

## ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE IDENTIFICAR PASTAGENS DEGRADADAS UTILIZANDO DADOS RADIOMÉTRICOS DE CAMPO

### Analyses of the possibility to identify pasture degradation using field radiometric data

*José Benjamin Severino Franco*

Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia

*Roberto Rosa*

Prof. Dr. do Instituto de Geografia – UFU / E-mail: rrosa@ufu.br

Artigo recebido em 10/8/2004 e aceito para publicação em 30/09/2004

#### **RESUMO:**

*Este trabalho teve como objetivo identificar três níveis de degradação de pastagens cultivadas com Brachiária, utilizando dados radiométricos de campo e técnicas de sensoriamento remoto. Foram realizadas correlações entre medidas radiométricas de campo e o Índice de Área Foliar, Biomassa, Percentagem de Cobertura Verde e NDVI. Os resultados alcançados não foram bons. Observou-se muita confusão entre as pastagens com baixo e médio nível de degradação (manejadas diferentemente pelos proprietários), isto se explica pela maior quantidade de matéria seca e também maior sombreamento presente na pastagem com baixo nível de degradação, ao passo que a pastagem com médio nível de degradação possuía uma cobertura verde mais uniforme e sombreamento menor. Os dados por nós utilizados foram obtidos em apenas uma época do ano, início da estação chuvosa, talvez se fossem obtidos em diferentes épocas pudessem fornecer melhores resultados na identificação de estágios de degradação de pastagens.*

**Palavras-chave:** Medidas radiométricas, degradação de pastagens, sensoriamento remoto.

#### **ABSTRACT:**

*The objective of this study was to identify three levels of pasture degradation in areas containing the species of the genus Brachiaria, using field radiometric data and remote sensing techniques. Correlations were obtained between radiometric measurements and the Leaf Area Index (LAI), Biomass, Percentage of Green Cover and NDVI. The envisaged results of this work were not attained. The LAI and the Green Biomass presented the highest correlations with the Digital Numbers. There was a lot of confusion between pastures with low and medium degradation levels. This can be explained by a larger amount of dry matter and also more shadowing, present in the pasture with a low degradation level, while the pasture with medium degradation level contained a more uniform green cover and less shadow.*

**Key-words:** Radiometric data, pasture degradation, remote sensing

## 1 – INTRODUÇÃO

As gramíneas do gênero *Brachiaria* são conhecidas no Brasil desde a década de 50. A verdadeira expansão desse gênero ocorreu nas áreas de Cerrado nas décadas de 70 e 80, principalmente nas regiões de clima mais quente, e hoje, provavelmente, esta gramínea ocupa mais de 50% das áreas de pastagens plantadas no Brasil Tropical (Zimmer et al., 1988).

Segundo Soares Filho (1994), a *Brachiaria* é o capim mais plantado no país, sendo utilizado na cria, recria e engorda dos animais. Sua presença marcante nas áreas de Cerrado, ocupando o espaço das pastagens nativas, é devido ao baixo rendimento de forragem destas, o que ocasiona a perda de peso dos animais na época da seca. A *Brachiaria* adapta-se às mais variadas condições de solo e clima, ocupando espaço cada vez maior nos cerrados, com vantagens sobre outras espécies de forrageiras, visto a proporcionar produções satisfatórias de forragem em solos cuja fertilidade varia de baixa a média.

Nos últimos anos os produtores de carne e leite da região dos Cerrados do Brasil Central (na qual se encontra o Triângulo Mineiro) têm assistido a um gradativo processo de degradação de suas pastagens, o que reduz drasticamente a margem de seus lucros, uma vez que a base econômica da região baseia-se na agropecuária. A causa desta degradação está relacionada a fatores como: maneira de preparo do solo, escolha das espécies forrageiras, fertilização, ataque de pragas, uso do fogo, ausência de consorciações, manejo inadequado do pastoreio, dentre outros. Como consequência, tem-se a perda de produtividade e a diminuição da renda dos pecuaristas, além das perdas na qualidade e no potencial de produção do solo.

Os dados citados evidenciam a necessidade de identificar os diferentes níveis de degradação em áreas de pastagens cultivadas, e fornecerão subsídios para possíveis intervenções dos órgãos governamentais com o objetivo de recuperar e conservar esse recurso natural. Nesse aspecto, as técnicas de

Sensoriamento Remoto hoje disponíveis, podem auxiliar no mapeamento desses diferentes níveis de degradação de pastagens, através da interpretação de imagens de satélite associada a levantamentos de campo. O uso das imagens de satélite é hoje uma das únicas formas viáveis de caracterização e monitoramento ambiental em escalas locais, regionais e globais, devido à rapidez, à eficiência, periodicidade e à visão sinóptica que caracterizam tais imagens.

A área de estudo encontra-se no município de Uberlândia – MG, selecionada pela facilidade de acesso e por apresentar extensas áreas de pastagens, além de diferentes níveis de degradação, desde o nível mínimo, isto é, sem degradação, até o nível máximo, com presença de erosão, cupins, espécies invasora e alta percentagem de solo exposto.

O desenvolvimento deste trabalho é consoante com o trabalho da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), realizado por pesquisadores do CPAC (Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado) nas áreas do Brasil Central. Desta forma ele se justifica pela necessidade de identificar e mapear os diferentes níveis de degradação das pastagens cultivadas nas áreas de Cerrado do Brasil Central. E esta é uma região onde a base econômica está calcada sobre a pecuária de corte e leite. As informações obtidas com o desenvolvimento deste trabalho sobre os diferentes níveis de degradação de pastagens poderão fornecer aos produtores rurais independente, de sua condição econômica, as informações necessárias sobre a real situação de suas pastagens.

Utilizando dados de Sensoriamento Remoto este trabalho teve por objetivo geral buscar a identificação de três níveis de degradação de pastagens cultivadas com o capim do gênero *Brachiaria*, tendo como objetivos específicos os seguintes:

§ Obter medidas de radiometria de campo;

§ Avaliar a biomassa dos diferentes níveis de degradação de pastagens;

§ Avaliar a percentagem de cobertura verde através das fotografias verticais;

§ Avaliar o índice de área foliar dos diferentes níveis de degradação;

§ Avaliar o Índice de Vegetação (NDVI);

§ Relacionar medidas de radiometria com: Biomassa, Percentagem de cobertura vegetal, Índice de Área Foliar e Índice de Vegetação (NDVI).

A economia de pequenos, médios e grandes produtores rurais (principalmente daqueles que têm como principal fonte de renda a agropecuária, tanto a pecuária de corte quanto a leiteira) está diretamente relacionada à capacidade de suporte das pastagens cultivadas em suas propriedades, principal fonte de alimento do rebanho. Essas pastagens, com o decorrer do tempo acabam passando por algum processo de degradação, reduzindo com isso a margem de lucro do produtor rural.

A EMBRAPA, através do CPAC, tem voltado suas pesquisas para os produtores rurais, no sentido de fornecer informações seguras sobre as condições de suporte das pastagens. Assim, a interpretação de imagens de satélite associada a levantamentos de campo se apresenta como uma ferramenta de grande utilidade.

Neste contexto, espera-se que os resultados alcançados com a realização dos objetivos deste trabalho possam seguramente oferecer subsídios relevantes no tocante aos meios de se conseguirem informações sobre os diferentes estágios de degradação de pastagens.

## 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Cerrado apresenta algumas características que favorecem a produção agrícola, destacando-se entre elas as seguintes: a vasta extensão de terras aptas à mecanização, as condições climáticas (luz, temperatura, água), vegetação etc. Em contrapartida aparecem algumas limitações no que se

refere ao pouco conhecimento de seus recursos naturais, à irregularidade das chuvas (seca e veranico), à baixa fertilidade e erosão dos solos, ao sistema de produção ineficiente e outros.

Em busca de soluções para estes problemas o CPAC foi de fundamental importância, ao desenvolver tecnologias que permitiram a modernização da agropecuária nas áreas de Cerrado. Suas pesquisas, em busca de novas metodologias que propiciem aos produtores rurais um melhor conhecimento do seu meio de trabalho, (o campo) continuam nos dias atuais.

