

Análise da cobertura vegetal no Parque Nacional do Iguaçu através de índices de vegetação (IV)

Guilherme de Oliveira dos Santos^{1*}; Helton Aparecido Rosa¹

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

^{1*}g.oliveira422@hotmail.com

Resumo: Os sensores remotos são instalados em diversos satélites para a obtenção de imagens, são uma tecnologia que obtém imagens terrestres através da energia refletida em diferentes comprimentos de ondas facilitando a observação imagens de uma determinada área, demonstrando se ocorre algum dano na vegetação local com mais precisão e agilidade. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a quantidade de massa verde em faixa do parque nacional do Iguaçu pertencente ao município de Céu Azul - PR, através dos índices NDVI, SAVI e NDRE utilizando imagens do satélite sentinel-2. A avaliação foi feita com imagens de 2016 a 2019, tendo como base as estações de verão e inverno, no Software Qgis determinou-se três diferentes índices avaliativos (NDVI, SAVI e NDRE), em todos os índices avaliados os valores variam entre -1 e 1 e tendo como base os valores obtidos realizou-se a estatística descritiva. As informações obtidas da cobertura vegetal entre os anos de 2016 a 2019, no inverno e no verão, mostraram mudanças de vegetação nas diferentes épocas. Todos os anos avaliados, exceto em 2017 devido a ocorrência de nuvens na imagem, na estação do verão se teve os valores médios superiores aos do inverno.

Palavras-chave: NDVI; Sentinel-2; SAVI; NDRE.

Analysis of vegetation cover in Iguazu National Park through vegetation indices (IV)

Abstract: The remote sensors are installed in several satellites to obtain images, they are a technology that obtains terrestrial images through the reflected energy in different wavelengths facilitating the observation of images of a certain area, demonstrating if there is any damage in the local vegetation with more precision, and agility. The present work aimed to evaluate the amount of green mass in the band of the Iguaçu national park belonging to the municipality of Céu Azul - PR, through the NDVI, SAVI and NDRE indices using images from the sentinel-2 satellite. The evaluation was made with images from 2016 to 2019, based on the summer and winter seasons, in the Qgis Software three different evaluation indexes were determined (NDVI, SAVI and NDRE), in all the evaluated indexes the values vary between -1 and 1 and based on the values obtained, descriptive statistics were performed. The information obtained from the vegetation cover between the years 2016 to 2019, in winter and summer, showed changes in vegetation at different times. Every year evaluated, except in 2017 due to the occurrence of clouds in the image, in the summer season the average values were higher than those of winter.

Keywords: NDVI; Sentinel-2; SAVI; NDRE.

Introdução

O parque nacional do Iguaçu tem grande importância na questão de conservação pelas suas características biológicas, territoriais e culturais, seu território tem área total de 185.262,5 hectares com um perímetro de 420 km, onde 300 km são constituídos elementos naturais, toda essa área do parque tem como antecedente histórica de uma população de pessoas com suas famílias que sobreviviam de atividades como, por exemplo, caça e pesca, que eram suas principais atividades para suas alimentações (BORBA, CUNHA e XAVIER, 2018).

No desenvolvimento de atividades sociais com modificações e intervenções utilizadas pelo homem para o progresso da sociedade causam inúmeros tipos de danos e agressão ao meio ambiente, onde grande parte das atividades desenvolvidas pelo tem ocorrência de alguns impactos negativos ao meio ambiente sendo que, dessa forma, as construções de usinas hidrelétricas se tem grandes influências aos impactos ambientais (ROSS, 2012).

Segundo Ribeiro *et al.* (2017), a partir do que vem acontecendo atualmente, o homem passou a entender que a natureza não é infinita e nem ilimitada, a partir disso começou se a pensar e realizar atividades com um novo desenvolvimento e ocupação do solo para que alcance uma boa qualidade de vida e um melhor equilíbrio, para que isso aconteça os gestores devem planejar cidades, hidrelétricas, entre outras, considerando os aspectos ambientais evitando impactos no mesmo.

Está cada vez mais exibido em revistas e documentos oficiais a preocupação com as avaliações de impactos que são criados pelas realizações de algumas obras, podemos ver que ultimamente que os protestos mais motivados são de ambientalistas e ecológicos se preocupando com os impactos ambientais influenciando em impactos sociais (JUNIOR *et al.*, 2016).

