

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE RECURSOS MINERAIS**

Eduardo Fernando da Cunha

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO INSERIDA NO  
BIOMA CERRADO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO: Uma breve revisão**

Belo Horizonte

2014

Eduardo Fernando da Cunha

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO INSERIDA NO  
BIOMA CERRADO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Minerais.

Área de concentração: Meio ambiente na Mineração.

Professor orientador: Dinalva Celeste Fonseca.

**Belo Horizonte**

**2014**

C972r

Cunha, Eduardo Fernando da.

Recuperação de áreas degradadas pela mineração inserida no bioma cerrado no Quadrilátero Ferrífero [recurso eletrônico] : uma breve revisão / Eduardo Fernando da Cunha. - 2014.

1 recurso online (26 f. : il., color.) : pdf

Orientadora: Dinalva Celeste Fonseca.

Monografia apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Minerais.

Bibliografia: f.23-26.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Minas e recursos minerais. 2. Mineração - Degradação ambiental. 3. Mineração - Aspectos ambientais. I. Fonseca, Dinalva Celeste. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 622



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Departamento de Engenharia de Minas  
Escola de Engenharia  
Av. Antônio Carlos, 6627, sala 4236 – Bloco O2 - 31270-901 - Belo Horizonte – BRASIL  
Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais  
Tel. (31) 3409-1860 – Fax (31) 3409-1966  
E-mail [ceermin@demin.ufmg.br](mailto:ceermin@demin.ufmg.br)

**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE RECURSOS MINERAIS**

ATA DE DEFESA DO TRABALHO FINAL DE: **Eduardo Fernando da Cunha**

**ORIENTADOR: Prof. Dinalva Celeste Fonseca**

NÚMERO DE REGISTRO: 0060

No dia 09 de outubro de 2014, reuniu-se no Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Engenharia da UFMG a Comissão Examinadora da Monografia, indicada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais, para julgar, em exame final, a Monografia intitulada

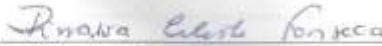
**“RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO INSERIDA NO BIOMA CERRADO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO”**

requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Recursos Minerais. Abrindo a sessão o Presidente da Comissão Examinadora, Prof. Dinalva Celeste Fonseca, após dar a conhecer aos presentes a conduta a ser seguida durante a defesa da Monografia, passou a palavra ao aluno para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do aluno. Logo após, a Comissão se reuniu a portas fechadas, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes notas de (0 a 100):

Notas e Comissão Examinadora			Título	Trab. Escrito (0-70)	Apres. Oral (0-30)	Total (0-100)
Prof.	Dinalva Celeste Fonseca	UFMG	Doutor	55	20	75
Prof.	Rísia Magriotis Papini	UFMG	Doutor	55	25	80
Prof.	Paulo Roberto Magalhães Viana	UFMG	Doutor	55	25	80
MÉDIA						

Pelas indicações, o aluno deve proceder às alterações sugeridas no trabalho, para a sua edição definitiva, a ser entregue no prazo de 30 dias. O resultado final foi comunicado publicamente ao interessado pelo Presidente da Comissão que, nada mais havendo a tratar, encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, assinada por todos os membros participantes da Comissão.

Belo Horizonte, 09 de outubro de 2014.

  
Prof. Dinalva Celeste Fonseca

  
Prof. Rísia Magriotis Papini

  
Prof. Paulo Roberto Magalhães Viana

*Dedico este trabalho  
aos meus pais José Antônio e Terezinha Mendes e irmãos Ricardo, Renato, Edson e Maria  
Gabrieli, Grande amigo Eder e a pessoa especial em minha vida Daniela.*

## **AGRADECIMENTOS**

- A minha orientadora Dinalva Celeste Fonseca, pela sua atenção durante a preparação do trabalho.
- Aos colegas de trabalho pelo incentivo.
- Aos membros da Banca Examinadora, pela leitura do texto e pelas sugestões oferecidas ao trabalho.
- Aos amigos e amigas que não foram citados e que sempre estiveram comigo me auxiliando.

## RESUMO

A recuperação de áreas degradadas pela mineração é uma etapa imprescindível no processo minerário, e o Brasil tem a garantia desta etapa assegurada na Constituição Federal de 1988. Existem várias técnicas de recuperação, algumas demandam um alto valor de investimento, outras que caíram em desuso, estão sendo substituídas por técnicas modernas, que normalmente apresentam melhor custo-benefício e operacionalidade. Assim, objeto do presente estudo é comparar parâmetros de avaliação dos métodos mais utilizados para recuperação de áreas degradadas pela mineração no Quadrilátero Ferrífero inserida no bioma Cerrado, tendo em vista busca no resultado final as vantagens e desvantagens para cada parâmetro avaliado.

