

Agricultura de precisão para estimativa de produtividade em lavoura de milho

Diego Dos Santos Ribeiro¹ e Helton Aparecido Rosa²

¹Acadêmico do 9º período do curso de Agronomia do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, PR – Brasil. diego.santos@moinhoiguacu.com.br.

²Engenheiro Agrícola e Mestre em Energia Agrícola e Doutorando em Engenharia Agrícola. Docente do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, Cascavel, PR – Brasil. helton.rosa@hotmail.com.

Resumo: Um dos desafios para a produção de milho no Brasil reside na melhoria dos sistemas produtivos. A estimativa de produtividade se faz necessária para o suprimento da demanda nacional. A predição de produtividade utilizando sensores proximais se dá pela geração de modelos que expressem a relação linear entre índices de vegetação e a produtividade real da cultura. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produtividade da cultura do milho com o emprego de ferramentas de agricultura de precisão, via sensoriamento remoto. Finalizado o ciclo da cultura, realizou-se a colheita com auxílio de tecnologias da agricultura de precisão que estavam inseridas no monitor de produtividade da colhedora e assim foi registrado o mapa de colheita da área. Esses dados foram correlacionados com as imagens de satélite obtidas ao longo do desenvolvimento da cultura, onde foi possível gerar o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). O processamento de cada imagem permitiu o mapeamento e visualização dos estágios fenológicos e os pontos de maior e menor produtividade.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; Zea Mays; índice de vegetação.

Precision agriculture for corn yield productivity estimation

Abstract: One of the challenges for maize production in Brazil lies in the improvement of production systems. The estimation of productivity is necessary for the supply of the national demand. The prediction of productivity using proximal sensors is given by the generation of models that express the linear relationship between vegetation indexes and the actual productivity of the crop. The objective of this work was to evaluate the corn crop productivity using precision agriculture tools, via remote sensing. At the end of the crop cycle, harvesting was carried out with the aid of precision agriculture technologies that were inserted in the productivity monitor of the harvester and thus the harvest map of the area was recorded. These data were correlated with the satellite images obtained during the development of the crop, where it was possible to generate the normalized difference vegetation index (NDVI). The processing of each image allowed the mapping and visualization of the phenological stages and the points of greater and lesser productivity.

Key words: remote sensing, Zea Mays, vegetation index.

Introdução

A agricultura desempenha papel insubstituível em todos os países, em razão de ser a principal provedora de alimentos, fibras e matérias-primas para energia (biocombustíveis), além de propiciar muitos outros tipos de benefícios diretos e indiretos para a sociedade (FORMAGGIO e SANCHES, 2017).

Entre as principais culturas do Brasil encontra-se o milho (*Zea mays L.*), sendo cultivada em todas as regiões do País. Um dos desafios para a produção de milho no Brasil reside na melhoria dos sistemas produtivos, ajustando-os às necessidades locais através da racionalização dos custos, da redução do impacto ambiental provocado pelo uso inadequado de insumos (fertilizantes, agroquímicos e combustíveis), ou ainda pela redução na abertura de novas áreas visando atender à crescente demanda mundial por grãos (NETO, 2007).

A estimativa de produtividade se faz necessária para que o suprimento da demanda nacional e a capacidade de transporte e armazenamento dos produtos agrícolas não sejam comprometidos (BERTOLIN *et al.*, 2017).

Segundo Tschiedel e Ferreira (2002), novas técnicas são necessárias para que se entenda a propriedade não homogênea e sim que se trate cada parte conforme as suas necessidades, fazendo com que o produtor tenha o conhecimento detalhado em cada parte da linha de produção ou cada metro quadrado da sua propriedade.

O crescente desenvolvimento de novas técnicas ligadas ao manejo das culturas, novos equipamentos e insumos mais eficientes têm proporcionado ganhos significativos no rendimento das culturas (FILHO e CUNHA, 2015).

A agricultura de precisão no mundo e no Brasil surgiu a partir da necessidade do produtor em conhecer a quantidade produzida e como eram distribuídas e localizadas as diferentes produtividades dentro do talhão (FERNANDES, 2016).

