

Uso de NDVI correlacionado a dados de produtividade em áreas pivô central

Luis Fernando Ricardi¹ e Helton Aparecido Rosa²

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz(FAG), Cascavel, Paraná.

¹ ricardi88@hotmail.com

² helton.rosa@hotmail.com

Resumo: Os principais procedimentos de previsão de safra são realizados por meio de amostragens a campo, que na maioria das vezes acaba se tornando caro para o produtor, são pouco precisas e exigentes em mão de obra, fazendo com que se busque técnicas alternativas a essas já utilizadas, nesse sentido existe o sensoriamento remoto, o qual apresenta potencial para diversos usos no meio agrícola. Desta forma foi trabalhado a estimativa de produtividade com o índice de vegetação, que foi obtido via sensoriamento remoto, comparando com a produtividade real das culturas do milho, soja e trigo, assim para essa análise foi utilizado o seguinte índice de vegetação: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). As imagens utilizadas serão do satélite Sentinel-2 L2A para as safras 2016, 2017, 2018 e 2019, com o intuito de descobrir se é correta a predição da safra. O trabalho mostrou que a disponibilidade de imagens mais próximas do máximo estágio vegetativo da cultura possivelmente resultaria em uma estimativa de produtividade mais precisa e melhor, os dados mostram a importância, no caso do estudo de previsão das safras em geral, em se considerar o ciclo da cultura como um todo, procurando melhorar e ajudar a utilizar essas ferramentas no dia a dia do produtor.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; Sentinel-2 L2A; NDVI; safra

Use of NDVI correlated to productivity data in central pivot areas

Abstract: The main harvest forecasting procedures are carried out by means of field sampling, which in most cases ends up becoming expensive for the producer, they are not very precise and demanding in manpower, making it necessary to seek alternative techniques to those already used. , in this sense there is remote sensing, which has potential for several uses in the agricultural environment. Thus, the objective of this work will be to estimate productivity with the vegetation index, which will be obtained via remote sensing, comparing with the real productivity of corn, soy and wheat crops, so for this analysis the following vegetation index will be used: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The images used will be from the Sentinel-2 L2A satellite for the 2016, 2017, 2018 and 2019 harvests, in order to find out if the harvest prediction is correct. The work showed that the availability of images synchronized with the maximum vegetative stage of the crop would possibly result in a more accurate and better yield estimate, the data show the importance, in the case of the crop forecasting study in general, in considering the cycle of the culture as a whole, seeking to improve and help to use these tools in the daily life of the producer.

Keywords: remote sensing; Sentinel-2 L2A; NDVI; harvest

Introdução

A agricultura no Brasil se desenvolveu fortemente nas últimas décadas, conforme os autores Agra e Santos (2016), entretanto, uma mudança de paradigmas ocorreu na década de 1990, quando passa a surgir o conceito de desenvolvimento rural sustentável, visando a melhoria da qualidade de vida e a redução da pobreza no campo. Assim, em tal década ainda se destaca, segundo Nunes (2007), uma crescente demanda na agricultura brasileira, sendo a mesma responsável pelo equilíbrio das contas internas e externas do país.

Segundo Silva, Campos e Silveira (2018), alguns dos motivos que colaboram para o potencial agrícola brasileiro se dão pelo sistema de transporte existente, pelas constates novas agroindústrias, pela educação empresarial e comercial, pelo mercado interno, pelo uso racional da terra, pela disponibilidade de áreas existentes e pela qualidade total.

Dessa maneira, atualmente o setor da agricultura é responsável por empregar quase 20 milhões de trabalhadores, sendo a agricultura um dos maiores seguimentos no país, apresentando importância em relação ao PIB (Produto Interno Bruto). Evidencia-se ainda que a agricultura do Brasil se apresenta ampla e diversa, estando fortemente presente, por exemplo, na produção de grãos (EMBRAPA, 2017).

A produção de grãos no Brasil se destaca pelo plantio e colheita de feijão, milho e soja, sendo estes os que mais possuem demanda, de acordo com Coêlho (2017). Assim, os autores Baroni, Benedeti e Seidel (2017) evidenciam que o Brasil é considerado um dos maiores produtores de grãos do mundo, possuindo assim variadas metodologias de plantio, de cuidados e de armazenamento, visando assim uma minimização das perdas e uma maior capacidade de produção.