**Palavras-chave:** *Recuperação de Áreas Degradadas*; processo minerário; Técnicas de recuperação.

## **ABSTRACT**

The recovery of degraded areas by mining is an essential step in the mining process, and Brazil has the guarantee assured this stage in the Federal Constitution of 1988. There are various recovery techniques, some require a high amount of investment, others have fallen into disuse, are being replaced by modern techniques, which usually have more cost-effective and operational. Thus, the present study is to compare object endpoints of typical methods used for recovery of degraded areas by mining in the Iron Quadrangle inserted in the Cerrado biome, with a view looking at the end result the advantages and disadvantages for each parameter evaluated.

**KEYWORDS:** Recovery of degraded areas; mining process; Recovery Techniques



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Poleiro artificial, adaptado (Bechara, 2006).....	17
Figura 2 - Estágio inicial de sucessão.....	19
Figura 3 - Abertura de covetas. ....	21
Figura 4 - Semeadura de adubação verde.....	22
Quadro 5 - Quadro Comparativo dos Critérios de Avaliação dos Métodos de Recuperação Ambiental .....	22

## LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Quadro Comparativo dos Critérios de Avaliação dos Métodos de Recuperação Ambiental ..... **Erro! Indicador não definido.**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVO E RELEVÂNCIA .....</b>	<b>13</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIGRAFICA .....</b>	<b>14</b>
3.1. APRESENTAÇÃO.....	14
3.2. REGENERAÇÃO NATURAL .....	15
<b>3.2.1. Regeneração natural conduzida .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.2. Adensamento.....</b>	<b>18</b>
3.3. ENRIQUECIMENTO .....	18
3.4. IMPLANTAÇÕES - REPLANTIO DA ÁREA.....	19
3.5. RESGATE DE FLORA.....	20
3.6. TÉCNICA DE SEMEADURA DIRETA .....	21
3.7. COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO.....	22
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No aspecto legal, a Constituição de República Federativa do Brasil de 1988 estabelece que todo empreendimento minerário ao explorar recursos minerais é obrigado a fazer a recuperação de áreas degradadas de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei (BRASIL, 1988).

O Decreto Federal nº. 97.632/1989 descreve no seu “Artigo 3º que a recuperação deverá ter como objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”.

O Quadrilátero Ferrífero é uma região montanhosa considerada como uma das mais importantes províncias minerais do mundo por abrigar reservas de minério de ferro de alta qualidade, intensamente mineradas, que correspondem a 60% das reservas brasileiras deste minério (DNPM, 2006). O QF se estende por uma área aproximada de 7.000 km<sup>2</sup>, na porção central do Estado de Minas Gerais.

O Quadrilátero Ferrífero também se mostra relevante do ponto de vista ambiental por ser a região de transição entre Mata Atlântica e Cerrado, do qual destaca-se a Serra do Espinhaço que compreende um conjunto de serras localizadas nos estados de Minas Gerais e Bahia (DERBY, 1966) (HARLEY, 1995) e é indicada como área de importância especial para conservação da biodiversidade em Minas Gerais (DRUMMOND *et al.* 2005), sendo uma área de extrema importância biológica para conservação da biodiversidade do Cerrado (MMA *et al.* 1999) e da Mata Atlântica (*Conservation International et al.* 2000).

A Serra do Espinhaço possui paisagem acima de 900 m bastante uniforme constituída de campos com ou sem afloramentos rochosos e alguns campos de Mata, onde numa pequena escala, a vegetação é formada por mosaico de comunidades, sob controle e atributos ambientais como topografia, geomorfologia, natureza do substrato, microclima, etc (PILLAR, 2000).

O Cerrado possui uma rica biodiversidade caracterizada como o segundo maior bioma do país, superado apenas pela Floresta Amazônica (RIBEIRO; WALTER, 1998). Ele é apontado como um grande detentor de diversidade biológica, sendo a formação savânica com maior diversidade vegetal do mundo, especialmente quando se consideram as espécies lenhosas (MENDONÇA *et al.*, 1998).

Segundo Castro *et al* (1999), o Cerrado apresenta grande biodiversidade mostrando no máximo de 2.000 espécies arbóreas e 5.250 espécies herbáceas e subarbustivas, portanto flora muito mais rica do que se pensava inicialmente.

No panorama que vem de décadas até os dias de hoje, uma área ao ser minerada passa por uma complexidade de processos de degradação e para a recuperação dessas áreas degradadas deve-se utilizar inúmeros fenômenos biológicos e físico-químicos envolvidos. Por este motivo, a recuperação de áreas degradadas pode ser conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das diferentes áreas do conhecimento humano, que visam proporcionar o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural. O caráter multidisciplinar das ações que visam proporcionar esse retorno deve ser tomado, fundamentalmente, como o ponto de partida do processo. Assim, o envolvimento direto e indireto de técnicos de diferentes especializações permite a abordagem holística que se faz necessária (DIAS; GRIFFITH, 1998).