Segundo Souza (1991), as áreas de pastagens cultivadas com espécies do gênero *Brachiaria* no Brasil são expressivas, e sua expansão, nos últimos 20 anos, foi de tal forma que espécies como *Brachiaria decumbens*, dentre outras, passaram, da condição de espécies desconhecidas em nosso meio, a se constituírem na base da alimentação de uma considerável fração do rebanho brasileiro, ocupando milhões de hectares, especialmente, nas áreas de Cerrado.

Sendo a principal fonte de alimentação dos rebanhos, essas pastagens tornaram-se motivo de preocupação para os pecuaristas produtores de carne e leite da região Centro-Oeste do Brasil, uma vez que, com o decorrer do tempo, acabam passando por um processo de degradação, reduzindo assim a produtividade e por consequência a margem de lucro do produtor.

O termo degradação de pastagens pode ser definido como sendo o processo evolutivo da perda de vigor, da produtividade, da capacidade de recuperação natural para sustentar os níveis de produção e da capacidade de superar os efeitos nocivos de pragas e doenças (Macedo & Zimmer, 1993).

As causas desta degradação estão relacionadas com fatores como: maneira de preparo do solo, escolha das espécies forrageiras, fertilização, ataque de pragas, uso do fogo, ausência de consorciações, manejo inadequado do pastoreio, dentre

outros. Como consequência, tem-se a perda de produtividade e a diminuição da renda dos pecuaristas, além das perdas na qualidade e no potencial de produção do solo.

Enfim, a degradação das pastagens é, em relação à produção agropecuária, um fator ao qual se deve dar toda a atenção possível, e através de pesquisas sobre suas origens, desenvolvimento e consequências, buscar alternativas que possibilitem aos produtores rurais as condições necessárias para continuarem seu trabalho, e com ele alcançarem seus objetivos, tanto econômicos quanto sociais.

Conforme já visto na introdução os dados evidenciam a necessidade de identificar os diferentes níveis de degradação em áreas de pastagens cultivadas, e fornecerão subsídios para possíveis intervenções por parte de órgãos estatais e também por parte do produtor rural. A região onde está localizada a área de pesquisa apresenta extensas áreas de pastagens, nas quais podem ser observados diferentes níveis de degradação: baixo, médio e alto.

Considera-se uma pastagem com baixo nível de degradação quando as plantas (a variedade de capim com a qual ela foi formada) apresentam perdas do vigor vegetativo (enfraquecimento), contribuindo para isto as condições edáficas e climáticas da região onde essa pastagem se encontra.

Com o passar do tempo, após seu estabelecimento, uma pastagem pode ir aos poucos perdendo ainda mais seu vigor vegetativo e consequentemente diminuindo sua capacidade de produção de forragem, cobertura do solo (que permite o aparecimento de algumas invasoras), em virtude de vários fatores, dentre os quais podemos citar: a perda de fertilidade do solo, manejo inadequado, sobrepastejo e as condições climáticas. Uma pastagem sob estas condições caracteriza um médio nível de degradação.

Caracteriza um alto nível de degradação em pastagem a presença acentuada de invasoras, alta percentagem de solo exposto na área, cupins, e

basicamente, como consequência da falta de cobertura do solo, a erosão.

Essas definições tiveram como base os trabalhos de Barcellos (1986), Spain & Galdrón (1988), onde os autores descrevem com maiores detalhes os diferentes níveis de degradação. Ainda segundo Barcellos (1986), os critérios de avaliação da degradação das pastagens poderão variar em função do clima e do solo dominantes na área de estudo.

Nesse aspecto, a interpretação de imagens de satélite, associada a levantamentos de campo, apresenta-se como uma ferramenta de grande utilidade para o propósito deste trabalho. O uso das imagens de satélite é hoje uma das únicas formas viáveis de caracterização e monitoramento ambiental em escalas locais, regionais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam.

Ao usar sensoriamento remoto com o intuito de identificar feições na superfície terrestre, o primeiro e talvez o mais importante passo é conhecer o comportamento espectral do objeto a ser estudado. O objeto de estudo deste trabalho é a vegetação, aqui representada pela cobertura vegetal existente em pastagens com diferentes níveis de degradação.

A vegetação é um alvo que apresenta algumas variáveis próprias em relação ao seu imageamento via sensoriamento remoto. A estrutura da planta, o solo sobre o qual ela está estabelecida e estado vegetativo são fatores que influenciam de forma significativa à interação entre o fluxo de energia incidente e o fluxo de energia refletida. Dessa forma, cada planta tem uma resposta espectral que lhe é própria.

Segundo Epiphânio et al. (1996), a vegetação é um alvo complexo do Sensoriamento Remoto, por apresentar propriedades de reflexão foliar variadas numa mesma planta, muitos componentes refletivos, não uniformidade de estrutura inter e intraplantas e assentar-se sobre um substrato

constituído de solo e restos vegetais que, por sua vez, apresentam propriedades de reflexão próprias. A refletância de um alvo está relacionada ao seu comportamento espectral.

A presença de duas bandas de absorção, centradas aproximadamente em  $0,48\mu\text{m}$ , deve-se à presença de caroteno, e em  $0,68\mu\text{m}$  relaciona-se ao processo de fotossíntese. O pico de refletância em torno de  $0,5\mu\text{m}$ , correspondente à região do verde do espectro visível, explica a coloração verde das plantas. Na faixa do espectro compreendida entre  $0,7$  a  $1,3\mu\text{m}$ , a refletância apresenta valores próximos a 40%. Este aumento da refletância está relacionado com a estrutura celular da folha, e é muito importante para a manutenção do equilíbrio do balanço de energia e não se supera queça, evitando assim a destruição da clorofila. Os comprimentos de onda acima de  $1,3\mu\text{m}$  do espectro apresentam um decréscimo gradual dos valores de refletância, devido à presença de água contida na folha, com picos de absorção próximos a  $1,4$  e  $1,9\mu\text{m}$ .

Estes dados referem-se a uma folha verde isolada e sadia e embora seja fundamental, para o estudo da refletância, seu comportamento não pode ser aplicado diretamente para uma planta inteira ou para uma cobertura vegetal.

A refletância de uma cobertura vegetal é, em termo percentual, consideravelmente menor do que a de uma folha isolada. Isto decorre da presença de diversos fatores como a influência de superfícies desfolhadas, mudanças no ângulo de iluminação e orientação das folhas.

Fatores como as condições atmosféricas, espécie da vegetação, solo (granulométrica, umidade, nutrientes), índice de área foliar (cobertura da vegetação por unidade de área), estado fenológico da planta (variação sazonal), folha (forma, posição, água, pigmentação, estrutura interna etc.) interferem na medida da refletância espectral da vegetação.

Segundo Formaggio et al. (1990), a cobertura foliar é o elemento que contribui de forma mais

significativa para a aparência com a qual a vegetação se mostra a um sensor óptico remoto. Isto se deve praticamente a algumas razões como:

- ao ocuparem a parte superior das plantas, as folhas acabam por ocultar de forma considerável as demais estruturas da planta da óptica de coleta de um sensor óptico aéreo ou orbital;
- a área exposta ao sensor pela cobertura foliar geralmente é maior que a área das demais estruturas da planta, quando visíveis; assim, ao ficar desprovida da cobertura foliar, a relação entre as áreas expostas ao sensor é modificada; esta modificação, por sua vez, serve como um importante elemento para a interpretação de dados remotamente sensoriados;
- a folha, dentre todas as estruturas da planta, é órgão que interage ativamente com a luz visível.

Índice de vegetação é uma medida da quantidade e da condição fenológica da vegetação através de uma análise das bandas espectrais de sensoriamento remoto — uma vez que se sabe que existem diferenças significativas nas características de refletância dos alvos — utilizando para isso técnicas de processamento digital de imagens. Essas técnicas permitem prognosticar e avaliar características da cobertura vegetal, tais como biomassa, produtividade, área por folha e/ou sua percentagem de cobertura areal.

Existe uma variedade de índices de vegetação desenvolvidos para auxiliar no monitoramento da vegetação, sendo que a maior parte deles baseia-se nas interações que ocorrem entre vegetação e energia eletromagnética nos comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo.

