



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA**

MARIA CAROLINE DA SILVA DIAS

**ÍNDICE DE SALINIDADE DO SOLO POR SENSORIAMENTO REMOTO EM
BACIA HIDROGRÁFICA NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

**RECIFE
2023**

MARIA CAROLINE DA SILVA DIAS

**ÍNDICE DE SALINIDADE DO SOLO POR SENSORIAMENTO REMOTO EM BACIA
HIDROGRÁFICA NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Equiparação do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) para o Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO) apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia da UFRPE.

Orientador (a): Prof. Dr. Pabrício Marcos Oliveira Lopes

RECIFE

2023

SUMÁRIO

1	RESUMO	4
2	INTRODUÇÃO	5
3	OBJETIVOS	6
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
5	METODOLOGIA.....	10
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
7	CONCLUSÕES.....	28
8	CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	29
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
11	ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA	34
12	DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	34
13	PARECER DO ORIENTADOR	34

1 – RESUMO

A salinização do solo é um dos problemas que mais afetam a produtividade de culturas agrícolas e de vegetação nativa, principalmente, no semiárido nordestino, que enfrenta secas prolongadas e utilização de práticas agrícolas ultrapassadas. O uso do sensoriamento remoto está crescendo por ser uma ciência e tecnologia de observação da Terra para análise e monitoramento da cobertura vegetal e, também, da salinidade do solo. A condutividade elétrica é um importante meio de identificação da salinidade do solo, pois ela está diretamente relacionada com o tipo de solo e teor da água. Este trabalho tem como objetivo principal analisar parâmetros biofísicos com índices de salinidade e condutividade elétrica produzidos com imagens do satélite Landsat-8 no perímetro irrigado de Manicoba, Juazeiro, Bahia. As imagens foram selecionadas nos períodos de menor cobertura de nuvens dos anos de 2017 a 2019. Utilizou-se o software QGIS 3.14.1 para realizar a correção atmosférica e, em seguida, produzir os índices espectrais. De acordo com os resultados observou-se que o índice de diferença normalizada (NDVI) variou com valor mínimo de 0,05 para solo exposto e vegetação rala e, máximo 0,86 para cobertura vegetal com forte atividade fotossintética; o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) variou entre 0,04 a 0,67, sendo comportamento similar ao NDVI. O índice de área foliar (IAF) apresentou uma variação entre 0 para solo exposto a 4,4 m²/m² para cobertura vegetal. Os valores dos índices de água (NDWI) oscilaram entre -0,25 a 0,59 para solo exposto e vegetação densa, respectivamente. A temperatura da superfície variou entre 36,8°C para campos agrícolas irrigado e 51,7°C para solo exposto. Os índices de salinidade (S3, S6 e SI3) apresentaram-se valores altos para solo exposto ou com vegetação rala e valores baixos para vegetação densa. As imagens de condutividade elétricas estimadas utilizando o NDVI apresentaram valores de 0 dS.m⁻¹ para área com pouca salinidade e 5,22 dS.m⁻¹ para áreas moderadamente salinas e as imagens condutividade elétricas estimadas utilizando o SAVI mostrou uma variação de 2,09 ds m⁻¹ a 5,96 ds m⁻¹, respectivamente não salino e moderadamente salino. Nos gráficos de dispersão e densidade o ano de 2018 demonstrou melhor coeficiente de determinação (R^2) em comparação com os três anos estudados, com 91% para NDVI e IAF, 91% para NDVI e NDWI, 75% para NDVI e TSC e 78% para NDVI e SI3. Concluiu-se que as áreas de solo exposto apresentaram salinidade moderada, acompanhadas de altas temperatura, baixa cobertura vegetal e deficiência hídrica observadas nos três anos analisados.

Palavras-Chave: Parâmetros biofísicos, semiárido, condutividade elétrica.

2 – INTRODUÇÃO

A salinização do solo é o processo que envolve a concentração de sais solúveis na solução e, que resulta da acumulação dos sais do tipo Na+, Ca2+, Mg2+ e K+ nos horizontes do solo (PEDROTTI, et al., 2015). Ao apresentar esse aumento da concentração de sais solúveis na solução do solo, essa salinização se torna um fator limitante no desenvolvimento normal das plantas (RIBEIRO et al., 2003). Esse processo pode ocorrer de forma induzida pelo homem, manifestando-se em solos em região de elevada evapotranspiração, baixa precipitação pluviométrica e que possuam lençol freático próximo da superfície, e também em áreas com decorrência do manejo inadequado da irrigação, onde o controle da drenagem não é feito ou é feito de forma ineficiente (OLIVEIRA, 1997).

De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2000), a área de solos salinos no mundo é de 397 milhões de km². No Brasil solos salinos e sódicos ocorrem no Rio Grande do Sul, na região do Pantanal Mato-grossense e, com predomínio na região semiárida do Nordeste (RIBEIRO et al., 2003). De um modo geral, os solos situados em regiões áridas e semiáridas, quando submetidos à prática da irrigação, apresentam grandes possibilidades de se tornarem salinos, principalmente, no caso que não possuam um sistema de drenagem adequado (CODEVASF, 2017).

Na região do Nordeste brasileiro estima-se que existam um mínimo de 50.000 ha com teores médios a altos de salinização, onde a instalação de drenos subterrâneos é prática indispensável. Somente na região do submédio São Francisco existem em torno de 15.000 ha salinizados, acometendo perdas agrícolas em diversos tipos de produção (BATISTA et. al., 2002). Em alguns perímetros irrigados do estado de Pernambuco, a degradação de solos pela salinidade chega a, aproximadamente, 25% da área total após duas ou três décadas de irrigação (FERNANDES, 2008; MIRANDA, 2013).

De acordo com Mashimbye (2013) pode-se fazer de forma tradicional a medição e monitoramento da salinização do solo pelo método de laboratório de química úmida. Este método utiliza um longo tempo e alto custo e, se torna inadequado para áreas extensas. Este autor também afirma que nos últimos tempos, o SR (Sensoriamento Remoto) e o SIG (Sistema de Informação Geográfica) estão sendo utilizados com mais frequência por serem métodos mais rápidos e baratos, facilitando a análise de grandes áreas. Segundo Gorji et al., (2015) o uso dessas novas tecnologias, como SR e SIG tem boas vantagens, pois com sua utilização faz-se a medição e monitoramento da salinidade do solo com controle e bom gerenciamento. Portanto, em regiões como no semiárido, que tem alto índice de salinidade e degradação do bioma da Caatinga, é viável que utilize o sensoriamento remoto, como fonte regular de obtenção de dados da superfície terrestre, constituindo-se numa importante técnica

para o monitoramento sistemático da dinâmica da vegetação (SILVA et al., 2012).

Pode-se fazer um mapeamento da salinidade do solo de forma direta, analisando a refletância espectral de solos expostos com crosta de sal presente na superfície através da utilização de índice de salinidade, pelo fato de que os minerais de sal apresentam características espetrais detectáveis (FARIFTEH et al., 2008). Esses autores afirmam, ainda, que se a presença for pequena de sais na superfície existe uma dificuldade de detecção da salinidade do solo. Neste caso, a detecção pode ser feita indiretamente através da análise da refletância espectral do crescimento da vegetação em solos afetados usando índices de vegetação (MATINFAR, 2013). Neste contexto, fica evidente utilizar SR e SIG para detectar e monitorar mudanças ocorridas ou não em áreas agrícolas irrigáveis quanto aos níveis de salinidade do solo, variável importante para o controle social e econômico de um determinado local.

3 – Objetivos geral

- Detectar alterações na cobertura do solo com os índices de salinidade e condutividade elétrica do solo produzidos com imagens do satélite Landsat-8 no perímetro irrigado de Maniçoba, Juazeiro, Bahia.

3.1. Objetivos específicos

- Montar um banco de dados meteorológico e do satélite Landsat-8 para os anos de 2017 a 2019;
- Delimitar bacia hidrográfica que uma porção do perímetro irrigado de Maniçoba;
- Analisar os índices de salinidade e condutividade elétrica do solo que se relacionaram melhor com cobertura vegetal, temperatura e distribuição de água da superfície;
- Classificar as áreas salinas de acordo com a condutividade elétrica.

4 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Projeto irrigado de Manicoba

O projeto de irrigação em Manicoba localizado em Juazeiro – BA, faz parte do polo de desenvolvimento de Petrolina/Juazeiro com uma área irrigável de 4.847 ha com ocupação de 1.821 ha de lotes familiares e 3.026 ha de lotes empresariais, tendo o Rio São Francisco como principal fonte hídrica, recebeu investimentos até 2019 de R\$ 98.844.730,20. Com infraestrutura de 156 km de canais; 8 km de adutoras; 97 km de drenos, 223 km de estradas; 3 estações de bombeamento. No polo é plantado culturas como a manga, uva, cana-de-açúcar, coco entre outras. Utilizando diferentes sistemas de irrigação tendo como principais o por superfície, aspersão, micro aspersão e, em menor escala, gotejamento. É estimado que tenha uma geração de 8.149 empregos diretos e 12.224 empregos indiretos, com uma produção de 288.850 toneladas em 2019 (CODEVASF, 2021).

4.2. Satélite

Na segunda metade da década 60 foi iniciado a série Landsat a partir de um projeto desenvolvido pela *Agência Nacional de Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos da América*, com objetivo de realizar observações dos recursos naturais terrestres. Em 1972 o primeiro satélite foi desenvolvido para atuar em pesquisas de recursos naturais chamando de Landsat-1 ou ERTS-1. Até o momento foram lançados oito satélites da série, todos com imagens multiespectrais. O Landsat-8 utiliza os sensores OLI (*Operational Land Imager*) e o TIRS (*Termal Infrared Sensor*), sendo operado nos Estados Unidos pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) sendo assim a instituição responsável pelo seu lançamento realizado no dia 02 de novembro de 2013. Ele está em uma altitude de 705 km e com inclinação de 98,2°, está em órbita circular, polar e heliosíncrona, com duração da órbita de 99min, com horários de passagem as 12 h UTC na linha do equador, período de revisita de 16 dias. Sua resolução espacial na banda Pancromático é de 15 m; Multiespectral: 30 m; Termal: 100 m reamostradas para 30 m, NASA/USGS (*United States Geological Survey*).

Tabela 1. Landsat-8 com especificações das bandas espectrais dos sensores OLI e TIRS

Landsat 8				
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espacial	Resolução Espectral	Resolução Temporal
	(B1) COSTEIRA		0.433-0.453 μm	
	(B2) AZUL		0.450 - 0.515 μm	
	(B3) VERDE		0.525 - 0.600 μm	

OLI	(B4) VERMELHO	30 m	0.630 - 0.680 µm	16 dias
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO		0.845 - 0.885 µm	
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO		1.560 - 1.660 µm	
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO		2.100 - 2.300 µm	
	(B8) PANCROMÁTICO	15 m	0.500 - 0.680 µm	
	(B9) Cirrus	30 m	1.360 - 1.390 µm	
TIRS	(B10) INFRA VERMELHO TERMAL	100 m	10.6-11.19 µm	
	(B11) INFRAVERMELHO TERMAL		11.5-12.51 µm	
OLI (Operational Land Imager) TIRS (Termal Infrared Sensor)				

4.3. Índices espectrais de sensoriamento remoto

O emprego de parâmetros biofísicos da vegetação como os índices de vegetação: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), e os índices de salinidade S3, S6 e SI3 no processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, tornam-se uma alternativa para a compreensão e a identificação das estruturas presentes na região do submédio do Rio São Francisco. Com a utilização do sensoriamento remoto é possível fazer a avaliação da distribuição da cobertura vegetal, pois as medidas de índice de vegetação têm, em geral, associação direta com a quantidade de biomassa, o índice de área foliar, a cobertura do solo, a interceptação da radiação e o rendimento agrícola (FONTANA et al., 1998).

O NDVI foi proposto por Rouse et al. (1973) e é utilizado para a quantificação do crescimento da vegetação e da biomassa acumulada que varia de -1 a +1. Os valores mais próximos de 1 indicam regiões que representam áreas com presença de vegetação sadia e densa, enquanto que valores próximos a -1 representam a presença de corpos hídricos (Jensen, 2009). A Equação (1) expressa por Rouse et al. (1973) é dada a baixo:

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{NIR+R} \text{ Eq. (1)}$$

Em que: NIR é a refletância no comprimento de onda correspondente ao infravermelho Próximo (0,845 – 0,885 µm); R é a refletância no comprimento de onda correspondente ao vermelho (0,630 – 0,680 µm).