Segundo IBAMA (2011) a Instrução Normativa nº 4, de 13 de abril de 2011, define área degradada como sendo área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado.

Herrmann (1995) destaca com olhar reducionista diversos contrapontos da mineração em relação ao meio ambiente, na qual se destacam: a exauribilidade da jazida, pois se trata de um recurso não renovável, ocorrendo apenas uma única safra; singularidade das minas, não existindo jazidas idênticas e havendo alto grau de incerteza em sua mineração; a dinâmica do projeto mineiro, que deve adequar-se a estas incertezas e aos contornos da região explorada; e principalmente, a rigidez locacional, significando que a jazida se encontra onde os condicionantes geológicos a criaram, não havendo possibilidade quanto à escolha do local onde ocorrerá a lavra.

O MMA - Ministério do Meio Ambiente define na Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu Art. 2º que “*a recuperação de áreas degradadas está intimamente ligada à ciência da restauração ecológica*”. O termo Restauração Ecológica é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Um ecossistema é considerado recuperado – e restaurado – quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais.

ABNT-Norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 13.030/1999 estabelece as diretrizes para a elaboração e apresentação de Projeto de Reabilitação de Áreas Degradadas pela Mineração visando a criar subsídios técnicos que possibilitem a manutenção e/ou melhoria da qualidade ambiental, independente da fase de instalação do projeto.

## 2. OBJETIVO E RELEVÂNCIA

Este trabalho tem como objetivo geral mostra os parâmetros de avaliação dos métodos mais utilizados para recuperação de áreas degradadas pela mineração no Quadrilátero Ferrífero inserida no bioma Cerrado.

Os objetivos específicos são:

- Identificar metodologias que sejam viáveis para a recuperação de áreas degradadas inseridas no Bioma Cerrado;
- Estabelecer um quadro comparativo das melhores alternativas metodológicas a ser aplicada na área de estudo.

Atualmente não existe uma metodologia padrão e aplicável para recuperação de áreas mineradas dentro do Quadrilátero Ferrífero, devido às particularidades do ambiente em decorrência das características dessa vegetação, que é diversificada, rica em endemismos e constituída por espécies de difícil propagação *ex situ* (SANTOS, 2010).

Hoje, a recuperação das áreas que foram mineradas tornou-se temas de debates e até de indeferimentos de processos ou mesmo embargo de áreas, tendo em vista as cobranças da sociedade em busca de soluções que além de resultados rápidos em prol do equilíbrio do ecossistema local da área minerada, busquem também o ganho social para a área recuperada.

Dentro deste contexto, o conhecimento dos métodos de recuperação das áreas mineradas torna-se cada vez mais necessário, seja pelos aspectos econômicos, sociais e ambientais. Conforme (ATTANASIO et al., 2006) o prazo para recuperação total da área conforme é solicitado pelas esferas jurídicas estão em torno de dois anos.

No Quadrilátero Ferrífero não há bibliograficamente nenhuma lista de espécies padrões que possa ser utilizada em áreas onde ocorreu a mineração, fator este que provoca a perda da biodiversidade, inserção de invasoras e perda do habitat de várias espécies da fauna. Diante dos fatos apresentados, a lista de espécies padrão torna-se relevante na recuperação de áreas degradadas pela mineração dentro do Quadrilátero Ferrífero.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. APRESENTAÇÃO

De acordo com IBAMA (1990), a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; quando a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada ou quando a qualidade e o regime da vazão do sistema hídrico forem alterados. Para implantar um programa de recuperação, inicialmente é necessário estabelecer os conceitos relativos ao tema.

Podem existir vários objetivos quando se quer levar uma área de um estado degradado para um não degradado e, assim, para este trabalho definiu-se recuperação como uma designação genérica, indicando qualquer ação que possibilite a reversão de uma área degradada para uma condição não degradada (MAJER, 1989 *apud* IBAMA, 1990). Esse conceito está de acordo com o Art. 2º - incisos XIII e XIV da Lei Federal nº 9.985/2000, que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), onde define a recuperação como: técnica para devolver o ecossistema a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original. Nesse sentido considera-se que a recuperação pode ser dividida em dois objetivos gerais: a restauração e a reabilitação.

