

---

# ÍNDICE DE CONTRASTE BASEADO EM IMAGEM DE INTENSIDADE - ICBI

ANDREA TEDESCO<sup>1</sup>  
ALZIR FELIPPE BUFFARA ANTUNES<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geociências - Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG

<sup>2</sup> Departamento de Geomática - Universidade Federal do Paraná – UFPR

<sup>1</sup>atedesco@uepg.br, <sup>2</sup>felipe@ufpr.br

---

**RESUMO** - A incorporação de dados altimétricos, bem como de imagens derivadas, como as de índices de vegetação, tem sido realizada para auxiliar os procedimentos de classificação de imagens de sensoriamento remoto. O índice de vegetação denominado NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é amplamente utilizado e é obtido em função das bandas do infravermelho próximo e do vermelho. Entretanto, a banda do infravermelho pode não ser disponibilizada, por exemplo, para algumas ortofotos. Além das imagens multiespectrais, as imagens de intensidade provenientes de varredura com ALS (*Airborne LASER Scanner*) também trazem informação no espectro do infravermelho. Neste escopo, este estudo propôs o uso da imagem de intensidade ALS para geração de um índice de contraste. Para tal, foram usados dados espectrais provenientes de imagem Ikonos e de ortofoto, além de imagens de intensidade ALS para duas áreas de estudo, em ambiente rural. O índice proposto (ICBI – Índice de Contraste Baseado em Intensidade) evidenciou as áreas de solo exposto, mostrando-se eficiente como dado auxiliar para a classificação de imagens.

**ABSTRACT** - The incorporation of altimetry data and derived images, such as vegetation indices, has been carried out to assist remote sensing image classification procedures. The vegetation index called NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) is widely used and it is obtained from near-infrared and red bands. However, the infrared band can not be provided, for example, for some orthophotos. In addition to the multispectral images, intensity images from ALS (*Airborne Laser Scanner*), also carry information in the infrared spectrum. In this scope, this study propose the use of ALS intensity image for generating a contrast index. For this, were used spectral data from Ikonos image and orthophoto and ALS intensity images for two study areas, in rural environment. The proposed index (ICBI - Contrast Index Based on intensity) showed the exposed soil areas, being effective as auxiliary data for image classification.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os processamentos digitais realizados sobre dados de sensoriamento remoto, pode-se destacar a importância do procedimento de classificação sobre imagens multiespectrais e ortofotos, visto que o mesmo permite automatizar, ou semiautumatizar, o processo de interpretação temática dos dados. Diversos métodos podem ser aplicados neste procedimento, sejam os métodos automáticos ou semiautomáticos, paramétricos ou não paramétricos, voltados a pixel ou a objetos, por exemplo, (JENSEN, 2009; TSO e MATHER, 2009). Seja qual for o método selecionado, o uso apenas de informações multiespectrais em muitos casos não é suficiente para a discriminação entre as classes selecionadas para a aplicação específica. A incorporação de dados altimétricos (TEDESCO, 2015; LEONARDI, 2010; ARAKI, 2005), bem como de imagens derivadas, como as de índices de vegetação (OLIANI, 2013), tem sido realizada para auxiliar os procedimentos de classificação. Dentre os índices de vegetação, o mais amplamente utilizado é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), sendo obtido em função das bandas do infravermelho próximo e do vermelho. Entretanto, nem sempre a banda do infravermelho está disponível, como nos casos em que são usadas ortofotos com bandas apenas no espectro visível. Contudo, as imagens de intensidade provenientes de varredura com ALS (*Airborne LASER Scanner*), trazem informação no espectro do infravermelho. Neste escopo, este estudo propôs o uso da imagem de intensidade ALS para geração de um índice de contraste. Para tal, foram usados dados espectrais provenientes de imagem Ikonos e de ortofoto, além de imagens de intensidade ALS, para duas áreas de estudo localizadas em ambiente rural.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Áreas de Estudo

A área de estudo 1 está localizada na Fazenda Experimental do Glória, a qual pertence à Universidade Federal de Uberlândia. A fazenda encontra-se na zona rural do município de Uberlândia-MG. A área de estudo 2 está localizada na bacia hidrográfica do rio Burdekin, em Queensland – Austrália.