O Índice de água da diferença normalizada (NDWI) foi desenvolvido por McFeeters (1996) a partir do mesmo raciocínio do NDVI, permitindo destacar as linhas de água. O NDWI é utilizado como

ferramenta para melhor representar as características da água, possibilitando a avaliação e eliminação das características do solo e da vegetação presente no local, variando de -1 a +1. Esse índice apresenta menor sensibilidade aos efeitos atmosféricos e tem relação com água presente nas folhas onde os valores positivos são associados a vegetação verde e os valores negativos à vegetação seca (OLIVEIRA et. al., 2010). O método criado por McFeeters (1996) é dado pela Equação (2).

$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \text{ Eq. (2)}$$

Em que: SWIR é a refletância no comprimento de onda correspondente ao infravermelho médio (1,560 – 1,660 μm).

Segundo Huete (1988) o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) foi criado com o propósito de amenizar o efeito de “*background*” do solo. Para Jensen (2009) o L é aplicado como fator de ajuste, atuando na correção das influências do solo e das condições atmosféricas. A Equação 3 referente-se ao SAVI.

$$SAVI = \frac{(NIR - R)}{(L + NIR + R)} * (1 + L) \text{ Eq.(3)}$$

Em que: L = 0,5 representa um fator de ajuste.

O SAVI varia de -1,0 a +1,0, sendo que os valores positivos representam áreas com presença de vegetação e para os negativos estão associados aos corpos hídricos, áreas expostas, e nuvens.

O IAF é um indicador de biomassa de cada pixel da imagem, sendo desenvolvido por Allen et al. (2002). A partir da Equação 4, é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação pela unidade de área utilizada por essa vegetação expressa pela Equação 4 dada por ALLEN et al. (2017).

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \text{ Eq. (4)}$$

5 –METODOLOGIA

A área de estudo deste trabalho é a bacia hidrográfica que contém o perímetro irrigado de Maniçoba/Juazeiro – BA com coordenadas geográficas entre $40^{\circ}16'W$ a $40^{\circ}17'W$ e $9^{\circ}16'S$ e $9^{\circ}17'S$ sendo o principal projeto de irrigação e fruticultura do município de Juazeiro-BA. A Figura 1 apresenta a região do estado da Bahia onde se encontra a delimitação da bacia hidrográfica em Maniçoba, a partir de uma imagem de satélite Landsat 8 em composição cor natural RBG (432). A imagem foi georreferenciada no Sistema de Projeção Cartográfica Sirgas 2000 e processada pelo software Qgis 3.14.1.

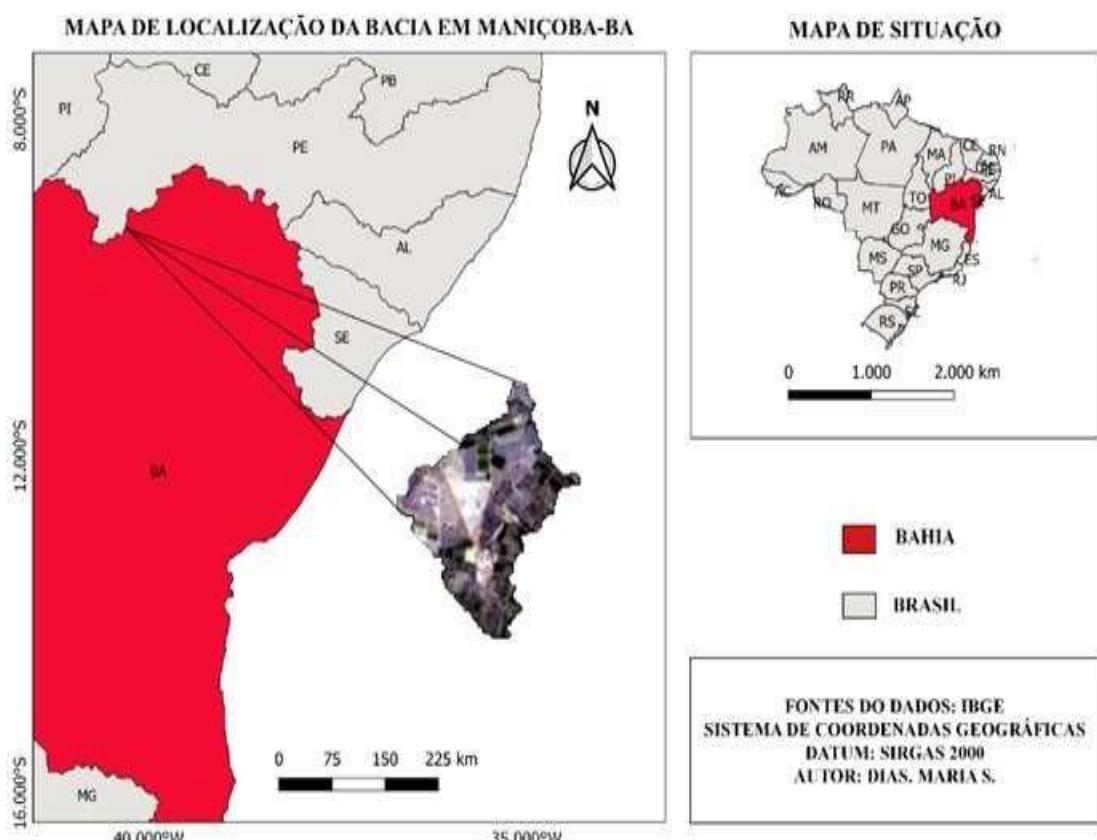


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica no município de Juazeiro no perímetro irrigado de Maniçoba.

A área de estudo é composta por Caatinga (formação Savântica), campestre, pastagem, fruticultura e monocultura (cana-de-açúcar) entre outras como ilustra na Figura 2.

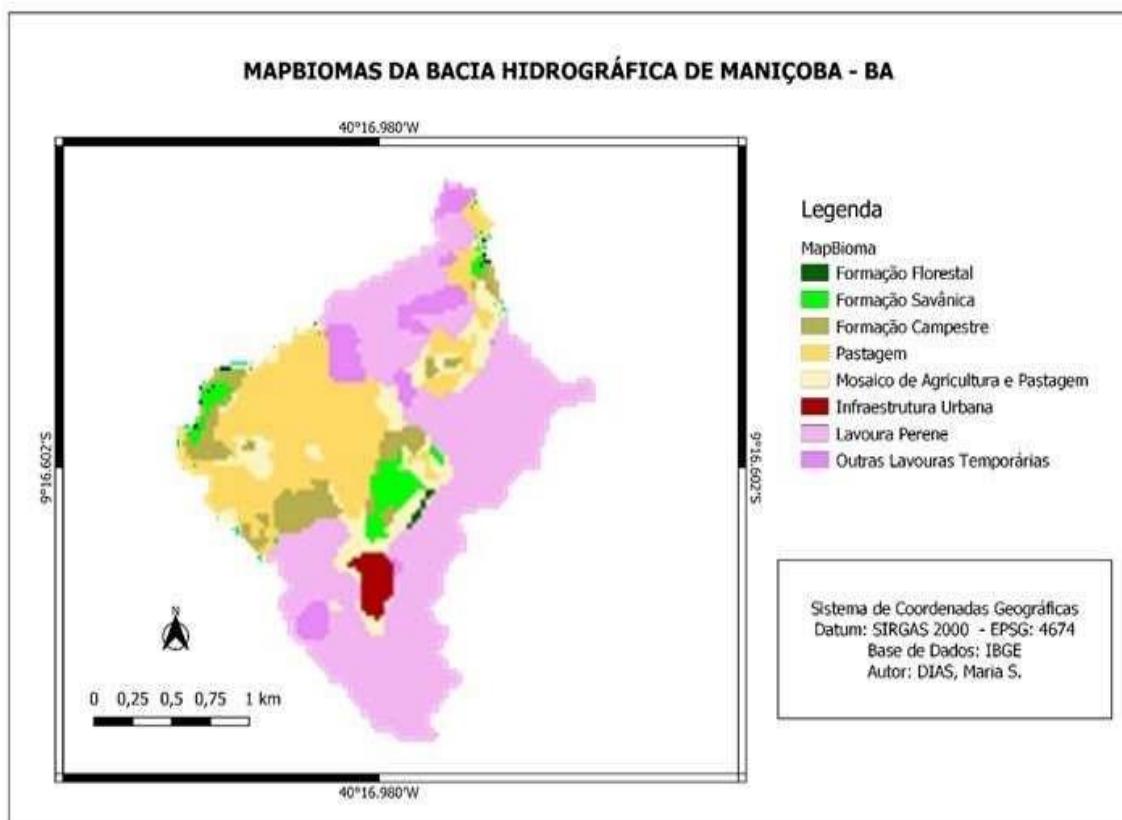


Figura 2. Uso e cobertura da terra na área de estudo para o ano de 2019

No município de Juazeiro-BA, as variáveis meteorológicas observadas no período de 2008/2020 (Figura 3) indicam que o período chuvoso iniciasse no mês de outubro com precipitação de 18,4 mm até abril com valores próximos dos 66,6 mm (Figura 3A), enquanto a Figura (3B) demonstra que a umidade relativa do ar teve máxima (82%) entre os meses de junho e julho e a mínima (25%) entre setembro e outubro do período analisado. Percebe-se na Figura (3C) que o mês mais quente com 35°C foi novembro e os mais amenos com 20°C foram os meses julho e agosto, respectivamente. A incidência de radiação solar teve alta entre os meses de outubro e novembro (25 MJ/m²) em contrapartida com os meses entre maio e julho (18 MJ/m²) como observado na Figura (2D).

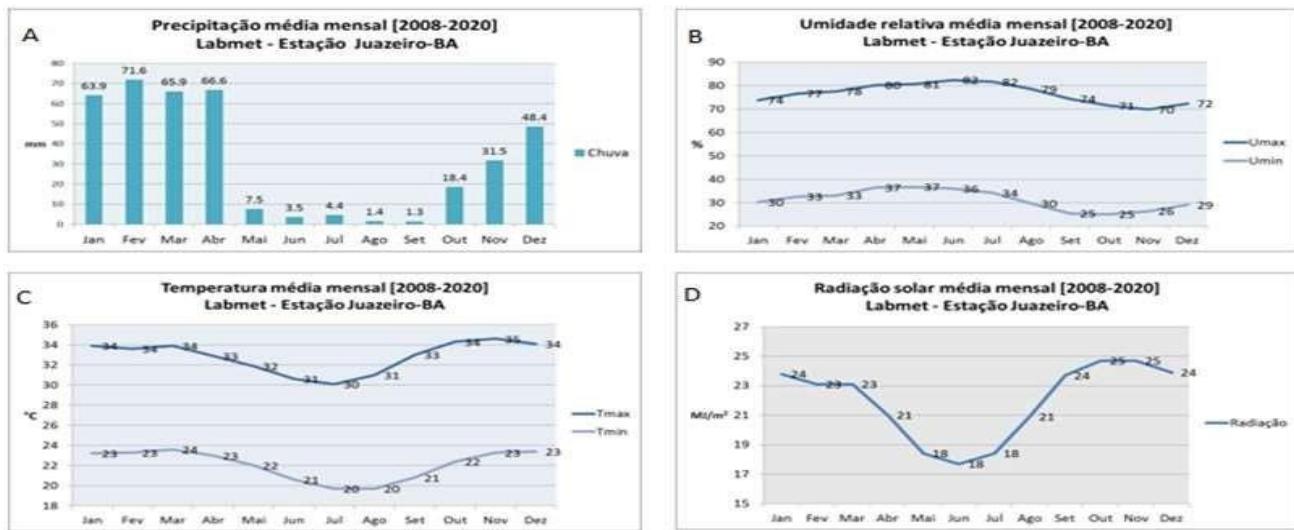


Figura 3. Precipitação média mensal (A), Umidade relativa média mensal (B), Temperatura média mensal (C), e Radiação solar média mensal (D) da estação meteorológica de Juazeiro- BA nos anos de (2008-2020). Fonte: LabMet 2021.

a. Dados Meteorológicos e orbitais

Os dados da estação meteorológica automática do Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco (LabMet) de Juazeiro-BA foram utilizados para caracterizar as condições meteorológicas reinantes na data da passagem do satélite Landsat-8 (Tabela 2). Esses dados podem ser obtidos através da página virtual <http://labmet.univasf.edu.br/>.

Tabela 2. Temperatura do ar média, Umidade relativa do ar média, Radiação global, Precipitação, referente aos dias das imagens estudadas. Fonte: LabMet 2021

Data da aquisição	16/10/2017	16/08/2018	20/09/2019
Temperatura do ar média (°C)	27,8	26,8	27,6
Umidade relativa do ar média (%)	40,4	41,5	41,2
Radiação global (MJ/m ² .dia)	28,7	24,2	28,3
Precipitação (mm)	0,0	0,0	0,0

Utilizou-se para o desenvolvimento do estudo um modelo de elevação do terreno 90 m e três imagens de satélite do Landsat-8, dos sensores OLI/TIRS (*Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor*), datadas em: 16/10/2017, 16/08/2018, 20/09/2019, cobrindo a área do perímetro irrigado de Manicoba, obtidas junto a página virtual da NASA/USGS (National Aeronautics and Space Administration/United States Geological Survey) (Tabela 3).

As cenas, que cobrem a área de estudo, possuem órbita 217 e pontos 66 e 67, escolhidas na condição de céu claro com menor presença de nuvens possível (< 20%) e pertencentes aos meses de agosto (2018), setembro (2019) e outubro (2017).

Tabela 3. Informações dos Metadados das imagens dos anos 2017, 2018 e 2019.

DATAS DA AQUISIÇÃO	16/10/2017	16/08/2018	20/09/2019
HORÁRIO DA PASSAGEM	9h 48min 18s	9h 47min 51s	9h 48min 42s
SENSORES	OLI_TIRS	OLI_TIRS	OLI_TIRS
ÓRBITA	217	217	217
PONTOS	66	67	67
AZIMUTE DO SOL (°)	92,82	51,55	68,61
ELEVAÇÃO DO SOL	65,81	52,23	61,19
DISTÂNCIA DO SOL A TERRA	0,9967	1,0126	1,0043

b. Delimitação de bacia hidrográfica

A delimitação das bacias hidrográfica foi produzida a partir do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), apresentando dados digitais necessários na elaboração de um Modelo Digital de Elevação (MDE), retirado do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA-<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>). Com a seleção da área de interesse fez-se o recorte necessário e, utilizou o algoritmo r.watershed (Programa de criação de bacias hidrográficas), aplicando o tamanho mínimo de 500 de espaçamento, para assim demonstrar um detalhamento maior da drenagem das bacias. Após o processo de criação das bacias utiliza-se a ferramenta r.to.vector para converter o raster das bacias em camada vetorial. Com a aplicação da ferramenta r.walter.outlet (Programa de criação de bacias hidrográficas) foi realizado a seleção da microbacia de interesse para a formação do estudo.

c. Pré-processamento das imagens

Realizou-se o tratamento das imagens com o uso do software Qgis 3.14.1. As imagens foram reprojetadas para o sistema de referência atualmente em uso no Brasil, o SIRGAS 2000 (*Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas*). Com a utilização do complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) fez-se o processamento das imagens de refletância, a fim de um fluxo de trabalho automático. Assim, pode-se realizar o pré-processamento das imagens. No SCP foram

adicionados todas as imagens para realização da correção atmosférica com a aplicação do método *Subtração do Objeto Escuro* (DOS1) proposto em CHAVEZ (1996). Após a seleção de bandas que foram utilizadas no SCP produziu dados estimados e necessários para a realização dos cálculos de índices de vegetação e de salinidade do solo.

d. Processamentos das imagens

Com o pré-processamento de dados foi possível a produção de índices espectrais de sensoriamento remoto. Seis índices espectrais foram produzidos utilizando a calculadora raster no software Qgis 3.14.1. Foram aplicadas as equações descritas na Tabela 4 para a obtenção de quatro índices de vegetação: NDVI, NDWI, SAVI, e três índices de salinidade (S3, S6, SI3) que foram derivados do OLI-Landsat-8.

Tabela 4. Índices de vegetação e índices de salinidade do solo com suas respectivas fórmulas.

Índices de vegetação	Equações	Referências
NDVI	NDVI=(NIR-R) /NIR+R)	(ROUSE et al., 1973)
SAVI	SAVI=(NIR-R) *(1+L) /(NIR+R+L)	(HUETE, 1988)
NDWI	NDWI=(NIR-SWIR/(SWIR+NIR)	(GAO, 1996)
Índices de salinidade	Equações	Referências
SI3	SI3=√G2 + R2	(DOUAQUI et al., 2006)
S3	S3=(G*R) /R	(BANNARI et al., 2008)
S6	S6=(R*NIR) / G	(ABBAS e KHAN, 2007)
R, G, NIR, SWIR: refletâncias das bandas vermelha, verde, azul e infravermelho próximo, infravermelho médio, respectivamente. L= 0,5 (fator de ajuste)		

A estimativa da temperatura da superfície (TS) foi realizado a partir da banda 10 (infravermelho termal) do Landsat-8 de acordo com as equações presente na Tabela 5. Para a obtenção da temperatura da superfície fez-se a condição do ENB (Emissividade de cada pixel) como segue: Para IAF (índice de área foliar) maior que 3 o ENB será 0,98 e, para NDVI menor que 0 o ENB terá um valor de 0,99.

Tabela 5. Procedimento para obter a temperatura da superfície utilizando a ferramenta do raster no Qgis.

Equações		Referências
L10	$0,1 + 0.00033420 * NC$	(USGS. 2020)
IAF	$(- \ln (((0,69 - SAVI) / 0,59)) / 0,91)$	(Allen et al., 2002)
ENB	$0,97 + 0,0033 * IAF$	(Bastiaanssen. Et al., 2005)
TSK	$1321,0789 / (\ln (ENB * 774,8853 / (L10 + 1)))$	(Weng, et al., 2004)
TSC	TsK - 273,15	(Weng, et al., 2004)

L10: Radiância da Banda10, NC: Nível de cinza, IAF: Índice de área foliar, ENB: Emissividade de cada pixel, TSK: Temperatura superficial em Kelvin, TSC: Temperatura superficial em celsius.

Utilizou-se a seguinte equação para determinar a Condutividade Elétrica (EC = *Electric conductivity*) expressa em $dS.m^{-1}$ (decissímens por metro) em função do NDVI e do SAVI de acordo com as Equações (6 e 7) proposta por Abdelaty & Aboukila (2017):

$$EC(NDVI) = -12,611 \cdot NDVI + 5,9075 \quad \text{Eq. (6)}$$

$$EC(SAVI) = 13.581 * SAVI^2 - 15.614 * SAVI + 6.5851 \quad \text{Eq. (7)}$$

A condutividade elétrica (EC) foi classificada de acordo com a Tabela 6 da FAO (*Food and Agriculture Organization*).

Valor EC	0 - 2	0 - 4	4 - 8	8 - 16	> 16
Classe de Salinidade	Não salino	Ligeiramente salino	Moderadamente salino	Fortemente salino	Muito fortemente salino

e. Estatística

Os gráficos de dispersão e de densidade de pontos foram elaborados para verificar a relação entre os parâmetros biofísicos, índices de salinidade e condutividade elétrica. O gráfico de dispersão utiliza coordenadas cartesianas para comparar a distribuição dos valores entre NDVI e IAF, NDVI e NDWI, NDVI e TSC e também NDVI e SI3. Além disso, obteve-se o coeficiente de determinação (R^2) e os modelos de equações resultantes. Todo o procedimento foi realizado ferramenta RasterDataPlotting.

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento dos elementos meteorológicos para os anos de 2017 a 2020 estão ilustrados na Figura 4. Nos quatro anos a temperatura média mensal, radiação global, precipitação média mensal e umidade relativa do ar comportaram-se de acordo com a comparação a série história de (2008-2020) (Figura 3).

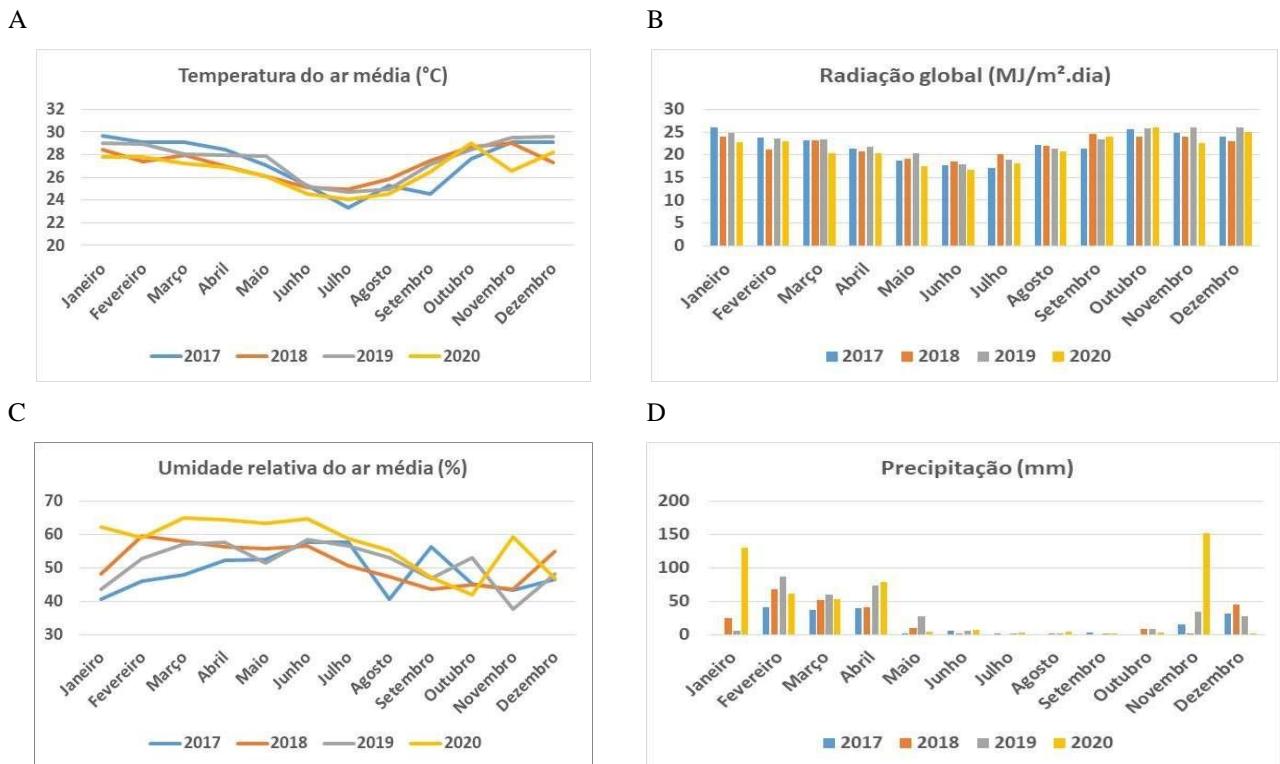


Figura 4. Temperatura média mensal (A), Radiação global (B), Umidade relativa do ar média (C), e Precipitação média mensal (D) da estação meteorológica de Juazeiro- BA nos anos de (2017-2020).

A Figura 5 ilustra os mapas temáticos do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), das imagens dos dias 16/10/2017 (Figura 5A), 16/08/2018 (Figura 5B) e 20/09/2019 (Figura 5C). Os valores de NDVI variaram entre 0,05 a 0,86, sendo que os valores mais baixos estão associados a solo exposto ou vegetação rala (tons em azul) e os maiores estão relacionados aos campos agrícolas irrigadas (tons em vermelho). Os maiores valores de NDVI estão associados a forte atividade fotossintética nas áreas de agricultura irrigada e os menores valores associados a solo exposto e/ou vegetação rala. Valores próximos a zero ou abaixo de zero sugerem a presença de áreas desmatadas ou cobertas por água (NDOSSI & AVDAN, 2016). Silva et al. (2021) encontraram valores de NDVI variando de -1 a 0,85 na região semiárida do estado de Pernambuco.