- **Restauração** pode ser definida, ainda de acordo com o SNUC, como: a aproximação, o mais próximo possível, da condição original do ecossistema. Esta definição é ainda compatível com a da Sociedade de Restauração Ecológica ([www.sre.org](http://www.sre.org)), a qual define restauração como uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema com respeito a sua saúde, integridade e sustentabilidade. Estes ecossistemas podem ter sido degradados, danificados, transformados ou inteiramente destruídos como um resultado direto ou indireto da ação de atividades humanas e, eventualmente, até por distúrbios naturais catastróficos.

- **Reabilitação** é um termo utilizado quando o objetivo principal da recuperação for o de estabelecer algumas funções para a área degradada, sendo que duas principais são proteção do solo contra erosão e a diminuição do impacto visual negativo. Nesses casos geralmente não há preocupação com as espécies vegetais utilizadas ou com a obtenção de uma área com diversidade e interações biológicas que caracterizam o ecossistema natural regional e que são objetivos da restauração.

Geralmente, a reabilitação está associada a áreas extremamente degradadas, com solos contaminados, solos sem os horizontes superficiais, como as áreas de deposição de rejeito ou

estéril de mineração, ou seja, onde não existem camadas orgânicas (ABRAHÃO; MELLO, 1980).

No caso da restauração é possível trazer de volta a uma área suas espécies características, assistindo e direcionando os processos naturais para as características almeçadas, mais do que tentar reproduzir o que esta área foi no passado. O Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração (IBAMA, 1990) define recuperação como “o retorno do sítio degradado a uma forma e utilização de acordo com um plano pré-estabelecido de uso e cobertura do solo”.

Na prática, muitas das espécies aplicadas na reabilitação e restauração são as mesmas, estando a diferença relacionada com as metas, objetivos, e escala de tempo adotada (ENGEL; PARROTTA, 2003). A restauração tem como meta a viabilidade ecológica no longo prazo, com o restabelecimento da composição, estrutura e funcionamento das comunidades mais próximas dos naturais, enquanto nas demais abordagens os objetivos são mais específicos e definidos em uma escala de tempo menor, não almejando a semelhança com ecossistema de referência (ENGEL; PARROTTA, 2003).

Assim, a restauração de uma área minerada visa à reconstrução de um ambiente o mais semelhante possível ao natural.

No caso, a presente revisão bibliográfica visa apresentar os aspectos gerais e os conhecimentos diversos sobre métodos de recuperação de áreas degradadas pela mineração inserida no bioma Cerrado no Quadrilátero Ferrífero no que podem ser utilizadas de acordo com as características de cada área, tempo de recuperação e biodiversidade e com os recursos disponíveis, dentre as quais se destacam:

- Recuperação natural;
- Enriquecimento;
- Implantações;
- Resgate de flora;
- Transposição de solo;
- Técnica de semeadura direta.

### 3.2. REGENERAÇÃO NATURAL



A teoria da regeneração espontânea consiste em recuperação da mata de forma natural, não plantando e nem roçando o mato, apenas cercando a área para impedir entrada de animais. Pode ser instalado ao redor do reflorestamento comedouros e bebedouros de passarinhos, o que de forma natural começariam a trazer espécies zoocórica<sup>1</sup> para o local.

Kageyama et al. (1989) descreve que no processo de regeneração natural existem fatores que podem interferir e dificultar seu desenvolvimento. O estabelecimento de espécies depende da resiliência, da capacidade de regeneração, da frequência e intensidade de perturbação sofrida pelo ambiente. A reprodução de espécies, cujas sementes ali chegam, germinam e se estabelecem. Características do local como textura, instabilidade da superfície, compactação, retenção de água, pH, distância do banco de sementes, dentre outros, determinam as espécies adaptadas a se estabelecerem no local (ALMEIDA, 2002).

A regeneração natural apresenta grande potencial de utilização na restauração de áreas perturbadas ou degradadas, desde que haja condições adequadas para a chegada de propágulos na área, bem como para o estabelecimento e desenvolvimento de diferentes espécies. A recuperação por meio da regeneração natural além de ser um método mais barato, também possibilita que a vegetação estabelecida na área seja o reflexo da vegetação das áreas florestais do entorno, proporcionando um retorno, mais rapidamente, a uma condição o mais semelhante possível da original indicadas por Souza (2010).