### 2.2 Materiais

A realização do estudo se deu em função de dados multiespectrais provenientes de imagem de satélite e de ortofoto, e de dados de intensidade provenientes de sensor ALS. Para a área de estudo 1 foram usados: imagem do sensor Ikonos II, com resolução espacial de 1 m e radiométrica de 11 bits, bandas do visível (azul, verde e vermelho) e infravermelho próximo, e dados de intensidade obtidos com ALS. Para a área de estudo 2 foram usados: ortofoto, com resolução espacial de 50 cm e radiométrica de 8 bits, bandas do visível (azul, verde e vermelho), e dados de intensidade obtidos com ALS. Os processamentos foram realizados com auxílio do programa computacional ENVI 4.7 (*The Environment for Visualizing Images*).

### 2.3 Metodologia

#### 2.3.1 Geração das imagens de intensidade

Para que os dados ALS possam ser submetidos ao processamento digital de imagens é necessário transformá-los para o formato raster. Para tal, os dados foram interpolados de forma a gerar uma grade regular de pontos. Para a área de estudo 1 a grade gerada tem resolução espacial de um metro, compatível com a imagem Ikonos e com a distância média entre pontos (1,23 m). Para a área de estudo 2 a grade gerada tem resolução espacial de 50 cm, compatível com a ortofoto e o espaçamento entre pontos. Para gerar a imagem raster identifica-se a coordenada X mais à esquerda e Y mais acima para que seja atribuída ao primeiro pixel. Identificando-se a coordenada X mais à direita é possível determinar a largura da área imageada e, a partir da coordenada Y mais abaixo, se determina o comprimento da mesma. A partir da largura, comprimento e da resolução espacial pré-determinados, determina-se o tamanho da grade regular, em linhas e colunas, que abrangerá toda a área da varredura. Os valores de intensidade são então interpolados, em função das coordenadas planimétricas que possuem e da posição que deverão ocupar na grade regular, resultando uma imagem de intensidade. O procedimento foi realizado usando-se interpolação linear.

#### 2.3.2 Definição do índice de contraste

A proposta de um índice de contraste, baseado em imagens de intensidade, necessita de algumas considerações acerca das características das imagens de intensidade, no que diz respeito à resposta dos alvos na faixa do espectro do infravermelho. Apesar de o feixe LASER dos dados ALS estar na faixa do infravermelho próximo, a imagem de intensidade não apresenta a reflectância dos objetos da mesma forma que uma imagem multiespectral na mesma faixa. O feixe LASER é monocromático e tem uma largura de banda extremamente pequena (por exemplo, de 2 a 5 nm), normalmente centrada em um comprimento de onda do infravermelho próximo (por exemplo, 1064 nm). Em comparação, as imagens multiespectrais possuem bandas com larguras de 50 a 100 nm (JENSEN, 2009).

A figura 1a ilustra um recorte da imagem de intensidade e a figura 1b da banda do infravermelho próximo (NIR – *Near InfraRed*) do sensor Ikonos, relativas à área de estudo 1. Pode-se perceber que as duas imagens são diferentes, por exemplo, na região de vegetação arbórea, assinalada com um círculo amarelo. A vegetação, que possui alta reflectância nesta faixa do espectro eletromagnético, aparece mais clara na imagem Ikonos e mais escura na imagem de intensidade. Uma explicação para este fato seria que quando os pulsos emitidos pelo ALS encontram árvores eles passam por múltiplas camadas de folhas dentro do dossel, o que reduz a quantidade de energia retroespalhada em direção ao receptor. Por isso as árvores aparecem escuras na imagem de intensidade. As áreas de gramado e/ou vegetação rasteira aparecem mais claras que as árvores na imagem de intensidade, pois os pulsos ALS não são absorvidos ou espalhados na direção oposta ao ALS. Ao contrário, um forte retorno ocorre nessas superfícies, que misturam áreas gramadas e de solo exposto, tornando-as brilhantes nas imagens de intensidade. Outros fatores que podem explicar essa diferença nos dois tipos de imagem são: a distância ao alvo, o ângulo de incidência e a dispersão atmosférica (JENSEN, 2009).