NDVI na Bacia Hidrográfica de Manicoba-BA

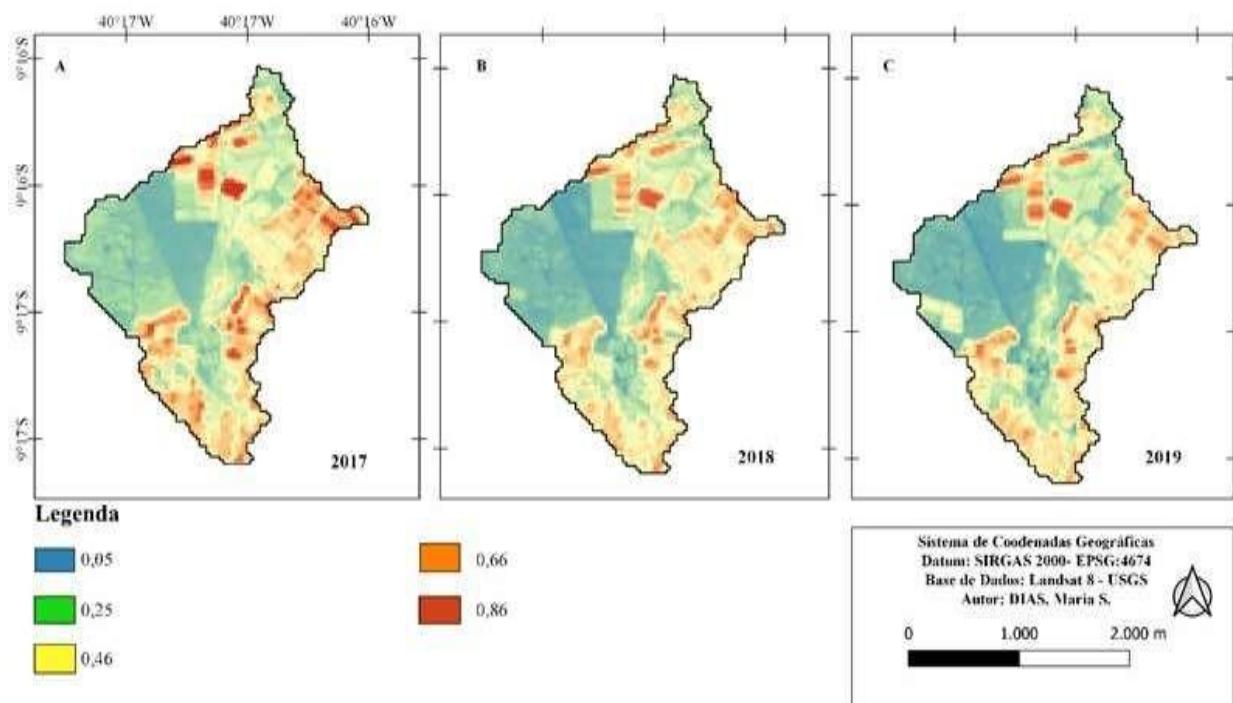


Figura 5. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

A Figura 6 apresenta mapas de Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) dos anos de 2017 a 2019, demonstrando variações no intervalo de SAVI de 0,04 a 0,67. Os resultados do SAVI, em geral, seguiram o padrão de comportamento do NDVI, mas com mudança nos valores quantitativos, pois os efeitos da refletância do solo foram minimizados. No sítio PELD 22 em Petrolina (PE), Lywistone et al., (2012) encontraram valores de SAVI entre 0 a 0,85 e valores máximos entre 0,45 e 0,68. Estes mesmos autores também concluíram que as estimativas do SAVI mostraram confiabilidade para ser utilizado em períodos secos do semiárido nordestino.

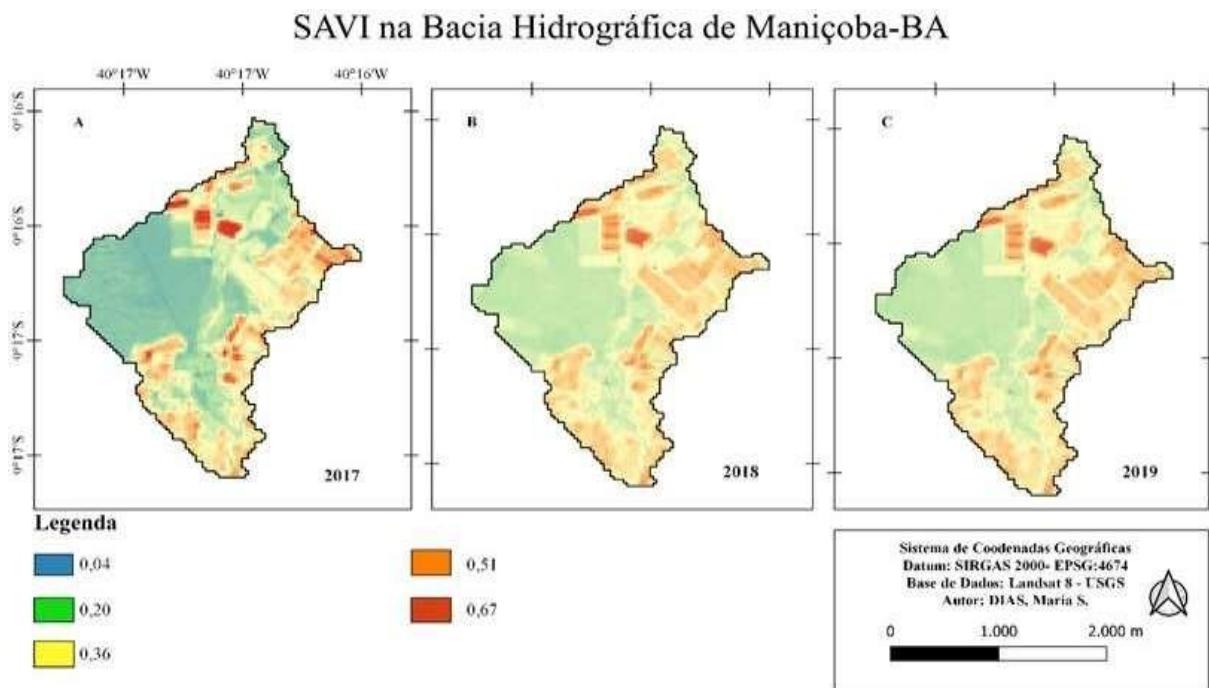


Figura 6. Índice de Vegetação ajustado ao Solo (SAVI) para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

A Figura 7 ilustra os mapas com a distribuição espaço-temporal do Índice de Área Foliar – IAF (m^2/m^2) entre os anos de 2017 e 2019. O IAF traduz, principalmente, as condições da biomassa foliar, preservada em função da umidade do solo na área de estudo. Observou-se, na Figura 7A, que no ano de 2017 o IAF variou de 0 a $4,4\text{ m}^2/\text{m}^2$, representando, respectivamente, áreas de solo exposto e áreas agrícolas. Nas demais datas observa-se a diminuição da cobertura vegetal causada pelo estágio de maturação ou de colheita de culturas agrícolas da área. Na maturação, as folhas perdem o potencial fotossintético entrando em estágio de senescência, reduzindo o valor de IAF. Para Silva et al., (2021) o IAF apresentou variação de 0 a $4,83\text{ m}^2/\text{m}^2$, demonstrando condições de déficit hídrico na região semiárida por causa da alta variabilidade pluviométrica.

IAF na Bacia Hidrográfica de Manicoba-BA

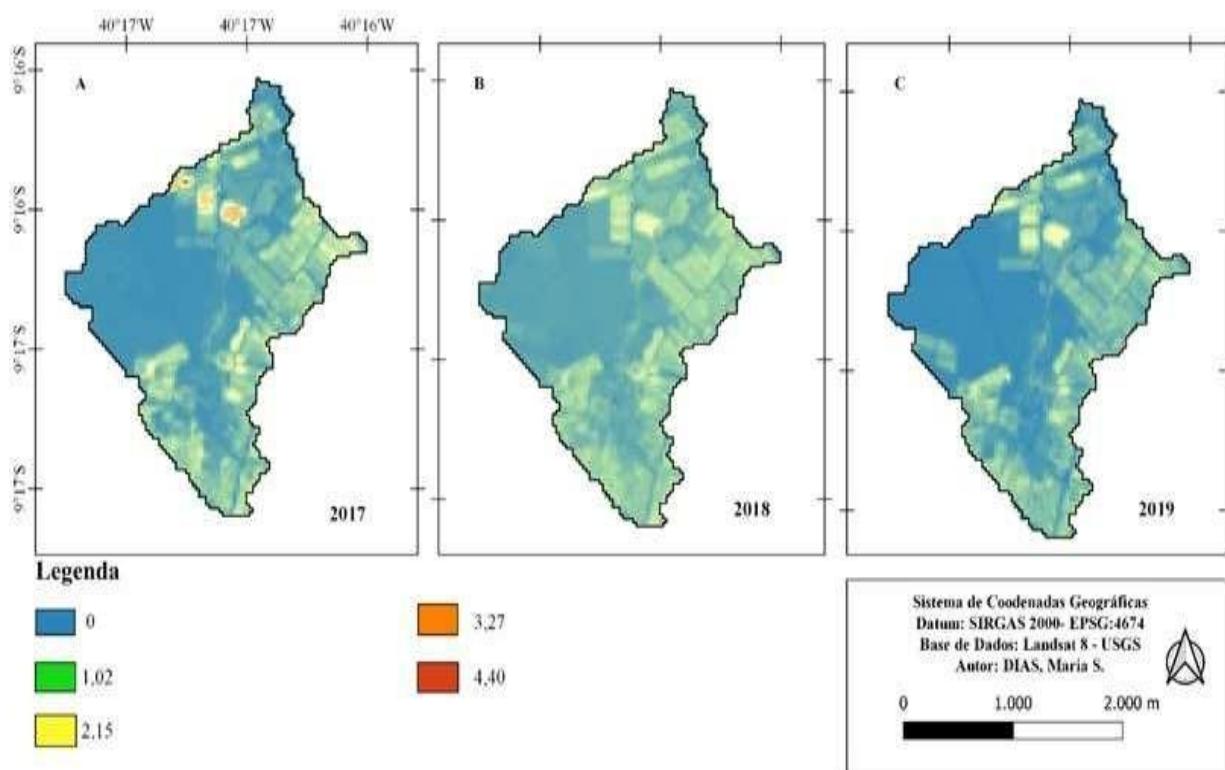


Figura 7. Índice de Área Foliar (IAF, m^2/m^2) para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

Os mapas ilustrados na Figura 8 são referentes a distribuição espaço-temporal do Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) para os respectivos anos de 2017 a 2019. As três Figuras apresentaram comportamento similar. O índice NDWI variou entre os valores de -0,25 e 0,59. O NDWI a baixo de zero (0) representa áreas de solo exposto, enquanto que os valores acima de 0,16 estão associados a áreas com alta atividade fotossintética e irrigadas. Neste caso, a planta encontra-se sadia, principalmente, em valores em torno de 0,59 que indicam que a cobertura vegetal apresenta mais água na folha. Segundo Gonzaga (2011) o NDWI no sertão alagoano referente ao período seco apresentou uma predominância de valores inferiores a zero (0), e também valores entre 0 e 0,4, indicando áreas com baixa umidade do solo.

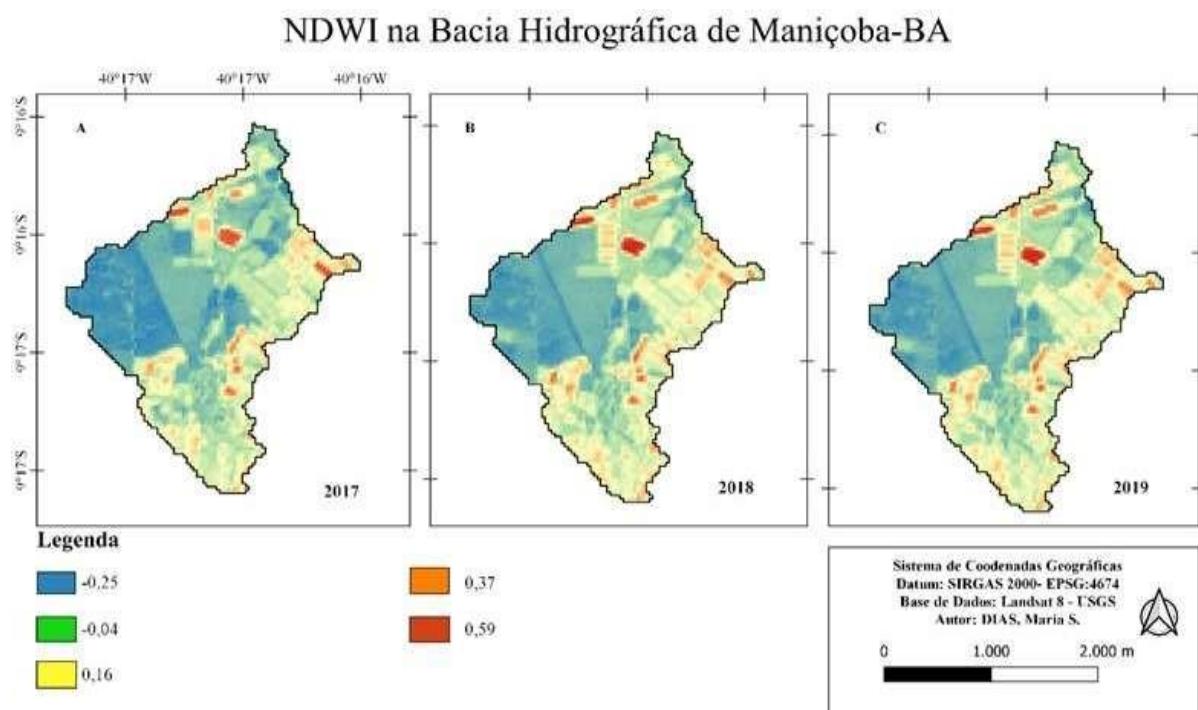


Figura 8. Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

A Figura 9 ilustra a distribuição espaço-temporal do parâmetro biofísico, temperatura da superfície, entre os anos de 2017 e 2019. A temperatura variou de 36,8°C a 51,7°C, apresentando os menores valores em áreas agrícolas irrigadas e os maiores valores em solos expostos e em vegetações ralas. Entre os anos analisados não ocorreu uma padrão bem definido de distribuição da temperatura da superficial. É notório que em locais de baixa cobertura vegetal as temperaturas são elevadas e em áreas agrícolas irrigadas as temperaturas são menores. As maiores temperaturas concentraram-se no centro dos mapas temáticos, demonstrando também que essas áreas possuem maior densidade de vegetação, que por sua vez contribuem substancialmente para a diminuição da temperatura da superfície na região. Isto é devido a capacidade do dossel em absorver radiação e impedir que essa mesma radiação chegue ao solo e se transforme em ondas curtas, aquecendo substancialmente a área, o que melhora diversos aspectos da superfície (SILVA et. al., 2021)

TC na Bacia Hidrográfica de Manicoba-BA

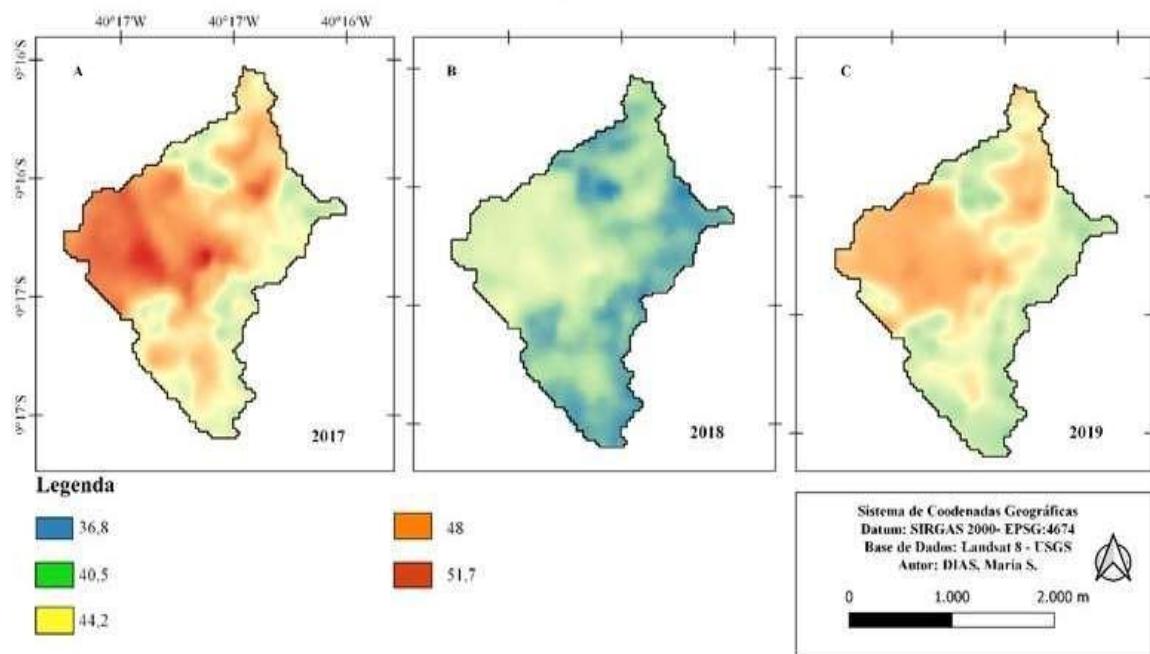


Figura 9. Temperatura da superfície (°C) para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

Na Figura 10 tem-se a distribuição espacial-temporal do Índice de salinidade S3 para os anos de 2017 a 2019. Observa-se ao longo dos anos um comportamento semelhante do S3, mas com valores intensos para o ano de 2017. O índice S3 variou de 0,03 a 0,19, indicando áreas com vegetação sadia e solos expostos, respectivamente. Estes valores indicam que em áreas de solo exposto tem maior grau de salinidade (19%), enquanto em áreas agrícolas o índice indicou baixo valor de salinidade (3%). Os valores baixos de índice S3 associado a vegetação refletem o poder que a cobertura vegetal tem em refletir na região da luz verde e absorver na região da radiação vermelha, quando o dossel está sadio.

S3 na Bacia Hidrográfica de Manicoba-BA

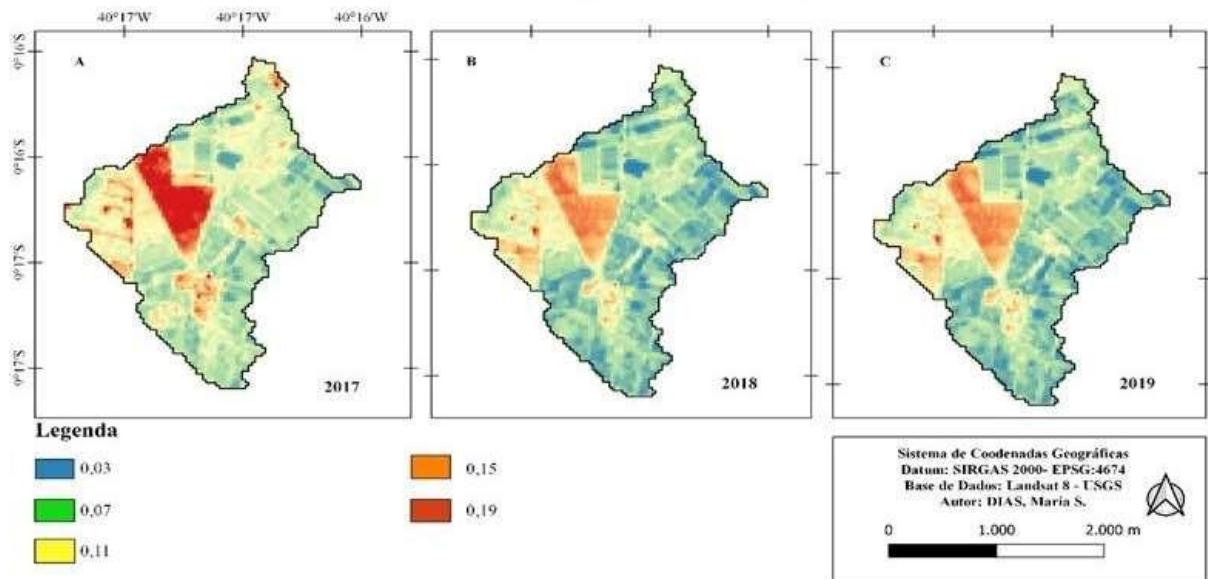


Figura 10. Índice de salinidade (S3) para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

A Figura 11 demonstra mapas temáticos de distribuição espaço-temporal do Índice de salinidade S6 para os anos de 2017 a 2019. Observa-se que o ano de 2017 apresenta uma variação maior entre os valores de 0,11 a 0,67. Os maiores valores estão associados a vegetação rala e a solo exposto, pois estes tipos de alvos tem o poder de refletir nos intervalos de comprimento de onda da radiação visível, enquanto que os menores valores representam áreas de atividade agrícola irrigada.

S6 na Bacia Hidrográfica de Manicoba-BA

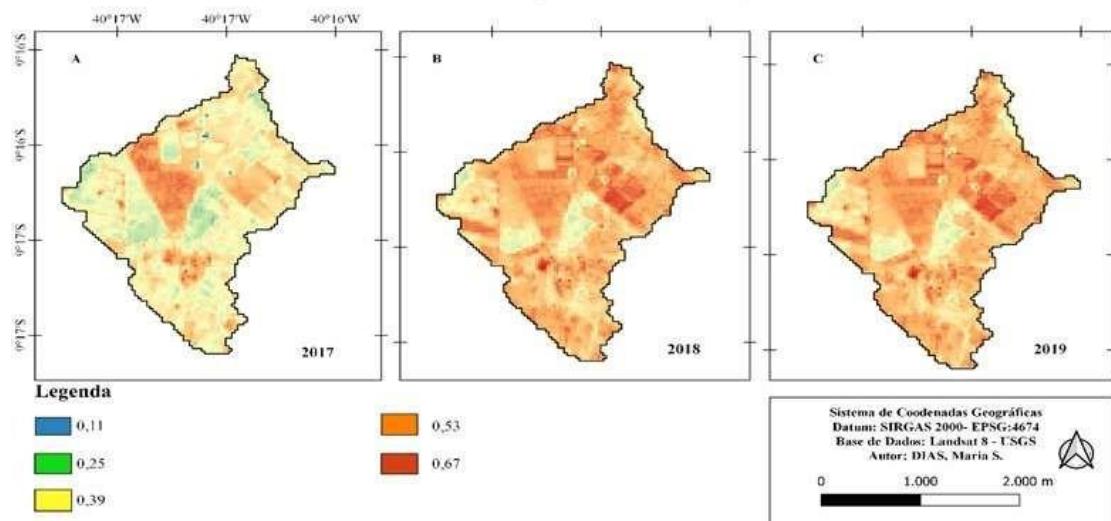


Figura 11. Índice de salinidade do solo (S6) para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

Na Figura 12 ilustra-se os mapas temáticos da distribuição espaço-temporal do índice de salinidade do solo (SI3) para os anos de 2017 a 2019. Observa-se que não ocorreu uma diferença visual entre os anos analisados. O índice de salinidade do solo SI3 apresentou uma variação de 0,06 a 0,39, correspondendo a áreas de campos agrícolas e solo exposto e/ou vegetação rala, respectivamente. Valores altos de SI3 indicam uma tendência de salinidade do solo, como pode ser observado nas áreas de solo exposto onde o SI3 chegou a 39%. Segundo BOUAZIZ et al. (2011) a refletância aumenta no vermelho e infravermelho próximo em áreas onde a vegetação passa por mais estresse salino.

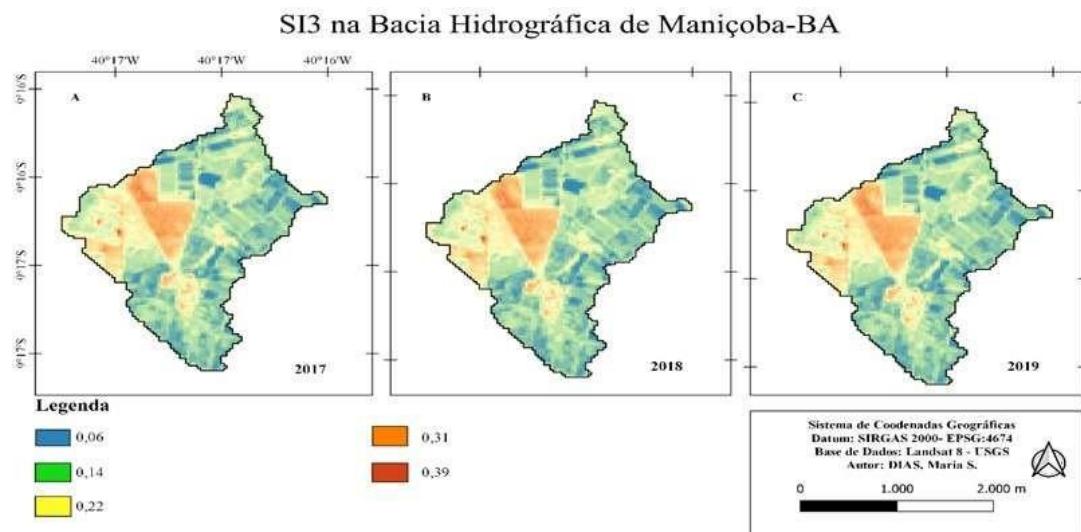


Figura 12. Índice de salinidade do solo (SI3) para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

A Figura 13 ilustra mapas temáticos da distribuição espaço-temporal dos anos de 2017 a 2019 sobre a condutividade elétrica relacionado com índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Observa-se que as regiões com maiores valores associados a solo exposto e/ou vegetação rala foram elevados os níveis de salinidade solo no decorrer dos anos de 2018 e 2019. Segundo a FAO (2020) os valores de $5,22 \text{ ds m}^{-1}$ estão associados a níveis de salinidade moderado do solo, observada nas áreas de solo exposto da Figura 11.

Abdelaty & Aboukila (2017), estudando salinidade na região do Norte do Egito, aplicaram regreção linear nas relações entre os índices espectrais (NDVI e SAVI) com CE para o presente estudo, e verificaram o coeficiente de correlação (R^2) de 0.76, 0.83, respectivamente. Apresentando uma boa correlação entre os índices de vegetação e a condutividade elétrica.

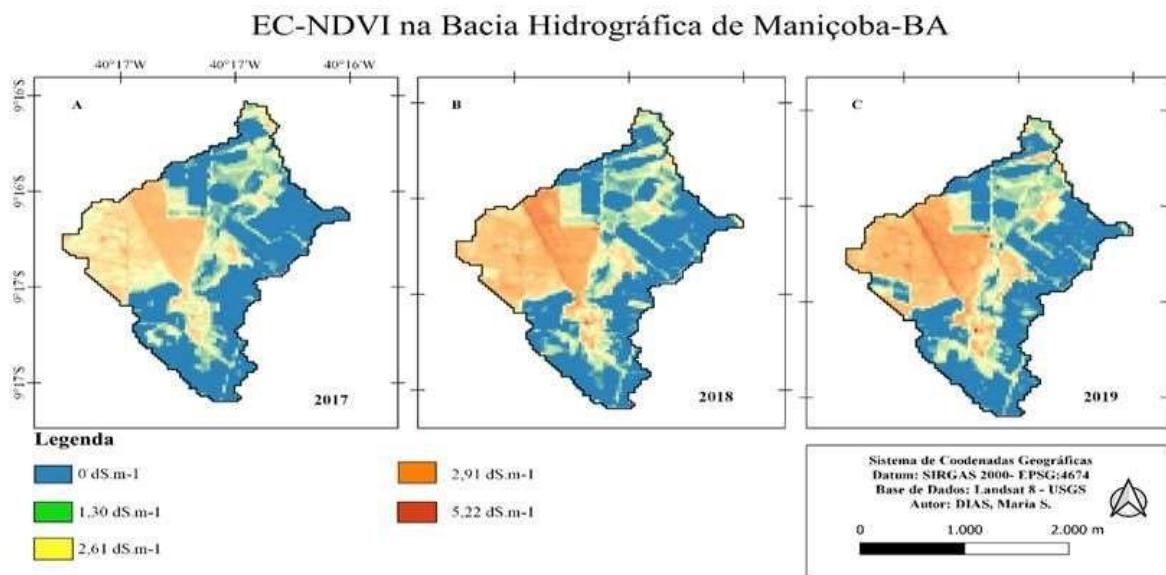


Figura 13. Condutividade elétrica relacionado com Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) o para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

A Figura 14 ilustra mapas temáticos da distribuição espaço-temporal dos anos de 2017 a 2019 sobre a condutividade elétrica relacionado com Índice de Vegetação ajustado ao Solo (SAVI), apresentando variação de $2,09 \text{ ds m}^{-1}$ a $5,96 \text{ ds m}^{-1}$ não salino e moderadamente salino, respectivamente, tendo valor máximo semelhante a relação de EC obtido com o NDVI.

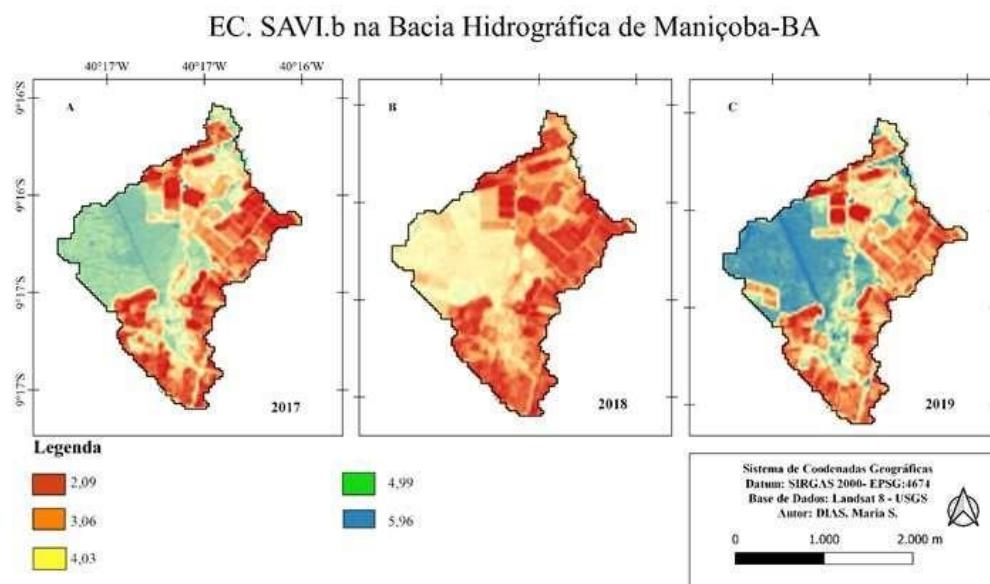


Figura 14. Condutividade elétrica relacionado com Índice de Vegetação ajustado ao Solo (SAVI) o para os anos (a) 2017, (b) 2018 e (c) 2019 para a Bacia hidrográfica de Manicoba, Juazeiro, Bahia.

A Tabela 7 é ilustra os resultados dos modelos de regressão linear simples entre o NDVI com IAF, NDWI e TSC. Constatou-se que para os três anos estudados o NDVI correlacionou-se muito bem com todos os parâmetros, o ano de 2018 se destaca por apresentar maiores coeficiente de determinação como exemplo NDVI com NDWI com R^2 de 0,9152.

Tabela 7. Equações de regressão linear entre os parâmetros biofísicos NDVI, IAF, NDWI e SI3.

	2017 NDVI		2018 NDVI		2019 NDVI
IAF	$f(x) = -0.5106 + 2.5444 * x r^2 = 0.8575$	IAF	$f(x) = -0.0309 + 1.8343 * x r^2 = 0.9125$	IAF	$f(x) = -0.3572 + 2.1062 * x r^2 = 0.8809$
NDWI	$f(x) = -0.3793 + 0.8742 * x r^2 = 0.8858$	NDWI	$f(x) = -0.3458 + 0.9591 * x r^2 = 0.9152$	NDWI	$f(x) = -0.367 + 0.976 * x r^2 = 0.892$
TSC	$f(x) = 51.1907 - 11.9856 * x r^2 = 0.7301$	TSC	$f(x) = 44.1285 - 9.1622 * x r^2 = 0.7547$	TSC	$f(x) = 48.9358 - 11.5216 * x r^2 = 0.7149$

A Figura 15 ilustra a relação linear entre o Índice de Vegetação (NDVI) com o Índice de salinidade (IS3) para os anos de 2017 a 2019. Observou-se que o NDVI explica mais de 70% dos valores de IS3, indicando forte correlação linear entre as duas variáveis.

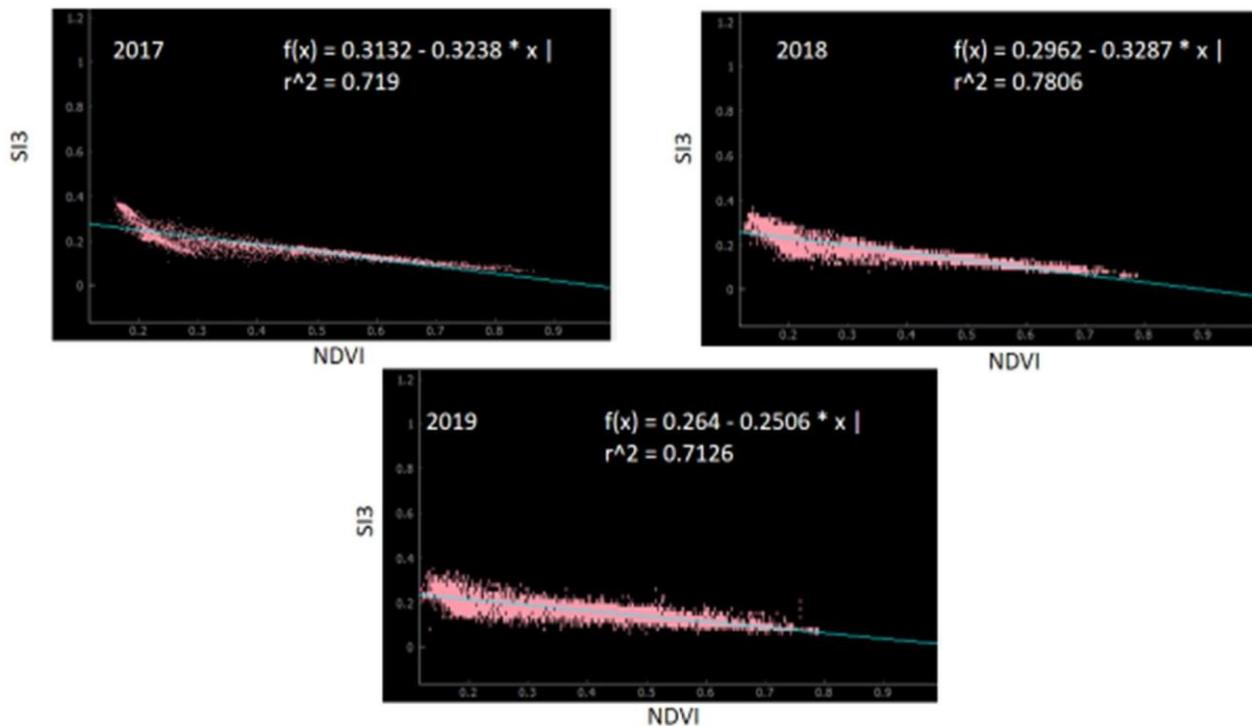


Figura 15. Gráficos de dispersão/ densidade relacionando o Índice de Vegetação (NDVI) com o Índice de salinidade (IS3) para aos anos de 2017-2019

A condutividade elétrica EC(NDVI) correlacionou-se fortemente com o NDWI na área de estudo (Figura 16) com R^2 de acima de 0,74. Percebe-se, também que à medida que a EC aumenta o conteúdo de água (NDWI > 0) diminui. Isso mostra que quando o solo está mais seco a quantidade de

sais aumenta, deixando o solo mais salino.