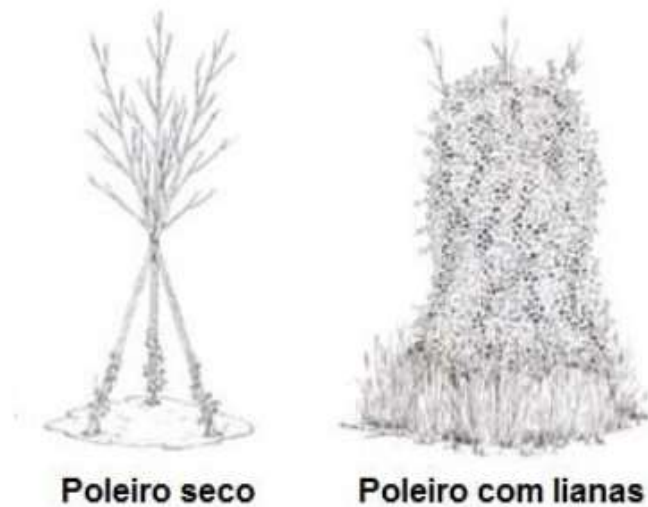
Os estudos de ecologia de áreas desmatadas no Cerrado (CORRÊA, 1995) indicam que a regeneração da vegetação é resultado tanto da germinação de sementes quanto da brotação de partes aéreas e de raízes de algumas espécies que, quando expostas à luz, desenvolvem-se como parte aérea. Em áreas mineradas, a contribuição desses dois mecanismos é diferente, pois são raras as sementes que conseguem germinar e desenvolver uma planta adulta sobre substratos minerados.

Outra forma para atrair espécies vegetais e animais para o local de recuperação ambiental seria por meio de estruturas coniformes de varas fabricadas de lenhas de espécies nativas com até 12 metros de altura, fazendo inicialmente a função de poleiro seco (à esquerda) e no estágio final com o crescimento de emaranhados de lianas (à direita), formando abrigos para aves e morcegos vide Figura 3.1 (BECHARA, 2006). Desta forma voltariam a ocorrer espécies naturais da região, não somente do banco de semente, mas também vindas das proximidades.

---

<sup>1</sup> Zoocórica: é o modo de dispersão das sementes de uma planta pelos animais, normalmente por aves e roedores.

Figura 1 - Poleiro artificial, adaptado (Bechara, 2006).



Fonte: EcoGood Soluções Ambientais e Agronômicas

A falta de segurança desse método de recuperação é alta. Esse modelo é mais viável para áreas apenas perturbadas e não totalmente degradadas.

Nas áreas de minerações desativadas, sem a interferência do homem, dificilmente o habitat conseguirá se recuperar. O mais provável é que se torne uma capoeira, com poucas espécies, e entre elas a predominância de invasoras agressivas. Nesse modelo de recuperação pode-se aproveitar a ideia do poleiro de aves e morcegos, dessa forma será possível ocorrer espécies das florestas remanescentes da região.

### **3.2.1. Regeneração natural conduzida**

A regeneração natural conduzida pode ser obtida por meio do controle químico ou mecânico de plantas invasoras, como colônio, braquiária, braquiarão, entre outras espécies africanas e também por lianas em desequilíbrio. Os controles de espécies indesejáveis podem ser feitos pelo coroamento dos indivíduos regenerantes em área total.

Uma ação que tem resultado em melhoria do desenvolvimento da regeneração natural é a adubação de cobertura, decidida com base em análise de solo. Em região de cerrado, a condução se restringe ao coroamento dos indivíduos, pois as espécies dessas formações aparentam não tolerar ou responder à adubação. A regeneração natural deve ser tratada como um plantio de mudas, mas com custo bem inferior, já que não foi necessário produzir a muda, realizar o plantio e vários tratos culturais (RODRIGUES et al., 2009).

### 3.1.2. Adensamento

Segundo Rodrigues et al. (2009) o adensamento representa a ocupação dos espaços vazios, não cobertos pela regeneração natural, por mudas de espécies iniciais da sucessão. Esse procedimento é recomendado para suprir eventuais falhas da regeneração natural ou para o plantio em áreas de borda de fragmentos e grandes clareiras em estágio inicial de sucessão, visando controlar a expansão de espécies invasoras e nativas em desequilíbrio e favorecer o desenvolvimento das espécies finais por meio do sombreamento.

### 3.3. ENRIQUECIMENTO

Em uma área degradada, a recomposição da mata sem interferência do homem se faz por etapas. Em primeiro lugar aparecem as espécies pioneiras, mais rústicas, tolerantes ao pleno sol, de pequeno a médio porte, crescimento rápido e são menos exigentes com relação ao ambiente ou habitat inserido, caso não apareçam em quantidade significativa é feito o plantio de algumas espécies pioneiras e secundárias iniciais. Depois de estabelecido uma cobertura superficial, composto de gramíneas pioneiras e secundárias iniciais, começam a surgir às espécies secundárias tardias e a clímax, que são árvores de grande porte e longevidade, que dominarão a mata, reduzindo as pioneiras a um percentual muito menor, formando o chamado sub-bosque. Alguns casos em que a vegetação nativa apresenta baixa densidade florística deve ser feito o enriquecimento da área.

