

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

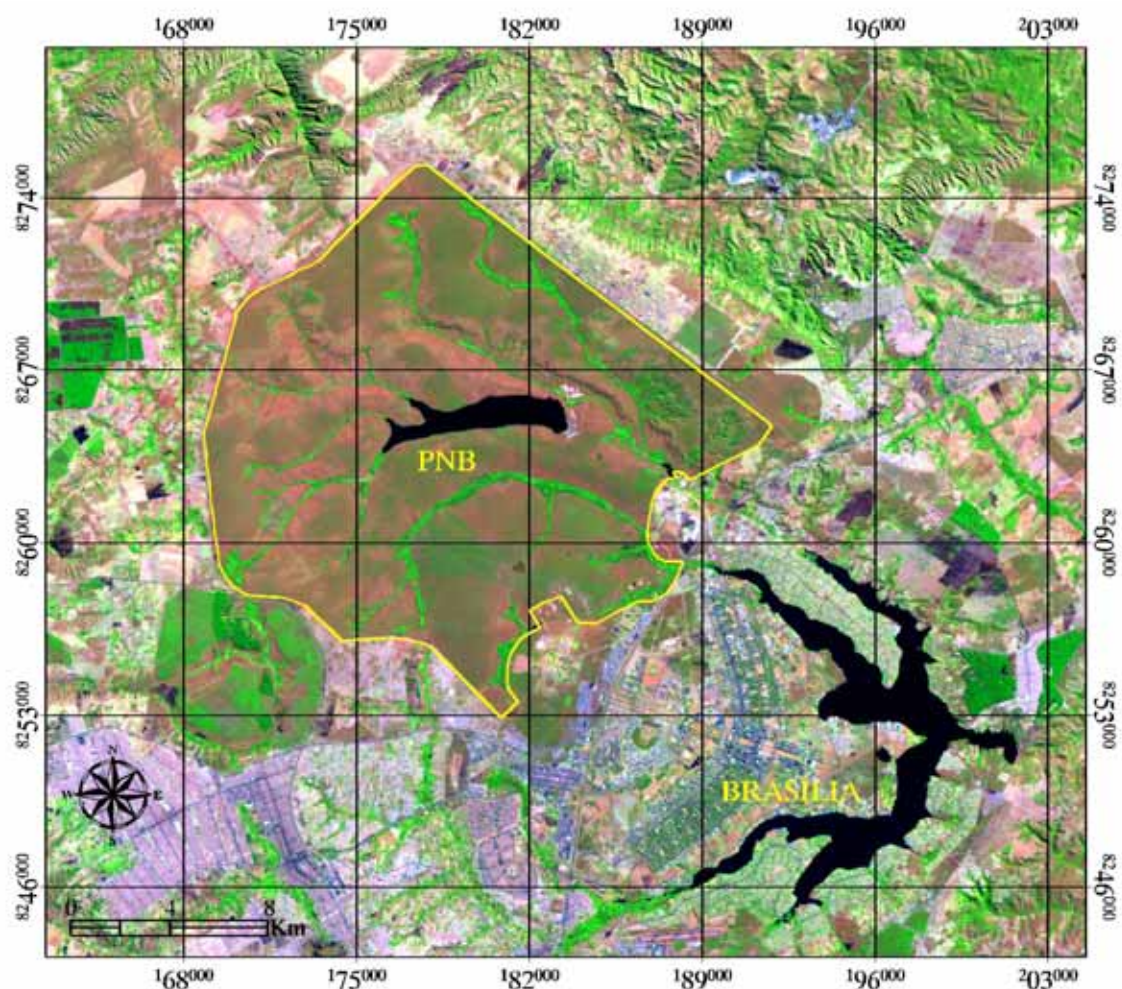
#### 3.1 - Área de Estudo

A área-teste para a análise do MLME no Cerrado foi o Parque Nacional de Brasília (PNB), selecionada pelos seguintes fatores: área relativamente extensa e preservada, com as principais fitofisionomias de Cerrado (Campo Limpo, Campo Sujo, Campo Cerrado, Cerrado *sensu stricto* e Mata de Galeria); disponibilidade de dados, incluindo espectrorradiometria de campo (espectros de referência) e imagens de satélite (cenas IKONOS e Landsat); e proximidade da cidade de Brasília, auxiliando as incursões à área de estudo, bem como na comparação de resultados com a realidade observada em campo.

O PNB (**Figura 3.1**), com uma extensão aproximada de 30 mil hectares, figura como a unidade de conservação de maior destaque no Distrito Federal. Tal importância se deve à presença de inúmeras espécies representativas da fauna e flora do bioma Cerrado, assim como importantes mananciais hídricos, responsáveis pelo abastecimento de água em Brasília.

No PNB estão reunidas as principais fitofisionomias do bioma Cerrado, subdivididas em três estratos vegetacionais, de acordo com a classificação definida por Ribeiro e Walter (1998): Campo Limpo (CL) e Campo Sujo (CS) (estrato herbáceo-arbustivo); Campo Cerrado (CC) e Cerrado *sensu stricto* (CSS) (estrato arbóreo); e Mata de Galeria (MG) (estrato arbóreo). O Cerradão, classe pertencente ao estrato arbóreo do Cerrado, não é encontrado no parque. A **Tabela 3.1** apresenta algumas propriedades das respectivas classes de vegetação.

Segundo a carta climática do Distrito Federal, a região do Parque Nacional de Brasília está submetida, basicamente, a dois tipos de clima, definidos de acordo com a temperatura local (classificação de Köppen) (**Figura 3.2**): o Cwa, tropical de altitude com temperatura do mês mais frio a 18° C, e média do mês mais quente superior a 22° C (cotas altimétrica de 1000 a 1200 metros); e o Cwb, tropical de altitude com temperatura do mês mais frio inferior a 18° C, e média do mês mais quente inferior a 22° C (cotas altimétricas acima de 1.200 metros).



**Figura 3.1.** Imagem do Parque Nacional de Brasília (composição colorida RGB 543, julho de 2001), obtida pelo satélite Landsat 7 ETM+.

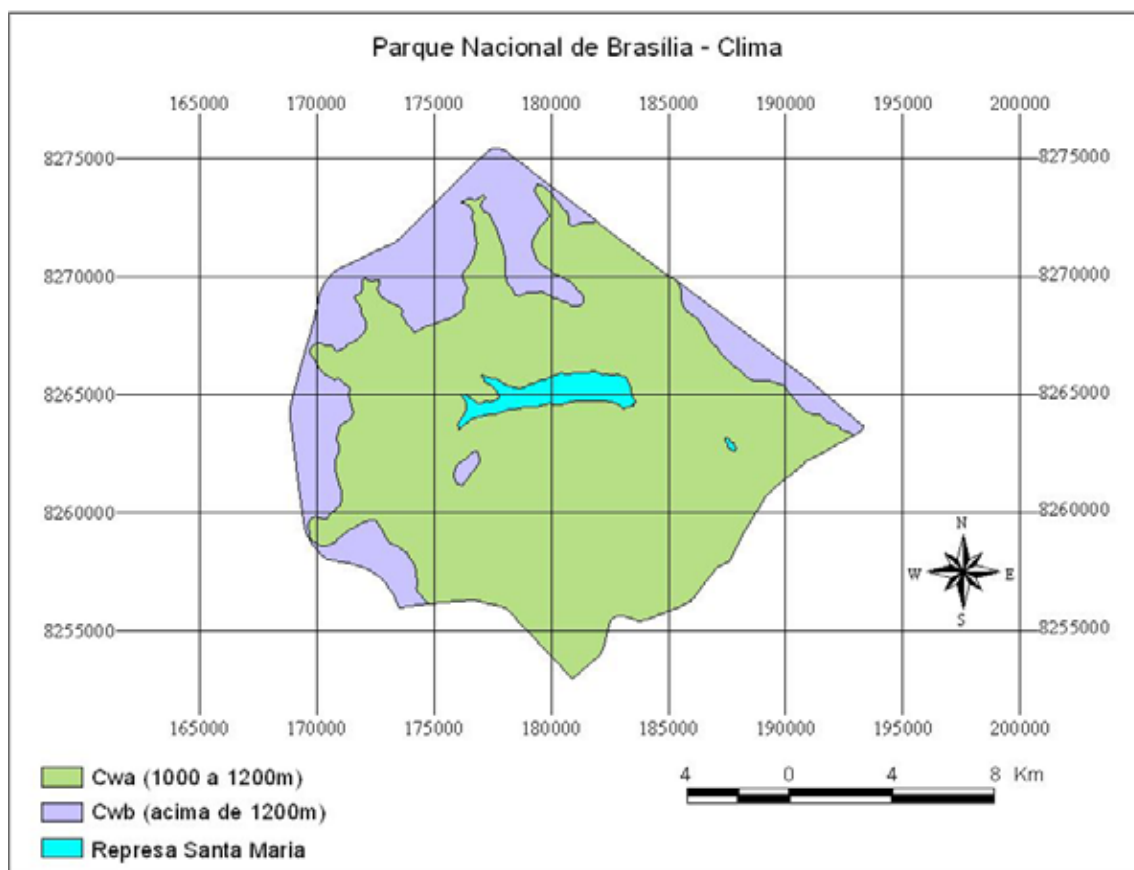
**Tabela 3.1.** Propriedades das classes de Cerrado encontradas no PNB.

