. 2004. p. 99-103.
- IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de vegetação**. Brasília-DF: 1990.
- INMET. \_\_\_\_\_. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 12 dez. 2008.
- KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. 340 p.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. **Revegetação de áreas ciliares**. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. Matas Ciliares: Uma abordagem multidisciplinar. São Paulo: Edusp. Fapesp, 2000. p. 249-269.
- KAGEYAMA, Paulo et al. **Revegetação de Arcas Degradadas: Modelos de Consorciação com Alta Diversidade**. Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas – SINRAD, 1994.
- KLINK C.A.; MOREIRA, A.G.; SOLBRIG, O.T. **Ecological impact of agricultural development in the Cerrado**. In Young, M.D.; Solbrig, O.T. (ed) The world's

savanas: economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use. (Man and Biosphere Series v.12). Paris: The Parthenon Publishing group, Unesco, 1993. p. 259-282.

KLINK C.A; MACHADO R,B. **Conservation of the brazilian Cerrado.** Conservation Biology. v. 19, n. 3. 2005. p. 707-713.

KLINK, C.A. **Germination and seedling establishment of two native and one invading African grass species in the Brazilian Cerrado.** Journal of Tropical Ecology. v. 12. 1996. p. 139-147.

LEITE, L.L.; CASTRO, A.J.R. **Situação dos planos de recuperação de áreas degradadas (PRAD) nos processos de licenciamento de cascalheiras no Distrito Federal.** In: V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e Biodiversidade. Belo Horizonte: 18 a 22 nov. 2002.

LIMA, H.M.; FLORES, J.C.C.; Costa, F.L. **Plano de Recuperação de área degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo.** Revista Escola de Minas. v. 59, n. 4. 2006. p. 397-402.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 2. ed. v. 2. Nova Odessa/SP: Plantarum, 1998.

MACHADO I. F. **O meio ambiente e a mineração.** In: Economia mineral do Brasil. Coord. Barboza, F. L. M. e Gurmendi, A. C. Brasília: DNPM, 1995.

MAGURRAN, A.E. **Diversidad ecológica y su medición.** Barcelona: Ediciones Vedra, 2000.

MANTOVANI, W., MARTINS, F.R. **Florística do Cerrado na reserva biológica de Moji-Guaçu.** São Paulo: Acta Botânica Brasilica 7, 1993. p.1; 33-60.

MARTINS, C.R.; LEITE, L.L; HARIDASAN, M. **Capim-Gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que comprometo a recuperação de áreas degradadas em Unidades de conservação.** Revista Árvore. v. 28. 2004. p. 739-747.

MARTINS, C.R.; LEITE, L.L.; HARIDASAN, M. **Recuperação de uma área degradada pela mineração de cascalho com uso de gramíneas nativas.** Revista Árvore, 24. Viçosa-Minas Gerais: 2001. p. 2; 157-166.

MARTINS, CR. **Revegetação com gramíneas de uma área degradada no parque nacional de Brasília – DF, Brasil –** Dissertação de Mestrado em Ecologia. UNB, 1996.

MEIRELLES, M.L.; OLIVEIRA, R.C.; RIBEIRO, J.F.; VIVALDI, L.J.; RODRIGUES, L.A.; SILVA, G.P. 2002. **Utilização do método de interseção na linha em levantamento quantitativo do estrato herbáceo do Cerrado.** Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer 9. 2002. p. 60-68.

- MELO FILHO, B.de M.; CARDOSO, E.S.; CORREIA, R.S. – **Identificação de corredores ecológicos no Distrito Federal**. IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, v. 1, Curitiba: 2004.
- MENDONÇA, R. C. et al. **Flora vascular do Cerrado**. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Eds.) Cerrado, ambiente e flora. Planaltina: Embrapa, 1998. p. 289-556.
- MENDONÇA, R.C.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S. & NOGUEIRA, P.E. **Flora vascular do Cerrado**. In: S.M. Sano; S.P. de Almeida (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 289-556.
- MORAES NETO, S. P.; GOLÇALVES, J. L. M.; ARTHUR Jr., J. C.; DUCATTI, F.; AGUIRRE Jr., J. H. **Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas**. Revista Árvore. v. 2, n. 27. Viçosa-Minas Gerais: 2003. p. 129-137.
- MOREIRA P.R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Campus de Rio Claro, São Paulo, 139 p. NAPPO, M. E. et al. Dinâmica da estrutura fitossociológica da regeneração natural em subbosque de mimosa *Scabrella bentham* em área minerada, em Poços de Caldas, MG. Revista Árvore. v. 28, n. 6. 2004. p. 811-829.
- MOTTA, M. L.; BENVENUTTI, R. D.; ANTUNES, E. C. **Aplicação dos estudos fitossociológicos ao reflorestamento ciliar do Vale do Rio Turvo, GO**. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 3, Ouro Preto. Do Substrato ao solo: trabalhos voluntários. Viçosa-Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 558-571.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, USA: Wiley, 1974. 547 p.
- MUNHOZ, C.B.R.; FELFILLI, J.M. **Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil**. Acta Botânica v. 20. 2006. p. 671-685.
- NUNES, R.V.; SILVA JUNIOR, M.C. da; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T. – **Intervalos de classe para abundância, dominância e frequência do componente lenhoso do Cerrado sentido restrito no distrito federal**. Revista Arvore. v 26, n. 2. Viçosa-Minas Gerais: 2002. p. 173-182.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 1988.
- OLIVEIRA, P.S. Marquis, R.J. **The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna**. USA: Columbia University Press, 2002.
- PIELOU, E.C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley, 1975. 165 p.
- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; LOPES, L.; BLOOMFIELD, V. K. **Análise do desenvolvimento de espécies arbóreas da Mata Atlântica em sistema de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas em encosta, no entorno do**