Para os cuidados e para o melhor desenvolvimento dos grãos existem variadas culturas, nas quais podem se mencionar a metodologia de irrigação por superfície, a irrigação localizada e a irrigação por aspersão, podendo estas duas últimas ocorrer tanto por sistemas convencionais de tubos, em áreas pequenas, quanto por sistemas de pivô central ou pivô lateral móvel, em caso de áreas maiores (MORAES, 2016).

A irrigação por pivô central, Testezlaf (2009), baseia-se em uma técnica, sistema de agricultura irrigada que ocorre por intermédio de um pivô que atende a um determinado raio de área, recebendo o pivô em questão uma estrutura e tubulação para aspergir a água, colaborando para a produtividade da região, o pivô central possui uma forma piramidal com base quadrada

que possui uma medida convencional de 3,0 x 3,0 metros, sendo tal base concretada a fim de sustentar toda a tubulação responsável pelo bombeamento de água.

Para um resultado qualitativo na irrigação, os autores Quirino, Sales e Silva (2011) mencionam a ferramenta de sensoriamento remoto, uma vez que os pivôs centrais são facilmente identificados em imagens satélites, sendo possível, dessa maneira, criar uma análise multitemporal do espaço de estudo. Uma técnica importante proveniente do sensoriamento remoto, para Silva *et. al.* (2009) se dá pelos Índices de Vegetação (IV), uma vez que estes podem indicar a presença e as condições da vegetação monitorada, permitindo um maior sucesso de produção e aplicação.

Índices de Vegetação (IV), de acordo com Marcussi *et. al.* (2010), se baseiam por modelos matemáticos e de análise desenvolvidos com o intuito de se avaliar a cobertura vegetal em determinada área, monitorando as mudanças que ocorrem na vegetação em questão a cada período e em diferentes escalas, buscando tais índices reduzir ou até mesmo cancelar o efeito do brilho do solo em casos de elementos arbóreos espalhados, bem como também corrigir efeitos atmosféricos como de fumaças, partículas de poluição, poeiras, entre outros.

Destaca-se ainda, de acordo com o INMET (2005), que existem diferentes modelos de Índices de Vegetação (IV), ressaltando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), onde o mesmo busca identificar a presença de vegetação em uma região ou perímetro determinado e entender a sua presença de elementos verdes e sua distribuição espacial.

O objetivo deste experimento foi avaliar através de índices de vegetação (NDVI), obtidos com imagens de satélite, a produção de quatro áreas com pivô central na Bahia, que foram comparadas entre produção real e a encontrada no programa quantum gis, para se ter uma correlação entre dados do programa e produtividade real média de cada pivô.

Material e Métodos

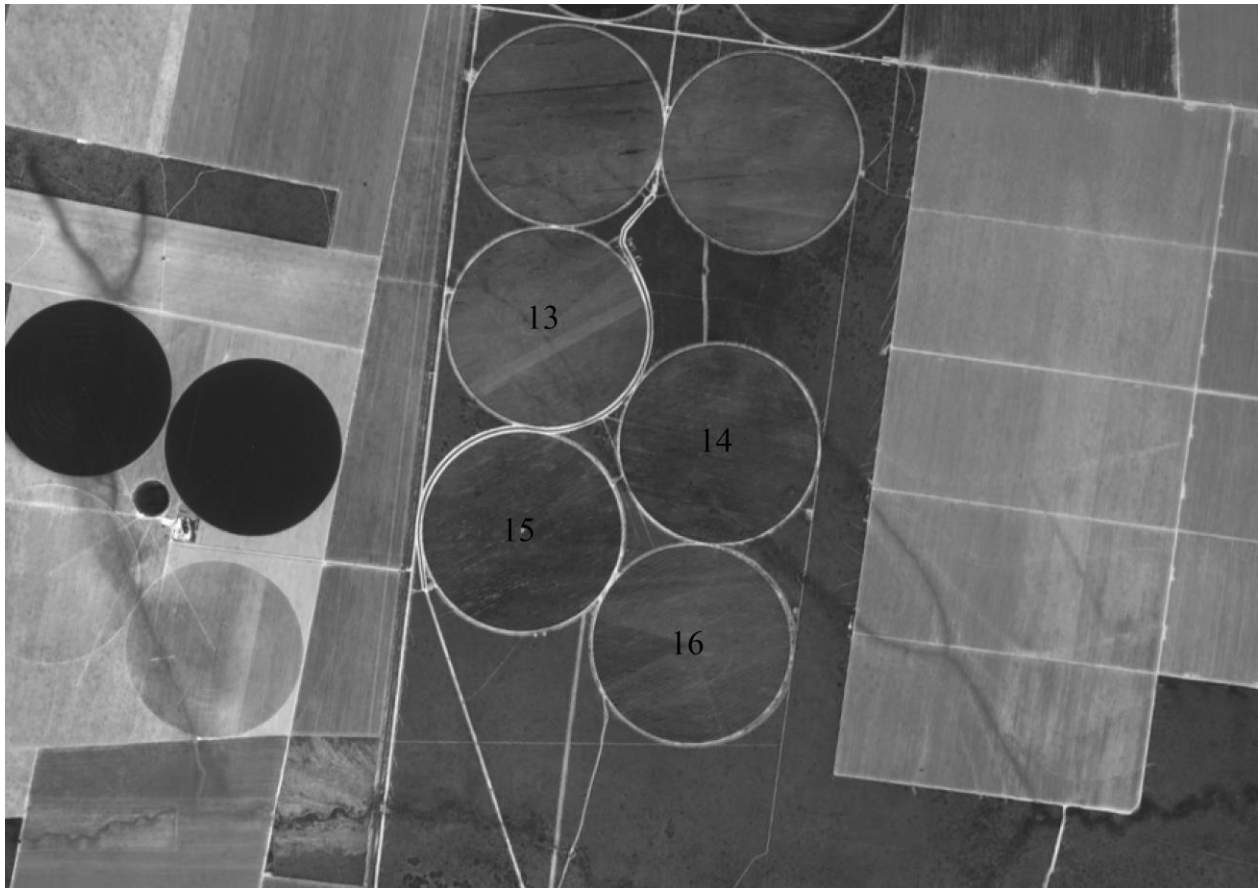
A área de estudo está localizada no Oeste da Bahia no município de Riachão das Neves, o qual está inserido na região de fronteira agrícola conhecida como Matopiba. Essa área pertence à Fazenda Paineiras situada nas seguintes coordenadas geográficas 11°40'22'' S e 45°35'17'' W.

A fazenda é monitorada pelos agrônomos e técnicos agrícolas contratados pela fazenda, eles são responsáveis pelo fornecimento dos dados de campo: cultivar plantada por pivô, da data

de colheita e produtividade por pivô central. A produtividade média do pivô foi mensurada posterior a colheita.

Foram utilizados dados de quatro pivôs centrais para as safras 2016 a 2019. A disposição dos pivôs na fazenda está apresentada na Figura 1.

Figura 1 – imagem pivôs 13, 14, 15 e 16



Os pivôs possuem numeração 13, 14, 15 e 16, para facilitar o plantio das safras de acordo com a numeração de cada pivô, é importante destacar que essa numeração é fixa independente da safra ou cultura plantada.

Foram utilizadas imagens multi espectrais, embarcado no satélite Sentinel-2 L2A, com resolução espacial de 10 metros por 10 metros e resolução temporal de 5 dias. As imagens foram adquiridas de forma gratuita através do site EOS Land viewer.

As datas selecionadas das imagens as quais foram extraídas os dados, se relacionam a época próxima ao máximo estágio vegetativo das culturas de milho, soja e trigo. O máximo estágio vegetativo das culturas é no período em fase reprodutiva.

Foi utilizadas imagens onde as culturas estavam no seu período de máximo desenvolvimento vegetativo, foi extraído imagens de 6 datas diferentes, buscando em cada safra chegar no período de máximo desempenho da cultura e imagens sem nuvens, pois em determinadas datas descartou-se determinadas imagens pois havia certo número de nuvens atrapalhando a imagem.

O Software que foi utilizado para processar as imagens é o QGIS, posteriormente foram realizadas as operações algébricas entre as bandas para obtenção dos índices de vegetação, Com auxílio do software QGIS, foi calculado os valores médios dos índices de vegetação NDVI (Equação 1):

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

em que:

NIR = reflectância no comprimento de onda infravermelho próximo (nm);

R = reflectância no comprimento de onda vermelho (nm)

Posteriormente, utilizando o software Excel, foi realizada análise de estatística descritiva (média aritmética, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação) para os valores dos índices de vegetação de cada pivô central.

