

DETERMINAÇÃO DE UMIDADE DOS SOLOS A PARTIR DE DADOS DA FAIXA DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIR) UTILIZANDO VEÍCULO AÉREO NÃO-TRIPULADO (VANT)

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto, NIR, Mapeamento de risco

Autores/as:

Luiz Henrique Medeiros Collalto Toni, IG, UNICAMP

Prof. Dr. Henrique Candido de Oliveira, FECFAU, UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A situação climática do planeta vem passando por mudanças em uma escala nunca antes vista, evidenciadas por eventos de grandes dimensões cada vez mais recorrentes. O número de eventos extremos, com destaque a secas, calor extremo, inundações e tempestades, dobrou desde o início dos anos 1990, com uma média de 213 ocorrências/ano no período de 1990 a 2016 (FAO, 2018)

Dentre as principais categorias envolvidas por desastres naturais, os deslizamentos, junto de inundações, correspondem às mais recorrentes no Brasil e no mundo (Riffel et. al., 2016). O crescimento acelerado da população nas últimas décadas estimulou um desenvolvimento descontrolado das cidades muitas vezes carente de planejamento urbano adequado. Este cenário, quando somado à intensificação dos efeitos das mudanças climáticas e ao desconhecimento das condições locais, potencializou não só a ocorrência dos movimentos de massas, mas também perdas humanas e materiais

(Andriamamonjisoa & Hubert-Ferrari, 2019; SGB, 2013; Gbadebo et al., 2021).

A susceptibilidade aos deslizamentos é condicionada pela soma de diversos fatores, como o tipo de solo, presença e abundância de estruturas construídas (exercendo pressão sobre o solo), recorrência de fraturas no maciço rochoso (Gbadebo et al., 2021), e intensidade do intemperismo em subsuperfície (Andriamamonjisoa & Hubert-Ferrari, 2019). Além deles, tem-se o grau de saturação do solo como um dos principais fatores desencadeadores, seja favorecendo a capacidade de deformação plástica do material, seja induzindo a desagregação ou liquefação de uma camada mais fraca (Highland & Bobrowsky, 2008).

Atualmente as principais técnicas utilizadas para a determinação do teor de umidade do solo consistem no método de secagem da amostra em estufa, padronizado pela norma NBR 6.457/2016 (ABNT, 2016; Santos, 2020); e pelo método de uso em mistura com carbureto de cálcio e aferição da pressão de gás com dispositivo “Speedy”, padronizado

pela norma DNER-ME 052/94 (DNER, 1994; Santos, 2020). Embora forneçam resultados satisfatórios em termos de precisão, sua eficiência é limitada. Por se tratarem de ensaios com amostras coletadas individualmente e de locais pontuais, requerem bastante tempo, recursos e disponibilidade de mão de obra qualificada. Por conta disso, sua utilização fica comprometida em projetos de larga escala ou como artifício de tomada de decisões.

Uma alternativa não tão explorada para esta finalidade consiste na utilização de imagens obtidas por sensores remotos. Embora num primeiro momento se mostrem menos precisas que ensaios laboratoriais, são vantajosas quanto a sua capacidade de cobrir grandes áreas, velocidade de obtenção de dados, e possibilidade de redução de tempo e recursos empregados.

As imagens de um objeto obtidas por sensoriamento remoto podem ser entendidas como fusões de dados de reflectância (capacidade de um objeto refletir a energia radiante) de intervalos específicos do espectro eletromagnético (Steffen, 2002). A água apresenta a tendência de absorver com bastante intensidade a radiação nos comprimentos de onda na região do infravermelho próximo (NIR), resultando em elementos de menor reflectância na banda espectral NIR (Figura 1). Por conta disso, quando em comparação com áreas secas, as áreas úmidas podem ser identificadas por encontrar-se mais escuras em imagens compostas por NIR (Jensen, 2009).

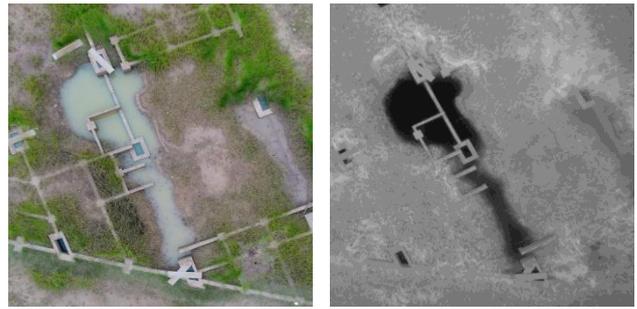


Figura 1: Exemplo de imagem em composição RGB - espectro visível (esquerda); e NIR - espectro do infravermelho próximo (direita). Fonte: dos autores.