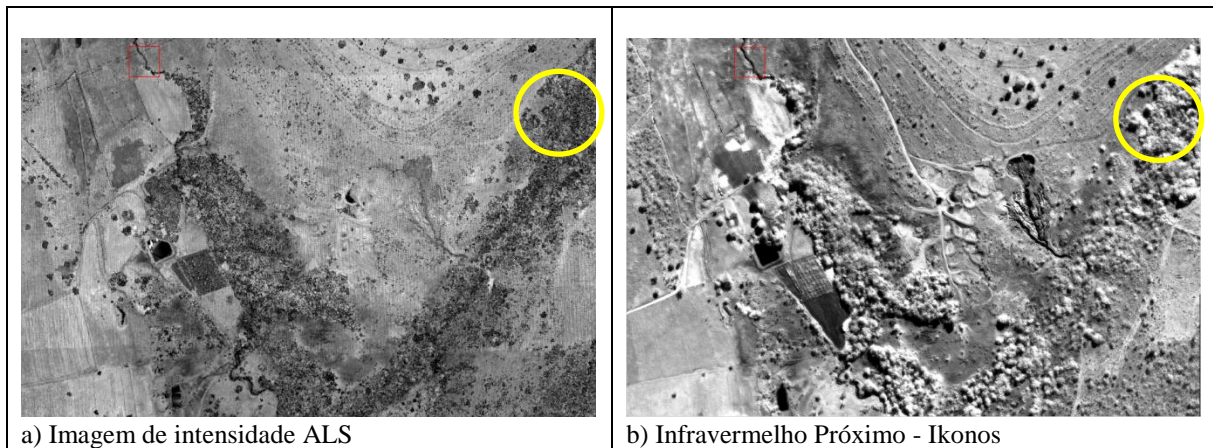


Figura 1 – (a) Imagem de intensidade ALS; (b) Imagem da banda NIR – Ikonos

Outras considerações que podem ser realizadas estão relacionadas às curvas típicas da reflectância espectral dos alvos mais comuns. Na Figura 2 pode-se perceber que a resposta do solo na faixa do infravermelho próximo (em azul na figura) está acima de 40%, enquanto que na faixa do vermelho (em vermelho na figura) está abaixo de 30%. Isto fica evidenciado na Figura 3, que mostra a imagem de intensidade e a banda do vermelho, relativas à área de estudo 1, ilustrando a diferença observada nas duas imagens. Percebe-se um contraste entre as áreas de solo na banda do vermelho (mais escuro) e na imagem de intensidade (mais claro).

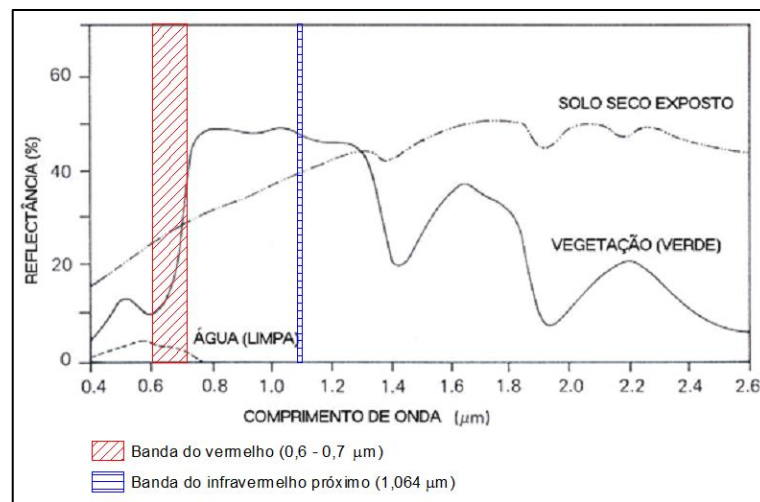


Figura 2 - Curvas típicas da reflectância espectral da água, solo e vegetação  
 Fonte: Adaptado de LILLESAND E KIEFER, 2008