O objetivo foi extrair apenas os dados referentes às médias que representassem as respostas para cada pivô inteiro, foi feita a vetorização das áreas considerando os pixels que se encontram dentro dos pivôs. E foi feita uma média do valor de todos os pixels. Os cálculos dos dados por pivô foram feitos de todos os pixels de cada imagem. Os números de pontos extraídos por pivôs de acordo com a área serão encontrados e demonstrados no trabalho.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontra-se a análise de estatística descritiva para o NDVI nas diferentes safras nos 4 pivôs centrais do estudo.

Tabela 1 - Estatística descritiva do NDVI para as diferentes safras.

Pivo 13	27/10/2016	04/06/2017	10/01/2018	20/04/2018	21/11/2018	19/06/2019
Mínimo	0,19	0,09	0,18	0,11	0,08	0,1
Máximo	0,77	0,38	0,88	0,79	0,64	0,86
Média	0,74	0,29	0,86	0,75	0,38	0,83
DP	0,03	0,02	0,04	0,04	0,06	0,04
CV	4,05	6,90	4,65	5,33	15,79	4,82

Pivo 14	27/10/2016	04/06/2017	10/01/2018	20/04/2018	21/11/2018	19/06/2019
Mínimo	0,23	0,09	0,2	0,12	0,18	0,12
Máximo	0,77	0,46	0,88	0,82	0,73	0,85
Média	0,75	0,31	0,86	0,77	0,54	0,82
DP	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04
CV	4,00	9,68	5,81	6,49	9,26	4,88

Pivo 15	27/10/2016	04/06/2017	10/01/2018	20/04/2018	21/11/2018	19/06/2019
Mínimo	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,07
Máximo	0,75	0,54	0,88	0,81	0,72	0,86
Média	0,71	0,3	0,86	0,77	0,55	0,83
DP	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06
CV	8,45	20,00	6,98	9,09	12,73	7,23

Pivo 16	27/10/2016	04/06/2017	10/01/2018	20/04/2018	21/11/2018	19/06/2019
Mínimo	0,16	0,09	0,14	0,13	0,1	0,13
Máximo	0,76	0,41	0,88	0,82	0,68	0,86
Média	0,72	0,33	0,86	0,77	0,47	0,83
DP	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05
CV	5,56	9,09	5,81	6,49	10,64	6,02

DP = Desvio Padrão; CV = Coeficiente de Variação (%)

Os resultados da estatística descritiva para os coeficientes de variação (CV) das variáveis referentes ao (NDVI) estão com valores baixos e médios se olharmos a escala de Pimentel-Gomes (2009) para experimentos de campo com culturas agrícolas, que considera os valores de CV como baixos, quando são inferiores a 10%, médios, quando estão entre 10 e 20%, altos, quando estão entre 20 e 30%, e muito altos, quando são superiores a 30%.

Como observado na tabela 1 tivemos um CV médio em apenas 2 datas diferentes, os demais todos deram resultados baixos relativos ao que Pimentel-Gomes (2009), diz em sua tabela de CV.

Araújo et al. (2005) estimaram a produtividade de trigo e soja por meio de NDVI e alcançaram coeficientes de correlação de $r^2 0,85$ e $r^2 0,65$, respectivamente. Estes autores

avaliaram as variáveis (NDVI e produtividade) pixel a pixel e concluíram que o uso de imagens multiespectrais pode gerar relações significativas com as produtividades de grãos, além de proporcionarem informações importantes no delineamento de zonas de manejo em áreas que apresentam uma nítida variabilidade espacial, Pimentel-Gomes (2009)

Observando a tabela 1 a metodologia utilizada mostra uma certa sensibilidade para estimar a produtividade de milho, soja e trigo, comprovando o potencial da utilização do sensoriamento remoto para a estimativa de produtividade.

Pode-se observar na tabela 1 que a data de 06/04/2017 não obteve o período reprodutivo ideal para se fazer uma estimativa correta da produção, já na data de 10/01/2018 foi a data que teve o maior estágio vegetativo da cultura implantada nessa data, e nem todas as datas foram as melhores, ocorreu problemas com as imagens que tiveram nuvens e acabaram atrapalhando os dados e inviabilizando algumas datas.

Figura 2 – imagens de NDVI, das diferentes datas para o pivô 13

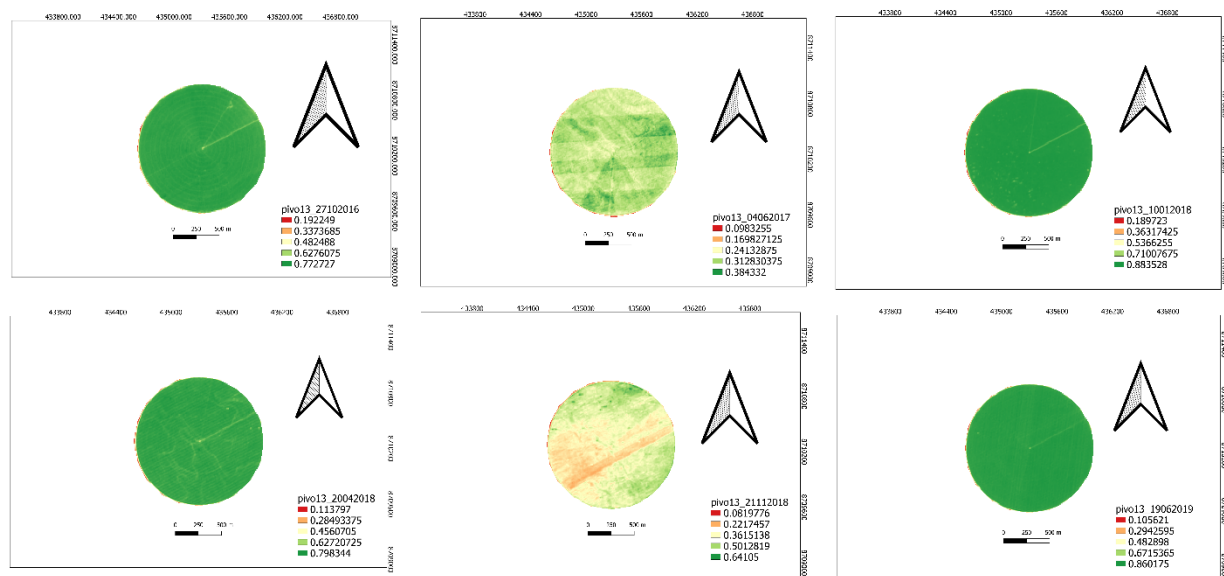


Figura 3 – imagens de NDVI, das diferentes datas para o pivô 14

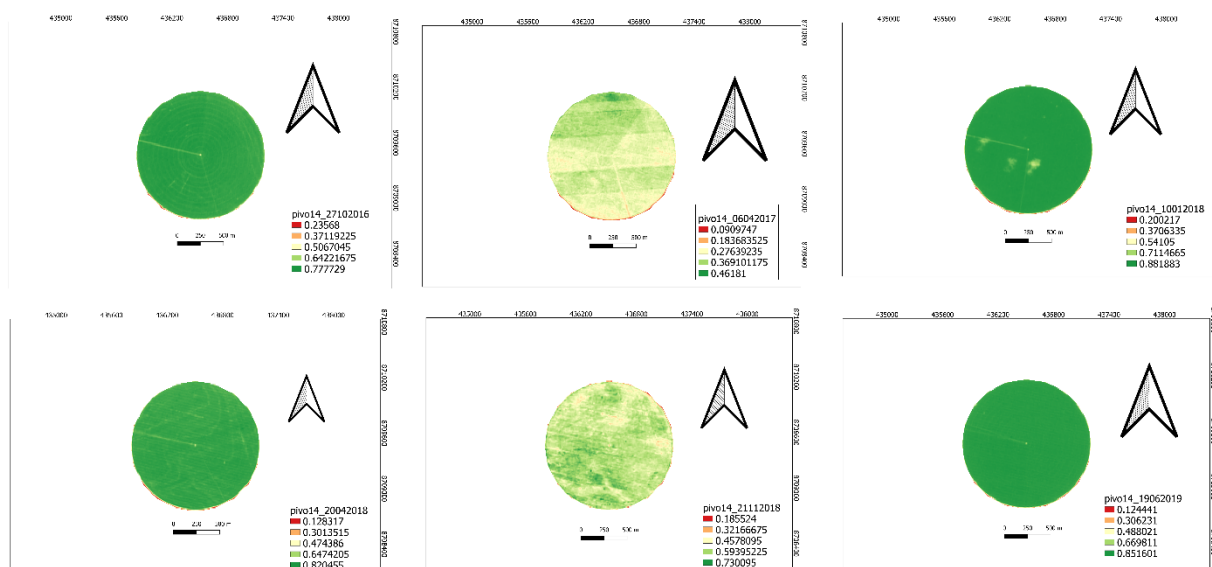


Figura 4 – imagens de NDVI, das diferentes datas para o pivô 15

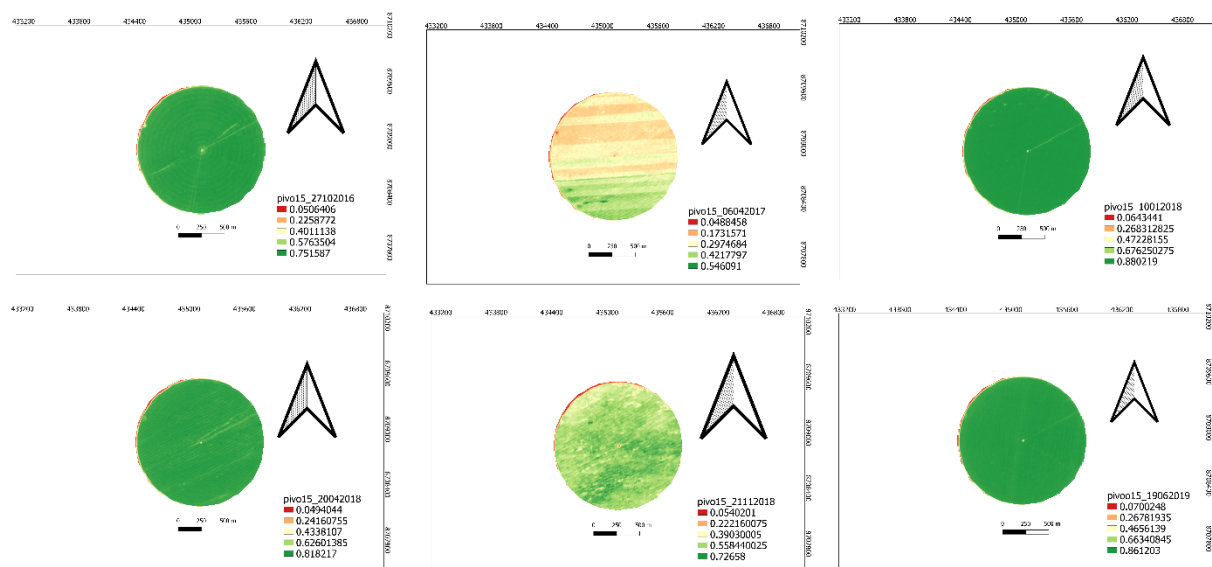
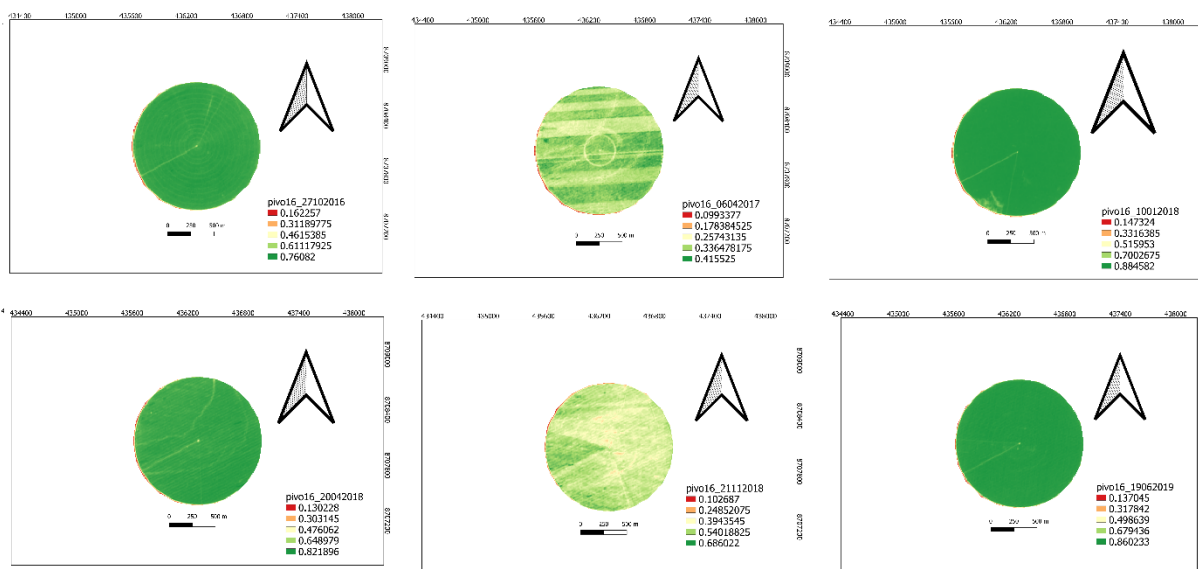


Figura 5 – imagens de NDVI, das diferentes datas para o pivô 16



Nas figuras 2, 3, 4 e 5 observa-se as imagens encontradas do NDVI para as diferentes datas em que realizamos o estudo, nota-se que em 4 das 6 imagens em todas as figuras, temos um verde em tom bem acentuado, e nas outras 2 imagens vemos um verde mais claro e amarelo em evidência, mostrando que havia pouca ou quase nenhuma vegetação nas datas dessas imagens.