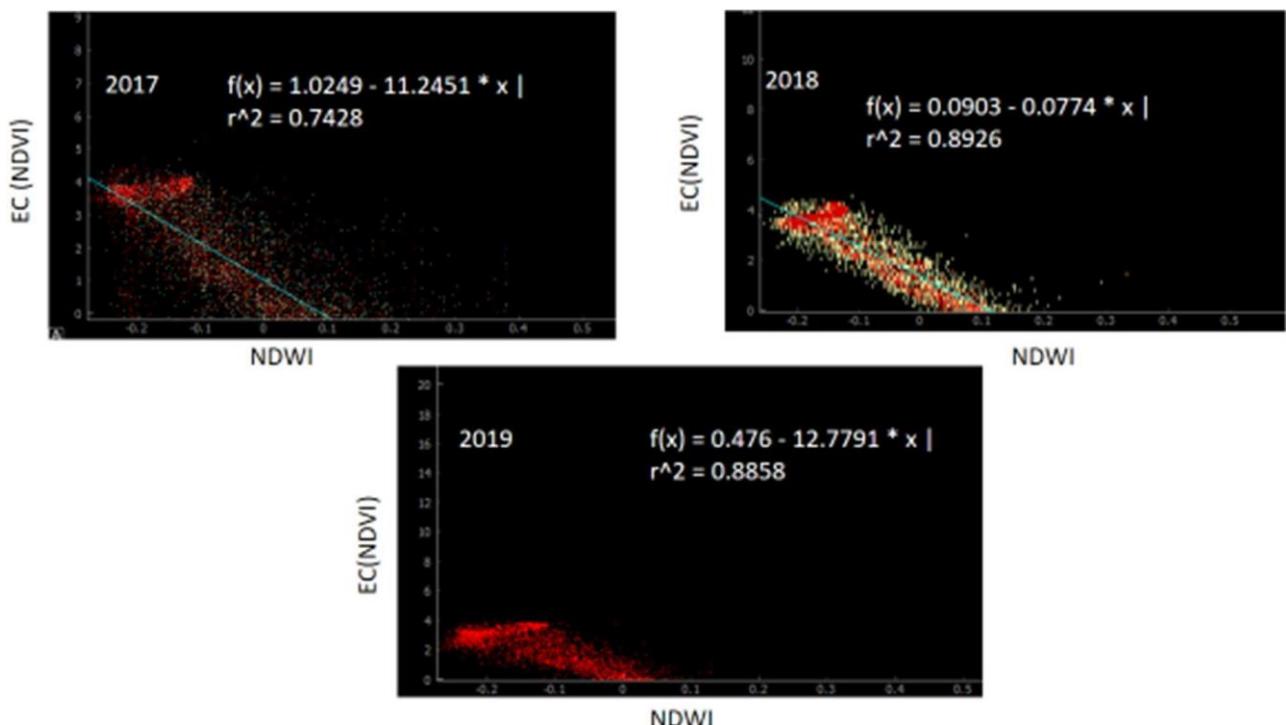


Figura 16. Gráficos de dispersão/densidade relacionando EC(NDVI) e o Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) para os anos de 2017 a 2019.

A Figura 17 ilustra as regressões lineares simples entre NDWI e condutividade elétrica EC(SAVI). Como observado com EC em função do NDVI (Figura 16), o EC(SAVI) tem uma tendência a aumentar com a diminuição do conteúdo de água da superfície. O coeficiente de determinação variou de 0,82 a 0,85, mostrando forte correlação entre as variáveis.

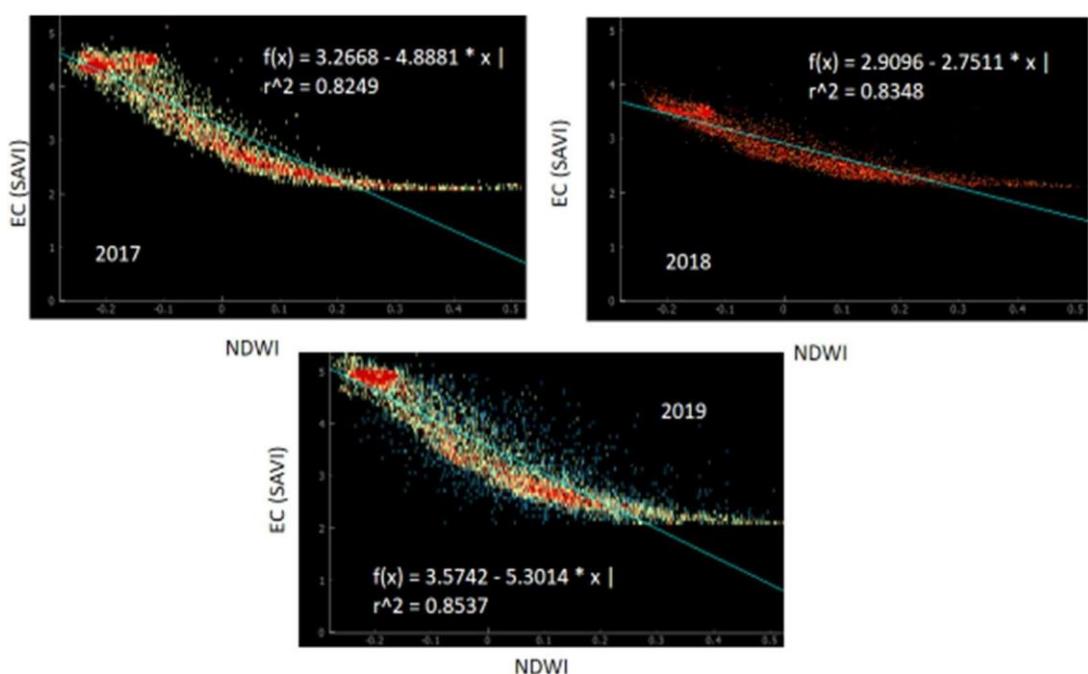


Figura 17. Gráficos de dispersão/densidade relacionando Temperatura Superficial (TS °C) com

EC(NDVI) para os anos de 2017 a 2019.

A comparação entre a condutividade elétrica EC(NDVI) com a temperatura da superfície (TSC) é exibida na Figura 18. Observou-se que à medida que a TSC aumenta a EC(NDVI) também aumenta sutilmente, ou seja, a concentração de sais na superfície do solo tem uma relação direta com a temperatura da superfície. O coeficiente de determinação ficou acima de 0,70, ou seja, a TSC explica 70% da variação dos valores de EC(NDVI).

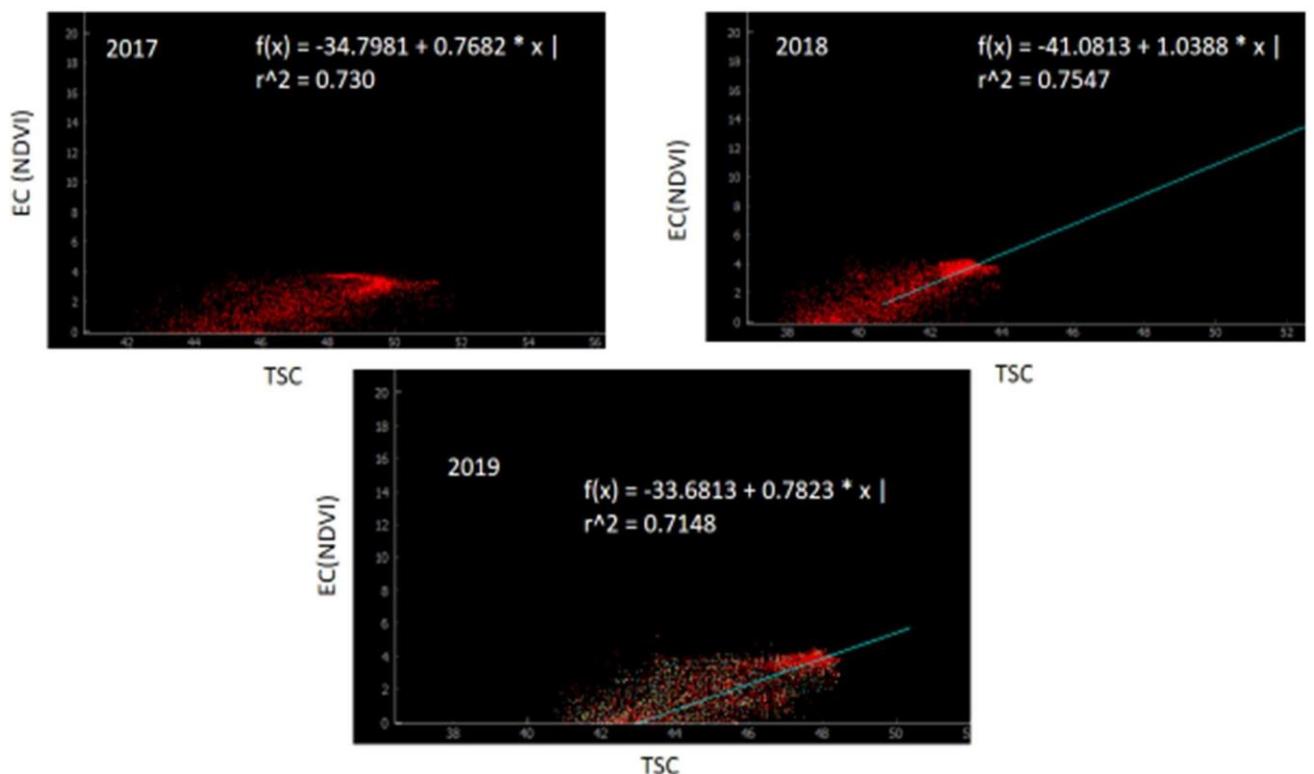


Figura 18. Gráficos de dispersão/ densidade relacionando Temperatura Superficial (TS °C) com EC(NDVI) para os anos de 2017 a 2019.

Na Figura 19 observou-se que a relação entre EC(SAVI) e TSC melhorou a correlação sutilmente em relação aos resultados da Figura 18. Como observado anteriormente, o aumento da temperatura da superfície (TSC) resulta no aumento da condutividade elétrica.

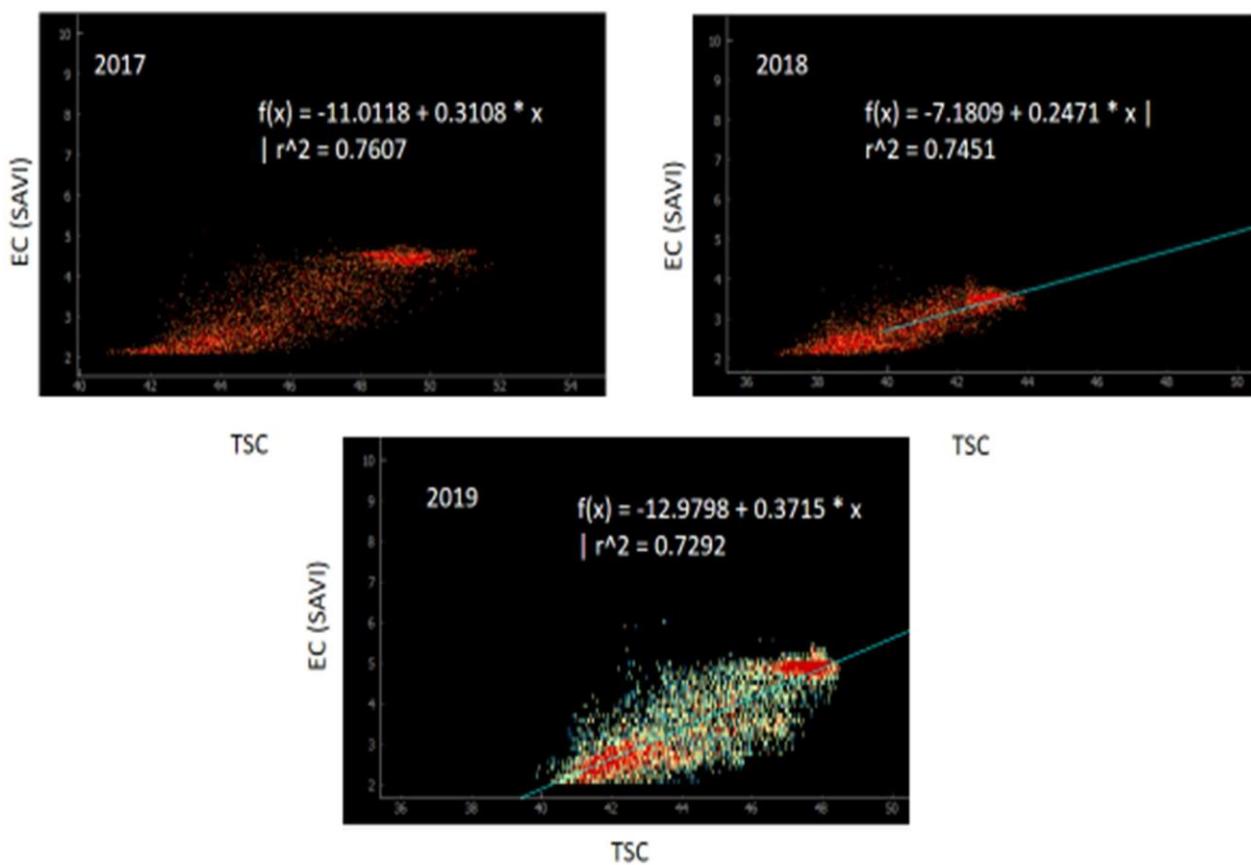


Figura 19. Gráficos de dispersão/densidade relacionando Temperatura Superficial (TS °C) com EC(NDVI) para os anos de 2017 a 2019.