As técnicas de Sensoriamento Remoto envolvem medidas de radiância espectral resultante da interação entre a cobertura vegetal com a irradiância espectral do Sol. Trabalhos realizados na agricultura, como: “*identificação de culturas*” (Epiphânio et al., 1990); “*conservação de solos*” (Formaggio et al., 1992); “*deficiência hídrica*”

(Epiphânio, 1983); “*estimativa de produtividade*” (Rudorff & Batista, 1990a, 1990b, 1991) exemplificam bem algumas das várias aplicações das técnicas de Sensoriamento Remoto.

No Brasil, alguns trabalhos envolvendo as técnicas descritas foram realizados em áreas de pastagens. Trabalhos como o de Gomide & Assad (1990), que avaliaram com sucesso a distribuição da espécie *Andropogon* em três áreas do Cerrado (municípios de Unai, em Minas Gerais, e os municípios goianos de Silvânia e São Miguel do Araguaia), através de interpretação de imagens multitemporais do LANDSAT/TM; Assad et al. (1991), que mostraram que é possível identificar os principais tipos fitofisionômicos de cobertura vegetal do Cerrado brasileiro nas imagens do LANDSAT/TM, incluindo-se pastagens cultivadas e nativas. Estes autores observaram que pastagens de *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria ruziensis* e *Andropogon gayanus* apresentaram uma alta separabilidade na faixa espectral do infravermelho próximo (700 a 1050 $\mu$ m), permitindo uma boa diferenciação entre estas espécies de pastagens. Sano et al (2000) utilizaram dados do RADARSAT e LANDSAT na identificação dos principais tipos de pastagens cultivadas do Cerrado, com vistas ao levantamento de informações sobre as condições de degradação de pastagens.

Segundo Epiphânio & Formaggio (1990), os Índices de Vegetação (IV's) podem ser definidos como sendo transformações lineares das bandas espectrais, geralmente na faixa do vermelho e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético (estas duas bandas contêm mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação). Estes índices realçam o comportamento espectral da vegetação, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos desta, tais como: biomassa, índice de área foliar (IAF) e percentagem da cobertura vegetal.

Ao usar as técnicas de sensoriamento remoto em estudos de culturas agrícolas, muito se tem usado os Índices de Vegetação (IVS). Estes são constituídos de duas ou mais bandas e servem

para realçar as feições de vegetação, ao mesmo tempo em que atenuam os efeitos espúrios, como solos ou efeitos angulares, ou ainda efeitos atmosféricos. Em seu trabalho “*Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão*”, Epiphânio et al. (1996) avaliaram três dos mais importantes Índices de Vegetação, ou seja, NDVI (Índice de vegetação por diferença normalizada), SAVI (Índice de vegetação ajustado para o solo) e PVI (índice de vegetação perpendicular). Quanto às suas variações, em função de três parâmetros relevantes em sensoriamento remoto: solos, ângulo de visada e ângulo de iluminação, num experimento fatorial com feijão, em quatro estágios de desenvolvimento da cultura.

O NDVI, denominado, “*Normalized difference vegetation index*” ou “Índice de vegetação por diferença normalizada”, proposta por Rouse et al. (1974) é o mais usado, sendo definido pela seguinte equação:

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$$

Onde:

**IVP:** é a resposta espectral do pixel na banda do infravermelho próximo (TM 4).

**V:** é a resposta espectral do pixel na banda do visível (TM 3).

### 3 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localizada no interflúvio dos ribeirões Panga e Douradinho, no sudoeste do município de Uberlândia, entre as coordenadas geográficas de 19°05'07" e 19°06'12" de latitude Sul e 48°35'08" e 48°36'51" de longitude Oeste de Greenwich, a área de estudo apresenta feições e características ambientais comuns a quase todo o município. O ribeirão Panga é tributário do ribeirão Douradinho, este do rio Tijuco, que por sua vez é afluente do rio Paranaíba. A localização da área pode ser visualizada na Figura 1.

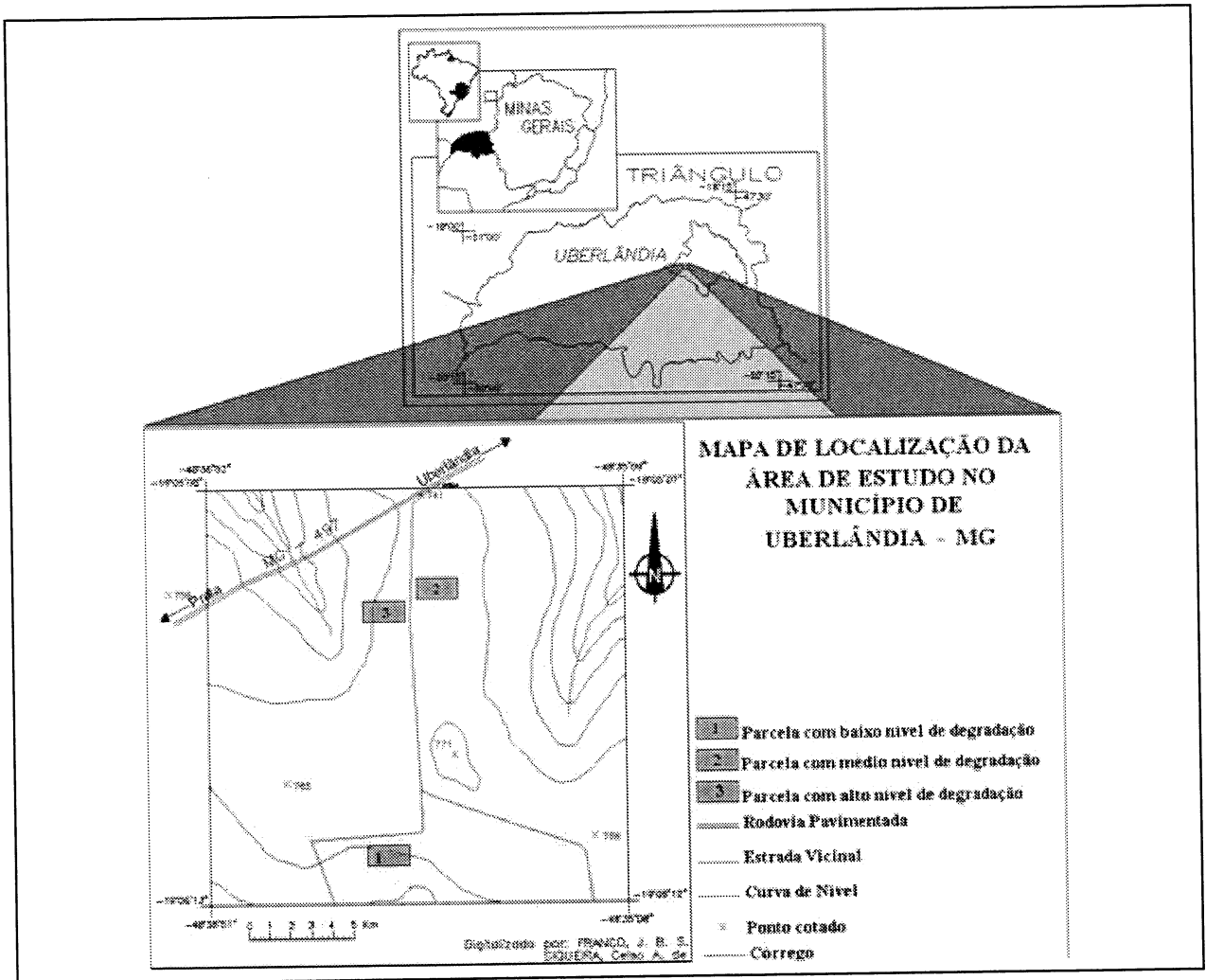


Fig. 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo.

A Bacia Sedimentar do Paraná, através das rochas areníticas do Grupo Bauru (Formação Marília – Cretáceo Superior), é a unidade morfo-estrutural mais representativa do Triângulo Mineiro e do município de Uberlândia. De acordo com Nishiyama (1989) e Baccaro et al (2001), outras estruturas geológicas importantes e de ocorrência no município de Uberlândia são as rochas efusivas do Grupo São Bento, representadas pelos basaltos da Formação Serra Geral (Mesozóico) e os mica-xistos do Grupo Araxá (Pré-Cambriano).

Nesse arcabouço geológico, o padrão de relevo predominante é caracterizado por topos nivelados e amplos interflúvios, com vertentes convexas e baixas declividades. A exceção é o vale do Aragua-

ri, aonde a erosão fluvial chegou a exumar as rochas Pré-Cambrianas do Grupo Araxá. A porção sudoeste do município de Uberlândia insere-se nesse primeiro tipo de modelado.