Visualizando essas 4 figuras, e essas 24 imagens, parece que em 16 foi encontrado ótimos resultados de máximo período vegetativo, porém não foi isso que foi descoberto no trabalho, foi procurado encontrar valores próximos as produtividades reais, porém não foi isso que o presente trabalho mostrou, ficando muito longe do esperado.

Na tabela 2 encontra-se os valores médios de NDVI e a produtividade estimada encontrada através do NDVI.

Tabela 2 – Valores médios de NDVI e produtividade (kg ha⁻¹) dos 4 pivôs centrais analisados.

PIVO Nº 13						
Datas	27/10/2016	04/06/2017	10/01/2018	20/04/2018	21/11/2018	19/06/2019
Cultura	Milho	Trigo	Soja	Milho	Soja	Milho
Média NDVI	0,74	0,29	0,86	0,75	0,38	0,83
Média Prod	11184	4371	4890	10092	4788	11625

PIVO Nº 14						
Datas	27/10/2016	04/06/2017	10/01/2018	20/04/2018	21/11/2018	19/06/2019
Cultura	Milho	Trigo	Soja	Milho	Soja	Milho
Média NDVI	0,75	0,31	0,86	0,77	0,54	0,82
Média Prod	11442	4644	4758	4758	4455	11466

PIVO N° 15

Datas	27/10/2016	04/06/2017	10/01/2018	20/04/2018	21/11/2018	19/06/2019
Cultura	Milho	Trigo	Soja	Milho	Soja	Milho
Média NDVI	0,71	0,3	0,86	0,77	0,55	0,83
Média Prod	9936	3864	4626	10890	4314	11556
PIVO Nº 16						
Datas	27/10/2016	04/06/2017	10/01/2018	20/04/2018	21/11/2018	19/06/2019
Cultura	Milho	Trigo	Soja	Milho	Soja	Milho
Média NDVI	0,72	0,33	0,86	0,77	0,47	0,83
Média Prod	10536	4416	4836	9840	4716	11322

Araújo et al. (2005) estimou a produtividade de trigo e soja por meio de NDVI e alcançou coeficientes de correlação de 0,85 e 0,65, respectivamente. Ressalta-se que estes autores avaliaram as variáveis (NDVI e produtividade) pixel-a-pixel e concluíram que o uso de imagens multiespectrais pode gerar relações significativas com as produtividades de grãos, além de proporcionarem informações importantes no delineamento de zonas de manejo em áreas que apresentam uma nítida variabilidade espacial.

De acordo com as medias de produtividade encontradas no NDVI e comparando com as produtividades reais, foi observado que não conseguimos chegar perto dos resultados esperados com o NDVI, pois procurou -se as imagens com as datas mais próximas do máximo período vegetativo.

Observando os resultados e médias encontradas visualizou-se que os valores ficaram muito longe dos valores reais, pois não foi encontrado imagens e não teve as datas exatas do máximo período vegetativo, foi na tentativa atrás das melhores datas, e teve datas com nuvens atrapalhando.

Foi a oportunidade de ver que caso encontrado as imagens certas, as culturas no seu máximo período vegetativo, iremos chegar em um valor aproximado e conseguir prever as safras antes delas serem colhidas, dando tempo e agilidade para o produtor se programar e preparar o seu plantio.

Tabela 3 - Modelos de regressão linear entre dados de NDVI e Produtividade.

PIVÔ	Modelo	Coeficiente de determinação
13	PROD = 8966,1. NDVI + 2071,8	$R^2 = 0,3934$
14	PROD = 7031,7. NDVI + 2174,1	$R^2 = 0,1773$
15	PROD= 10093. NDVI + 768,41	$R^2 = 0,3493$
16	PROD = 9153,2. NDVI + 1539,4	$R^2 = 0,3589$

O ano que apresentou o menor coeficiente de determinação foi 2017, pois só foi encontrado uma imagem, e as outras todas estavam com nuvens ou fora do período vegetativo, já nos outros anos foi encontrado mais imagens sem nuvens e em um bom período vegetativo.