Sendo assim, o principal objetivo deste estudo é explorar dados multiespectrais coletados por VANTs – em especial na faixa espectral do NIR – de modo a detectar áreas com altos teores de umidade que possam contribuir com a ocorrência de eventos de movimento de massa.

METODOLOGIA:

A fim de atingir os objetivos do estudo, realizou-se uma abordagem com foco experimental, baseando-se em dados coletados durante campanhas em campo. Dessa forma, pode-se resumir a metodologia nas seguintes etapas:

Seleção do local de amostragem: A seleção de área de estudo teve como foco locais com clara variabilidade da umidade superficial, permitindo a realização de um perfil de análise com gradação de saturação;

Atividades de campo: Realizou-se simultaneamente, em dia com condições de tempo limpo:

- Coleta de imagens multiespectrais (espectro visível, infravermelho próximo e termal) de toda a área de estudo, por meio de VANT com sensor MAPIR acoplado;

- Coleta de amostras de solo superficial ao longo de toda a área imageada, em diferentes condições de ocorrência - solo completa ou parcialmente exposto; colúvio; recoberto por vegetação gramínea, rasteira ou morta; próximo do leito de córregos; dentre outros.
- Registro e descrição das condições de amostragem – identificação, horário, coordenadas, condição climática, cobertura vegetal, outros tipos de cobertura e observações pertinentes).

Determinação da umidade natural: Realizada para todas as amostras conforme a padronização determinada pela norma NBR 6.457/2016 (ABNT, 2016). Para tal, tomou-se o peso inicial (natural) do conjunto Amostra Indeformada + Cápsula, em seguida levando-as à estufa por 24 horas, a fim de secar completamente o material. Após retirar o conjunto da estufa, tomou-se seu peso (seco), e por fim o peso da cápsula após remoção do material. O cálculo do teor de umidade (h) é dado como a razão entre a massa de água presente na amostra (Ma) e a massa da parte sólida (seca) da amostra (Ms) (Caputo, 2017).

Tratamento dos dados multiespectrais: Os dados das diferentes faixas espectrais foram tratados de modo a demarcar feições com base em sua saturação. Para tal, realizou-se operações entre as bandas para alcançar três índices multiespectrais com potencial de monitoramento da umidade superficial, mesmo que indiretamente:

- NDWI (Normalized Difference Water Index): Permite identificar e destacar áreas com

presença de água em superfície. É obtido pela operação $\frac{Green - NIR}{Green + NIR}$

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): Indica a qualidade e quantidade de vegetação em determinada área, e é obtida pela relação $\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$
- NDRE (Normalized Difference Red Edge Index): Indica a quantidade de clorofila nas plantas, e pode ser obtida por $\frac{NIR - RedEdge}{NIR + RedEdge}$

Correlação dos dados: A umidade natural de todas as amostras foi correlacionada com os dados obtidos do tratamento das imagens multiespectrais, tanto através dos índices quanto de bandas únicas, buscando assim destacar relações entre a variação da intensidade dos dados digitais e os parâmetros empíricos obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Foram coletadas 13 amostras no total, 7 no bairro Jardim Louzada e 6 no Recanto Mônica, ambos na cidade de Itaquaquecetuba/SP. A tipificação das amostras, junto da umidade natural obtida em laboratório para cada uma delas, encontra-se na Tabela 1.

Ponto	Umidade Natural (%)	Tipo de Superfície	Cobertura Vegetal
L C01	7,44	Regolito	Ausente
L C02	9,86	Regolito	-
L C03	24,5	Horizonte O	Rasteira, gramínea saudável
L C04	9,82	Saprólito	Ausente
L C05	4,71	Regolito	Ausente
L C06	7,12	Aterro	Ausente
L C07	6,54	Regolito	Muita, arbórea
M C01	2,57	Aterro	Rasteira
M C02	12,68	Aterro	Pouca
M C03	12,24	Aterro	Ausente
M C04	13,51	Aterro	Rasteira, gramínea
M C05	25,04	Horizonte O	Rasteira, palha e capim. 2~5cm
M C06	9,32	Aterro	Ausente

Tabela 1: Tipificação das amostras coletadas, e sua umidade natural.