O enriquecimento representa a introdução de espécies dos estágios finais de sucessão, agregando interação entre as diversas formas vegetais originais de cada formação florestal, tais como: lianas, herbáceas e arbustos e com a fauna, podendo também contemplar o resgate da diversidade genética, o que pode ser realizado pela introdução de indivíduos de espécies já presentes na área, mas produzidos a partir de sementes provenientes de outros fragmentos de mesmo tipo florestal. Para a introdução de espécies arbóreas, deve-se utilizar o espaçamento 6 metros x 6 metros (RODRIGUES et al., 2009).

Portanto, quanto a este fator, deve-se evitar o plantio de espécies secundárias tardias e clímax em terreno aberto e limpo. Considera-se, então, que as pioneiras se desenvolverão mais rapidamente, fornecendo sombra para as clímax, ou então procura-se aproveitar a vegetação existente, e plantar de ciclos finais em seu meio. Nestes casos, é necessário dosar a proteção fornecida pelas pioneiras, devido ao risco de abafamento, fazendo limpezas seletivas de tempos em tempos.

Esse tipo de regeneração é mais funcional quando existem remanescentes consideráveis de matas nativas próximas à área a ser recuperada e existir também uma população de fauna, para proporcionar espalhamento das espécies zoocóricas.

A Figura 3.2 apresenta uma área onde pode-se aplicar o método supracitado, fazendo o plantio de espécies de estágio final no espaçamento de 6 metros x 6 metros.

Figura 2 - Estágio inicial de sucessão.



Fonte: EcoGood Soluções Ambientais e Agronômicas

### 3.4. IMPLANTAÇÕES - REPLANTIO DA ÁREA

Segundo Lopes (2013) o modelo mais adotado é o replantio da área. Esse modelo ainda possui falhas, devido à falta de estudos técnicos experimentais conclusivos, principalmente pelo tempo necessário para terminar esses experimentos durarem aproximadamente 50 anos, no entanto, é o que apresenta maior probabilidade de sucesso na recomposição da vegetação. O espaçamento utilizado em todas as plantas sejam as pioneiras, secundárias iniciais e tardias e clímax é o mesmo. Este método de recuperação vegetal é controlado pela irrigação, adubação, controle de ervas daninhas, formigas, cupim e plantio de praticamente todas as mudas. Como as espécies arbóreas têm ritmos de crescimento e necessidades ecológicas diferentes nos diversos estágios de desenvolvimento, o conhecimento da auto-ecologia das espécies é muito importante para se levar avante a tarefa de implantar florestas mistas. O reflorestamento misto deve ser composto por espécies de diferentes estágios de sucessão, assemelhando-se à floresta natural, que é composta de um mosaico de estágios sucessionais. A consorciação de espécies

pode ser pela mistura de diversas espécies onde diferentes grupos de espécies desempenham diferentes papéis de sombreadoras ou sombreadas (KAGEYAMA; CASTRO, 1989).

Já Poggiani e Schumacher (2004) citam em literatura a implantação de uma comunidade composta por espécies pioneiras, secundárias e climácicas (clímaxes). Espécies pioneiras conseguem crescer em solos de baixa fertilidade e apresentam maior eficiência no uso de nutrientes fornecidos por meio da adubação e neste tipo de método os espaçamentos podem variar de 4 m x 4 m, 4 m x 3 m, 3 m x 3 m e 3 m x 2 m, passando de uma média de 625 mudas/ha (espaçamento 4 x 4) até 1.667 mudas/ha (espaçamento 3 x 2). O espaçamento no plantio é o mesmo para qualquer espécie, porém estudos ainda devem ser feitos para determinar espaçamentos diferenciados entre as espécies pioneiras, intermediárias e clímax.

Sendo que no processo de Implantações - Replanteio da área de longo prazo, o modelo que utiliza apenas árvores plantadas pontualmente em covas adubadas é eficiente pela participação paulatina da natureza na recuperação. Porém, sem o estrato herbáceo, o recobrimento do solo é mais lento do que em modelos convencionais, que utilizam árvores sobre uma camada herbácea.

### 3.5. RESGATE DE FLORA

Segundo Santos (2010), a restauração da cobertura vegetal de formações ferríferas do Quadrilátero Ferrífero é complexa em decorrência das características dessa vegetação, que é diversificada, rica em endemismos e constituída por espécies de difícil propagação *ex situ*. Ela é exigida frente a demandas de supressão de vegetação pela mineração, que são autorizadas mediante condicionantes impostas pelos órgãos competentes. Entre essas condicionantes, destaca-se a obrigatoriedade de viabilizar metodologias destinadas à restauração de vegetação nativa nas áreas mineradas onde resgate de flora se mostrou como instrumento crucial para o estabelecimento de condições iniciais do processo de restauração, que, para ser bem sucedido, demanda associação de diferentes procedimentos.