A diferença da agricultura de precisão para as formas tradicionais está na identificação e localização com maior exatidão das variações de produtividade e dos diversos fatores que a afetam, sugerindo assim ações de manejo localizado (NETO, 2007).

A predição de produtividade utilizando sensores proximais se dá pela geração de modelos que expressem a relação linear entre índices de vegetação e a produtividade real da cultura. Dentre os índices de vegetação utilizados para prever a produtividade um dos mais estudados é o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) (OLIVEIRA, 2017)

A estrutura de pixels da imagem NDVI permite a avaliação espacial da atividade fotossintética e da variação do dossel vegetativo das culturas agrícolas. A obtenção de várias

imagens ao longo do ciclo possibilita o mapeamento e identificação da evolução temporal dos estádios fenológicos (BARIANI *et al.*, 2016). Dessa forma, objetivou-se com este trabalho correlacionar a produtividade da cultura do milho com o emprego de ferramentas de agricultura de precisão, via sensoriamento remoto.

Material e Métodos

A área de estudo está localizada no Oeste do Estado do Paraná no Município de Santa Helena, na localidade da linha Ponte Queimada, situada nas seguintes coordenadas geográficas 24°54'18.21'' S e 54°13'05.75''. O sistema de referência das coordenadas: Datum SIRGAS 2000. Abaixo está ilustrado a área onde realizou-se o estudo.

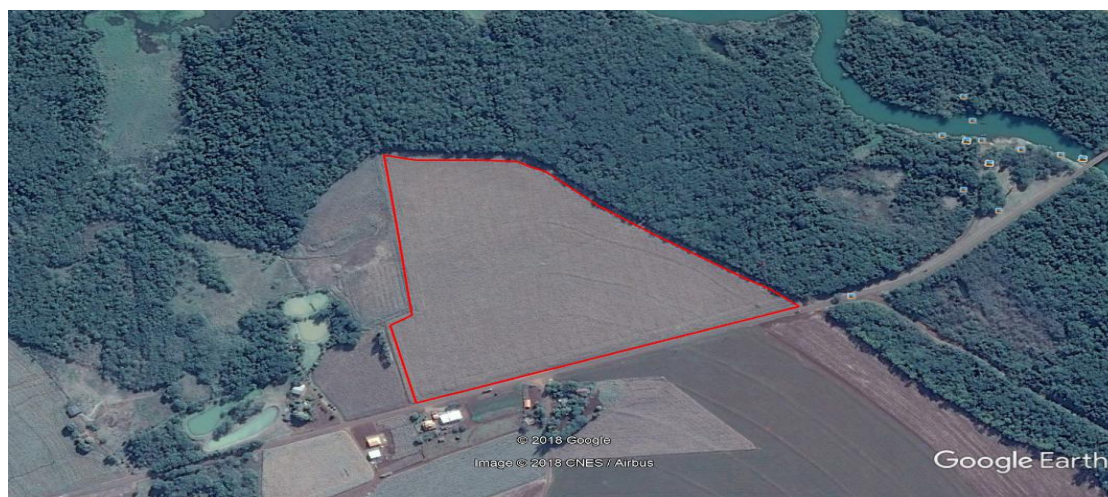


Figura 1 - Localização da área de experimento. Fonte: arquivo pessoal, 2018.

O clima da região é subtropical Úmido Mesotérmico, de verões quentes com tendência de concentração das chuvas (ocorrendo temperatura média superior a 22° C), invernos com geadas pouco frequentes (temperatura média inferior a 18° C), sem estação seca definida. A precipitação média anual é de 1.798,92 mm. As precipitações máximas ocorrem no verão, com média de 165 mm/mês.

Utilizou-se para semeadura uma plantadeira Khun, com 9 linhas de 50 cm, equipada com monitor de plantio modelo safra Max, sistema fertyssystem para fertilizantes, tracionado por um trator John Deere modelo 6180 J com 180 cv de potência. A imagem a seguir ilustra o dia do plantio.



Figura 2 - Plantio da área. Fonte: arquivo pessoal, 2018.