7- CONCLUSÕES

- Os parâmetros biofísicos NDVI, temperatura da superfície, IAF, SAVI, NDWI relacionaram-se com índices de salinidade e condutividade elétrica do solo de acordo com o uso e cobertura da terra.
- As áreas de solo exposto apresentaram salinidade moderada, acompanhadas de altas temperaturas, valor zero de índice de área foliar e deficiência hídrica observadas nos três anos analisados.
- O índice de vegetação NDVI correlaciona satisfatoriamente com o IAf, TSC e o SI3, exibindo comportamento
- A condutividade elétrica aumenta com a diminuição do conteúdo de água no solo e com o aumento da temperatura da superfície, correlacionando-se satisfatoriamente com NDWI e TSC.

8 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Atividades*	2020					2021					
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
Atividade 1 (Revisão bibliográfica)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Atividade 2 (Aquisição de dados estações meteorológicas e imagens de satélite)	x	x	x								
Atividade 3 (Análise exploratório dos dados de estações automáticas)	x	x	x								
Atividade 4 (Delimitar da bacia hidrográfica com o SRTM)	x	x	x								
Atividade 5 (Processamento de NDVI, temperatura, SI e índice de umidade do solo no QGIS.)			x	x	x	x					
Atividade 6 (Classificação de imagens Landsat-8 no QGIS)							x	x	x		
Atividade 7 (Relacionar SI com parâmetros biofísicos)								x	x	x	
Atividade 8 (Classificar o índice de salinidade do solo)			x	x	x						
Atividade 9 (Relacionar SI dados meteorológicos e do sensor MODIS)						x	x	x	x	x	
Atividade 10 (Elaboração e apresentação de relatório parcial)	x	x	x	x	x	x					
Atividade 11 (Elaboração do relatório final)							x	x	x	x	x

9- CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período de agosto a março realizou-se a revisão bibliográficas, e fez-se a aquisição de dados estações meteorológicas e imagens de satélite do Landsat-8 e delimitou-se a bacia hidrográfica em Maniçoba com o SRTM. Após o processamento das imagens produziu-se índices de vegetação, índices de salinidade do solo e temperatura da superfície para os anos de 2017, 2018 e 2019. Nos meses seguintes foram realizado uma comparação de dados dos rastes pelo complemento RasterDataPlotting e a produção do mapabiomas da bacia hidrográfica.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAS, A., KHAN, S., 2007. Using remote sensing techniques for appraisal of irrigated soil salinity. Paper presented at the Advances and Applications for Management and Decision Making Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability MODSIM07.
- ABDELaty, E.; ABOUKILA, E. (2017). Detection of Soil Salinity for Bare and Cultivated Lands Using Landsat ETM+ Imagery Data: A Case Study from El-Beheira Governorate, Egypt. Alexandria Science Exchange Journal (ISSN 1110 - 0176). 38. 642-653. 10.21608/ASEJAIQJSAE.2017.4055.
- ALLN, R. G., TASUMI, M., TREZZA, R., WATERS, R., & BASTIAANSSEN, W. (2002). SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advance Training and Users Manual–Idaho Implementation, version, 1, 97.
- ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-Based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.133, p.380- 394, 2007. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(380).
- BANNARI, A., GUEDON, A.M., EL-HARTI, A., CHERKAOUI, F.Z., ELGHMARI, A., 2008. Characterization of slightly and moderately saline and sodic soils in irrigated agricultural land using simulated data of advanced land imaging (EO1) sensor. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39 (19), 2795–2811.
- BASTIAANSSEN, WGM, NOORDMAN, EJM, PELGRUM, H, DAVIDS, G, THORESON, BP, ALLEN, RG, 2005. SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131: 85-93.
- BATISTA MJ, NOVAES F, SANTOS DG, SUGUINO HH (2002). Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos. Ministério do Meio Ambiente. 2^a ed., rev. e ampliada. Brasília: CODEVASF, 216 p. il. (Série Informes Técnicos).
- BOUAZZIZ, M.; MATSCHULLAT, J.; GLOAGUEN, R. Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil. *Comptes Rendus Geoscience*, v. 343, n. 11-12, p. 795-803, 2011.
- CHAVEZ, P. S. Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved

Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, [Falls Church, Va.] American Society of Photogrammetry, n. 62, 1996, p. 1025-1036.

CODEVASF. (2017). Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba: Salinização do solo. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/impactos-ambientais/salinizacao-do-solo>> Acesso em: 17/12/2020

CODEVASF. (2021). Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba: Manicoba. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/manicoba>> Acesso em: 03/03/2021

DOUAOUI A. E. K.; NICOLAS, H.; WALTER, C.. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma*, v. 134, p. 217– 230, 2006.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Extent and causes of salt-affected soils in participating countries. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. FAO-AGL website, 2000.

FAO, 1980. Salt-Affected Soils and their Management. Disponível em: <http://www.fao.org/3/x5871e/x5871e00.htm#Contents> (acesso em: Março de 2021)

FARIFTEH J.; VAN DER MEER F; VAN DER MEIJDE, M.; ATZBERGER, C.. Spectral characteristics of salt affected soils: a laboratory experiment. *Geoderma*, v.145, p. 196–206, 2008.

FERNANDES, J. G. Caracterização de águas e solos do Perímetro Irrigado Cachoeira II Serra Talhada/PE. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. 91p. Dissertação Mestrado

FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. S.; SILVA, H. A.; SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, J. D. 922 S.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. M.; SILVA, B. B. Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE. Revista Brasileira de Geografia Física, v.3, p.55-69, 2010.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. Relação entre o Índice de Vegetação Global e Condições Hídricas no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1399-1405, 1998.

GAO, B.C.. NDWI—A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. *Sensoriamento Remoto do Ambiente*, v. 58, p. 257-266, 1996. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)

GONZAGA, E. P.; SANTOS, V. dos V.; NICÁCIO, R. M., Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1736

Gorji T., A. Tanik, and E. Sertel. 2015. Soil salinity prediction, monitoring and mapping using modern technologies. *Procedia earth and planetary science* 15 – 507-512.

HUETE, A.R. A Soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25:295- 309, 1988.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2º Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São Paulo, Parêntese, 2009. 672 p.

MAPBIOMAS (2021) Coleções mapbiomas. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 20/05/2021.

MASHIMBYE, Z.E. Remote sensing of salt-affected soils. Dissertation presented for the degree Doctor of Philosophy in the Faculty of AgriSciences at Stellenbosch University, 2013.

MATINFAR H.R. 2013. Detection of Soil Salinity Changes and Mapping Land Cover Types Based upon Remotely Sensed Data. *Arabian Journal of Geosciences*, Vol. 6, No. 3, 2013, pp. 913-919.

MCFEETERS, S.K.O. Usar of a Normalizado Diferença Água Índice (NDWI) dentro a delineamento de abrir agua recursos. *J internacional journal of Sensoriamento Remoto* ,v. 17, n. 7, pág.14: 25h-1432, 1996.

MIRANDA, M. F. A. Diagnóstico e recuperação de solos afetados por sais em perímetro irrigado de Pernambuco. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Tese Doutorado, 2013. 102p.

NASA/USGS. (2020). National Aeronautics and Space Administration/ United States Geological Survey. Landsat Missions. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat>>. Acesso em: 09/09/2021.

NDOSSI, M. I.; AVDAN, U. Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: A PyQGIS Plugin. *Remote Sensing*. n. 8, 2016, p. 4-13.

OLIVEIRA, M. 1997. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GUEYI,

H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (Ed.) Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, cap.1, p.1-35.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R.M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A.P.N.; LUCAS, A.A.T.; dos SANTOS, P.B.. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Curi, N.; Marques, J. J.; Guilherme, L. R. G.; Lima, J. M.; Lopes, A. S.; Alvarez V., V. H. (ed.) Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, v.3, p.165-208.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1973. v.1, p.309-317

SILVA, F. B. da; OLIVEIRA, C.W.; NESS, R. L. L.; ARAÚJO, R. S.; ARAÚJO, G. P. de; SILVA, V. Determinação do índice de área foliar (IAF) e do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) na chapada do Araripe através de imagens de satélite (LandSAT 5 TM), diferentes anos, na estação seca. VI Encontro Nacional da Anapas, 18-21 de setembro de 2012, Belém –PA –Brasil. Acesso em: 17 de novembro de 2020.

SILVA, J. L.; FILHO, R.; SILVA, M.; BATISTA, P.; LOPES, P.; MOURA, G. (2021). Monitoramento espaço-temporal das condições biofísicas à superfície utilizando dados geoespaciais em região do Semiárido Brasileiro. Agrometeoros. 2021. Doi:29. e026851. 10.31062/agrom.v29.e026851.

SILVA, L.; SILVA, J. L.; MOURA, G.; SILVA, D.; LOPES, P.; NASCIMENTO, C.; SILVA, M.; BATISTA, P.. Índices biofísicos e o saldo de radiação à superfície via sensoriamento remoto no semiárido pernambucano. Journal of Environmental Analysis and Progress. v.6. p. 012-023, 2021. Doi: 10.24221/jeap.6.1.2021.2876.012-023.

SILVA, L.; GALVINCIO, J.. (2013). Análise Comparativa da Variação nos Índices NDVI e SAVI no Sítio PELD – 22, em Petrolina – PE, na Primeira Década do Século XXI (Comparative Analysis of Changes in NDVI and SAVI in PELD - 22 - Petrolina - PE, in the First Decade of the XXI Century). Revista Brasileira de Geografia Física. v.5, p.1446, 2013. Doi: 10.26848/rbgf.v5i6.232936.

USGS - Instituto Geológico dos Estados Unidos. Aquisição de Imagens, Disponível em:

<https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: Setembro, 2020.

WENG, Q., LU, D., and SCHUBRINGW. J. 2004. Estimation of land surfasse temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island. Studies. Remote Sensing of Environment, 86(4), 467-483.

11. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA

- 4º seminário de Educação do Campo do IFPE
- Intensivão QGIS

12. DIFICULDADES ENCONTRADAS

As dificuldades encontradas foram em obter material para estudo dos índices de salinidade do solo, pois o assunto tem pouco artigos, livros e trabalhos relacionados.

13. PARECER DO ORIENTADOR

A discente Maria Caroline da Silva Dias tem desempenhando um bom trabalho de pesquisa, mostrando dedicação, aptidão e vontade de aprender novas tecnologias, aperfeiçoando seus conhecimentos adquiridos em Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Agrometeorologia, disciplinas da área de Agronomia.

Assinatura do Orientador

Assinatura do Aluno