| Formação do Cerrado <sup>a</sup> | Características da paisagem                                             | Cobertura arbórea (%) <sup>b</sup>                   | Altura média das árvores (m) <sup>b</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Campo Limpo                      | Campo aberto                                                            | < 1                                                  | -                                         |
| Campo Sujo                       | Campo aberto com arbustos espaçados                                     | < 5                                                  | 2                                         |
| Campo Cerrado                    | Arbustos com árvores espaçadas                                          | 5-20                                                 | 2-3                                       |
| Cerrado <i>sensu stricto</i>     | Mistura de campo, arbustos e árvores com mais de sete metros            | 20-50                                                | 3-6                                       |
| Mata de Galeria                  | Vegetação densa, sempre verde, principalmente ao longo de cursos d'água | 40-70% na estação seca;<br>50-90% na estação chuvosa | 20-30                                     |

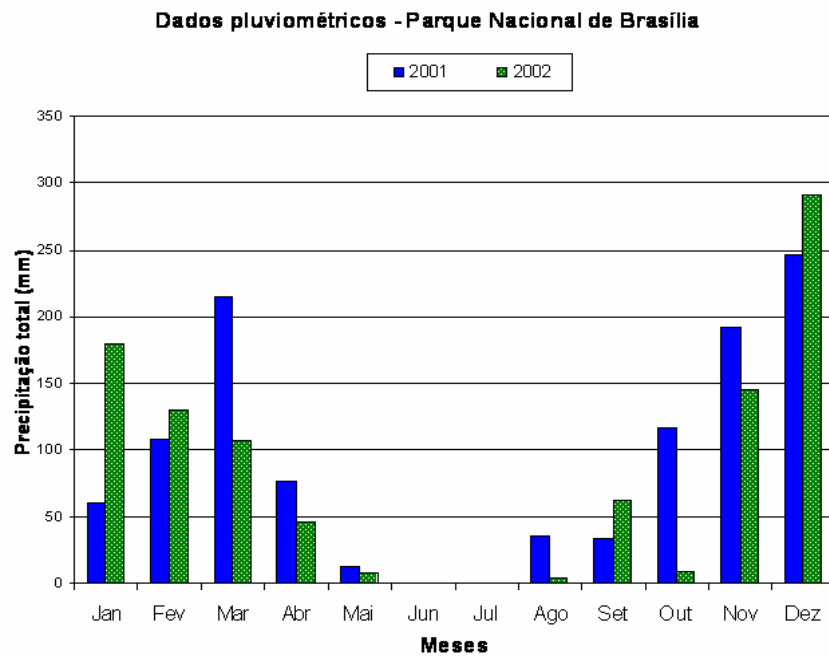
<sup>a</sup> Sistema de classificação / <sup>b</sup> valores propostos por Ribeiro e Walter (1998).

A precipitação no PNB segue um padrão característico do centro-oeste brasileiro, isto é, chuvas nos meses de outubro a março, com máxima nos meses de dezembro e janeiro. A época seca se estende pelos meses de abril a setembro, sendo junho e julho os meses mais críticos (**Figura 3.3**). A ausência de nuvens, principalmente em julho, foi um dos motivos para a aquisição de uma imagem Landsat 7 ETM+ (utilizada nos processamentos) para o mesmo período em 2001.

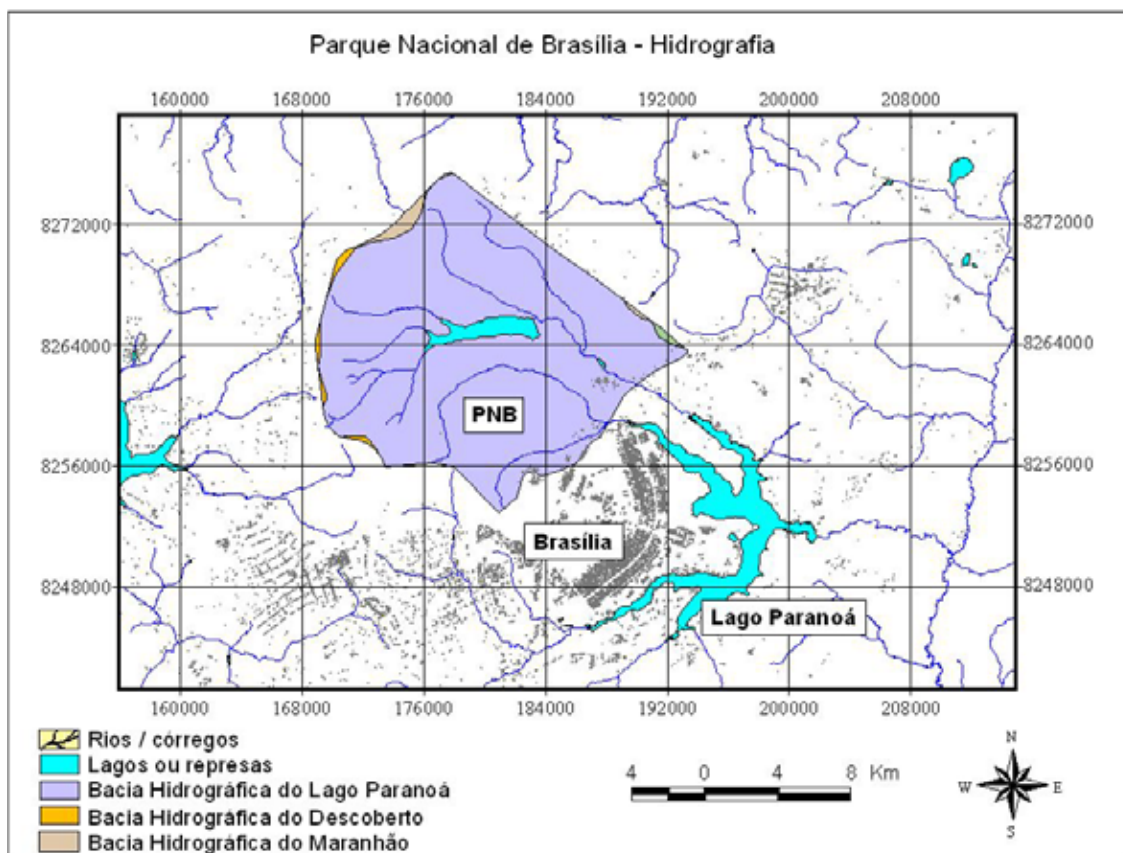
O Parque Nacional de Brasília está situado em um divisor de águas entre as Bacias Amazônica e Paraná (cota altimétrica de 1.000 metros), numa área de importantes nascentes (Guimarães, 2000), praticamente dentro da bacia hidrográfica do Lago Paranoá. Outras duas bacias são encontradas nas bordas do parque: a Bacia do Descoberto e a Bacia do Maranhão. Alguns cursos d'água na região sul do parque desembocam no Lago Paranoá, como o Córrego do Acampamento, Ribeirão do Bananal e Ribeirão do Torto (**Figura 3.4**).



**Figura 3.2.** Mapa climático do PNB. Fonte (base cartográfica digital): CODEPLAN (1996).



**Figura 3.3.** Dados de precipitação total (mm) no Parque Nacional de Brasília, para os anos de 2001 (azul) e 2002 (verde). Estação pluviométrica de Santa Maria - CAESB, Latitude Sul 15° 40' 00" e Longitude Oeste 47° 57' 57".



**Figura 3.4.** Mapa de hidrografia do PNB e entorno. Fonte (base cartográfica digital): CODEPLAN (1996).

Os principais grupos de solos encontrados no PNB são os Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo (cerca de 38%), os Cambissolos (cerca de 22%) e os Solos Hidromórficos (Ramos, 1995) (**Figura 3.5**). Os demais grupos, como os Podzólicos hidromórficos, aparecem em trechos isolados.

Os Latossolos são solos profundos, caracterizados por uma textura argilosa ou média, porosos, e bastante permeáveis. No Cerrado em geral, o estrato arborescente está mais associado às áreas com um relevo plano a suavemente ondulado, encontrando-se fitofisionomias como o Cerradão, Cerrado *sensu stricto* e o Campo Cerrado (Pinheiro, 1999; Guimarães, 2000). Já os Cambissolos são pouco desenvolvidos (horizonte B câmbico e minerais primários), com baixa fertilidade e facilmente intemperizados. No PNB, este tipo de solo favorece o desenvolvimento de fisionomias do estrato herbáceo-arbustivo, como as classes Campo Limpo e Campo Sujo, por exemplo.

Finalmente, os solos hidromórficos são observados no PNB em torno de drenagens ou pequenos córregos, estando associados ao afloramento do lençol freático. Com um horizonte A bem desenvolvido, a vegetação nesse solo é marcada principalmente pela presença dos campos de murundus (pequenos morros, cobertos com vegetação rala, e com o solo rebaixado em volta, devido ao maior acúmulo de água), associada com outras classes de Cerrado, tal como o Campo Limpo, Campo Limpo Úmido e Campo Sujo.

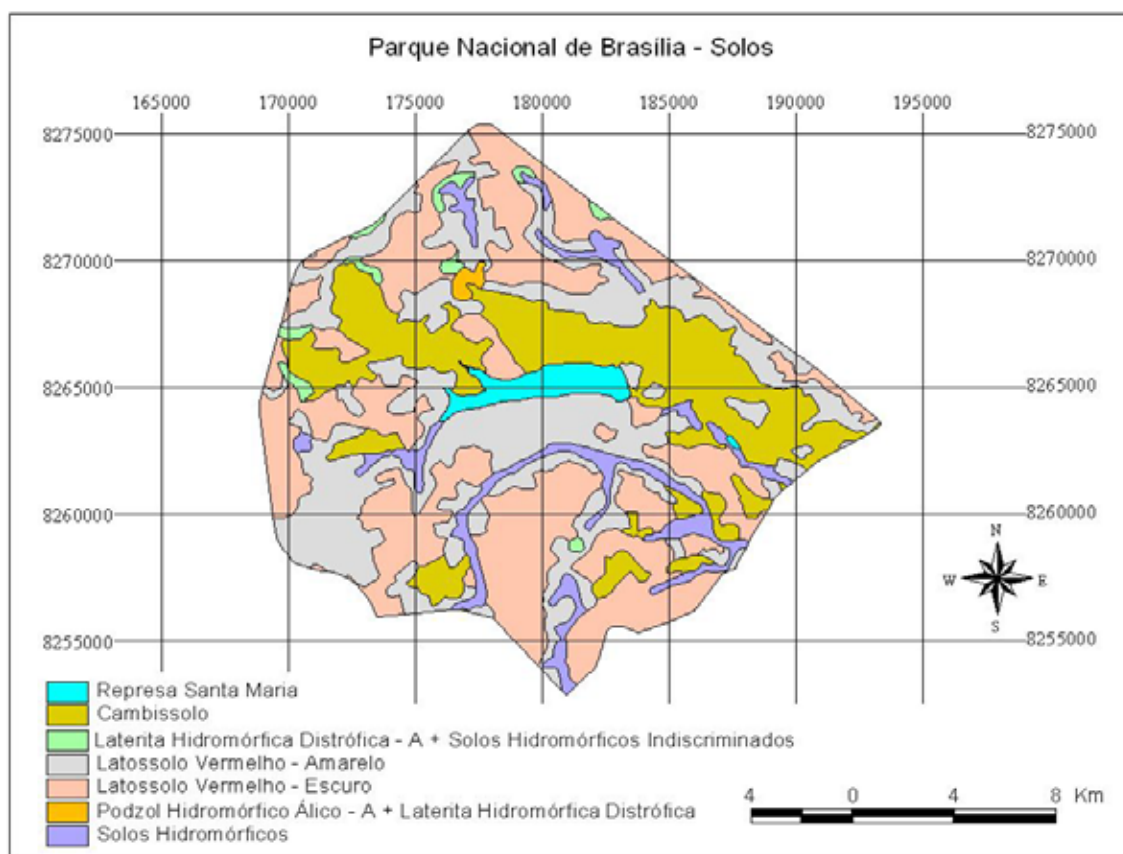
O Distrito Federal é caracterizado pela presença de rochas metamórficas (baixo grau de metamorfismo), com coberturas de solos, diferenciando dois grandes grupos de aquíferos: domínio poroso e domínio fraturado. As aluviões e a cobertura detrítico-laterítica/Latossolos caracterizam o meio poroso; já as rochas metamórficas, do Grupo Paranoá, compõem os subsistemas fraturados. A vazão de cada aquífero vai depender, por exemplo, do uso e ocupação do solo, do volume de precipitação, do relevo das bacias e da geomorfologia da região (Guimarães, 2000).

O Domínio Poroso na região do Parque Nacional de Brasília é dividido em quatro sistemas (Freitas-Silva, 1998): P1 e P2, que englobam toda a área do PNB; e P3 e P4, que ocorrem nas porções NW e NE do parque, respectivamente. As características deste domínio estão descritas na **Tabela 3.2**.



Em linhas gerais, a geologia no PNB é caracterizada por duas grandes unidades litofaciológicas, pertencentes à seqüência psamo-pelítica do Grupo Paranoá: uma litofácie basal (unidade das ardósias), constituída por sucessão composta predominantemente por ardósias, e uma litofácie de topo (unidade dos metarritmitos), caracterizada por metarritmitos com intercalações de quartzitos (Freitas-Silva e Campos, 1995).

A unidade das ardósias é pouco visível no PNB devido à sua baixa resistência aos processos de intemperismo na região. Fácies alteradas e parcialmente alteradas afloram, de forma descontínua, em voçorocas, e em algumas drenagens (localmente). Sobre esta unidade, desenvolvem-se espessos latossolos. O contato com a unidade dos metarritmitos ocorre próximo à Represa de Santa Maria, cuja fácies é recoberta na maior parte por Latossolos (**Figura 3.6**).

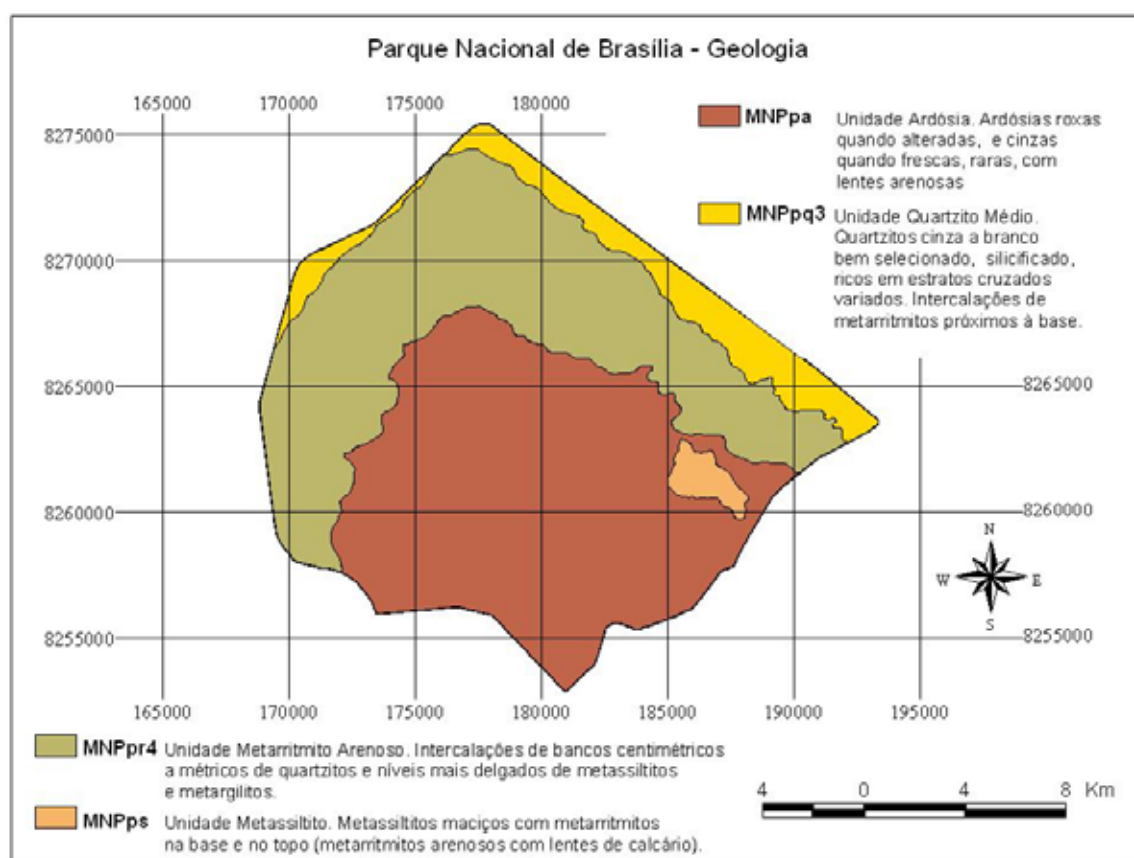


**Figura 3.5.** Mapa de solos do PNB. Fonte (base cartográfica digital): Embrapa Cerrados (1978).

**Tabela 3.2.** Características do Domínio Poroso.

| Domínios                                | P1                                                                       | P2                                                                   | P3                                                                  | P4                                                                 |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipos de aquífero</b>                | Intergranulares, contínuos, livres e de grande extensão lateral.         | Intergranulares, contínuos, livres e de grande distribuição lateral. | Intergranulares, contínuos, livres, com distribuição lateral ampla. | Intergranulares, contínuos, livres e muito restritos lateralmente. |
| <b>Condutividade hidráulica</b>         | Alta                                                                     | Média                                                                | Baixa                                                               | Muito baixa                                                        |
| <b>Espessura média do saprólito (m)</b> | 20                                                                       | >20                                                                  | <15                                                                 | <1                                                                 |
| <b>Vazão dos poços (l/h)</b>            | <800                                                                     | <800                                                                 | <800                                                                | <800                                                               |
| <b>Importância hidrogeológica</b>       | Elevada                                                                  | Mediana                                                              | Pequena                                                             | Muito pequena                                                      |
| <b>Solos</b>                            | Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média (arenosa) e areias quartzosas. | Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso.                                 | Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso e localmente com Cambissolos.   | Cambissolos litólicos rasos com fragmentos de xisto e filitos.     |

Fonte: Freitas-Silva (1998).



**Figura 3.6.** Mapa das unidades geológicas no PNB. Fonte (base cartográfica digital): Freitas-Silva e Campos (1995).

### 3.2 - Atualização do Mapa de Vegetação do PNB

O atual mapa de vegetação do PNB foi utilizado como verdade terrestre nesta pesquisa, auxiliando na análise dos modelos lineares aplicados às imagens ETM+ no Cerrado. Em virtude disto, o antigo mapa de vegetação precisou ser atualizado, com a finalidade de garantir uma acurácia maior na verificação do Modelo Linear de Mistura Espectral.

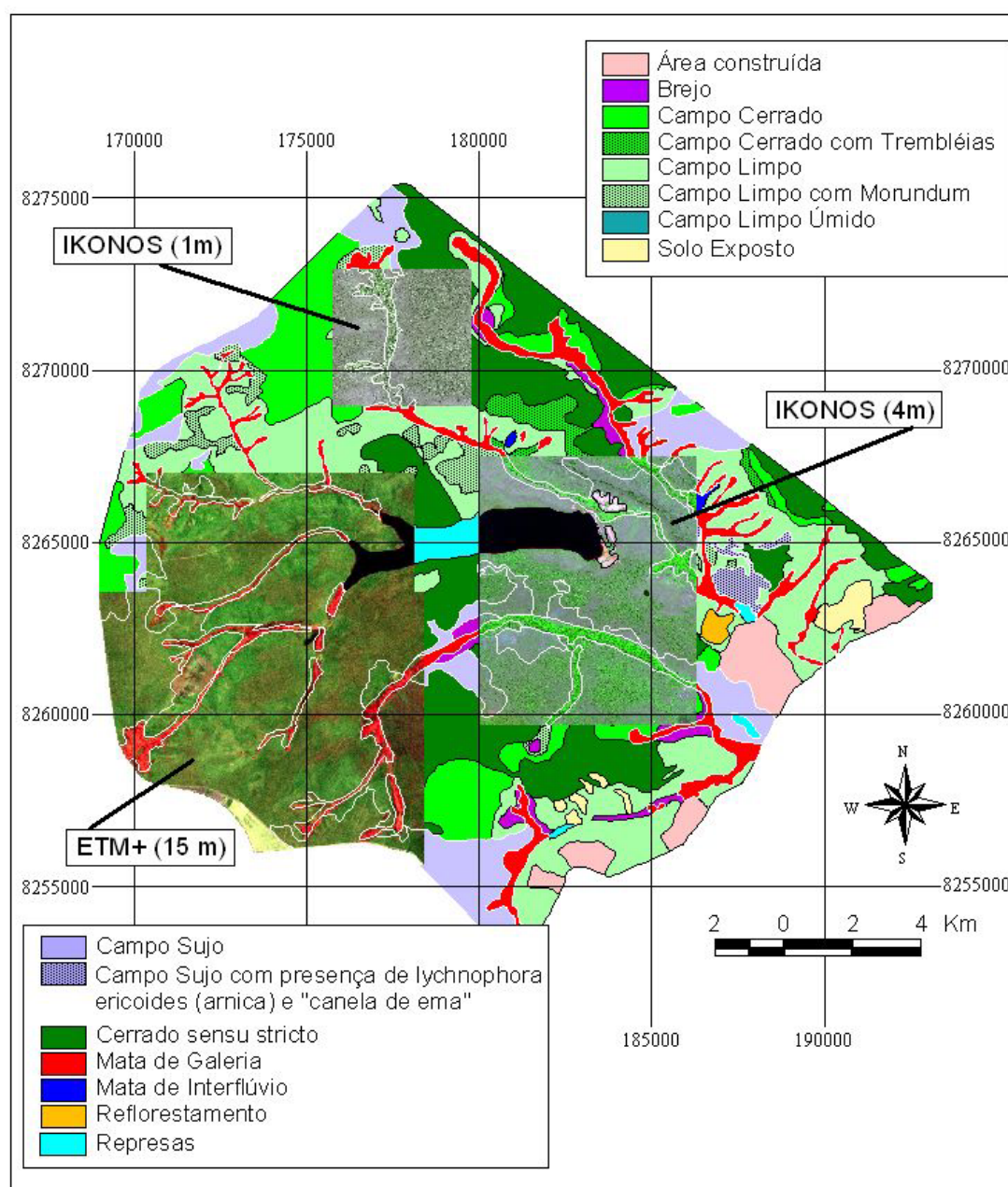
Duas cenas do sensor orbital IKONOS-II (órbita 31 / ponto 72, junho de 2001) foram empregadas nesta atualização, cobrindo parcialmente as porções leste e oeste da área de estudo (**Figura 3.7**). Com resoluções espaciais de 1 metro (banda *pancromática*) e de 4 metros (bandas *azul, verde, vermelho e infravermelho próximo*), foi possível corrigir parte das falhas observadas no mapeamento anterior.



**Figura 3.7.** Cenas do satélite IKONOS cobrindo cerca de 61% da área do PNB (composição RGB 123).



Em virtude das duas cenas IKONOS, adquiridas pelo projeto LBA, cobrirem somente 61% da área do parque, utilizou-se uma terceira imagem adquirida pelo satélite Landsat ETM+ (221/71, setembro de 2001) para recobrir o restante da área a ser mapeada. A **Tabela 3.3** resume as características de ambos os sensores. Visando uma melhor definição das fitofisionomias de Cerrado, obteve-se ainda uma combinação das bandas 3, 4 e 5 (resolução espacial de 30 metros) com a banda 8 (banda pancromática, com resolução espacial de 15 metros) do sensor ETM+. A **Figura 3.8** ilustra a interpretação visual destas imagens e a vetorização das classes do mapa atual.



**Figura 3.8.** Atualização do mapa de vegetação do PNB, por meio das cenas ETM+ e IKONOS.

**Tabela 3.3.** Características gerais dos sensores Landsat ETM+ e IKONOS.

| Landsat ETM+                 |                                   | Bandas                |       | Resolução espectral          | Resolução espacial |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------|------------------------------|--------------------|
| <b>Resolução temporal</b>    | 16 dias                           | Visível               | Azul  | 1) 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ | 30 m               |
| <b>Período</b>               | 98,9 min                          |                       | Verde | 2) 0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$ | 30 m               |
| <b>Altitude</b>              | 705 km                            |                       | Verm. | 3) 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ | 30 m               |
| <b>Inclinação</b>            | 98,5°                             | Infravermelho Próximo |       | 4) 0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$ | 30 m               |
| <b>Órbita</b>                | Sol-síncrona, descendente         | Infravermelho Médio   |       | 5) 1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$ | 30 m               |
| <b>Passagem Pelo Equador</b> | 10:00 h.                          | Infravermelho Termal  |       | 6) 10,4 - 12,5 $\mu\text{m}$ | 60 m               |
| <b>Faixa de Imageamento</b>  | 170 km (comp.) x 183 km (largura) | Infravermelho Médio   |       | 7) 2,08 - 2,35 $\mu\text{m}$ | 30 m               |
|                              |                                   | Pancromático          |       | 8) 0,50 - 0,90 $\mu\text{m}$ | 15 m               |

| IKONOS                       |                                        | Canais                |       | Resolução espectral          | Resolução espacial |
|------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|-------|------------------------------|--------------------|
| <b>Resolução temporal</b>    | ~36 h. (multi-espectral) e 72 h. (Pan) | Visível               | Azul  | 1) 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ | 4 m                |
| <b>Período</b>               | 98 min.                                |                       | Verde | 2) 0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$ | 4 m                |
| <b>Altitude</b>              | 681km                                  |                       | Verm. | 3) 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ | 4 m                |
| <b>Inclinação</b>            | 98,1°                                  | Infravermelho Próximo |       | 4) 0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$ | 4 m                |
| <b>Órbita</b>                | Sol-síncrona, descendente              | Pancromático          |       | 5) 0,45 - 0,90 $\mu\text{m}$ | 1 m                |
| <b>Passagem Pelo Equador</b> | -                                      |                       |       |                              |                    |
| <b>Faixa de Imageamento</b>  | 13 km x 13 km                          |                       |       |                              |                    |

Os dados vetoriais do mapeamento anterior foram utilizados como orientação aos ajustes realizados sobre as imagens de sensoriamento remoto, indicando a necessidade de alteração/complemento em cada polígono de vegetação.

Essa etapa de atualização contou também com incursões à área de estudo (**Figura 3.9**), onde foi verificada a interpretação visual provida por essas cenas de satélite. Ressalta-se aqui a importante contribuição do pesquisador **George Eiten** nos trabalhos

de campo, o qual indicou algumas das alterações apresentadas na classificação e na nomenclatura do atual mapa de vegetação. Parte dessas contribuições, essenciais na identificação de algumas fitofisionomias de Cerrado, estão presentes em Eiten (2001).



**Figura 3.9.** Incursões no Parque Nacional de Brasília, durante a realização do novo mapa de vegetação (out./2002).

### 3.3 - Geração das Imagens Fração

As Imagens Fração (IF) foram geradas a partir de uma cena ETM+ do Parque Nacional de Brasília, obtida em 20 de julho de 2001 (época seca), em escala de cinza e reflectância (correção atmosférica realizada com o método 6S). As constrições apresentadas na Equação 2.7 foram aplicadas no MLME, através do método WLS (*Weighted Least Square*), estimando-se a proporção para cada componente no *pixel*, de acordo com os modelos lineares apresentados neste estudo. Para evitar qualquer influência nos resultados, optou-se por não utilizar a mesma cena ETM+ empregada na atualização do mapa de vegetação (221/71, set./2001).

### 3.3.1 - Modelos Lineares

Dois modelos lineares foram utilizados na geração das IF. O primeiro modelo, geral, foi elaborado por *endmembers* obtidos na própria imagem, enquanto que o segundo modelo, específico, foi subdividido em dois grupos: *endmembers* obtidos na própria imagem, e por espectrorradiometria de campo (espectros de referência).

#### Modelo geral (Imagem)

O modelo geral foi constituído pelos componentes *vegetação*, *solo* e *sombra*. Toda imagem de sensoriamento remoto, com resolução espacial de média a alta (30 a 15 metros), apresenta diferentes proporções de vegetação e solo, com um componente *sombra* variando de acordo com as características estruturais do dossel. O componente *água* apresenta a mesma resposta espectral da *sombra*. Normalmente, a soma linear destes três *endmembers* contempla a variabilidade natural dos alvos numa imagem Landsat.

Este modelo foi aplicado na cena ETM+ com *pixels* na forma de valores digitais (VD) e reflectância (R) (bandas 1-5 e 7). Nesse caso, os objetivos foram avaliar o potencial do método na discriminação das fitofisionomias de Cerrado, além de verificar a intensidade da interferência atmosférica na geração das IF.

#### Modelo específico (Imagem e Referência)

Constituído pelos componentes *Campo Limpo*, *Campo Sujo* e *Cerrado sensu stricto*, o modelo específico baseia-se na hipótese de que este bioma é constituído pela mistura de três estratos fisionômicos (herbáceo, arbustivo e arborecente), onde a maior ou menor proporção dos componentes representa uma base para a classificação das principais fitofisionomias do Cerrado (*Campo Limpo*, *Campo Sujo*, *Campo Cerrado* e *Cerrado sensu stricto*). Sendo assim, e de acordo com essa hipótese, uma imagem orbital do PNB poderia ser modelada com o emprego destes três *endmembers*.

Tal modelo foi aplicado apenas na cena ETM+ em nível de reflectância, com os alvos Mata de Galeria (vegetação densa), solo exposto e água (ou sombra) retirados da imagem por meio de máscaras. Foi restringido, assim, a aplicação do método às fitofisionomias de Cerrado com maior associação espectral, verificando-se o desempenho do MLME na discriminação dessas classes de vegetação. Ao mesmo

tempo, foram avaliadas as possíveis diferenças das IF obtidas com *endmembers* da própria imagem daquelas obtidas com *endmembers* de referência (espectrorradiômetro aerotransportado no PNB).

Em relação às máscaras, optou-se por um método cuja subjetividade fosse a menor possível, fundamentado em índices de vegetação (NDVI). Os seguintes intervalos foram utilizados: Mata de Galeria (0,65 a 0,92), solo exposto (0,023 a 0,17), água (0 a 0,02). Estes parâmetros referem-se ao sensor ETM+ da época seca e podem ser modificados por fatores intrínsecos e/ou espúrios ao imageamento, tal como ruídos, diferenças atmosféricas ou propriedades do alvo. A **Figura 3.10** ilustra a cena ETM+ com as respectivas máscaras, seguida pela nova distribuição dos *pixels* para esta análise, no espaço vermelho-infravermelho próximo.

### 3.3.2 - Elaboração das Bibliotecas Espectrais (*Imagem e Referência*)

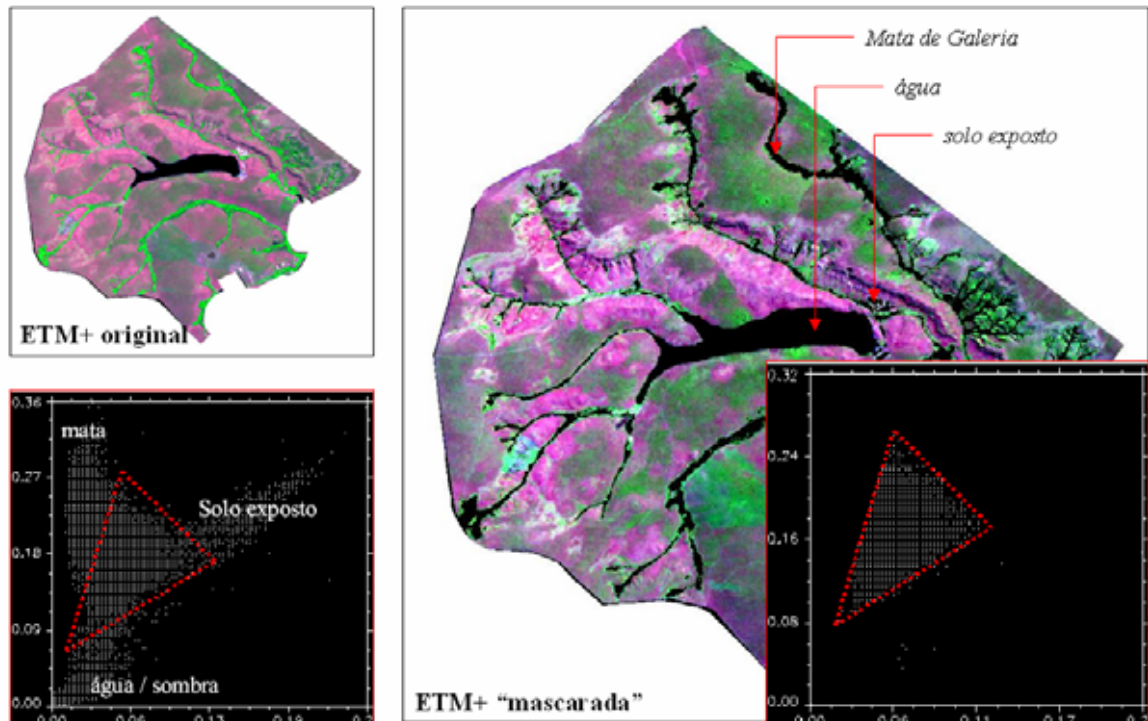
A biblioteca espectral relativa ao modelo linear geral foi elaborada com base na média de 100 *pixels* tidos como puros para cada componente, coletados diretamente nas imagens ETM+ Valor Digital (VD) e Reflectância (R), com a mesma localização em ambas as cenas. A seleção foi baseada nas características visuais do alvo e na distribuição dos *pixels* no espaço amostral vermelho - infravermelho próximo, considerando a teoria do “*simplex*” (Bajjouk et al., 1998).

O componente *vegetação* foi amostrado em áreas com Mata de Galeria, por ser esta a classe de maior vigor vegetacional no PNB. Amostras dos componentes *solo* e *sombra* foram obtidas em áreas na imagem com solo exposto e água (represa Santa Maria), respectivamente. A **Figura 3.11** ilustra esta biblioteca espectral, com e sem correção atmosférica.

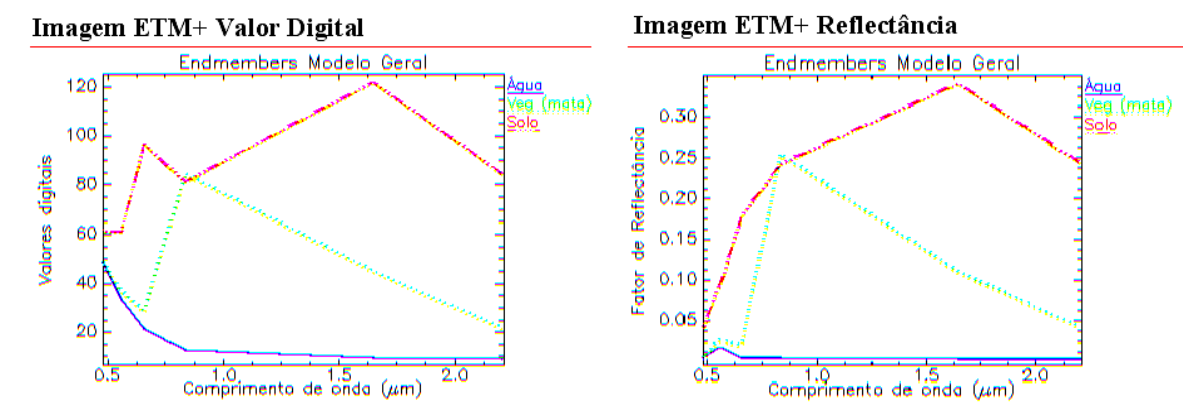
A segunda biblioteca espectral, referente ao modelo linear específico (Campo Limpo, Campo Sujo e Cerrado *sensu stricto*), foi elaborada por *endmembers* obtidos na própria imagem ETM+ Reflectância (com máscara), e por *endmembers* gerados através de espectrorradiometria aérea no PNB. Os procedimentos utilizados na seleção de amostras na imagem foram semelhantes aos do primeiro modelo, isto é, as curvas para cada componente foram originadas de uma média de 100 *pixels* considerados como puros. Uma coleta individual, com apenas um *pixel* “puro”, também foi realizada, a fim



de comparar os métodos de extração; neste caso, as curvas espectrais isoladas foram muito semelhantes aos espectros médios, porém, com uma dificuldade maior na busca por uma curva que melhor representasse o alvo.



**Figura 3.10.** Imagem ETM+ do Parque Nacional de Brasília, com e sem os alvos Mata de Galeria, solo exposto e água, seguida pela nova distribuição dos *pixels* no espaço vermelho (x) - infravermelho próximo (y).



**Figura 3.11.** Biblioteca espectral referente ao modelo linear geral, para as imagens ETM+ Valor Digital e Reflectância.

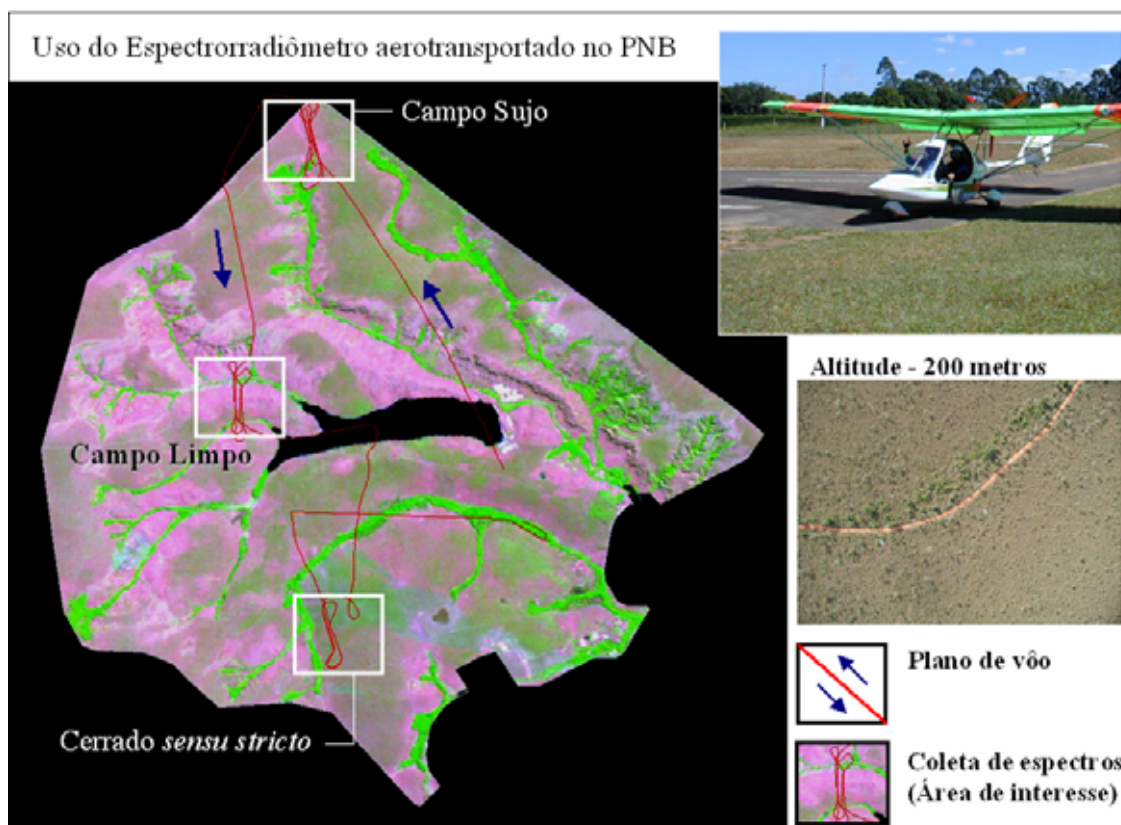
Os *endmembers* de referência foram originados por espectrorradiometria aérea no PNB (julho de 2001), sempre no período da manhã, observando-se a ausência de nuvens na área sobrevoada. O espectrorradiômetro utilizado foi o modelo portátil FieldSpec Pro FR (**Figura 3.12**), produzido pela Analytical Spectral Devices (ASD Inc., Boulder - Colorado, EUA). Este instrumento, a bordo de um ultraleve (**Figura 3.13**), registrou a resposta espectral da vegetação na faixa de 350 a 2500 nm., permanecendo a uma altitude constante de 200 metros.



**Figura 3.12.** Ilustração do espectrorradiômetro utilizado na pesquisa, modelo FieldSpec Pro FR (350 - 2500 nm), produzido pela Analytical Spectral Devices (ASD Inc.).

Em laboratório, os espectros foram selecionados de acordo com a localização dos alvos na cena ETM+ do parque (Campo Limpo, Campo Sujo e Cerrado *sensu stricto*), utilizando-se como guia os vetores do mapa de vegetação atualizado. Os espectros mais adequados (variando de 350 a 2.500 nm) foram convolvidos para as seis bandas do sensor ETM+ (bandas 1 - 5 e 7), compondo-se uma biblioteca espectral de referência (média dos espectros obtidos na área de estudo). A **Figura 3.14** ilustra esta etapa.

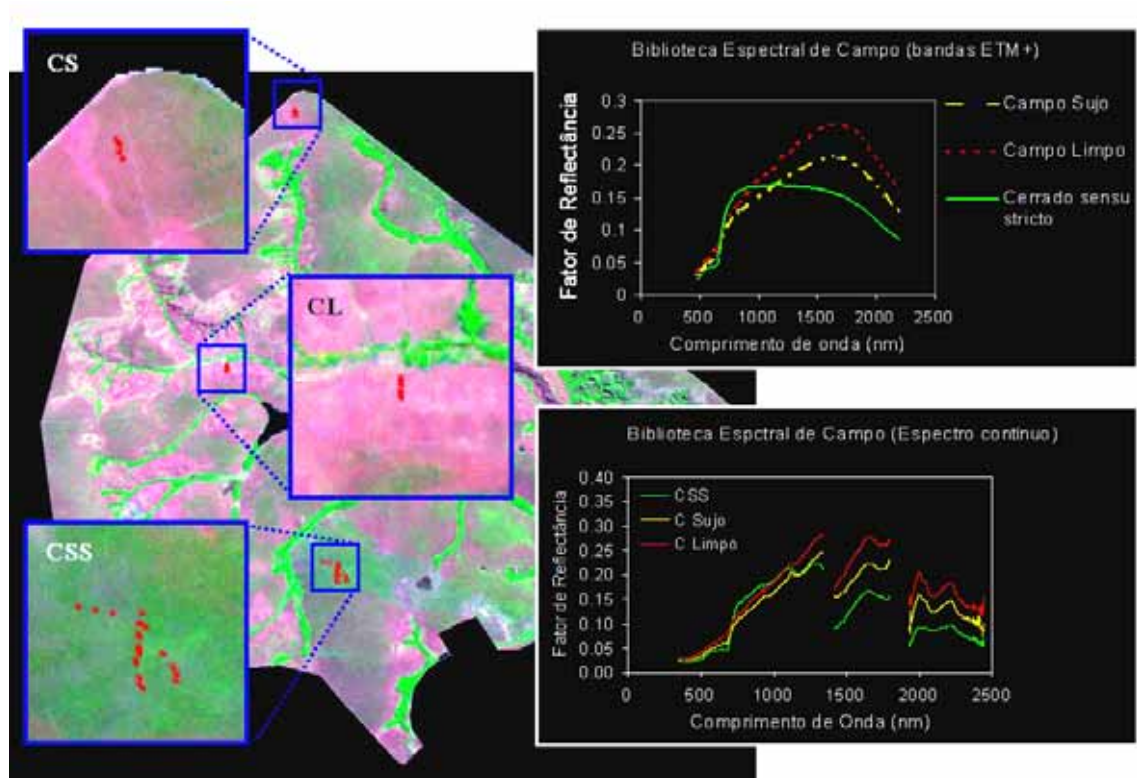
Em relação à data de obtenção dos dados de sensoriamento remoto, tanto para a imagem ETM+ como para as medidas espectrorradiométricas, optou-se pelo mês de julho (estação seca em Brasília), quando a contaminação atmosférica por vapor d'água (nuvens) é menor. Embora o Índice de Área Foliar decresça neste período de estiagem, tal fato não interfere na discriminação das classes de Cerrado, pois esta variação é proporcional a todas as fitofisionomias abordadas no estudo com o MLME (em média 20% para CL e CS; 12% para CC e CSS; e 5% para MG). Por outro lado, a imagem de satélite obtida durante a seca apresenta uma influência maior do solo, o que vem a contribuir para a geração e análise da respectiva Imagem Fração (*solo*).



**Figura 3.13.** Procedimentos realizados no Parque Nacional de Brasília para a análise das fitofisionomias Campo Limpo, Campo Sujo e Cerrado *sensu stricto* (modelo linear específico), por meio de espectrorradiometria aérea.

### 3.3.3 - Uso da Técnica de Fração de Ruído Mínimo (*Minimum Noise Fraction*)

Imagens fração do Parque Nacional de Brasília também foram geradas a partir de bandas sintéticas resultantes da técnica *Minimum Noise Fraction* (MNF). Neste caso, os *endmembers* Campo Limpo, Campo Sujo e Cerrado *sensu stricto* (modelo específico) foram obtidos na própria imagem MNF (seis bandas), utilizando-se uma composição colorida RGB das MNF 1, 2 e 3. O MLME foi aplicado em seguida, apenas para as MNF 1 e 2, onde estão concentrados cerca de 98% das informações inerentes à imagem original, sem ruídos. A **Figura 3.15** ilustra a imagem MNF, com a respectiva biblioteca espectral no espaço MNF (bandas 1 a 6) e no espaço original ETM+ (bandas 1-5 e 7). As categorias de imagens (dados de entrada), modelos lineares, grupos de *endmembers* e processamentos realizados estão agrupados na **Tabela 3.4**.



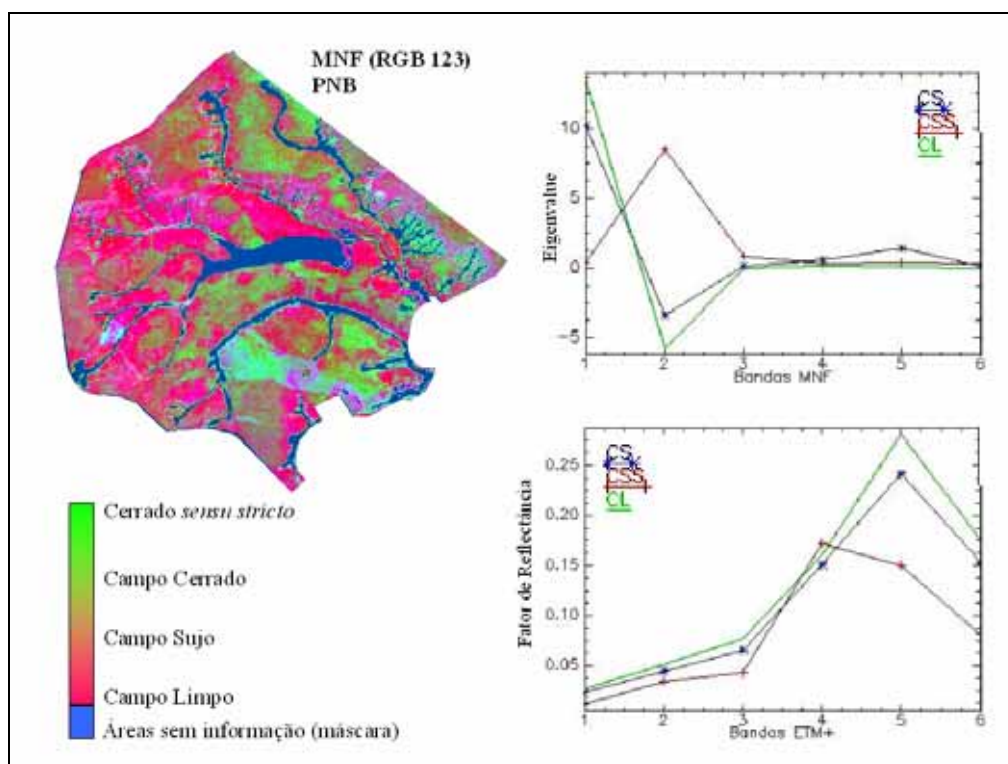
**Figura 3.14.** Seleção das curvas espectrais obtidas para as fitofisionomias Campo Limpo, Campo Sujo e Cerrado *sensu stricto* (modelo linear específico), a partir dos dados de espectrorradiometria aérea gerados no Parque Nacional de Brasília.

### 3.4 - Análise Estatística dos Dados

#### 3.4.1 - Amostras

Num primeiro momento, foram adquiridas, nas imagens ETM+ (bandas 1-5 e 7), Imagens Fração (VD e R) e imagem NDVI, 150 amostras de *pixels* por classe de vegetação (Campo Limpo - CL, Campo Sujo - CS, Campo Cerrado - CC, Cerrado *sensu stricto* - CSS, e Mata de Galeria - MG), 50 amostras para a classe Solo exposto e 50 amostras para a classe Água. A obtenção dessas amostras foi orientada pelo mapa de vegetação atualizado. Na imagem ETM+ *máscara*, e nas respectivas IF originadas desta cena, as 150 amostras de *pixels* ficaram restritas às classes CL, CS, CC e CSS (**Figura 3.16**).





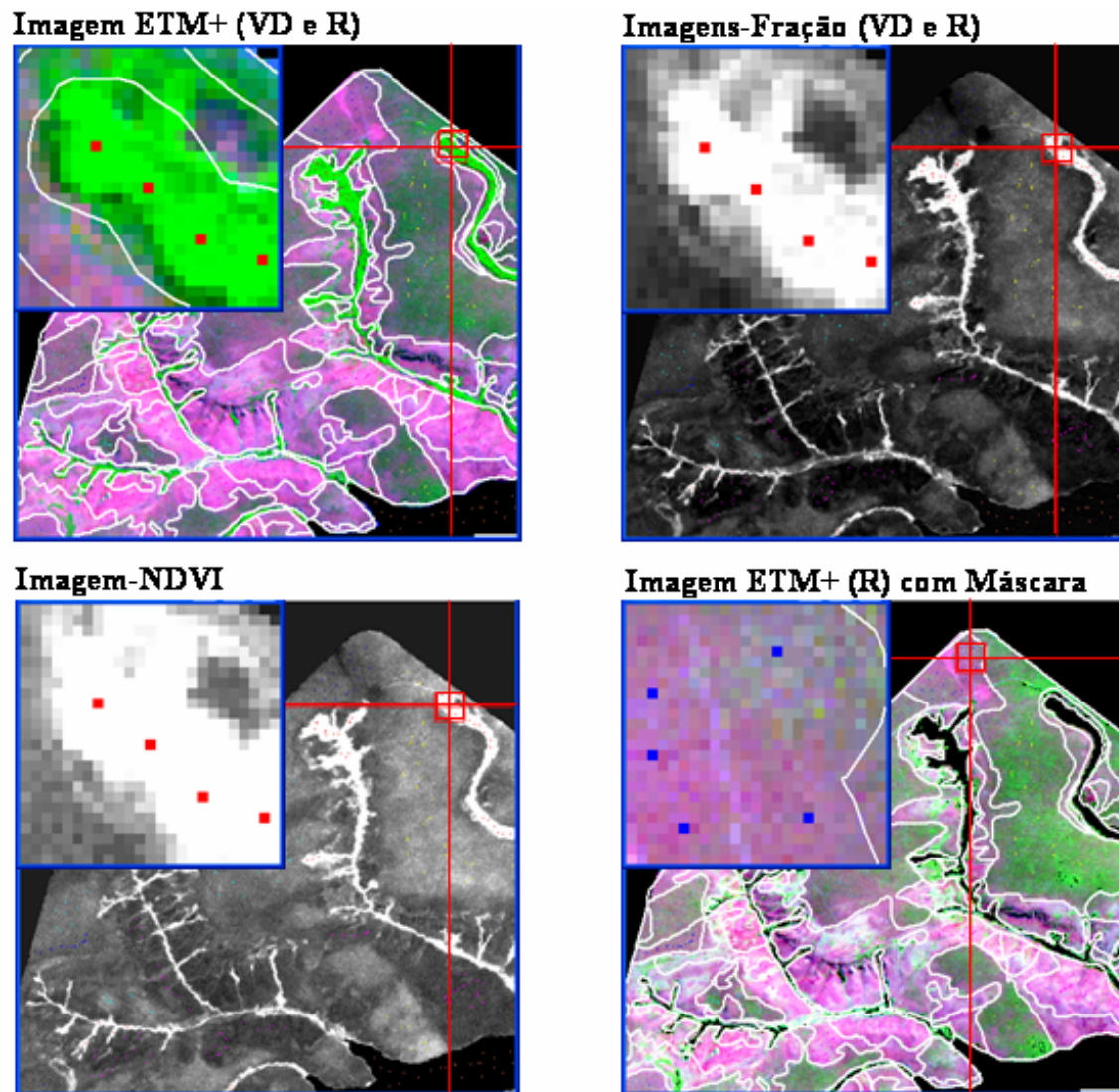
**Figura 3.15.** Imagem MNF (RGB 123) do Parque Nacional de Brasília, com as curvas espectrais para os endmembers Campo Limpo, Campo Sujo e Cerrado *sensu stricto* no espaço MNF e no ETM+.

**Tabela 3.4.** Categorias de imagens, modelos lineares, fonte de *endmembers* e processamentos utilizados para análise do MLME no Parque Nacional de Brasília.

| Imagens (entrada)  | Modelos Lineares  |                   |                       | Processamentos |     |                 |
|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------------|-----|-----------------|
|                    | Geral             | Específico        |                       | NDVI           | MNF | Imagens -Fração |
|                    | Endmembers Imagem | Endmembers Imagem | Endmembers Referência |                |     |                 |
| ETM+ Valor Digital | x                 | -                 | -                     | x              |     | x               |
| ETM+ Reflectância  | x                 | -                 | -                     | -              | x   | x               |
| ETM+ R (máscara*)  | -                 | x                 | x                     | -              |     | x               |
| Imagem MNF         | -                 | x                 | -                     | -              |     | x               |

\* Máscara para os alvos Mata de Galeria, solo e água (represa Santa Maria), restringindo o modelo linear específico às fitofisionomias de Cerrado.





**Figura 3.16.** Amostras de *pixels* obtidas nas diversas categorias de análise. VD = Valor Digital, R = Reflectância.

### 3.4.2 - Análise Discriminante e Separabilidade entre Classes

O potencial das imagens fração para o Cerrado foi medido principalmente por meio da aplicação de um modelo estatístico baseado na Distância de Mahalanobis (para duas ou mais variáveis) (Schowengerdt, 1997). Geraram-se, assim, as Análises Discriminante (matrizes de classificação), seguido pela respectiva Matriz “F” (Estatística F), a qual indica o grau de separabilidade destas classes de vegetação.

Inicialmente, foram avaliadas as IF (*endmembers* - imagem) obtidas pelo modelo linear geral (vegetação, solo e sombra), observando-se cinco classes de Cerrado no

PNB, além do solo e da água: CL, CS, CC, CSS e MG. A análise estatística foi repetida para a Imagem NDVI e para a cena ETM+ (bandas 1-5 e 7). Num segundo momento, foram avaliadas as IF (*endmembers* - *Referência* e *Imagem*) resultantes do modelo linear específico para o Cerrado (CL, CS e CSS), observando-se o comportamento das quatro principais fitofisionomias deste bioma: CL, CS, CC e CSS.