De forma geral, observam-se baixos teores de umidade em amostras de aterro e regolito, com valores progressivamente maiores

conforme o aumento da presença de vegetação e horizontes de solo a ela relacionados (Figura 2).

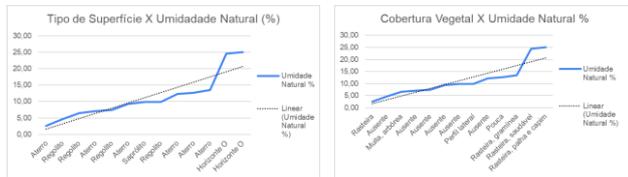


Figura 2: Relação entre os teores de umidade das amostras e: o tipo de superfície (direita); e cobertura vegetal (esquerda)

Com relação aos dados multiespectrais, não foi observada correlação significativa entre os teores de umidade e bandas do espectro visível (Figura 3).

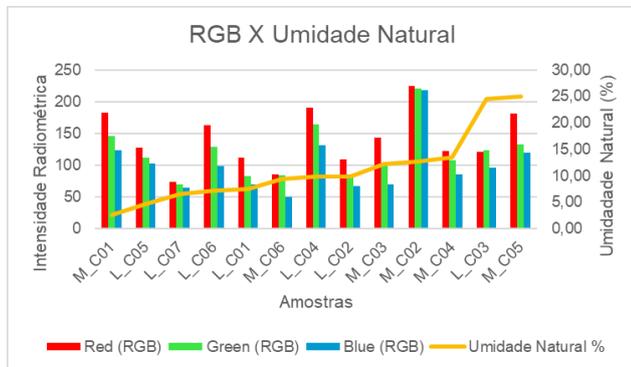


Figura 3: Relação entre os teores de umidade das amostras e as bandas do espectro visível.

Já nas bandas Termal e Red Edge, observou-se fraca correlação positiva com os teores de umidade (Figura 4).

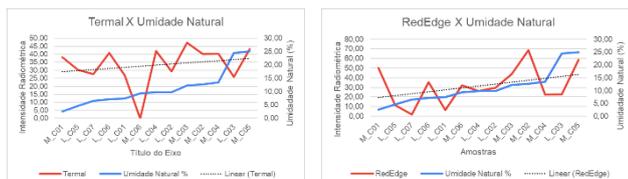


Figura 4: Relação entre os teores de umidade das amostras e as bandas Termal (esquerda) e Red Edge (direita).

De todas as faixas obtidas, a com maior correlação com os teores de umidade foi a do infravermelho próximo (Figura 5). No entanto, como as amostras coletadas em solo de aterro retornaram valores com variabilidade muito alta, foram desconsiderados para o cálculo da tendência linear.

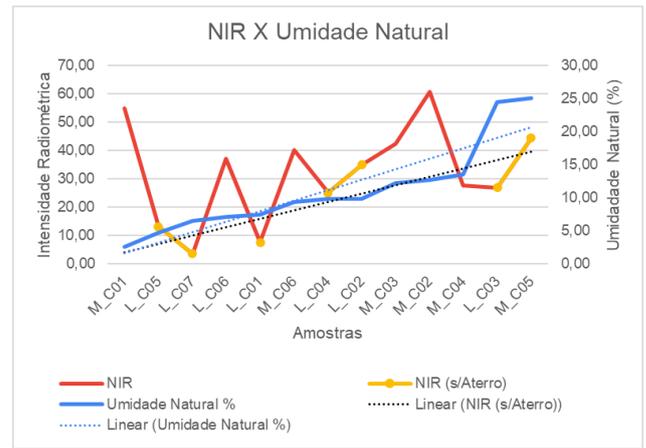


Figura 5: Relação entre os teores de umidade das amostras e a banda do infravermelho próximo.

Já para os índices multiespectrais NDWI e NDVI, foi observada pouca correlação entre os índices multiespectrais e os teores de umidade (Figura 6).

