



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EDUARDO MUNIZ BARBOSA CAVALCANTE**

**ÍNDICES DE VEGETAÇÃO OBTIDOS POR SENSORIAMENTO REMOTO EM  
POMAR DE CAJUEIRO PRECOCE**

**FORTALEZA**

**2019**

EDUARDO MUNIZ BARBOSA CAVALCANTE

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO OBTIDOS POR SENSORIAMENTO REMOTO EM  
POMAR DE CAJUEIRO PRECOCE

Monografia apresentada ao curso de  
Agronomia da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre  
Gomes Costa.

Coorientadora: M.Sc. Nazaré Suziane Soares

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C364Í Cavalcante, Eduardo Muniz Barbosa.  
Índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto em pomar de cajueiro precoce / Eduardo Muniz  
Barbosa Cavalcante. – 2019.  
41 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências  
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa.

Coorientação: Prof. Me. Nazaré Suziane Soares.

1. Landsat 8. 2. Cajucultura. 3. Geoprocessamento. 4. NDVI. 5. SAVI. I. Título.

CDD 630

---

EDUARDO MUNIZ BARBOSA CAVALCANTE

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO OBTIDOS POR SENSORIAMENTO REMOTO EM  
POMAR DE CAJUEIRO PRECOCE

Monografia apresentada ao curso de  
Agronomia da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre  
Gomes Costa.

Coorientadora: M.Sc. Nazaré Suziane Soares

Aprovada em: 25/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

M.Sc.. Nazaré Suziane Soares (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Regina Régia Rodrigues Cavalcante  
Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA/Projeto Paulo Freire)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

Aos meus pais e avós, que me apoiaram imensamente na minha trajetória.

A minha namorada, que me ajudou e esteve ao meu lado.

Ao meu orientador, que me ajudou imensamente no meu desenvolvimento acadêmico, através do seu conhecimento e didática.

A minha coorientadora, que me foi muito presente na execução do trabalho de conclusão e foi crucial para sua conclusão.

Aos amigos, que facilitaram a caminhada até aqui e tornaram os dias mais tranquilos.

Aos professores, que se dedicaram e tentaram da melhor forma possível repassar o conhecimento.

A Universidade Federal do Ceará e seus funcionários, pela infraestrutura e todo o suporte acadêmico.

“What we do in life echoes in eternity.” -

*Gladiator*

## RESUMO

Objetivou-se neste trabalho, avaliar os períodos fenológicos do cajueiro precoce, no regime de sequeiro, no município de Beberibe, Ceará. Através do sensoriamento remoto, mensurou-se os índices de vegetação, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e SAVI (*Soil Adjusted vegetation index*), com isso foi possível correlacionar com a atividade fotossintética em cada fase analisada. O comportamento observado, pôde descrever um padrão similar para as áreas analisadas que mostram o comportamento mais intensificado no período de floração e uma redução dos índices no período de frutificação. Dentre os índices utilizados, foi possível observar o ajuste mais preciso do índice SAVI, devido aos espaçamentos utilizados nas áreas analisadas.

**Palavras-chave:** Landsat 8. Cajucultura. Geoprocessamento. NDVI. SAVI.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the phenological periods of early cashew trees, under rainfed regime, in the municipality of Beberibe, Ceará. Through remote sensing, it was measured the vegetation indexes, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), with this it was possible to correlate with the photosynthetic activity in each phase analyzed. The observed behavior could describe a similar pattern for the analyzed areas that show the most intensified behavior in the flowering period and a reduction in the value of indexes in the fruiting period. Among the indices used, it was possible to observe the most accurate adjustment of the SAVI index, due to the spacing used in the analyzed areas.

**Keywords:** Landsat 8. Geoprocessing. Cashew planting. NDVI. SAVI.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização e Caracterização da área de estudo.....	22
Figura 2 - Localização e caracterização da área Almir.....	32
Figura 3 - Localização e caracterização das área Piscinão (esquerda) e Indiano 2 (direita).....	34
Figura 4 - Localização e caracterização da área Mairton.....	35

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Fenologia do Cajueiro.....	17
Gráfico 2 - Pluviosidade de Beberibe nos anos de 2019, 2018, 2017, 2016 e média histórica em milímetros.....	24
Gráfico 3 - Boxplot do comportamento do NDVI das áreas de 2019.....	28
Gráfico 4 - Histogramas do comportamento do NDVI na área plantada em 2019.....	29
Gráfico 5 - Histogramas do comportamento do NDVI na área plantada em 2018.....	30
Gráfico 6 - Histogramas do comportamento do NDVI na área plantada em 2017.....	31
Gráfico 7 - Histogramas do comportamento do NDVI na área plantada em 2016.....	32
Gráfico 8 - Boxplot do comportamento do SAVI das áreas de 2019.....	36
Gráfico 9 - Histogramas do comportamento do SAVI na área plantada em 2019.....	36
Gráfico 10- Histogramas do comportamento do SAVI na área plantada em 2018.....	37
Gráfico 11- Histogramas do comportamento do SAVI na área plantada em 2017.....	38
Gráfico 12- Histogramas do comportamento do SAVI na área plantada em 2016.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das áreas com data de plantio, clone e espaçamentos..... ..	23
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
SAVI	<i>Soil Adjusted vegetation index</i>
LANDSAT	<i>Landsat Data Continuity Mission</i>
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Pluviosidade.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>Sensoriamento Remoto.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Obtenção dos valores dos índices.....</i>	<b>25</b>
<b>3.3.2</b>	<i>Obtenção dos valores de NDVI.....</i>	<b>25</b>
<b>3.3.3</b>	<i>Obtenção dos valores de SAVI.....</i>	<b>26</b>
<b>3.3.4</b>	<i>Análise Estatística.....</i>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>NDVI.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.1</b>	<i>Características gerais das áreas NDVI.....</i>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>SAVI.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.1</b>	<i>Características gerais das áreas SAVI.....</i>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cajueiro é uma cultura amplamente cultivada no estado do Ceará devido a sua boa produtividade mesmo diante do clima do semiárido, com baixa pluviosidade. Dentre os municípios em destaque por sua produção, o município de Beberibe ocupa o segundo lugar na produção da castanha de caju em todo âmbito nacional. O cajueiro-anão-precoce é atualmente o mais utilizado devido a sua produção propiciar um retorno econômico com antecedência, a produtividade, facilidade da colheita e manejo.

A partir disso, o sensoriamento remoto, que atualmente é utilizado em vários procedimentos como previsão meteorológica, regiões de conflito internacionais, desmatamentos de áreas protegidas e monitoramento das áreas produtivas, se faz presente como uma ferramenta para analisar o desenvolvimento produtivo e o comportamento apresentado nas fases que o antecede.

A partir do que foi dito, é possível ter uma vantagem na previsão de possíveis problemas e arquitetar um planejamento de manejo mais preciso. Com isso obter um cronograma de colheita minucioso, com isso obter melhores resultados e fazer uma programação de vendas que vise alcançar os melhores valores de mercado. Os índices de vegetação são amplamente utilizados para avaliar o comportamento do sistema das plantas, que a partir das reações químicas na fotossíntese interagem diretamente com a refletância da luz, que é alterada de acordo com o teor de clorofila, tipo da planta, teor de água nos tecidos, açúcares e outros fatores. Dentre os principais índices, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é um dos mais utilizados pois faz uso dos comprimentos de luz na faixa do vermelho e infravermelho próximo para estimar a atividade fotossintética devido relação direta da clorofila que absorve o vermelho e reflete o infravermelho próximo, possibilitando comparar se a atividade fotossintética está dentro da faixa ideal para cultura analisada. Além do NDVI, o SAVI (*Soil Adjusted vegetation index*) é amplamente utilizado para fazer o ajuste da resposta em áreas onde o solo se encontra com baixa cobertura vegetal e ocorre a exposição do solo, resultando em uma resposta alterada no NDVI.

Diante disso, foi salientado a possibilidade de obter parâmetros fenológicos através dos índices de vegetação obtidos via sensoriamento remoto, realizando o monitoramento de pomares de cajueiro-anão-precoce ao longo dos anos, principalmente em suas fases mais importantes que são a floração e frutificação, que tem como impacto direto na rentabilidade dos pomares e com isso caracterizar esses estádios com auxílio dos índices de vegetação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O município de Beberibe no Ceará, teve no ano de 2018 a segunda maior produção nacional de castanha de caju, principal produto da cajucultura que vem se modernizando e ganhando força na região litorânea do Ceará (IBGE, 2019). Os pomares de cajueiro anão precoce são fornecedores diretos de milhares de empregos e gerador de renda na região.

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) pertence ao gênero *Anacardium*, com cerca de 22 espécies, sendo 21 originárias das Américas do Sul e Central e uma da Malásia (LIMA, 1988). Das 22 espécies de cajueiro mencionadas na literatura, apenas são explorados comercialmente os cajueiros conhecidos como comum e o anão-precoce, pertencentes à mesma espécie *Anacardium occidentale L.*, oriunda do Brasil, distribuída principalmente no nordeste do país nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (BARROS *et al.*, 1993; LUZ *et al.*, 2015; FLORA BRASIL, 2019).

Uma das características que fazem do cajueiro, uma cultura tão importante para o nordeste é sua capacidade de produzir sob regimes hídricos onde a maioria das culturas produziria muito pouco ou seria inabilitado de conseguir se desenvolver. O que nos mostra uma clara adaptabilidade da cultura aos fatores limitantes apresentados na região, porém não simboliza que é possível cultivar em condições extremas, é importante observar as necessidades agroecológicas da cultura (BARROS *et al.*, 1993).

O cajueiro-anão é uma planta perene e de porte baixo, atingindo uma altura média de 5,4 m em plantio por semente (PAIVA, 2004). A árvore do cajueiro possui troncos tortuosos e relativamente baixos. Se for utilizado mudas enxertadas e o manejo correto, é viável manter uma altura em torno de 3,0 m (LIMA, 1988).