Segundo Lima *et al.* (2017), imagens de satélites são obtidas imagens através de sensores que neles são instaladas chamados assim de sensores remotos, que são tecnologias que obtém imagens terrestres através da energia refletida em diferentes tipos de ondas, facilitando assim a observação de imagens em uma determinada área, podendo identificar se ocorre algum dano na vegetação presente no local com mais agilidade e precisão.

Com imagens do satélite, consegue-se calcular Índices de Vegetação (IV), que são combinações de dados espectrais através de duas ou mais bandas, sendo que seu objetivo é sintetizar e melhorar a relação desses dados com as características biofísicas da vegetação (ZANZARINI *et al.*, 2013).

Um IV bastante utilizado é o NDVI (*Normalized difference vegetation index*), onde seus valores podem variar de -1 a 1, tendo o valor negativo quando se tem rochas, solos descobertos, no qual se o valor do NDVI se aproxima de zero são consequências de solos descobertos, rochas e pouca vegetação que refletem o vermelho e o infravermelho quase na mesma intensidade, já em vegetações saudáveis⁰¹ que reflete mais o vermelho em relação ao infravermelho próximo, apresentando NDVI positivo (CORDEIRO *et al.*, 2017). O resultado pode ser obtido através de fatores ambientais causadas pelas mudanças de clima devido a ações humanas, como a variação de temperatura e umidade (FOLHARINI, FURTADO E OLIVEIRA, 2017).

O IV SAVI (*Soil adjusted vegetation index*), surgiu como alternativa ao NDVI buscando reduzir seu valor final em relação ao solo (LEDA *et al.*, 2016). O SAVI pode assumir valores de 0,25 significando vegetação densa, 0,5 densidade média e 1,0 baixa densidade (HUETE, 1988). Outro índice que pode ser utilizado é o NDRE (*Normalized difference red edge*) ou diferença normalizada na banda de borda vermelha é o índice que avalia mais profundamente através da borda vermelha (red edge) o dossel da planta indicando se a planta está com uma maior atividade vegetativa (BARNES *et al.* 2000).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a quantidade de massa verde em diferentes épocas dos anos de 2016 a 2019 no Parque Nacional do Iguaçu, utilizando o NDVI, SAVI e NDRE, obtidos através das imagens do satélite Sentinel-2.

Material e Métodos

A área de estudo foi realizada na área do Parque Nacional do Iguaçu pertencente ao município de Céu Azul – PR, onde se tem uma área total de 1.179 Km², a área pertencente ao parque e utilizado no estudo é de 852 Km². onde as coordenadas são as seguintes: Latitude: 25° 8' 59" Sul, Longitude: 53° 50' 44" Oeste. A localização da área de estudo está representada na Figura 1.

A região que o Parque Nacional do Iguaçu ocupa é caracterizada por possuir um clima entre Cfa e Cfb (FERREIRA, 1999). O clima Cfa corresponde ao clima tropical que é caracterizado por estações mais definidas de verão e inverno, sem estação seca definida e verões quentes; o clima Cfb corresponde ao clima temperado, sendo que as chuvas se encontram distribuídas igualmente em todo o ano e a temperatura média do mês mais quente não ultrapassa 22°C (SOUZA, 2015). Onde os períodos mais chuvosos são no verão e a ocorrência de períodos mais secos são no inverno.

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: O autor (2020).

No município de Céu Azul, predominam três tipos característicos de solos: Latossolo, Nitossolo e Neossolo (ITCG, 2008).

O lançamento dos dois satélites Sentinel-2, permite uma resolução espacial acrescida, que vai do visível e do infravermelho próximo, até o infravermelho de ondas curtas, onde inclui três bandas no limiar do vermelho, em diferentes resoluções espaciais que podem ir o tamanho de cada pixel até aos 10 m, e banda da borda do vermelho, com resolução que pode ir até os 20 m, onde , as imagens destes satélites apresentam um tempo de revisita curto, de 5 dias, e permitem o monitoramento de fenômenos de evolução rápida, essas características proporcionam informações essenciais sobre o estado da vegetação (FEIO, 2017).

Tabela 1 - Faixas espectrais Sentinel 2 (MSI)

Bandas	Comprimentos de onda central (nm)	Resolução espacial (m)
B2 (Azul)	490	10
B3 (Verde)	560	10
B4 (Vermelho)	665	10
B8 (IV Próximo)	842	10
B5 (Red Edge)	705	20

Fonte: Adaptado de ENGESAT (2018)

A avaliação foi feita com imagens dos anos de 2016 a 2019 nos meses de janeiro ou fevereiro dependendo das condições das imagens na estação do verão e no inverno foi retirado imagens no mês de agosto, através de três diferentes índices que serão avaliados: NDVI (Equação 1), o SAVI (Equação 2) e o NDRE (Equação 3).

Para serem feitas as avaliações foram utilizadas as seguintes fórmulas:

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

em que:

NIR = reflectância no infravermelho próximo (nm)

RED = reflectância na região do vermelho (nm)

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) é um índice que se leva em consideração os efeitos do solo que estão exposto nas imagens obtidas, é usada para ajustar o NDVI quando a superfície não está completamente coberta pela vegetação.

$$SAVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED+Ls)} * (1 + Ls) \quad (\text{Equação 2})$$

em que:

NIR = reflectância no infravermelho próximo (nm)

RED = reflectância na região do vermelho (nm)

Ls = fator de correção do solo.

Ls é denominada de fator de ajuste do índice SAVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1 dependendo da cobertura da superfície. Conforme Huete (1988) um valor para Ls de 0,25 é recomendado para vegetação mais densa e de 0,5 para as vegetações com densidade intermediária, e valor de Ls for 1 é apropriado para vegetação com baixa densidade. Se o valor do SAVI for igual a 0, seus valores se tornam igual aos valores do NDVI. Portanto, como a área de estudo se tem uma vegetação bastante densa utilizou-se para o cálculo o Ls com valor de 0,25.

O NDRE ou diferença normalizada na banda de borda vermelha, esse índice teve sua resolução espacial de 20m de tamanho de cada pixel da imagem, diferentes dos demais que foram de 10m:

$$NDRE = \frac{(NIR - RE)}{(NIR + RE)} \quad (\text{Equação 3})$$

em que:

NIR = reflectância no infravermelho próximo (nm)

RE = reflectância na região do Red Edge (nm)

Para o desenvolvimento do trabalho foram escolhidas imagens em datas dos meses após os períodos mais secos e chuvosos do ano. Utilizou-se a plataforma Landviewer para fazer o download das imagens de diferentes bandas do espectro eletromagnético, de preferência com pouca ou nenhuma presença de nuvens, como também utilizou-se o software Qgis versão 3.12.3 que por sua vez realizou os procedimentos de recortes das imagens com a funcionalidade de recortar raster pela camada de máscara, em seguida foi utilizado a calculadora raster para realizar os cálculos de obtenção dos valores de pixels. Utilizou-se a ferramenta obter estatística da camada raster para extrair informações de estatística descritiva dos pixels das imagens das diferentes datas. E para as coordenadas foi utilizado o Datum, sistema de coordenadas.

Resultados e discussão

Para a escolha dos meses a serem estudados foram utilizados os níveis de precipitação do Instituto das Águas do Paraná, onde em janeiro de 2016 apresentou uma precipitação de 137,9 milímetros e em agosto do mesmo ano apresentou 215,1 milímetros. Já em 2017 utilizou-se o mês de fevereiro com 118,5 milímetros e agosto com 181,3 milímetros. Em 2018 foram utilizados o mês de janeiro com 231,7 milímetros e agosto com 66,5 milímetros. Também em 2019 utilizou-se o mês de janeiro com 98 milímetros e agosto com 5,1 milímetros, sendo esse ano o que menos se teve uma precipitação anual com um total de 1432,5 milímetros.

Em fevereiro de 2017 se teve um período seco de pouca chuva, mas não influenciou na pesquisa por ser um mês diferente dos demais anos, pois em janeiro do mesmo ano apresentou precipitação bem próxima com 139,5 milímetros, tendo por consequência solos expostos ou uma menor atividade vegetativa, como pode ser observado na Figura 2.

Na Tabela 2, apresenta-se a análise estatística referente ao índice de vegetação NDVI obtido em duas estações, em um período de 4 anos.

Analisando os valores de mínimo, todos apresentaram algum pixel com menor atividade vegetativa ou presença de água, como é possível observar na refletância da água de uma parte do Rio Iguaçu, que ficou presente na parte inferior dos mapas da cidade de Céu Azul.

Ao observar a data de 20/02/2017, foi verificado que a imagem dessa data possuía nuvens que estavam em cima de parte da área do parque, o que acabou interferindo na geração da imagem pelo satélite e posteriormente na geração de resultados dos índices.

Para o coeficiente de variação de acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002), os dados de janeiro de 2019, apresentaram baixa dispersão dos dados, enquanto todos demais média dispersão.

Utilizou-se o índice SAVI com o mesmo período de quatro anos e duas estações, expressa na tabela 3.

Tabela 3 – Estatística descritiva dos valores de SAVI.

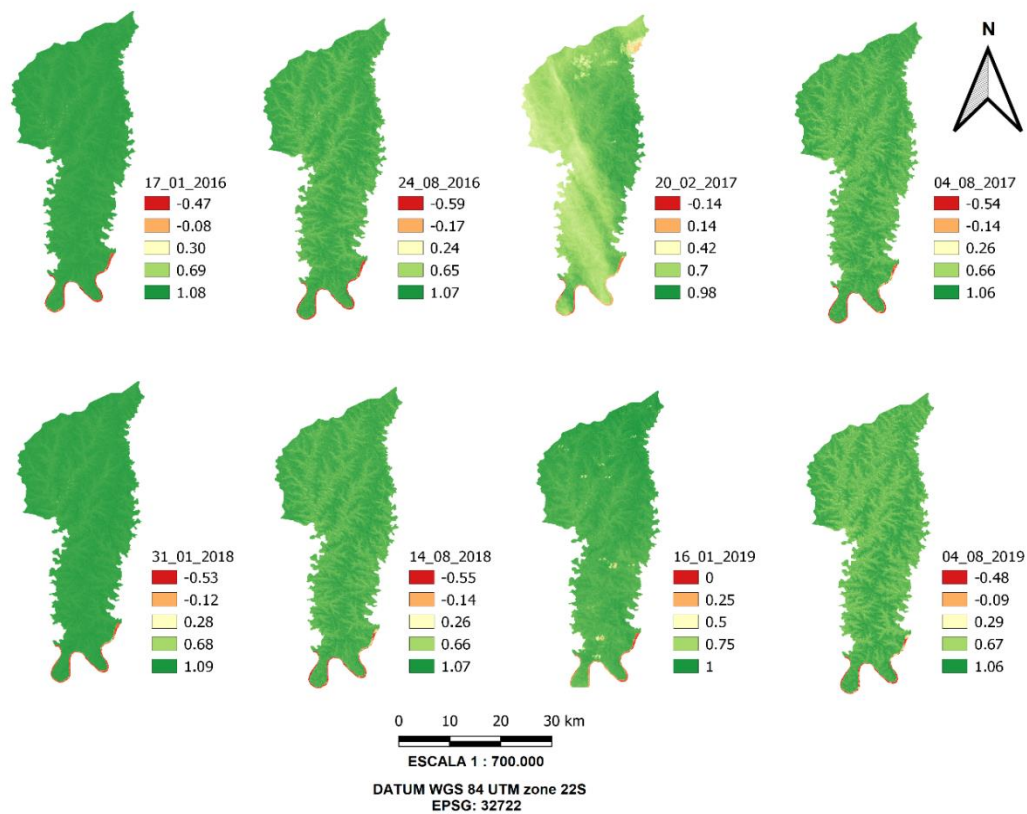
Estatística	Jan/16	Ago/16	Fev/17	Ago/17	Jan/18	Ago/18	Jan/19	Ago/19
Mínimo	-0,505	-0,641	-0,252	-0,602	-0,574	-0,658	-0,249	-0,537
Máximo	1,099	1,090	1,008	1,086	1,106	1,095	1,049	1,090
Intervalo	1,605	1,731	1,260	1,689	1,680	1,754	1,299	1,627
Média	0,980	0,896	0,732	0,868	0,988	0,894	0,907	0,861
D.P.	0,145	0,160	0,124	0,148	0,143	0,145	0,089	0,139
CV %	14,794	17,799	16,912	16,998	14,520	16,163	9,811	16,190

*D.P = Desvio Padrão
*C.V. = Coeficiente de variação

Os resultados do SAVI expressam similaridades em relação aos resultados obtidos do NDVI, pois em suas médias apresentam valores semelhantes, porém, os valores baixos (vermelhos) são todos maiores para o SAVI devido a capacidade de considerar o solo exposto, como exposto na Figura 3.

A maior média para o SAVI, coincidiu com o mesmo período para o NDVI (janeiro de 2018), assim como a menor média (fevereiro de 2017).

Segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002), a dispersão de dados de CV foi a mesma que para o NDVI.

Figura 3 – Mapas do índice SAVI.

Na Tabela 4, encontra-se o resultado da estatística descritiva para o índice NDRE.

Tabela 4 – Estatística descritiva dos valores de NDRE.

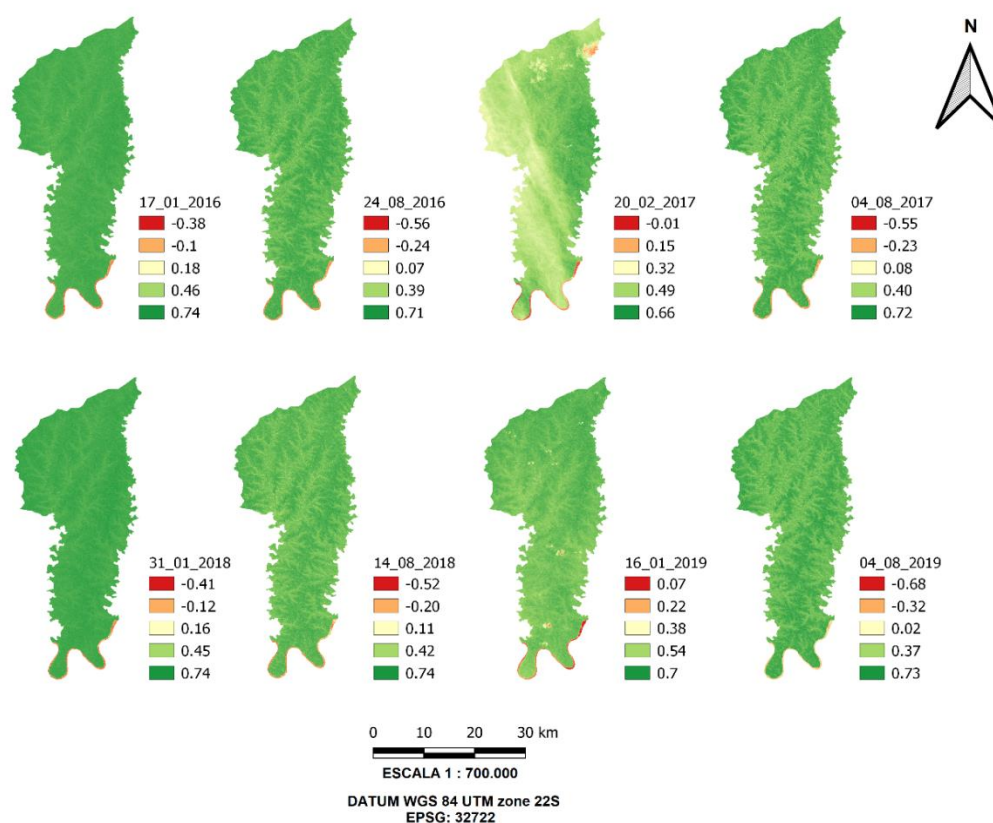
Estatística	Jan/16	Ago/16	Fev/17	Ago/17	Jan/18	Ago/2018	Jan/2019	Ago/2019
Mínimo	-0,667	-0,784	-0,135	-0,902	-0,621	-0,868	-0,079	-1,000
Máximo	0,771	0,743	0,684	0,752	0,775	0,751	0,724	0,763
Intervalo	1,438	1,527	0,819	1,655	1,396	1,619	0,803	1,763
Média	0,630	0,550	0,483	0,549	0,643	0,559	0,597	0,546
D.P.	0,091	0,105	0,079	0,105	0,092	0,100	0,056	0,103
CV %	14,466	19,127	16,307	19,192	14,251	17,887	9,427	18,824

*D.P = Desvio Padrão

*C.V. = Coeficiente de variação

Ao analisar a tabela 4, obteve-se maior e menor média no mesmo período de janeiro de 2018 e fevereiro de 2017 respectivamente.

Para os valores mínimos de NDRE (Figura 4), verificou-se que a maioria estavam próximos a -1, exceto nos períodos de fevereiro de 2017 e janeiro de 2019, que apresentaram valores mais próximos de zero comparados com o NDVI (Figura 2).

Figura 4 – Mapas do índice NDRE.

No máximo verificou-se que todos os valores estão mais próximos de 1, porém, apresentaram valores inferiores em comparação com os encontrados para NDVI.

Para o coeficiente de variação observou-se a mesma classificação dos índices anteriores (PIMENTEL-GOMES E GARCIA, 2002).

Em estudo da análise da cobertura vegetal através dos índices de vegetação ao longo do tempo, Santiago *et al.* (2009), obtiveram dados em que o NDVI identificou mudanças melhores nos alvos de vegetação densa e o SAVI teve resultados com pouca relevância devido a presença de nuvens, entretanto foi possível observar um aumento de solo exposto aos terrenos mais elevados.

Entretanto em outro estudo, Braz *et al.* (2015), o NDVI e o SAVI apresentaram resultados satisfatórios quanto à representação da vegetação. Estes índices tiveram resultados semelhantes, porém o SAVI apresentou resultados mais confiáveis, na aplicação realizada no estudo, acredita-se que este por reduzir o efeito do solo no resultado final, tem maior confiança quanto ao vigor da vegetação.

Em uma pesquisa realizada com vegetação semelhante a do Parque do Iguaçu, no município de Foz do Iguaçu, Adami *et al.* (2014), obtiveram resultados de que no inverno, a quantidade de luz absorvida é menor quando comparada com o verão, o que pode ser

explicado por serem Florestas Estacionais Semidecíduais, isso porque algumas plantas perdem as folhas durante a estação desfavorável, logo, floresta com menos folhas implica absorver uma quantidade menor de luz para a realização de fotossíntese, então os valores de NDVI tendem a ser mais altos no verão em relação ao inverno.

Como já descrito na tabela 3 os resultados do NDVI se assemelham aos resultados do SAVI com os valores de pixels bem próximos.

Assemelhando com as figuras anteriores observa-se que o NDRE apresenta valores de pixels menores, pode-se dizer então, que em comparação com os demais índices o NDRE foi o que apresentou menor atividade vegetativa, podendo ser pela reamostragem e pela diferença de tamanho do pixel, como também demonstrado nas tabelas a seguir para comparativo, onde a tabela 5 para NDVI, tabela 6 para SAVI e tabela 7 para NDRE.

Tabela 5 – Comparativo NDVI.

Estatística	Jan/16	Ago/16	Fev/17	Ago/17	Jan/18	Ago/18	Jan/19	Ago/19
Média	0,784	0,717	0,585	0,695	0,791	0,716	0,726	0,689
D. P.	0,116	0,128	0,099	0,118	0,115	0,116	0,071	0,111

*D.P = Desvio Padrão

Tabela 6 – Comparativo SAVI.

Estatística	Jan/16	Ago/16	Fev/17	Ago/17	Jan/18	Ago/18	Jan/19	Ago/19
Média	0,980	0,896	0,732	0,868	0,988	0,894	0,907	0,861
D. P.	0,145	0,160	0,124	0,148	0,143	0,145	0,089	0,139

*D.P = Desvio Padrão

Tabela 7 – Comparativo NDRE.

Estatística	Jan/16	Ago/16	Fev/17	Ago/17	Jan/18	Ago/18	Jan/19	Ago/19
Média	0,630	0,550	0,483	0,549	0,643	0,559	0,597	0,546
D. P.	0,091	0,105	0,079	0,105	0,092	0,100	0,056	0,103

*D.P = Desvio Padrão

Conclusões

As informações obtidas da cobertura vegetal entre os anos de 2016 a 2019, no inverno e no verão, mostraram mudanças de vegetação nas diferentes épocas.

Todos os anos avaliados, exceto em 2017 devido a ocorrência de nuvens na imagem, na estação do verão se teve os valores médios superiores aos do inverno.

Referências

- ADAMI, SAMUEL FERNANDO; VENDRUSCOLO, GIOVANA SECRETTI; ALMEIDA, JHONATAN DE. Estrutura da vegetação em um fragmento de Floresta Estacional no oeste do Paraná, Região Sul do Brasil, com utilização de Sensoriamento Remoto, 3º, 2014, Foz do Iguaçu, Paraná. **In: Anais do III Encontro de Iniciação Científica da Unila**. Foz Do Iguaçu: Unila, 2014, p. 110 – 112.
- BARNES, E. M., CLARKE, T. R., RICHARDS, S. E., COLAIZZI, P. D., HABERLAND, J., KOSTRZEWSKI, M., & LASCANO, R. J. (2000, July). Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground based multispectral data. **In Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture**, Bloomington, MN, USA (Vol. 1619).
- BORBA, R.; DA CUNHA, M. B.; XAVIER, M. M. O Parque Nacional do Iguaçu e a Educação Ambiental: uma trajetória a ser contada. **Revista Latino-Americana de Estudos Avançados**, v. 1, n. 2, p. 118-134, 2018.
- BRAZ, ADALTO MOREIRA; DE ANDRADE ÁGUAS, THIAGO; GARCIA, PATRICIA HELENA MIRANDOLA. Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e Índice de Área Foliar (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego Ribeirãozinho, município de Selvíria–MS. **Revista Percursos**, v. 7, n. 2, p. 5-22, 2015.
- CORDEIRO, A. P. A., BERLATO, M. A., FONTANA, D. C., DE MELO, R. W., SHIMABUKURO, Y. E., & FIOR, C. S. (2017). Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. **Ciência Florestal**, 27(3), 883-896.
- DE OLIVEIRA LIMA, F. J., LOPES, F. B., DE ANDRADE, E. M., BARBOSA, C. C. F., & DOS SANTOS TEIXEIRA, A. (2017). Uso do Sensoriamento Remoto no Monitoramento de Plantas Aquáticas. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, 11(1), 49-56. Disponível em: <<http://www.conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1077>> Acesso em: 04 de abr. 2020.
- FEIO, S. V. M. **Análise multitemporal de imagens do satélite Sentinel-2 como suporte à elegibilidade das ajudas comunitárias agrícolas**. 2017. 54f Dissertação de mestrado – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.
- FERREIRA, L. M. **Revisão do Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu - Encarte 5, com Vistas à Revisão do Plano de Manejo**. Brasília, 1999.
- FOLHARINI, S.; FURTADO, AL dos S.; OLIVEIRA, RC DE. Variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. In: **Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17.; CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1., 2017, Campinas. Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017., 2017.
- HUETE, ALFREDO R. A SOIL-ADJUSTED VEGETATION INDEX (SAVI). **Remote sensing of environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

ITCG – INSTITUTO TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. Mapa de Solos – **Estado do Paraná**, 1:50.000, 2008. Disponível em: < www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em 08 junho 2020.

JÚNIOR, C. A. D. O. M., DE CARVALHO LEITE, J., ORTIZ, A. J., & DO CARMO, T. (2016). Aspectos sociais na avaliação de impactos de construção de barragens em ambientes fluviais. **Revista Valore**, 1(1), 147-158.

LEDA, V. C., SANTOS, J. É. O., FILGUEIRAS, R., NICOLETE, D. A. P., & ZIMBACK, C. R. L. (2016). Índices de Vegetação na caracterização da bacia do Ribeirão da Prata, Lençóis Paulista–SP1. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Fealq, 2002. 309p.

RIBEIRO, T. G., BOAVENTURA, G. R., CUNHA, L. S., & PIMENTA, S. M. (2017). Qualidade Ambiental: Reflexões Teóricas. **Revista Processos Químicos**, 11(21), 37-45.

ROOS, DJEOVANI. O Lago de Itaipu e a Problemática Ambiental: Uma Análise Crítica das Questões Ambientais na Região de Fronteira Entre Brasil e Paraguai. **Revista Geoaraguaia**, v. 2, n. 1, 2012.

SANTIAGO, M. M., SILVA, H. A., GALVINCIO, J. D., & OLIVEIRA, T. H. Análise da cobertura vegetal através dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no entorno da Barragem do Botafogo-PE. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14º, 2009, Natal, Brasil. In: **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal: INPE, 2009, p. 3003-3009.

SOUZA, R. F. de. **Fitossociologia e dinâmica da vegetação arbórea no Parque Nacional do Iguaçu**. 2015. 135f. Tese de Doutorado – Universidade federal do paraná, Curitiba, 2015.

ZANZARINI, F. V., PISSARRA, T. C., BRANDÃO, F. J., & TEIXEIRA, D. D. (2013). Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17(6), 608-614.