O Resgate de Flora - Transposição do solo é um método possível em regiões onde remanescentes florestais vão ser eliminados por algum empreendimento, como áreas de mineração e outros, tais como, construção de empresas, indústrias e estradas. É utilizada a camada superficial retiradas dessas áreas, permitindo usar o banco de sementes desses remanescentes para a restauração de áreas com características ambientais semelhantes. A transposição de solo permite a reintrodução da biodiversidade ocorrente o mais próximo possível da área a ser restaurada, incluindo a microbiota do solo e diferentes tipos de

propágulos, como sementes, esporos de fungos e pteridófitas, ovos de insetos, etc. A técnica se mostra eficaz com um rápido efeito, sendo excelente para a introdução de colonizadoras como plantas ruderais, ervas e arbustos pioneiros, anemocóricas<sup>2</sup> e anemófilas<sup>3</sup>, que são as primeiras a gerar populações em áreas degradadas, podendo acrescentar, espécies herbáceo arbustivas e arvoretas pioneiras zoocóricas, promovendo a atração precoce de fauna dispersora de sementes. As plantas introduzidas pela transposição de solo geram um alto dinamismo na comunidade, pois são de rápida senescência<sup>4</sup> abrindo espaço para outras plantas e desencadeando os primeiros estádios da sucessão inicial (BECHARA, 2006). Os resultados de Gisler (1995), por exemplo, mostraram que houve substituições das espécies anuais de forma de vida herbácea por arbustiva e depois lenhosa perenes, atingindo ao fim de dois anos uma riqueza de 63 espécies.

### 3.6.TÉCNICA DE SEMEADURA DIRETA

Essa atividade é realizada quando é utilizada a técnica de semeadura direta e plantio de adubo verde em áreas de taludes, utilizando enxada ou enxadinha de jardinagem, as covetas devem ter uma profundidade média de 5 cm e o espaçamento de 25 cm. Quando forem semeadas as sementes não se deve recobrir os 5 cm e sim o equivalente a uma vez o seu tamanho Figura 3 e 4

Figura 3 - Abertura de covetas.



Fonte: EcoGood Soluções Ambientais e Agronômicas.

<sup>2</sup> **Anemocóricas:** é o termo usado em Botânica para definir a disseminação das sementes de uma planta pela ação do vento.

<sup>3</sup> **Anemófilas:** é o termo Diz-se das plantas que têm o vento como agente de polinização.

<sup>4</sup> **Senescência:** é o processo de envelhecimento dos seres vivos.

Figura 4 - Semeadura de adubação verde.



Fonte: EcoGood Soluções Ambientais e Agronômicas.

### 3.7. COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO

Os resultados obtidos em acervos bibliográficos e análises em alguns PRAD's - Planos de Recuperação de Áreas Degradadas da empresa EcoGood Soluções Ambientais e Agronômicas estão descritos no Quadro 1, a seguir.

Quadro 5 - Quadro Comparativo dos Critérios de Avaliação dos Métodos de Recuperação Ambiental

<b>Metodologias Aplicadas</b>	<b>Quadrilátero Ferrífero Fitofisionomias do bioma Cerrado sugerido para utilização da Técnica</b>	<b>Tempo de recuperação Aproximado</b>	<b>Situação Biodiversidade final área após aplicar a técnica</b>
<b>Recuperação natural</b>	Cerrado Campo Rupestre, Cerrado Campo Sujo	3 (Três) a 4(Quatro) anos	Baixa

<b>Enriquecimento</b>	Cerrado Campo Rupestre, Cerrado Campo Sujo	3 (Três) a 4(Quatro) anos	Baixa
<b>Implantações - Replântio da área.</b>	Cerradão, Cerrado e Transição Cerrado a Mata Atlântica	2 (Dois) anos	Alta
<b>Resgate de Flora – Transposição de Solo</b>	Canga Ferruginosa e Campo Rupestres	2 (Dois) anos	Alta
<b>Técnica de Semeadura Direta</b>	Taludes	2 (Dois) anos	Baixa

Fonte: Adaptado RIBEIRO; WALTER (1998)

Conforme literatura o método que se destaca atualmente no bioma Cerrado é o Resgate de Flora–Transposição de Solo pelo fato de conseguir alcançar resultado final fitofisionomias que constava no local anteriormente.



## 4 CONCLUSÕES

A técnica mais indicada a ser utilizada é a Implantação - Replante técnica que hoje aplica ao Quadrilátero Ferrífero pela necessidade de urgência nos resultados obtidos e por serem áreas que apresentam alto grau de degradação favorecendo o uso desta metodologia pela fitofisionomias do Bioma Cerrado nele presente.

A metodologia Resgate de Flora-Transposição de Solo se mostrou mais eficaz quando desenvolvida em conjunto do início da área minerada, principalmente fitofisionomias frágeis como no caso da Canga Ferruginosa.

A utilização de métodos para recomposição das áreas degradadas pela mineração no Quadrilátero Ferrífero depende do Clima, Relevo, tipo de mineração e o fator Tempo, pela grande biodiversidade que se encontra na área.

A recuperação de áreas degradadas é uma atividade que exige um bom planejamento, pois, o resultado vem a longo prazo. Atinge grande importância para manutenção da biodiversidade do meio. A aplicação dos métodos para recuperação de áreas degradadas, por meio das técnicas apresentados neste estudo pode acelerar a regeneração da área e evitar desaparecimentos de espécies endêmicas.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.030**:1999 de 30 de julho de 1999. Rio de Janeiro, 1999.

ABRAHÃO, W. A. P; MELLO, J.W.V. **Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada**. In: DIAS, L.E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: Sobrade, 1998.

ALMEIDA, R. O. P. O. **Revegetação de áreas mineradas: estudo dos procedimentos aplicados em minerações de areia**. Tese (Dissertação de Mestrado em 2004) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ATTANASIO, C. M. et al. **Adequação ambiental de propriedades rurais, recuperação de áreas degradadas e restauração de matas ciliares**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal, 2006.

BECHARA, F.C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. Tese de Doutorado em 2006, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2006.

BRASIL, **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**, em seu art. 2º, 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. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 19 abr. 2022.

BRASIL, **Decreto nº 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. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D97632.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm). Acesso em: 19 abr. 2022.

CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y.; SHEPHERD, G. J. How rich is the flora of Brazilian Cerrados? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, [s.l.], v. 86, n. 2, p. 192-224, 1999.

CORRÊA, R.S. Aspectos vegetacionais e edáficos de uma área de desaterro no Cerrado sobre latossolo vermelho escuro. Tese (Dissertação de Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília. Brasília, 1995.

DERBY, O. A. 1966. The Serra of Espinhaço. **Brazil. J. Geol.** [s.l.], v. 14, n. 374-401, 1966.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: **Recuperação de Áreas Degradadas**, DIAS, L. E.; MELLO, J.W. SOBRADE/FINEP, Viçosa. p. 1-7, 1998.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 2005.

ENGEL, V.L.; PARROTTA, J. Definindo a Restauração Ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F. B. (org.). Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais.FEPAF, Botucatu. 2003.

GISLER, C.V.T. **Uso da serapilheira na recomposição da cobertura vegetal em áreas mineradas de bauxita, MG.** Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 146 p. 1995.

HARLEY, R. M. Introduction. In: STANNARD, B. L., HARVEY, Y. B. & HARLEY, R. M. Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina – Bahia. Kew: Royal Botanic Gardens, 1995.

HERRMANN, H. **Mineração e meio ambiente:** metamorfoses jurídico-institucionais. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 1995.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração:** Técnicas de Revegetação. Brasília: IBAMA, 1990.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa N° 4, de 13 de Abril de 2011,** Disponível em: [www.ibama.gov.br/phocadownload/category/58?download=3114](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/58?download=3114). Acesso em: 19 abr. 2022.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A.; CARPANEZZI, A. A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989.

KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. **Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas.** IPEF. Piracicaba, 1989.

MAJER, J. D. **Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands.** Cambridge University Press, Cambridge, U. K. 1989

MENDONÇA, R. C. et al. Flora Vascular do Cerrado. Pp. 287-556. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). Cerrado: ambiente e flora. Embrapa Cerrados, Planaltina. Disponível em: [Http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelinck.php?numlink=216807](http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelinck.php?numlink=216807). Acesso em: 19 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 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. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 19 abr. 2022.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Nutrient cycling in native forests. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds). **Forest nutrition and fertilization.** 2 ed. Piracicaba: IPEF, 2004.

PILLAR, V.D. Padrões e processos em campos do sul do Brasil. In: CAVALCANTI, T.B.; WALTER, B.M.T. (org.) **Tópicos atuais em botânica:** Palestras convidadas do 51º

Congresso Nacional de Botânica. Brasília, EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia/Sociedade Botânica do Brasil. 2005.

RODRIGUES, R.R, BRANCALION, P.H.S, ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.** Instituto BioAtlântica. 2009.

SANTOS, L; M. **Restauração de Campos Ferruginosos mediante resgate de flora e uso de Topsoil no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** Tese de Doutorado em 2010. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

SOUZA, L. M. **Análise do potencial de regeneração natural no entorno de nascentes em processo de recuperação.** Tese (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2010.