

LINA ANDRADE LOBO DE REZENDE

**REABILITAÇÃO DE CAMPOS FERRUGINOS DEGRADADOS PELA  
ATIVIDADE MINERÁRIA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2010

**LINA ANDRADE LOBO DE REZENDE**

**REABILITAÇÃO DE CAMPOS FERRUGINOSOS DEGRADADOS PELA  
ATIVIDADE MINERÁRIA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de fevereiro de 2010.

---

Prof. Nairam Félix de Barros  
(Co-orientador)

---

Prof. James Jackson Griffith

---

Prof. Júlio César Lima Neves

---

Prof. Geraldo Wilson Afonso Fernandes

---

Prof. Luiz Eduardo Dias  
(Orientador)

*“... Em Minas Gerais a alegria é  
guardada em cofres, catedrais  
Na varanda encontro o meu amor.  
Tem bênção de Deus  
Todo aquele que trabalha no escritório  
Bendito é o fruto dessas  
Minas Gerais  
Minas Gereais...”*

Milton Nascimento

*Ao meu pai que me ensinou que o florestal nada teme*

***Dedico.***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, família e pela natureza.

Ao meu pai, o Engenheiro Florestal Mauro Lobo, que teve a sensibilidade de descobrir, antes de mim mesma que trabalhar com campos rupestres me faria feliz e por ter acompanhado diariamente a caminhada.

A minha mãe por fazer parte de tudo.

Aos meus irmãos por terem sido os primeiros a me ensinarem a dividir e conviver com as pessoas. Aos meus familiares que vibraram com as conquistas mesmo sem entender direito do que se tratava. Ao meu querido Nico que nasceu para encher minha vida de amor.

Aos amigos do Departamento de Solos, sempre acrescentando: Bruno Nery, Diana Simões, Cecília Calhau, Tiago Torres, Ricardo Hoffman, Roberto Michel, Samuel Andrade, Carlos Pacheco, Igor Assis.

Aos amigos de Belo Horizonte pelas idas e vindas e especialmente à Alice e Bruna. Agradeço com carinho ao Cordeiro.

A todos os amigos que fiz em Viçosa, especialmente à Maria Alice, Juliana Loureiro, Ana Beatriz, Letícia Coelho, Luiza Monteiro, Juliana Coura e Raphael Bayma.

Aos botânicos e amigos do peito, Nara Oliveira Furtado e Pedro Viana Lage.

Aos funcionários que estavam na hora certa no laboratório certo: Seu Ciro, João Milagres, Jorge Orlando, Carlos Fonseca, Bené, Cláudio, Fabinho e também à Claudinha e Lu que nunca me deixaram perder um prazo.

Ao pessoal do viveiro da Vale e da Lume consultoria ambiental.

Ao meu orientador, Luiz Eduardo Dias, pela oportunidade de desenvolver essa pesquisa e pelo ótimo convívio. Aos professores Nairam Felix de Barros, Jaime Wilson Vargas de Mello, Carlos Ernesto Schaefer e Elpídio Filho pela amizade e confiança.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pela paciência e bom humor na hora de fazer estatística.

A UFV e ao Programa de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO .....	3
3. REVISAO DE LITERATURA .....	4
3.1. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL - QUADRILÁTERO FERRÍFERO-MG .....	4
3.1.1. Geologia .....	4
3.1.2. Geomorfologia.....	8
3.1.3. Solos .....	10
3.2. FORMAÇÃO DAS CANGAS .....	11
3.3. CAMPOS FERRUGINOSOS .....	15
3.4. RECUPERAÇÃO DE CAMPOS FERRUGINOSOS.....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	22
4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS .....	22
4.3. MONTAGEM DO EXPERIMENTO.....	24
4.3.1 Seleção de espécies para o plantio.....	25
4.3.2. Plantio.....	26
4.4. AVALIAÇÕES DOS EFEITOS DOS TRATAMENTOS.....	28
4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
5.2. REGENERAÇÃO NATURAL .....	34
5.3. COBERTURA VEGETAL .....	37
5.4. ANÁLISE DE CUSTOS .....	41
6. CONCLUSÕES .....	43
7. RECOMENDAÇÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
APÊNDICE .....	51
ANEXO .....	52
FOTOS .....	53

## RESUMO

REZENDE, Lina Andrade Lobo de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Reabilitação de campos ferruginosos degradados pela atividade minerária no Quadrilátero Ferrífero.** Orientador: Luiz Eduardo Dias. Co-orientadores: Nairam Felix de Barros, James Jackson Griffith.

As áreas de canga apresentam uma série de restrições ao estabelecimento das espécies vegetais, tais como solos rasos, com baixo teor de umidade e nutrientes, estrutura deficiente, além de uma grande amplitude térmica diária. A alta especialização da vegetação contribui com a elevada taxa de endemismo que caracteriza a flora dos campos ferruginosos. Os campos rupestres ferruginosos estão entre os ecossistemas com maior perda de habitat, menor área de ocorrência e de representatividade em unidades de conservação. A estreita associação entre a lavra de minério de ferro e esses campos levou esta formação a uma condição especial de vulnerabilidade. Esse trabalho teve como objetivo propor abordagens para a reabilitação de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero (QF) considerando aspectos técnicos relacionados à aplicação do *topsoil* associado à canga, reintrodução de plantas provenientes de operações de resgate e regeneração natural. Pretende-se com isso, propor práticas de manejo que conciliem a exploração mineral no QF e a conservação da biodiversidade desses ambientes. Para isso, montou-se experimento em pilha de estéril da mina Capão Xavier localizada em Nova Lima, (QF) - MG. Foram estabelecidas 32 parcelas experimentais de 50 m<sup>2</sup>, referentes a oito tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos a partir de combinações de duas espessuras de canga e *topsoil* associado (20 e 40 cm) e quatro níveis de adubação. O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, sendo o efeito de camadas nas parcelas e de doses nas subparcelas, distribuídas em um delineamento em blocos casualizados. As mudas provenientes do resgate permaneceram por dois anos em condições de céu aberto no viveiro. Em cada parcela foi feito o plantio do mesmo número de mudas seguindo o mesmo arranjo espacial. A avaliação dos tratamentos foi feita aos dez meses após o plantio pelo índice de cobertura vegetal e sobrevivência das espécies plantadas e da regeneração natural. Paralelamente, foi feita avaliação da biomassa da parte aérea de *Melinis multiflora* uma vez que, instalado o experimento, houve a suspeita de que a utilização de fertilizantes poderia favorecer o desenvolvimento desta espécie invasora em detrimento das demais. Não houve diferença significativa entre as médias de sobrevivência das mudas plantadas para as diferentes espessuras de substrato. A sobrevivência das plantas também não

respondeu significativamente ao aumento de doses de fertilizantes. Isso pode indicar que o resgate de flora é uma estratégia eficaz de reabilitação. O curto período de avaliação, porém, não permite dizer que a adubação não terá efeito sobre a sobrevivência destas plantas ao longo do tempo. As espécies que apresentaram índices de sobrevivência superiores a 70% foram *Laelia crispata*, *Artdrocereus glaziovii*, *Vrisea minarum*, *Bilbergia elegans*, *Clusia sp.* e *Cupania sp.* Houve diferença significativa entre as médias de cobertura vegetal para as camadas de 20 e 40 cm e foi possível ajustar modelos de regressão relacionando cobertura vegetal com doses. A aplicação das mesmas doses de fertilizantes em ambas as camadas, não fez com que as parcelas com camadas de 20 cm alcançassem índices de cobertura vegetal semelhantes aos índices das parcelas com 40 cm, evidenciando que o efeito das doses não elimina as diferenças causadas pelo efeito das espessuras. Vale ressaltar que não existe evidência de que maior cobertura vegetal irá implicar em reabilitação mais adequada, visto que poderá implicar em competição indesejável pelo aumento de espécies ruderais invasoras. Houve aumento linear da produção da biomassa da parte aérea de *Melinis multiflora* em resposta aos níveis de adubação. Os substratos expostos nos taludes apresentam características químicas limitantes ao desenvolvimento da vegetação e a aplicação de fertilizantes no material de canga, originalmente pobre, favoreceu a colonização dessa espécie invasora nas parcelas. As médias da produção da biomassa da parte aérea de *Melinis multiflora* em função da espessura da camada de cobertura (canga + *topsoil*) apresentaram diferença significativa a partir da dose correspondente ao uso de 60% da quantidade de fertilizantes recomendada. A partir dessa dosagem, a maior produção de biomassa do capim gordura, pode ser atribuída ao favorecimento do crescimento do sistema radicular das plantas devido à maior disponibilidade de água e nutrientes em um volume maior de substrato. Ainda que os resultados apontem maior desenvolvimento de regeneração natural e cobertura vegetal para o uso de capeamento de 40 cm de espessura utilizando 908 kg/ha de termofostato, 554 kg/ha de sulfato magnésiano e 2.000 kg/ha de N-P-K, deve-se entender que os demais tratamentos testados favoreceram o desenvolvimento de outros arranjos ambientais estabelecendo uma situação de mosaico muito comum nos campos naturais. Além disso, a definição do programa de reabilitação deverá levar em consideração a disponibilidade de material de canga e o custo associado a esta operação.

## ABSTRACT

REZENDE, Lina Andrade Lobo de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa. February, 2010. **Rehabilitation of campo rupestre over ironstones outcrops degraded by the minning activity on the Iron Quadrangle.** Adviser: Luiz Eduardo Dias. Co-Advisers: Nairam Felix de Barros, James Jackson Griffith.

The substrate of “canga” (ironstones outcrops) has a number of restrictions on the establishment of plant species, such as shallow soils, low moisture and nutrients, poor structure, and a large daily temperature range. The high specialization of vegetation contributes to the high rate of endemism that characterizes the flora of the fields over hematitic litholic canga. The ferruginous-altitude grassland ecosystems are among the greatest loss of habitat, the lower area of occurrence and representation in protected areas. The close association between the mining of iron and those fields took this training to a special condition of vulnerability. This study aimed to propose approaches to rehabilitation of the fields over hematitic litholic canga in Ferruginous Quadrangle (FQ), considering the technical aspects related to the application of topsoil associated with “canga”, reintroduction of plants from rescue operations and natural regeneration. The aim is to propose management practices that balance the mineral exploration in the FQ and conservation of biodiversity of these environments. To do this, was set up an experiment on the waste dump of the mine Capão Xavier located in Nova Lima, (QF) - MG. 32 plots of 50 m<sup>2</sup> were established, on eight treatments with four replications. The treatments were composed from combinations of two thicknesses of canga and associated topsoil (20 and 40 cm) and four levels of fertilization. The experiment was a split plot, and the effect of layers in the plots and subplots doses distributed in a randomized block design. Seedlings from the rescue operations remained for two years in open air conditions in the nursery. In each plot was planted the same number of seedlings following the same spatial arrangement. The evaluation of the treatments was made at ten months after planting by the vegetation coverage index and survival of the species planted and natural regeneration. In addition, was made the evaluation of the aboveground biomass of *Melinis multiflora* since installed the trial, there was a suspicion that the use of fertilizer could promote the development of invasive species at the expense of others. There was no significant difference between the average survival of seedlings planted for the different thicknesses of substrate. The survival of the plants also did not respond significantly to increased doses of fertilizers, it is not possible to adjust the regression equation. This may indicate that the rescue of flora is an effective



strategy for rehabilitation. The short period of valuation not to say that fertilization has no effect on the survival of these plants over time. The species with survival rates exceeding 70% were *Laelia crispata*, *Arthrocerus glaziovii*, *Vrises minarum*, *Bilbergia elegans*, *Clusia* sp, and *Cupania* sp. There was significant difference among the averages of vegetation cover for the layers 20 and 40 cm and it was possible to adjust regression models relating dose to cover. The application of the same fertilizer level in both layers, did not make the plots with layers of 20 cm high rates of vegetation coverage similar to the rates of plots of 40 cm, showing that the effect of the dose does not eliminate the differences caused by the effect thickness. It is noteworthy that there is no evidence that greater vegetation cover will result in better rehabilitation, as competition may result in the increase of undesirable ruderal species. There was increased production of aboveground biomass of *Melinis multiflora* in response to levels of fertilization, and it was possible to adjust linear regression models for both the thickness of overburden. The substrates exposed on the slopes have chemical characteristics that limit the development of vegetation and the application of fertilizers in the canga material, originally poor, encouraged the colonization of invasive species in the plots. The average production of aboveground biomass of *Melinis multiflora* according to thickness of the layer (topsoil + canga) showed significant differences from the corresponding dose to the use of 60% of the amount of fertilizer recommended. From this measurement, the greater biomass of *Melinis multiflora* can be attributed to the improved root growth of plants due to increased availability of water and nutrients in a larger volume of substrate. Although the results suggest better results for natural regeneration and vegetation coverage for the use of capping to 40 cm thick using dose corresponding to the level 1 of fertilizer, should be understood that the other treatments tested promoted the development of other environmental arrangements establishing a mosaic situation very common in natural grasslands. Moreover, the definition of the rehabilitation program should take into account the availability of material canga and cost associated with this operation.

## 1. INTRODUÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero (QF) localiza-se na porção centro-oeste do Estado de Minas Gerais, limitando-se ao norte pelas serras do Curral, da Piedade e do Cipó, ao sul pelas serras de Ouro Branco e Itatiaia, a leste pela serra do Caraça e a oeste pelo rio Paraopeba, junto às cabeceiras dos rios São Francisco e Doce (COSTA, 2003). Sua exploração teve início nos primórdios da colonização quando predominavam a extração do ouro e de cascalhos e pedras para a construção civil. Inicialmente as técnicas utilizadas para a extração dos minerais eram rudimentares e o rendimento era baixo.

O QF está inserido na zona de transição da Mata Atlântica e do Cerrado, dois *hotspots* brasileiros, ou seja, áreas prioritárias para conservação da natureza mundial, por sua imensa biodiversidade e pela situação crítica de preservação que se encontram (CÂMARA e MURTA, 2007). Em Minas Gerais a priorização de áreas para a conservação foi definida com base em estudo multidisciplinar em que foram sistematizadas e atualizadas as informações relativas à flora, fauna e ecossistemas, bem como avaliadas as pressões que atuam sobre eles. Essas informações foram consolidadas no Atlas para a Conservação da Biodiversidade em Minas Gerais (DRUMMOND, 2005). De acordo com esse documento o QF é reconhecido como área de importância biológica especial para a conservação da flora principalmente devido à ocorrência dos campos ferruginosos. Os fatores abióticos representados pelo relevo, clima, solo e água por serem responsáveis pela conservação da diversidade biológica

também colocam o QF como área prioritária para a conservação. Além desses fatores foram analisados aspectos da ocupação territorial e políticas públicas. O nível de pressão antrópica foi definido como alto, sendo apontada a relevância das atividades mineraria e a expansão urbana. No entanto, a inexistência de levantamentos biológicos mais detalhados impossibilitou a indicação de ações concretas para a sua conservação.

Historicamente, atribui-se à mineração uma série de impactos sociais e ambientais, estes associados a alterações cênicas, topográficas, edáficas, hídricas e sobre o meio biótico. A preocupação do Código de Minas até os anos 80 era a de regulamentar as diversas modalidades de exploração dos recursos minerais, determinar seus procedimentos administrativos, direitos e deveres do minerador e definir competências dos diferentes órgãos responsáveis pela atribuição dos títulos minerários e sua fiscalização. Os enfoque principais eram o aproveitamento dos recursos minerais e seu fomento. A partir de 1988, a Constituição Federal (Artigo 225) estabeleceu a obrigatoriedade da reabilitação das áreas degradadas pela atividade minerária e o decreto N° 97.632, de 10 de abril de 1989, Art.3, a obrigatoriedade da apresentação do Plano de Reabilitação de Áreas Degradadas (PRAD).

A evolução da legislação ocorrida nas últimas décadas estabeleceu novos padrões de licenciamento para a implantação e operação de atividades com potencial de degradação ambiental. Além das questões legais, iniciativas voluntárias como a do Brasil, signatário da Convenção da Diversidade Biológica (1992), reforçam a necessidade de aprimoramento do conhecimento e das técnicas de reabilitação. No caso da mineração de ferro, especial atenção deve ser dada às formações campestres ferruginosas, onde a reconstituição dos ambientes alterados deve ser buscada em função do alto endemismo de espécies e estreita relação de sua ocorrência em áreas com potencial de exploração mineral. Mais recentemente, algumas empresas de mineração, como parte de seus programas de reabilitação ou através de exigências contidas nos licenciamentos ambientais, têm realizado operações de resgate de flora previamente às intervenções de avanço de lavra e construção da infra-estrutura necessária aos empreendimentos (estradas, plantas de beneficiamento, pilhas e barragens, dentre outros).

A carência de estudos sobre a flora dos campos ferruginosos é consenso entre os pesquisadores. Segundo Pereira et al (2004), medidas voltadas para a conservação “in

situ” são imprescindíveis, porém serão insuficientes para reverter a perda de espécies nos ecossistemas brasileiros se não estiverem apoiadas numa estratégia de conservação “ex situ” de floras regionais.

Os trabalhos de reabilitação dos campos ferruginosos devem ser precedidos de operações de resgate de flora buscando-se estabelecer maior semelhança possível com as áreas naturais. Estudos florísticos e fitossociológicos são importantes fontes de informação e sucesso do recobrimento vegetal. A recuperação do solo ao seu estado original, do ponto de vista ecológico, é uma expectativa irreal, especialmente após o ecossistema ter sofrido processos que mudam drasticamente suas condições físico-químicas (EIJSSACKER, 1998). Neste sentido, o aproveitamento do solo superficial (topsoil) tem sido utilizado como prática comum nas atividades de mineração, possibilitando o aproveitamento do banco de sementes, microrganismos, nutrientes e matéria orgânica do solo. O conhecimento deste substrato é parte essencial do processo, sendo realizado por meio de análises químicas e físicas, possibilitando recomendações de manejo e adubação necessárias para o estabelecimento da vegetação. No caso dos campos ferruginosos recomenda-se o capeamento da área a ser reabilitada com o material original de canga e solos associados.

Tendo em vista a importância ecológica das formações vegetais de afloramentos hematíticos e a sua estreita associação com as áreas de interesse para exploração mineral, buscou-se através de experimento de campo, testar abordagens sustentáveis para a reabilitação de campos ferruginosos e contribuir para o estabelecimento de práticas de plantio de espécies rupícolas e manejo de solos associados a essa tipologia.

## **2. OBJETIVO**

Esse trabalho tem como objetivo testar abordagens para a reabilitação de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero considerando aspectos técnicos relacionados à aplicação do topsoil, reintrodução de plantas provenientes de operações de resgate e regeneração natural. Pretende-se propor práticas de manejo conciliando a exploração mineral no QF e a conservação da biodiversidade desses ambientes.

### **3. REVISAO DE LITERATURA**

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL - QUADRILÁTERO FERRÍFERO-MG**

##### **3.1.1. Geologia**

O Quadrilátero Ferrífero (QF) abrange uma área de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup>, centrada nas coordenadas 20° 15' e 43° 30' (DORR, 1969) sendo delimitado pelos municípios de Ouro Preto, Mariana, Congonhas, Nova Lima, Belo Horizonte, Sabará, Caeté, Santa Bárbara e Ponte Nova. Essa região possui certa semelhança geológica com a Serra dos Carajás, no Pará, pois em ambos encontra-se uma cobertura de canga secundária, sobre saprolitos de rochas ferruginosas, na forma de produtos da alteração de itabiritos (QF) ou jaspilitos ferríferos (Carajás). A canga é composta por fragmentos de hematita cimentados por goethita, e sobre ela se desenvolve uma vegetação adaptada ao solo (RIZZINI, 1979).

Geologicamente, o Quadrilátero Ferrífero está localizado na borda sul do Cráton do São Francisco (ALMEIDA, 1977), uma unidade geotectônica de idade Brasiliana cercada por cinturões orogenéticos vertentes para seu interior (ROSIÈRE E CHEMALE JR, 2000). Em linhas gerais, o QF compreende cinco grandes conjuntos de unidades rochosas: Complexos metamórficos, Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas, Grupo Sabará e Grupo Itacolomi (Figura 1).

Os complexos metamórficos abrigam grande diversidade litológica com ampla exposição na porção sul-sudoeste e são constituídas predominantemente por gnaisses bandados, com ou sem inclusões anfibolíticas, magmatitos e granitos de composições

variadas (Estudo de Gestão Ambiental Territorial da Bacia do Alto Velhas e Alto Paraopeba-GAT, 2009).

Nas sinclinais afloram sedimentos plataformais do Supergrupo Minas, de idade Paleoproterozóica, constituído por xistos, quartzitos, dolomitos e formação ferrífera, assentada discordantemente sobre gnaisses e mica-xistos, os quais são agrupados em quatro grande unidades: Grupo Tamanduá, Grupo Caraça, Grupo Itabira e Grupo Piracicaba (Dorr, 1969; Renger et al., 1994; Almeida et al., 2002; 2003 apud GAT).

O Supergrupo Rio das Velhas foi subdividido em duas unidades: uma basal denominada de Grupo Nova Lima e outra sobrejacente, denominada de Grupo Maquine (DORR, 1969). O Supergrupo Minas está separado por estruturas antiformais irregulares com terrenos arqueanos do tipo *greenstone* do grupo Nova Lima e domos de rochas cristalinas Arqueanas e Proterozóicas, incluindo granito-gnaisses, pegmatitos, anfíbolitos, ultramáficas, etc. (MACHADO *et al.* 1992, NOCE, 1995).

O Grupo Sabará repousa sobre diferentes formações do Grupo Piracicaba. Segundo Dorr (1969) não ocorreu orogênese no intervalo de tempo representado pelos grupos Piracicaba e Sabará. A espessura máxima estimada aparente dessa unidade ultrapassa 3.000 m. Constitui-se de clorita e biotita xistos, metagrauvascas, quartzitos, quartzitos feldspáticos, formações ferríferas, itabiritos e metaconglomerados com matações e seixos de dolomito. No grupo Itacolomi a hematita e a martita são constituintes intersticiais frequentemente encontrados na matriz.

A seqüência mais espessa de formações ferríferas bandadas com corpos de minério de alto teor economicamente exploráveis pertencem ao Grupo Itabira (CASTRO, 2008) que compreende as Formações Cauê e Gandarela. Os minérios associados à Formação Cauê são divididos em duas categorias principais: minério itabirítico e minério hematítico de alto grau (DORR, 1965, ROSIÈRE, 1983). A área de estudo está associada a Formação Cauê (Figura 1) sendo observados os seguintes tipos litológicos:

- Hematita: Minério de ferro de alto teor ( $Fe > 64\%$ ), formado a partir de itabiritos por processos enriquecimento supergênico podendo apresentar-se em massas regulares ou lentes cujas dimensões estão subordinadas a graus de tectonismo a que estiveram sujeitos;
- Itabirito rico: resultante da lixiviação e enriquecimento do protominério constituído de minerais de ferro, quartzo e minerais carbonatados, depositados quimicamente e recristalizados. Na categoria de itabiritos ricos, diferentes litotipos podem estar

associados (silicoso, argiloso e limonítico) dependendo, dentre outros fatores das condições da bacia original de deposição e do grau de lixiviação;

- Itabirito e itabirito pobre: Rocha laminada constituída de proporções variadas de óxidos de ferro, quartzo e minerais carbonatados; Constitui o protominério dos principais jazimentos de ferro do QF.
- Canga: Aparece na forma de crosta ou carapaça endurecida, cobrindo geralmente a maior parte da formação. Pode apresentar-se encerrado grande quantidade de seixos ou blocos de hematita cimentados por óxidos de ferro, o que lhe confere aspecto corrugado (canga hematítica), com resquícios da estrutura original (canga estruturada) e sob forma amorfa, associada à laterita (canga ferrosa);
- Solos, argila e outros produtos de decomposição: São friáveis, facilmente removíveis e ocupam as partes planas formando bacias de acumulação.

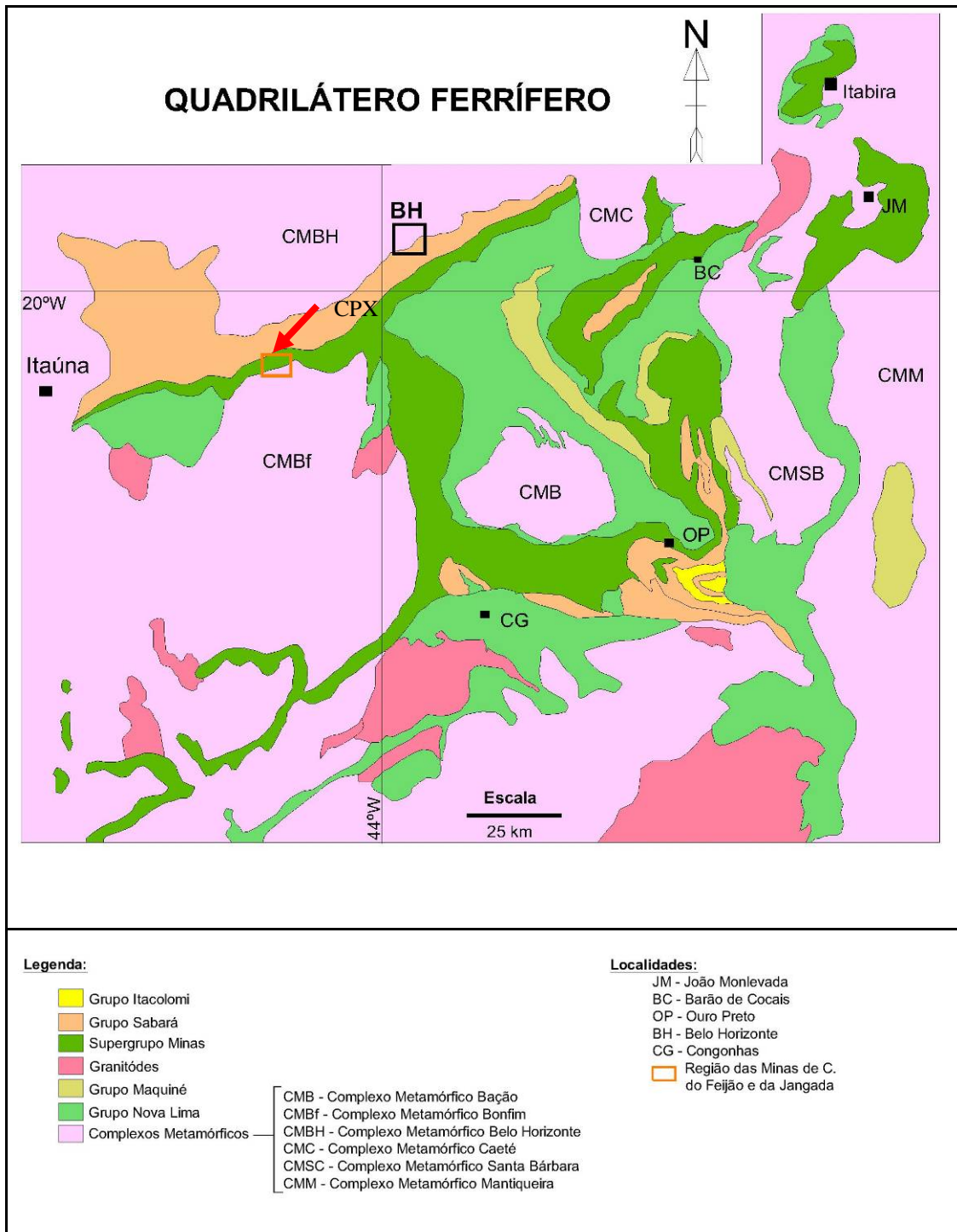


Figura 1 - Contexto Geológico do Quadrilátero Ferrífero. No detalhe, mina de CPX.



### 3.1.2. Geomorfologia

Vários pesquisadores discutiram de forma pouco consensual sobre a estruturação e evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero. De amplitude geral e consensual, Chemale Jr. et al. (1994), propuseram um modelo de evolução com dois eventos geodinâmicos: uma tectônica extensional, de idade transamazônica, (2.100 – 1.700 Ma), e uma tectônica compressional, com o desenvolvimento de dobras e falhas de empurrão, de idade brasileira (650-500 Ma). O primeiro evento, de caráter extensional, está relacionado à geração dos megassinclinais do Quadrilátero Ferrífero, incluindo o Sinclinal Santa Rita, contemporâneo a geração dos Sinclinais de Dom Bosco, da Serra da Moeda e da Serra do Curral, durante o soerguimento dos blocos do embasamento. O segundo episódio da área, envolvendo uma tectônica colisional, resultou em um sistema de empurrões com vergência para oeste e incluem três fases de deformação, ou associações de estruturas, reconhecíveis em todo Quadrilátero Ferrífero. A formação Cauê na qual se encontram os depósitos de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero é constituída por formações de itabiritos, itabiritos dolomitos e itabiritos anfibolíticos, contendo pequenas lentes de filito e mármore. Este conjunto de material passou por processo de sedimentação, seguido de processos tecno-metamórficos, que levou a formação de cadeia de montanhas de grande extensão. O processo de metamorfismo e dobras dessas rochas ocorreu durante o Ciclo Transamazônico (COSTA, 2003).

O relevo do QF apresenta-se estruturalmente controlado, e mostra-se variado em função da diversidade litológica, da deformação a que foram submetidas as rochas durante os eventos tectônicos e da resistência relativa aos processos intempéricos e erosivos a que estas rochas tem estado sujeitas ao longo de várias dezenas de milhões de anos (CASTRO, 2008). Rosière e Chemale Jr (2000) ressaltam ainda que essas condições, de intenso metamorfismo e deformação, modificaram diversas características primárias dos sedimentos originais do conjunto de rochas do QF, conferindo um aspecto único quando comparados com outras regiões ferríferas.

De acordo com Mourão (2007), a grande diversidade de formas do modelado do relevo na porção norte do QF é reflexo do forte controle litoestrutural e, além disso, de falhamentos e reativações dos mesmos, de direção aproximada N-S que também desempenham significativo controle na morfologia, formando colos (“wind-gaps”) e gargantas epirogênicas (“water-gaps”).

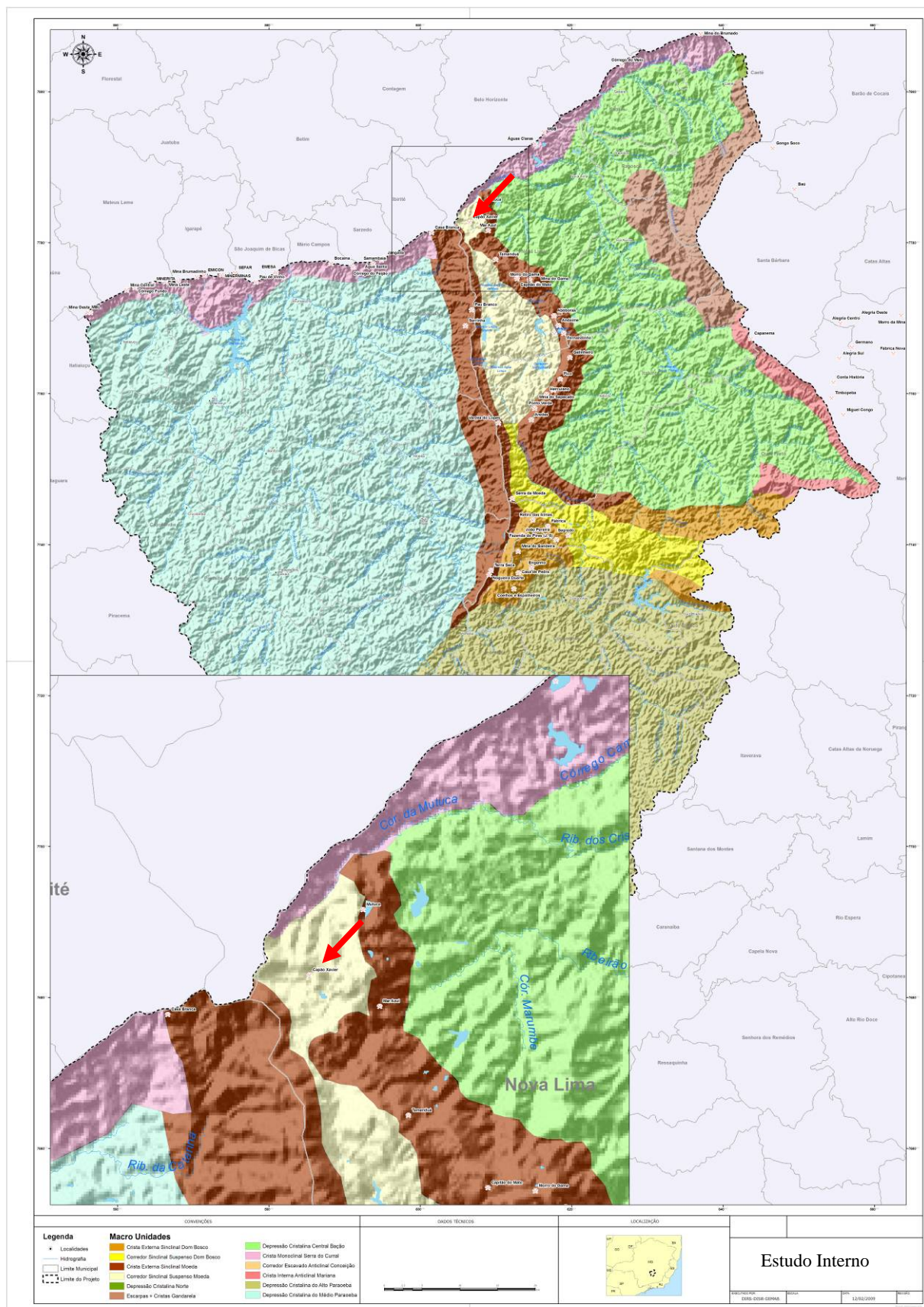


Figura 2 – Mapa Geomorfológico Regional. No detalhe mina de CPX.  
 Fonte: Estudo interno Vale – Gestão Ambiental Territorial (GAT).

### 3.1.3. Solos

Os solos encontrados no QF são diversificados quanto à sua classificação. Em sua grande maioria são álicos ou distróficos e compreendem Cambissolos, Latossolos, Argissolos, Neossolos Litólicos e Plintossolos pétricos.

Com base na cartografia geológica disponível, obtida junto à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, do total aproximado de 700.000 ha do QF, aproximadamente 90.800 ha, perfazendo 13% da área, são constituídos de formações ferríferas. Predominam solos geralmente rasos, tais como, Neossolos Litólicos, Cambissolos e Plintossolos Pétricos, com cobertura vegetal rupestre que varia de campo ao cerrado e vegetação florestal altimontana, esta última nos bolsões de Latossolos (SCHAEFER, 2008).

Os latossolos existentes no QF possuem baixa suscetibilidade à erosão quando em relevos planos devido à boa permeabilidade e drenabilidade. Sobre relevos com declividade média a alta estão sujeitos a movimentos de massa e voçorocamentos. São encontrados na região Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho Amarelo, sendo que há predominância do primeiro devido ao alto teor de ferro existente. Segundo Ker (1998), também são encontrados os Latossolos Férricos. Esses se caracterizam por serem profundos, bem a acentuadamente drenados e apresentarem coloração avermelhada com altos teores de  $Fe_2O_3$  obtidos pelo ataque sulfúrico. Caracterizam-se ainda pela elevada atração pelo magneto (magnetização) ditada pela presença de magnetita nas frações silte e areia e maghemita na fração argila (CURI, 1983; RESENDE et al., 1988). É importante destacar que nos solos originados de material ferrífero há sempre a presença de algum nódulo ferruginoso, que tende a ser bem pequeno e de coloração preta, sendo que a hematita e a maghemita são dois minerais principais desses nódulos (FONTES, 1991). Em alguns locais há formação de carapaças ferruginosas (Canga). Em locais onde couraças de canga recobrem as vertentes orientadas para sul, os solos são pouco profundos, evidenciando o predomínio dos processos morfogenéticos sobre os pedogenéticos (MOURÃO, 2007). Embora essas couraças sejam ricas em ferro, os solos derivados da canga mostram teores bem mais baixos de Si, P e micronutrientes em comparação a solos ricos em ferro desenvolvidos de basalto (SCHAEFER, 2008). O autor ressalta que estes ambientes se constituem em locais de extremo oligotrofismo associado a extremos de variações hídricas e térmicas, onde o fósforo parece ser o elemento mais limitante, já que os teores são baixos e a adsorção de P é extremamente elevada nos solos oxídicos perférricos.

Os Cambissolos ocorrem geralmente em áreas de maior declividade e possuem graus de suscetibilidade a erosão variável, dependendo de fatores como sua profundidade, declividade do terreno e classe textural. De acordo com estudos internos da VALE (GAT, 2009), os argissolos foram encontrados apenas em associações com Cambissolos. Segundo esses estudos, os Neossolos encontrados na área de estudo são os Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos. Os Neossolos Litólicos se encontram geralmente em terrenos íngremes escarpados, predominantemente associados a afloramentos rochosos. Encontram-se frequentemente sobre eles vegetação de gramíneas. Os Neossolos Flúvicos ocorrem nas margens dos rios, lagos e várzeas em topografias planas, exceto ao longo das margens. Em sua extensão são encontradas áreas cultivadas devido a sua fertilidade.

Pode-se destacar a presença de Plintossolos Pétricos. Estes compreendem solos minerais que se caracterizam fundamentalmente por apresentar horizonte litoplântico, contínuo ou praticamente contínuo, com 10 cm ou mais de espessura, ou com 50 dag kg<sup>-1</sup> ou mais, de petroplintita a formar uma camada com espessura mínima de 15 cm, dentro dos primeiros 40 cm do perfil ou imediatamente abaixo do horizonte A ou E (EMBRAPA, 2006). Quimicamente, tratam-se de solos normalmente álicos, com alta saturação por alumínio, baixa soma de bases trocáveis e, conseqüentemente, baixa fertilidade natural. A presença de petroplintita se constitui em um dos fatores que mais restringem seu uso agrícola. Assim, a dificuldade de estabelecimento de uma vegetação deve-se não apenas à pobreza do solo, mas também a limitações físicas, de forma que somente raízes mais adaptadas conseguem se estabelecer. Os baixos teores de argila e areia fina acarretam em baixa retenção de água, que, em contrapartida, não é perdida facilmente por evaporação, uma vez que a canga funciona como uma cobertura morta a esses solos (COSTA, 2003).

### **3.2. FORMAÇÃO DAS CANGAS**

No QF, em virtude das características climáticas da região, o intemperismo tem uma importância fundamental na geração dos corpos lavráveis de minério de ferro de alto teor através da lixiviação de SiO<sub>2</sub> e principalmente dos carbonatos por águas superficiais (DORR, 1964). Águas meteóricas nas condições climáticas locais podem, segundo Eichler (1967), dissolver anualmente 4,55 g SiO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> de superfície considerando precipitação anual de chuva de 600 mm. Além da lixiviação de SiO<sub>2</sub> e

carbonatos, o processo de intemperismo próximo à superfície é responsável também pela oxidação e

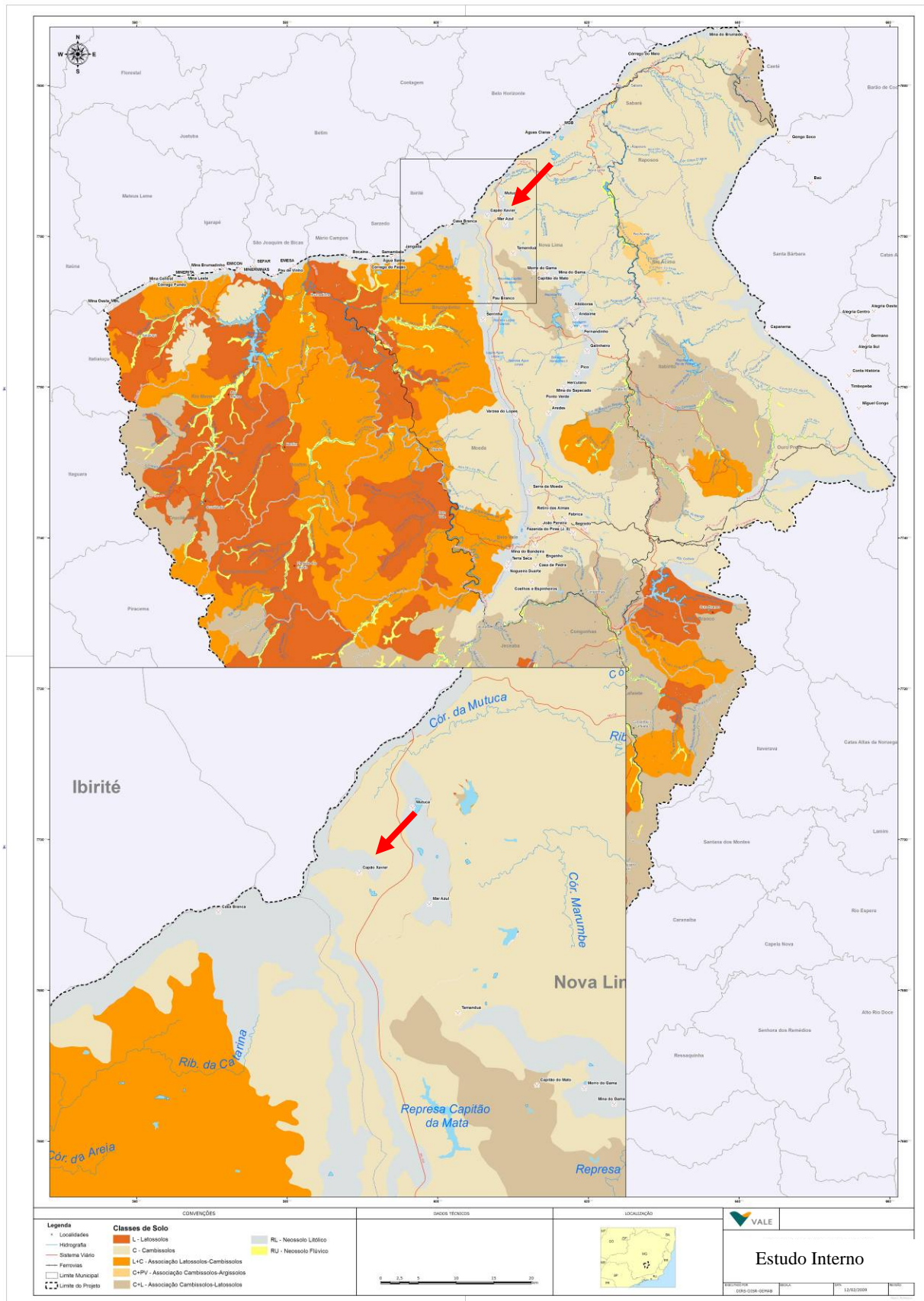


Figura 3 – Mapa Pedológico Regional. No detalhe mina de CPX.  
 Fonte: Estudo interno Vale – Gestão Ambiental Territorial (GAT).

hidratação da magnetita e, em menor proporção, da hematita, formando uma crosta laterítica (Canga) (ROSIÈRE E CHEMALE JR, 2000).

Castro (2008) descreve que a formação da canga se inicia com o conseqüente aumento de porosidade nos itabiritos e aumento da percolação de águas, favorecendo a lixiviação da  $\text{SiO}_2$  e, por sua vez, o aumento da concentração de ferro. O ferro presente se encontra sob forma hidratada formando a limonita (normalmente goethita), que com a continuada dissolução da  $\text{SiO}_2$ , cimentam os fragmentos de hematita e de itabiritos, formando carapaças com coesão acentuada. Em condições úmidas os minerais de ferro hidratados são resistentes à lixiviação. Dessa maneira, as cangas seriam o “produto final” do processo intempérico em clima úmido sobre os itabiritos. Alguns trabalhos (CASTRO, 2008; LEDRU et al. 1996; SCHAEFER, 2008) supõem com base nos dados paleoclimáticos, que o processo de geração das cangas não se deu continuamente, havendo períodos de maior desenvolvimento, favorecidos por climas quentes e chuvosos e períodos de menor desenvolvimento das cangas, associados a climas mais secos e frios.

Esta crosta, cuja profundidade varia de alguns metros até dezenas de metros, tem a função de proteger as formações ferríferas subjacentes da oxidação e hidratação permitindo maior efetividade da lixiviação da  $\text{SiO}_2$ . Sendo assim, a formação das cangas está relacionada com o enriquecimento residual do ferro ao longo dos anos. Segundo Lopes (1988) as cangas são fonte supridora de ferro para as formações ferríferas encontradas em vastas extensões no QF e sendo a expressividade da canga relacionada com o poder de suprimento de Fe dos materiais suprajacentes, quando os teores de ferro são elevados, a canga tende a ocupar uma área maior. Chemale Jr. et al. (1987) apresentaram perfis de intemperismo idealizados nos itabiritos do QF apresentando da base para o topo: Itabirito duro, itabirito friável, itabirito brando, hematita friável e canga.

Em relação a essa gênese da canga, Schaefer et al. (2008), descrevem uma sucessão cíclica de formação e destruição da canga, com mínimo rebaixamento da paisagem. Assim, na parte superior da couraça, a degradação da laterita é marcada pela presença de canga pisolítica, com cavidades decimétricas a centimétricas preenchidas por agregados de pequenos esferólitos (pisolitos) oxídicos-gibbsíticos, de revestimentos aluminosos e ferruginosos formando sistemas anastomosados e de fissuras ou túbulos com pequenos fragmentos e grãos de laterita cimentados por hematita. Os autores descrevem ainda que essas feições, formadas em condições variáveis ácidas e redutoras,

provavelmente se devem à acumulação da matéria orgânica em superfície. Em subsuperfície, a degradação se dá com o rebaixamento progressivo do nível freático, causado pelo soerguimento regional posterior à formação da crosta laterítica, intensificando a migração vertical e lateral de soluções aquosas reativando o processo de alteração.

### **3.3. CAMPOS FERRUGINOSOS**

A geodiversidade encontrada no estado de Minas Gerais expressa em variados tipos de solo e relevo permitiu o estabelecimento de uma variedade notável de fitofisionomias. São encontradas na região do QF formações florestais (Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila), savânicas (Cerrado *sensu stricto*, campos sujos, campos limpos) e rupestres (Campo Rupestre sobre Quartzito, Campo Rupestre sobre Canga e, mais raramente, Campos sobre afloramento granítico) (VIANA, 2008).

Os campos ferruginosos são formações herbáceo-arbustivas associadas a afloramentos rochosos hematíticos geralmente situados a 900 m. A natureza desses afloramentos parece ser determinante na composição florística dos campos e é usualmente utilizada na sua classificação (RIZZINI 1979). Formações campestres associadas a afloramentos de granito ou gnaisse, em geral inseridas no bioma Mata Atlântica, têm sido classificadas como Campos de Altitude (BRADE 1956; MARTINELLI 1989). Os campos sobre afloramento quartzítico, tão comuns ao longo da Cadeia do Espinhaço e algumas serras isoladas no Cerrado, são classificados como Campos Rupestres (GIULIETTI *et al.* 1997). A vegetação associada a afloramentos hematíticos tem sido classificada como Campo Rupestre sobre Canga (VIANA & LOMBARDI 2007), Campos Ferruginosos (VINCENT *et al.* 2002, VINCENT, 2004) ou Vegetação sobre Canga (SECCO & MESQUITA 1983; SILVA, 1991).