Baccaro (1991), em trabalho preliminar sobre a geomorfologia de toda a região do Triângulo Mineiro, levando em conta o nível de dissecação do relevo, classificou as áreas drenadas pelos rios Tijuco, Prata e Douradinho, dentre outros, como Áreas de Relevo Medianamente Dissecado, de ampla extensão geográfica no município. Em trabalho mais recente, Baccaro et al. (2001), propõem novas unidades geomorfológicas para a região. Segundo essa última classificação proposta, a área de estudo está localizada na unidade geomorfológica Planalto

Dissecado do Tijuco, integrante da Morfoestrutura Bacia Sedimentar do Paraná. O padrão do modelado é denudacional de topo plano, caracterizando o aspecto tabular do relevo nessa área.

As altitudes não passam dos 780 m nos topos planos, onde estão localizados os transectos de todos os níveis de degradação ou conservação das pastagens.

O tipo pedológico predominante é o Latossolo Vermelho-Escuro Álico ou Distrófico, de textura média, característico das áreas de Cerrado.

Ainda com relação aos solos, há que se registrar a intensa ocorrência de processos erosivos por ravinamento e voçorocamento. Baccaro & Silva (1998) atribuem a causa da instabilidade das vertentes na área, entre outros motivos, à péssima conservação da pastagem e à ausência de vegetação com raízes profundas.

A exemplo de toda a região do Triângulo Mineiro, a vegetação natural do Cerrado e suas fitofisionomias foram substituídas por pastagens ou por culturas de grãos, essencialmente. As áreas remanescentes de vegetação natural correspondem, de modo geral, às áreas de reserva legal das propriedades rurais, como determina a legislação ambiental.

Predomina na área da pesquisa, enquanto cobertura vegetal, as pastagens plantadas, em diferentes estágios de degradação. Vários fatores são agentes atuantes neste processo. Dentre eles podemos destacar:

§ a idade de formação das pastagens;

§ o manuseio inadequado, quanto ao uso de técnicas de conservação;

§ a presença de invasoras, cupins, solo exposto etc.

Tais fatores contribuem para a degradação das pastagens. Como descrito por Macedo & Zimmer (1993), o termo degradação de pastagens pode ser

definido como sendo o processo evolutivo da perda de vigor, da produtividade, da capacidade de recuperação natural para sustentar os níveis de produção e da capacidade de superar os efeitos nocivos de pragas e doenças.

As fotografias dispostas a seguir (Fig. 2, 3 e 4) exemplificam os três diferentes níveis de degradação de pastagens encontrados na área da pesquisa: alto, médio e baixo.

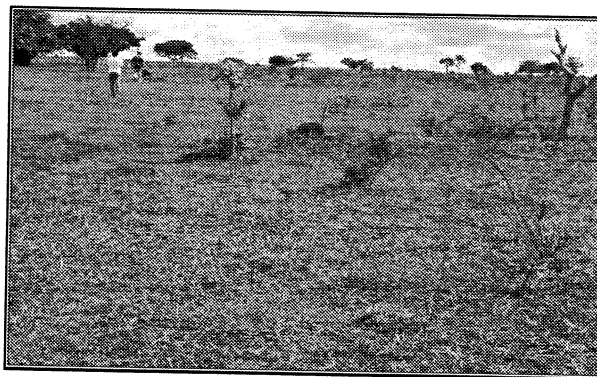


Fig. 2 – Pastagem com alto nível de degradação.

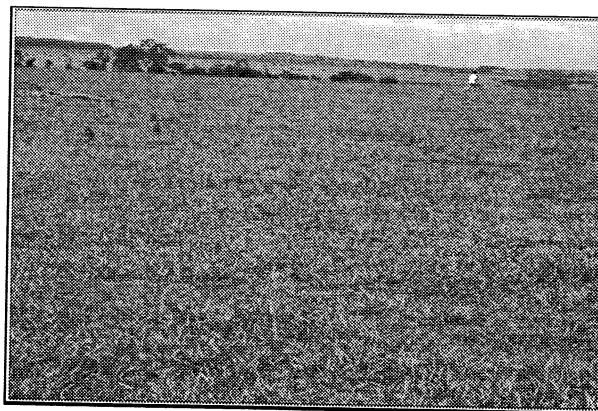


Fig. 3 – Pastagem com médio nível de degradação.



Fig. 4 – Pastagem com baixo nível de degradação.



## 4 – MATERIAIS

### a) Documentos Cartográficos

- Carta topográfica na escala 1:25.000, do ano de 1984, levantada e editada pela DSG (Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro);
- Imagem do satélite norte-americano TM/LANDSAT 5, em meio digital, órbita 221, ponto 73, quadrante S, de 13 de outubro de 2000.

### b) Radiômetro

Radiômetro Exotech, modelo 100 BX, ângulo de visada 10°, filtros: quatro bandas do TM/LANDSAT (450-520; 520-600; 630-690; 760-900 nm).

### c) Hardware

- Micro computador Pentium 75, 32 mega memória ram; 1.4 HD;
- Mesa digitalizadora Digigraf A1, – com mouse de 16 botões;
- Receptor GPS.

### d) Softwares

- AutoCad R14
- Idrisi for Windows

## 5 – PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

### 5.1 – Coleta de amostras de *Brachiaria* e Solos

A coleta das amostras de *Brachiaria* foi obtida quando da realização do trabalho de campo. Em cada transecto, toda a biomassa contida numa área de 1 m x 0,5 m (gabarito de campo) foi coletada, para depois ser efetuado o seu cálculo. As áreas de amostragens situaram-se a 30, 60 e 90 metros do ponto 1 nos transectos T1, T2 e T3, respectivamente. A cada 10 m em cada um dos transectos obteve-se a altura da

pastagem e também fotografias verticais para posterior cálculo da percentagem de cobertura verde. Estas fotos foram obtidas a partir de uma altura de 0,5 metros.

A coleta de amostras do solo, para posterior análise de textura e umidade, foi realizada nos mesmos pontos de coleta das amostras da *Brachiaria* (utilizada para o cálculo da biomassa). As amostras do solo foram coletadas a uma profundidade de 0 a 20 cm. Essas amostras eram representativas das áreas com médio e alto nível de degradação, retiradas dos talhões existentes nessas pastagens, e tiveram suas análises realizada em Uberlândia. Já as amostras de solo coletadas nas pastagens com baixo nível de degradação foram analisados na EMBRAPA/CPAC, em Brasília.

Tanto as medidas radiométricas quanto à coleta das amostras de *Brachiaria* e solos foram efetuadas em talhões retangulares de 100 m X 200 m, previamente demarcados por estacas de madeira nos três diferentes níveis de degradação de pastagens (baixo, médio e alto), conforme Figura 5. Vê-se também nesta figura a localização do gabarito nos três transectos.

Os três transectos foram definidos com direção aproximada N - S e denominados de T1, T2 e T3. Por convenção, T1 se localiza no lado leste, enquanto T3 fica no lado oeste. As extremidades 1 e 2 de cada transecto localizam-se no sentido Norte e Sul, respectivamente. Cada transecto tem uma extensão de 100 metros e o espaçamento entre eles é também de 100 m.

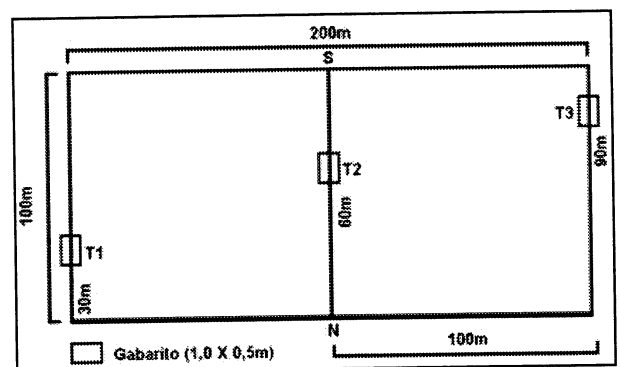


Fig. 5 – Croqui dos transectos para aquisição de dados da pesquisa.