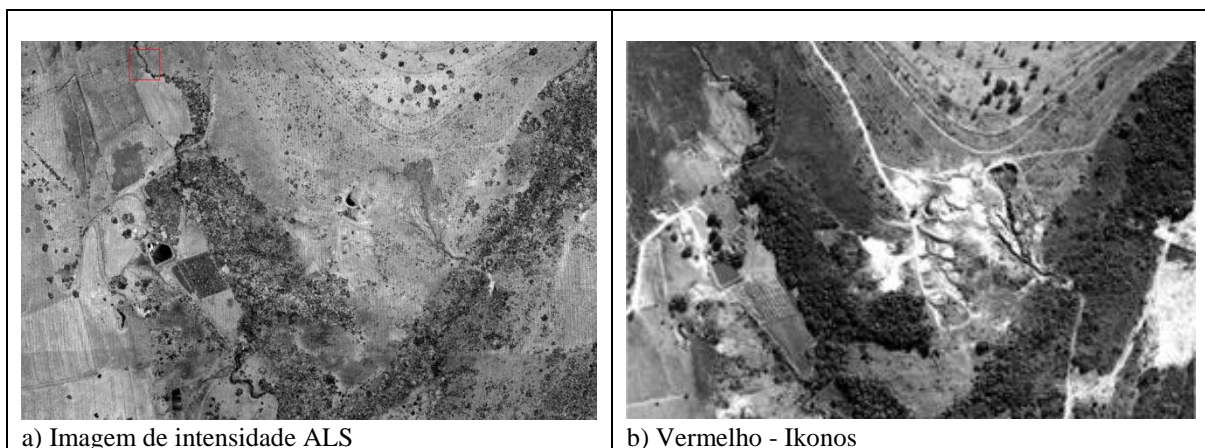


Figura 3 – (a) Imagem de intensidade ALS; (b) Imagem da banda do vermelho - Ikonos

Em função das considerações anteriores, foi desenvolvido um índice de contraste com base na imagem de intensidade do ALS (ICBI) e na banda relativa ao comprimento de onda do vermelho, para evidenciar o solo:

$$\text{ICBIred} = (\text{Red} - \text{Intensidade}) / (\text{Red} + \text{Intensidade}) \quad (1)$$

O procedimento de geração da imagem ICBI foi realizado usando-se o princípio de matemática de bandas, com auxílio do programa ENVI.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de estudo 1, por encontrar-se em ambiente rural, apresenta as classes de uso do solo relativas a áreas de vegetação (arbórea e rasteira), áreas de cultivo, corpos d'água e áreas de solo exposto, conforme pode ser verificado na Figura 4, com base em Imagem Ikonos na composição colorida R=3, G=4, B=1. As coordenadas estão referenciadas ao datum planimétrico SIRGAS2000, e relacionadas à projeção cartográfica UTM (fuso 22 sul). A Figura 5 apresenta a imagem ICBI obtida para a área de estudo 1. O solo apresenta valores superiores a 0,0, sendo bastante evidenciado. As áreas com vegetação rasteira apresentam valores inferiores a 0,0.

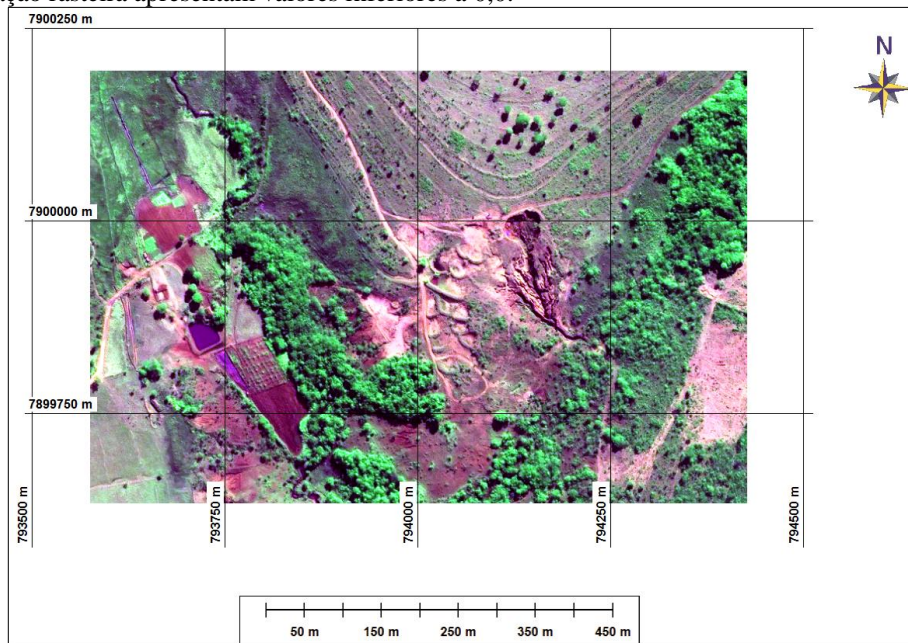


Figura 4 – Área de estudo 1

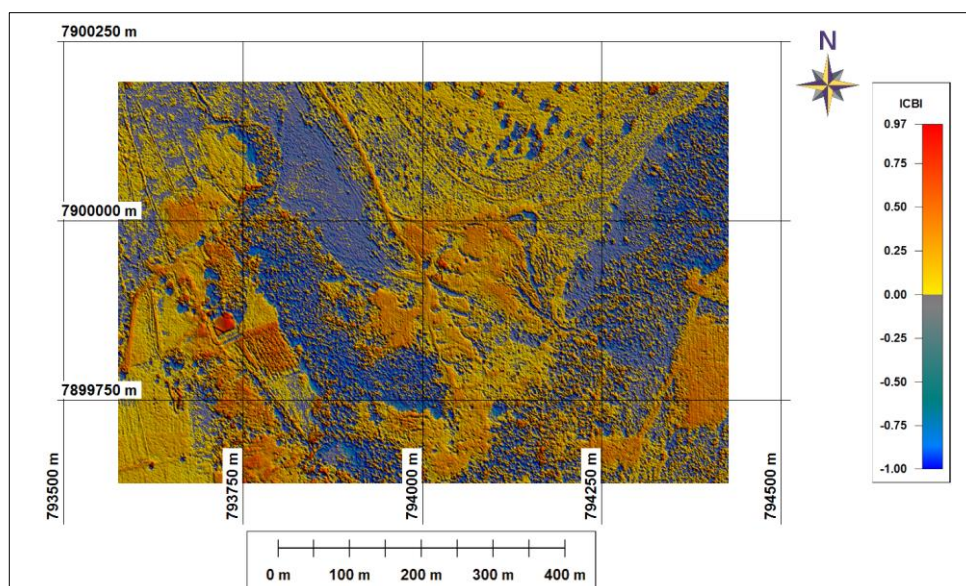


Figura 5 – Imagem ICBI da área de estudo 1

A título de comparação, gerou-se também o NDVI para a área de estudo 1, para a qual a banda NIR estava disponível. O NDVI é obtido a partir das bandas espectrais relativas aos comprimentos de onda do NIR e do vermelho (bandas 4 e 3 da imagem IKONOS, respectivamente), por meio da expressão:

$$NDVI = (B4-B3)/(B4+B3) \tag{2}$$

Ele permite melhorar a discriminação das áreas vegetadas e não vegetadas. O NDVI varia de -1 a +1 e, quanto maior esse valor, maior a presença de vegetação. A figura 6 ilustra o NDVI obtido e, comparando-o com o ICBI, percebe-se que os diferentes índices evidenciam diferentes contrastes, o NDVI em relação à vegetação e o ICBI em relação ao solo exposto, conforme se propõem.

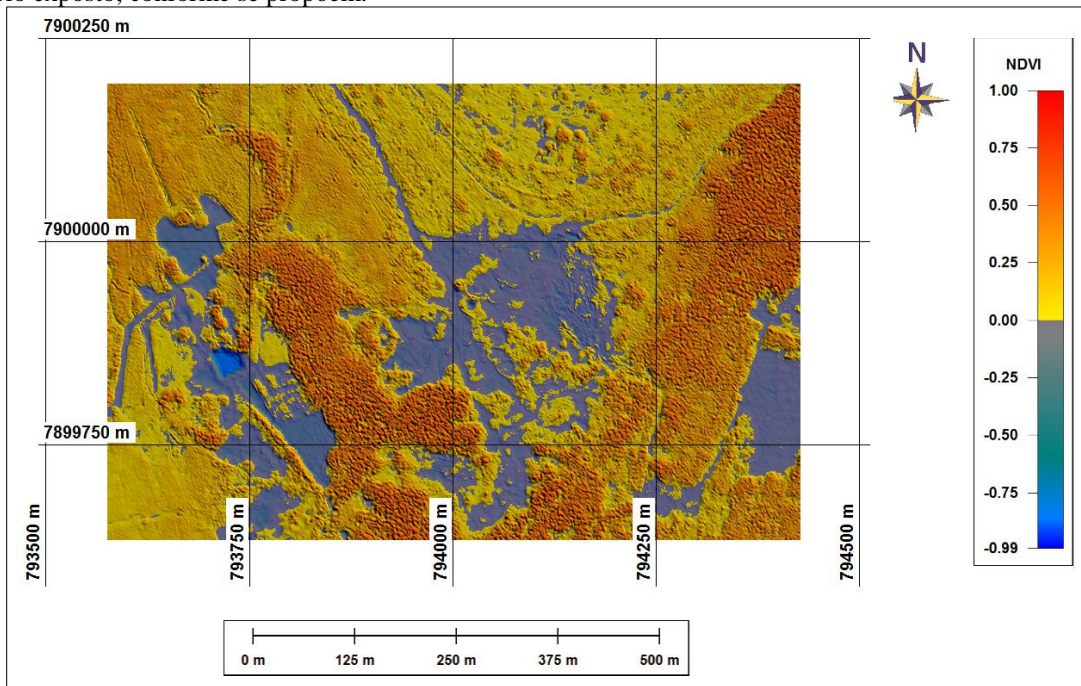


Figura 6 – Imagem NDVI da área de estudo 1

A área de estudo 2 também encontra-se em ambiente rural, apresentando as classes de uso do solo relativas a áreas de vegetação (arbórea e rasteira), corpos d'água e áreas de solo exposto, conforme pode ser verificado na Figura 7, com base em ortofoto na composição colorida R=red, G=green, B=blue (datum planimétrico Geocentric Datum of Australia - GDA94), projeção cartográfica Map Grid of Australia - MGA1994, fuso 55 sul. A figura 8 ilustra a imagem de intensidade relativa à área de estudo 2.

