

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**LAIANA ADÃO GARCIA**

**VARIAÇÃO TEMPORAL DA RESPOSTA ESPECTRAL DA COBERTURA  
VEGETAL EM ÁREAS DE MINERAÇÃO DE CARVÃO EM PROCESSO DE  
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

**CRICIÚMA  
2018**

**LAIANA ADÃO GARCIA**

**VARIAÇÃO TEMPORAL DA RESPOSTA ESPECTRAL DA COBERTURA  
VEGETAL EM ÁREAS DE MINERAÇÃO DE CARVÃO EM PROCESSO DE  
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Jader Lima Pereira.

**CRICIÚMA**

**2018**

**LAIANA ADÃO GARCIA**

**VARIAÇÃO TEMPORAL DA RESPOSTA ESPECTRAL DA COBERTURA  
VEGETAL EM ÁREAS DE MINERAÇÃO DE CARVÃO EM PROCESSO DE  
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Criciúma, 20 de novembro de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Jader Lima Pereira – Mestre – (UNESC) - Orientador

Prof. Jóri Ramos Pereira – Mestre – (UNESC)

Prof. Jairo José Zocche – Doutor – (UNESC)

*Dedico este trabalho ao bem mais preciso da  
minha vida, minha filha Allana Adão Teixeira.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, agradeço imensamente pela vida e por me dar a oportunidade de realizar os meus sonhos, estando ao meu lado e sendo meu alicerce em todos os momentos, principalmente nas dificuldades que encontrei pelo caminho.

Aos meus familiares que me apoiaram, obrigada pelo carinho e confiança que sempre tiveram em mim.

Aos meus pais Mere e Antonio, obrigada pelo apoio, amor e dedicação ao longo da minha vida, obrigada por acreditarem que sou capaz e estarem realizando esse sonho comigo. Sem o apoio de vocês eu não chegaria até aqui e tudo que tenho e sou devo a vocês.

Ao meu noivo Jhonata, agradeço por todo incentivo e auxílio que sempre me deu, por acreditar em mim e estar ao meu lado ao longo dessa caminhada.

Agradeço a minha pequena Allana, que esteve comigo durante nove meses nas atividades acadêmicas e que me torna uma pessoa melhor a cada dia. Com certeza foi a surpresa mais linda que tive ao longo desse tempo e todas as minhas conquistas e lutas eu dedico a você, tudo é por você! Você é a luz da minha vida e sou imensamente grata a Deus por te colocar em meu caminho.

Ao professor Jader, meu orientador, obrigada por aceitar participar desse momento, dividindo seus conhecimentos e guiando meus passos para a conclusão desse trabalho. Obrigada pela paciência e dedicação que sempre teve até aqui.

Aos professores, agradeço por dividirem todos esses anos os seus conhecimentos, vocês foram de extrema importância em minha vida e foi um privilégio conhece-los.

Agradeço também aos colegas por compartilharem esse momento tão especial comigo, e a aqueles que sempre acreditaram em mim e que de alguma forma estiveram presente e somaram para que eu pudesse, hoje, realizar esse grande sonho.

Muito obrigada!

**“A natureza é o único livro que oferece um  
conteúdo valioso em todas as suas folhas.”**

**Johann Goethe**

## RESUMO

O sensoriamento remoto (SR) vem sendo empregado em atividades de monitoramento ambiental, especialmente aquelas que passam por um processo de recuperação ambiental. Dentre as aplicações do SR, os Índices de Vegetação se mostram de grande importância no monitoramento da cobertura vegetal, já que por meio de cálculos matemáticos, possibilitam avaliar as condições fitofisiológicas da vegetação por meio da reflectância espectral por ela emitida. Desse modo, o presente estudo teve por objetivo avaliar as variações temporais da resposta espectral da cobertura vegetal de áreas de mineração de carvão em processo de recuperação ambiental. O estudo foi desenvolvido entre os meses de junho de 2017 a julho de 2018, tendo como alvo três áreas inseridas na Bacia Carbonífera Sul do estado de Santa Catarina, sendo a área A, localizada no município de Forquilha e as áreas B e C no município de Treviso. Foram selecionadas quatro imagens orbitais provenientes do sensor Sentinel-2 relativas as estações do ano durante o período do estudo, onde aplicou-se os índices de NDVI e SAVI para avaliar a resposta espectral das áreas. Aplicou-se a análise de variância (ANOVA) seguido do teste de Tukey (95%) para verificação da existência de diferença entre as áreas de estudo, e na análise de correlação entre os valores dos índices e a precipitação utilizou-se a Correlação de Spearman. Em ambos os cálculos, a área de estudo B demonstrou uma vegetação com maior resposta espectral, indicando que a mesma possui cobertura vegetal mais densa, a área A reflete uma região com predominância de estrato tipicamente herbáceo e a área C obteve menor reflectância espectral, caracterizando um local com predomínio de solo exposto ou baixa vegetação. Em todas as áreas, as menores médias foram registradas no inverno para ambos os índices, enquanto as maiores médias de NDVI foram registradas na estação do outono e do SAVI encontradas no verão para as áreas B e C e no outono para a área A, apontando esse como o índice de vegetação que melhor evidenciou as características próprias das estações. A análise de variância (ANOVA) demonstrou diferenças significativas entre as áreas de estudo, enquanto a correlação de Spearman não apontou relação da influência pluviométrica nos valores de ambos índices, no entanto, notou-se uma tendência de aumento desses em períodos mais chuvosos. A partir dos resultados obtidos, a utilização de SR apresentou potencialidade para o monitoramento ambiental de áreas em recuperação, já que evidencia os locais com maior atividade fotossintética, apontando ainda, regiões onde não há cobertura vegetal, sem a necessidade de visita in situ.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto; Índices de Vegetação; Monitoramento Ambiental.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização das áreas de estudo A, B e C no estado de Santa Catarina, dentro dos limites da Bacia Carbonífera Sul. ....	17
Figura 2 - Distribuição mensal da precipitação pluviométrica registrada durante o período de estudo. ....	19
Figura 3 - Fluxograma das etapas realizadas durante o desenvolvimento do estudo. ....	22
Figura 4 – Histograma do índice NDVI para as áreas de estudo A, B e C. ....	24
Figura 5 – Histograma do índice SAVI para as áreas de estudo A, B e C. ....	25
Figura 6 - Representação do índice NDVI na área de estudo A para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente. ....	27
Figura 7 – Representação do índice SAVI na área de estudo A para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente. ....	28
Figura 8 - Representação do índice NDVI na área de estudo B para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente. ....	29
Figura 9 - Representação do índice SAVI na área de estudo B para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente. ....	30
Figura 10 - Representação do índice NDVI na área de estudo C para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente. ....	31
Figura 11 - Representação do índice SAVI na área de estudo C para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente. ....	32



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitação mensal entre os anos de monitoramento ambiental. Estação pluviométrica (coord. S 28°32'20" S; 49°27'25" O).....	18
Tabela 2 - Informações referentes as imagens utilizadas no estudo. ....	21
Tabela 3 – Índice de vegetação NDVI e SAVI para as áreas de estudo A, B e C contendo valores de média, máximo, mínimo e desvio padrão. ....	26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Ação Civil Pública
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
SAVI	Índice de Vegetação Ajustado ao Solo
SR	Sensoriamento Remoto
USGS	United States Geological Survey

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
3.1 ÁREAS DE ESTUDO.....	17
3.1.1 Área A .....	19
3.1.2 Área B .....	20
3.1.3 Área C .....	20
3.2 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS .....	20
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O carvão mineral é a maior fonte de energia não renovável do Brasil, obtendo o estado de Santa Catarina como o segundo maior produtor brasileiro, o qual detém mais de 10% de um total de 32,3 bilhões de toneladas de reservas estimadas de carvão mineral (CETEM, 2001). No estado, as reservas de carvão encontram-se concentradas em uma área denominada Bacia Carbonífera Sul Catarinense, abrangendo os municípios de Orleans, Lauro Muller, Criciúma, Siderópolis, Treviso, Urussanga, Forquilha, Içara, Maracajá e Araranguá (NASCIMENTO et al., 2002).

A exploração industrial do carvão em Santa Catarina teve início na década de 1910, onde surgiram diversas minas na região da Bacia Carbonífera (CASTILHOS; FERNANDES, 2011). Devido ao crescimento e a grande demanda de mineração, criou-se a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1946, onde Santa Catarina assumiu a frente na produção e extração do carvão, antes liderado pelo Rio Grande do Sul (CASTILHOS; FERNANDES, 2011). Na década de 1970, auge da produção no estado, a exploração do carvão mineral resultou na ampliação do passivo ambiental existente atualmente na Bacia Carbonífera (RAVAZZOLI, 2013).

A mineração do carvão, seja subterrânea ou a céu aberto, acarreta diversos problemas ambientais, pois causa a modificação na estrutura do ambiente pela deposição inadequada dos depósitos de rejeitos, contaminando águas superficiais e subterrâneas, gerando gases e poeiras alterando a atmosfera local, além da perda do solo fértil e o desaparecimento da fauna e flora (SILVA; FERREIRA, 2015).

Diante de todos os problemas ocasionados, o Ministério Público Federal elaborou uma Ação Civil Pública (ACP) no ano de 1993, contra as empresas carboníferas, seus diretores e sócios juntamente com a União Federal, com o intuito de recuperar o ambiente prejudicado pela exploração do carvão em Santa Catarina (INVERNIZZI et al., 2011). Devido a ACP, foi criado em 2001 o Projeto Conceitual para Recuperação Ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense, tendo por objetivo recuperar o local afetado a fim de que o mesmo voltasse ao seu estado original ou o mais próximo possível deste (CETEM, 2001).

Ao longo de mais de uma década de implantação dos projetos de recuperação ambiental, os programas de monitoramento têm registrado uma melhora

na qualidade ambiental. Estudos demonstraram que dos 5.739 hectares de áreas degradadas, 3.722 hectares (57%) foram alvo de ações de recuperação ambiental, incluindo a cobertura com material argiloso seguida da introdução de vegetação (ROMANO NETO et al., 2017).

O monitoramento ambiental representa uma importante ferramenta para a avaliação da eficiência das medidas de recuperação ambiental, uma vez que objetiva a coleta e interpretação de informações a respeito as condições ambientais ao longo de um período pré-determinado (PACHECO, 2014; RAMOS, LUCHIARI JUNIOR, 2018). Os dados ambientais registados ao longo do período de monitoramento possibilitam a constituição de um banco de dados, subsidiando a tomada de decisão a respeito das ações de recuperação ambiental (PACHECO, 2014; RAMOS, LUCHIARI JUNIOR, 2018).

Com o intuito de facilitar o monitoramento ambiental da superfície terrestre, tem-se empregado as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), que atualmente vem sendo aplicado ao monitoramento de coberturas vegetais, com enfoque no seu comportamento espacial ou fisiológico (ABREU; COUTINHO, 2014).

O sensoriamento remoto corresponde ao conjunto de atividades para a obtenção de informações referentes a recursos naturais terrestres ou do seu meio ambiente através de sensores instalados em plataformas de altitudes, sendo estes aviões, foguetes, balões ou satélites (ALMEIDA, 2010). Os sensores “coletam a radiação eletromagnética emitida ou refletida por um alvo, convertendo-a em um sinal que é posteriormente processado em terra, com fins de geração de imagens (ALMEIDA, 2010, p.102)”.

Desde 1940, as técnicas de SR são utilizadas no estudo da vegetação no Brasil, onde obteve destaque com o início do Projeto RADAMBRASIL, que procurou representar espacialmente classes fisionômicas da cobertura vegetal do território brasileiro, bem como itens importantes no estudo do meio ambiente e recursos naturais, tais como geologia, geomorfologia e solos (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

A base de todos os princípios fundamentados a essa tecnologia é a energia solar, onde sensor remoto é capaz de captar e medir a incidência de energia refletida/emitida por alvos, obtendo informações sobre a natureza e condições de tais

alvos, associando-os a realidade (CINTRA, 2007).

De acordo com Moraes (2002, p.17):

“A vegetação sadia apresenta alta absorção da energia eletromagnética na região do espectro visível, que é capturada pela clorofila para a realização da fotossíntese. Dentro do espectro visível a absorção é mais fraca na região que caracteriza a coloração da vegetação. A alta reflectância no infravermelho próximo (até 1,3 $\mu$ m) é devido a estrutura celular, sendo que a partir deste comprimento de onda é o conteúdo de água na vegetação quem modula as bandas de absorção presentes no comportamento espectral desta”.

Dentre aplicabilidades do SR, cientistas criaram índices de vegetação com o intuito de avaliar e supervisionar as condições e disposições da vegetação, por intermédio de dados digitais de reflectância espectrais da radiação eletromagnética (LIU, 2006). A utilização desses índices possibilita o monitoramento das condições biofísicas da cobertura vegetal, minimizando efeitos de iluminação e declividade da superfície (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007), sendo esses adquiridos por meio de combinações matemáticas das reflectâncias em diversas faixas espectrais da radiação eletromagnética (LIU, 2006).

Os índices de vegetação procuram extrair informações espectrais da vegetação, principalmente nas regiões do visível e do infravermelho próximo, distinguindo o que é ou não vegetação, podendo ser aplicada para demonstrar o crescimento de culturas, o acontecimento de doenças, pragas e secas, além de diversos eventos meteorológicos (LIU, 2006).

Ponzoni e Shimabukuro (2007, p. 79) destacam que:

“Quanto maior for a densidade da cobertura vegetal em uma determinada área, menor será a reflectância na região do visível devido à maior oferta de pigmentos fotossintetizantes. Por outro lado, maior será a reflectância verificada na região do infravermelho próximo devido ao espelhamento múltiplo da radiação eletromagnética nas diferentes camadas de folhas.

A utilização de duas ou mais bandas espectrais na avaliação da resposta da cobertura da superfície minimiza as fontes de ruído que afetam a resposta da vegetação, tais como a variação na irradiância solar, efeitos atmosféricos, contribuição da vegetação não-fotossinteticamente ativa; contribuição do substrato e efeitos da composição e estrutura do dossel (FERREIRA; FERREIRA; FERREIRA, 2008).

Dentre os índices mais utilizados pode-se destacar o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). O NDVI foi proposto por Rouse et al. (1973) e consiste na diferença da resposta

espectral do alvo, entre as bandas no infravermelho próximo e vermelho normalizada pela soma das mesmas (BORATTO, GOMIDE, 2013). Já o SAVI foi proposto por Huete (1988) e consiste em uma equação que considera os efeitos do solo exposto nas imagens utilizadas, ajustando o NDVI quando a superfície amostrada não está completamente coberta de vegetação, e ainda, procura minimizar os efeitos da reflectância do solo, incorporando um fator de ajuste à densidade da vegetação (BORATTO, GOMIDE, 2013).

O NDVI tem como vantagem a redução de possíveis interferências atmosféricas, além da alta sensibilidade com relação à densidade da cobertura vegetal, o que possibilita comparações espaciais e temporais de atividades ligadas à fotossíntese terrestre (FERREIRA; FERREIRA; FERREIRA, 2008).

A oscilação entre estações secas ou úmidas ao longo de um ano ou em anos diferentes influenciam diretamente no comportamento vegetal, logo, o NDVI aponta uma estreita correlação com variáveis climáticas, a exemplo de precipitação e temperatura da superfície terrestre (AQUINO; OLIVEIRA, 2012). Sua variância é de -1 a +1, onde valores negativos ou próximos a zero equivalem a um solo sem vegetação ou nu, valores acima de zero demonstram a presença de cobertura vegetal e valores mais altos representam um maior grau de verde na superfície terrestre, considerada uma vegetação mais densa ou em pleno crescimento (LIU, 2006).

O SAVI, por sua vez, em seus algoritmos de cálculos, considera o fator L, o qual se refere a constante ajuste do solo, por tanto, é um índice que pode ser ajustado ou calibrado para que a variação do solo seja normalizada. Tal fator varia conforme a característica da reflectância do substrato, como o calor e o brilho, e varia dependendo da densidade da vegetação presente no local a se avaliar (ROSENDO, 2005). Assim, o fator L apresenta três condições referentes a superfície do solo, onde o valor 1,0 corresponde a uma superfície de solo com pouca vegetação ou nu, 0,25 demonstra uma superfície completamente coberta por vegetação e 0,5 equivale a um local com cobertura média de vegetação, sendo esse o mais utilizado por abranger uma maior variação de vegetação (LIU, 2006). Os valores negativos de SAVI representam locais sem cobertura vegetal, presença de nuvens e corpos hídricos e valores positivos consistem em áreas que apresentam algum tipo de cobertura vegetal (KUHNNEN, 2016).

Kuhnen (2016) desenvolveu um trabalho na Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga, SC, onde avaliou a cobertura vegetal por meio da aplicação dos índices de NDVI e SAVI. Por meio desse estudo, concluiu que tais índices apresentaram resultados similares, porém o SAVI demonstrou resultados mais confiáveis quanto a presença de vegetação, já que o mesmo minimiza o efeito do solo nas imagens.

Outro estudo, realizado por Oliveira, Ascitti e Vanzela (2015), no município de Olímpia, São Paulo, buscou analisar o comportamento sazonal da vegetação através do índice de NDVI. Os resultados mostraram que, em épocas de chuva, o percentual médio do NDVI aumentou 35% quando comparado com épocas de estiagem. Os autores op. cit assinalam que esse comportamento pode ser influenciado pela característica da vegetação semidecidual inserida no local, onde a vegetação perde as suas folhas na época de estiagem.

Em Itajaí-SC, um estudo realizado por Vibrans, Schramm e Lingner (2011), demonstrou que não houve correlação significativa entre índices de vegetação e a pluviosidade em áreas sempre-verdes, ressaltando ainda que, possivelmente, não ocorra variações da resposta vegetal influenciada pelo regime de chuva em vegetação perenifólia na Floresta Ombrófila Densa e nem em áreas com cultivos agrícolas na região.

Dada a importância do monitoramento de áreas em processo de recuperação ambiental e da utilização de técnicas de sensoriamento remoto para este, o trabalho buscou avaliar a variação temporal da cobertura vegetal por intermédio dos índices NDVI e SAVI em áreas de antigas mineradoras de carvão que passam por recuperação ambiental, bem como relacionar os valores pluviométricos com os resultados dos índices de vegetação, verificando a influência destes nos resultados obtidos.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar as variações temporais da resposta espectral da cobertura vegetal de áreas de mineração de carvão em processo de recuperação ambiental.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

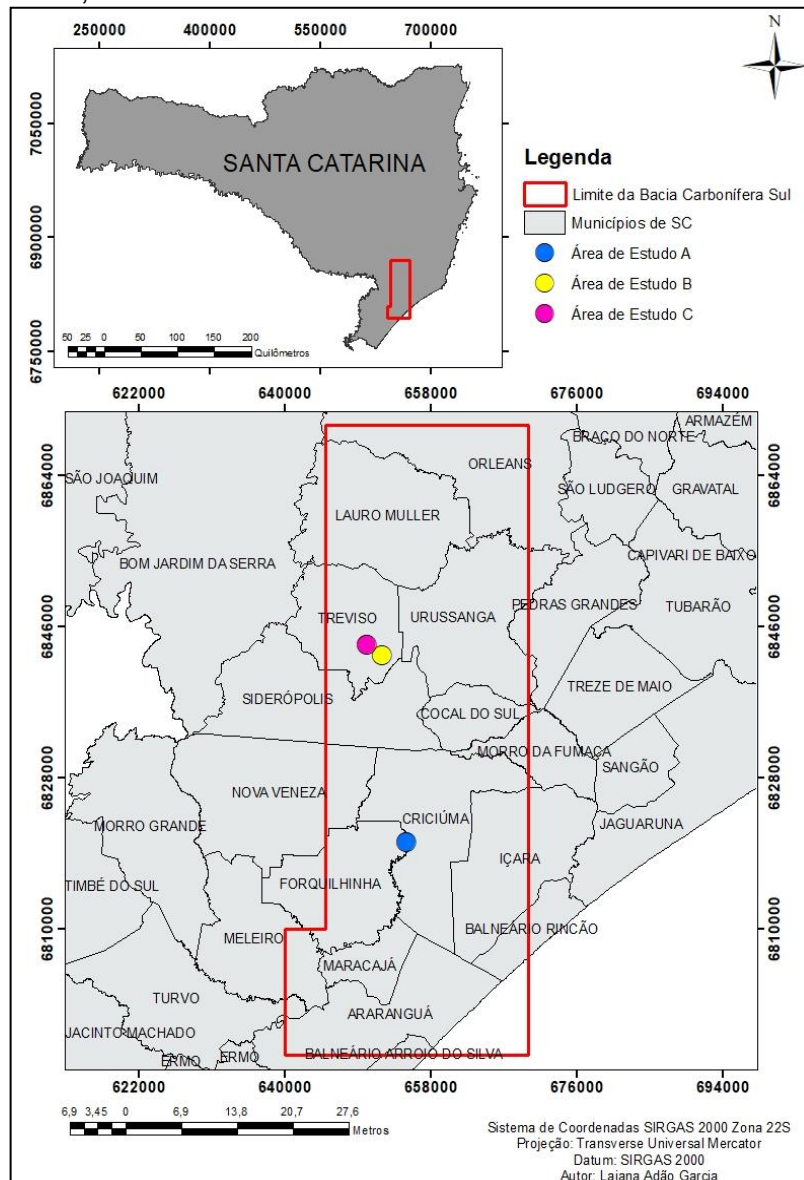
- Avaliar a variação temporal da resposta espectral da cobertura vegetal, medida através de dois índices;
- Analisar a relação entre a precipitação acumulada com as mudanças temporais da cobertura vegetal.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREAS DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido no período de setembro de 2017 a agosto de 2018, em três locais A, B e C, distribuídos ao longo da Bacia Carbonífera Sul Catarinense (Figura 1), onde a área A está inserida no município de Forquilha (28°44'51"S e 49°28'20"W) e as áreas B e C no município de Treviso (28°30'56"S e 49° 27'27"W). Todas as áreas correspondem a locais de antigas mineradoras de carvão e que passam por processo de recuperação ambiental.

Figura 1 – Mapa de localização das áreas de estudo A, B e C no estado de Santa Catarina, dentro dos limites da Bacia Carbonífera Sul.



Fonte: Da autora (2018).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região se enquadra como Cfa, clima subtropical mesotérmico úmido sem estação seca (ALVARES et al., 2013). Os dados de distribuição mensal da precipitação da região no período do estudo encontram-se na Tabela 1 e foram obtidos junto a estação meteorológica localizada no município de Treviso-SC e disponibilizados pelo Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

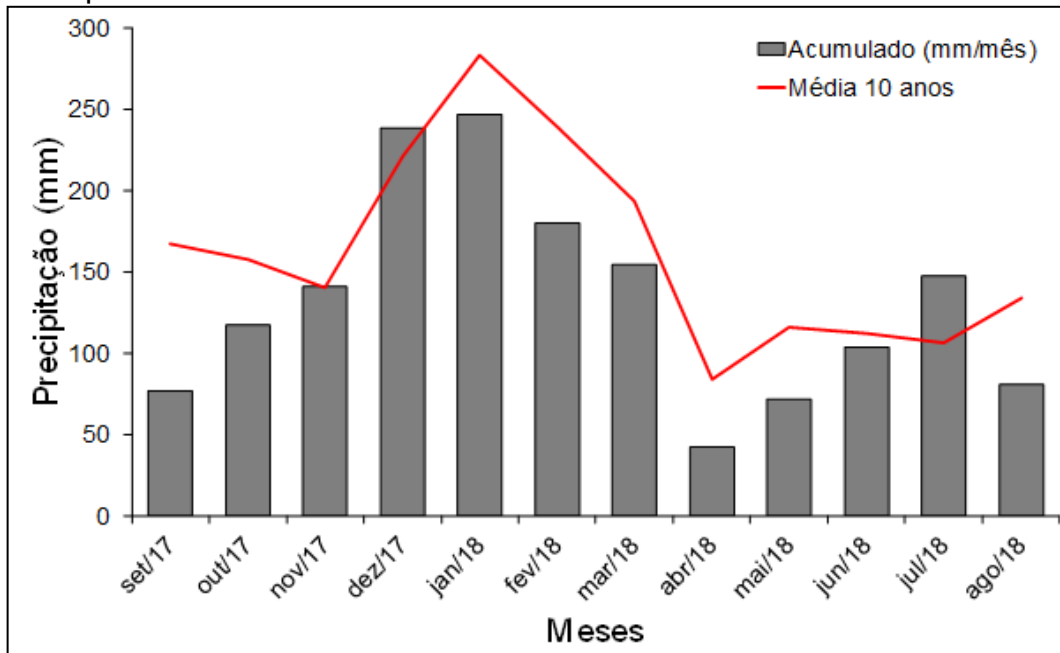
Tabela 1 - Precipitação mensal entre os anos de monitoramento ambiental. Estação pluviométrica (coord. S 28°32'20" S; 49°27'25" O)

Ano	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
<b>2008*</b>							12,3	44,9	151,3	240,7	286,3	150,0	<b>885,5</b>
<b>2009</b>	362,4	313,5	231,9	63,4	41,5	23,0	127,5	174,6	374,4	175,4	140,9	283,3	<b>2311,8</b>
<b>2010</b>	332,2	163,3	283,7	138,6	292,6	73,2	146,0	54,5	101,1	90,0	275,3	83,4	<b>2033,9</b>
<b>2011</b>	449,3	268,2	148,7	62,2	83,9	102,3	179,3	249,3	90,4	66,8	60,6	186,4	<b>1947,4</b>
<b>2012</b>	232,6	170,4	54,1	22,9	42,6	82,2	106,1	36,4	132,2	129,5	40,4	77,4	<b>1126,8</b>
<b>2013</b>	199,1	279,2	252,4	34,2	33,3	106,6	71,1	434,5	135,8	72,3	120,4	299,4	<b>2038,3</b>
<b>2014</b>	290,8	303,6	189,8	184,6	174,4	390,4	98,0	131,2	230,2	228,8	137,4	347,8	<b>2707,0</b>
<b>2015</b>	290,4	252,3	228,6	42,6	106,2	111,0	132,4	60,6	309,4	302,6	139,6	284,4	<b>2260,1</b>
<b>2016</b>	136,2	233,8	190,6	137,6	52,0	14,6	130,2	103,4	68,6	159,6	52,4	257,8	<b>1536,8</b>
<b>2017</b>	293,6	221,2	198,8	108,0	257,0	115,6	16,8	98,6	76,8	117,0	140,8	238,4	<b>1882,6</b>
<b>2018*</b>	246,6	179,8	154,0	42,2	71,8	103,6	147,2	80,4					<b>1025,6</b>
<b>Média</b>	<b>287,4</b>	<b>245,1</b>	<b>197,6</b>	<b>88,2</b>	<b>120,4</b>	<b>113,2</b>	<b>111,9</b>	<b>149,2</b>	<b>168,8</b>	<b>149,1</b>	<b>123,1</b>	<b>228,7</b>	<b>-</b>

Fonte: IPAT/UNESC (2018, modificado pela Autora).

Considerou-se o período de setembro de 2017 a agosto de 2018 para a elaboração do diagrama de pluviosidade, pois abrange toda a época na qual foram adquiridas as imagens para o estudo.

Figura 2 - Distribuição mensal da precipitação pluviométrica registrada durante o período de estudo.



Fonte: IPAT/UNESC (2018, modificado pela Autora).

### 3.1.1 Área A

A área A possui 109,4 ha e compreende um antigo depósito de rejeitos carbonosos localizada entre os limites dos municípios de Forquilha e Criciúma (28°44'7.01"S e 49°24'51.17"O). Durante fevereiro de 2012 a setembro de 2016 o sítio de estudo foi alvo de ações de recuperação ambiental, podendo-se destacar dentre as medidas implantadas, a cobertura dos rejeitos com material argiloso e a introdução da cobertura vegetal (IPAT/UNESC, 2012; 2016).

A área A apresenta fitofisionomia predominantemente herbácea, condição comum em ambientes em processo de recuperação que se encontram em fase inicial do processo de sucessão. Entre as espécies comumente observadas no local pode-se destacar *Urochloa decumbens* (Rendle) Morrone & Zuloaga, *U. humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga, *U. brizantha* (Hochst. Ex A.Rich.) R. Webster, *Calopogonium mucunoides* (Desv.) e *Paspalum notatum* Fluegge (IPAT/UNESC, 2016).

### 3.1.2 Área B

A área B (28°32'5.00"S e 49°26'55.92"O), constitui um antigo campo de mineração de carvão a céu aberto com 271,2 hectares, localizado no município de Treviso, Santa Catarina. As obras de recuperação tiveram início em junho de 2006 e foram concluídas em outubro de 2014. Entre as ações de recuperação podemos destacar a conformação superficial do estéril, de forma a tornar o relevo mais suave, seguida cobertura com material argiloso e introdução de cobertura vegetal (IPAT/UNESCO, 2009; 2014).

Na época do imageamento, a área de estudo apresentava-se constituída por um mosaico de manchas vegetais herbáceas, arbustivas e arbóreas. Entre as espécies predominantes pode-se destacar aquelas pertencentes ao gênero *Baccharis* spp., abundantes nas porções de fitosionomia arbustiva; *Vernonanthura discolor* (Spreng.) H.Rob., *Piptocarpha axillaris* (Less.) Baker, *Trema micrantha* (L.) Blume, *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. Schult, *Jacaranda puberula* Cham., *Mimosa scabrella* Benth., *Mimosa bimucronata* (DC) Kuntze, *Psidium cattleianum* Sabine e *Eucalyptus* spp., típicas das manchas com fitofisionomia arbórea.

### 3.1.3 Área C

O sítio de estudo C, a exemplo da área B, compreende um antigo campo de mineração de carvão a céu aberto, com área de aproximadamente 117,8 hectares, localizado em Treviso, Santa Catarina (28°31'28.34"S e 49°27'55.43"O). No período da realização do estudo, a área encontrava-se em processo de recuperação ambiental, em fase de cobertura do estéril com o material argiloso.

## 3.2 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Para a aplicação dos índices de vegetação foram utilizadas imagens orbitais do sistema sensor Sentinel-2, disponibilizadas georreferenciadas com Nível 1-C e projeção de origem UTM/WGS 84. Esse sistema sensor é constituído por 13 bandas espectrais com resolução espacial variando entre 10, 20 ou 60 metros com resolução temporal de 10 dias com um satélite e de 5 dias com dois satélites operacionais (DG TERRITORIO, 2017). As imagens foram obtidas por meio da

plataforma Earth Explorer disponibilizadas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Para o presente estudo, a resolução espacial determinada foi de 10 metros. As imagens adquiridas passaram por um pré-processamento para conversão do número digital (DN) para valores de reflectância, com uso do *software* QGIS ver. 2.18.20.

Foram definidas quatro imagens de diferentes épocas para o período de estudo conforme disposto na Tabela 2. A seleção dessas imagens obedeceu a um padrão de diferença de três meses cada, sempre considerando a qualidade das imagens disponibilizadas (sem nuvens), salvo para a data de 11 de novembro de 2017 que possui diferença de dois meses da próxima imagem, pois as imagens de datas anteriores apresentavam (num espaço de tempo dentro do período de três meses) uma grande quantidade de nuvens, prejudicando sua visibilidade bem como a geração dos índices.

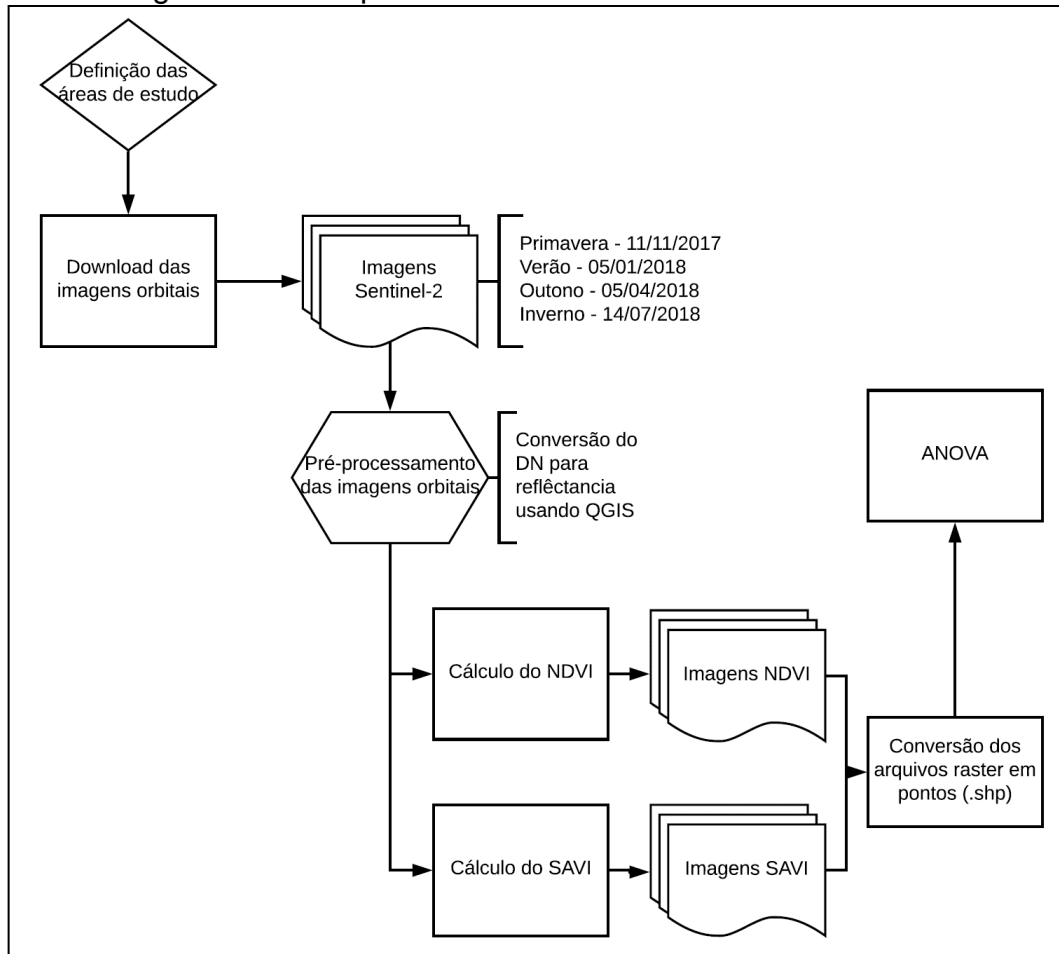
Tabela 2 - Informações referentes as imagens utilizadas no estudo.

<b>Período</b>	<b>Estação do Ano</b>	<b>Órbita/Ponto</b>	<b>Bandas</b>	<b>Sistema Sensor</b>
11/11/2017	Primavera		Banda 4	
05/01/2018	Verão		(vermelho)	
05/04/2018	Outono	38	Banda 8	Sentinel-2
14/07/2018	Inverno		(infravermelho)	

Fonte: Da autora (2018).

A Figura 3 apresenta o fluxograma com as etapas para a realização do presente estudo desde a definição das áreas até a aplicação da análise de variância.

Figura 3 - Fluxograma das etapas realizadas durante o desenvolvimento do estudo.



Fonte: Da autora (2018).

Para o cálculo dos índices de vegetação, utilizou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), ambos processados no *software* ArcMAP ver. 10.3.1® (ESRI).

O NDVI é calculado com base na diferença entre as reflectâncias das bandas do infravermelho próximo, representada pela Banda 8 do sensor Sentinel-2 e do vermelho, representada pela Banda 4 do mesmo sensor, expressadas conforme a equação:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Onde:

NIR = reflectância da banda do infravermelho próximo;

Red = reflectância da banda do vermelho.

Para o cálculo de SAVI utilizou-se o valor 0,5 para o fator L aplicado em todas as três áreas estudadas, já que o mesmo permite uma maior variação da cobertura vegetal, expressado na equação seguinte:

$$SAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} * (1 + L)$$

Onde:

NIR= reflectância da banda do infravermelho próximo;

Red = reflectância da banda do vermelho;

L = fator de ajuste do índice de vegetação.

Para constatar a existência de diferenças entre os valores de índices registrados para cada um dos períodos avaliados, foi utilizado a análise de variância (ANOVA), seguida do teste Tukey (95%).

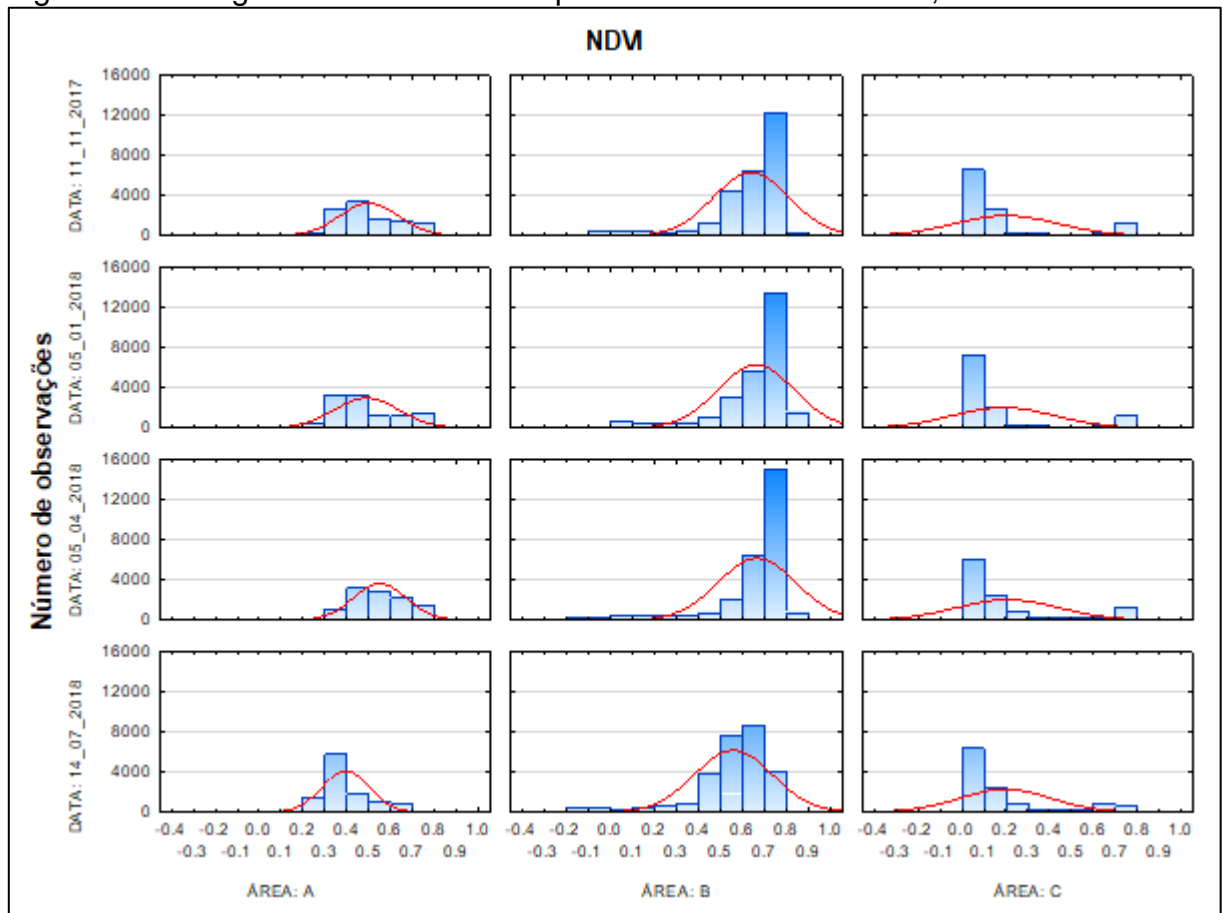
Na análise de correlação entre as mudanças temporais da cobertura vegetal, evidenciadas pelos índices NDVI e SAVI, e a precipitação da região no período de estudo, utilizou-se a Correlação de Spearman ( $p \leq 0,05$ ), considerando o acumulado de chuvas diários entre uma imagem e outra e as média dos índices para cada uma das áreas.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

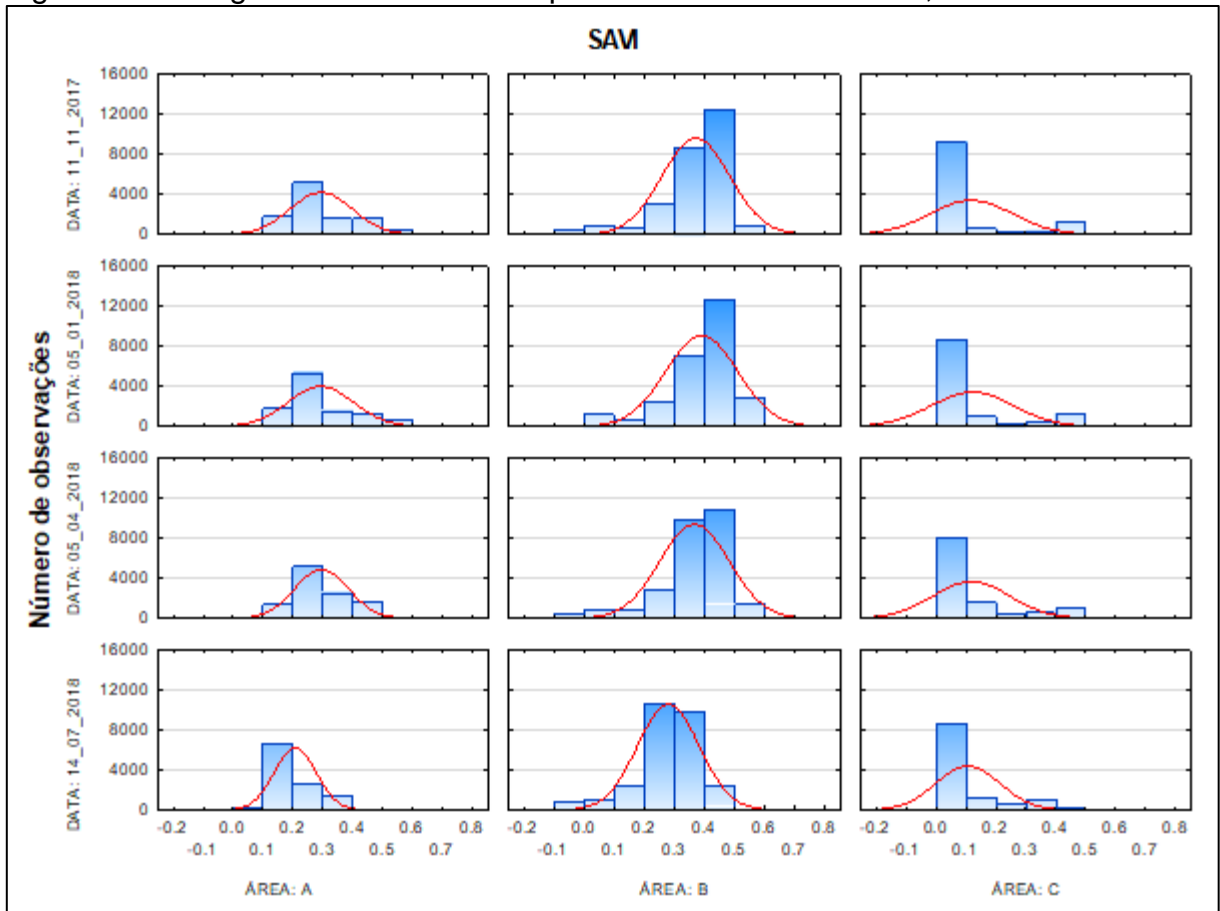
As amplitudes e as frequências da reflectância da cobertura da superfície de cada área e época estudadas encontram-se nos histogramas de reflectância esboçados na Figura 4 para o NDVI e na Figura 5 para o SAVI. Os histogramas são ferramentas estatísticas relevantes para comparar índices de vegetação, permitindo averiguar onde ocorre a maior distribuição dos valores, indicando um maior contraste na cena (RODRIGUES; RIBEIRO; VAZ, 2013).

Figura 4 – Histograma do índice NDVI para as áreas de estudo A, B e C.



Fonte: Da autora, 2018.

Figura 5 – Histograma do índice SAVI para as áreas de estudo A, B e C.



Fonte: Da autora, 2018.

Através destes, nota-se distinção entre as áreas, demonstrando que a área de estudo A apresenta reflectância típica de locais com vegetação predominantemente herbácea, dispendo de picos entre 0,2 e 0,3 para o índice NDVI e 0,1 e 0,3 para o SAVI. A região B apresenta maior atividade fotossintética da vegetação entre as áreas estudadas, tendo seu auge entre 0,6 e 0,8 no NDVI, e entre 0,3 a 0,5 para o SAVI. Já a área C evidencia um espaço com predominância de solo nu ou com escassa vegetação, demonstrando baixa reflectância espectral, tendo seus ápices entre 0,0 e 0,2 tanto para o NDVI quanto para o SAVI. É possível identificar uma resposta semelhante dos índices para todas as áreas estudadas.

A Tabela 3 sintetiza os valores de amplitudes, valores médios e desvio padrão obtidos por meio de cada índice de vegetação avaliado, em cada época e área analisadas.

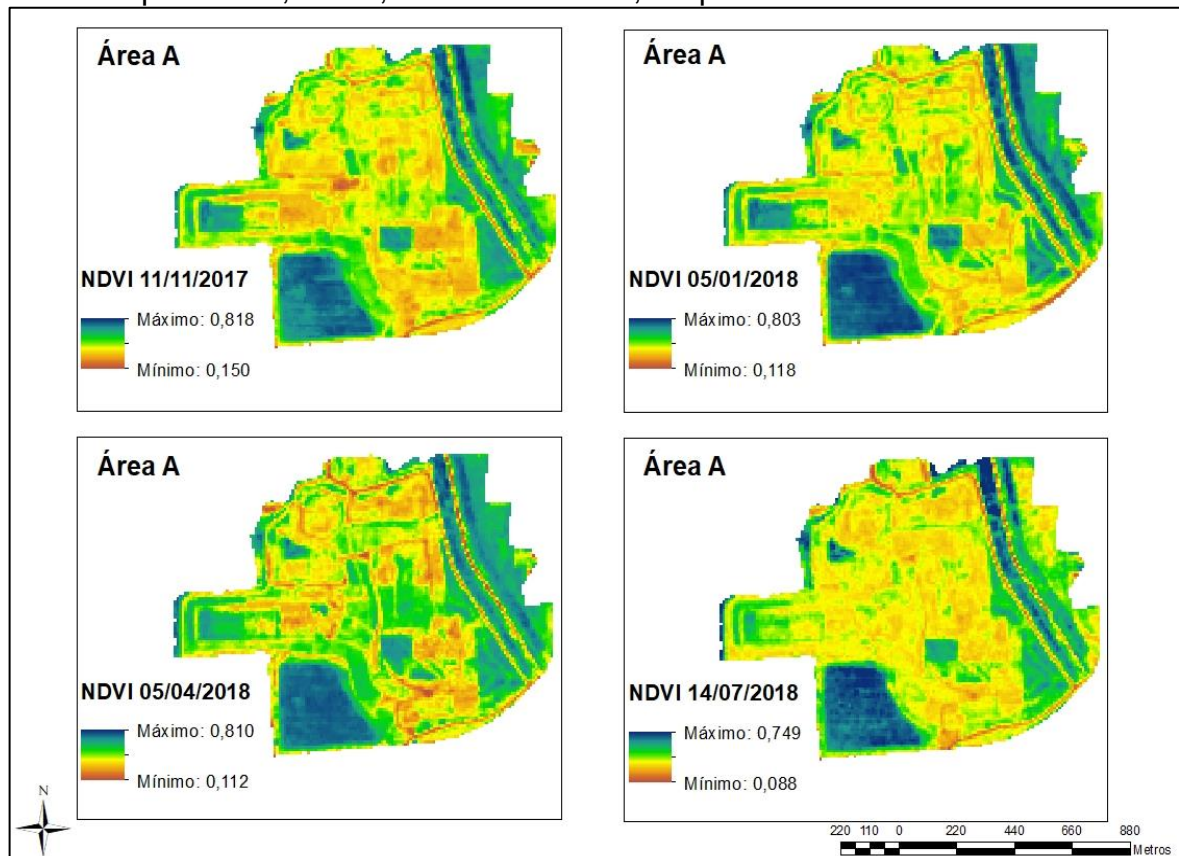
Tabela 3 – Índice de vegetação NDVI e SAVI para as áreas de estudo A, B e C contendo valores de média, máximo, mínimo e desvio padrão.

NDVI												
Área	A				B				C			
Parâmetro	11/11/17	05/01/18	05/04/18	14/07/18	11/11/17	05/01/18	05/04/18	14/07/18	11/11/17	05/01/18	05/04/18	14/07/18
Média	0,496	0,485	0,545	0,390	0,634	0,656	0,659	0,554	0,198	0,185	0,205	0,193
Máximo	0,818	0,803	0,810	0,749	0,841	0,843	0,840	0,794	0,812	0,804	0,808	0,775
Mínimo	0,150	0,118	0,112	0,088	-0,106	-0,064	-0,198	-0,282	-0,012	0,005	-0,040	-0,029
Desvio Padrão	0,134	0,146	0,120	0,106	0,171	0,173	0,176	0,176	0,234	0,232	0,233	0,208
SAVI												
Área	A				B				C			
Parâmetro	11/11/17	05/01/18	05/04/18	14/07/18	11/11/17	05/01/18	05/04/18	14/07/18	11/11/17	05/01/18	05/04/18	14/07/18
Média	0,291	0,290	0,293	0,205	0,368	0,388	0,364	0,278	0,116	0,120	0,116	0,105
Máximo	0,589	0,580	0,605	0,503	0,631	0,652	0,615	0,540	0,534	0,528	0,530	0,527
Mínimo	0,071	0,050	0,050	0,035	-0,015	-0,009	-0,031	-0,061	-0,009	-0,004	-0,023	-0,018
Desvio Padrão	0,104	0,109	0,089	0,070	0,113	0,119	0,115	0,103	0,138	0,137	0,128	0,107

Fonte: Da autora (2018).

A área A apresentou, no índice NDVI, o maior valor médio de 0,545 durante o período do outono, seguido pela estação da primavera com 0,496, verão com 0,485 e o menor valor de média no inverno, com 0,390. O valor máximo de NDVI foi evidenciado na primavera, sendo esse 0,818, e o valor mínimo no inverno com 0,088. Em relação ao SAVI, a maior média para a área foi registrada no outono com o valor de 0,293, seguida da primavera com 0,291 e do verão com 0,290, por último o inverno com 0,205. O valor máximo foi encontrado no outono, 0,605, e o mínimo no inverno de 0,035. A Figura 6 representativa da área A, exibe a variação do NDVI nas diferentes épocas analisadas.

Figura 6 - Representação do índice NDVI na área de estudo A para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente.



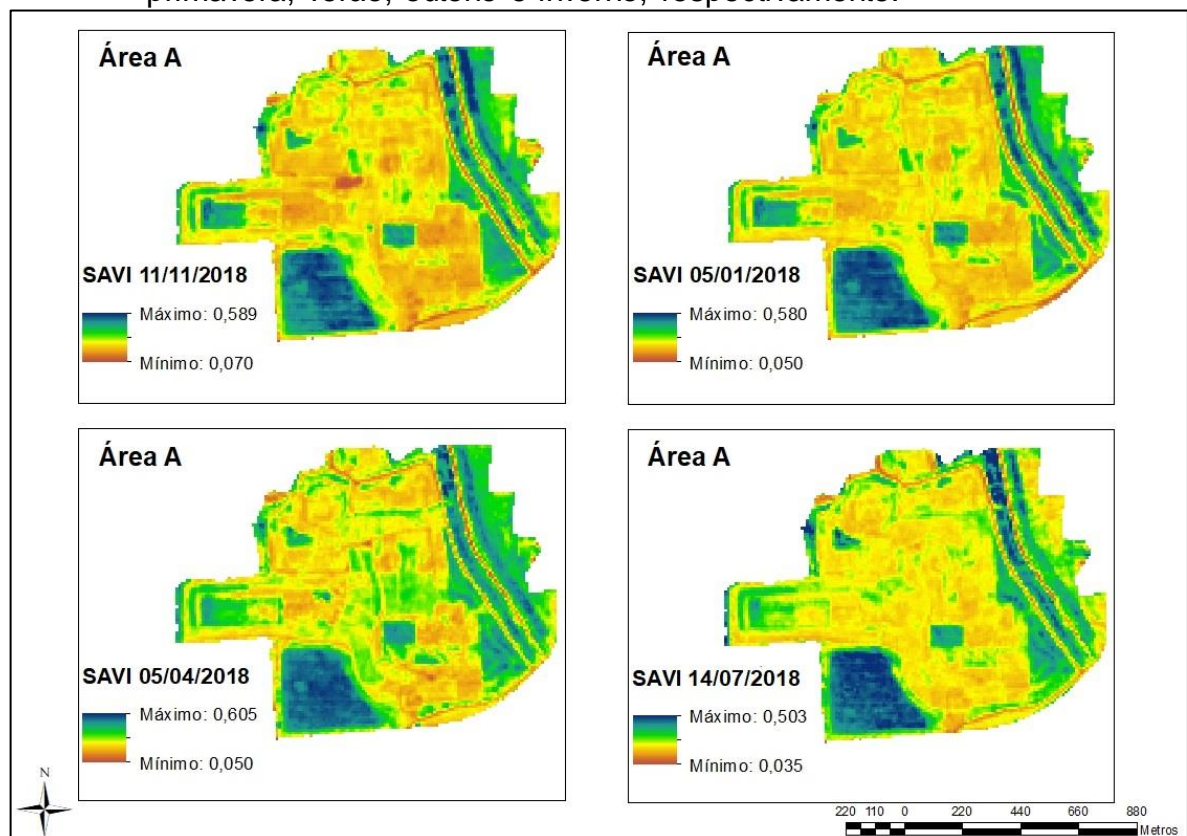
Fonte: Da autora (2018).

Os valores representados pelas cores verdes e amarelas refletem a fisionomia da cobertura vegetal local, onde observa-se o predomínio de cobertura típica de espécies herbáceas, em especial as gramíneas. Nas três primeiras estações (primavera, verão e outono) (Tabela 3 e Figura 6) ocorre uma maior área com valores

mais próximos a 0 (coloração avermelhada) indicando porções de solo exposto ou de baixa cobertura vegetal, enquanto no inverno ocorre a redução de áreas em verde, predominando o tom amarelo, indicando uma diminuição da reflectância espectral, consequentemente, a redução da vegetação.

A Figura 7, por sua vez, apresenta os resultados da área A em relação ao SAVI. Nesta figura é possível observar que a área A apresenta maior área entre valores médios (0,2 - 0,4), e os locais indicativos de solo exposto reduzem, principalmente, na estação do inverno.

Figura 7 – Representação do índice SAVI na área de estudo A para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente.



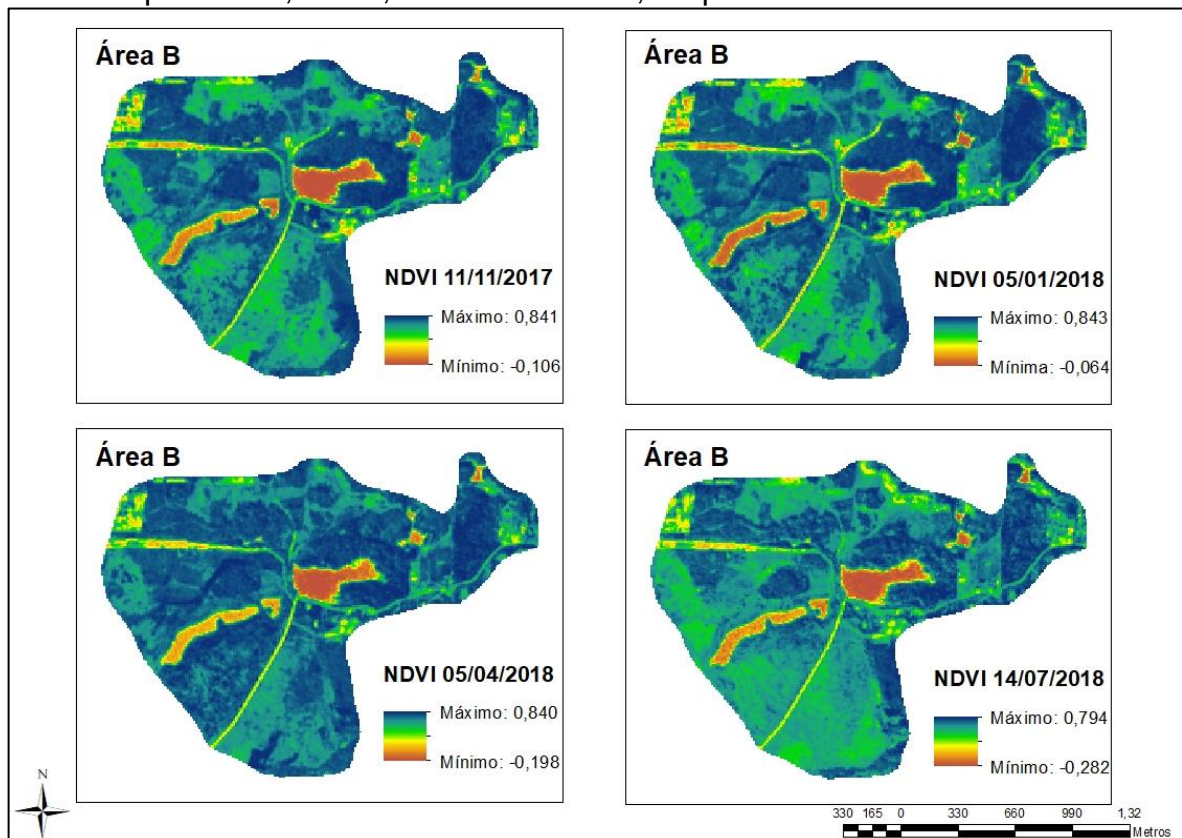
Fonte: Da autora (2018)

Por ser uma área com predomínio de vegetação herbácea, as cores indicativas de valores entre 0,2 e 0,4, (amarelo e verde) ganham um maior destaque, enquanto regiões de maior valor do índice (azul) ocupam pouco espaço, e o solo exposto (avermelhado) tem relevância apenas em algumas estações. Ainda, percebe-se que essa área não apresenta valores negativos de NDVI (Tabela 3), indicando que

não houve interferência de fatores como nuvens nas imagens e corpos hídricos no perímetro local.

Na área B a maior média de NDVI (Tabela 3), 0,659, foi registrada no outono, seguida do verão com o valor de 0,656, demonstrando pouca diferença entre ambas, na sequência a estação da primavera com 0,634 e por fim a estação do inverno, com o valor 0,554. Nessa área são identificados os valores extremos de NDVI sendo o máximo na estação do verão, 0,843, e o mínimo no inverno, -0,282. A Figura 8, por sua vez, representa a variação dos índices de NDVI para a área de estudo B.

Figura 8 - Representação do índice NDVI na área de estudo B para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente.



Fonte: Da autora (2018).

Essa área apresenta predominância de tons representativos do valor máximo de NDVI (azul), desse modo, indicando local de vegetação com maior atividade fotossintética e maior área de cobertura verde quando comparada com as demais áreas, devido a presença de espécies vegetais de maior porte como predominantes. Os valores próximos ou abaixo de zero (cor avermelhada) são

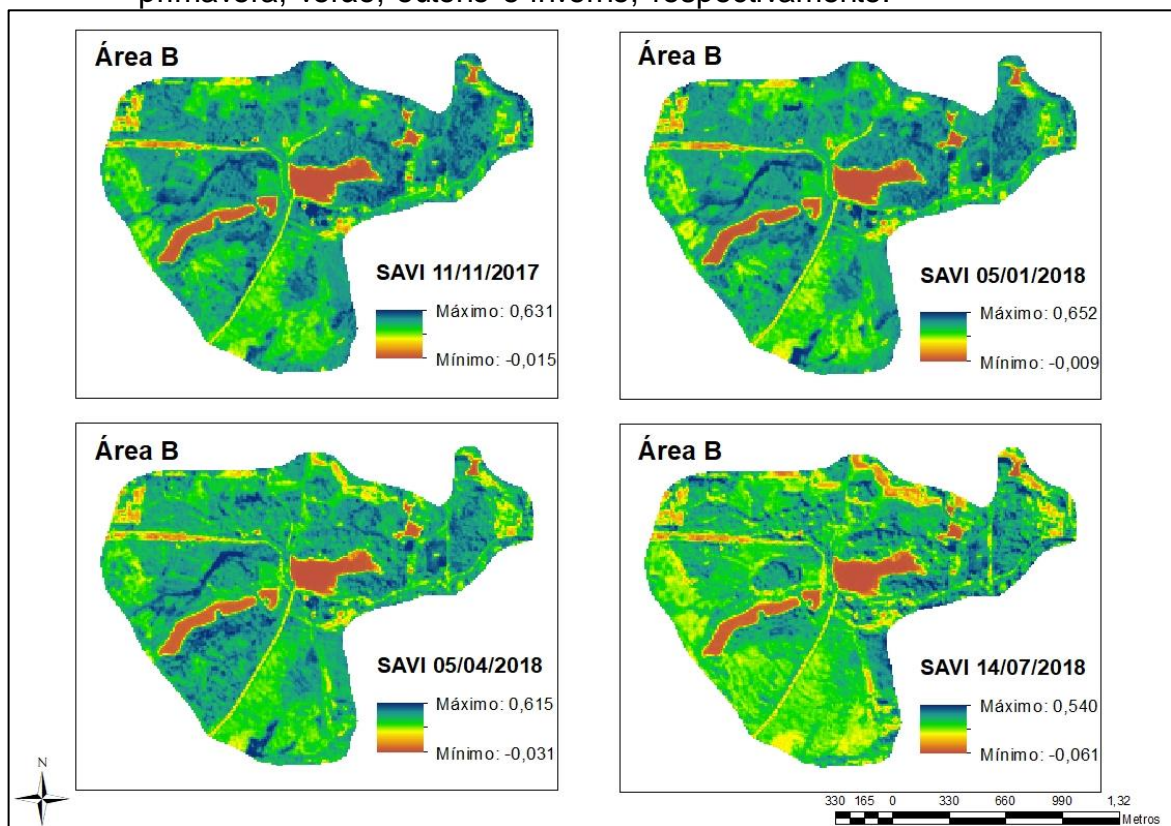


ressaltados nas partes equivalentes as lagoas presentes no local, sendo pouco expressivas no restante da região. Na estação do inverno ocorre nítida diminuição dos índices, demonstrando perda da biomassa vegetal.

Para o SAVI (Figura 9), o maior índice médio foi registrado no verão com o valor de 0,388, seguido pela primavera com 0,368, outono com 0,364 e com o valor médio mais baixo está a estação do inverno, com 0,278. O valor máximo de SAVI foi constatado no verão com 0,652 e o valor mínimo de -0,061 no inverno.

No índice SAVI ocorre diminuição dos valores quando comparados ao NDVI para todas as épocas (Tabela 3), com isso, demonstrando uma área com menor grau de reflectância da vegetação. O mesmo padrão dos índices mais baixos na região das lagoas se repete para esse cálculo, porém, na estação do inverno, é possível notar maior quantidade de áreas indicativas de solo exposto na região de estudo.

Figura 9 - Representação do índice SAVI na área de estudo B para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente.

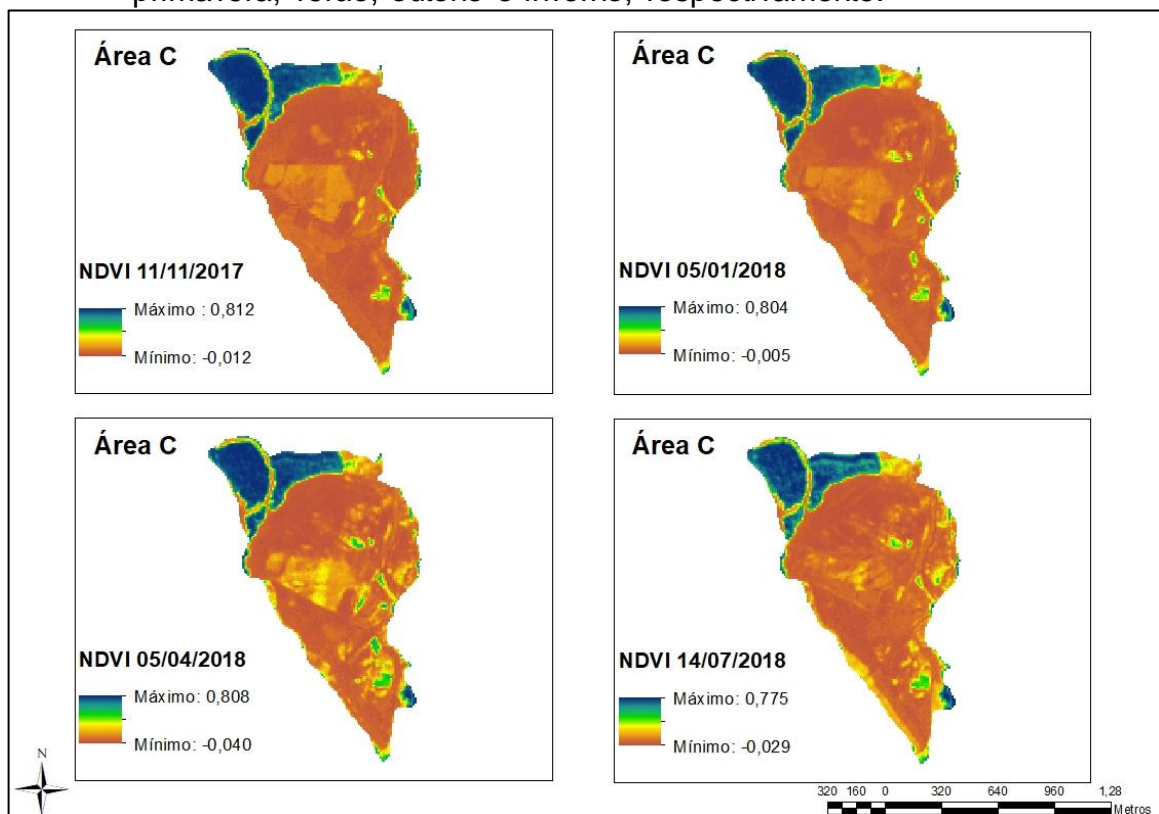


Fonte: Da autora (2018).

No geral, é possível notar que a fisionomia da vegetação da área B se difere da área A, apresentando a coloração verde e azul como predominante o que indica uma maior atividade fotossintética, enquanto a área A apresenta uma reflectância com característica de regiões predominantemente herbáceas.

Para a área C (Tabela 3 e Figura 10), as médias de NDVI oscilaram próximas umas às outras, obtendo leve destaque na estação do outono com 0,205, seguido da primavera com 0,198, inverno com 0,193 e o verão com o menor índice no valor de 0,185. O valor máximo foi constatado na primavera com 0,812, e o valor mínimo, diferentemente do exposto para as outras áreas, na estação do outono, com -0,040. No SAVI, a maior média foi demonstrada na estação do verão com o valor de 0,120, seguido das estações de primavera e outono onde ambas apresentaram o valor médio de 0,116, e a estação do inverno com o menor valor de 0,105. O valor máximo de SAVI para a área (Tabela 3 e Figura 11), de 0,534, foi localizado na estação da primavera e o valor mínimo no outono, com -0,023. As Figuras 10 e 11 apresentam a disposição dos valores de índices para NDVI e SAVI respectivamente.

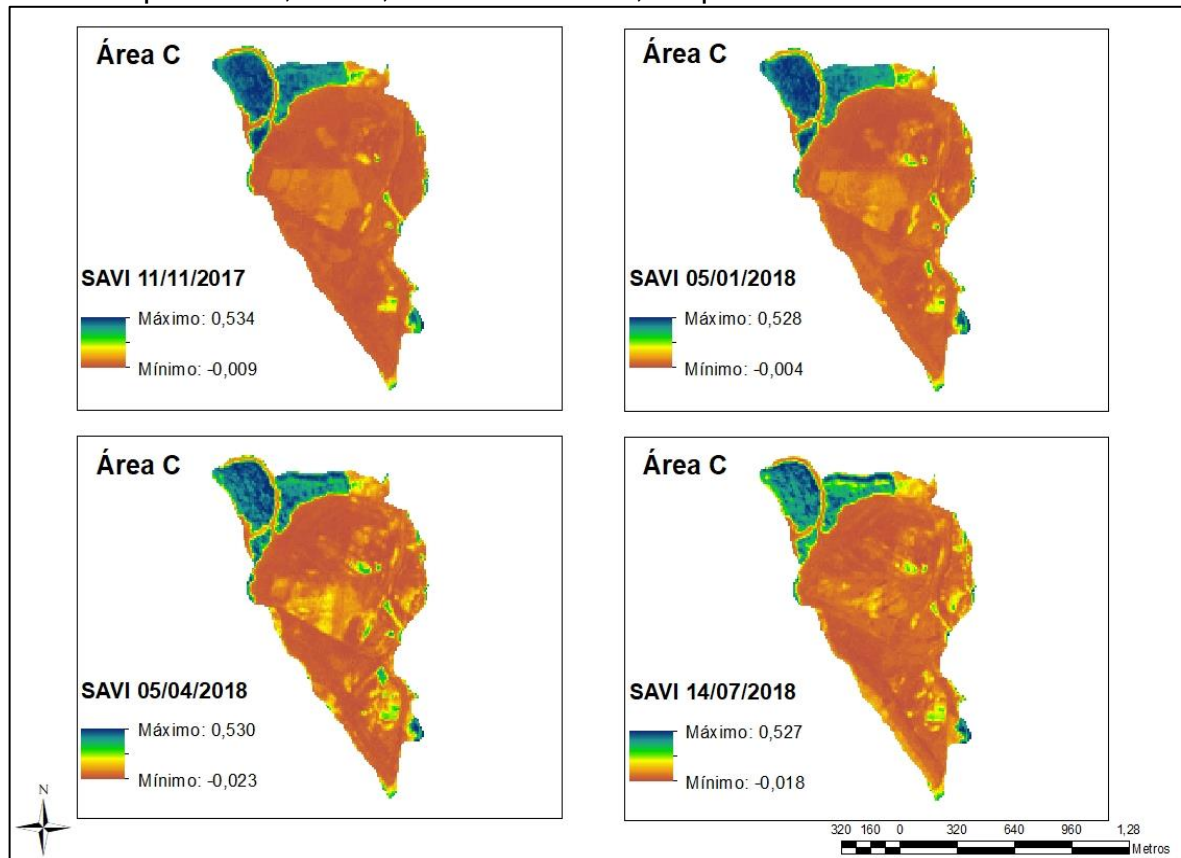
Figura 10 - Representação do índice NDVI na área de estudo C para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente.



Fonte: Da autora (2018).



Figura 11 - Representação do índice SAVI na área de estudo C para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente.



Fonte: Da autora (2018).

É perceptível que na área C ocorre predominância de solo desnudo em quase sua totalidade, indicado pelo tom avermelhado na imagem, contando ainda com presença de vegetação de maior porte apenas em sua porção superior, apresentada pela cor azul, onde ocorre maior atividade fotossintética, mas que não caracteriza a região. O comportamento da área C é similar entre o NDVI e o SAVI, sendo que essa caracterização da área ocorre devido a elevada presença de solo nu, já que a mesma encontra-se em fase de cobertura do estéril, por tanto, ainda não possui vegetação implantada, o que diminui os valores médios dos índices quando equiparado as demais áreas que já possuem a ocorrência de cobertura vegetal.

As médias do índice NDVI (Tabela 3) para as áreas de estudo demonstram um padrão de aumento na estação do outono e uma queda para a estação do inverno, exceto na área C, onde os índices apresentam-se de forma mais estabilizada, com uma pequena queda no verão.

Em Santa Catarina, o outono tem por característica a diminuição nos índices pluviométricos e aumento da incidência de nuvens causando a redução da insolação, sendo esses, fatores que refletem diretamente na vegetação (MONTEIRO, 2001), bem como no seu comportamento espectral ligado a intensidade da fotossíntese e resposta da planta ao sensor. Essas características são ocorrentes nas áreas de estudo, desse modo, possivelmente, os valores médios mais altos no outono se dão ao fato da imagem representativa do período pertencer ao dia 05/04/2018, correspondendo ao início da estação, por tanto, refletindo muito mais as características da estação anterior (verão) do que o outono propriamente dito.

Diferentemente do exposto no índice NDVI, a média para o SAVI (Tabela 3) não apresentou um padrão em seus valores. Na área A, a média máxima foi evidenciada na estação do outono, enquanto nas áreas B e C a mesma ficou demonstrada no verão. Já a média mínima se comportou semelhante ao índice NDVI, ocorrendo uma redução em todas as áreas na estação do inverno.

As áreas A e C expõem um valor quase que constante durante as primeiras três estações (primavera, verão, outono) e ocorre a queda do índice no inverno, enquanto a área B oscila apresentando aumento no verão, valores próximos na primavera e outono, e com uma queda acentuada na estação do inverno. Nesse caso, percebe-se que as médias aumentam na estação do verão e diminuem aos poucos até a redução efetiva na estação do inverno.

O SAVI obteve seu ápice na estação do verão na maioria das áreas, onde as temperaturas são elevadas com alto índice de radiação solar e aumento nos índices pluviométricos (MONTEIRO, 2001). Essas características climáticas favorecem o desenvolvimento da vegetação, ocorrendo maior disponibilidade de pigmentos fotossintetizantes, resultando na absorção intensa da radiação na faixa do vermelho e em uma elevada reflectância na faixa do infravermelho próximo (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). O índice SAVI demonstrou melhor as características das estações quando relacionadas a vegetação, já que seu propósito é suavizar a influência dos efeitos no solo na resposta espectral da cobertura vegetal.

Ambos os índices se apresentam de forma reduzida na estação do inverno para todas as áreas. Esse comportamento se deve a própria caracterização da estação no estado, no qual ocorre o declínio das temperaturas, baixo índice de

insolação e baixa pluviosidade (MONTEIRO, 2001). O mesmo padrão de redução dos índices para a estação do inverno pode ser verificado no estudo proposto por Nora, Silva e Martini (2010). Nesse, ocorre o declínio acentuado no mês de julho, mesmo período de aquisição da imagem para a estação nesse estudo, que reflete também essa tendência. Esse fato se dá em decorrência a perda da biomassa vegetal no inverno que influencia a redução dos pigmentos fotossintetizantes, resultando no aumento da reflectância na faixa do vermelho e conseqüentemente diminuindo a radiação na faixa do infravermelho (NORA; SILVA; MARTINI, 2010).

A análise de variância (ANOVA) entre os períodos apontou que existe uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as áreas de estudo tanto para NDVI como para o índice SAVI.

A aplicação da correlação de Spearman ( $p \leq 0,05$ ) para averiguação da influência da precipitação acumulada e a variação temporal da vegetação, demonstrou que não houve correlação entre ambas. Para área A, o valor da correlação foi de 0,87 e 0,61, na área B de 0,69 e 0,47 e na área C de 0,70 e 0,46 para NDVI e SAVI, respectivamente. Em nenhuma das áreas o valor da correlação foi igual ou superior a 95%, por tanto, não indica que a pluviosidade interferiu nos valores obtidos correspondentes a variação da vegetação, corroborando o trabalho proposto por Vibrans, Schramm e Lingner (2011) realizado na Bacia do Rio Itajaí/SC. Contudo, pode-se evidenciar que existe uma tendência de os índices aumentarem conforme a elevação da pluviosidade, mas esse aumento não se demonstrou significativo para o presente estudo.

A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em conjunto com dados de índices de vegetação, permitiram averiguar o comportamento temporal da cobertura vegetal nas três áreas de estudo que passam por processo de recuperação ambiental. Desse modo, a utilização de SR demonstra ser de relevante interesse para monitoramento ambiental dessas áreas, elucidando a capacidade de apontar os locais onde há ocorrência de baixa atividade fotossintética, bem como indicar os pontos que ocorram maior cobertura de área verde sem a necessidade de visitaçãõ a campo.

## 5 CONCLUSÃO

A utilização do sensor Sentinel-2 com imagens de resolução de 10 metros apontou resultados significativos dos índices estudados, alcançando os objetivos propostos para a realização do presente estudo.

A área B demonstrou maior atividade fotossintética quando comparada com as demais regiões estudadas, indicando maior cobertura verde, enquanto a área A apresentou um padrão de índices característicos de regiões compostas por vegetação herbácea e na área C ocorreu a menor resposta espectral da vegetação, demonstrando que nesse local ocorre predomínio de solo exposto ou de baixa densidade da cobertura vegetal.

Na estação do outono ocorreram as maiores médias para as áreas, principalmente no índice NDVI, mesmo tendo características controversas a esse fato. A aquisição da imagem no início da estação influenciou nesse quesito, onde os resultados evidenciaram as características da estação anterior. Desse modo se faz necessário, para um estudo mais característico do comportamento temporal da vegetação, definir imagens em meados da estação, pois assim representará de forma mais eficaz o comportamento da cobertura vegetal para o período em estudo.

Ainda, não se obteve uma correlação significativa do aumento dos índices de vegetação em decorrência da pluviosidade no estudo, entretanto, os índices demonstraram tendência a aumentar nos períodos mais chuvosos.

Os dados obtidos através do presente estudo indicam potencialidade no uso da técnica de SR para monitoramento e avaliação da cobertura vegetal em áreas em processo de recuperação ambiental, possibilitando um controle temporal dessas áreas, evidenciando as estações onde ocorre aumento ou diminuição de atividades fotossintéticas da vegetação, permitindo ainda, averiguar a influência de fatores abióticos correlacionando-os aos índices, como temperatura e precipitação.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, K. M. P.; COUTINHO, L. M. Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo da Vegetação em Ênfase em Índice de Vegetação e Métricas da Paisagem. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 173-198, jan/abr, 2014.
- ALMEIDA, C. M. **Aplicações dos Sistemas de Sensoriamento Remoto por Imagens e o Planejamento Urbano Regional**. USJT- Arq.Urb, n. 3, p.98-123, 2010.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. São Paulo, v. 22, p.711-728, 2013. Disponível em: <[http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2018.
- AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. Estudo da Dinâmica do Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada (NDVI) no Núcleo de São Raimundo Nonato-Pi. GEOUSP - **Espaço e Tempo**, São Paulo, nº 31, p. 157 - 168, 2012.
- BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na Caracterização da Cobertura Vegetativa na Região Norte de Minas Gerais. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.
- CASTILHOS, Z. C.; FERNANDES, F. R. C. A Bacia Carbonífera Sul Catarinense e os Impactos e Passivos da Atividade da Indústria Extrativa Mineral de Carvão na Territorialidade. In: **Recursos minerais & sustentabilidade territorial**. Grandes minas. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011. v.1. p.361-386.
- CETEM, Centro de Tecnologia Mineral. **Projeto conceitual para recuperação ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense**. Relatório Técnico elaborado para o SIECESC, v.1, 2001. Disponível em: <[http://www.siecesc.com.br/pdf/conceitual\\_volume\\_i.pdf](http://www.siecesc.com.br/pdf/conceitual_volume_i.pdf)>. Acesso em: 07 mar. 2018.
- CINTRA, D. P. **Classificação dos Estágios Sucessionais Florestais por Meio de Imagens de Alta Resolução (IKONOS) no Parque Estadual de Pedra Branca, RJ**. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.
- DGTERRITORIO. **Breve descrição dos Satélites Sentinel**. 2017. Disponível em: <[http://www.dgterritorio.pt/cartografia\\_e\\_geodesia/cartografia/detecao\\_remota/coper-nicus/componente\\_espaco/breve\\_descricao\\_dos\\_satelites\\_sentinel/](http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/detecao_remota/coper-nicus/componente_espaco/breve_descricao_dos_satelites_sentinel/)>. Acesso em: 09 mar. 2018.
- FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, E. P. Sensoriamento Remoto da Vegetação: Evolução e estado-da-arte. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

INVERNIZZI, A. L. et al. **Projeto Recuperação Ambiental da Bacia Carbonífera de Santa Catarina**, 2011. Disponível em: < [http://www.ufrgs.br/rede-carvao/Sess%C3%B5es\\_A4\\_A5\\_A6/A4\\_ARTIGO\\_02.pdf](http://www.ufrgs.br/rede-carvao/Sess%C3%B5es_A4_A5_A6/A4_ARTIGO_02.pdf)>. Acesso em: 05 mar. 2018.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. **Projeto de Reabilitação Ambiental de Áreas Degradadas do Campo Morozini (Treviso, SC)**. Relatório Técnico. Criciúma: 2009, 139p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. **Monitoramento Ambiental no antigo terreno da Indústria Carboquímica Catrinense – ICC**. Relatório Técnico, 1. