

# FACULDADE DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

# Análise do Processo de Formação e Recuperação Natural do Solo em um Ambiente Degradado no Parque Nacional de Brasília - DF

Estudante: Dianne Andressa O. Santos

Matrícula: 07/45812

Orientador: Prof. Dr. Alcides Gatto

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília – DF

Dezembro de 2011

# UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA FACULDADE DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

# Análise do Processo de Formação e Recuperação Natural do Solo em um Ambiente Degradado no Parque Nacional de Brasília - DF

Dianne Andressa O. Santos

Matrícula: 07/45812

Menção:

Aprovado pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alcides Gatto

Orientador

Prof. Éder Pereira Miguel

Examinador

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Examinador

Dedico este trabalho à minha querida mãe, a quem eu reconheço todo esforço e dedicação na minha educação, e ao meu pai, a que sempre me apoiou e guiou os meus passos.

#### Agradecimentos

À minha mãe pela compreensão e amor.

Ao meu pai pelo valor em transmitir seus conhecimentos, e pelos ensinamentos essenciais que despertaram meu gosto pela leitura.

Aos meus irmãos pelo companheirismo e apoio em todos os períodos na Universidade.

Ao professor, Alcides, pela sabedoria e dedicação que tanto impulsionou esta pesquisa.

Aos amigos, companheiros de estudos, pelos momentos mais divertidos nos anos de graduação.

#### Resumo

Com o decorrer do tempo, alguns fatores ativos de formação do solo como clima e organismos vivos interferem no material de origem (rocha matriz) com potencial de transformação desse substrato em solo. Dessa forma ao avaliar as características no processo de formação, é possível obter dados na literatura a respeito dos solos mais profundos serem mais intemperizados do que os solos superficiais, afinal, os fatores ativos atuam de cima para baixo, e neste desenvolvimento ocorrem reações químicas, físicas e biológicas que resultam nos diferentes horizontes com suas as características peculiares. Outra característica associada ao processo de pedogênese é o determinante tempo, em que está diretamente relacionado aos processos de erosão. O presente trabalho tem como objetivo o estudo dos fatores atuantes que contribuem ou limitam no processo de formação do solo em área degradada localizada no interior do Parque Nacional de Brasília. A análise e classificação dos solos foram elaboradas por meio da verificação in loco da área degrada. Procedeu-se o georeferencimanto e medição da área com GPS, a coleta da manta orgânica e de amostras de solos para fins de avaliação da fertilidade, textura e densidade do solo. Foram realizados registros fotográficos para caracterização e descrição da situação atual, destacando a presença de solo exposto, sem qualquer tipo de vegetação, em praticamente em toda área degradada. Os resultados demonstraram que o grau de compactação do solo na área degrada é superior ao da mata nativa. Além disso, os resultados deste estudo relacionados à produção de serrapilheira indicam uma baixa disponibilidade deste material e consequentemente uma menor disponibilidade de matéria orgânica. Apesar da área degradada estar inserida em uma Unidade de Conservação margeada por Cerrado protegido e, portanto, com um alto potencial de dispersão de semente, fluxo gênico de animais e plantas, isto não foi suficiente, até o presente momento, após mais 50 anos de exploração da área como empréstimo de material permitir a revegetação indicando que a retirada dos horizontes superficiais degrada as propriedades físico-químicas do solo e limita o processo de regeneração natural.

Palavras-chave: área degradada; cerrado nativo; formação do solo; horizontes superficiais; revegetação natural.

#### **Abstract**

As time goes by, several active factors such as climate and organisms interfere in the source material (parent rock) with potential for transforming this substrate in soil. Thus, when assessing the characteristics of the formation process, it is possible to obtain data in literature regarding the most profound soils being more weathered than the superficial soils, after all, the active factors take effect from top to bottom, and during this development process occur chemical, mechanical and biological reactions which result in the different horizons, with its peculiar characteristics. Another characteristic associated to the pedogenesis is the determinant time, which is directly related to the erosion processes. This paper aims to study the acting factors that limit or contribute to the process of soil formation in degraded area inside Parque Nacional of Brasília, and based on this data it will be possible to make inferences with the remodeling of landscape. The analysis and classification of soils were done through a verification on the spot of the degraded area. Georeferencing and measuring the area were made with the use of a GPS, collection of the organic layer and soil samples to evaluate the fertility and density of the soil. Photographic records were obtained for characterizing and describing the current situation, highlighting the presence of exposed soil, without any kind of vegetation, virtually in all degraded area. The results showed that the intensity of soil compaction in the degraded area is higher than in the native forest. Moreover, the results of this case study related to the production of litterfall showed a low availability of this material and as consequence, a reduced availability of organic matter. Despite the fact that the degraded area is inside a Unit of Conservation lined by protected Cerrado, which presents a great potential of seeds dispersal, gene flow of animals and plants, until this day it was not sufficient to allow the revegetation of the area, indicating after more 50 years of exploration of the area as a material loan which degrades the physico-chemical properties of the soil and limits the natural process of regeneration.

Keywords: degraded area; natural cerrado; soil formation; superficial horizons; natural revegetation.

# **SUMÁRIO**

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	OBJETIVOS	11
2.1.	. Objetivos Específicos	11
3.	JUSTIFICATIVA	11
4.	PROBLEMAS E QUESTÕES DE PESQUISA	12
5.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
5.1.	. Fatores de Formação do Solo e Pedogênese	12
5.2.	. Propriedades Físicos-hídricas do Solo de Áreas Degradadas	14
5.3.	. Conceito de Recuperação de Áreas Degradadas	17
5.4.	. Legislação Aplicada à Recuperação de Áreas Degradadas	19
5.5.	. Caracterização e Classificação do Solo e do Horizonte	21
6.	MATERIAIS E MÉTODOS	22
6.1.	. Localização da Área de Estudo	22
6.2.	. Caracterização da Área de Estudo	23
6.3.	. Trabalho de Campo	27
6.3.	.1. Caracterização e Classificação do Solo e do Horizonte	27
6.3.	2. Densidade do Solo	28
6.3.	.3. Caracterização da Serrapilheira	29
6.3.	.4. Quantificação das Primeiras Espécies na Colonização da Área	29
6.3.	.5. Medição da Área	30
6.3.	.6. Análise Fotográfica	31
7.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
7.1.	. Caracterização Química	31
7.2.	. Caracterização Física	34
7.3.	. Quantificação da Vegetação e Produção de Serrapilheira	36
8.	CONCLUSÕES	36
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
AN]	ÉXO - ANÁLISE FOTOGRÁFICA	42
1. Á	Área Degradada	45
2 0	Perrado Nativo	13

# ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

Figura 1. Mapa de solos do Parque Nacional de Brasília – Distrito Federal22
Figura 2. Mapa de localização do Parque Nacional de Brasília. Fonte: Parque (mapa ambiental do Distrito Federal 2006); Sistema viário, hidrográfico e limite do DF (SITURB).
Figura 3. Mapa de altitude do Parque Nacional de Brasília
Figura 4. Mapa de vegetação do Parque Nacional de Brasília, apresentando áreas de solo exposto.
Figura 5. Vista parcial da área degradada, praticamente sem qualquer vegetação e presença das marcas de pneus de tratores que trafegaram na área
Figura 6. Imagem de satélite Geoeye indicando a barragem Santa Maria e a área de estudo no Parque Nacional de Brasília
Figura 7. Triangulo textural: classes de textura da fração terra fina
Figura 8. Vista parcial da superfície exposta da área degradada30
Tabela 1. Resultados da análise química do solo a 0-20 cm de profundidade, da área de vegetação nativa de Cerrado e da área degradada do Parque Nacional de Brasília32
Figuras 9. Vista Parcial da área degradada (A e B), horizonte Cr exposto sob a área degradada (C e D), primeiros indivíduos durante a regeneração natural (E e F)42
Figuras 10. Vista Parcial da área do Cerrado Nativo (G, H, I e J)43

#### 1. INTRODUÇÃO

Ao atuar sobre o sistema ambiental, o processo de degradação dos solos associado à intensidade e duração do impacto e da capacidade de retorno do sistema, a recuperação do ambiente poderá vir a ocorrer de forma natural ou através de intervenções antrópicas. No caso em que perturbações naturais (queda de árvores, fogo, vento etc.) causem alguma degradação no solo e a vegetação, as espécies pioneiras são as primeiras a se estabelecer de forma natural no ambiente perturbado, dando condições às demais espécies (intermediárias e clímax). Este processo natural chamado de sucessão ecológica mostra a resiliência do sistema se autorecuperar da degradação sofrida. Porém, a perda da camada superficial do solo associada com a sua importância nas características físicas, químicas e biológicas, se torna mais séria ao se retirar parte considerável dos nutrientes e da matéria orgânica, fundamentais para a manutenção do ambiente.

Nas situações em que a ação antrópica contribui de forma a impedir a perda das camadas superficiais do solo, controlando a erosão, algumas técnicas podem ser aplicadas para reduzir o escoamento superficial das águas através da construção de terraços, faixas de vegetação permanente, disposição racional dos carreadores, controle de voçorocas, entre outros. Todas estas técnicas são baseadas no princípio de redução de concentração e da velocidade de escoamento superficial, o que favorece a sua infiltração de água e diminui a sua capacidade de transporte de sedimentos (Martins, 1996).

Considerando o caso em que após a supressão da vegetação e a retirada do solo superficial, pode apresentar um cenário de degradação mais intensa, confirma-se o princípio de que o ponto comum é a perda de matéria orgânica, drástica redução da atividade biológica, desestruturação e compactação do solo e aceleração de processos erosivos (Dias et al, 2007).

Dessa forma, as ações que venham a auxiliar na recuperação de uma área degredada, podem ser definidas como atividades desenvolvidas com o propósito de restabelecer o equilíbrio do ecossistema e a sustentabilidade anteriores às práticas de degradação (Dias & Griffith, 1998).

Neste contexto, antes mesmo de fazer o plantio de mudas para revegetar a área alterada, faz-se necessária a melhoria das propriedades físico-químicas do solo, em geral com a aplicação de corretivos da acidez do solo, adubos orgânicos e fertilizantes minerais para elevar o teor de matéria orgânica e a fertilidade. Portanto, um dos focos principais na recuperação de um ambiente degradado é na reabilitação do substrato, permitindo, assim,

no retorno da área à mesma função ecológica realizado pelo solo em sistemas naturais e em equilíbrio. Por outro lado, para que a regeneração natural ocorra e que se permita o estabelecimento de diversas espécies, é necessário que as mesmas criem condições de microclima e substrato ideal (Campello, 1998).

No processo de transformação de um substrato degradado em solo que permita o crescimento das plantas e suas raízes, é importante considerar maneiras de adicionar carbono (C) ao sistema. De forma a restabelecer condições às atividades biológicas, na estruturação das partículas do solo (areia, silte e argila) e auxiliar na capacidade de retenção de água. Outro aspecto, é a aceleração dos processos erosivos originados pela perda da camada superficial do solo, e como conseqüência a exposição de um horizonte com baixa estruturação e, além disso contribui para o desenvolvimento de uma camada compacta de materiais transportados por percolação e lixiviação. Dessa maneira, consolida-se um ambiente desfavorável à fixação da vegetação, e assim comprometendo na ciclagem de C e nutrientes ao sistema.

Apesar do elevado número de áreas de empréstimo de solo e material de cascalho exploradas no Distrito Federal, desde o inicio da construção da Capital Federal, poucas áreas de fato foram recuperadas. Como agravante as soluções técnicas para recuperar essas áreas, esbarram na falta de metodologias adequadas e sem condições ecológicas, econômicas e sociais nas diferentes regiões do país. No entanto no art. 225 da Constituição de 1988 define:

[...] aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

Na respectiva área de estudo fatores envolvendo a interferências antrópicas na tentativa de recuperação da área, como o revolvimento do solo, aplicação de matéria orgânica, adubos, mudas nativas entre outras técnicas aplicadas para acelerar o processo de regeneração do local, pode implicar em resultados pontuais que não expressam a realidade da área.

O presente estudo buscou a realização de um diagnóstico local do processo de degradação e recuperação dos solos numa antiga área de empréstimo de cascalho para construção civil, explorada entre 1957 e 1961, localizada no Parque Nacional de Brasília. Os resultados deste estudo indicam que, decorridos mais de 50 anos da desativação da exploração mineral, a superfície do solo ainda encontra-se compactado.

#### 2. OBJETIVOS

Este trabalho é um estudo de caso, que visa identificar as características do solo mais atuantes na recuperação de áreas degradadas, e que apresentam como fator limitante no estabelecimento da vegetação natural, em função da degradação das propriedades físico-químicas do solo.

#### 2.1. Objetivos Específicos

- Verificar a capacidade da propagação vegetativa entre as áreas de mata nativa e a área degradada.
- Comparar a densidade e o grau de compactação a fim de analisar o crescimento radicular nas respectivas áreas de mata nativa e área degradada.
- Quantificar a serrapilheira e matéria orgânica no solo como modo de avaliar a produtividade biológica.
- Analisar e comparar a fertilidade do solo nas duas áreas, como forma de serem indicadores da qualidade do solo.
- Quantificar e identificar espécies pioneiras em uma parcela na área degradada, a fim de obter informações sobre a recomposição natural do local.

#### 3. JUSTIFICATIVA

As Unidades de Conservação (UC) consiste em espaços territoriais com características naturais relevantes, sendo legalmente instituído pelo poder público, requerendo medidas para conservação dos ecossistemas e outros atributos nele inseridos, com o mínimo de impacto humano. O Parque Nacional é uma das categorias de UC de proteção integral. Dessa forma, a proteção da biodiversidade vegetal do cerrado, especialmente em áreas protegidas como Parques Nacionais e outras UC, será mais eficiente se técnicas de conservação e recuperação dos solos forem desenvolvidas. Tais técnicas poderão auxiliar no desenvolvimento a longo prazo de um plano de recuperação e manejo das áreas do parque, acelerando assim o processo de sucessão ecológica e recomposição vegetal. Deste modo ao se avaliar um programa de recuperação de áreas degradas, é recomendável analisar não apenas o crescimento e o vigor das plantas como também as condições superficiais do solo devem ser consideradas a fim de condicionar um ambiente adequado para o crescimento vegetativo.

#### 4. PROBLEMAS E QUESTÕES DE PESQUISA

Algumas áreas no Distrito Federal foram intensivamente exploradas como parte do processo de expansão urbana, destacando-se as áreas de empréstimo de material construtivo. No Parque Nacional de Brasília várias áreas foram utilizadas para este fim em décadas anteriores e abandonadas até o presente. Apesar de a área degradada estudada estar inserida em uma Unidade de Conservação, sendo o respectivo local margeado por Cerrado protegido, estas áreas de empréstimo ainda se encontram desprovidas de vegetação.

A partir dessas informações e diante dos problemas técnicos apresentados, é possível indicar uma relação com alto índice de propagação vegetativa e fluxo gênico entre o Cerrado nativo e a área degrada, através de sementes e propágulos que são facilmente transportados por animais silvestres, ventos, chuva entre outros? Existe alguma relação com a ausência de um substrato adequado no comprometimento da germinação de sementes e do crescimento das mudas? Será possível realizar inferências da produção de serrapilheira na mata nativa em comparação com a área degrada?

#### 5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 5.1. Fatores de Formação do Solo e Pedogênese

São cinco os fatores principais de formação do solo: clima, organismos, material de origem, relevo e tempo. O clima e os organismos vivos atuam como forças ativas sobre o material de origem, enquanto que o relevo age como força de resistência ao desenvolvimento do solo. Deve-se salientar que a velocidade de desenvolvimento do solo depende da relação entre os fatores ativos e os de resistência dos materiais de origem em sofrerem ação do intemperismo químico e físico. Durante o processo de desenvolvimento do solo, ações de desintegração como a intemperização física e química da rocha matriz ocorrem concomitantemente às ações de síntese de solo. Ou seja, em condições naturais a velocidade de formação dos solos ou pedogênse equivale à taxa de destruição ou erosão natural (Gonçalves, 2002).

Durante a gênese de formação de solos, ele evolui no tempo iniciando como solo jovem ou imaturo (Neossolo e Cambissolo) para um solo maduro (Latossolo e Argissolo) e posteriormente para um solo velho ou altamente intemperizados (Latossolo). Os principais fatores que retardam o desenvolvimento do solo são: clima seco e frio; cobertura vegetal formada por gramíneas; material de origem impermeável; e relevo acidentado. Porém, os fatores que contribuem para o desenvolvimento do solo são: clima quente e úmido;

cobertura florestal; material de origem facilmente intemperizável, permeável ou não consolidado; e relevo plano (Alvarenga et al, 1998).

A espessura do solo é diretamente relacionada na diferença desses dois processos. Devido à intensa atividade biológica em terrenos com relevos acidentados, o processo de erosão e pedogênese são mais acelerados em razão da facilidade da intemperização dos minerais próximos às superfícies. Por outro lado, em solos com declividade suave apresenta inicialmente uma alta taxa de pedogênese dos minerais primários, resultando posteriormente em um solo profundo com baixa taxa de pedogênese e pouca erosão (Resende, 1985).

No processo de formação do solo, as características de cada horizonte são geralmente determinadas após reações físicas, químicas e biológicas. Isto indica uma relação bioclimática peculiar responsável pela incidência maior de alguns processos em relação aos outros nas características do desenvolvimento do solo. A fim de conceituar esses processos a certa condição ambiental local, houve uma tendência em expressá-los através de quatro processos específicos de formação do solo: transformação, remoção, translocação e adição (Resende et al, 1995).

Durante a transformação, é possível identificar algumas reações mais comuns como a ruptura da rede cristalina dos minerais primários, através dos organismos do solo, e assim inicia-se um processo de circulação de elementos químicos em que gradativamente modifica-se o meio permitindo a colonização de novos organismos. Outros processos envolvendo a intemperização dos minerais, como resultado da busca de um equilíbrio mais estável às novas condições do meio, e a decomposição da matéria orgânica fazem parte da etapa de transformação.

No processo de remoção, verificam-se reações associadas à erosão e lixiviação dos elementos para o lençol freático sendo diretamente relacionada à quantidade de água que se infiltra no solo, e assim favorece o empobrecimento dos solos por nutrientes.

Enquanto que durante a translocação, processos como a movimentação de material dentro de um perfil em outras direções são mais comuns, pode-se citar a eluviação da matéria orgânica e argila do horizonte A para acumular-se no horizonte B. Outros fatores como a biociclagem de nutrientes que são translocados de horizontes mais profundos para outros mais superficiais.

E por ultimo, na adição processos de incorporação de matéria orgânica e leve sedimentação são características verificadas nesta etapa (Resende et al, 2002).

Para melhor compreensão do processo de desenvolvimento do solo, uma interpretação envolvendo o ciclo bioquímico faz-se necessária. De forma que através da atuação dos organismos nos minerais da rocha, rompem a sua rede cristalina e liberam os nutrientes necessários para a formação do solo, iniciando o processo de circulação dos elementos. Através dessas alterações novos organismos encontram condições ideais para se instalarem, ampliando a camada alterada, e assim refletindo um grau de complexidade cada vez maior (Resende et al, 2002).