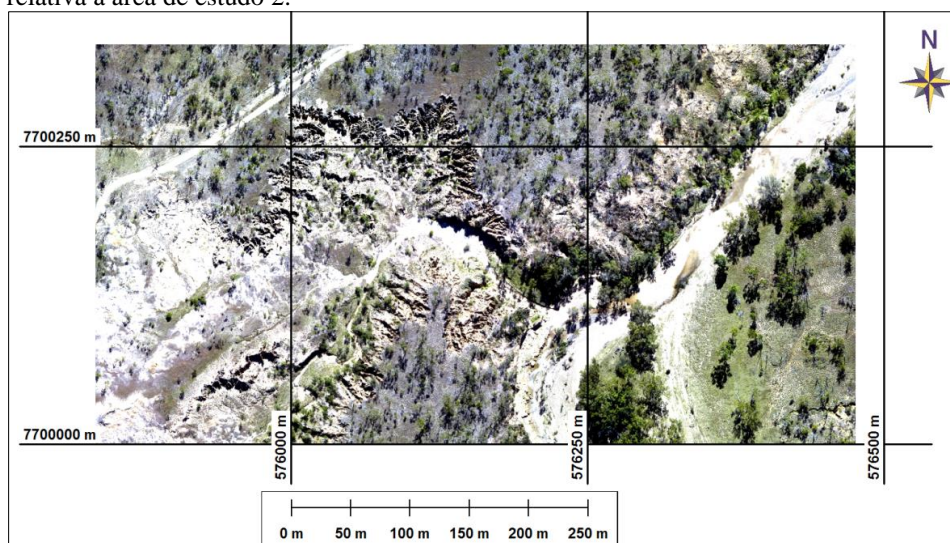


Figura 7 – Área de estudo 2

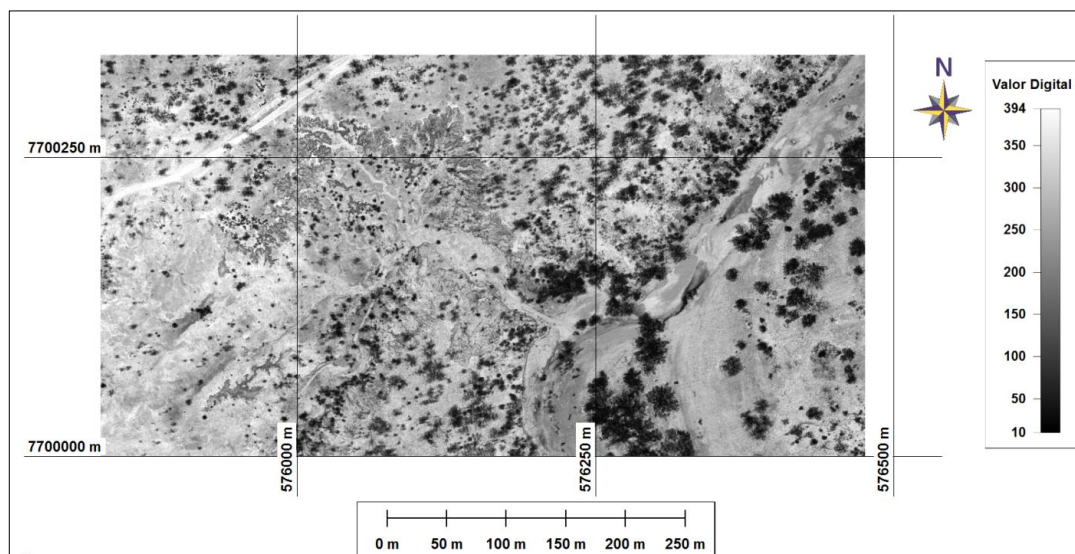
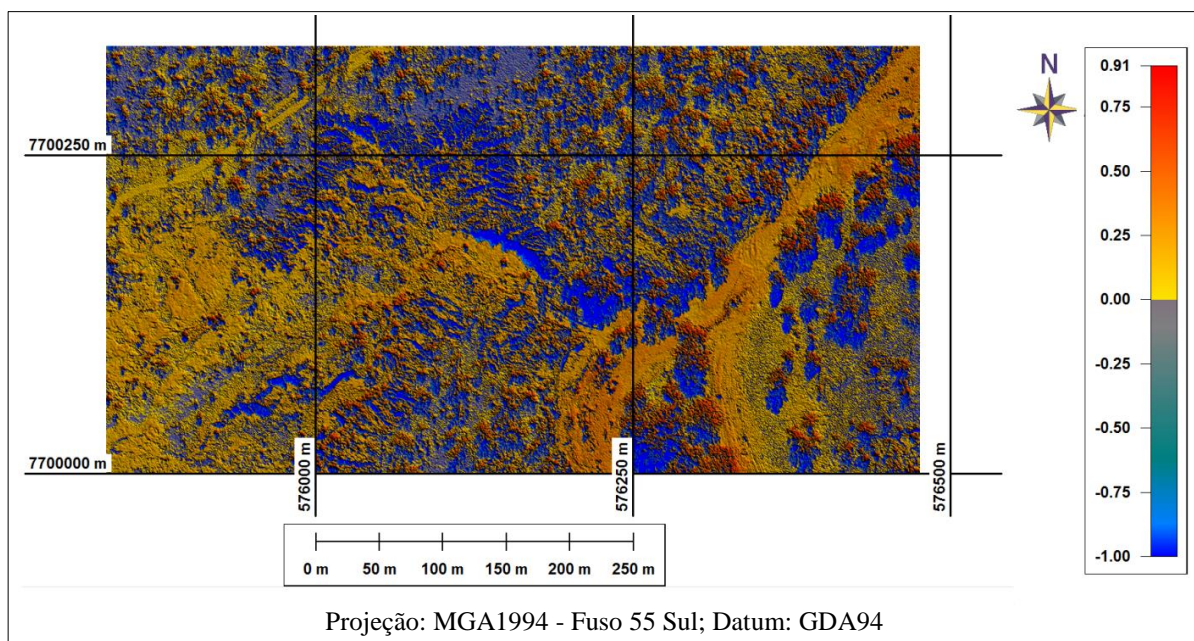


Figura 8 – Imagem de intensidade da área de estudo 2

A figura 9 mostra a imagem correspondente ao ICBI para a área de estudo 2. Os valores encontram-se no intervalo de -1 a +0,91. A vegetação arbórea apresenta valores superiores a 0,5. O solo exposto, assim como a vegetação rasteira, apresenta valores entre 0 e 0,5. As demais feições apresentam valores inferiores a 0. Comparando o resultado com a Figura 8, percebe-se que a imagem de intensidade não apresenta o mesmo contraste entre as classes como o contraste apresentado pelo ICBI. Os resultados obtidos para as duas áreas de estudo comprovam que o índice proposto permite discriminar as áreas de solo exposto das demais.



Projeção: MGA1994 - Fuso 55 Sul; Datum: GDA94

Figura 9 – Imagem ICBI da área de estudo 2

#### 4. CONCLUSÕES

O Índice de Contraste Baseado em Intensidade - ICBI, proposto neste estudo, apresentou-se como uma alternativa para os casos em que não se dispõe da banda NIR, mas se dispõe da imagem de intensidade. Os resultados obtidos demonstraram que o ICBI permite evidenciar o contraste entre a classe de solo exposto e as demais.

A aplicação do ICBI necessita, obviamente, que os dados espectrais e altimétricos tenham sido adquiridos ao mesmo tempo e, portanto, estejam georreferenciados e correspondam à mesma data e, consequentemente, à mesma distribuição das classes em campo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Sensoriamento Remoto da divisão de Ciências do Departamento de Ciências, Tecnologia da Informação, Inovação e Artes do Governo de Queensland – Austrália, pela cessão dos dados referentes à área de estudo localizada em Queensland.

À empresa Engesat Imagens de Satélite Ltda, pela cessão da imagem Ikonos da cidade de Uberlândia-MG.

À Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A., pela cessão dos dados de perfilamento a LASER da cidade de Uberlândia-MG.

## REFERÊNCIAS

ARAKI, H. **Fusão de informações espectrais, altimétricas e de dados auxiliares na classificação de imagens de alta resolução espacial**. 2005. 126 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução da segunda edição. São José dos Campos-SP: Parêntese Editora, 2009.

LEONARDI, F. **Abordagens cognitivas e mineração de dados aplicadas a dados ópticos orbitais e de laser para a classificação de cobertura do solo urbano**. 2010. 134 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 6ª Edition. USA: John Wiley & Sons, 2008.

OLIANI, L. O. 2013. 94 p. **Mapeamento da região do reservatório do rio Iraí por meio de OBIA (análise orientada a objeto) e imagem worldview II**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

TEDESCO, A. **Delimitação de voçoroca com imagens de alta resolução e ALS por meio de árvore de decisão e GEOBIA**. 2015. 186 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

TSO, B.; MATHER, P. M. **Classification methods for remotely sensed data**. Florida – USA: CRC Press, 2009.