- Parque Estadual do Desengano (RJ).** In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas - III SINRAD, 1997, Ouro Preto. Anais. Curitiba: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas/Sobrade e Universidade Federal de Viçosa/UFV, 1997, p. 283-291.
- PINHEIRO, C. Q.; CORRÊA, R.S. **Determinação da dose ideal de composto de lixo, lodo de esgoto e esterco bovino para produção de *Inga marginata* em substrato minerado.** In: Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 3., Anais. Taguatinga: Universidade Católica de Brasília-DF, 2004.
- PIVELLO, V.R.; CARVALHO, V.M.C.; LOPES, P.F.; PECCININI A.A. ROSSO, S. **Abundance and Distribution of Native and Alien Grasses in a Cerrado (Brazilian Savanna) Biological Reserve.** *Biotropica*, v. 31 1999. p. 71-82.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. **Nutrient cycling in native forests.** In: Golçalves, J.L.M. e Benedetti, V. (orgs). *Forest nutrition and fertilization*. Piracicaba: Instituto de Pesquisas Florestais e Estudos Florestais, 2004. p. 285-305.
- PUGNAIRE, F. I.; HAASE, P.; PUIGDEFABREGAS, J.v. **Facilitation between higher plant species in a semiarid environment.** *Ecology* 77. 1996. p. 5; 1420-1426.
- REIS, A. Bechara, F.C.; ESPINDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K.; SOUZA, L.L. **Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais.** *Natureza & Conservação*, v. 1, n. 1. Curitiba: Fundação O Boticário, 2003. p. 28-36.
- RESENDE A. V., NETO A. E. F., MUNIZ J. A., CURI, N., Faquin, V. **Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 34, n. 11. 1999. p. 2071-2081.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado.** In: S.M. Sano & S.P. Almeida (eds.). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1998. p. 98-166.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado.** In: Sano, S.M., Almeida, S.P. Ribeiro, J.F. (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília DF: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 98-166.
- RIBEIRO, J.F.; SCHIAVINI, I. **Recuperação de matas de galeria: integração entre oferta ambiental e biologia das espécies.** In: Ribeiro, J.F. (ed.). *Cerrado matas de galeria*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 137-153.
- RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza: um livro-texto em ecologia básica.** Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 1996. p. 357-358.
- SAUTTER, K.D.; SANTOS, H.R. **Avaliação da estrutura da população da mesofauna edáfica, em diferentes regimes de reabilitação de um solo degradado pela mineração do xisto.** *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, v. 13, n. 1-2. Curitiba: 1994. p. 31-34.

- SILVA, L. C. R. & CORRÊA, R. S. **Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no Cerrado.** Revista Árvore, v. 32, n. 4, 2008. p. 731-740.
- SILVA, L. C. R. **Desenvolvimento de espécies arbóreas em área degradada pela mineração sob diferentes tratamentos de substrato.** Trabalho Final de Graduação. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2006.
- SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods.** 8.ed. Ames: Iowa State University Press, 1989. 503 p.
- SPOSITO, T.C. Santos, F.A.M. **Scaling of stem and crown in eight Cecropia (Cecropiaceae) species of Brazil.** American Journal of Botany. v.88. 2001. p. 939-949.
- WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas.** Tese de doutorado em ecologia na UNB, 2006.
- WATANABE, M.A. **Ácaros em *Lantana camara*.** Embrapa Meio Ambiente, Informativo n. 51. 2005.
- WILLIAMS, D.G. Baruch, Z, **African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology.** Biological Invasions 2. 2000. p. 123-140.
- YARRANTON, G.A. & R.G. Morrison. **Spatial dynamics of a primary succession: nucleation.** Journal of Ecology 62(2): 1974. p. 417-428.
- ZILLER, S. R. **Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras.** Ciência Hoje. Rio de Janeiro: 2001.