A primeira floração do cajueiro-anão-precoce tem início já no primeiro ano (ALMEIDA *et al.*, 1995), enquanto o florescimento do cajueiro-comum inicia-se no segundo ou terceiro ano (BARROS, 1995). Levando em conta a propagação por mudas de origem de sementes como mudas enxertadas de cajueiro-anão-precoce tendem a emitir panículas precocemente (SERRANO *et al.*, 2010).

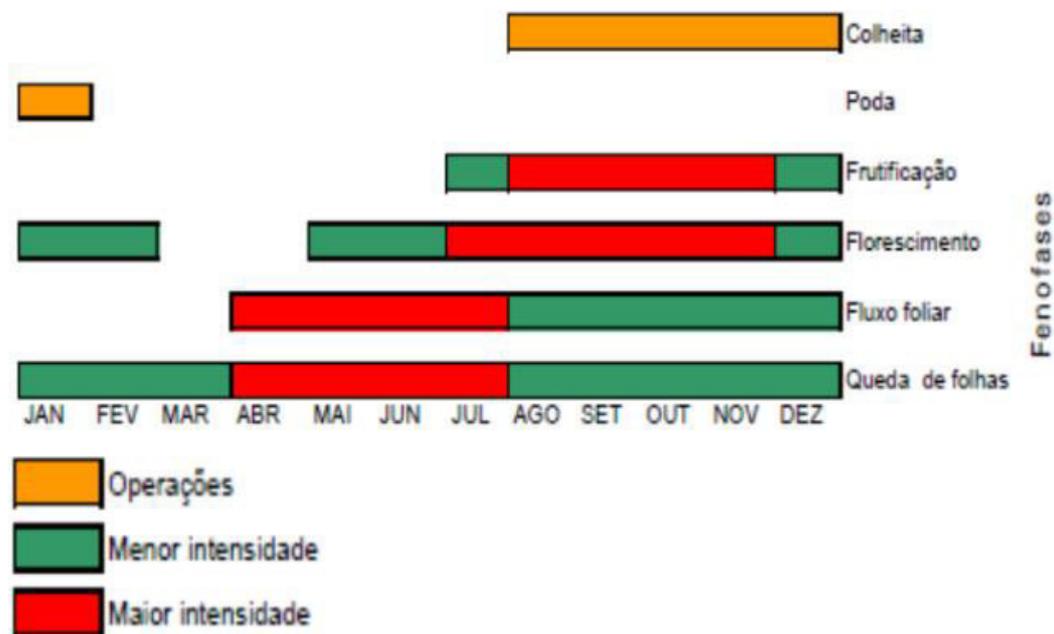
A colheita do caju tem início dois a três meses após o florescimento, sendo totalmente manual, fazendo a colheita quando o pedúnculo está completamente desenvolvido, portanto, com tamanho máximo, textura firme e com coloração característica do clone (CAJUCULTURA, 2019).

Foi observado por Parente *et al.* (1995) que o cajueiro, tanto anão-precoce quanto

o comum, tem seu fluxo de crescimento diminuído ou parado, nos meses de janeiro a abril. O que coincide com o período de maior concentração de chuvas na região nordeste do país. O que elucida a característica do cajueiro ser uma planta de crescimento intermitente, ou seja, com um período reduzido de crescimento vegetativo, podendo ser considerado como um repouso vegetativo.

A frutificação do cajueiro-anão-precoce também pode se iniciar no primeiro ano, porém não é significativa. Portanto, não é recomendável manter uma planta nova em produção, visto que pode ocorrer o retardamento do seu desenvolvimento. De acordo com Frota e Parente (1995) e Parente *et al.* (1991), a frutificação do cajueiro sucede normalmente na estação seca, com tendência de maior acúmulo de caju maduros, no período de outubro a dezembro, com maior ocorrência no mês de novembro. Existe uma antecipação do início da produção do cajueiro-anão-precoce em aproximadamente 30 dias, quando comparado ao cajueiro-comum.

Gráfico 1 – Fenologia do Cajueiro



Fonte: Adaptado de Mesquita *et al.* (2002).

Diante dessas informações foi salientado a possibilidade do uso de índices de vegetação, gerados a partir de dados de sensores remotos, utilizados para mensurar o vigor

vegetativo, através do sensoriamento remoto, para correlacionar os estágios fenológicos do cajueiro com os índices de vegetação.

O sensoriamento remoto vem se tornando cada vez mais presente no dia-a-dia da população tendo em vista a sua aplicação em diversas áreas como previsão meteorológica (COUTO *et al.*, 2009), monitoramento de regiões de conflito internacionais (LIMA *et al.*, 2017), desmatamentos de áreas protegidas (PRODES, 2019), controle das áreas produtivas. Todos esses exemplos utilizam o sensoriamento remoto como fonte de dados para seus monitoramentos, o que ressalta a importância dos estudos.

Diante da necessidade crescente em monitorar as mudanças globais que vêm ocorrendo na superfície do planeta. As imagens de sensoriamento remoto se tornaram a principal forma de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e importância dos dados (CRÓSTA, 1992).

O sensoriamento remoto remete ao conjunto de ferramentas que utilizam sensores à alguma distância de um objeto para mensurar a radiação eletromagnética refletida ou emitida, sem que haja contato entre eles (NOVO, 2012).

A função principal do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto é disponibilizar meios para facilitar a aquisição de dados que estão nas imagens de interesse, a fim de interpretá-las. O processamento digital de imagens geradas por sensores remotos a bordo de plataformas aéreas (suborbital) ou orbital, diferem das demais imagens digitais devido ao fato de serem multiespectrais.

As imagens multiespectrais são providas de diferentes divisões do espectro eletromagnético. Normalmente divididos em: visível (VIS), infravermelho próximo (NIR), médio (MWIR), de comprimento de onda curto (SWIR) até o infravermelho termal (TIR).

A radiação interage com um objeto, podendo ser refletida, absorvida ou até mesmo transmitida. Parte é absorvida e transformada em calor ou outro tipo de energia e a outra parte refletida. O fator que mede a capacidade de um objeto de refletir a energia radiante indica a sua reflectância, enquanto a capacidade de absorver energia radiante é indicada pela sua absorvância e, da mesma forma, a capacidade de transmitir energia radiante é indicada pela sua transmitância. Certamente um objeto escuro e opaco tem um valor baixo para a reflectância, alto para a absorvância e nulo para a transmitância. (NOVO, 2012)

O programa Landsat (*Landsat Data Continuity Mission*), está em sua oitava missão, lançada em 11 de fevereiro de 2013 e sob controle do USGS (*United States Geological Surveys*). (STRAUB, 2019) Através dos dados promovidos pelo programa, que fornece os dados referente ao sensor OLI (*Operational Land Imager*) com resolução de 30

metros por unidade mínima, que faz a aquisição dos dados com precisão radiométrica aprimorada em uma faixa dinâmica de 12 bits, melhorando a relação do sinal e ruído geral. Mediante isso, é transformado em 4096 níveis de cinza em potencial que permite uma melhor caracterização do estado e condição da cobertura do solo (USGS, 2019). Os dados obtidos são divididos em 9 bandas espectrais, incluindo uma banda pan:

- Banda 1 visível (0,43 - 0,45  $\mu\text{m}$ ) 30 m
- Banda 2 visível (0,450 - 0,51  $\mu\text{m}$ ) 30 m
- Banda 3 visível (0,53 - 0,59  $\mu\text{m}$ ) 30 m
- Banda 4 Vermelha (0,64 - 0,67  $\mu\text{m}$ ) 30 m
- Banda 5 Infravermelho próximo (0,85 - 0,88  $\mu\text{m}$ ) 30 m
- Banda 6 SWIR 1 (1,57 - 1,65  $\mu\text{m}$ ) 30 m
- Banda 7 SWIR 2 (2,11 - 2,29  $\mu\text{m}$ ) 30 m
- Banda 8 Pancromática (PAN) (0,50 - 0,68  $\mu\text{m}$ ) 15 m
- Banda 9 Cirrus (1,36 - 1,38  $\mu\text{m}$ ) 30 m

Para análise dos dados obtidos dos sensores, muitos processamentos podem ser feitos para comparação como, minimização de ruídos, análise derivativa, remoção de contínuo, correlograma, simulação de bandas e razão de bandas. Através da razão entre bandas é possível obter o índice de vegetação chamado de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), mediante ele é possível fazer uma análise do vigor da planta e correlacionar com dados em campo a fim de obter uma validação de comportamento, obtendo dessa forma um padrão daquela resposta para as condições expostas.

O NDVI é um dos índices de vegetação mais utilizados (ANATOLY *et al.*, 2014; PONZONI, 2012) devido sua correlação direta com a fitomassa, que permite classificar a distribuição de vegetação na área de interesse, deprender mutabilidades ambientais e ecológicas, radiação fotossintéticas ativa e produtividade de culturas (LIU, 2006).

Quando comparadas as curvas de reflectância de uma folha verde sadia com as medições espectrais de dosséis, estas apresentam formas muito semelhantes o que proporciona que os padrões apresentados em imagens multiespectrais sejam previstos. Com isso espera se que na região do visível os dosséis apresentam tons escuros devido a baixa reflectância, em função da ação dos pigmentos fotossintetizantes. Em contraponto, em imagens da região do infravermelho próximo, os mesmos dosséis apresentaram coloração clara (LIU, 2006).

O cálculo do NDVI é obtido através de uma equação de normalização, proposta por Rouse *et al.* (1974) (Equação 1).

$$NDVI = \frac{(IVP - Ver)}{(IVP + Ver)} \dots\dots\dots(1)$$

Onde, IVP é a reflectância da região espectral do infravermelho próximo e Ver é a reflectância da região espectral do vermelho.

Utilizando os dados das bandas espectrais do vermelho (640-690 nm) e infravermelho próximo (850-880 nm), após a normalização da equação, os resultados tem um valor final entre -1 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior a intensidade de atividade clorofiliana representada no pixel. Valores negativos ou próximo de zero indicam corpos hídricos, solos sem cobertura vegetal e qualquer atividade que tenha baixa atividade clorofiliana.

Os resultados alcançados a partir do NDVI, sofrem variações devido a representatividade do solo, que depende da densidade da vegetação na área (QI *et al.*, 2000). Segundo Huete (1988), para minimizar os efeitos da variabilidade, do tipo de vegetação e sua densidade, foi proposto uma remodelação no NDVI, criando desta forma o *Soil-adjusted Vegetation Index* (SAVI). Com isso, o foi proposto uma constante “L”, como fator para ajustar o substrato do dossel. A constante pode apresentar valores entre 0 e 1, sendo variável de acordo com a cobertura vegetal. Para Huete (1988) e Ponzoni e Shimabukuro (2012), os valores ótimos são:

- L = 0 (SAVI idêntico ao NDVI)
- L = 0,25 (Altas densidades de vegetação);
- L = 0,5 (Médias densidades de vegetação);
- L = 1 (Baixas densidades de vegetação).

A partir disso, a equação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo, proposta por Huete (1988) foi (Equação 2):

$$SAVI = \frac{(1+L) * (IVP - Ver)}{(IVP + Ver + L)} \dots\dots\dots(2)$$

Onde L é o fator de ajuste de densidade da vegetação, IVP é a reflectância da região espectral do infravermelho próximo, Ver é a reflectância da região espectral do vermelho.

Os valores obtidos da classificação SAVI variam entre -1,5 à 1,5. Áreas com presença de vegetação apresenta normalmente valores positivos e áreas sem vegetação, corpos hídricos e nuvens apresentam valor geralmente negativo.

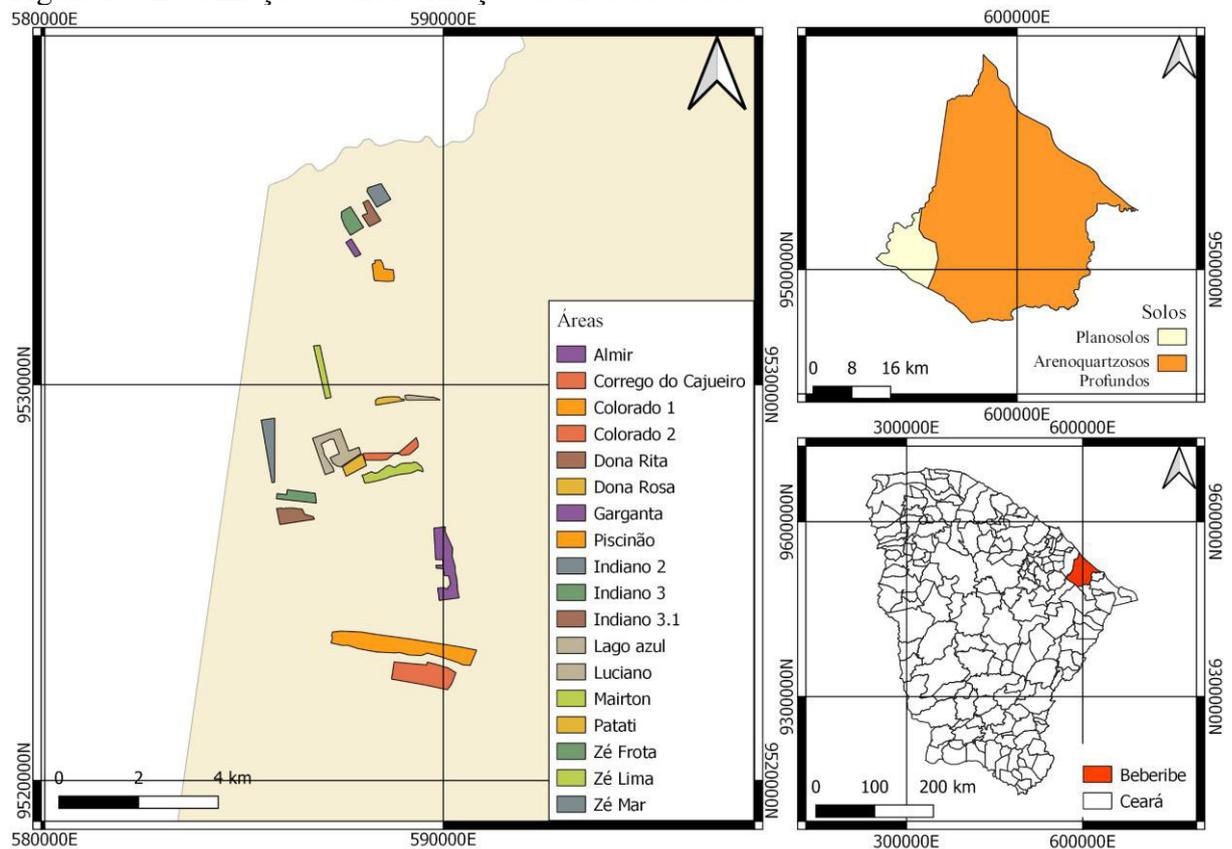
O fator mais utilizado, segundo Huete (1988) e Ponzoni (2010), em geral é  $L=0,5$ . Tendo em vista que associa uma maior variação da vegetação. Bem como o NDVI, o índice de vegetação ajustado ao solo é um indicador da densidade e condições da vegetação verde, porém não considera as características do ambiente analisado, já que os valores da constante são generalizados (PONZONI; SHIMABUKURO, 2012).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma fazenda da empresa Tijuca Alimentos, localizada no município de Beberibe, Estado do Ceará, Brasil ( $4^{\circ} 12' 37''$  S ;  $38^{\circ} 12' 59''$  W) a 85 km da capital Fortaleza. A área plantada de *Anacardium occidentale* L. total é de aproximadamente 8 km<sup>2</sup>, dentre as principais variedades plantadas estão BRS 226, CCP 76 e CCP 09, todas em regime de sequeiro.

Figura 1 – Localização e caracterização da área de estudo.



Datum: WGS 84/UTM 24S

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 1 – Resumo das áreas com data de plantio, clone e espaçamentos.

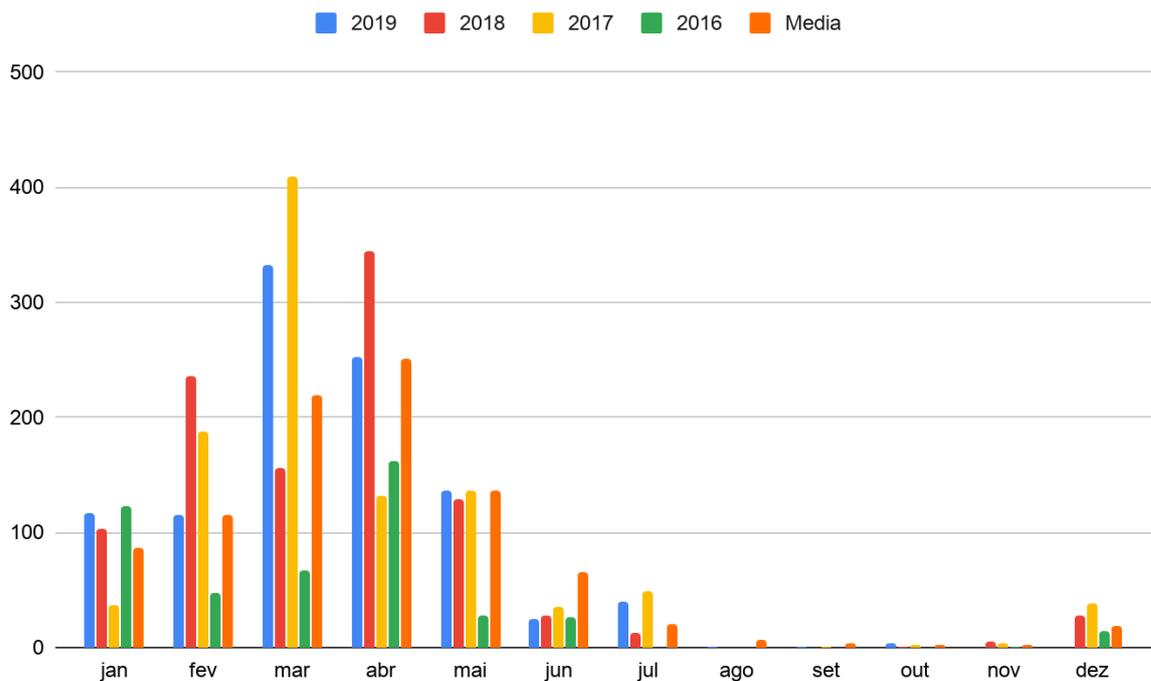
ÁREA	DATA	CLONE	ESPAÇAMENTO
ALMIR	20/02/2016	CCP 76	ESPAÇAMENTO VARIADO
INDIANO 2	19/02/2018	CCP 76	7 X 21
CÓRREGO DO CAJUEIRO	22/02/2018	CCP 76	7 X 21
MAIRTON	23/02/2018	CCP 76	7 X 21
DONA ROSA	22/02/2018	J. MARTINS	7 X 21
LAGO AZUL	23/03/2017	J. MARTINS	10 X 20
PISCINÃO	03/03/2017	FAGA	10 X 10 E 7 X 7
GARGANTA	26/02/2017	V.GADELHA E CCP 09	10 X 10 e 07 X 07
INDIANO 3	06/02/2019	CCP 76	10 X 10
INDIANO 3.1	06/02/2019	CCP 76	10 X 10
ZÉ MAR	14/01/2019	BRS 226	09 X 09
DONA RITA	15/02/2019	BRS 226	09 X 09
ZÉ FROTA	15/01/2019	BRS 226	09 X 09
COLORADO 1	26/03/2018	BRS 226 E V GADELHA	07 X 21 E 10 X 10
COLORADO 2	06/04/2018	BRS 226	07 X 21
PATATI 01	18/01/2019	BRS 226	07 X 21
LUCIANO	18/01/2019	BRS 226	07 X 21
ZÉ DE LIMA	05/04/2019	BRS 226	07 X 21

Fonte: Tijuca Alimentos

### 3.2 Pluviosidade

Inicialmente, foi efetuada a coleta de dados em campo referente a fenologia apresentada durante os meses do ano junto a própria empresa. Posteriormente, foi feita a correlação desses dados com os de pluviosidade da região de Beberibe (Gráfico 2), que são fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), através do site de monitoramento (<http://www.hidro.ce.gov.br>). Tendo em vista a forte relação do período de chuva com o período vegetativo do cajueiro e na ausência com o início da floração e posteriormente produção de frutos, até que se inicie novamente o período de chuva (CAJUCULTURA, 2019; PARENTE *et al.*, 1995).

Gráfico 2 – Pluviosidade de Beberibe nos anos de 2019, 2018, 2017, 2016 e média histórica em milímetros.



Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

### 3.3 Sensoriamento Remoto

Foram adquiridas imagens no período de junho e agosto de 2016 a 2019 na *United States Geological Survey* (USGS) através do portal *Earth Explorer*, para seleção e aquisição das imagens multiespectrais do satélite Landsat 8 com o sensor OLI (*Operational Land Imager*). As imagens são disponibilizadas com 9 bandas espectrais, sendo a banda 8 (*panchromatic*) com resolução de 15 metros. Porém, neste trabalho só serão utilizadas as bandas 2,4 e 5 que correspondem ao azul (0.450 - 0.51  $\mu\text{m}$ ), vermelho (0.64 - 0.67  $\mu\text{m}$ ) e infravermelho próximo (0.85 - 0.88  $\mu\text{m}$ ), todos com resolução espacial de 30 metros, com resolução radiométrica de 16 *bits*. As imagens obtidas foram previamente processadas com a correção atmosférica fornecidas por demanda (Landsat Collection 1 Level-2), serviço ofertado de forma gratuita pela USGS. Com o período delimitado, foram selecionadas as imagens com maior qualidade e menor interferência de nuvens na região de interesse.

Os meses de junho e agosto, foram escolhidos como meses representantes dos períodos fenológicos de floração e frutificação, respectivamente, como demonstrado no (GRÁFICO 1) e validados através dos dados de campo do monitoramento dos pomares da Tijuca Alimentos.

#### 3.1.1 Obtenção dos valores dos índices

Os dados foram processados no software livre QGIS juntamente com sua ferramenta GRASS GIS, quer foi necessária para exportação dos dados. A partir das bandas espectrais adquiridas foram efetuados os cálculos referentes aos índices de vegetação selecionados (NDVI, SAVI e EVI). Posteriormente, foi feito o recorte das áreas individualmente para que fosse possível transformar os dados raster em vetor e com isso poder exportar os valores referente ao índice analisado e posteriormente exportar tais dados em formato de planilha, a fim de analisar o comportamento das áreas.

#### 3.1.2 Obtenção dos valores de NDVI

Através das bandas 4,5 (vermelho e infravermelho próximo, respectivamente) provindas do sensor OLI do Landsat 8. Foi efetuado o cálculo de normalização através da equação de NDVI (Equação 1).

Onde IVP, se refere a Banda 5 (Região espectral do Infravermelho próximo) do Landsat 8 e Ver se refere a Banda 4 (Região espectral do Vermelho). Com isso os dados obtidos tiveram comportamento entre 0 a 1, tendo em vista que as áreas foram recortadas e qualquer fator que gerasse valores negativos nas áreas em questão foram minimizados.

### ***3.1.3 Obtenção dos valores de SAVI***

Utilizando as bandas 4,5 novamente, foi utilizado o valor de 0,5 para o fator de correção da equação, tendo em vista a densidade dos pomares e as recomendações na literatura segundo Ponzoni e Shimabukuro (2009). Foi efetuado o cálculo através da equação SAVI (Equação 2)

Onde  $L = 0,5$ , fator de ajuste para densidade média de vegetação; IVP é referente a reflectância no infravermelho próximo; Ver a reflectância no vermelho. Segundo Huete (1988) o fator de ajuste pode variar entre  $L = 0,25$  para vegetações densas,  $L = 0,5$  para densidades médias e  $L = 1$  para vegetação de baixa densidade.

### ***3.1.4 Análise Estatística***

Após o cálculo dos índices (NDVI e SAVI) de cada área os dados foram convertidos de raster para vetor e foram exportados em formato de planilha para que posteriormente seja possível analisar individualmente e entre os grupos de acordo com os parâmetros de: Clone, Espaçamento e Época de plantio.

Foram obtidas 6.730 respostas para cada mês por índice, que foram retiradas de todos os recortes das áreas. Os dados foram utilizados em gráficos do tipo histograma para cada recorte das áreas individualmente, a fim compreender todos os dados e mostrar dentre as respostas o comportamento dos índices dentro das áreas analisadas. Ao todo foram avaliadas 18 áreas, individualmente.

Para a análise estatística dos dados, partiu-se das proposições assumidas por Jacod e Protter (2004) quanto à normalidade dos dados e a quantidade de observações. Assim, além da análise do histograma, realizou-se uma análise com o teste t de Student para amostras pareadas, buscando comparar os dois estágios fenológicos estudados (floração e frutificação) a 0,05% de significância. Dessa forma, buscou-se comparar a resposta individual das áreas amostradas, obtendo múltiplas comparações para os meses de junho e agosto, para ambos os

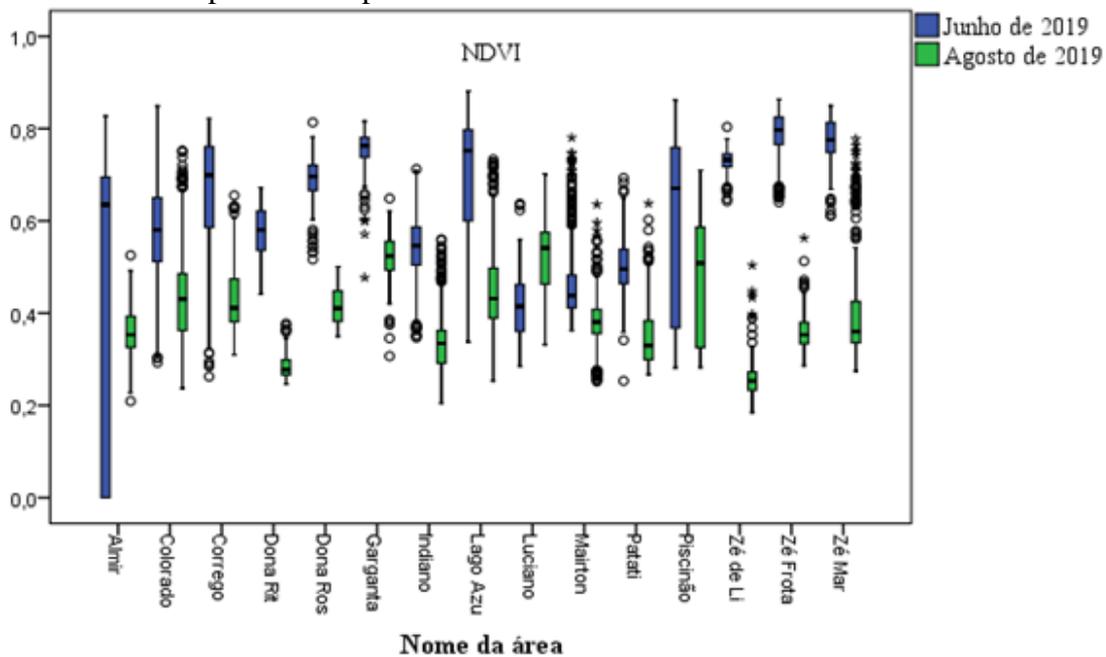
índices de vegetação. Juntamente com a análise, foram feitos gráficos de boxplot com objetivo de comparar os comportamentos entre os períodos em análise.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas foram agrupadas de acordo com suas datas de plantio e gráficos de histograma para observar o comportamento da resposta de cada índice. As áreas foram separadas com base nos dados de campo e o histórico das áreas fornecidos pela Tijuca Alimentos (Tabela 1).

### 4.1 NDVI

Gráfico 3 – Boxplot do comportamento do NDVI das áreas de 2019.

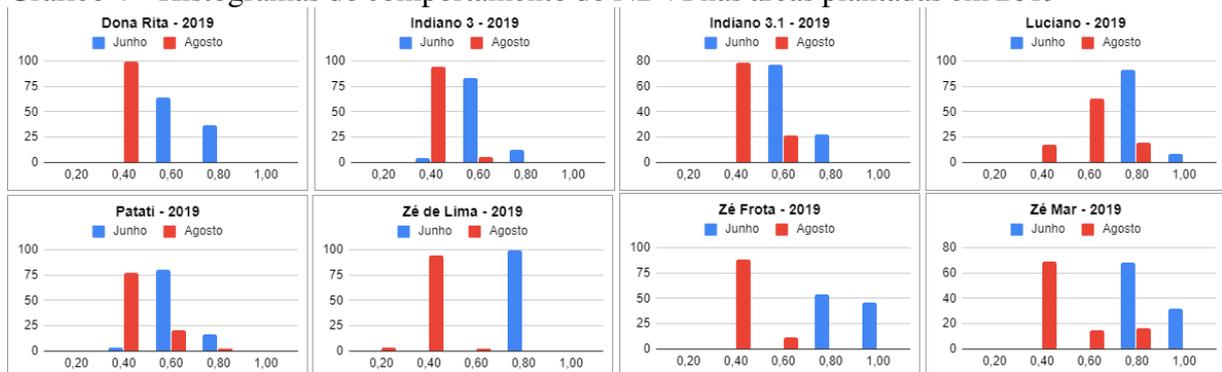


Fonte: elaborada pelo autor.

Observou-se no Gráfico 3, o comportamento entre os períodos de junho e agosto que foi caracterizado por valores de menores para o período de frutificação (agosto) e maiores para o período de floração (junho). Esse resultado foi comprovado pelo teste t, no qual todos os períodos (junho e agosto) diferiram entre si para as áreas amostradas.

- Áreas plantadas em 2019

Gráfico 4 – Histogramas do comportamento do NDVI nas áreas plantadas em 2019

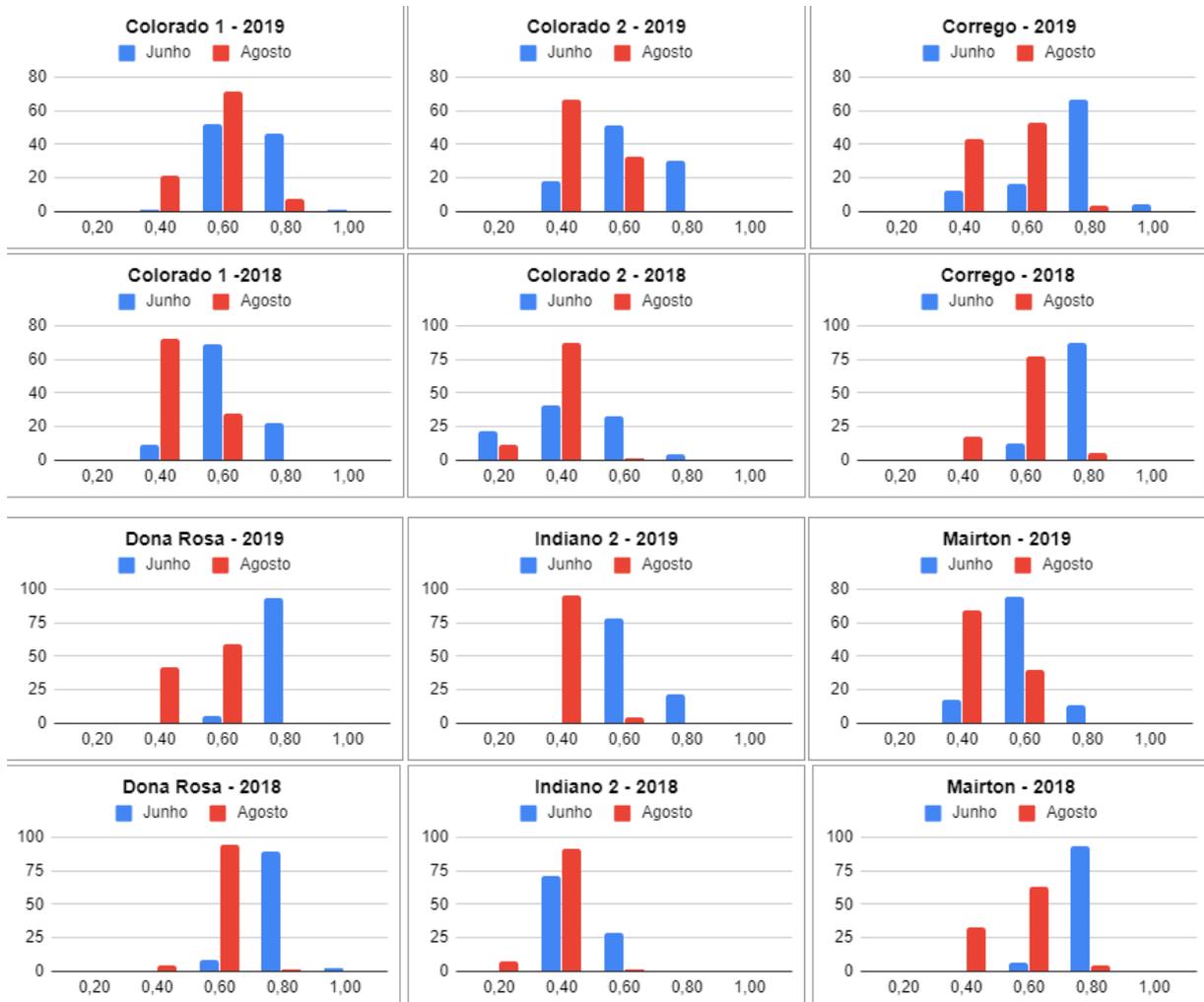


Fonte: elaborada pelo autor.

O comportamento observado para as áreas plantadas no ano de 2019, para NDVI, salientou que o intervalo de 0,4 é a resposta característica no período de frutificação. Das oito áreas plantadas, sete (87%) obedeceram a esse comportamento. Bem como o que foi observado para o período de floração, tendo os intervalos de 0,6 e 0,8 como mais característicos. Podemos observar principalmente o comportamento similar já esperado entre Zé Frota e Zé Mar, que são áreas com mesmo clone, espaçamento, data de plantio e com dimensões parecidas.

- Áreas plantadas em 2018

Gráfico 5 – Histogramas do comportamento do NDVI nas áreas plantadas em 2018



Fonte: elaborada pelo autor.

Para as áreas plantadas no ano de 2018, o NDVI observado também teve o intervalo de 0,4 como a resposta característica no período de frutificação e para o período de floração os intervalos 0,6 e 0,8. Nos dois anos analisados, sete áreas (58%) se mostraram dentro do comportamento relatado para o período de frutificação. Para a floração, dez áreas (83%) mostraram comportamento semelhante.

A área do Colorado 1 mostrou divergência devido a dois tipos de espaçamento de plantio adotados juntamente com dois clones diferentes plantados na mesma área. As áreas Indiano 2 e Colorado 2 tiveram grande influência do solo devido ao espaçamento e falhas nas linhas de plantio. Já a área Mairton, teve um comportamento inverso ao padrão observado nas outras áreas devido a proximidade com a água do reservatório. Com isso, ocorreu uma

discrepância nos resultados, já que os resultados do pixel podem ter informações contaminadas com os dados do reservatório devido à resolução espacial da imagem (30 m).

- Áreas plantadas em 2017

Gráfico 6 – Histogramas do comportamento do NDVI nas áreas plantadas em 2017



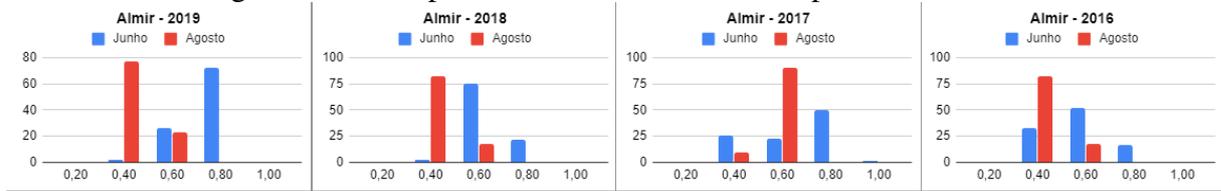
Fonte: elaborada pelo autor.

Como observado, as áreas plantadas em 2017 tiveram respostas para o período de frutificação de 0,6 e para o período de floração de 0,8. Dentre os intervalos mencionados, seis (66) das nove se mostraram dentro do comportamento observado para frutificação e sete (77%) das nove para a floração.

A área Piscinão, mostrou uma variação entre valores altos e baixos dentro dos gráficos de junho e agosto. Possivelmente, isso se dá devido ao plantio dividido em períodos diferentes, onde uma parte da área foi realmente plantada no período citado (03/03/2017) e outra inserida posteriormente. Novamente, se repetiu o comportamento mostrado anteriormente, na área do Lago Azul, onde o espaçamento grande entre plantas resultou em uma resposta pouco precisa.

- Área plantada em 2016

Gráfico 7 – Histogramas do comportamento do NDVI na área plantada em 2016

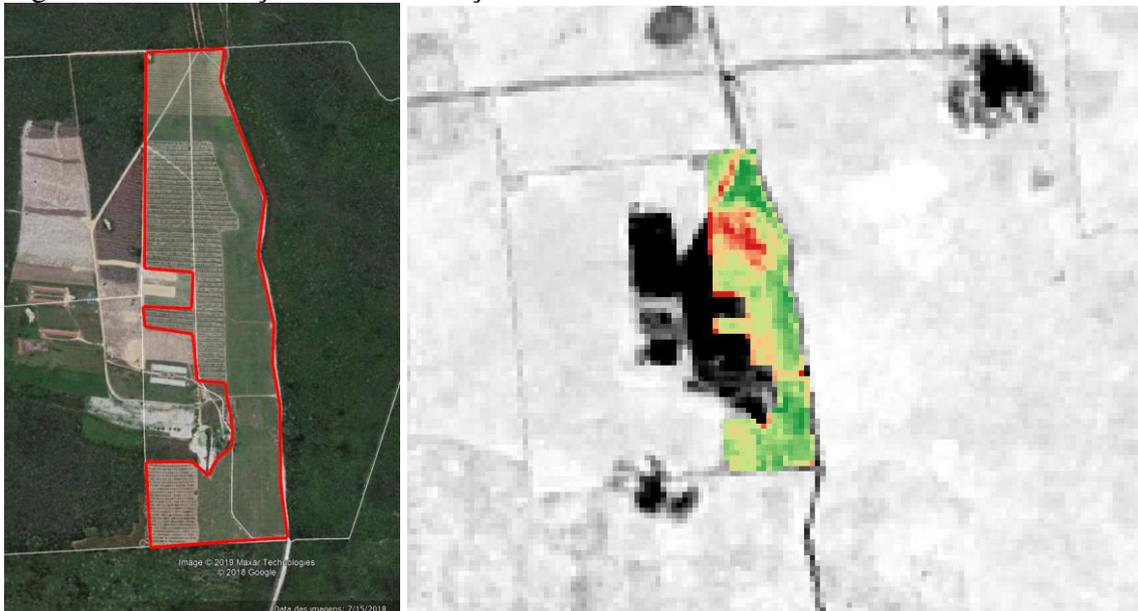


Fonte: elaborada pelo autor.

A área amostrada no ano de 2016, mostrou uma resposta para o período de frutificação de 0,4 e para o período de floração entre 0,6 e 0,8. Dos quatro anos analisados, três obtiveram resultados similares com alteração apenas no ano de 2017 para o período de frutificação. Para a floração, todas as áreas responderam de maneira similar com os picos nos dois intervalos citados.

Observou-se uma certa heterogeneidade nos dados, essa variação de comportamento sutil dentro da mesma área se dá devido aos vários espaçamentos utilizados (Figura), o que torna a resposta heterogênea mesmo que sutilmente, já que a densidade de plantas não é a mesma e com isso sofre mais influência do solo na resposta.

Figura 2 – Localização e caracterização da área Almir.



Fonte: Google Earth (esquerda) e Landsat (direta).

A esquerda imagem do Google Earth e a direita imagem do Landsat 8 com NDVI da área, sendo os pontos mais avermelhados menores valores e os pontos mais esverdeados valores maiores de NDVI.

#### ***4.1.1 Características gerais das áreas NDVI***

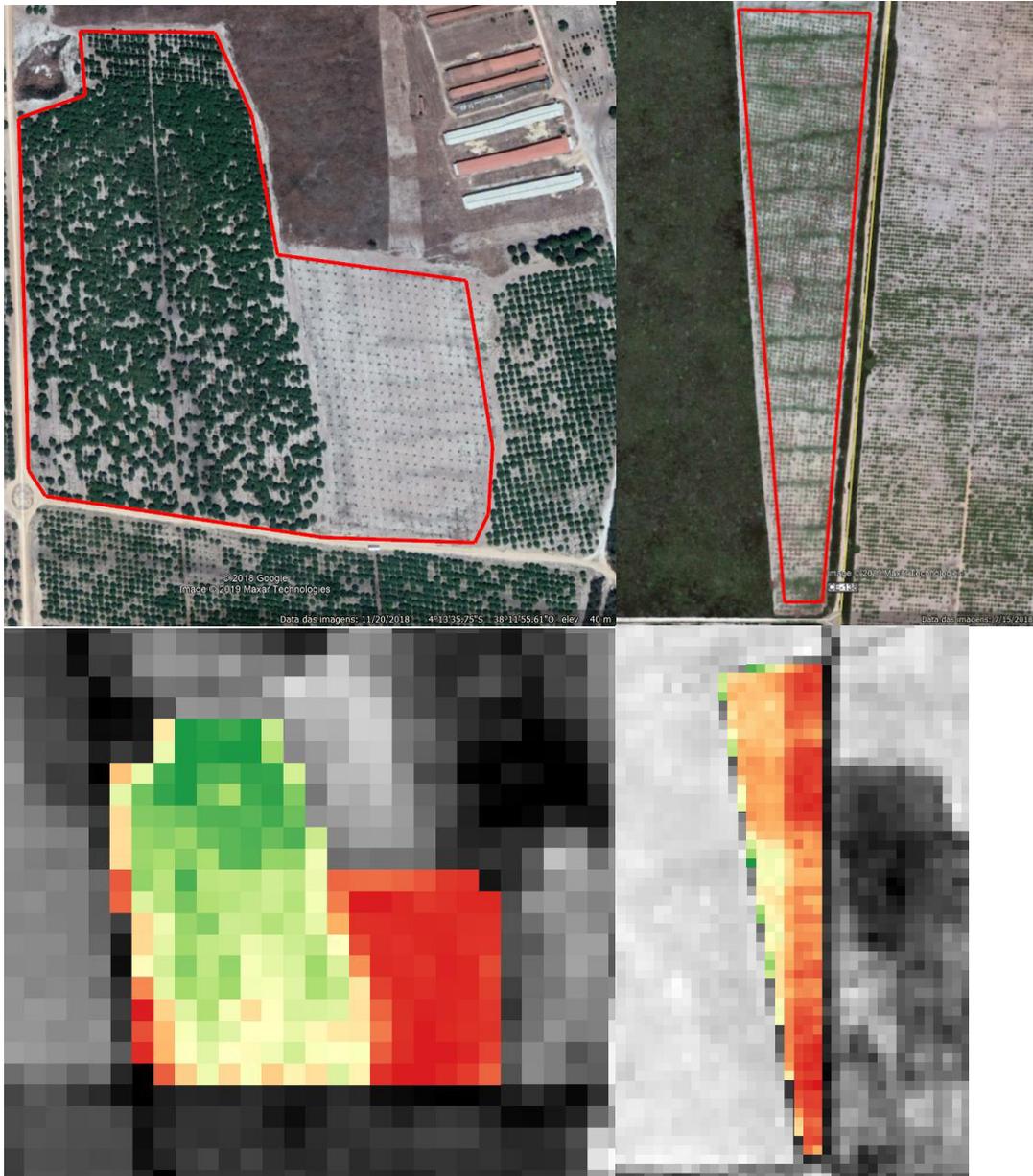
De forma geral, diante dos dados obtidos por NDVI, observou-se o comportamento da floração geralmente relacionados ao intervalo entre 0,80. Para o início da frutificação foi observado o intervalo de 0,40, como característico.

Dentro dos intervalos apresentados, algumas áreas obtiveram resultados próximos aos relatados, tanto para floração quanto para frutificação, outras em apenas um dos estágios e poucos casos especiais distanciam do padrão. Para floração, em junho, as seguintes áreas que estiveram dentro do comportamento observado: Dona Rita, Indiano 3, Indiano 3.1, Luciano, Patati, Zé de Lima, Colorado 1, Colorado 2, Córrego, Dona Rosa, Indiano 2, Garganta, Almir. Para a frutificação, no mês de agosto, tem-se as seguintes áreas: Indiano 3, Indiano 3.1, Patati, Zé Frota, Zé Mar, Colorado 1, Colorado 2, Córrego, Dona Rosa, Mairton, Lago Azul, Almir.

Por fim, tem-se as seguintes áreas que responderam conforme o comportamento observado como padrão em ambos os períodos: Indiano 3, Indiano 3.1, Patati, Colorado 1, Colorado 2, Córrego, Dona Rosa e Almir.

Portanto, 44% das áreas analisadas mantiveram um padrão similar nos dois períodos fenológicos, mesmo com espaçamento, clones e datas de plantio diferentes. Além disso, 72% das áreas estão com valores de NDVI entre 0,8 no período de floração e 66% das áreas estão compreendidas no intervalo de 0,40, com margem de 0,10 para mais ou para menos, dos intervalos apresentados.

Figura 3 – Localização e caracterização das áreas Piscinão (esquerda) e Indiano 2 (direita)



Fonte: Google Earth (esquerda) e Landsat (direita).

Acima as imagens do Google Earth e abaixo as imagens do Landsat 8 com NDVI das áreas, sendo os pontos mais avermelhados menores valores e os pontos mais esverdeados valores maiores de NDVI.

A esquerda na área do piscinão podemos ver a diferença entre os períodos de plantio, tendo em vista a nítida diferenciação no desenvolvimento, assinalada por plantas ainda em desenvolvimento a direita na menor porção da área e uma área já consolidada a esquerda. A direita na área do Indiano 2 é evidenciado as falhas de plantio e espaçamentos.

Figura 4 – Localização e caracterização da área Mairton

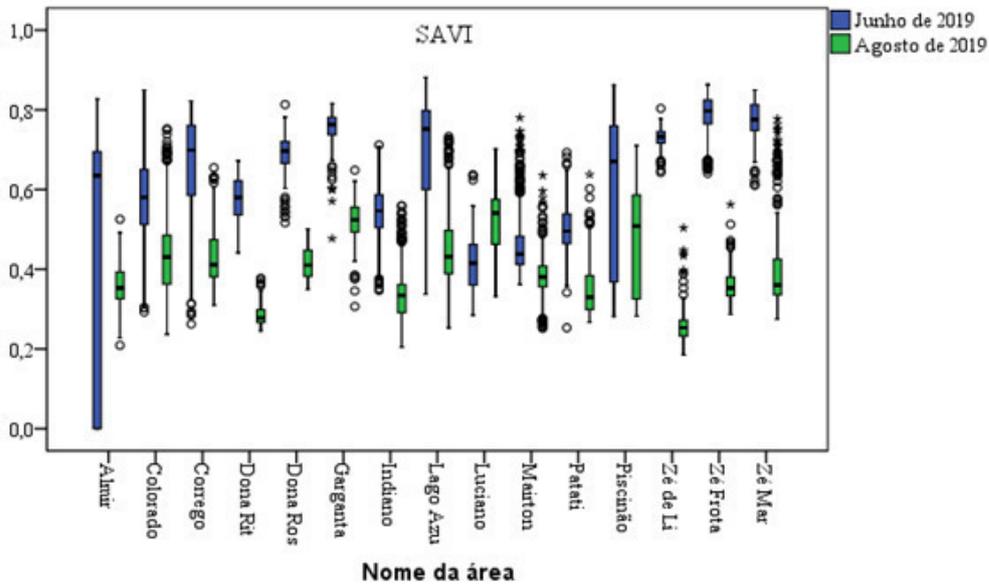


Fonte: Google Earth (esquerda) e Landsat (direta).

A esquerda imagem do Google Earth e a direita imagem do Landsat 8 com NDVI da área, sendo os pontos mais avermelhados menores valores e os pontos mais esverdeados valores maiores de NDVI.

### 4.2 SAVI

Gráfico 8 – Boxplot do comportamento do SAVI das áreas de 2019

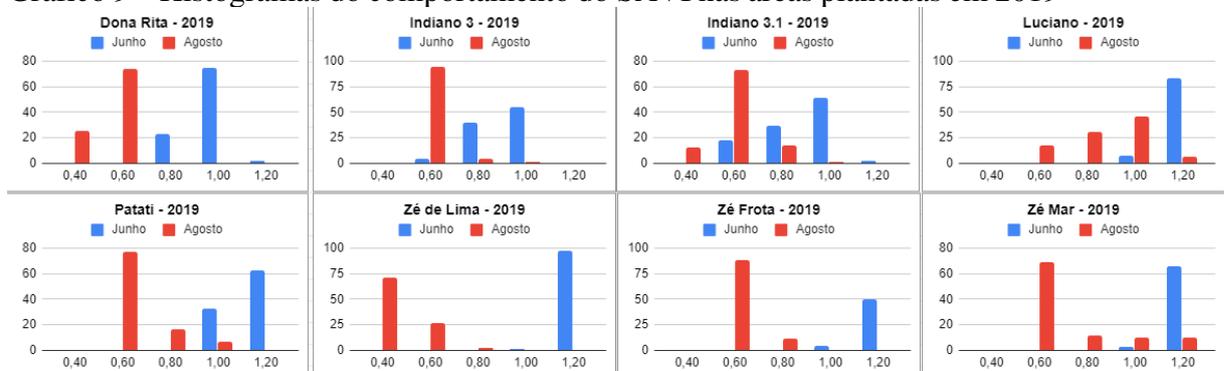


Fonte: elaborada pelo autor.

Observou-se no Gráfico 8, o comportamento discrepante entre os períodos de junho e agosto, o que é caracterizado pelos valores de menores para o período de frutificação (agosto) e maiores para o período de floração (junho). De acordo com ANOVA, todos os períodos (junho e agosto) diferiram entre si, para as áreas amostradas.

- Áreas plantadas em 2019

Gráfico 9 – Histogramas do comportamento do SAVI nas áreas plantadas em 2019

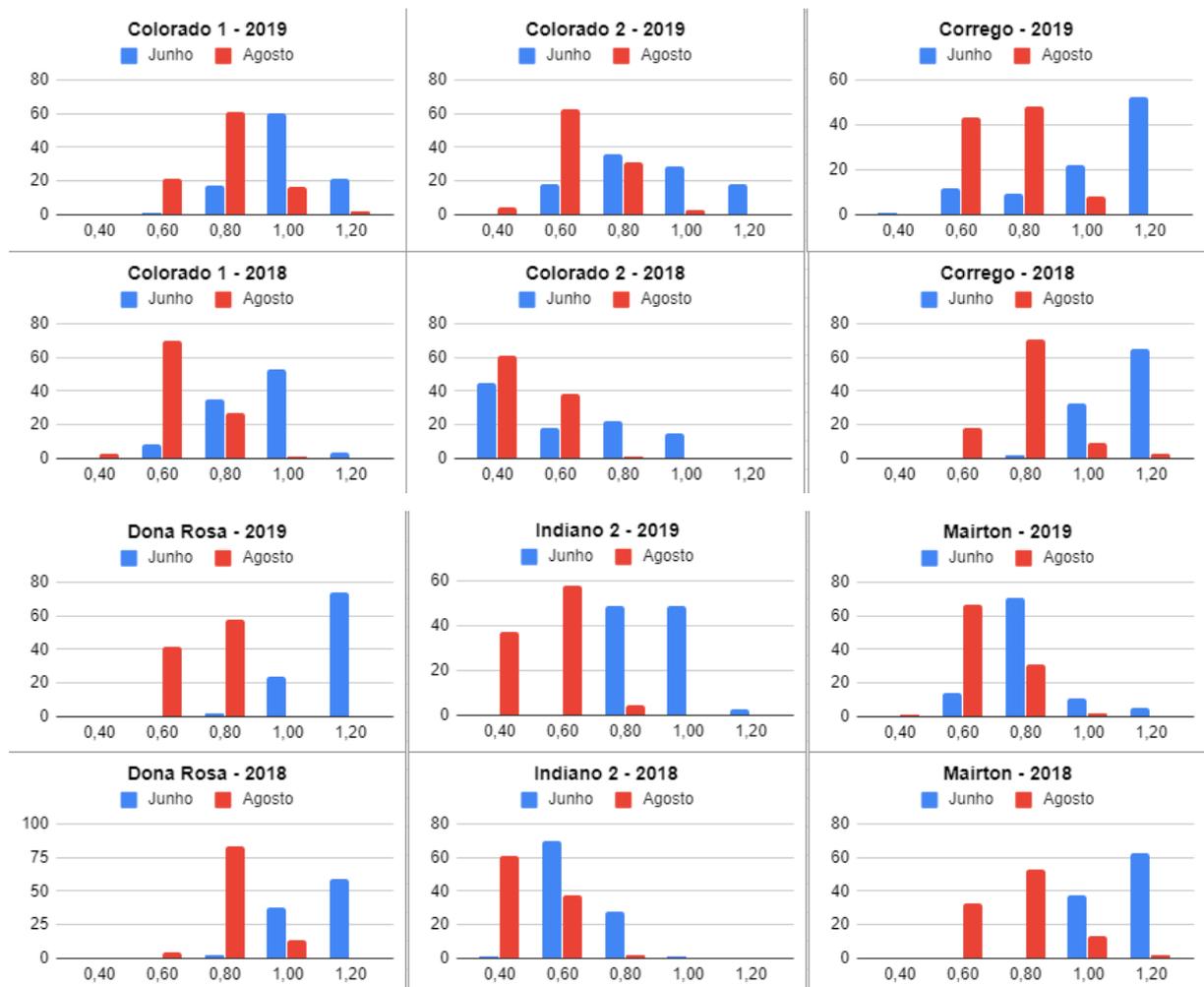


Fonte: elaborada pelo autor.

Observou-se para as áreas plantadas no ano de 2019, para SAVI, que o intervalo de 0,6 é a resposta característica no período de frutificação. Da mesma forma, para o período de floração o intervalo 1 e 1,2, foi significativo. Dentre as áreas analisadas, seis (75%) de oito áreas mantiveram o padrão relatado para frutificação e seis (75%) de oito áreas analisadas, ficaram dentro do intervalo mencionado para floração. Observou-se novamente, o comportamento similar já esperado entre Zé Frota e Zé Mar. Além disso, no geral, observou-se maior ajuste e divisão entre os períodos com o SAVI.

- Áreas plantadas em 2018

Gráfico 10 – Histogramas do comportamento do SAVI nas áreas plantadas em 2018



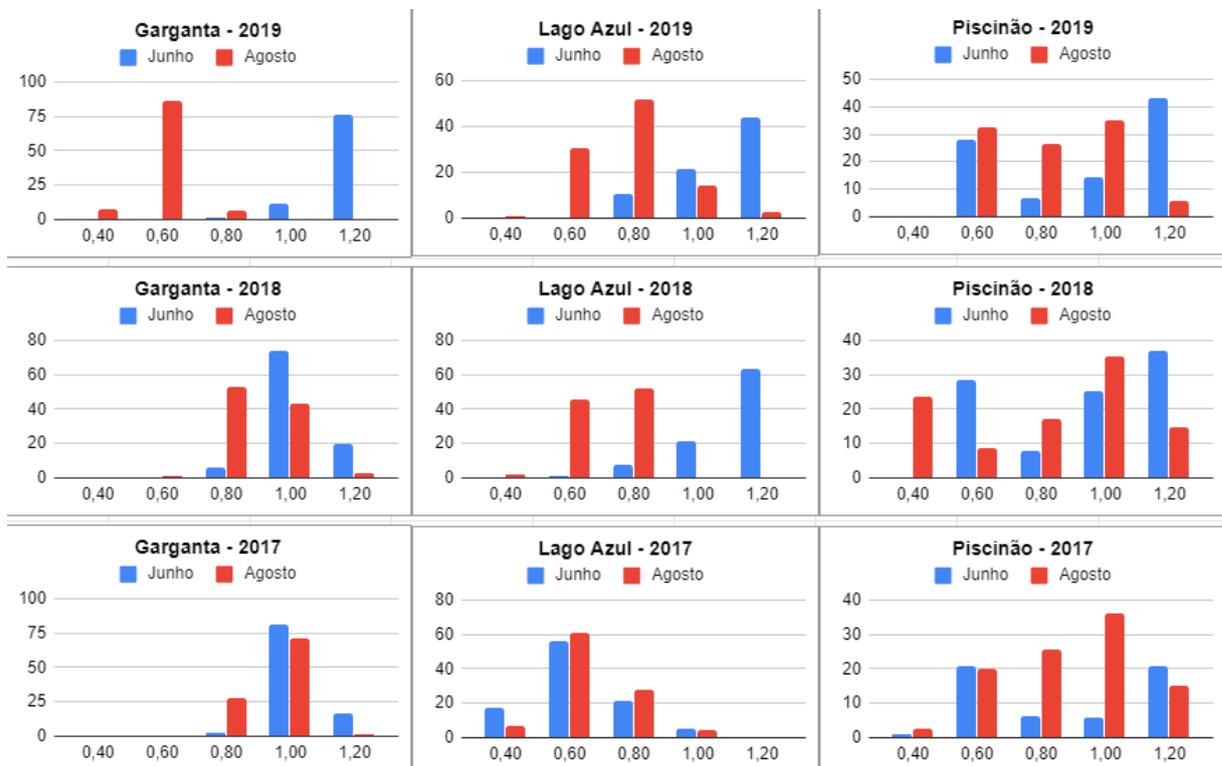
Fonte: elaborada pelo autor.

Para as áreas plantadas no ano de 2018, o SAVI, observado tem o intervalo de 0,6 e 0,8 como a resposta característica no período de frutificação. Bem como, para o período de floração o intervalo 1 e 1,2. Onde para o intervalo mencionado nove (75%) das doze áreas, contemplaram o intervalo de frutificação, ao passo que para o período de floração foram seis (50%) de doze.

A divergência apresentada por Colorado 1 e Indiano 2, no NDVI, devido ao espaçamento foi ajustada com a utilização do SAVI. A área Mairton, que teve um comportamento inverso devido à proximidade com a água do reservatório, no NDVI. No entanto, observou-se que o SAVI se mostrou mais ajustado e o comportamento geral das áreas pode ser observado, devido ao ajuste na banda do azul, correlacionado diretamente com os corpos hídricos.

- Áreas plantadas em 2017

Gráfico 11 – Histogramas do comportamento do SAVI nas áreas plantadas em 2017



Fonte: elaborada pelo autor.

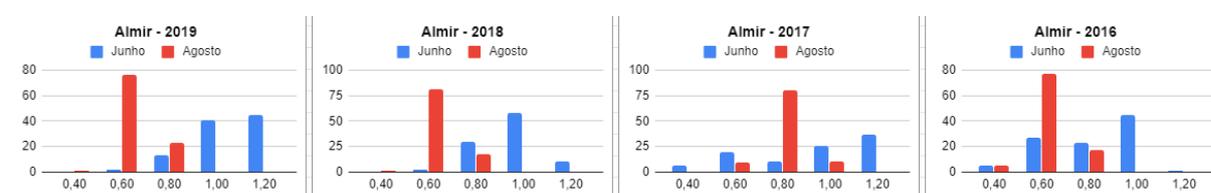
Tendo em visto o que foi observado, as áreas plantadas em 2017 tiveram respostas para o período de frutificação de 0,6 e 0,8 e para o período de floração de 1,0 e 1,2. Com isso, cinco das nove áreas mostraram comportamento dentro do esperado para o período

de frutificação e para o período de floração foram seis das nove áreas amostradas, se mostraram similar ao intervalo adotado.

Como já apresentado no NDVI, a área Piscinão, mostrou uma variação entre valores altos e baixos dentro dos gráficos de junho e agosto. Possivelmente, devido ao plantio dividido em períodos de plantio diferentes.

- Área plantada em 2016

Gráfico 11 – Histogramas do comportamento do SAVI na área plantada em 2016



Fonte: elaborada pelo autor.

No ano de 2016 foi possível observar, uma resposta para o período de frutificação dentro do intervalo de 0,6 e para o período de floração dentro do intervalo de 1 a 1,2. O comportamento observado anteriormente, devido à grande variedade de espaçamentos utilizados, foi suavizado com a utilização do SAVI. Para o período de frutificação e floração três das quatro áreas são similares ao padrão citado.

#### 4.2.1 Características gerais das áreas SAVI

Dentro dos dados obtidos para o SAVI, foi possível obter o padrão geral de comportamento para a época de florescimento de 1,0 a 1,2 e para a época de frutificação 0,6 a 0,8. Como relatado anteriormente, algumas áreas se mostraram dentro do padrão, seja somente um dos períodos fenológicos ou os dois e houve também áreas fora desses padrões observados. Porém, houveram áreas que foram divergentes do padrão para NDVI e para o SAVI se ajustaram dentro dos intervalos.

Para floração, em junho, as seguintes áreas estão dentro do comportamento esperado: Dona Rita, Indiano 3, Indiano 3.1, Luciano, Patati, Zé de Lima, Zé frota, Zé Mar, Colorado 1, Córrego, Dona Rosa, Garganta, Lago Azul e Almir. Para o período de frutificação, em agosto, as áreas foram: Dona Rita, Indiano 3, Indiano 3.1, Patati, Zé Frota, Zé Mar, Colorado 1, Colorado 2, Córrego, Dona Rosa, Indiano 2, Mairton, Garganta,

Mairton, Lago Azul e Almir. Para ambos períodos fenológicos, têm-se as seguintes áreas: Dona Rita, Indiano 3, Indiano 3.1, Patati, Zé Frota, Zé Mar, Colorado 1, Córrego, Dona Rosa, Garganta, Lago Azul e Almir.

Em vista disso, 66% das áreas tiveram comportamento similar ao padrão observado para os períodos de floração e frutificação; 77% das áreas estão similares ao padrão gerado para floração e 88% para o padrão de frutificação.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se com os dados observados, que é possível avaliar os períodos fenológicos do cajueiro precoce no município de Beberibe, através dos índices de vegetação, NDVI e SAVI, obtidos através de sensoriamento remoto. Mediante o que foi assinalado, foi possível salientar o comportamento da atividade fotossintética do cajueiro nos períodos fenológicos da floração e frutificação.

Com objetivo de obter um padrão de comportamento para os períodos fenológicos, de maneira geral, o período de frutificação indica um menor valor dos índices de vegetação avaliados e o período de floração com maiores valores.

O comportamento observado, confirmou a hipótese de que o período fenológico registra uma mudança na resposta da cultura quanto ao índice de vegetação, devido a alterações na atividade fotossintética em cada fase analisada.

Dentre os índices avaliados, o *Soil-adjusted Vegetation Index* (SAVI), teve o melhor ajuste as áreas. O principal fator para essa resposta se deu devido aos espaçamentos apresentados comumente no plantio de cajueiro. Onde, principalmente nos primeiros anos, o solo fica muito exposto na imagem e há pouca cobertura vegetal, o que para o NDVI ocasionou muita interferência.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.A.G. **Estudos fenológicos do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em Fortaleza**. Fortaleza : UFC/CNPq. 1982. 17p. (Relatório Técnico, s.n.).

ALMEIDA, F. A. G., MARTINS JR., W. Estudos fenológicos do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em áreas do litoral cearense, Fortaleza, CE, 1984. *In: ENCONTRO NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA DO CAJU,1 / SEMANA CEARENSE DO CAJU, 2*, 1984, Fortaleza, Ceará. **Anais [...]** Fortaleza : Governo do estado do Ceará/Embrapa/Secretaria de Agric. e Abast. do Ceará/EPACE, 1984. p.25-26.

ALMEIDA, F. A. G.; ALMEIDA, F. C. G.; NUNES, R. P.; CARVALHO, P. R.; MENESES JÚNIOR, J. Estudos fenológicos de plantas enxertadas de cajueiro anão sob condições de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 71-84, 1995.

ANATOLY A. G.; YI PENG, K. F. H., Relationship between fraction of radiation absorbed by photosynthesizing maize and soybean canopies and NDVI from remotely sensed data taken at close range and from MODIS 250 m resolution data. **Remote Sensing of Environment**, v. 147, 2014, p.108-120, 2014

BARROS, L. DE M., ARAÚJO, F. E. de, ALMEIDA, J. I. L. de., *et al.* **A cultura do cajueiro anão**. Fortaleza : Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará - EPACE, 1984. 67p.

BARROS, L. de M. Biologia floral, colheita e rendimento. *In: LIMA, V.P.M.S. A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil*. Fortaleza : BNB/ETENE, 1988. Cap.12. p.323 - 325

BARROS, L. M. Botânica, origem e distribuição geográfica. *In.: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. (Org.). Cajucultura: modernas técnicas de produção*. Fortaleza: EMBRAPA-CNPc, 1995. p. 55-71.

CAJUCULTURA. **Noções elementares de botânica do cajueiro**, 2019. Disponível em:<http://www.cajucultura.com.br>. Acesso em: 21 Nov. 2019

COUTO, F. T. Utilização de sensoriamento remoto como auxílio em análise meteorológica de um sistema convectivo. *In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá*, 7-11 novembro 2009. **Anais [...]**. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.131-139.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, IG/UNICAMP, 1992.

EPABA. **Introduções práticas para o cultivo de frutos tropicais**. Salvador : EPABA, 1984. s.p. (Circular Técnica, 9).

FEITOSA, J.C., FEITOSA, D.A. **Síntese global dos trabalhos apresentados na 1ª Semana do Caju**. Fortaleza : Federação da Agricultura do Estado do Ceará, 1971. 101p

**Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 05 Nov. 2019

FRAGOSO, H. de A. **Teores nas folhas e exportação de macronutrientes através da castanha e do pseudofruto de dois clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.)**. 1996. 58p. Tese mestrado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.funcceme.br/>> Acesso em: 08 Nov. 2019

HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v.4, n.4, p.367-376, 1988 .

JACOD, J.; PROTTER, P. Gaussian Random Variables (The Normal and the Multivariate Normal Distributions). *In*:JACOD, J.; PROTTER, P. **Probability Essentials**. Heidelberg: Springer, , 2004. p. 125-139.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019

LIMA, V. P. M. S. Botânica do cajueiro. *In*: LIMA, V. P. M. S. (Org.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1988. p. 15-61.

LIMA, Y. M. S. Geotecnologias aplicadas ao monitoramento de queimadas e incêndios florestais no estado do Acre, Brasil. **Anais [...]**. XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE Santos-São paulo, 28-31 maio 2017.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908 p.

LUZ, C.L.S.; MITCHELL, J.D.; MITCHELL, J.D.; MITCHELL, J.D.; MITCHELL, J.D.; MITCHELL, J.D.; PIRANI, J.R.; PELL, S.K.; PELL, S.K.; PELL, S.K.; PELL, S.K.; PELL, S.K. **Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4380>>. Acesso em: 21 Nov. 2019

MEDINA, J.C. Cultura do cajueiro. *In*: MEDINA, J.C.; BLEINTOTH, E.W.; BERNHARDT, L.W. **Caju: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas:

Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1978. p.5–66. (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Série Frutas Tropicais, 4).

NOVO, E. M. L. de. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. rev. São Paulo: Blucher, 2012. 387 p. il.

PAIVA, J. R. DE, BARROS, L. DE M. **Clones de cajueiro: obtenção, características e perspectivas**. Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 26 p.

PARENTE, J. I. G.; BUENO, D. M. Recuperação de cajueiro-comum de baixa produção pela substituição de copa, através da enxertia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 13, n. 2, p. 195-197, 1991.

PARENTE, J. I. G.; OLIVEIRA, V. H. Manejo da cultura do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. (Org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1995, p. 203-247.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, YOSIO EDEMIR. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 164 p.

PRODES. **Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 21 Nov. 2019

ROUSE, J.W.; HASS, 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, 1974. p.309-317.

SERRANO, L. A. L.; FANTON, C. J.; MARTINS, M. V. V.; CATTANEO, L. F. Substratos e doses de um adubo de liberação lenta na produção de mudas de cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Anais[...]** Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.

STRAUB, C.L.; KOONTZ, S.R.; LOOMIS, J.B. **Economic valuation of Landsat imagery**: U.S. Geological Survey Open-File Report 2019–1112, 13 p., 2019. <https://doi.org/10.3133/ofr20191112>.

USGS. **Landsat mission**. Disponível em: [usgs.gov/land-resources/nli/landsat](https://usgs.gov/land-resources/nli/landsat). Acessado em: 08 nov. 2019. 2019.