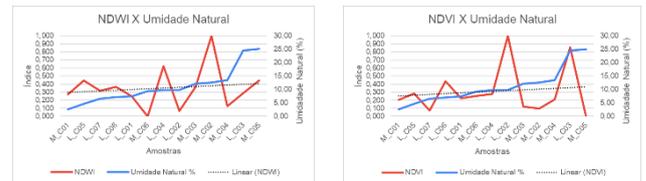


Figura 6: Relação entre os teores de umidade das amostras e os índices NDWI (esquerda) e NDVI (direita).

O NDRE, no entanto, resultou em média correlação negativa quando comparada à umidade das amostras (Figura 7).

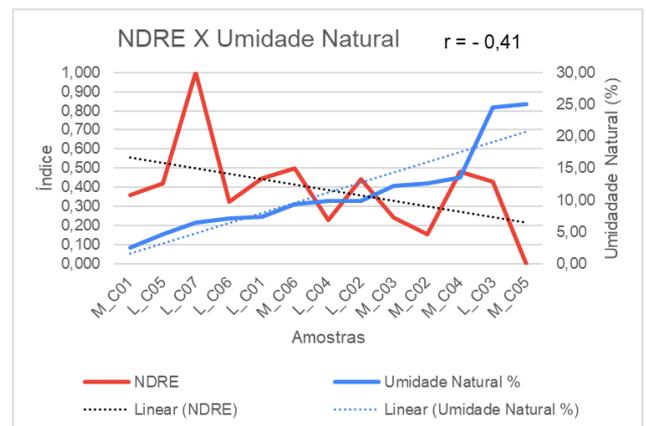


Figura 7: Relação entre os teores de umidade das amostras e o índice NDRE.

CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos demonstraram que há potencial de uso dos dados multiespectrais obtidos por VANTs para estimativa de teores de

umidade do solo. A faixa do infravermelho próximo, em específico, se destacou por sua maior sensibilidade às variações de saturação hídrica, relacionando-se de maneira mais direta às condições superficiais do solo. Por sua vez, a aplicação de índices espectrais também se mostrou promissora para os objetivos do trabalho, ampliando a capacidade da análise.

No geral, a maioria das faixas espectrais não apresentou altas correlações com os teores de umidade. No entanto, ao mesmo tempo, observou-se alta variabilidade nos dados obtidos em áreas de aterro, constituindo assim um limitador à precisão da análise. Assim, a compreensão das características destes solos transportados, bem como a utilização de instrumentos de imageamento e geolocalização mais precisos, são essenciais para uma melhor compreensão das relações entre umidade superficial dos solos e suas faixas espectrais.

De maneira geral, pode-se dizer que a aplicação de VANTs equipados com sensores NIR e principais faixas espectrais (visível, termal, Red Edge, etc.), apresenta-se como uma alternativa promissora, mais rápida e barata para a estimativa de teores de umidade em grandes áreas, podendo contribuir significativamente para o planejamento urbano, gerenciamento de riscos e detecção de áreas potencialmente suscetíveis a movimentos de massa.

BIBLIOGRAFIA

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6.457/2016 - Amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização: método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- Caputo, H. P.; Caputo, A. N. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 7. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- Andriamamonjisoa, S., Hubert-Ferrari A. **Combining geology, geomorphology and geotechnical data for a safer urban extension: Application to the Antananarivo capital city (Madagascar)**. Journal of African Earth Sciences. v. 151, p. 417-437. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.12.003>.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. **DNER-ME 052/94 – Solos e agregados miúdos – determinação da umidade com emprego do “Speedy”**. DNER, 1994.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food security and nutrition in the world 2018**. Building climate resilience for food security and nutrition. Roma, Italia. 2018.
- Highland, L.M., Bobrowsky, P. **The landslide handbook – A guide to understanding landslides**. Reston, Virginia. U.S. Geological Survey. Circular 1325, 129p. 2008.
- Riffel, E. S., Guasselli, L. A., & Bressani, L. A. **Desastres Associados a Movimentos de Massa: Uma Revisão de Literatura**. Boletim Goiano de Geografia, 36(2), 285-305. 2016.
- Santos, J. **Determinação da Umidade do Solo**. UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina. Laboratório de Geotecnia e Pavimentação. 2020.
- Steffen, C., A. **Introdução ao Sensoriamento remoto**. INPE - Divisão de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, SP. 2002.