## 5.2 – Parâmetros que interferem nas Medidas Radiométricas

### a) Índice de Área Foliar

Para Grisi (2000), o Índice de Área Foliar - IAF, é a relação entre a área das folhas projetada sobre uma unidade de área da superfície terrestre.

As amostras foram coletadas em uma área de 0.5 m<sup>2</sup>, a partir de um gabarito previamente estabelecido (gabarito do terreno) e usado nos três transectos dos talhões existentes nos diferentes níveis de pastagem. Em laboratório, após a separação do material verde e seco, a parte verde foi colocada sobre um gabarito de papel branco (0,37 m X 0,50 m) e fotografada, utilizando-se uma câmera digital, sendo as fotografias posteriormente descarregadas no computador. Utilizando-se o software Idrisi realizou-se uma classificação das mesmas (folhas, não-folhas) e posteriormente a obtenção da área das células (pixels).

Num primeiro momento calculou-se a área das folhas (de cada fotografia) com a seguinte operação matemática: multiplicou-se a área do gabarito de papel (0,37m X 0,50m), ou seja, 0,185m<sup>2</sup>, pelo número de células da área foliar, dividindo o resultado desta operação pelo número de células total da área do gabarito de papel, como pode ser visto na equação abaixo.

$$Af = Ag \cdot Cf / Cg$$

Onde:

**Af** – é a área das folhas

**Ag** – é área do gabarito de papel

**Cf** – é o número de células das folhas

**Cg** – é o número de células do gabarito.

O cálculo do Índice de Área Foliar (IAF) foi obtido a partir do uso da seguinte equação:

$$IAF = \sum Af / Agt$$

Onde:

$\sum Af$  – é a soma da área das folhas das fotografias existentes em cada transecto dos diferentes níveis de degradação

**Agt** – é a área do gabarito do terreno

O IAF é obtido a partir da soma da área das folhas por transecto dividido pela área do gabarito do terreno. O IAF por nível de degradação de pastagem é dado pela média do IAF de cada transecto.

### b) Biomassa

Segundo GRISI (2000), o termo biomassa refere-se à quantidade de matéria orgânica viva presente num determinado tempo e por unidade de área da superfície terrestre. É geralmente expressa em termos de matéria seca em (g/m<sup>2</sup> ou Kg/m<sup>2</sup>).

Tomando-se um gabarito como modelo, cuja área é 0.5 m<sup>2</sup>, e colocando-o próximo às linhas dos transectos de cada um dos talhões demarcados na área de pesquisa, foram coletadas as amostras para posterior separação, fotografando as partes verdes utilizadas para calcular o IAF e a biomassa. Este último passo foi realizado colocando a graminha coletada (parte verde e seca) de cada nível de degradação da pastagem em uma estufa pelo período de quatro dias (96 Horas), a uma temperatura de 70°C. Retirada após a desidratação, efetuou-se o cálculo da biomassa, através da seguinte equação:

$$B = Ppd/A$$

Onde:

**B** – é a biomassa

**Ppd** – é o peso da pastagem desidratada (seco e verde) – subtraído daqui o peso da embalagem que a continha (19.24 g x 2 = 38.48 g (por ser a quantidade de embalagens utilizada por amostra);

A – é a área do gabarito de campo (1,0m X 0,5m = 0,5m<sup>2</sup>).

### c) Percentagem de Cobertura Vegetal Verde

Os procedimentos utilizados para o cálculo da percentagem da cobertura vegetal verde são semelhantes aos passos descritos quando se efetuou o cálculo do IAF.

O cálculo da percentagem de cobertura verde foi feito para cada fotografia de cada um dos transectos, dos três diferentes níveis de degradação das pastagens, e obtido a partir da equação a seguir.

$$CV = CcV \cdot 100/Ctf$$

Onde:

CV – é a percentagem da cobertura verde

CcV – é o número de células das categorias (cluster) verdes

Ctf – é o número de células totais da fotografia

O cálculo da percentagem de cobertura verde por nível de degradação foi obtido a partir da média da percentagem de cada uma das fotografias, a partir da seguinte equação:

$$Pt = \sum Pf/Nf$$

Onde:

Pt – é a percentagem total da cobertura verde por nível de degradação

SPf – é a somatória da percentagem de cada foto por transecto

Nf – é o número de fotos

### d) Outros Parâmetros

### Textura e Umidade do Solo

O solo é um fator relevante na obtenção dos dados de sensoriamento remoto, uma vez que a radiação eletromagnética que incide sobre a superfície terrestre tem uma relação direta com os alvos atingidos. Assim, o solo exposto, em uma pastagem, teria uma influência significativa na tomada dos dados de radiometria da vegetação em estudo, uma vez que sua resposta espectral difere da vegetação verde, mas equivaleria à resposta espectral de uma vegetação seca.

As amostras de solo, depois de coletadas foram analisadas quanto à textura no Laboratório de Solos do Instituto de Geografia; o resultado da análise apresentou uma alta taxa de areia em sua constituição, o que o caracteriza como um solo arenoso.

Quanto à umidade, deve-se levar em conta que as amostras foram todas coletadas apenas a 20 cm de profundidade. A percentagem de umidade do solo foi obtida pesando o solo coletado e colocando-o na estufa por 48 horas. Após a secagem fez-se uma nova pesagem, calculando-se em seguida a umidade a partir da diferença de peso encontrada.

O solo é um fator relevante na obtenção de dados de radiometria. Tem realmente uma influência significativa nos dados radiométricos coletados, tanto em nível de campo como em nível orbital, se estiver exposto, como no caso da pastagem com alto nível de degradação.

### Altura da Pastagem

Em cada um dos transectos existentes nos talhões dos diferentes níveis de degradação das pastagens, foram obtidas as medidas da vegetação. Essas medidas foram efetuadas a cada 10 m nos transectos existentes. A média da altura da vegetação foi obtida a partir da soma dos valores de cada ponto de medida existente nos transectos, por nível de degradação. O resultado desta soma foi dividido por 33, uma vez que existem três transectos por nível

de degradação e em cada transecto foram feitas 11 (onze) medidas da altura da vegetação.

A altura da vegetação é um fator importante na aquisição de dados de radiometria, pois se sua distribuição pelo terreno for homogênea e compacta, certamente eliminará os efeitos negativos causados pelo solo na coleta de dados de radiometria.

### 5.3 – Medidas Radiométricas de Campo

As medidas radiométricas de campo, tanto da vegetação quanto do solo, foram obtidas com os trabalhos de campo realizados nos dias 21 e 22 de novembro de 2000. O radiômetro utilizado foi o Exotech, com quatro filtros do Landsat/TM. As medidas foram obtidas a cada 10 metros em todos os transectos, a uma altura de 1.5 m, correspondente a haste de alumínio usada como suporte do radiômetro (Figura 6).



Fig. 6 – Tomada da radiometria da *Brachiaria*.

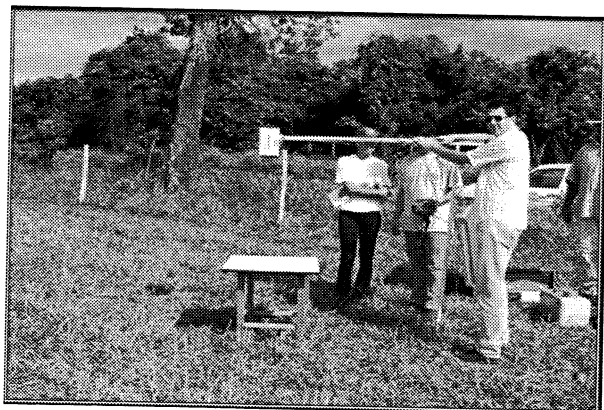


Fig. 7 – Tomada da radiometria da placa de sulfato de bário.

Antes, porém, efetuaram-se quatro medidas da refletância da placa de Sulfato de Bário ( $BaSO_4$ ), para tomá-las como referência para o cálculo do fator de refletância, o que pode ser visto na Figura 7.

A radiometria da vegetação (*Brachiaria*), foi efetuada em cada um dos talhões dos diferentes níveis de degradação das pastagens nos seguintes horários:

§ *Brachiaria decumbens*, baixa degradação: das 9:45 às 10:05 hs.

§ *Brachiaria decumbens*, alta degradação: das 10:18 às 10:48 hs.

§ *Brachiaria decumbens*, média degradação: das 10:55 às 11:35 hs.

As medidas radiométricas coletadas foram tabuladas posteriormente para a obtenção do fator de refletância dos quatro canais do espectrorradiômetro, sendo que os canais mais apropriados ao desenvolvimento da pesquisa são o três e o quatro, pois conforme visto na revisão bibliográfica, segundo Epiphânio & Formaggio (1990), as bandas espectrais, geralmente na faixa do vermelho (3) e do infravermelho próximo (4) do espectro eletromagnético, contêm mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação, sendo utilizadas na elaboração dos índices de vegetação, os quais realçam o comportamento espectral da vegetação correlacionando-os com os parâmetros biofísicos desta, tais como: biomassa, índice de área foliar (IAF) e percentagem da cobertura vegetal.

O primeiro passo para o cálculo do fator de refletância foi a obtenção de uma média de quatro valores da refletância da placa de sulfato de bário ( $Ba_2SO_4$ ), somando os dois valores antecedentes à medida da refletância da vegetação e os dois posteriores e dividindo esta soma por quatro. A média obtida com esta operação serviu como índice para dividir cada uma das 10 (dez) medidas da refletância da vegetação em cada um dos quatro canais do espectrorradiômetro. Calculou-se o fator de refletância por transecto e por nível de degradação. Por

transecto, obteve-se a média do fator de refletância somando seus respectivos valores e dividindo a soma por 10 (dez). A partir da média dos transectos, obteve-se o fator de refletância por nível de degradação, ao dividir esta média por 3 (três), ou seja, o número de transectos de cada nível.

## 6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 – Índice de Área Foliar

Analisando os dados do IAF apresentados na tabela 1 a seguir, é possível observar que na pastagem com baixo nível de degradação o índice de área foliar é menor que na pastagem com médio nível de degradação. Tal fato se explica pela presença maior de folhas verdes na pastagem com médio nível de degradação devido à melhor conservação desta feita pelo proprietário.

A pastagem, com baixo nível de degradação, por estar em repouso, na época da coleta das amostras, possuíam uma grande quantidade de matéria seca. Por algum motivo, apesar de toda sua aparência fenológica saudável, a quantidade de folhas verdes era menor, portanto, explica-se assim o valor encontrado para o IAF neste nível de degradação.

O índice de área foliar da pastagem, com

alto nível de degradação, é menor que nos outros dois níveis, e retrata bem o estado de conservação desta pastagem, isto é; poucos indivíduos da espécie de *Brachiaria* estudada, presença acentuada de ervas daninhas, formigas, cupins e exposição generalizada do solo.

### 6.2 – Biomassa

Os valores encontrados para a biomassa total da vegetação em estudo apresentam-se de forma compatível com os diferentes níveis de degradação das pastagens, ou seja, quanto menor o nível de degradação maior é o valor da biomassa.

### 6.3 – Porcentagem de Cobertura Verde

Obtida através do cálculo das células das fotografias verticais, a porcentagem de cobertura verde apresenta uma certa coerência com a teoria, ou seja, as pastagens com baixo nível de degradação possuem 40% de cobertura verde, enquanto que as pastagens com alto nível de degradação apresentam 36% de cobertura verde.

### 6.4 – Altura da Vegetação

Ao analisar os dados mostrados pela tabela 1, verifica-se que as pastagens com baixo nível de

Tabela 1 – Síntese dos parâmetros utilizados na análise do comportamento espectral da vegetação em estudo, por nível de degradação.

Nível Degrad.	Biomassa (g/m <sup>2</sup> )	IAF	NDVI	Alt. Veg. (cm)	Cob.Vrd. (%)	T	F_R.		Med.F_R	
							TM 3	TM 4	TM 3	TM 4
BAIXO	364.86	0.2634	0.5217	18	40	T1	0.0813	0.2886	0.0937	0.2981
						T2	0.0944	0.3078		
						T3	0.1052	0.2978		
MÉDIO	216.56	0.3904	0.6325	7	38.9	T1	0.0713	0.3158	0.0680	0.3021
						T2	0.0647	0.2900		
						T3	0.0679	0.3006		
ALTO	172.86	0.0746	0.4615	3	36	T1	0.1122	0.3147	0.1102	0.2991
						T2	0.1119	0.2961		
						T3	0.1066	0.2865		

Fonte: Pesquisa Direta – 2000/2002.

degradação apresentam uma altura maior (18 cm), seguida pelas pastagem com médio nível de degradação (7 cm) e as pastagens mais degradadas apresentam a menor altura (3 cm).

### 6.5 – Medidas Radiométricas de Campo

As medidas radiométricas obtidas em nível de campo foram os principais parâmetros utilizados na análise deste trabalho, as quais foram cruzadas com outros parâmetros relativos à vegetação.

Teoricamente é de se esperar que na pastagem de baixo nível de degradação o fator de reflectância na banda 3 seja mais baixo e na banda 4 seja mais alto, ocorrendo o contrário para a pastagem com alto nível de degradação. No entanto, pela análise da tabela 1 verifica-se que a pastagem

de médio nível de degradação é a que apresenta o fator de reflectância mais baixo na banda 3, ficando difícil a comparação na banda 4. Isto pode ser explicado pelo fato desta pastagem apesar de possuir menor quantidade de biomassa do que a pastagem de baixo nível de degradação, a mesma apresentava-se com uma cobertura verde mais uniforme (o que pode ser verificado pelo IAF), enquanto que as pastagens com baixo nível de degradação possuíam maior quantidade de matéria seca, fato este que modificaram os valores teoricamente esperados.

As figuras 8 a 10 mostram as relações entre o fator de reflectância (obtido a partir das medidas radiométricas de campo) das bandas TM3 x TM4, banda TM3 x NDVI e TM4 x NDVI, onde podemos notar que existe uma grande confusão entre os 3 diferentes níveis de degradação de pastagem.

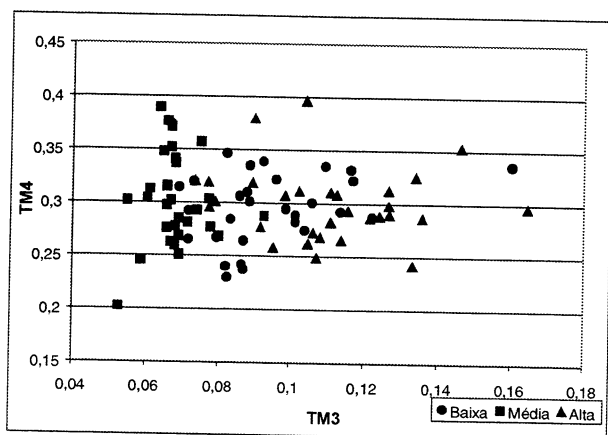


Fig. 8 – Fator de Reflectância Banda 3 x Banda 4.

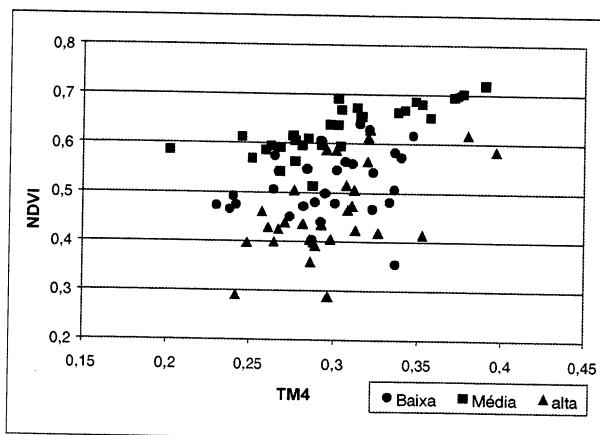


Fig. 10 – Fator de Reflectância Banda 4 x NDVI.

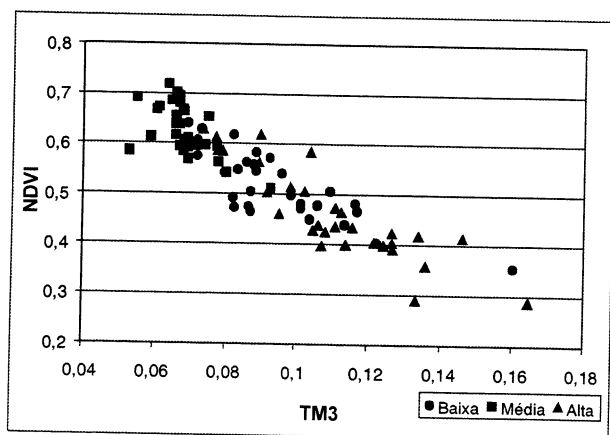


Fig. 9 – Fator de Reflectância Banda 3 x NDVI.

#### 6.5.1 – Medidas Radiométricas de Campo X Biomassa

Pela análise da Figura 11 observa-se que o fator de reflectância da banda 3 é menor do que o da banda 4, independente do estágio de degradação da pastagem. Observa-se também que a pastagem de baixa degradação é a que apresenta maior quantidade de biomassa.

Pela análise da Figura 12 observa-se que praticamente não existe correlação entre quantidade

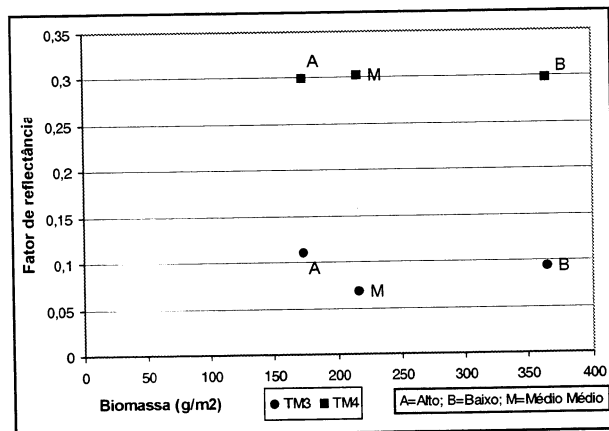


Fig. 11 – Relação entre Biomassa e Fator de Reflectância.

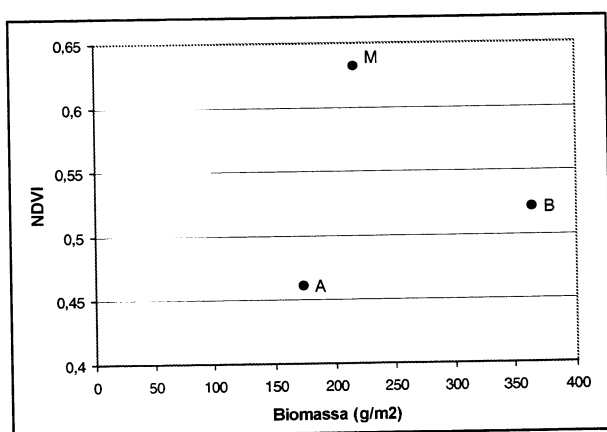


Fig. 12 – Relação entre Biomassa e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

de biomassa e NDVI. O que se verifica é que a pastagem com alto nível de degradação é a que apresenta o menor NDVI, provavelmente em função da maior presença de solo exposto.

### 6.5.2 – Medidas Radiométricas de Campo X IAF

A Figura 13 apresenta uma relação entre as medidas radiométricas e o índice de área foliar (IAF). Pela análise desta figura, podemos concluir que o fator de reflectância depende diretamente do IAF, ou seja, os valores encontrados estão de acordo com a teoria. Ou seja, banda 3 quanto maior o IAF

menor o fator de reflectância. Banda 4, quanto maior o IAF maior o fator de reflectância.

A Figura 14 mostra a relação entre o Índice de Área Foliar (IAF) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Os dados estão de acordo com a teoria, ou seja, quanto maior o IAF, maior é o NDVI.

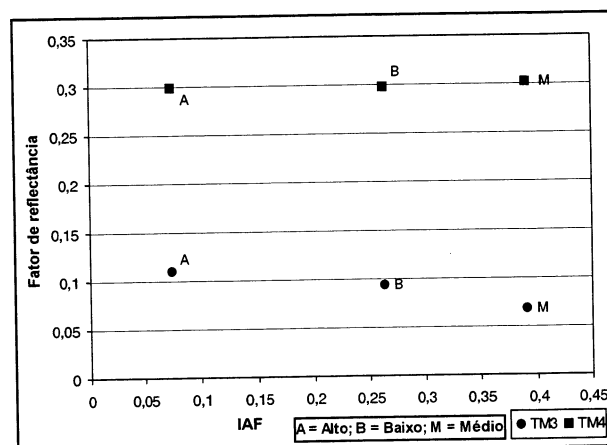


Fig. 13 – Relação entre o IAF e o Fator de Reflectância.

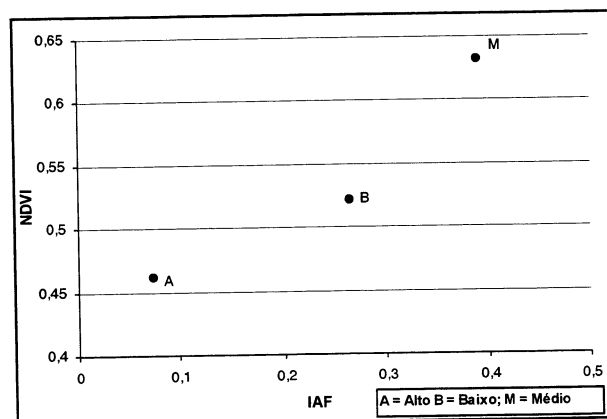


Fig. 14 – Relação entre o IAF e o NDVI.

### 6.5.3 – Medidas Radiométricas de Campo X Percentagem de Cobertura Verde

A Figura 15 mostra a relação entre a % de Cobertura Verde e o Fator de Reflectância.

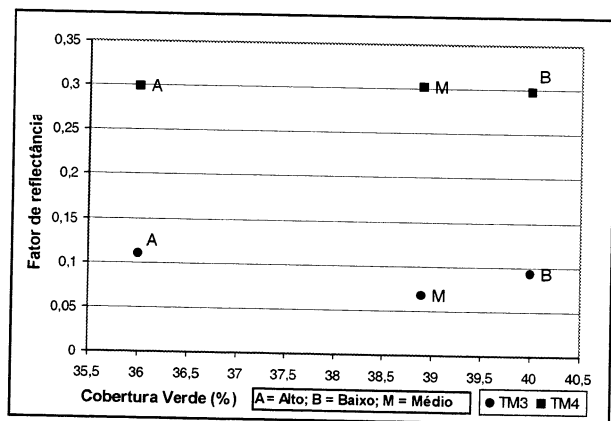


Fig. 15 – Relação entre a percentagem da cobertura verde e o fator de reflectância.

Pela análise desta figura, observa-se que o fator de reflectância é maior na banda 4 do que na banda 3, independente do estágio de degradação da pastagem. Porém não nos permite nenhuma conclusão, com relação aos níveis de degradação.

A Figura 16 mostra a relação entre a percentagem da cobertura verde e o índice de vegetação por diferença normalizada.

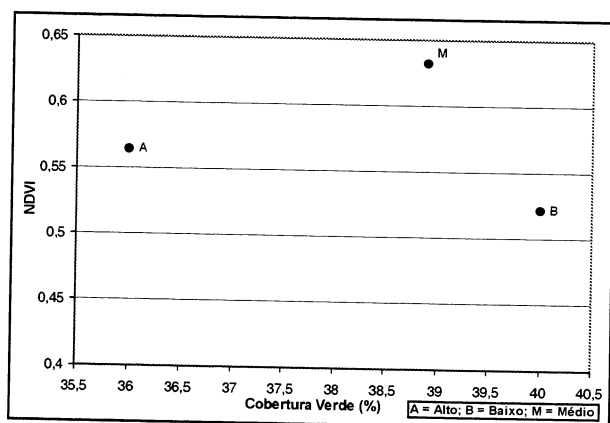


Fig. 16 – Relação entre a Percentagem da Cobertura Verde e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo identificar diferentes níveis de degradação de pastagens cultivadas com o capim do gênero *Brachiária*, utilizando dados radiométricos de campo e técnicas de senso-

riamento remoto. Foram realizadas correlações entre medidas radiométricas de campo e o Índice de Área Foliar, Biomassa, Percentagem de Cobertura Verde e NDVI.

Ao compararmos a Biomassa e o IAF no baixo nível de degradação, podemos observar um certo descompasso na relação dos dois parâmetros, pois quanto maior a biomassa maior deveria ser o IAF, no entanto isso não aconteceu devido ao fato de que a biomassa foi medida como um todo e não somente a biomassa verde.

Nos três níveis de degradação a relação entre o IAF e o NDVI é equivalente, pois, o NDVI é a relação dos valores da refletância entre as bandas TM 4 e TM 3, e esta refletância está ligada diretamente a área verde da cobertura da vegetação.

O fator de refletância na banda TM 3 difere bem no médio nível de degradação em relação aos níveis alto e baixo. Neste dois últimos os fatores de refletância se confundem, e isto se deve ao fato de haver na pastagem com baixo nível de degradação por ocasião da coleta dos dados radiométricos (muita palha seca), que refletiu como o solo exposto existente na pastagem com alto nível de degradação.

Na banda TM 4 praticamente não há uma diferença significativa entre os fatores de refletância para os três níveis de degradação. Isto nos indica que o parâmetro fator de refletância apenas não permite identificar se uma pastagem é degradada ou não.

Aparentemente o Índice de Área Foliar é o parâmetro que apresenta a maior correlação com os números digitais. Outro fator aparentemente importante é a Biomassa Verde (não analisada neste trabalho).

No trabalho ocorreu muita confusão entre as pastagens com baixo e médio nível de degradação, isto pode ser explicado pela maior quantidade de matéria seca e também maior sombreamento, presente na pastagem com baixo nível de degradação.



dação. Ao passo que a pastagem com médio nível de degradação possuía uma cobertura verde mais uniforme e sombreamento menor.

Outro fator importante a ser considerado, é que devemos comparar os dados radiométricos de campo, obtidos em diferentes épocas do ano, como por exemplo, na estação chuvosa e seca. Os dados por nós utilizados foram obtidos em apenas uma época, no início da estação chuvosa.

Este trabalho é uma tentativa de busca de alternativas metodológicas que possam ajudar identificar os diferentes níveis de degradação em áreas de pastagens cultivadas, que possa fornecer subsídios para possíveis intervenções por parte de órgãos estatais em programas para a melhoria da qualidade das pastagens.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E.D.; MADEIRA, J.S.; MOREIRA, L. Uso de padrões radiométricos para separação de quatro espécies de gramíneas em condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 10, 1991, p. 1625-1633.

BACCARO, C.A. D; SILVA, E.P. Os processos de voçorocamento na bacia do Ribeirão Douradinho – TM. **Revista do Departamento de Geociências/UFSC/CFCH**, v. 14, n. 27, 1998, p. 387-390. (Ed. Especial: II Simpósio Nacional de Geomorfologia).

BACCARO, C.A.D. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, MG: Edufu, 3 (05 e 06), dez/1991, p. 37-42.

BARCELLOS, A. **Recuperação de pastagens degradadas**. Planaltina, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), 1986, 38p.

BOWKER, D.E.; DAVIS, R.E.; MYRICK, D.L.; STACY, K.; JONES, W.T. **Spectral reflectances**

**of Natural Targets for Use in Remote Sensing Studies**. Hampton, 1985. (NASA REFERENCE PUBLICATION 1139).

CÂMARA, G; CASANOVA, M.C. **Anatomia de Sistema de Informação Geográfica**. Rio de Janeiro, 1996.

EASTMAN, J.R. **Manual do usuário – Introdução e Exercícios tutoriais IDRISI for Windows versão 2**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 235p.

EPIPHANIO, J.C.N. Avaliação da condição hídrica da cultura do milho através de sensoriamento remoto termal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 18, n. 11, 1983, p. 1233-1241.

EPIPHANIO, J.C.N. et al. Avaliação das bandas do satélite Landsat-5 na discriminação entre culturas de trigo e de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 25, n. 3, 1990, p. 371-377.

EPIPHANIO, J.C.N. et al. Índices de vegetação no Sensoriamento remoto da cultura do feijão. In: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.31, n.º 6, jun/1996, p. 445-454.

EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A. R. Relações entre PVI e diferença normalizada e índice de área foliar, cobertura do solo e densidade de clorofila de trigo e de feijão. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Manaus-AM: INPE/SELP, v. 3, 1990, p. 797-805.

FORMAGGIO, A.R.; ALMEIDA JR, A.C.; BRITO, J.L.S; ORTIZ, M.J.; PEREIRA NETO, O.C.; PILLIS, R. **Análise espectral da cultura do feijão em campo e laboratório**. São José dos Campos, SP: INPE, 1990. 46p. (Trabalho de Pós-Graduação).

FORMAGGIO, A.R. **Comportamento espectral de quatro solos do estado de São Paulo nos níveis orbital, de campo e de laboratório**. São José dos Campos: INPE, 2878-TDL/144, 1983. 140p. (Dissertação de Mestrado).

- FORMAGGIO, et al. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e taxa de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 16, n. 2, p. 249-256.
- GOMIDE, C.C.C.; ASSAD, E. D. Avaliação da distribuição do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina utilizando imagens de satélites TM – Landsat em áreas de Cerrado, (s.d.). In: **Pasturas Tropicais**, v. 12, n. 3, 1992, p. 2-6.
- GRISI, B.M. **Glossário de Ecologia e Ciências Ambientais**. João Pessoa, PB: Editora da Universidade Federal da Paraíba, 2000.
- HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). In: **Remote Sensing of Environment**. v. 25, 1988, p. 295-309.
- INPE. **Glossário de termos técnicos em radiação atmosférica**. Capturado da internet em 24 de janeiro de 2001. <http://www.cptec.inpe.br/personal/metsat/glossar>.
- MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: **Anais do II Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens**. Jaboticabal, SP: FUNESP/UNESP, 1993. p. 216-245.
- NISHIYAMA, L. A Geologia do Município de Uberlândia e Áreas Adjacentes. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 1 (1): 9-16, jun/1989.
- NOVO, E.M.L. **Sensoriamento Remoto – Princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1989. 308p.
- PAINE, D.P. **Aerial Photography**. Toronto: John Wiley & Sons, 1981.
- PESSÔA, V.L.S. **Ação do Estado e as Transformações Agrárias no Cerrado das Zonas de Paracatu e Alto Paranaíba – MG**. Rio Claro: UNESP, 1988. 239p. (Tese de Doutorado).
- ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 4. ed. revisada. Uberlândia, MG: Edufu, 2001. 201p.
- ROSA, R.; BRITO, J.L.S. Estatística aplicada ao processamento de imagens de satélite. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 7 (13 e 14): 37-47, janeiro-dezembro, 1995.
- ROUSE, J.W.; HASS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W.; HARLAN, J.C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. Greenbelt, MD: NASA/GSFC, 1974. 371p. Type III, Final Report.
- RUDORFF, B.T.; BATISTA, G.T. Spectral response of wheat and its relationship top agronomic variables in the tropical region. In: **Remote Sensing Environment**, v. 31, 1990b, p. 53-63.
- RUDORFF, B.T.; BATISTA, G.T. Wheat yeld estimation at the farm level using TM landsat and agrometeorological data. In: **International Journal of Remote Sensing**. v.12, n.12, 1991. p. 2477-2484.
- RUDORFF, B.T.; BATISTA, G.T. Yeld estimation of sugarcane based on agrometeorological-spectral models. In: **Remote Sensing Environment**, v.33, 1990a. p. 183-192.
- SANO, E.E.; BEZERRA, H.; FEITOSA, L. Identificação de pastagens cultivadas do Cerrado a partir de Sensoriamento Remoto. In: **International Symposium**. Brasilia, Brazil, October, 2000, p. 16-20.
- SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: **Anais XI Simpósio Sobre Manejo de Pastagem**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1994. p. 25-48.
- SOUZA, F.H.B. As sementes de espécies forrageiras do gênero *Brachiaria* no Brasil Central. In: **II Encontro Para Discussão Sobre Capins Do Gênero Brachiaria**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1991, p. 137-185.

SPAIN, J.M.; GUALDRÓN, R. Degradación y rehabilitación de pasturas, 1988 & 1998. In: **Establecimiento y Renovación de Pasturas: memorias**. Cali. Cali: CIAT. In: **VI Reunión Del Comité Asesor Dela Riept**, Veracruz, México, 1988, p. 269-283.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (eds.). **IV Simpósio Sobre Manejo De Pastagens**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1988, p. 141-183.