O ano que mais foi encontrado imagens boas foi o de 2018, com 3 datas, como mostra a tabela 2, já nos outros anos todos apresentam 1 imagem cada, e foi onde foi feito o estudo através dessas imagens.

Observando a tabela 3 que nenhum dos anos estudados, apresentou coeficiente de variação elevado, para se ter uma boa estimativa de produtividade e conseguir estimar corretamente, Araújo et al. (2005) alcançou coeficientes de determinação de $R^2 = 0,85$ e $R^2 = 0,65$, e conseguiu chegar a valores próximo e quase certo da produção.

Observando a tabela 3, não chegou perto do valor mais alto do estágio vegetativo da cultura, ficou bem longe, para se ter valores mais altos e concretos, precisaria das datas corretas e pegar essas imagens para se fazer uma boa estimativa de produtividade e chegar na produtividade mais próxima da real.

Conclusões

O trabalho mostrou que a disponibilidade de imagens mais próximas do máximo estágio vegetativo da cultura possivelmente resultaria em uma estimativa de produtividade mais precisa e melhor.

Os dados mostram a importância, no caso do estudo de previsão das safras em geral, em se considerar o ciclo da cultura como um todo, procurando melhorar e ajudar a utilizar essas ferramentas no dia a dia do produtor.

Referências

AGRA, N. G.; SANTOS, R. F. **Agricultura Brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento.** João Pessoa: UFPB, 2016. Disponível em: <https://www.gp.usp.br/files/denru_agribrasil.pdf>. Acesso em: 14 maio 2020.

BARONI, G. D.; BENEDETI, P. H.; SEIDEL, D. J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, vol. 14, n. 04, p. 55-64, 2017.

COELHO, J. D. Produção de Grãos: feijão, milho e soja. **Caderno Setorial ETENE**, ano 02, n. 19, p. 01-13, 2017. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/2789548/19_graos_11-2017.pdf/453bc21b-eb4c-3d66-3e61-7f825669a2ad>. Acesso em: 14 maio 2020.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Trajetória da Agricultura Brasileira. **EMBRAPA**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 14 maio 2020.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Índices de Vegetação. **Sisdagro: Sistema de Suporte à Decisão na agropecuária**. 2005. Disponível em: <<http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/indiceVegetacao>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

MARCUSSI, A. B.; BUENO, C. R. P.; MIOUELONI, D. P.; ARRAES, C. L. Utilização de índices de vegetação para os sistemas de informação geográfica. **Revista Caminhos de Geografia**, vol. 11, n. 35, 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16000>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

MORAES, A. Existe um melhor tipo de irrigação para a sua cultura agrícola? **Agrishow Digital**. 2016. Disponível em: <<https://digital.agrishow.com.br/sustentabilidade/existe-um-melhor-tipo-de-irriga-o-para-sua-cultura-agr-cola>>. Acesso em: 14 maio 2020.

NUNES, S. P. O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a idéia de Desenvolvimento Rural. **Boletim Eletrônico Deser**, n. 157, vol. 02, 2007. Disponível em: <<http://www.deser.org.br/documentos/doc/DesenvolvimentoRural.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2020.

QUIRINO, D. T.; SALES, L. F. P.; SILVA, O. F. **Aplicação do sensoriamento remoto para análise temporal em agriculturas irrigadas por pivô central no município de Cristalina-GO**. 2011. Artigo apresentado ao XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/06.30.18.21/doc/p1282.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2020.

SCHMILDT, R. EDILSON. **Coefficiente de variação como medida da precisão em experimentos de alface**. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 11, n. 4, p. 290-295, outubro-dezembro, 2017.

SILVA, C. A. V.; SILVA, H. A.; OLIVEIRA, T. H.; GALVINCIO, J. D. **Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE**. 2009. Artigo apresentado ao XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009.

SILVA, J. S.; CAMPOS, M. G.; SILVEIRA, S. F. R. **Armazenagem e comercialização de grãos no Brasil**. São Paulo: USP, 2018.

TESTEZLAF, R. **Irrigação por pivô central**. 2009. Pesquisa elaborada para aula da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009. Disponível em: <https://www.agro.ufg.br/up/68/o/09_aula_Pivo.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2019.