Nesse caso, frações inorgânicas representadas por partículas como argila, silte e areia, formam a base de um sistema onde também estão incluídas a fase líquida e gasosa do solo. Complementando e interagindo este sistema trifásico, os microorganismos que vivem no solo e os produtos de suas atividades resultam na formação dos mesmos. Por exemplo, a composição química, é o resultado da ação dos fatores de formação do solo através do clima, organismos, material de origem e idade. Ou seja, os minerais que compõem a rocha de origem, quando expostos a uma condição divergente das que foram formados, começam a se decompor, liberando elementos à solução e desenvolvendo minerais mais estáveis, o que é determinante para a ocupação vegetativa (Resende et al, 2002).

#### 5.2. Propriedades Físicos-hídricas do Solo de Áreas Degradadas

Os ambientes que sofrem exploração mineral podem apresentar uma variação nos substratos em relação às características físicas e químicas de acordo com o ambiente natural e intensidade de exploração além disso, é comum apresentarem limitações com relação à ocupação e crescimento vegetativo (Dias et al, 2007).

Normalmente as atividades de mineração a céu aberto necessariamente envolvem a retirada de horizontes superficiais, como consequência materiais de baixa estruturação são expostos e se torna susceptível a dispersão de argila (Dias, 1998). Esse procedimento pode levar ao surgimento de uma superfície compactada, e apresentando como resultado a redução da permeabilidade, maior susceptibilidade à erosão, redução na aeração, menor disponibilidade de água, menor índice de difusão de nutrientes e menor crescimento do sistema radicular (Dias, 2007).

O uso de equipamentos para medir o nível de resistência mecânica dos substratos, e assim estimar o crescimento radicular em solos adensados, como os penetrômetros ou penetrógrafos tem-se mostrado uma técnica útil, apesar da possível variação dos resultados em função da umidade do solo e do aparelho utilizado, e dessa forma comprometer a interpretação dos diferentes substratos pois, os valores podem se apresentar

superestimados. Algumas mineradoras que atualmente realizam trabalhos de recuperação ambiental anteriormente às práticas agrícolas, têm executados trabalhos mecânicos com escarificadores e subsoladores, visto que essas práticas mostraram-se eficazes em melhorar as características físicas dos substratos. Normalmente a escarificação tem como característica a redução da densidade do solo, entretanto não apresenta necessariamente uma relação direta com o crescimento radicular e estabelecimento das plantas (Leite et al, 1994).

Nos casos em que processos de beneficiamento de minérios eliminam materiais com partículas de alta densidade e textura grosseira, essas partículas se depositam e desenvolvem uma crosta na superfície com as características de apresentarem uma elevada macroporosidade, baixa microporosidade e capacidade de retenção de cátions e de água. Com a produção de rejeitos originados pela mineração, identifica-se que fatores químicos presentes oriundos destes rejeitos podem ser os responsáveis por causar prejuízos às plantas (Piangentini et al, 2002). Além disso, outros aspectos como o clima, relevo e mineralogia podem fornecer informações a respeito dos fatores químicos que reagem como limitantes ao estabelecimento e crescimento das plantas (Abrahão & Mello, 1998). É comum observar em áreas mineradas, substratos com altas concentrações de sulfetos metálicos o que podem gerar como conseqüência a drenagem ácida (Mello et al, 2003).

O processo de drenagem ácida inicia quando os minerais sulfetados são expostos ao ar atmosférico (O<sub>2</sub>) e água e sofrem oxidação formando sulfatos hidratados. Os produtos gerados pela oxidação apresentam a característica de serem altamente solúveis e reagirem de forma ácida, desse modo esses produtos são facilmente dissolvidos em cursos d'água o que contribui para a acidez das águas de drenagem. Ou seja, ao dissolverem os produtos da oxidação, as águas além de se tornarem ácidas também apresentam altas concentrações de sulfato e Fe. Como uma reação em cadeia, a partir do baixo valor de pH, outros elementos minerais potencialmente tóxicos são facilmente solubilizados e se presentes nas águas naturais aumentam a probabilidade de incorporação destes metais à cadeia trófica, e por conseqüência a saúde humana. Outra característica é que a solubilização dos diversos compostos minerais em virtude do baixo pH pode refletir no aumento da condutividade elétrica do ambiente, e assim dificulta no estabelecimento e crescimento das mudas, além de serem poucas as espécies vegetais que toleram ambientes muitos salinos em função da toxidez destes metais em grande proporções (Mello & Abrahão, 1998).

Apesar de serem escassos os estudos a respeito de espécies capazes de se adaptarem à ambientes que apresentam drenagem ácida, alguns estudos indicam a adaptação em ambientes ácidos e salinos é uma condição à qual as plantas não foram habituadas durante seu processo evolutivo. É possível encontrar espécies que desenvolveram mecanismos evolutivos para se adaptarem em solos exclusivamente salinos ou ácidos. É interessante a elaboração de planos de manejo, incluindo nestes a amostragem do solo com o objetivo de se realizar a análise química de substratos e dessa forma seja possível estimar o potencial de acidez para que projetos detalhados de correção do solo sejam desenvolvidos e assim minimize o impacto ambiental. As áreas que excedem os níveis mínimos de acidez requerem a elaboração de planos de manejo que considerem o tamanho da área, a textura entre outros aspectos (Mello et al, 2003).

Os procedimentos mais comuns utilizados pelas mineradoras a fim de reduzir o impacto ambiental gerado pela drenagem ácida incluem a minimização de taxas de oxidação de sulfetos através da restrição do acesso de O<sub>2</sub> e água ao solo ou através da inibição de atividades bacterianas em que contribuem para a oxidação do Fe. A técnica utilizada é a aplicação de compostos com propriedades selantes sobreposto à camada subsuperficial do solo. A técnica de aplicação de calcário representa em algumas áreas uma estratégia insuficiente para a correção do pH em substratos ácidos, devido principalmente da elevada quantidade de material para neutralizar o solo (Mello et al, 2003).

Em áreas de exploração mineral, a composição química dos rejeitos oriundos dos tratamentos de beneficiamento do minério apresentam dados importantes. Durante a purificação do minérios, a acidificação é uma etapa do beneficiamento, portanto para minimizar o impacto ambiental a acidez é neutralizada antes de serem lançadas nas águas de drenagem, e dessa forma os rejeitos apresentam pH alcalino, alcançando em algumas situações valor superior ao pH 9,0. Da mesma forma são os rejeitos altamente salinos ou de caráter ácido, estes devem ser tratados previamente por procedimentos específicos (Franco et al, 2005).

Um caso comum são os rejeitos gerados da purificação de determinados minérios, no qual podem apresentar baixos teores de nutrientes e elevadas concentrações de metais tóxicos que podem interferir no metabolismo e crescimento das plantas. É importante considerar que as concentrações finais dos metais variam de acordo com a composição química do minério e das técnicas empregadas durante o seu beneficiamento (Mello, 2003).

#### 5.3. Conceito de Recuperação de Áreas Degradadas

Quando se refere em recuperação de solos, podem-se levar em consideração as práticas de exploração mineral em áreas de empréstimo e o mau uso dessas áreas, de forma que o estado de degradação posterior às práticas comprometem o estabelecimento da vegetação, devido principalmente ao acelerado processo erosivo a que se encontram. Assim, a reutilização da área fica na dependência de uma recuperação prévia. E essa recuperação pode ser definida como um conjunto de atividades que tem como meta recompor a paisagem e assim, diminuir o impacto ambiental (Alvarenga et al, 1998).

De forma a seguir um plano previamente estabelecido, a recuperação de uma área visa criar condições para posterior uso racional dela. Não se pode desconsiderar que o sistema de reabilitação é específico para cada local e que fatores como localização, clima, topografia, controle de água, condições do solo e vegetação podem interferir (Dias, 1983).

Segundo Fontes (1991) a recuperação se refere a todas as atividades que permitam o desenvolvimento da cobertura vegetal natural ou outra forma racional do local alterado, para isso é importante uma análise do substrato em que a recuperação será conduzida. Nesse caso, durante a recuperação de uma área degrada depende do conhecimento das propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo, que deverá apresentar condições para o crescimento das plantas.

Entre as diversas modalidades de áreas degradas é importante destacar àquelas originadas pela retirada da cobertura vegetal, como no caso da exploração florestal, agricultura intensiva, mineração, urbanização. Para tanto é importante abordar as causas da degradação e apresentar os caminhos para a recuperação, considerando os aspectos sociais, econômicos e ecológicos (Jesus, 1992).

As medidas adotadas para reabilitar um solo podem apresentar um caráter de restauração, em que se reproduzem as condições exatas do local antes da intervenção. Ou seja, a reabilitação está relacionada com a idéia de uso e ocupação do solo, de forma semelhante com as condições estéticas circunzinhas (Martos et al, 1992). Enquanto que a recuperação está relacionada com as atividades que objetivam restabelecer as condições ambientais de forma compatível com as condições anteriores. Em grande parte dos casos, as condições de restauração do solo não são viáveis devido ao material não se encontrar mais à disposição, como é o caso das áreas de empréstimos, voçorocas etc, e como medida é necessário a recuperação e reabilitação da área. A recuperação ou reabilitação das áreas de empréstimo, mineração ou grandes voçorocas tendem a ser bastante oneroso, o que

torna necessário o planejamento de acordo com as características do solo (Alvarenga et al, 1998).

Ao revestir uma área degradada, diminuem os impactos provocados pela degradação sobre os recursos hídricos, edáficos e paisagísticos, porém a própria degradação dificulta esse revestimento natural. Além disso, pelo solo estar de tal modo conturbado, o preparo da área é necessário a fim de controlar as enxurradas (Jesus, 1992). Na escolha das espécies para recobrir a área deve-se considerar: a influência da planta sobre a fertilidade; abrigo e alimento para a fauna; efeito estético e proceder à plantação intercalando vários estratos vegetais (gramíneas + arbustivas + arbóreas) (Martos, 1992). Para recuperar áreas degradadas, os estágios de sucessão ecológicas devem ser considerados, no sentido de se tornar uma organização mais simples para mais complexa. Caso a sucessão inicie numa área não ocupada anteriormente, no substrato desprovido de vegetação, o processo tem o nome de sucessão primária. Por outro lado, quando a sucessão se desenvolve numa área alterada, mas a vegetação não está totalmente ausente, chama-se de sucessão secundária. No caso em que o solo e a vegetação são removidos, os conceitos de sucessão primária e secundária não podem usados ao mesmo tempo ao se planejar a recuperação. A partir disso, foi desenvolvido o conceito de sucessão dirigida em que o ambiente é manejado antropicamente, de forma que acelere o estágio de clímax vegetal e assim reproduza a área natural antes do impacto.

As espécies pioneiras de um modo geral tendem a ser tolerantes a impedimentos físicos (compactação do solo) e químicos (acidez do solo e baixa fertilidade). Nesse sentido, o comportamento das plantas quanto ao seu desenvolvimento em áreas de solo adensados, pode mostrar-se como uma alternativa para a introdução dessas plantas na recuperação de solos degradados, pois podem apresentar um maior potencial de sobrevivência nestes ambientes.

A modificação radical do ambiente é uma das maiores dificuldades em recuperar superfícies degradadas, de modo que da restauração até o abandono (quando o meio já se encontra em equilíbrio) exigem uma escala de níveis de recuperação e interferências, cujos custos são proporcionais.

A partir da remoção do substrato e da vegetação, uma série de efeitos erosivos se desenvolvem principalmente pela ausência da camada fértil e da matéria orgânica, o terreno apresenta um substrato rochoso com vários níveis de alteração e com baixa condição de receber cobertura vegetal (Alvarenga, 1998).

#### 5.4. Legislação Aplicada à Recuperação de Áreas Degradadas

No Brasil não existe uma Legislação Ambiental específica para a recuperação de áreas degradadas. No entanto, as leis federais servem como base para a partir dela entrarem normas estaduais e municipais, que suprem a falta dessa legislação específica e norteia os procedimentos para a recuperação de áreas devastadas.

Nos empreendimentos de extração de minérios, existe a necessidade de licenciamentos e estudos de impactos ambientais. O Poder Público ao verificar a degradação do meio ambiente após a exploração da área obriga o responsável a recuperar o ambiente segundo as normas. Os instrumentos de controle em relação aos riscos potenciais de danos ao meio, em que o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama, 1990) estabelece por meio de normas e ao Poder Público delegado são tais como:

- Estudo Prévio de Impacto Ambiental EPIA;
- Estudo de Impacto Ambiental EIA;
- Relatório de Impacto Ambiental RIMA;
- Licenciamento Ambiental LA;
- Plano de Recuperação de Área Degradada PRAD.

Com relação a legislação aplicada a áreas degradas pelas atividades mineradoras estão incluídas nas normas ambientais regulamentos que envolvem tanto a prevenção como a recuperação das áreas que sofrem intervenções humanas. Como principal regulamentador está a Constituição Federal de 1988, em que imprime com relação ao meio ambiente sustentável no art. 24°, inciso VI, a competência concorrente da União, Estados e municípios: "... conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos minerais...".

O conceito de degradação e recuperação pode ser melhor compreendida no art. 3° no Decreto Federal n° 97.632/1989, responsável pela regulamentação do PRAD:

A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (Brasil, 1989).

Na resolução do Conama as normas relacionadas com a mineração, no qual direta ou indiretamente dizem respeito à degradação da área tem por obrigação a sua posterior recuperação, como é o caso da Portaria DNPM nº 237/2001 em que define a recuperação de áreas impactadas através das Normas Reguladoras de Mineração:

No projeto de reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas deve constar no mínimo os seguintes itens:

- a) identificação e análise dos impactos ambientais diretos ou indiretos sobre os meios físico, biótico e antrópico;
  - b) aspectos sobre as conformações paisagísticas e topográficas, observando-se:

*I* – *estabilidade*;

II – controle de erosão:

*III – drenagem*;

IV – adequação paisagística e topográfica e

V – revegetação.

Na recuperação de áreas degradadas é relevante o envolvimento de diversos atores, tais como o minerador, a comunidade, o poder público e o proprietário do terreno. Dessa forma, busca-se um eficiente planejamento no programa de recuperação ao economizar tempo e alocar os recursos de forma a integrar ao máximo os interesses de todos os atores. Também é importante ser esclarecido que nos contratos de arrendamento de áreas para a mineração, o proprietário deverá colocar uma cláusula atribuindo a responsabilidade de recuperação da área degradada ao empreendedor, para isentá-lo dessa atribuição que, posteriormente, poderá ser cobrada como ônus de natureza ambiental.

Em relação à legislação aplicada à área de empréstimo, em que pode ser definido como um local onde se pode extrair algum bem mineral de uso imediato, *in natura*, como em obras: barragem, aterro, manutenção de leito de estradas, encontro de viaduto, pontes entre outros, faz-se necessário o planejamento no seu tratamento, pois é considerada de difícil recuperação.

Após a retirada dos horizontes superficiais do solo e conseqüentemente, a eliminação do banco de sementes, estas áreas de empréstimos são enquadradas como áreas degradadas. Diante da problemática da regeneração natural do local, a Legislação Ambiental Brasileira obrigou do empreendedor a Licença Prévia (LP), no qual é um documento obtido pelos órgãos competentes, de forma a permitir o desenvolvimento das atividades de mineração e coibir seu desenvolvimento em áreas consideradas protegidas por lei. Por estar diretamente relacionada com a fase de planejamento, análise de viabilidade e projeto básico do empreendimento, a LP contém os requisitos essenciais a serem atendidos nas etapas da escolha da localização, instalação e operação, sem deixar de observar os planos nas esferas municipais, estaduais e federais de uso do solo.

Para a obtenção da licença perante o órgão ambiental competente, deve estar contido na LP o PRAD. De forma que as áreas após a exploração deverão ser recuperadas seguindo um plano preestabelecido, que vise à obtenção da estabilidade do meio ambiente, destinando as áreas para outras formas de uso futuro.

#### 5.5. Caracterização e Classificação do Solo e do Horizonte

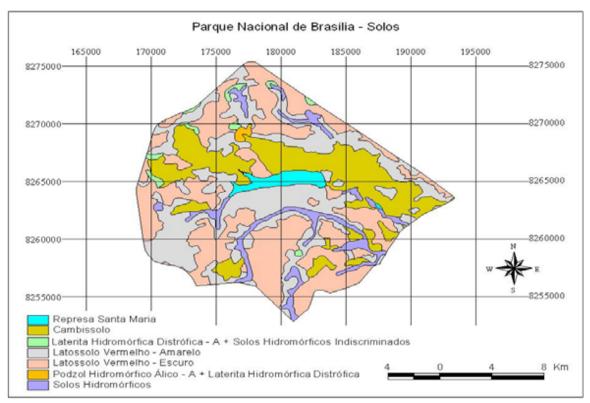
A textura do solo e a espessura dos horizontes fornecem indicativos da sua qualidade, gerando informações com as quais é possível verificar a existência de camadas compactadas, bem como as conseqüências dos processos erosivos. A variabilidade espacial da taxa de infiltração, que está relacionada com a textura do solo, e a variabilidade da espessura dos horizontes podem ser atribuídas aos processos de formação do solo. Porém, grandes alterações, como em ambientes degradados provocam reduções nas taxas de infiltração e, conseqüentemente, perda de solo da camada superficial decorrente do escorrimento superficial da água. Os atributos do solo, após sofrerem as alterações, posteriormente pelos processos erosivos, comportam-se de forma diferenciada (Bertolani, 2001).

De acordo com Ferreira (2004) os principais grupos de solos encontrados no Parque Nacional de Brasília são o Latossolo vermelho-escuro e o Latossolo vermelho-amarelo, sendo representados por cerca de 38% da área, enquanto os Cambissolos representam aproximadamente 22% do parque, posteriormente os grupos representados por solos hidromórficos aparecem em trechos isolados. Após a identificação à campo e através da análise do mapa de solos do Distrito Federal na escala de 1:100.000, no qual foi atualizado pela EMBRAPA (1997) foi possível encontrar na área de Cerrado nativo adjacente à área degradada o Latossolo vermelho-amarelo, juntamente com a identificação do horizonte Cr exposto na área perturbada (Figura 1).

O Latosso Vermelho-amarelo abrange solos com uma coloração que varia do vermelho ao amarelo, decorridos principalmente do fato de apresentarem uma boa infiltração apesar de possuírem uma capacidade de retenção de água superior aos Latossolos vermelhos. O Latossolo vermelho-amarelo apresentam a característica de ocorrerem em terrenos bastante variáveis quanto ao relevo, desde o plano ao forte ondulado. Esta classe é bastante ampla no que se refere a teores de óxidos de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) no solo. O solo que predomina a hematita colore o mesmo com cores avermelhadas, e o solo com predomínio de óxido de ferro na forma de goethita confere cores amareladas. Das classes de solos reconhecidas no país, este apresenta como Latossolo de maior expressão

geográfica do Brasil, sendo comum em todo território nacional e apresenta de forma dominante na região dos Cerrados e na Amazônia (Resende, 2005).

Segundo alguns autores, o horizonte Cr normalmente situa-se entre os horizontes B e R, além de apresentarem a característica de serem constituídos de material inconsolidado, pouco alterado, sendo ainda possível identificar as características da rocha de origem. Em geral as camadas deste horizonte não são consolidadas e de acordo com a profundidade em que se encontrem algumas raízes podem alcançar.



**Figura 1.** Mapa de solos do Parque Nacional de Brasília – Distrito Federal.

Fonte (base cartográfica digital): Embrapa Cerrados (1978).

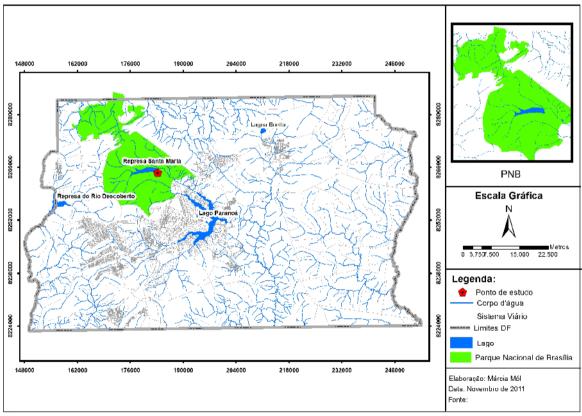
#### 6. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 6.1. Localização da Área de Estudo

A área de estudo está localizada no Parque Nacional de Brasília (PNB), na qual foi selecionada pelos seguintes critérios: a área de estudo encontra-se em uma Unidade de Conservação, e mesmo após mais de 50 anos de exploração o solo continua exposto; o parque é relativamente extenso e preservado, com pouca ou quase mínima intervenção antrópica, o que poderia interferir nos dados; apresenta diversas antigas áreas de empréstimo para remoção de cascalho em que são margeadas pelas principais

fitofisionomias de Cerrado (Campo Limpo, Campo Sujo, Campo Cerrado, Cerrado *sensu stricto* e Mata de Galeria), e assim possibilitar uma análise comparativa dos dois ambientes; disponibilidade de dados incluindo os planos de manejo do parque, imagens de satélite (cenas Ikonos e Landsat); e por localizar-se na cidade de Brasília, próximo da Universidade de Brasília (UnB) contribuiu nas pesquisas de campo e nas incursões à área de estudo, bem como na comparação de resultados com a realidade observada em campo.

O PNB está localizado à noroeste do Distrito Federal, nas margens da rodovia EPIA BR - 040, encontrando-se a uma distância 10 Km do centro de Brasília e ocupa uma área de 30.000 ha. O parque engloba as bacias do Rio Torto e Bananal. E situa-se entre as coordenadas 15° 34' e 15° 45' de latitude Sul e 48° 05' e 48' 53' de longitude Oeste (Figura 2).



**Figura 2.** Mapa de localização do Parque Nacional de Brasília. Fonte: Parque (mapa ambiental do Distrito Federal 2006); Sistema viário, hidrográfico e limite do DF (SITURB).

#### 6.2. Caracterização da Área de Estudo

Criado pelo decreto nº 241 em 1961, o Parque Nacional de Brasília (PNB) apresenta uma área de 30.000 ha e está sob a administração do Instituto Chico Mendes. O solo predominante no PNB é o Latossolo vermelho distrófico, sendo a base para diferentes

fitofisionomias do Cerrado, incluindo o cerrado *sensu stricto* e o campo cerrado, e em menor predominância apresenta as matas ciliares. O clima regional é caracterizado por verões chuvosos e invernos secos, e identificado como Tropical de Savana - Aw, Tropical de Altitude - Cwa e Tropical de Altitude - Cwb segundo a classificação de Köppen (CODEPLAN, 1971). A estação do período chuvoso inicia no mês de outubro e finaliza no mês de abril e representa mais de 80% da precipitação total anual. Enquanto, a estação seca começa em maio e termina em setembro, sendo o triênio junho, julho e agosto os meses mais críticos. De acordo com dados obtidos por Ferrante et al, 2001, a precipitação média anual no Distrito Federal varia entre 1.500 mm a 1.700 mm. Em quase toda a área do PNB, o clima é caracterizado como Tropical de Altitude (Cwa) com temperatura para o mês mais frio inferior a 18°C, e média superior a 22°C no mês mais quente. Abrangem as áreas com cotas altimétricas entre 1.000 e 1.400 metros (Figura 3). Porém, na porção norte e oeste da Unidade de Conservação o clima identificado é o Tropical de altitude (Cwb) em que a temperatura para o mês mais frio é inferior a 18°C, com média inferior a 22°C no mês mais quente. São áreas com cotas altimétricas superiores a 1.200 metros.

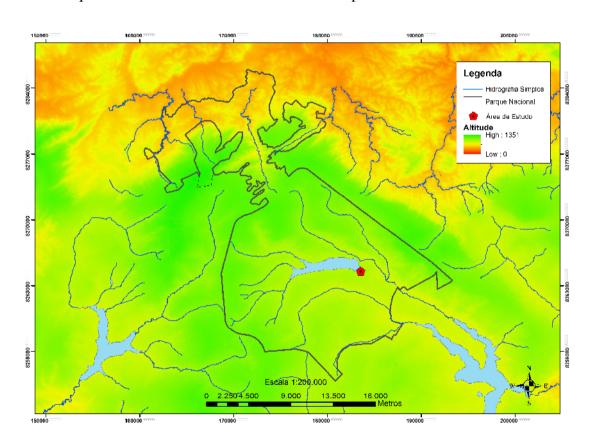
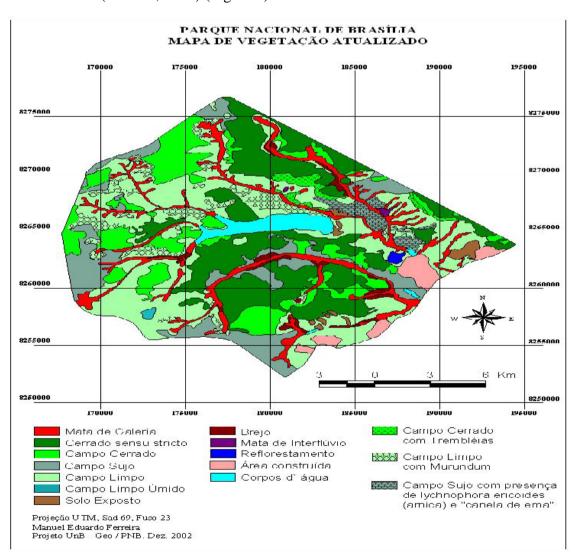


Figura 3. Mapa de altitude do Parque Nacional de Brasília.

Foram identificadas 40 áreas com solo exposto na área do Parque, totalizando 180 ha (IBAMA/FUNATURA, 1998), eles estão localizados em ambientes com solos predominantes Cambissolos e Latossolos e com a presença de cascalho laterítico. No início dos anos 60, a camada superficial de solo destas áreas foram exploradas para a construção da represa Santa Maria localizada no interior do PNB, com o intuito de fornecer água para a Capital Federal e a remoção do cascalho laterítico foi utilizada para construção civil de Brasília. Posteriormente à exploração mineral, estas áreas foram abandonadas e apresenta atualmente, em pontos isolados da área, uma revegetação natural lenta e com poucas espécies, no geral, a área encontra-se com a superfície do solo exposto, compactado e com sinais de erosão (Martins, 1996) (Figura 4).



**Figura 4.** Mapa de vegetação do Parque Nacional de Brasília, apresentando áreas de solo exposto.

Fonte: Ferreira et al. (2002).

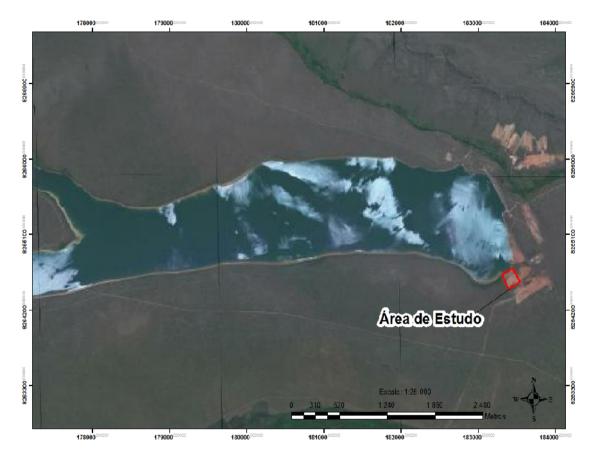
A partir de 1992 houve tentativas de recuperar alguma dessas áreas de empréstimo, porém sem sucesso efetivo, sendo que o solo continua atualmente exposto e desprovido de cobertura vegetal. Trabalhos mecânicos para descompactar o solo foram realizados com o auxílio de subsoladores, seguidos de gradagem e adubação. Mesmo após as passagens destes equipamentos mecânicos terem ocorridos há quase duas décadas, ainda é possível encontrar resquícios das passagens dos pneus no solo (Figura 5).



**Figura 5.** Vista parcial da área degradada, praticamente sem qualquer vegetação e presença das marcas de pneus de tratores que trafegaram na área.

Dentre as áreas degradadas localizadas no PNB, foi escolhido o respectivo local onde foi realizado o estudo por esta área apresentar características tais como: menor interferência local, como revolvimento e alteração do solo através de práticas de escarificação, adição de adubos orgânicos, fertilizantes minerais, plantio de mudas na tentativa de recuperar a área, encontrando-se atualmente, na sua grande maioria com horizonte Cr exposto e formação de solo incipiente, com alguns poucos centímetros de espessuras nos locais mais baixos da área pelo transporte de sedimentos pela água das chuvas. De acordo com informações obtidas por funcionários do PNB e arquivos locais, houve apenas uma tentativa de recuperação do solo e revegetação da área durante a década de 90, porém tal iniciativa não logrou sucesso na recuperação. Outras características é a proximidade com a barragem Santa Maria, e assim permitindo um microclima com uma

umidade superior às outras áreas degradadas; a área apresenta um alto fluxo gênico de animais, pois apresenta disponibilidade de recursos como água, abrigo e alimentos, ao se localizar margeado pela barragem e pela mata nativa (Figura 6).



**Figura 6.** Imagem de satélite Geoeye indicando a barragem Santa Maria e a área de estudo no Parque Nacional de Brasília.

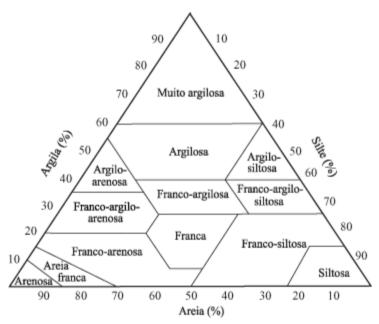
#### 6.3. Trabalho de Campo

#### 6.3.1. Caracterização e Classificação do Solo e do Horizonte

O trabalho de campo consistiu na coleta de amostras compostas de solo com auxílio de um trado tipo holandês, em pontos aleatórios dentro da área de mata nativa para a caracterização da textura e avaliação da fertilidade do solo. Foram coletadas 20 amostras simples para compor uma amostra composta. As amostras foram coletadas a 0-20 cm de profundidade a partir do horizonte superficial, a fim de determinar as variações do solo. Para a área degradada o solo foi coletado com auxílio de uma pá de jardim, devido ao fato de não existir solo propriamente dito até 20 cm de profundidade. O solo desta área é incipiente, sobre um horizonte Cr.

Com as amostras compostas de solo coletadas na área de Cerrado nativo e na área degradada foram realizadas análises químicas de rotina para fins de avaliação da fertilidade do solo. Também foi analisado o teor de matéria orgânica desses solos.

Os procedimentos laboratoriais empregados na análise da granulometria seguiram o Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997). Foram considerados nesta análise dados das frações de terra fina do solo, ou seja, frações menores que 2,0 mm de diâmetro, na qual incluem argila, areia e silte, sendo assim posteriormente classificados de acordo com o triângulo textural de solos (Figura 7).



**Figura 7.** Triangulo textural: classes de textura da fração terra fina.

Fonte: Resende et al (2002)

#### 6.3.2. Densidade do Solo

De forma a determinar a densidade do solo e o grau de compactação, foram coletadas quatro amostras indeformadas da superfície do solo, duas em cada ambiente (Cerrado nativo e área degradada), nas quais foram coletadas com anel volumétrico de aço, modelo Kopecky, seguindo a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Assim, em relação ao solo, busca-se correlacionar os dados obtidos com a vegetação e atributos ambientais.

As amostras coletadas foram secas em estufa por um período de 48 horas à uma temperatura de ±105 °C. A densidade do solo (Ds) foi obtida pela relação entre o peso seco (Ps) da amostra de solo coletada e o volume de solo do anel volumétrico. Como o volume

interno do anel é uma medida conhecida para o anel utilizado (80,38 cm³), a expressão pode ser representada da seguinte maneira:

$$Ds (g/cm^3) = Ps/80,38$$

#### 6.3.3. Caracterização da Serrapilheira

Para a coleta da serrapilheira, foi utilizado um gabarito de metal, com 50 x 50 cm de dimensão, sendo coletado todo material orgânico dentro da área útil após o lançamento do mesmo sobre o terreno. Foram realizadas coletas em quatro pontos amostrais, com uma distância aproximada de 20 m da borda para a coleta da primeira amostra e 20 m entre os pontos de coleta. Na área degrada a coleta de serrapilheira foi efetuada somente num local específico, pois era o único local com regeneração natural, no qual o ponto preestabelecido de amostragem se apresentava como uma pequena ilha de material orgânico. Assim, pretendeu-se com esta coleta de serrapilheira, realizar a comparação da produção de material orgânico nos ambientes degradado e preservado.

Após a coleta das amostras com o auxílio do gabarito metálico, elas foram secas em estufa a  $\pm$  65 °C e posteriormente pesadas, a fim de medir o nível de produção de biomassa da matéria orgânica do solo.

#### 6.3.4. Quantificação das Primeiras Espécies na Colonização da Área

Neste trabalho foi realizado o levantamento quantitativo dos indivíduos que ocupam a área, sendo possível identificar uma baixa diversidade de espécies. Foi observada a concentração destes indivíduos em pequenas ilhas, indicando a existência de alguns fatores que determinam a colonização da vegetação tais como: fenologia das espécies, concentração de nutrientes entre outros aspectos.

O levantamento quantitativo das mudas e indivíduos arbóreos foi realizado em três parcelas lançadas aleatoriamente, observando que para efeito comparativo uma parcela de medidas superiores foi desenvolvida na área degrada e duas com medidas inferiores no Cerrado nativo. Respectivamente, as áreas das parcelas foram: 3.594,28 m², 417,26 m² e 237,72 m². Com o objetivo de mitigar o efeito de borda porém, foi designada uma distância mínima de 15,0 m a partir da área degradada, a fim de desenvolver as análises das parcelas na mata nativa. Apesar da área degradada apresentar atualmente o horizonte Cr exposto, algumas ilhas com indícios de regeneração natural apresentam pequenas mudas de regeneração por sementes e de raízes remanescentes, o que pode ser uma medida comparativa com a obtida na área da mata nativa.

#### 6.3.5. Medição da Área

Posterior a identificação à campo, através do uso do GPS, seguido do georreferenciamento das áreas perturbadas e degradadas, foi possível determinar as medidas da área. Em que, a partir da obtenção do ponto geográfico localizou-se a área de estudo através do programa Arcgis®, e dessa forma delimitou-se o perímetro do terreno degradado, sendo possível traçar o mapa do local e posteriormente calcular a sua área total em 3,1 ha.

Para comparação das cotas altimétricas nos dois ambientais e obtenção de uma estimativa do volume de solo extraído e cascalho explorado, foram selecionados dois pontos amostrais aleatórios um para cada ambiente (mata nativa e área degradada) a fim de identificar a altitude através do GPS. Cerca de oito metros de solo foi removido, expondo o horizonte Cr às intempéries, facilitando a fragmentação do material exposto, e assim formando os dendritos mineralógicos (Figura 8). Considerando que no processo de formação natural do solo, demanda-se entre 300 a 400 anos a fim de que se desenvolva um centímetro de solo, é importante notar que a respectiva área de estudo irá demorar aproximadamente 280 mil anos para retornar à situação anterior à exploração mineral.



Figura 8. Vista parcial da superfície exposta da área degradada.

#### 6.3.6. Análise Fotográfica

Como formas descritivas, neste trabalho foram realizadas fotografias digitais da área com o objetivo de expor o ambiente no estado atual, e contribuindo nas análises e interpretações mais profundas do ambiente de estudo. Pois através da fotografia alguns elementos de reconhecimento do solo podem ser descritos, tais como a cor, tonalidade, textura, forma, tamanho, associação com a vegetação entre outros.

Para apresentar um ambiente comparativo foi considerado o Cerrado nativo que margeia a área degrada, nesta região foram obtidas fotos da paisagem local incluindo a vegetação, solo, a manta orgânica entre outros.

#### 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 7.1. Caracterização Química

O Latossolo vermelho-amarelo foi a classe de solo identificada na área de estudo. De acordo com EMBRAPA (2008) existem 6.864 ha de superfície recoberta por Latossolo vermelho-amarelo distribuídas no Parque Nacional de Brasília, o que representa aproximadamente 23% da área do parque. Os resultados das análises químicas (Cerrado protegido e cascalheira) foram confirmados pelas análises laboratoriais (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resultados da análise química do solo a 0-20 cm de profundidade, da área de vegetação nativa de Cerrado e da área degradada do Parque Nacional de Brasília.

Referência	рН	17	3+	G 2+	3.4 2±	YY 41	ap.	CTC		140	* 7		
0-20 cm prof.	(H <sub>2</sub> O)	P*	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	МО	V	m
		- mg/o	dm³ -	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>							- g/kg -	%	
Área Degradada	6,9	0,5	52	0	1,1	0,2	2	1,52	10,8	3,52	38,7	43	0
Cerrado Nativo	5,7	0,5	88	0,4	0,5	0,1	4,3	0,91	14,8	5,21	50,1	17	30,5

pH em água – Relação 1:2,5 P – K – Extrator Mehlich 1

Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol/L

H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0

SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

V = Índice de Saturação de Bases

m = Índice de Saturação de Alumínio

Mat. Org. (MO) = C. Org x 1,724 – Walkley-Black

No Cerrado nativo que margeia a área degradada apresentou-se de acidez potencial (H+Al) com 4,3 cmol<sub>c</sub>/dm³ e pH 5,7. Este valor confirma o resultado apresentado por Farias (2008) em que apresentou dados de acidez do solo moderado a altamente ácido, apesar de materiais decompostos alterarem o nível de acidez do solo. Entretanto, na superfície degradada os teores de acidez apresentaram-se com baixa toxidez (H+Al) com

2,0 cmol<sub>c</sub>/dm³ e pH 6,9, devido principalmente a ausência de material orgânico, no qual contribui para a elevação da acidez quando presente no horizonte diagnóstico. A respeito do pH em água, os dois ambientes estudados apresentaram uma acidez ativa adequada para o crescimento vegetativo (pH 5,5 a 6,5), entretanto os valores resultaram numa diferença de 1,2 (Tabela 1).

Com relação aos compostos presentes na superfície de Cerrado nativo, o fósforo apresentou valores classificados como muito baixo (P = 0,5 mg/dm³), enquanto os teores de potássio resultaram em valores elevados (K = 88 mg/dm³). De uma forma, em geral, os latossolos são identificados por apresentarem baixos teores de cálcio e magnésio decorridos dos baixos teores no material de origem e do processo de lixiviação do Mg, o que coincide com os resultados obtidos do horizonte diagnóstico na mata nativa. Em contrapartida, a matéria orgânica apresentou valores altos, contradizendo os dados informados por FARIAS (2008).

O solo sob o Cerrado nativo apresentou-se como distrófico, na qual a saturação por bases (V%) obteve um resultado abaixo de 50%, em outras palavras é um solo pobre em nutrientes. Alem disso, este solo não se apresentou como álico, ou seja a saturação por alumínio (m%) não atingiu um valor acima de 50%. Em alguns estudos realizados anteriormente (Haridasan & Araújo, 1988; Felfili, 1994) foi encontrado a ocorrência de Cerradões em solos distróficos, porém as espécies vegetais encontradas nestes solos geralmente não se adaptam bem em solos com altas taxas de cálcio e outros nutrientes, sendo poucas as espécies que ocorrem com mesma freqüência nos dois ambientes. No Cerrado nativo em estudo, o único macronutriente encontrado em altos teores foi o potássio.

Concomitantemente, é um solo considerado de adequada acidez (pH = 5,7). Em relação às atividades das argilas, no qual se refere à capacidade de troca de cátions (CTC) da fração argila, o solo sob Cerrado apresenta argila de atividade baixa (t < 27 cmolc/dm³).

Do mesmo modo, na área degradada sob a cascalheira o solo apresentou-se como distrófico, ou seja a saturação por bases (V%) resultou em um valor abaixo de 50%. A saturação por alumínio (m%) resultou em um valor de zero porcento, o que pode definir este solo como não álico. E as análises mostraram valores de um solo com adequada acidez (pH = 6,9). Além do mais apresenta argila de baixa atividade (CTC da argila < 27 cmolc/dm³).

A ocupação vegetal em áreas mineradas não se concretiza sem que antes haja a reabilitação das funções edáficas no substrato exposto, e a elevação da CTC é essencial

para esse processo (Goedert & Corrêa, 2004). Em relação a fertilidade do solo e a ocupação vegetativa, é possível afirmar que a maioria das espécies vegetais são melhores adaptadas à solos eutróficos, principalmente pela maior riqueza de nutrientes encontrados nestes solos. Dessa forma, a baixa disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica na cascalheira não permitiu o crescimento e ocupação das plantas neste substrato, isto confere com os resultados obtidos por Corrêa & Bento (2008).

O solo sob o Cerrado apresentou baixos níveis de cálcio e magnésio, enquanto que os teores de potássio são considerados altos. Em relação à cascalheira, o solo constatou a disponibilidade de teores médios de cálcio, da mesma forma ocorreu com o magnésio e o potássio.

O alumínio trocável (Al<sup>3+</sup>) mostrou-se com baixos teores de toxidez nos dois ambientes, apresentando no Cerrado protegido um valor de 0,4 cmol<sub>c</sub>/dm³, enquanto na cascalheira o resultado apresentou valores nulos, o que é justificado pelo fato deste ambiente não apresentar solo propriamente dito e sim um material dendrítico de textura grosseira, o que compromete a disponibilidade de alumínio nas soluções aquosas do solo, pois o ambiente não consegue reter umidade.

Em vários estudos tem sido eficiente avaliar o teor de matéria orgânica, principalmente por ser um indicador da qualidade do solo. Devido à ciclagem química, os valores de matéria orgânica do solo tendem a aumentar à medida que a deposição de material vegetal aumenta. Em contrapartida, a produção de matéria orgânica disponível apresentou níveis adequados na área degradada, com teor de 38,7 g/Kg, e no Cerrado nativo apresentou 50,1 g/Kg no qual indica ser um alto teor de matéria orgânica disponível. Ao avaliar os resultados da matéria orgânica disponível na cascalheira, no qual apresentou níveis ideais para o restabelecimento vegetativo, ela não foi suficiente para criar uma condição favorável ao crescimento e ocupação vegetativa.

Foi possível observar na Tabela 1, que para a área degradada os teores dos nutrientes foram aquém do esperado, sendo que os resultados em diversos casos se aproximaram ou até mesmo foram superiores em relação ao Cerrado nativo, isto pode ser justificado pelo fato do terreno se localizar nas partes mais baixas, com uma cota altimétrica inferior em relação à mata protegida, já que cerca de 8 metros de solo foram removidos durante a exploração de cascalho. Tudo isto favorece no transporte de sedimentos pela água da chuva, pelo vento etc. Dessa forma, as características do terreno contribuem para que sejam depositados e acumulados materiais e nutrientes lixiviados do Cerrado nativo. Aliado a isso, e segundo relatos da administração do Parque Nacional de

Brasília houveram tentativas no passado dentro da área de estudo a fim de recuperar o ambiente, com possível aplicação de material e adubos orgânicos.

A interpretação da fertilidade do solo com relação aos teores de nutrientes disponíveis entre as classes, variando desde baixo a alto teor, foram baseadas na literatura de Ribeiro et al (1999).

#### 7.2. Caracterização Física

A caracterização física da área de estudo mostrou, para as duas áreas que o solo apresenta altos teores de argila, típico de Latossolos.

O solo presente no Cerrado nativo apresentou uma composição granulométrica com teores de: 350 g/Kg de argila, 48,3 g/Kg de silte e 16,7 g/Kg de areia, sendo assim possível caracterizá-lo com uma textura franco-argilo-siltosa e agrupá-las com uma textura média/argilosa devido a presença de 35% de argila. Enquanto, que a composição granulométrica sob a área degradada apresentou valores de 325 g/Kg de argila, 331 g/Kg de areia e 344 g/Kg de silte, dessa forma este solo foi definido apresentando uma textura média franco-argilosa.

De acordo com Haridasan (2005) o fato do solo sob o Cerrado apresentar uma textura mais argilosa pode significar uma maior disponibilidade de água para as árvores durante o ano inteiro, principalmente pelo fato dos solos mais argilosos apresentarem a característica de impermeabilidade, de forma a dificultar a infiltração da água para camadas mais profundas do solo, o que contribui na fertilidade ativa do solo pois a disponibilidade de água regula a dinâmica dos nutrientes e na sua absorção pelas plantas. Por outro lado, os solos mais arenosos são muito permeáveis, o que contribui para a penetração rápida da água para os horizontes inferiores, e apresentam como conseqüência camadas superficiais muito secas, facilitando seu aquecimento sob o sol e dificuldade em fixar as raízes das plantas. O autor também relatou na pesquisa o fato da necessidade de se efetuar estudos mais detalhados sobre o assunto.

A densidade do solo (Ds) da camada superficial sob a vegetação nativa apresentou valores médios de 0,92 g/cm³, ao passo que a área degradada apresentou valor médio de 1,18 g/cm³. O menor valor da Ds em área sob vegetação nativa, se justifica devido ao fato de ser ambiente natural, não perturbado, permitindo a expansão do crescimento radicular para as camadas mais profundas do solo e com isso permitir maior absorção de água e nutrientes.

No ambiente degradado, a Ds 1,18 g/cm³ é superior ao ambiente natural. Mesmo que o valor da Ds tenha ficado abaixo do valor considerado crítico (1,30 a 1,50 g/cm³) para solos de textura argilosa, a partir do qual começa haver severa restrição ao crescimento radicular, certamente, para este ambiente, para plantas sensíveis e de sistema radícula pouco agressivo, deverão ter dificuldades para o enraizamento. Destaca-se também, que nesta área, o "solo", constitui-se basicamente de material dedríticos soltos, depositados nas partes mais baixa do relevo, pois na maioria da extensão da área o solo exposto constitui do horizonte Cr, caracterizado por ser praticamente impermeável à água e de valores de densidade do solo elevados. A maior susceptibilidade do solo sob a área degradada à erosão foi devido ao fato da vegetação nativa ter sido retirada juntamente com os horizontes superficiais, permitindo que o "solo" ficasse desprovido de cobertura vegetal.

A importância na determinação da densidade do solo é realizar inferências sobre a habilidade das raízes em penetrar no perfil do solo à medida que o aumento da densidade das camadas superficiais eleva a resistência de penetração das raízes no solo. A densidade do solo sofre influência da textura e das práticas de manejo adotadas, de forma que entre as classes de solo existem uma densidade crítica que limita o desenvolvimento radicular, no caso da área de estudo na mata nativa em que apresenta um solo com textura média/argilosa a sua densidade crítica se encontra entre 1,30 a 1,50 g/cm³. Ou seja, a densidade média encontrada nas amostras da área do cerrado nativo foi abaixo da densidade crítica, o que permite um crescimento normal das raízes das plantas.

Outros fatores que interferem na penetração das raízes e no desenvolvimento radicular é o teor de umidade, no qual solos que apresentam baixa umidade dificultam na penetração da coifa devido principalmente à maior força necessária para superar a resistência do solo. Da mesma forma, elevados valores de densidade de substratos minerados refletem em valores inferiores de porosidade e água disponível, quando comparados aos do solo sob Cerrado (Corrêa & Bento, 2010). A intenção inicial ao se descompactar o solo é permitir que camadas adensadas sejam eliminadas, e a partir disso possibilitar o aumento da infiltração da água no perfil, diminuir a possibilidade de ocorrências de erosão, e auxiliar no desenvolvimento de raízes finas, o qual incluem as raízes menores que 3,0 mm porém são as que mais contribuem para a adsorção de água e nutrientes.

#### 7.3. Quantificação da Vegetação e Produção de Serrapilheira

O índice de recobrimento do solo pela manta orgânica foi estimado pelo seu peso seco, sendo que para efeitos comparativos a produção de serrapilheira no Cerrado foi 4,5 vezes superior em relação à área degradada. Sendo que para a área de cerrado nativo o valor médio obtido das quaro amostras coletadas apresentou um peso seco de 106,10g, obtendo uma relação de 0,424 Kg/m² ao passo que na área degradada em que obteve-se apenas de uma amostra, pois foi o único local que criou condições para o estabelecimento inicial de algumas plantas, resultou em 22,90g de peso seco de sarrapilheira e 0,091 Kg/m².

Diante disto, a relação entre a quantidade de serrapilheira produzida por unidade de área é de 4.246,80 Kg/ha no Cerrado nativo e 916,0 Kg/ha na área degradada. A revegetação espontânea que ocorre na área antropizada da cascalheira se localiza em poucos pontos isolados e apresenta apenas algumas plantas, principalmente gramíneas. Estes resultados indicam que a baixa produção de resíduos vegetais na cascalheira não é o suficiente para restabelecer a ocupação vegetativa do local.

O recobrimento do solo pelos indivíduos vegetais que estão colonizando as parcelas, na qual foram desenvolvidas na área de estudo, foi possível verificar através da quantificação desde grupos arbóreos de grande porte até mudas recém germinadas uma ocupação de maior freqüência com indivíduos arbustivos e arbóreos na mata nativa, além do fato de o número de espécies presentes na cascalheira ser inferior se comparado com a diversidade vegetal apresentada no Cerrado. Considerando uma vegetação composta na sua totalidade por mudas e uma vegetação de baixo porte e vigor, a cascalheira apresentou uma relação de 351 árvores/ha enquanto no Cerrado foi identificado um índice de cobertura 3.714,71 na primeira parcela e 5.300,22 árvores/ha na segunda parcela.

A vegetação que está se desenvolvendo na cascalheira além de proteger o solo da incidência direta da chuva e dos raios solares, propiciam condições para o aumento da atividade biológica na área, afinal as condições favoráveis à mineralização da matéria orgânica resultam em acréscimo da atividade de microorganismos decompositores, e assim fornecem em maiores quantidades os nutrientes minerais.

#### 8. CONCLUSÕES

 1 – A área degradada apresenta um baixo índice de cobertura vegetal em comparação com o Cerrado nativo.

- 2 As características químicas do material dendrítico da área degradada demonstram ser pouco fértil, porém não foi condição exclusiva para permitir o estabelecimento da regeneração natural.
- 3 Valores superiores de densidade do solo foi encontrada na área degradada em relação à mata nativa.
- 4-A deposição de serrapilheira na área de Cerrado nativo foi 4,5 vezes superior a área degradada com média de 0,424 Kg/m².

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, W.P.A. & MELLO, J.W.V. Fundamentos de Pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. In: Dias, L.E. & MELLO, J.W.V., eds. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa, MG, SOBRADE, Folha de Viçosa, 1998. P.15-26.

ALVARENGA, M.I.N.; PASSOS, R.R.; SILVEIRA, D.A.; BAHIA, V.G. Manejo Visando à Conservação e Recuperação de Solos Altamente Susceptíveis à Erosão sob os Aspectos Físicos, Químicos e Biológicos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 19, n. 191, p. 49-58, 1998.

BERTOLANI, F.C.; VIEIRA. S.R. Variabilidade Espacial da Taxa de Infiltração de Água e da Espessura do Horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob Diferentes Usos. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, SP. 2001, p. 987-995.

BRASIL. Constituição Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília: Senado, 1988.

CAMPELLO, E.F.C. Sucessão **Vegetal na Recuperação de Áreas Degradadas.** In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V., (eds). **Recuperação de Áreas Degradadas.** Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1998. p. 183- 196.

CODEPLAN. Companhia de Desenvolvimento do Planalto. **Diagnóstico do espaço natural do Distrito Federal. Brasília**: 1971. 300 p.

CONAMA. Resolução nº 10, 1990. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Seção 1, p. 25540-25541.

CORRÊA, R.S.; BENTO, M.A.B. Qualidade do Substrato Minerado de Uma Área de Empréstimo Revegetada no Distrito Federal. R. Bras. Ci. Solo, 34:1435-1443, 2008.

DIAS, L.E.; GRIFFITH, J.J. Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V., (eds). Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1998. p. 1-8.

DIAS, L.E.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. Fertilidade do Solo e Seu Manejo em Áreas Degradadas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., (eds). Fertilidade do Solo. Viçosa, MG, 2007. p 956–982.

DNPM. Portaria nº 237, 2001. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

EMBRAPA CERRADOS. Mapa de reconhecimento dos solos do DF: base cartográfica digital. Planaltina, DF, 1978.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA CERRADOS. Levantamentos de Solos do Parque Nacional de Brasília, Escala 1:50.000. Planaltina, DF, 2008.

FARIAS, M.F.R. Integração de Parâmetros Morfométricos e Interpretação de Imagens Orbitais para o Auxílio no Mapeamento de Solos no Parque Nacional de Brasília. Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, 2008.

FELFILI, J.M.; SILVA-JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; MACHADO, J.W.B.; WALTER, B.M.T.; NOGUEIRA, P.E.; Hay, J.D. 1993. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado sensu stricto na Chapada pratinha, DF-Brasil. Acta Botanica Brasilica 6: 27-46.

FERRANTE, J.E.T.; RANCAN, L.; NETTO, B.P. Meio Físico: Clima In: Fernando Oliveira Fonseca. (Org.). Olhares sobre o Lago Paranoá. 1 ed. Brasília: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001, v. 1.

FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L.G.; SANO, E.E.; SHHMABUKURR, Y.E. Spectral Linear Mixture Modelling Approaches for Mapping the Brazilian Cerrado Physiognomies. International Journal of Remote Sensing, 2004.

FONTES, M.P.F. **Estudo pedológico reduz impactos da mineração. Ambiente**, São Paulo, v.5, n.1, p. 58-62, 1991.

FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. Manejo nutricional integrado na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade dos sistemas produtivos utilizando a fixação biológica de nitrogênio como fonte de nitrogênio. Brasília, Embrapa Informação Técnológica, 2005. p. 201-220.

GOEDERT, W.J.; CORRÊA, R.S. Usos, degradação e qualidade do solo. In: CORRÊA, R.S.; BAPTISTA, G.M.M., (orgs). Mineração e áreas degradadas no Cerrado. Brasília, Universa, 2004. p.159-172.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.) Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002. p.49-124.

HARIDASAN, M.; JUNIOR, B.H.M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. Acta bot. bras. 19(4): 913-926. 2005.

IBAMA/FUNATURA. **Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília. Brasília.** 1998. v.1.

JESUS, R.M. Recuperação de áreas degradadas. Anais do Congresso Nacional sobre Essências Nativas. Campos do Jordão, 1992. p. 407-412.

LEITE, L.; MARTINS, C.; HARIDASAN, M. Efeitos da Descompactação e Adubação do Solo na Revegetação Espontânea de uma Cascalheira no Parque Nacional de Brasília. In: Anais do I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Foz de Iguaçu, PR. p. 527-534, 1994.

LEITE, L.; MARTINS, C.; HARIDASAN, M. Capim - gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. Revista Árvore, Viçosa, 2004.

MARTINS, C.R. Revegetação com gramíneas nativas de uma área degradada no Parque Nacional de Brasília, DF, Brasil. 1996, 10f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

MARTOS, H.L. et al. Aspectos ambientais, técnicos, sócios – econômicos e legais na recuperação de áreas degradadas por portos de areia na região de Sorocaba-SP. Campos do Jordão, 1992. p. 760-765.

MELLO, J.W.V.; DIAS, L.E.; CORRÊA, M.L.T. **Drenagem ácida: Avaliação do potencial de ocorrência, mitigação e revegetação de substratos sulfetados.** Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. V.3. p. 401-403.

MELLO, J.W.V.; ABRAHÃO, W.A.P. **Geoquímica da drenagem ácida.** Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1998. p. 45-57.

PIANGENTINI, P.M.; DIAS, L.E.; CAMPELLO, E.F.C.; RIBEIRO JR., E.S. Crescimento de diferentes espécies arbóreas e arbustivas em depósito de rejeito de beneficiamento de minérios de zinco em Vazante – MG. Belo Horizonte. Viçosa, MG, V.1, 2002 p. 413-415.

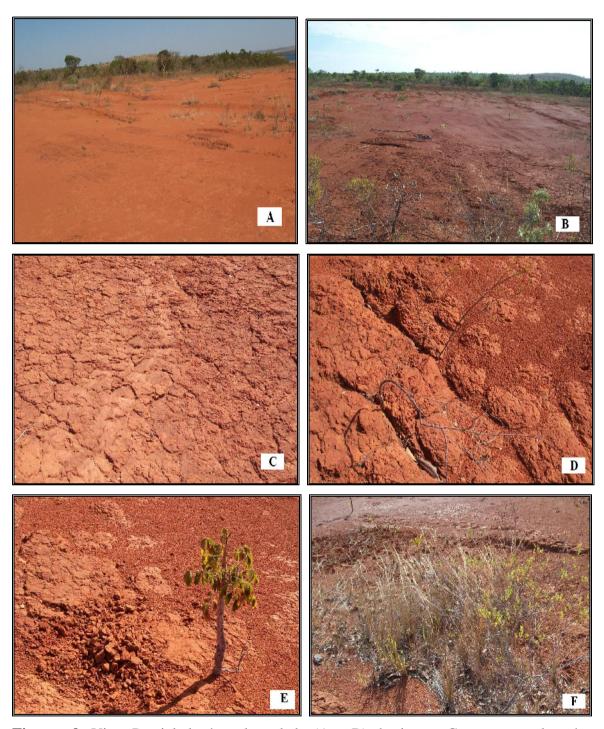
RESENDE, M. Aplicação de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11:3-18, 1985.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** Viçosa: Jard Produções Gráficas, 2002. 304p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. Viçosa, 1999.

#### ANEXO - ANÁLISE FOTOGRÁFICA

## 1. Área Degradada



**Figuras 9.** Vista Parcial da área degradada (A e B), horizonte Cr exposto sob a área degradada (C e D), primeiros indivíduos durante a regeneração natural (E e F).

#### 2. Cerrado Nativo



Figuras 10. Vista Parcial da área do Cerrado Nativo (G, H, I e J).