Para a semeadura foi utilizado sementes do híbrido simples MG 580 da Morgan®, recomendado para a região. E este híbrido possui ciclo precoce, arquitetura de planta moderna, folhas eretas, indicado para áreas de alto potencial produtivo, e possuindo como característica principal a tecnologia Power Core que lhe confere proteção contra as principais lagartas, e tolerância a herbicidas a base de glifosato. A semeadura foi realizada na safra 18/18 no dia 23 do mês de fevereiro, em área cultivada há vários anos no sistema plantio direto. O espaçamento estabelecido foi 0,50m, sendo distribuídas 2,9 sementes por metro linear para se atingir a população de 58 mil plantas ha⁻¹. A adubação foi aplicada de acordo com recomendação do engenheiro agrônomo responsável, ou seja, 330 kg ha⁻¹ de adubo formulado 12-10-10 no sulco de semeadura. Após a emergência da cultura foi utilizado para controle de ervas daninhas 2 L ha⁻¹ de Atrazina para eliminação das plantas latifoliadas.

Após finalizado o ciclo da cultura que foi de 157 dias, realizou-se a colheita no final do mês de junho de 2018. Foi utilizado uma máquina de modelo S-540 da John Deere, equipada com monitor de colheita e com plataforma de corte de 9 linhas de 50 cm. A colheita foi realizada com auxílio de tecnologia da agricultura de precisão que estavam inseridas no monitor de produtividade e assim foi registrado o mapa de colheita da área.

Foram utilizadas imagens do satélite Sentinel 2, contemplando as bandas Vermelho (visível) e infravermelho próximo. Sendo que posteriormente com esses dados, no software QGIS, calculou-se os valores de NDVI, conforme Equação 1.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: NIR – Infravermelho Próximo; RED – Vermelho Visível

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir dos valores de NDVI apresentaram uma relação com o rendimento de grãos da cultura. Segundo o autor Bredemeier *et al.* (2016) maiores valores de NDVI em diferentes estádios fenológicos se relacionaram a maiores produtividades de grãos no momento da colheita.

Os resultados obtidos após 23 dias da semeadura são apresentados na Figura 3.

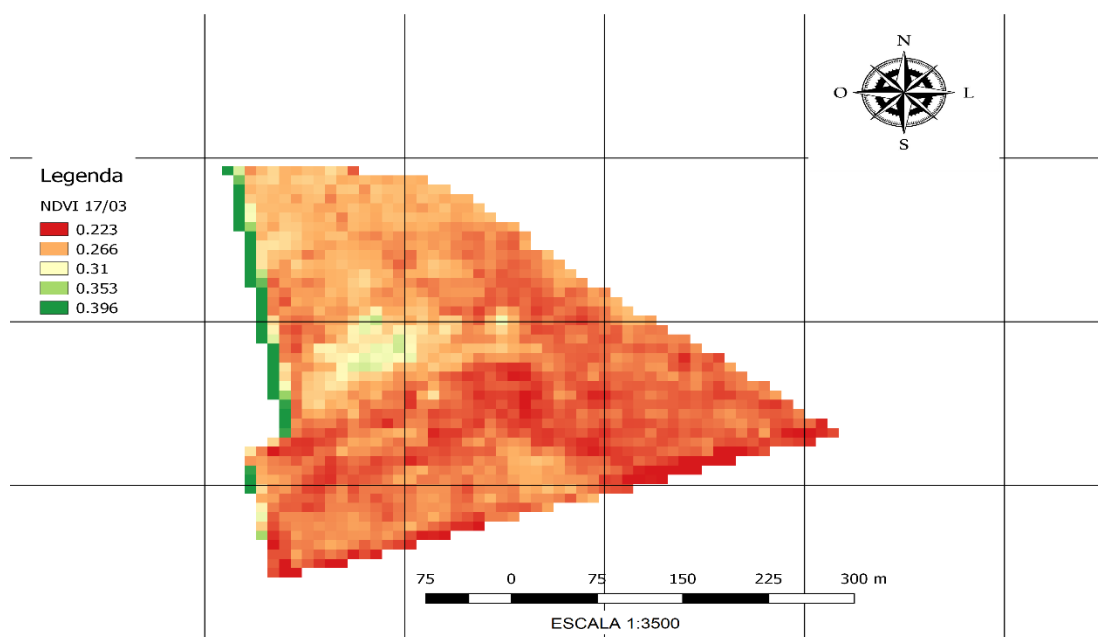


Figura 3- Imagem 23 dias após o plantio. Fonte: Autores

Pode-se observar na figura acima, que houve pequena variação em relação aos valores de NDVI, pois a lavoura estava nos primeiros dias após a emergência, onde o índice vegetativo variou em 0,223 a 0,396. De acordo com Jensen (2011) resultados de um NDVI próximo de zero demonstram solos descobertos e rochas, que refletem nas regiões em vermelho.

Na Figura 4, coletada 47 dias após a semeadura, pode-se observar o aumento do vigor vegetativo da lavoura, pois a mesma já se encontrava em estágio fenológico (V5).

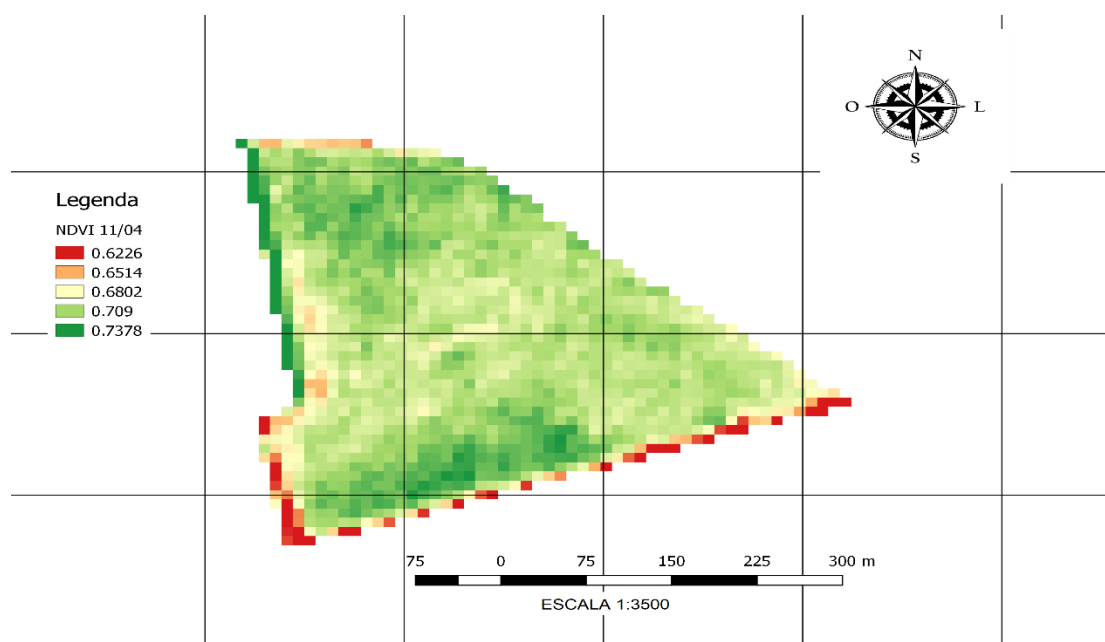


Figura 4- Imagem 47 dias após plantio. Fonte: Autores

Observa-se que em determinados pontos da lavoura o índice está abaixo do esperado, pois encontra-se valores variando de 0,6226 a 0,7378 indicando possíveis desvios de homogeneidade da área. Essas condições podem ser explicadas pela variabilidade espacial de variáveis de planta e solo, resultando em diferentes respostas na reflectância, que podem não estar associadas apenas ao estado nutricional da planta, mas também ser decorrentes de outros estresses bióticos e/ou abióticos (VIAN, 2015).

A seguir mostra-se a coleta da terceira imagem realizada no dia 21/05.

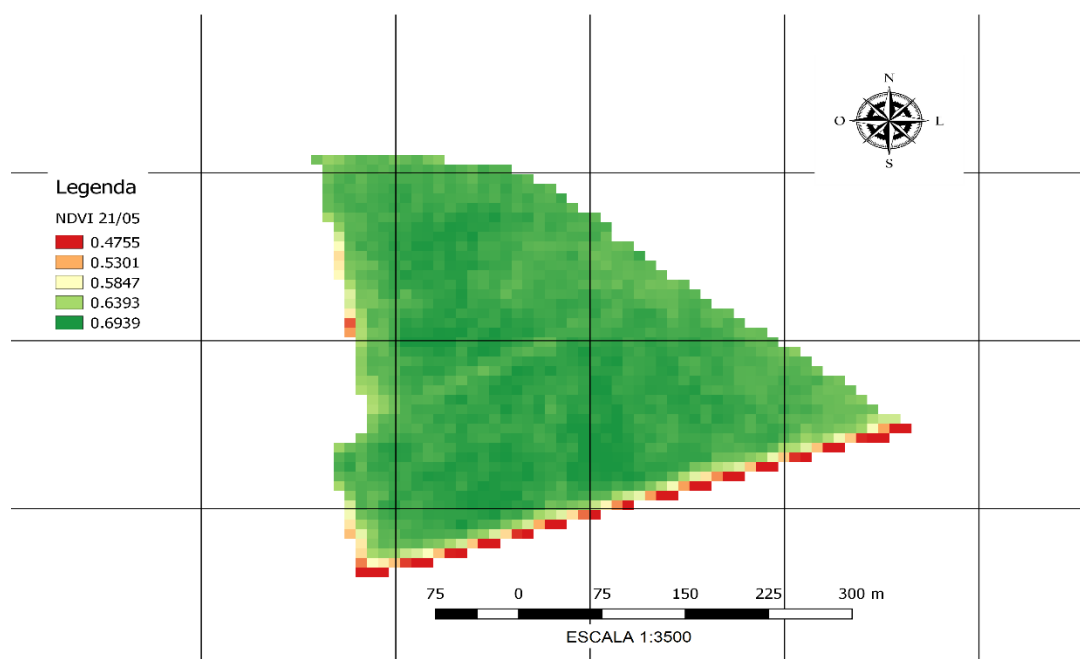


Figura 5- Imagem de 87 dias após plantio. Fonte: Autores

Observa-se que o maior índice comparado com a última leitura variou. Na leitura anterior a faixa de NDVI maior era de 0,7378 e neste dia observou-se que o NDVI maior era de 0,6939. Onde podemos notar que o índice vegetativo da lavoura está diminuindo, isso devido a lavoura estar entrando em seu pleno estágio reprodutivo. Vale ressaltar que nessa época tivemos um longo período de estiagem, cerca de 42 dias, o que possibilitou estimar perdas de produtividade pois atingiu a cultura em um dos momentos mais determinantes para produção. Como observado por Bertolin *et al.*, (2017) os valores de NDVI são maiores no milho irrigado, ou seja, a produção dessa cultura é dependente de uma boa precipitação pluviométrica durante seu ciclo. Segundo Bergamaschi *et. al.* (2006) uma dose intermediária de irrigação, a partir de 60% daquela necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, é suficiente para que sejam obtidos rendimentos elevados de milho.

No dia 10/06 realizou-se a quarta leitura da lavoura onde o índice de diferença normalizada voltou a progredir.

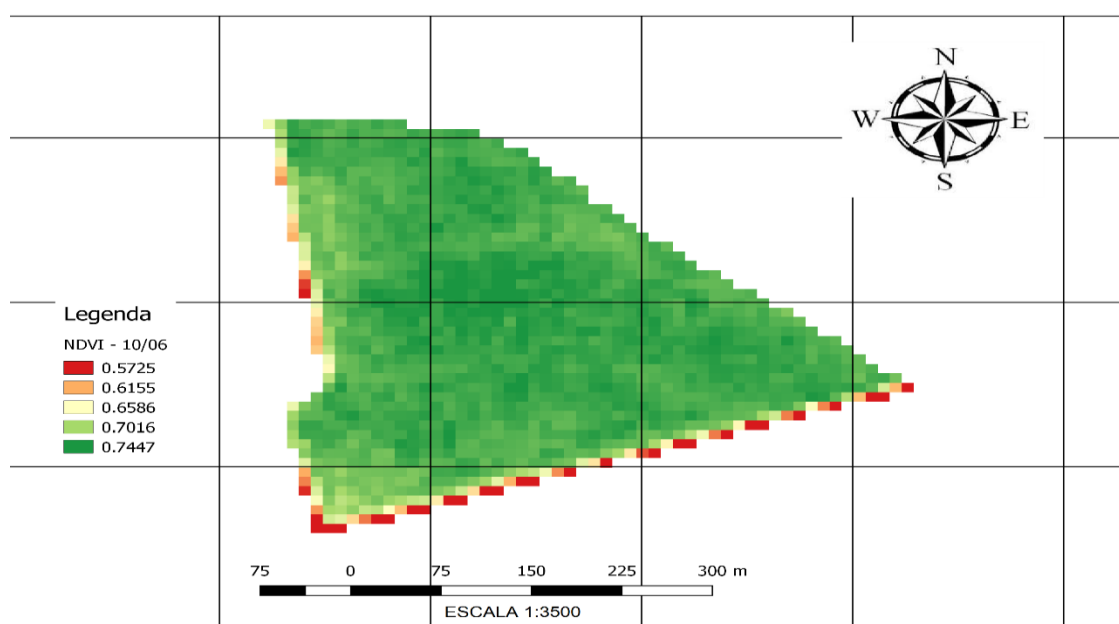


Figura 6- Imagem de 107 dias de semeadura. Fonte: Autores

Percebe-se um avanço no índice NDVI devido ao retorno das chuvas e avanço do estágio vegetativo da cultura, a variação foi de 0,5725 a 0,7447, conforme ilustrado na imagem.

Na Figura 7 apresenta-se o mapa de colheita que foi realizado através de um equipamento que estava inserido na colhedora com finalidade de revelar-nos talhões com maior e menor produtividade.

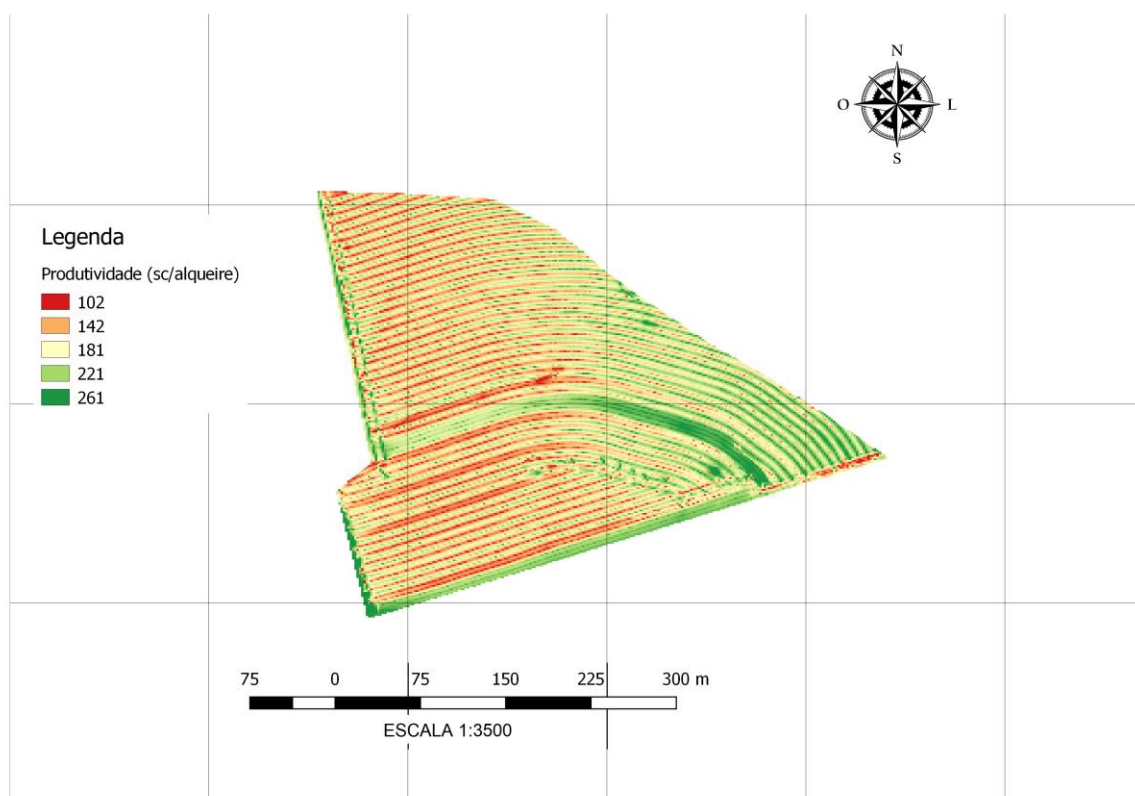


Figura 7- Mapa de colheita. Fonte: Autores

Observa-se na área uma variação de 102 a 261 sacas de milho por alqueire. Essa imagem facilita investigar e analisar o que pode estar afetando a perda de produtividade nesses pontos. Observando que na segunda leitura já apresentava pontos com índice vegetativo menor nas mesmas faixas que o mapa de colheita.

Segundo Vian (2015), as medições realizadas no dossel vegetativo da cultura durante seu desenvolvimento, como o NDVI, possibilitam melhorar o rendimento e a qualidade dos grãos, através da aplicação de fertilizantes em doses variadas, onde pode-se ter a localização exata do ponto a ser corrigido resultando em um solo homogêneo com maior produtividade.

Conclusão

Com esse trabalho conclui-se que com a agricultura de precisão é possível prever as áreas de maior produtividade e ao mesmo tempo verificar as áreas que possivelmente encontra-se com alguma dificuldade de produção, além de possibilitar a visualização dos estádios fenológicos da cultura.

No caso abordado no estudo, um próximo passo seria a coleta de maiores informações das áreas com menores valores de NDVI e produtividade, para melhor investigação das possíveis causas das variabilidades.

Referências

- BARIANI, V. M. J. C.; FELICE, D. R.; MARIO, N.; BARIANI, V. **Sensoriamento Remoto de Estádios Fenológicos de Culturas Agrícolas Irrigadas usando o NDVI**. 2016, Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – Universidade Federal do Pampa, Itaqui-RS, V.8, N. 2, 2017.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, A. G.; COMIRAN, F.; BERGONCI, I. J.; MULLER, G. A.; FRANÇA, A.; SANTOS, O. A.; RADIN, B.; BIANCHI, M. A. C.; PEREIRA, G. B. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p.243-249, fev. 2006.
- BERTOLIN, O. N.; FILGUEIRAS, R.; VENANCIO, P. L.; MANTOVANI, C. E. Predição da produtividade de milho irrigado com auxílio de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza –CE, V. 11, nº4, p.1627-1638, 2017.
- BREDEMEIER, C.; VIAN, L. A.; SILVA, G. P. C.; DRUM, A. M.; SILVA, A. J.; **Classes de NDVI como ferramenta para recomendação de nitrogênio em milho**. Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão. Goiânia, Goiás, 2016.
- FERNANDES, P. **Estimativa da Produtividade de Milho (*Zea Mays L.*) através de imagens multiespectrais obtidas por veículo aéreo não tripulado**. 2016. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS 2016.
- FILHO, S. R.; CUNHA, R. A. P. J. Agricultura de Precisão: particularidades de sua adoção no Sudoeste de Goiás – Brasil. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, V.35, N.4, p.689-698, 2015.
- FORMAGGIO, R. A.; SANCHES, A. D. I. **Sensoriamento Remoto em agricultura**. São Paulo: oficina de textos, 2017. p.13.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**. 2.ed. São José dos Campos, Parêntese, 2011.
- NETO, N. F. **Variabilidade espacial da produtividade de milho em duas glebas na Região de Guarapuava – PR. 2007**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2007.
- OLIVEIRA, F. M. **Modelos de predição de produtividade da cultura do milho por meio de NDVI em arranjos espaciais**. 2017. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, UNESP. Jaboticabal, 2017.
- TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, F. M. Introdução à Agricultura de Precisão: Conceitos e Vantagens. **Ciência Rural**, V. 32, N.1, p.159-163, 2002.
- VIAN, A. L. **Sensores de vegetação para estimativa in situ do potencial produtivo na cultura do milho**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.