Segundo Rizzini (1979), os campos rupestres sobre canga se dividem basicamente em dois tipos conforme o grau de fragmentação da rocha: campo de canga couraçada e campo de canga nodular. O primeiro desenvolve-se quando a rocha forma um lajedo ou uma couraça, o segundo quando a rocha se mostra fragmentada, permitindo um maior acúmulo de solo e maior permeabilidade. Em estudos mais detalhados realizados em Carajás (PA) e na Serra da Moeda (MG) foram identificados outros tipos de formações vegetais associados às cangas (MENDONÇA, 2007)



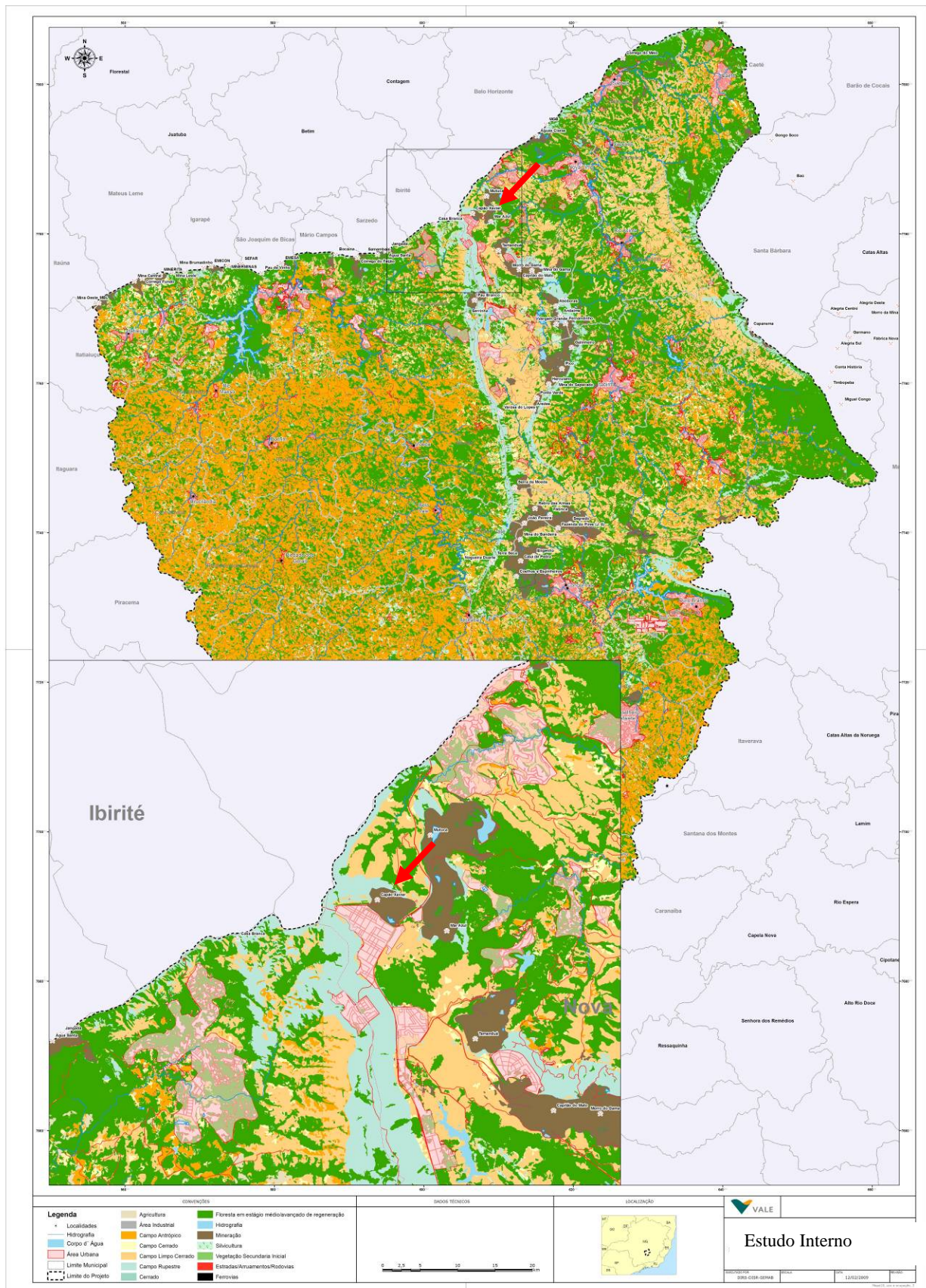


Figura 4 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal. No detalhe mina de CPX. Fonte: Estudo interno Vale – Gestão Ambiental Territorial (GAT).

O isolamento gerado pela descontinuidade das áreas montanhosas associado às especificidades edafo-climáticas faz com que as comunidades vegetais associadas aos afloramentos rochosos de diferentes litologias sejam tidas como centros de diversidade e endemismos (BARTHLOTT *et al.* 1993, ALVES & KOLBEK, 1994; POREMBSKI *et al.*, 1994; BARTHLOTT *et al.*, 1996; GIULIETTI *et al.*, 1997; POREMBSKI & BARTHLOTT, 2000). Estudos sobre conservação “*ex situ*” de espécies rupícolas, sugerem que o QF abrigue um contingente considerável de espécies endêmicas, entretanto, devido à baixa intensidade de amostras, não se pode ter certeza do grau efetivo de endemismos restritos (MENDONÇA, 2008).

De acordo com Giulietti *et al.* (2000), os campos ferruginosos não constituem vegetação homogênea, mas um mosaico de comunidades relacionadas e controladas pela topografia, declividade, microclima e natureza do substrato. Viana (2008) destaca que os inventários já realizados são pouco representativos, abrangendo pequenas áreas e com base nas listagens florísticas disponíveis conclui que a composição florística dos campos rupestres sobre canga não é homogênea, uma vez que as listas de espécies compartilham uma baixa percentagem de táxons em comum.

Estudos realizados em diferentes regiões do Quadrilátero Ferrífero indicam baixa similaridade entre áreas de ocorrência de campos ferruginosos. Stehman *et al.* (2007), compara a listagem florística da canga couraçada da mina do Brucutu (MG) e da Serra dos Carajás (PA), encontrando baixa similaridade com apenas 3 espécies comuns (ISj=1%). Entretanto, entre o Parque do Rola-Moça, na região metropolitana de BH e a mina do Brucutu, em Barão de Cocais, o autor encontra 12 espécies comuns (ISj=8%). Esse fato ressalta a influência de fatores climáticos sobre a composição florística desses campos, uma vez que o clima de Carajás é do tipo AWi (sazonal, com duas estações bem definidas, uma seca e quente e outra chuvosa com temperaturas amenas) (FALESI, 1986) e o do QF é do tipo Cwb (tropical de altitude com verões frescos e estações secas bem definidas) (ANTUNES, 1986). Outro fator que contribui para a baixa similaridade segundo o autor é a matriz vegetacional que circunda as áreas de canga. Os campos ferruginosos em Carajás constituem encaves dentro de um domínio florestal amazônico, enquanto no QF os campos situam-se em zona de contato entre os biomas cerrado e mata atlântica. Áreas localizadas entre dois biomas em transição apresentam

grande biodiversidade, pois nela se encontram espécies de ambos os biomas e, por conseguinte, grande número de nichos ecológicos.

Viana (2008) realizou levantamentos florísticos em várias áreas no QF comparando-os com os demais inventários disponíveis. O autor destaca a ocorrência das espécies arbustivas *Lychnophora pinaster* e *Symphiopappus brasiliensis* (Asteraceae), *Lippia hermannioides* e *Stachytarpheta glabra* (Verbenaceae), *Peixotoa tomentosa* (Malpighiaceae), *Tibouchina multiflora* (Melastomataceae), *Vellozia compacta* (Velloziaceae). Dentre as herbáceas, cita as gramíneas *Paspalum scalare*, *Axonopus siccus* e *Sporobolus metallicolous*, algumas ciperáceas como *Bulbostylis fimbriata*, *Cyperus subcastaneus* e *Trilepis lhotzkiana* e espécies rupícolas, como as orquídeas *Acianthera teres*, *Bulbophyllum weddellii*, *Sophronitis caulescens*, bromélias como *Billbergia elegans* e *Vriesea minarum* e peperômias (*Peperomia decora*, *P. gallioides*). Com relação às formações florestais associadas aos campos, observa que ocorrem como capões ou trechos sinuosos ao longo de fendas de rochas e bocas de cavernas, sendo comum formas anãs de espécies de florestas estacionais semidecíduais da região, como *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), *Clusia arrudae* (Clusiaceae), *Eremanthus erythopappus* (Asteraceae), *Guapira opposita* (Nyctaginaceae), *Maytenus gonoclada* (Celastraceae), *Prunus myrtifolius* (Rosaceae), *Psychotria velloziana* (Rubiaceae). Em geral, estes campos são circundados por florestas estacionais semidecíduais ou por extensas áreas de cerrado. Observam-se ainda, áreas de transição destas duas formações em consórcio exibindo um aspecto de campo sujo. Para caracterizações mais completas, ver Jacobi *et al.* 2007, Stehmann & Oliveira 2007 e Viana e Lombardi 2007.

A alteração das áreas de ocorrência natural dos campos ferruginosos se dá principalmente pela pressão das atividades antrópicas, incluindo a cata indiscriminada de espécies de valor paisagístico, o uso do fogo, as atividades minerárias e a expansão urbana, levando à perda de habitat de espécies endêmicas algumas delas presentes na Lista da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção. Stocklin e Fischer (1999) demonstraram que a longevidade das sementes no solo está relacionada com a avaliação do risco de extinção local das espécies sendo uma importante ferramenta no estabelecimento de práticas de manejo para reabilitação de áreas degradadas. Bekker *et al.* (1998) concluem que a análise da vulnerabilidade das espécies à extinção determina a necessidade da conservação do solo e seu banco de sementes favorecendo possibilidades de regeneração.

### 3.4. RECUPERAÇÃO DE CAMPOS FERRUGINOSOS

Em Minas Gerais as principais e mais bem documentadas ocorrências de canga estão localizadas no QF (CASTRO, 2008). A grande diversidade geológica e topográfica da região, de fato, é um dos motivos para a existência de uma riquíssima biodiversidade, que justificou o reconhecimento do Quadrilátero Ferrífero como uma região de “importância biológica extrema” (DRUMMOND *et al.*, 2005) e sua inserção dentro da Reserva da Biosfera da Cadeia do Espinhaço pela UNESCO em 2005.

Além da legislação vigente, que estabelece obrigatoriedade de recuperação de áreas degradadas pela mineração, várias empresas do setor aderiram a sistemas de normatização que avalia a efetividade dos projetos de reabilitação através de programas de auditorias e certificação.

Os campos ferruginosos não possuem legislação específica para sua conservação e utilização, sendo incipientes os programas voltados para sua reabilitação (MEIRELLES *et al.*, 1999). Uma relevante lacuna diz respeito ao desconhecimento do manejo dos solos típicos desta formação, bem como a inexistência de práticas culturais mais adequadas. A utilização do topsoil permite o aproveitamento do banco de sementes e o favorecimento da regeneração natural. Em estudo de conservação “*ex situ*” de espécies de campos ferruginosos, Mendonça (2007) sugere que pesquisas sobre germinação de sementes sejam desenvolvidas e que o solo de mineração seja reservado para atividades de reabilitação, uma vez que permitem entender a dinâmica das comunidades vegetais e asseguram a preservação da diversidade biológica e genética de muitas espécies. A falta de estudos da ecofisiologia das espécies a serem resgatadas, replantadas e reproduzidas também resulta em limitação dos processos de reabilitação.

Estudos fitossociológicos são importantes para o conhecimento dos padrões naturais da comunidade vegetal, pois pela aplicação de métodos de amostragem adequados, é possível identificar as relações quantitativas em uma comunidade vegetal, permitindo definir as espécies mais abundantes e estabelecer a relação de dominância e importância relativa entre elas na comunidade (MENDONÇA, 2000). Em levantamentos florísticos de duas cangas localizadas no QF, distantes 32 km entre si, Jacobi (2007) encontraram apenas 27 % de similaridade de espécies vasculares. A chamada similaridade *b*, atribuída ao isolamento das unidades (BURKE, 2003), é considerada pela autora um dos fatores decisivos para a indicação de espécies potenciais de canga para uso em programas de reabilitação (JACOBI *et al.*, 2008).

Ainda que a falta de informações prévias da área a ser reabilitada dificulte a indicação de espécies mais adequadas, Jacobi et al. (2008) sugerem lista que inclui espécies provavelmente facilitadoras como *Stachytarpheta glabra*, *Lychnophora pinaster* e *Mimosa calodendron*; espécies tolerantes a altas concentrações de metais pesados no substrato, como *Vellozia* spp., espécies com crescimento clonal como gramíneas, espécies que propiciam sombreamento, acúmulo de matéria orgânica e proteção física contra o vento, amenizando as condições ambientais e favorecendo o recrutamento e estabelecimento de plântulas. Segundo os autores, deve-se levar em conta, ainda, a posição hierárquica que as espécies ocupam na comunidade de campos ferruginosos, reforçando a utilização de *Andropogon ingratus*, *Bulbostylis fimbriata*, *Sophronitis caulescens* e *Lychnophora pinaster*, além de *Sebastiania glandulosa*. Devido ao rápido crescimento, recomenda-se ainda a utilização de espécies que proporcionam rápida cobertura como poáceas, ciperáceas, asteráceas e orquidáceas com ocorrência em cangas.

Na mina de Sapecado, município de Itabirito – MG, (Relatório de resgate de flora-Expansão da cava do Sapecado Norte, Mina do Pico) o resgate foi precedido de estudos florísticos e fitossociológicos e foi conduzido de forma a priorizar os estágios de maior chance de sobrevivência das plantas. Espécies arbóreas foram resgatadas a partir de sementes e plântulas; orquídeas, bromélias, aráceas, velozias, gesneriáceas, dentre outras, foram resgatadas na forma adulta. Além das espécies vegetais, colônias de líquens e fungos abundantes nos campos rupestres foram resgatadas. As sementes coletadas foram triadas e enviadas diretamente para o viveiro de produção de mudas. A operação de resgate de plantas adultas consistiu basicamente em sua remoção preservando-se a maior quantidade possível de raízes e substrato (rocha, solo, casca de árvores) e em sua transferência para recipientes apropriados. Para a reintrodução dos indivíduos resgatados adotou-se uma técnica de transplântio de arranjos de plantas em caixotes que foram colocados diretamente no campo em períodos chuvosos ou levados para os viveiros para plantio posterior. O terreno foi recoberto com material de canga oriunda de avanços da cava, adubado e recebeu ainda material com líquens e fungos para enriquecimento dos núcleos de plantio.

Para avaliação da sobrevivência ao resgate, Mendonça (2008) submeteu os indivíduos resgatados a diferentes tratamentos monitorados durante 15 meses. A sobrevivência total foi de 53,60% sendo que as famílias Orchidaceae (83,33%),

Cactaceae (78,70%), Bromeliaceae (71,46%) e Velloziaceae (63,20%) apresentaram as maiores porcentagens de sobrevivência. A autora sugere que um programa de resgate de flora e recuperação de áreas degradadas, deve manter amostras vivas da flora afetada, seja por meio da conservação de sementes, mudas ou outros propágulos, em instituições credenciadas, bancos de germoplasma de instituições de pesquisa, ou em jardins botânicos.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O experimento foi montado no topo de um pilha de estéril constituída de itabiritos pobres, filito, dolomito, rocha básica intrusiva e argila, da mina de Capão Xavier (CPX)–VALE, na região metropolitana de Belo Horizonte, município de Nova Lima-MG, às margens orientais da BR 040. De acordo com Estudo de Impacto Ambiental de CPX (EcoLab-Meio Ambiente, 2002), a mina está inserida no QF e faz parte da aba oeste do sinclinal Moeda caracterizada por uma superposição de rochas metamórficas pré-cambrianas de direção geral predominante norte-sul e mergulho variando de 40 a 50° para leste, representadas pela coluna estratigráfica do Supergrupo Minas.

O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cwa, com chuvas de verão, verões quentes e invernos secos, temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C (ANTUNES, 1986).

### **4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS**

A área do experimento foi recoberta com substrato de canga proveniente de áreas de expansão de lavra. Este substrato é composto por concreções ferruginosas e solos associados. Para a separação desses materiais, utilizou-se peneira de 2,0 mm, sendo que o material mais fino chamado de solo associado à canga. Esses materiais foram amostrados e submetidos à caracterizações químicas (Quadros 1 e 2) e física (Quadro 3).

Quadro 1- Características químicas de amostra de solo associado à canga

pH <sup>(1)</sup>	P <sup>(2)</sup>	K <sup>(2)</sup>	Ca <sup>2+(3)</sup>	Mg <sup>2+(3)</sup>	Al <sup>3+(3)</sup>	H+Al <sup>(4)</sup>	SB	t	S	V	m	MO
	--mg dm <sup>-3</sup> --			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						-----%-----		dag kg <sup>-1</sup>
5,4	1,80	4,0	1,2	0,2	0,1	7,92	1,50	1,60	9,42	16	6	2,9

<sup>(1)</sup> pH em H<sub>2</sub>O; <sup>(2)</sup> Extrator Mehlich-1 (Defelipo & Ribeiro, 1997); <sup>(3)</sup> Extrator KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup> (Defelipo & Ribeiro, 1997); <sup>(4)</sup> Extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0 (Defelipo & Ribeiro, 1997).

Quadro 2- Teores totais dos elementos do material de canga.

Amostra	< 2,00mm	> 2,00mm
	----- dag kg <sup>-1</sup> -----	
Fe <sup>(1)</sup>	57,89	67,18
SiO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	5,87	0,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>	4,10	1,24
P <sup>(2)</sup>	0,104	0,047
Mn <sup>(2)</sup>	0,088	0,032
CaO <sup>(2)</sup>	0,052	0,033
MgO <sup>(2)</sup>	0,055	0,024
TiO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	0,443	0,126
S <sup>(2)</sup>	0,034	0,012
Cu <sup>(2)</sup>	0,0003	0,0001
Zn <sup>(2)</sup>	0,0023	0,0003
Ni <sup>(2)</sup>	0,0004	0,0002
Cr <sup>(2)</sup>	0,0125	0,0077

<sup>(1)</sup> Digestão ácida e dosagem por titulação. <sup>(2)</sup> Fusão alcalina e dosagem em ICP-EOS

Quadro 3- Análise granulométrica<sup>1/</sup> de amostra de solo associado a canga.

Amostra	Areia grossa <sup>2/</sup>	Areia fina <sup>2/</sup>	Silte <sup>3/</sup>	Argila <sup>3/</sup>
	-----%-----			
Solo	44	9	19	28

<sup>1/</sup> Dispersão mecânica por agitação lenta (RUIZ, 2005a) EMBRAPA, 1997. <sup>2/</sup> Por peneiramento (RUIZ, 2005b). <sup>3/</sup> Método da pipeta (RUIZ, 2004).



### 4.3. MONTAGEM DO EXPERIMENTO

O experimento foi montado no topo de uma pilha de estéril da mina de CPX . Os oito tratamentos testados foram compostos a partir da combinação de duas espessuras de canga e solos associados (20 e 40 cm) e quatro níveis de adubação, em esquema de parcelas subdivididas. O efeito de camadas foi testado nas parcelas e o de doses nas subparcelas. As parcelas (50 m<sup>2</sup>) foram distribuídas em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, perfazendo um total de 32 parcelas experimentais.

O material de canga foi retirado em área de expansão da cava por meio de raspagem superficial (0-40 cm) do terreno com trator de esteira D-10. Após transporte para a pilha de estéril, o material foi espalhado nas parcelas por pá carregadeira e restroescavadeira . O acerto da espessura final foi realizado manualmente (Figura 5).

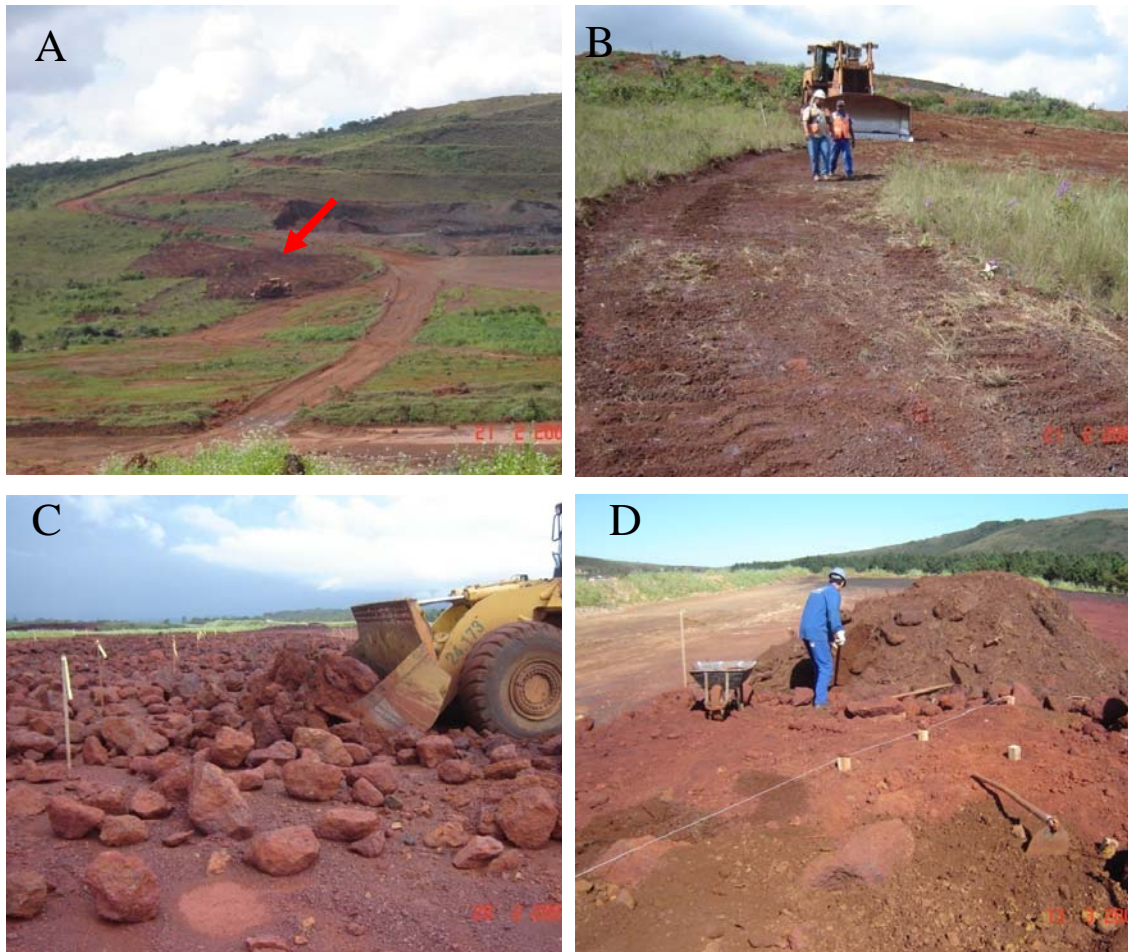


Figura 5 – A) Decapamento da canga da área de empréstimo. B) Disposição sobre a pilha. C) Espalhamento com pá carregadeira. D) Nivelamento manual.

Os níveis de adubação foram estabelecidos com base nas características químicas do topsoil, visando a reposição básica de macronutrientes em níveis equilibrados, porém baixos (Quadro 4.) As pequenas quantidades de fertilizantes utilizadas visaram obter um substrato distrófico supostamente mais adequado às espécies de campos ferruginosos. Para a formação da mistura foram utilizados os seguintes fertilizantes: termofosfato magnésiano ( $P_2O_5$  solúvel, ácido cítrico 2% (1:100) Ca 20%, Mg 7%, Boro 0,10%, Zn 0,55%, Mn 0,12%, Cu 0,05% e Mo 0,006%), sulfato magnésiano (9% de magnésio e 12% de enxofre) mistura de N-P-K 20-0-8. As misturas foram preparadas no viveiro de mudas do Miguelão-VALE, levadas para o campo e incorporadas manualmente ao topsoil em toda a área de cada parcela.

Quadro 4 - Níveis de adubação utilizados

Níveis de adubação	Termofosfato magnésiano	Sulfato magnésiano	N-P-K 20-0-8
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----		
0,0	0	0	0
0,3	300	183	660
0,6	600	366	1.320
1,0	908	554	2.000

#### 4.3.1 Seleção de espécies para o plantio

A seleção das espécies foi feita com base nos levantamentos florísticos e de acordo com a disponibilidade de mudas no viveiro. Além das consultas aos levantamentos florísticos do Relatório de Impacto Ambiental da Mina de Capão Xavier-RIMA (EcoLab, 2002) e do monitoramento da flora da mina de CPX (Gheosfera, 2008; 2009), foram realizadas campanhas de campo durante a implantação do experimento com o objetivo de observar a distribuição das plantas em ambientes inalterados. A lista das espécies introduzidas encontra-se no Quadro 5. O grupo de espécies selecionadas foi igualmente implantado em cada parcela, com o mesmo número de plantas, posicionadas de acordo com o mesmo arranjo espacial (Figura 6). Essa alocação considerou o hábito das plantas em relação à radiação solar. Algumas plantas estavam enviveiradas a pleno sol e outras associadas a outras plantas ou sob sombrite. Buscou-se introduzi-las de maneira a favorecer as mesmas condições a que elas estavam submetidas há dois anos em viveiro.

As espécies *Paliavana sericiflora* e *Sinningia warmangii*, ambas da família Gesneriaceae, são consideradas vulneráveis de acordo com a lista das espécies da flora ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais. O cactus *Arthrocereus glaziovii* também faz parte da lista sendo avaliado como criticamente em perigo (MENDONÇA, 2000).

Além das espécies selecionadas no viveiro, um grande número de espécies foi introduzido na área através do banco de sementes presente no topsoil. Sua identificação foi feita à medida que ocorria a germinação e o desenvolvimento das plantas.

Quadro 5 – Espécies utilizadas no plantio

FAMILIA / ESPÉCIE	NOME POPULAR	MUDAS/PARCELA	HÁBITO
<b>ARACEAE</b>			
<i>Anturium minarum</i> Sakuragui & Mayo	Antúrio	2	Herbáceo
<b>BROMELIACEAE</b>			
<i>Dickia consimilis</i> Mez		1	Herbáceo
<i>Bilbergia elegans</i> Mart. ex Schult.		1	Herbáceo
<i>Vriesia minarum</i> L.B.Sm	Bromélia	2	Herbáceo
<b>CACTACEAE</b>			
<i>Arthrocereus glaziovii</i> (K. Schum.) N.P. Taylor & Zappi	Cacto	5	Herbáceo
<b>CLUSIACEAE</b>			
<i>Clusia arrudae</i>		1	Arbustivo
<b>GESNERIACEAE</b>			
<i>Paliavana sericiflora</i> Benth.		1	Arbustivo
<i>Sinningia rupicola</i> (Mart.) Wiehler		1	Herbáceo
<b>MELASTOMATACEAE</b>			
<i>Tibouchina multiflora</i> Cogn.	Quaresmeira	2	Arbustivo
<b>ORCHIDACEAE</b>			
<i>Epidendrum secundum</i> Vel.	Orquídea	1	Herbáceo
<i>Hoffmansegella crispata</i>	Orquídea	5	Herbáceo
<b>SAPINDACEAE</b>			
<i>Cupania</i> sp		1	Arbórea
<b>VELLOZIACEAE</b>			
<i>Vellozia caruncularis</i> Mart. ex Seub.		1	Herbáceo
<i>Vellozia compacta</i> Mart.	Canela de ema	1	Herbáceo
<i>Vellozia graminea</i> Pohl.		1	Herbáceo

#### 4.3.2. Plantio

O plantio foi realizado entre os dias 20/01 e 05/02 de 2009 com mudas provenientes de operações de resgate realizadas em áreas da mina de Capão Xavier desde 2007.

No sistema de resgate adotado pela empresa, parte dos indivíduos resgatados é plantada em caixas de madeira com dimensões aproximadas de 50 X 30 X 20 cm e mantida no viveiro para posterior reintrodução no campo. As caixas recebem uma mistura de espécies de forma a favorecer a operação dos futuros plantios (Figura 7 E).

Para o plantio nas parcelas, os caixotes foram transportados para a área do experimento onde separou-se manualmente as mudas em quantidades necessárias para cada parcela (Quadro 5)

Além dos indivíduos citados foram introduzidos, a título de composição do ambiente, cinco caixotes de resgate inalterados em cada parcela. Dentre as espécies presentes destacam-se *Peperomia decora* Dahlst., *Oncidium blanchetii* Rchb. f., *Sophranitis crispata* (Thunb.) C. Berg & M.W. Chase, *Vellozia graminea* Pohl, *Paepalanthus* sp, *Prosthechea* sp, *Hipeastrum* sp e *Barbacenia tricolor* Mart.. Estes plantios atenderam interesses da empresa na composição da área e não foram avaliados neste trabalho.

Foi realizado plantio manual, em covas pouco profundas (10 X 10 X 10), uma vez que os fertilizantes foram aplicados e incorporados na camada do topsoil aplicado. As mudas foram dispostas em cada parcela seguindo o arranjo previamente definido (Figura 6 e Figura 7 F). Em virtude dos baixos índices pluviométricos ocorridos após o plantio, foi necessário o uso de irrigação através de caminhão pipa. A utilização dos caminhões para irrigação foi feita de acordo com a disponibilidade da empresa, não sendo possível registrar precisamente a quantidade de água utilizada.

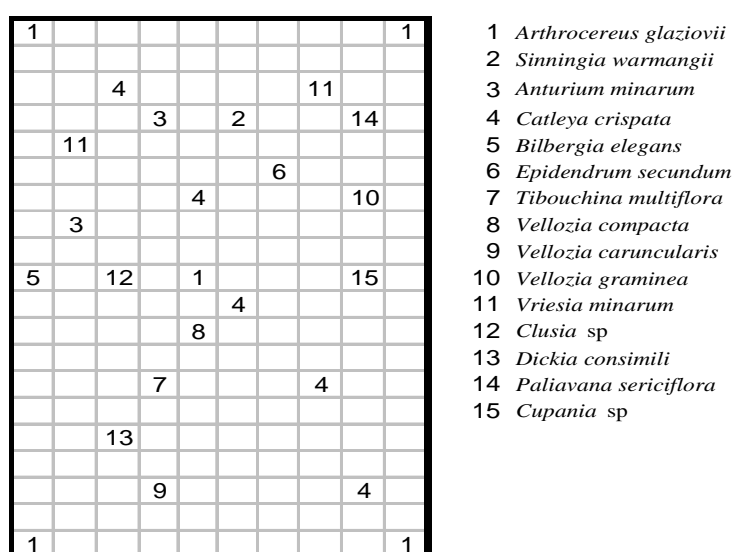


Figura 6 - Arranjo espacial de mudas no plantio das parcelas



Figura 7 – E) Plantas resgatadas e mantidas no viveiro em caixas de madeira.  
F) Área do experimento após plantio das mudas

#### 4.4. AVALIAÇÕES DOS EFEITOS DOS TRATAMENTOS

Aos dez meses após o plantio, os tratamentos foram avaliados pela quantificação da cobertura vegetal e sobrevivência das espécies plantadas e provenientes da regeneração natural. Paralelamente, em função da expressiva presença da gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim gordura), foi feita avaliação de sua massa seca com o objetivo de avaliar seu comportamento uma vez que, instalado o experimento, houve a suspeita de que a utilização de fertilizantes poderia favorecer seu desenvolvimento em detrimento das demais.

A cobertura vegetal foi avaliada quantitativamente através de método fotográfico usando-se o programa QUANT para cálculo da área de recobrimento. O procedimento de campo foi desenvolvido especialmente para atender as características deste estudo e consiste em registros fotográficos perpendiculares à superfície do solo, tomados sistematicamente a uma distância fixa (1,60 m), o que determinou sub-parcelas de amostragem de 7.000 cm<sup>2</sup>. Para cada parcela de 50 m<sup>2</sup> foram lançadas aleatoriamente 5 sub-parcelas para avaliação da cobertura vegetal (Figura 8).

O índice de sobrevivência foi avaliado pelo acompanhamento do desenvolvimento apenas dos indivíduos plantados. Por ocasião do plantio foi feita marcação de campo e registro fotográfico de cada indivíduo introduzido. A avaliação de sobrevivência foi feita por inspeção de campo e contagem dos indivíduos vivos.

A avaliação da parte aérea de *Melinis minutiflora* foi obtida após secagem em estufa de circulação forçada de ar até peso constante. O corte foi feito rente ao solo, evitando-se distúrbio do solo que pudesse alterar o acompanhamento dos demais resultados.



Figura 8 – Posicionamento do tripé adaptado e do quadrante de PVC. Registro fotográfico para quantificação da cobertura vegetal para posterior tratamento das imagens utilizando o programa “QUANT”.

#### 4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para avaliar o efeito de espessura de camada, as médias foram comparadas pelo teste de F adotando o nível de 5% de probabilidade. Modelos de regressão foram testados para avaliar o efeito de dose de fertilizantes utilizando o teste t adotando 5% de probabilidade. Independentemente da interação camada X dose ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse em estudo.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES**

A avaliação da sobrevivência das espécies tratou exclusivamente dos indivíduos introduzidos através de mudas e touceiras provenientes de operações de resgate. Exceto para *Paliavana sericiflora*, a sobrevivência foi de no mínimo 50%, que pode ser considerada boa dada às características do substrato. A maioria das espécies apresentou porcentagem de sobrevivência superior a 69 % (Figura 9).

De acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, não houve diferença significativa entre as médias de sobrevivência das mudas plantadas em função das diferentes espessuras de substrato (Quadro 6). A sobrevivência das plantas também não se correlacionou significativamente ao aumento de doses de fertilizantes, ou seja, não houve efeito dos níveis de adubação sobre a porcentagem de sobrevivência. Isso pode refletir as boas condições das mudas transplantadas e indica que a operação de resgate de flora é uma estratégia eficaz de reabilitação uma vez que as plantas resgatadas têm apresentado índices satisfatórios de sobrevivência. Por outro lado, o curto período de avaliação não permite dizer que a adubação possa vir a refletir no desenvolvimento e sobrevivência destas plantas num período maior.

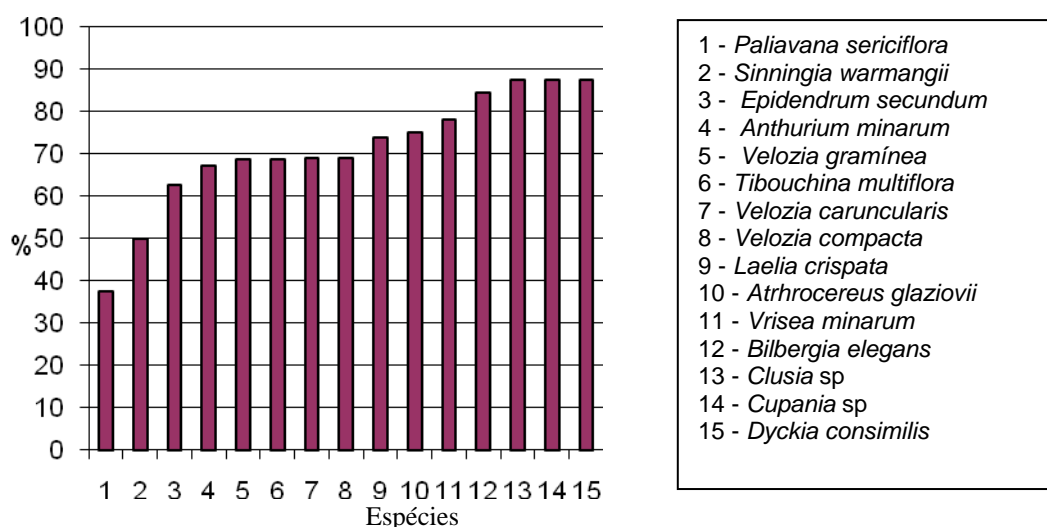


Figura 9 - Percentual de sobrevivência em ordem crescente das espécies provenientes de resgate para todos os tratamentos.

Quadro 6 – Média de sobrevivência das diferentes espécies utilizadas no experimento, em função dos níveis de adubação e da espessura das camadas de cobertura

Níveis de adubação	Sobrevivência †	
	20 cm	40 cm
	----- % -----	
0,0	93 a	92 a
0,3	86 a	92 a
0,6	74 a	78 a
1,0	82 a	82 a

† As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste TUKEY

Em relação à reintrodução no campo, a espécie *Cupania* sp da família Sapindaceae apresentou índice de sobrevivência de 80%. Essa espécie, diferentemente das outras, é proveniente de um capão de mata próxima à área do experimento. Essas áreas com maior cobertura arbórea são comuns no QF e representam regiões de maior acúmulo de solo, água e nutrientes. Os indivíduos introduzidos da família Bromeliaceae apresentaram índice de sobrevivência superior a 75% sendo *Bilbergia elegans* e *Vrisea minarum* endêmicas de Minas Gerais e tipicamente encontradas na canga couraçada do QF (MENDONÇA, 2007). As espécies da família Veloziaceae também apresentaram índices de sobrevivência maior que 70%.



*Tibouchina multiflora* alcançou 69% de sobrevivência à introdução. No campo, essa espécie se desenvolveu bem, apresentando vigor. (Figura 10 G). Jacobi (2008) observou que espécies arbustivas de maior porte foram frequentemente encontradas em associação com plântulas de outras espécies, principalmente orquídeas. Segundo a autora, essas espécies propiciam sombreamento, acúmulo de matéria orgânica e proteção física contra o vento, amenizando as condições ambientais e favorecendo recrutamento e estabelecimento de plântulas.

O cactus *Arthrocereus glaziovii* segundo Taylor e Zappi (2004) é classificado como espécie com alto perigo de extinção por apresentar declínio contínuo em sua área de ocupação devido à atividade das minerações e expansão urbana. No presente trabalho, as plantas da espécie apresentaram índice de 75% de sobrevivência à reintrodução.

As orquídeas *Epidendrum secundum* e *Laelia crispata* apresentaram índices de sobrevivência de 63% e 74%, respectivamente. Em condições de viveiro tem-se observado índices de sobrevivência superiores aos aqui encontrados para ambas as espécies. Em viveiro, as espécies da família Orchidaceae se desenvolvem bem e os resultados de campo podem estar associados à competição com plantas invasoras que promovem densa cobertura reduzindo a luminosidade e elevando a umidade do solo. Isso reforça a necessidade de operações de manutenção para controle destas plantas.

As espécies com menor índice de sobrevivência foram *Paliavana sericiflora* com apenas 38% de sobrevivência (Figura 9 e 10 H) e *Sinningia warmangii*, que apesar de apresentar reservas nutricionais para sua sobrevivência em condições extremas, apresentou 50% de sobrevivência. Logo após o plantio, todos os indivíduos perderam as folhas e entraram em dormência. Após o início das chuvas do final de 2009, metade das plantas rebrotou e cresce bem na área do experimento (Figura 10 I e J)

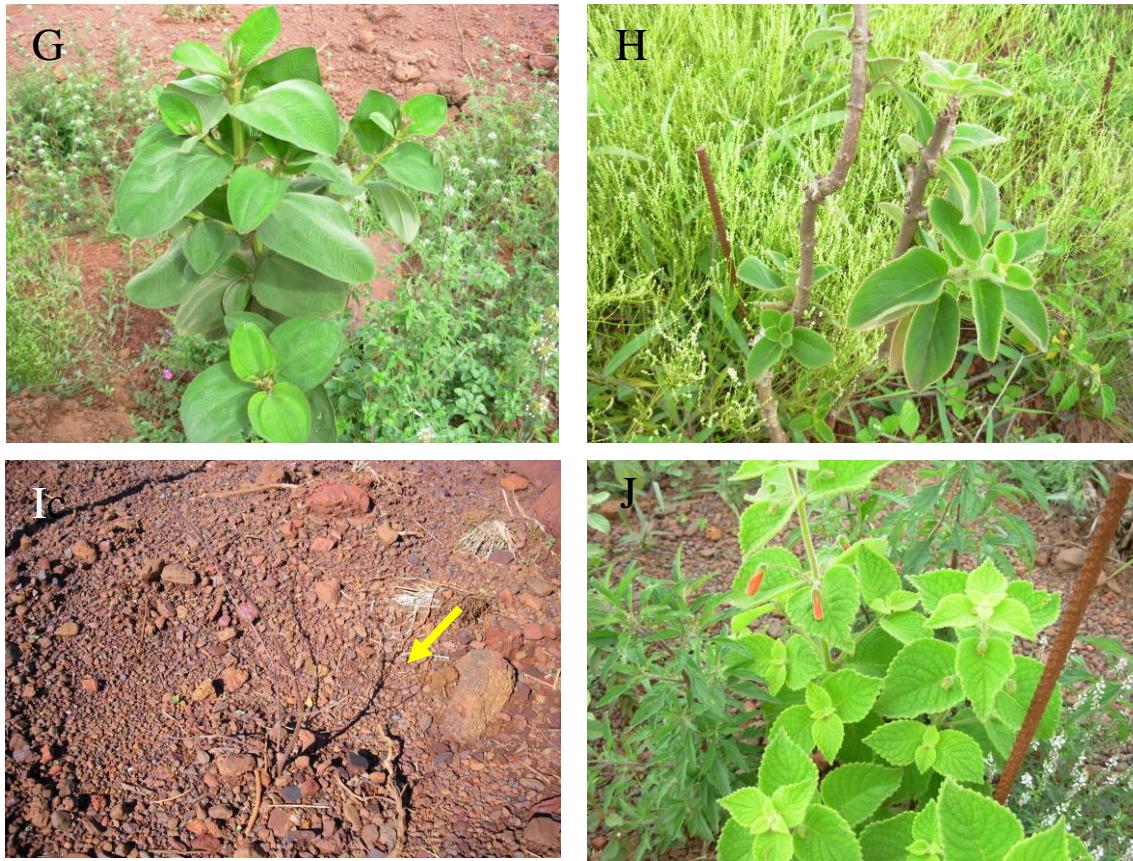


Figura 10 – G) *Tibouchina multiflora*. H) *Paliavana Sericiflora* rebrotando no período chuvoso. I) *Sinningia warmangii* em estado de dormência. J) *Sinningia warmangii* florida após primeiras chuvas.

Os levantamentos fitossociológicos realizados previamente ao resgate da flora podem contribuir para que a reintrodução das plantas siga padrões naturais. Porém, o que se notou em campo foi que o material utilizado como *topsoil*, ao ser raspado da área de frente de lavra, sofreu fragmentação perdendo sua estrutura. Como a distribuição das espécies rupestres no ambiente está relacionada ao grau de fragmentação da rocha, sugere-se que na preparação do terreno sejam criados ambientes diferenciados pela presença de material rochoso e grau de compactação simulando situações naturais, podendo ainda variar a granulometria do material, a quantidade de solos associados Mendonça (2008) enfatiza que o resgate da flora deve ser visto como último recurso, já que é quase sempre mais simples, requer menos conhecimento prévio e menor custo conservar porções significativas de habitats naturais existentes das espécies ao invés de manejá-las. Como alternativa devem ser criadas unidades de conservação (UC) que permitam preservar áreas de canga encouraçada como o Parque Estadual do Rola Moça no QF. Em relação a criação de UC's, ainda existem questões como a determinação da área mínima das unidades (fragmentos) necessária para garantir que a biodiversidade

seja preservada. Trabalhos nesse sentido vêm sendo realizados na mina da VALE em Carajás, mas ainda não foram publicados resultados.

## 5.2. REGENERAÇÃO NATURAL

Tanto o solo quanto as rochas utilizadas para a recomposição do campo ferruginoso foram retirados de áreas de avanço de lavra no entorno da pilha de estéril em áreas ainda não exploradas. A avaliação da regeneração natural tratou exclusivamente das espécies trazidas neste material através de seu banco de sementes ou demais formas de introdução (vetores).

Para a identificação da regeneração natural foi feito um censo em todas as parcelas experimentais (Quadro 7). Foram identificadas 71 espécies, distribuídas em 28 famílias. As famílias mais representativas em número de espécies foram: Poaceae (11), Asteraceae (7), Solanaceae (6) e Euphorbiaceae (5). Na regeneração natural, foram encontradas três espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais: *Ditassa linearis* Mart. e *Sinningia rupicola* (Mart.) Wiehler, incluídas na categoria vulnerável devido à sua distribuição restrita e as pequenas populações sujeitas a grande pressão antrópica e *Calibrachoa elegans* (Miers) Stehmann & Semir uma espécie endêmica da canga do QF classificada pela lista como criticamente em perigo.

Em trabalho de resgate de espécies vegetais dos campos ferruginosos em área da mina Capão Xavier, Mendonça (2007) avaliou as espécies *Mimosa calodendron* Mart., *Sebastiania glandulosa* Pax, *Portulaca hirsutissima* Cambess., *Stachytarpheta glabra* Cham., como não resistentes ao resgate e à translocação. De acordo com a autora, são espécies que sofrem com a cata indiscriminada por apresentarem potencial ornamental. No censo das plantas oriundas do processo de regeneração natural na área do experimento, foi registrada a presença destas espécies indicando seu potencial de uso para reabilitação através da utilização do topsoil. Esta situação sugere a possibilidade de redirecionamento das ações de resgate de flora, considerando a viabilidade e longevidade das sementes e demais propágulos do topsoil.

A colonização das parcelas foi em grande parte decorrente do desenvolvimento das plantas provenientes da regeneração natural. Os resultados foram avaliados pela cobertura vegetal.

Quadro 7 – Censo de espécies identificadas na regeneração natural

FAMILIA / ESPÉCIE	NOME POPULAR	HÁBITO
<b>APIACEAE</b>		
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Funcho	Herbáceo
<b>ASCLEPIADACEAE</b>		
<i>Ditassa linearis</i> Mart		Escandente
<i>Oxypetalum appendiculatum</i> Mart.		Escandente
<i>Oxypetalum minarum</i> E Fourn		Escandente
<b>AMARANTHACEAE</b>		
<i>Amaranthus</i> sp		Arbustivo
<i>Achyrocline satureoides</i> (Lam.) D.C	Marcela	Herbáceo
<i>Ageratum fastigiatum</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.		Herbáceo
<i>Symphopappus brasiliensis</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.		Herbáceo
<b>ASTERACEAE</b>		
<i>Alomya</i> sp.		Arbustivo
<i>Bidens brasiliensis</i> Sherff		Arbustivo
<i>Bidens pilosa</i> L.		Arbustivo
<i>Eupatorium</i> sp		Arbustivo
<i>Gnaphalium</i> sp		Arbustivo
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Serralha	Herbáceo
<i>Vernonia altissima</i> Nutt.		Herbáceo
<b>COMMELINACEAE</b>		
<i>Commelina erecta</i> L.		Escandente
<b>CONVOLVULACEAE</b>		
<i>Evolvulus</i> sp		Herbáceo
<b>CYPERACEAE</b>		
<i>Bulbostylis capilaris</i> C.B.Clarke		Herbáceo
<i>Bulbostylis fimbriata</i> C.B.Clarke		Herbáceo
<i>Cyperus</i> sp		Herbáceo
<b>EUPHORBIACEAE</b>		
<i>Alchornea triplinervea</i> (Sprengel) Müller		Arbórea
<i>Croton migrans</i> Casar.		Arbustivo
<i>Sebastiania glandulosa</i> Pax		Arbustivo
<i>Chamaecyse</i> sp		Herbáceo
<i>Phyllanthus rosellus</i> Müll.Arg.		Herbáceo
<b>FABACEAE</b>		
<i>Mimosa calodendron</i> Mart.		Arbustivo
<i>Mimosa</i> sp		Arbustivo
<i>Erythrina</i> sp		Arbustivo
<i>Zornia diphylla</i> (L.) Pers		Arbustivo
<b>GESNERIACEAE</b>		
<i>Sinningia warmangii</i> (Mart.) Wiehler		Herbáceo
<b>LAMIACEAE</b>		
<i>Eriope macrostachya</i> Mart. ex Benth.		Arbustivo
<b>LYTHRACEAE</b>		
<i>Cuphea</i> sp		Herbáceo

Continua...

Continuação

FAMILIA / ESPÉCIE	NOME POPULAR	HÁBITO
<b>MALPIGHIACEAE</b>		
<i>Peixotoa tomentosa</i> A.Juss.		Escandente
<b>MALVACEAE</b>		
<i>Sida glaziovii</i> K.Schum.		Arbustivo
<b>MYRTACEAE</b>		
<i>Myrcia</i> sp.		Arbustivo
<b>PIPERACEAE</b>		
<i>Peperomia decora</i> Dahlst		Herbáceo
<b>PHYLLANTHACEAE</b>		
<i>Phyllanthus</i> sp.		Herbáceo
<b>PHYTOLACCACEAE</b>		
<i>Microtea paniculata</i> Moq.		Herbáceo
<b>PLANTAGINACEAE</b>		
<i>Plantago major</i> L.		Herbáceo
<b>POACEAE</b>		
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler		Herbáceo
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.		Herbáceo
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka		Herbáceo
<i>Eragrostis bahiensis</i> Roem. & Schult.		Herbáceo
<i>Eragrostis polytricha</i> Nees		Herbáceo
<i>Eragrostis rufescens</i> Roem. & Schult.		Herbáceo
<i>Eragrostis</i> sp		Herbáceo
<i>Panicum sellowii</i> Nees		Herbáceo
<i>Paspalum paniculatum</i> L.		Herbáceo
<i>Sporobolus metallicolor</i> L.		Herbáceo
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster		Herbáceo
<b>POLYGALACEAE</b>		
<i>Polygala paniculata</i> L.		Herbáceo
<b>PORTULACACEAE</b>		
<i>Portulaca hirsutissima</i> Cambess.	Onze horas	Herbáceo
<i>Portulaca mucronata</i> Link.		Herbáceo
<b>RUBIACEAE</b>		
<i>Borreria capitata</i> DC.		Herbáceo
<i>Borreria</i> sp		Herbáceo
<i>Spermacocea</i> sp 1		Herbáceo
<i>Spermacocea</i> sp 2		Herbáceo
<b>SAPINDACEAE</b>		
<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze		Arbustivo
<i>Serjania</i> sp		Escandente
<b>SOLANACEAE</b>		
<i>Calibrachoa elegans</i> (Miers) Stehmann & Semir		Arbustivo
<i>Physalis</i> sp		Herbácea
<i>Schwenkia americana</i> L.		Herbácea
<i>Solanum americanum</i> Mill.		Arbustivo
<i>Solanum palinacanthum</i> Dunal		Arbustivo
<i>Solanum refractifolium</i> Sendtn.		Arbustivo

Continua ...

Continuação

FAMÍLIA / ESPÉCIE	NOME POPULAR	HÁBITO
<b>STERCULIACEAE</b>		
<i>Waltheria indica</i> L.		Herbácea
<i>Waltheria</i> sp		Herbácea
<b>VERBENACEAE</b>		
<i>Lantana fucata</i> Lindl.		Arbustivo
<i>Lippia gracilis</i> Schauer.		Arbustivo
<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	Gervão	Arbustivo
<i>Verbena brasiliensis</i> Vell.		Arbustivo

### 5.3. COBERTURA VEGETAL

O programa QUANT processa imagens digitais e com a aplicação de filtros, contraste e operações entre canais, possibilitou a quantificação da área de cobertura vegetal, conforme exemplificado na Figura 11.

As médias da área de cobertura vegetal em função da espessura da camada de cobertura (canga + *topsoil*) apresentaram diferença significativa para todos os níveis de adubação (Quadro 8, Figura 12). A camada mais espessa de substrato favoreceu o aumento de cobertura vegetal especialmente quando não houve aplicação de fertilizantes (Quadro 8).

Houve aumento da cobertura vegetal em resposta aos níveis de adubação, sendo possível ajustar modelos de regressão para ambas as espessuras de camada de cobertura (Figura 12). Estes resultados, porém, não eliminaram as diferenças causadas pelo efeito da espessura da camada de *topsoil*, observada no tratamento sem aplicação de fertilizantes. As parcelas de 40 cm de espessura sem aplicação de adubação apresentaram cobertura vegetal oito vezes maior que as parcelas com 20 cm de espessura. Este efeito pode estar associado a diferentes fatores, como o favorecimento do crescimento do sistema radicular das plantas, à maior disponibilidade de substrato e, conseqüentemente, de água e nutrientes a ser explorado pelas raízes, à manutenção de umidade e ainda pela maior quantidade de sementes e propágulos contida no volume de material aplicado no capeamento (Figura 13).

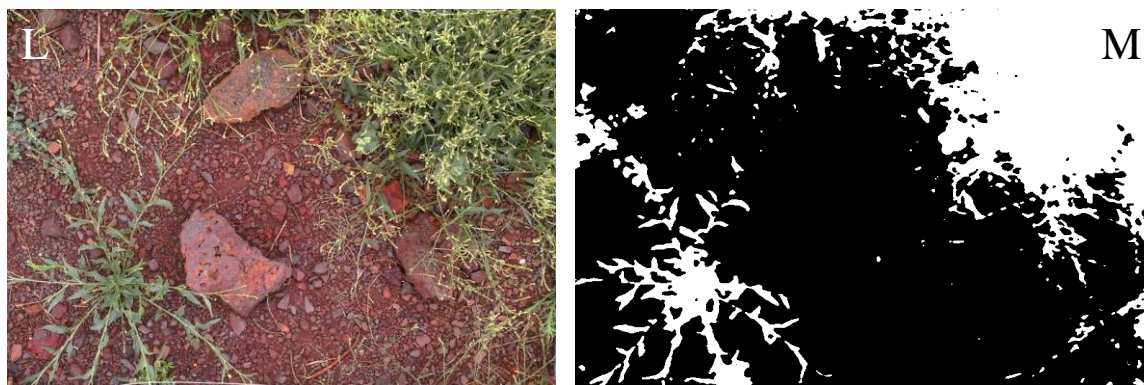


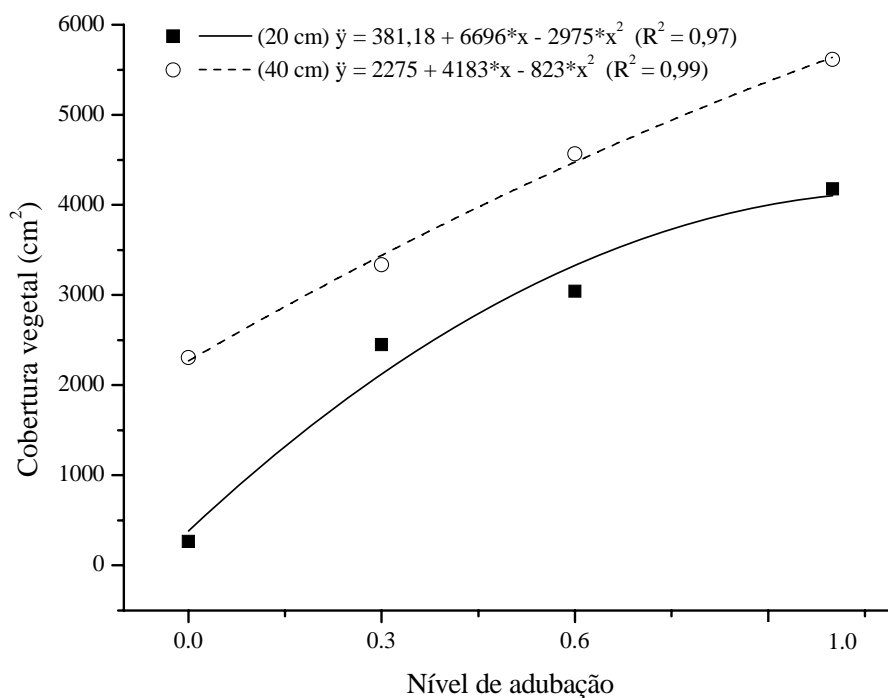
Figura 11 – L) Foto original para quantificação da cobertura vegetal. M) Foto tratada para quantificação da cobertura vegetal.

Quadro 8 – Médias de cobertura vegetal das diferentes parcelas do experimento, em função da espessura da camada de cobertura e dos dos níveis de adubação

Níveis de adubação	Espessura da camada de cobertura (cm)‡	
	20	40
	----- Cobertura vegetal (cm <sup>2</sup> )-----	
0,0	267 b	2306 a
0,3	2450 b	3336 a
0,6	3043 b	4566 a
1,0	4177 b	5615 a

‡As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste TUKEY

A utilização da maior dose de fertilizante nas parcelas com capeamento de espessura de 20 cm provocou cobertura de aproximadamente 4.000 cm<sup>2</sup>, equivalente a 57% da área amostrada. Já para as parcelas com espessura de 40 cm, utilizando-se a mesma dose o valor de cobertura aumenta para aproximadamente 80%.



\* Significativo ao nível 5% de probabilidade

Figura 12 – Cobertura vegetal em função dos níveis de fertilizante aplicados para camadas de recobrimento de 20 e 40 cm.

O ponto de máxima eficiência para cobertura vegetal em capeamento com espessura de 20 cm foi com a dose de adubação correspondente ao nível 1,13. Para capeamento de 40 cm esta dose corresponderia ao nível 2,54 de adubação. Em ambas as situações estes níveis encontram-se fora do espaço experimental, o que indica que os níveis de adubação recomendados para máxima cobertura vegetal são superiores ao maior nível testado. Ou seja, para se ter uma área de cobertura vegetal maior seria necessária à aplicação de quantidades maiores de adubação. O acréscimo de carbono ao sistema é sempre desejável em se tratando de recuperação de ambientes drasticamente degradados, vale ressaltar que para campos ferruginosos não existe evidência de que maior cobertura vegetal resulta em uma reabilitação mais adequada, visto que poderá acarretar competição indesejável entre as plantas. O favorecimento das espécies ruderais pode comprometer a estrutura vegetativa e a diversidade dos campos ferruginosos, levando a uma descaracterização do ambiente. Assim deve-se propor programa de reabilitação que observe esses dois aspectos: cobertura vegetal e diversidade de espécies.



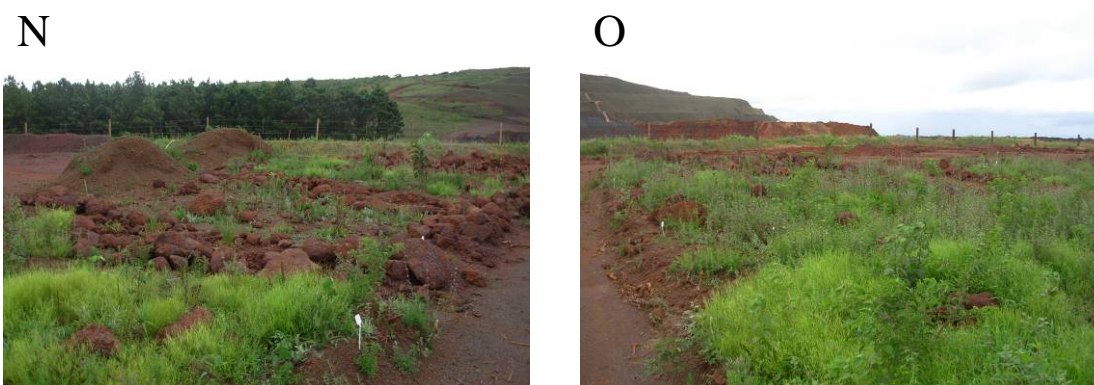
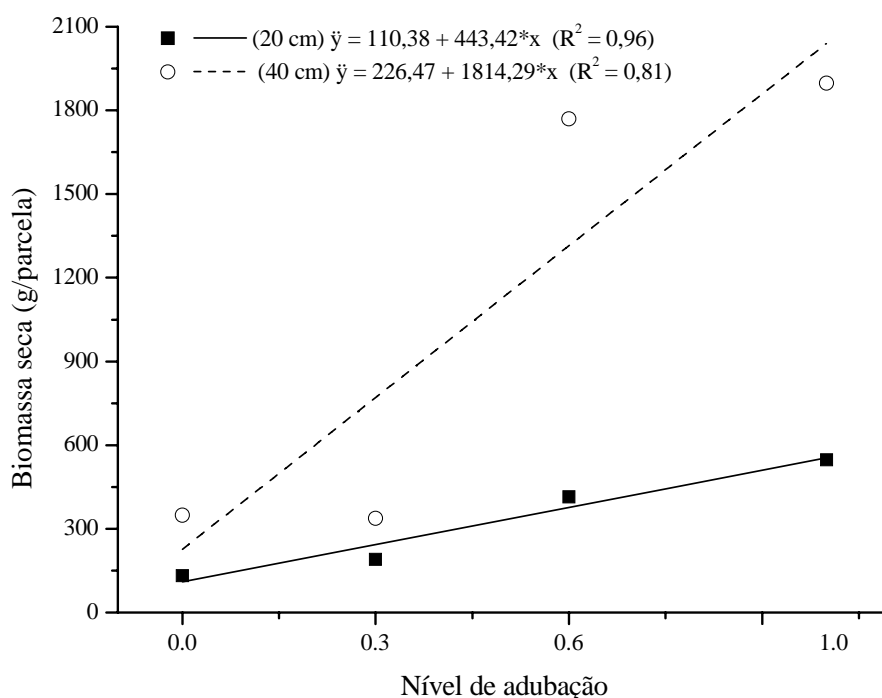


Figura 13 - N) Cobertura vegetal de parcelas com 20 cm de espessura. O) Cobertura vegetal de parcelas com 40 cm de espessura.

Houve aumento da produção da biomassa seca da parte aérea de *Melinis multiflora* em resposta aos níveis de adubação, sendo possível ajustar modelos de regressão linear para ambas as espessuras de camada de cobertura (Figura 14). A área do experimento é circundada por taludes de corte e aterro revegetados por processo convencional de hidrossemeadura, com aplicação de mistura de sementes de várias espécies dentre elas *Melinis minutiflora*. Os substratos expostos nos taludes apresentam características químicas limitantes ao desenvolvimento da vegetação e a aplicação de fertilizantes no material de canga, originalmente pobre, favoreceu a colonização dessa espécie invasora nas parcelas. Mesmo que a competição não tenha se mostrado muito severa sugere-se, com base em observação de campo, que seja feito controle do capim gordura através de capina, evitando sua propagação e a descaracterização da área de campo ferruginoso. Entretanto, deve-se evitar o revolvimento do solo nessa operação para conservar a estrutura vegetativa implantada.

As médias da produção da biomassa da parte aérea de *Melinis multiflora* em função da espessura da camada de cobertura (canga + *topsoil*) apresentaram diferença significativa a partir da dose correspondente ao uso de 60 % da quantidade de fertilizantes recomendada (Quadro 9). A partir dessa dosagem, a maior produção de biomassa do capim gordura pode ser atribuída ao favorecimento do crescimento do sistema radicular das plantas devido à maior disponibilidade água e nutrientes em um volume maior de substrato.



\* Significativo ao nível 5% de probabilidade

Figura 14 – Produção de biomassa seca da parte aérea de *Melinis multiflora* em função dos níveis de fertilizante aplicados às camadas de recobrimento de 20 e 40 cm.

Quadro 9 – Médias de biomassa seca da parte aérea de *Melinis multiflora* das diferentes parcelas do experimento, em função da espessura da camada de cobertura e dos níveis de adubação.

Níveis de adubação	Espessura da camada de cobertura (cm) ‡	
	20	40
	-----Biomassa seca (g parcela <sup>-1</sup> )-----	
0,0	132 a	348 a
0,3	190 a	337 a
0,6	415 b	1770 a
1,0	546 b	1898 a

‡ As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste TUKEY

#### 5.4. ANÁLISE DE CUSTOS

Para efeito comparativo foram avaliados os custos do preparo de um hectare de terreno para implantação de um projeto de reabilitação de campo ferruginoso usando-se capeamento de 20 e 40 cm de espessura sem aplicação de fertilizantes (Quadros 8 e 9). Ainda que os valores utilizados neste cálculo representem custos operacionais médios

praticados no setor, pode-se dizer que a opção pelo uso do capeamento de 40 cm representa um custo aproximadamente 30 % superior ao alcançado no capeamento de 20 cm. Os benefícios associados ao plantio usando-se o capeamento com 40 cm foram evidenciados nos resultados de cobertura vegetal, porém por si só não permitem definir o tratamento ideal. Deve-se considerar cada caso individualmente, em função das particularidades locais como disponibilidade de equipamentos, distância de transporte, volume e qualidade do material de canga disponível.

Quadro 10 - Custo operacional<sup>1/</sup> para a reabilitação de um hectare de campo ferruginoso com espessura de 20 cm de recobrimento<sup>2/</sup>

Operação	Equipamento	Rendimento	Rendimento	Custo	Custo total
		h.ha <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> h <sup>-1</sup>		
	Trator de esteira -				
Decapeamento	D10	22	455	390	8.580
Carregamento	Pá Carregadeira	20	500	190	3.800
	Caminhão				
Transporte	basculante	60	167	180	10.800
Espalhamento	Pá Carregadeira	22	455	190	4.180
Distribuição					
de matacos	Retro escavadeira	22	455	250	5.500
Irrigação	Caminhão Pipa	8	1250	110	880
Total					33.740

<sup>1/</sup> Valores fornecidos pela área financeira da Companhia Vale, Nova Lima-MG.

<sup>2/</sup> Densidade da canga: 3,0 kg dm<sup>-3</sup>. Volume total de decapeamento: 2.000 m<sup>3</sup> ou 6.000 t. Distância média de transporte - DMT: 1.500 m. Produtividade Caminhões: 100 t/h, portanto, seriam necessárias 60 horas. Quantidade de caminhões: 3 unidades.

Quadro 11 - Custo operacional<sup>1/</sup> para a reconstrução de um hectare de campo ferruginoso com espessura de 40 m de recobrimento<sup>2/</sup>

Operação	Equipamento	Rendimento	Rendimento	Custo	Custo total
		h.ha <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> h <sup>-1</sup>		
	Trator de esteira -				
Decapeamento	D10	22	455	390	8.580
Carregamento	Pá Carregadeira	40	250	190	7.600
Transporte	Caminhão basculante	120	83	180	21.600
Espalhamento	Pá Carregadeira	22	455	190	4.180
Distribuição de					
matacos	Retro escavadeira	22	455	250	5.500
Irrigação	Caminhão Pipa	8	1250	110	880
Total					48.340

<sup>1/</sup> Valores fornecidos pela área financeira da Companhia Vale, Nova Lima-MG. <sup>2/</sup> Densidade da canga: 3,0 kg dm<sup>-3</sup>. Volume total de decapeamento: 2.000 m<sup>3</sup> ou 6.000 t. Distância média de transporte - DMT: 1.500 m. Produtividade Caminhões: 100 t/h, portanto, seriam necessárias 60 horas. Quantidade de caminhões: 3 unidades.

## 6. CONCLUSÕES

Os dados obtidos com as avaliações realizadas 10 meses após a instalação do experimento permitem obter as seguintes conclusões iniciais:

1. 73 % das espécies introduzidas no campo apresentou índice de sobrevivência acima de 69 %;
2. A sobrevivência das mudas ou touceiras provenientes do resgate não foi influenciada pelas diferentes espessuras de capeamento testadas e doses de fertilizantes aplicadas.
3. A prática do uso de topsoil em projetos de reabilitação de campos ferruginosos permitiu o ingresso de espécies que apresentam baixos índices de sobrevivência ao resgate como observado para *Mimosa calodendron* Mart., *Sebastiania glandulosa* Pax, *Portulaca hirsutissima* Cambess., *Stachytarpheta glabra* Cham.
4. A aplicação de camada de 40 cm de material de canga proporcionou maior índice de cobertura vegetal, conferido especialmente pelas espécies provenientes da regeneração natural;
5. A operação de remoção de material de canga em frentes de lavra modifica sua estrutura.

6. A utilização de camada de capeamento de 40 cm aumenta o custo final do projeto de reabilitação de campos ferruginosos em aproximadamente 30 % em relação ao capeamento de 20 cm. No entanto, ainda que os resultados apontem melhor resultado de regeneração natural e cobertura vegetal para o uso de capeamento de 40 cm de espessura com dose referente ao nível 1 de adubação, deve-se entender que os demais tratamentos testados favoreceram o desenvolvimento de outros arranjos ambientais estabelecendo uma situação de mosaico muito comum nos campos naturais.

## 7. RECOMENDAÇÕES

1. A continuidade da pesquisa para a avaliação dos tratamentos e interpretação dos resultados a longo prazo, em especial com relação a:
  - efeito da adubação sobre o crescimento e vigor das plantas;
  - identificação de relações de competição entre plantas ruderais e rupícolas e propostas de manejo;
  - acompanhamento florístico e fitossociológico dos novos ambientes estabelecidos.
2. Nos programas de reabilitação de campos ferruginosos, recomenda-se:
  - estabelecer mosaico de ambientes variando, além da espessura do capeamento, o grau de compactação do terreno, a granulometria do material, a quantidade de solos associados e o posicionamento de blocos de pedra (matacos);
  - Realizar levantamentos florísticos e fitossociológicos nas áreas de frente de lavra, bem como levantamentos de solos, para posterior utilização desses resultados como base para recomendação de práticas de manejo edáficas e de plantio relacionadas a composição do ambiente.
  - Para determinar a abordagem de reabilitação a ser adotada, considerar conjunto de fatores e referentes à disponibilidade de equipamentos, distância de transporte entre área de decapeamento e área ser reabilitada, volume e qualidade do material de canga disponível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do São Francisco. **Rev. Bras. Geoc.**, São Paulo, v.7, p.349-363, 1977.

ALVES, R.J.V. & KOLBEK, J. 1994. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil. **Vegetation** 113: 125-139.

ANTUNES, F. Z. 1986. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário** 12: 9-13.

BARTHLOTT, W., GROGER, A. & POREMBSKI, S. 1993. Some Remarks on the Vegetation of tropical Inselbergs: Diversity and Ecological Differentiation. **Biogéographica** 69: 105-124.

BARTHLOTT, W., LAUER, W. & PLACKE, A. 1996. Global distribution of species diversity in vascular plants: towards a world map of Phytodiversity. **Erdkunde** 50: 317-327.

BEKKER, R.M.; SCHAMINEE, J.H.J.; BAKKER, J.P.; THOMPSON, K. 1998. Seed bank characteristics of Dutch plant communities. **Acta Botanica Neerlandica**, v.47, n.1, p.15-26.

BRADE, A. C. 1956. A Flora do Parque Nacional do Itatiaia, **Boletim do PNI**, n.5.

BURKE, A. 2003. Inselbergs in a changing world - global trends. **Diversity and Distributions**, v.9, n.5, p.375-383.

BURKE, A.; LAUER, W. & PLACKE, A. 1996. Global distribution of species diversity in vascular plants: towards a world map of Phytodiversity. **Erdkunde** 50: 317-327.

CÂMARA, T.; MURTA, R. 2007. **Quadrilátero Ferrífero: biodiversidade protegida-CVRD**. Belo Horizonte. 199p.

CASTRO, P. de T.A. 2008. Cangas: A influência da geodiversidade na biodiversidade. **In: I Simpósio afloramentos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero: Biodiversidade, conservação e perspectivas de sustentabilidade**. Belo Horizonte. **Anais..** p. 30-51

CHEMALE, Jr. et al. 1987. Economic and structural geology of the Itabira Iron District, Minas Gerais, Brazil. **Zbl. Geol. Paläntol.**, VI: 743-752

CHEMALE Jr., F.; ROSIÈRE, C.A.; Endo, I. 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Precambrian Research**, Amsterdam, v.65, p.25-54.

COSTA, C. M. R. et al. 1998. **Biodiversidade em Minas Gerais – Um atlas para sua conservação**. 1ª ed. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas. 237p.

COSTA, S. A. D. 2003. **Caracterização química, física, mineralógica e classificação de solos ricos em ferro do Quadrilátero Ferrífero**. Universidade Federal de Viçosa, MG. 71p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas).

CURI, N. 1983. **Lithosequence and toposequence of oxisols from Goiás and Minas Gerais States, Brazil**. West Lafayette, Purdue University. 158p. (Tese Ph.D.)

DEFELIPO, B. V; RIBEIRO, A.C. 1997. Análise Química do Solo, metodologia. 2ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 26p.

DORR, J. V. N. II. 1964. Supergene iron ores of Minas Gerais, Brazil. **Econ. Geol.**, 59 (7): 1203 - 1240.

DORR, J.V.N. 1965. Nature and origin of the high-grade hematite ores of Minas Gerais, Brazil. **Econ. Geology**, v. 60, p. 1-46.

DORR, J. V. N. II. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.**, 641-A: 110p. 1969.

DRUMMOND, G.M. et al. 2005. **Biodiversidade em Minas Gerais - Um Atlas para Sua Conservação**. 2ª ed. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas. 222 p.

EIJSACKER, H. 1998. Soil quality assessment in an international perspective: generic and land-use based quality standards. **Ambio**, 27(1): 70-77.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2º ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 306 p.

ESTUDO DE GESTÃO AMBIENTAL TERRITORIAL DA BACIA DO ALTO VELHAS E ALTO PARAÓPEBA – GAT. 2009. VALE. **Relatório**. Belo Horizonte.

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL DE CAPÃO XAVIER – EIA, 2002. EcoLab-MBR. **Relatório**. Belo Horizonte.

FALESI, I. C. 1986. O ambiente edáfico. **In**: Alemida, J.M.G. (org). Carajás: Desafio político, ecologia e desenvolvimento. Editora Brasiliensis-CNPQ, São Paulo. p.125-155

FONTES, M.P.F. 1991. Iron oxides in selected Brazilian Oxisols: I. Mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**, 55, 1143\_1149.,

GERMANI, D. J. 2002. **A mineração no Brasil**. Relatório ao Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento, Ministério da Ciência e Tecnologia. 59p.

GIULIETTI, A.M., PIRANI, J.R. & HARLEY, R.M. 1997. Espinhaço Range region. In Davis S.D., Heywood V.H., Herrera-MacBryde O. & Villa-Lobos J. (eds.) *Centers of plant diversity. A guide and strategy for their conservation Vol. 3. The Americas*. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. Washington, p. 397-404.



GIULIETTI, A.M. et al. 2000. Caracterização e endemismos nos campos rupestres da cadeia do espinhaço In: Cavalcanti, T. B. & Walter, B. M. T. **Tópicos atuais em botânica**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Sociedade Botânica do Brasil, Brasília. Pp. 311-318

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. 2008. **Informações e Análises da economia mineral brasileira** 4<sup>o</sup> Ed., Brasília. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/>> Acesso em 12 jan. 2010.

JACOBI, C. M. et al. 2007. Plant communities on ironstone outcrops – a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**. v.16, n.7, p.2185-2200.

JACOBI, C. M.; Carmo, F.F. 2008. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Megadiversidade** (no prelo).

JACOBI, C. M.. 2008. Afloramentos ferruginosos: Um ecossistema diverso e ameaçado. In: I Simpósio afloramentos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero: Biodiversidade, conservação e perspectivas de sustentabilidade. Belo Horizonte. **Anais..** p. 2-14.

KER, J.C. 1998. Latossolos do Brasil: Uma revisão. **Geonomos**, 5: 17-40.

LEDRU, M.-P. et al.1996. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. **Palaeog., Palaeoecol., Palaeoecol.**,123:239-257,.

LOPES, L. M. et al. 1988. **Roteiro geomorfológico do trajeto Viçosa-Cachoeira do Campo-Ouro Preto-Belo Horizonte-Sete Lagoas-MG..** (Apostila).

MACHADO, N., et al. 1992. U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Craton, Brazil. **Geological Society of America Bulletin**, 104: 1221-1227.

MARTINELLI, G., BANDEIRA, J., BRAGANÇA J. O. 1989. **Campos de Altitude. Rio de Janeiro**, Ed. Index.

MEIRELLES, S.T.; PIVELLO, V.R. & JOLY, C.A.1999. The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. **Environmental Conservation** 26: 10-20.

MENDONÇA, M. P. & LINS, L.V. (Orgs.). 2000. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte. 160p.

MENDONÇA, M. P.; SANTOS, F.M.G.; ARRUDA, L.J. 2007. Resgate de espécies vegetais dos campos ferruginosos em área de mineração - Mina de Minério de Ferro Capão Xavier, Nova Lima, MG. In: Tânia Sampaio Pereira, Maria Lúcia Nova da Costa & Peter Wyse Jackson (orgs.). **Recuperando o verde para as cidades: a experiência dos jardins botânicos brasileiros**. Rio de Janeiro: Rede Brasileira de Jardins

Botânicos; Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro; Botanic Gardens Conservation International, p. 99-118.

MENDONÇA, M. P.. 2008. Flora da canga: Conservação *Ex Situ* In: I Simpósio afloramentos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero: Biodiversidade, conservação e perspectivas de sustentabilidade. Belo Horizonte,. **Anais..** p. 94-102.

MONITORAMENTO DA FLORA DE CANGA FERRUGINOSA-PROJETO CAPÃO XAVIER. 2009. Gheosfera-VALE. **Relatório**. Belo Horizonte.

MOURÃO, M.A.A. 2007. **Caracterização hidrogeológica do aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG**. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 297f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos).

NOCE, C.M. 1995. **Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos da região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP, São Paulo. 128 f. (Tese de Doutorado).

PEREIRA, T.S.; COSTA, M.L.M.N. & JACKSON, P.W. (orgs). 2004. **Plano de ação para os jardins botânicos brasileiros**. Rio de Janeiro: RBJB, JBRJ, BGCI. 44p.

POREMBSKI, S.; MARTINELLI, R.; OHLEMULLER, R. & BARTHLOTT, W. 1994. Vegetation of rock outcrops in Guinea: granite inselbergs, sandstone table mountains, and ferricretes - remarks on species numbers and endemism. **Flora** 189: 315-326.

POREMBSKI, S.; Barthlott, W. 2000. Granitic and gneissic outcrop (Inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants. **Plant Ecology** 151: 19-28.

RELATÓRIO DE RESGATE DE FLORA. EXPANSÃO DA CAVA DO SAPECADO NORTE, MINA DO PICO. 2008. **Relatório**. Nicho Engenheiros Consultores.

RESENDE, M.; SANTANA, D.P.; REZENDE, S.B. 1988. Susceptibilidade magnética em Latossolos do sudeste e sul do Brasil. In: Reunião de classificação, correlação de solos e interpretação de aptidão agrícola, 3, Rio de Janeiro, 1988. **Anais...** Rio de Janeiro, EMBRAPA - SNLCS/SBCS,. p. 233-258.

RIZZINI, C. T. 1979. **Tratado de fitogeografia do Brasil. Aspectos sociológicos e florísticos**. HUCITEC/EDUSP, São Paulo, 374p.

ROSIÈRE, C. A. 1983. A recristalização do minério de ferro da jazida do Pico de Itabirito no Quadrilátero Ferrífero, MG e suas implicações genéticas. In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais. **Anais...** Belo Horizonte, SBG/Núcleo Minas Gerais,. p. 173-186.

ROSIÈRE, C. A.; CHEMALE Jr. 2000. Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero – Uma visão geral e discussão. **Geonomos**, 8 (2): 27-43.

RUIZ, H. A. 2002. Métodos de análises físicas do solo. Viçosa, UFV/DPS. (**Notas de aula**). 22p.

RUIZ, H.A. 2005a. Dispersão física do solo para análises granulométrica por agitação lenta. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais**. Recife, SCBS, CD-ROM

RUIZ, H. A. 2005b. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte+argila). **R. Bras. Ci. Solo**, 29: 297-300

SECCO, R. S & MESQUITA, A. I. 1983. Notas sobre a vegetação de canga na Serra Norte - **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica** 59: 1-13.

SCHAEFER, C.E.G.R. et al. 2008. Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Simpósio Afloramentos Ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero : Biodiversidade, Conservação e Perspectivas de Sustentabilidade. Belo Horizonte. **Anais..** p109-121.

SILVA, M. F. F. 1991. Análise florística da vegetação que cresce sobre canga hematítica em Carajás - Pará (Brasil). **Boletim do Museu paraense**

SISTEMA DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS. 2009. APA Sul-BH. Disponível em: <<http://www.simge.mg.gov.br/img/incendio/apasul.html>> Acesso em 13 jan 2010.

STEHMANN, J.R., SEMIR, J. 2001. Biologia reprodutiva de *Calibrachoa elegans* (Miers) Stehmann & Semir (Solanaceae). **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo. V.24 n.1 p 43-49.

STEHMANN, J.R. & OLIVEIRA, A.M. 2007. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais. **Rodriguesia** 58: 775-786.

STÖCKLIN, J. & FISCHER, M. 1999. Plants with longerlived seeds have lower local extinction rates in grassland remnants 1950-1985. **Oecologia** 120: 539-543.

TAYLOR, N. P. & ZAPPI, D. C. 2004. Cacti of Eastern Brazil. Royal Botanic Gardens, Kew. Richmond, Inglaterra 520p.

VIANA, P.L. & LOMBARDI, J.A. 2007. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguesia** 58: 159-177.

VIANA, P.L. 2008. A flora dos campos rupestres sobre canga no quadrilátero ferrífero. In: I Simpósio afloramentos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero: Biodiversidade, conservação e perspectivas de sustentabilidade. Belo Horizonte. **Anais..** p. 15-29

VINCENT, R. C. et al.2002. Diversidade na adversidade. **Ciência Hoje**, 31 (185): 64-67.

VINCENT, R. C. 2004. **Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em áreas de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Universidade de São Paulo. (Tese de doutorado) 145p.

## APÊNDICE

Tabela 1- Resumo da análise de variância de sobrevivência, cobertura vegetal e matéria seca das parcelas do experimento submetidas a doses crescentes de adubação.

FV	G.L	Sobrevivência	Cobertura Vegetal	Matéria Seca
Bloco	3	45,00	1204826	87276,47
Camada	1	60,50*	1750528*	4709402*
Erro a	3	5,666667	686037,2	44640,73
Dose	3	432,50*	1862645*	2209412*
C x D	3	12,16667*	421441,2 <sup>NS</sup>	916880,2
Resíduo (b)	18	132,7222	401825,3	56310,04*
C.V (%)		13,34	19,662	33,67

\* Significativo ao nível 5% de probabilidade

NS – Não significativo

## **ANEXO**

## FOTOS



Foto 19. Final do plantio (05/02/2009).



Foto 20. Aos dez meses do plantio (30/10/2009).



Foto 21. Cobertura vegetal de parcelas com 20 cm de camada de capeamento.



Foto 22. Cobertura vegetal de parcelas com 40 cm de camada de capeamento.



Foto 23. Cobertura vegetal de parcelas com 20 cm de camada de capeamento sem o uso de fertilizantes.



Foto 24. Cobertura vegetal de parcelas com 40 cm de camada de capeamento sem o uso de fertilizantes.

FOTOS



*Arthrocerus glaziovii*



*Oxypetalum appendiculatum*



*Stachytarpheta glabra*



*Anthurium minarum*



*Portulaca hirsutissima*



*Calibrachoa elegans*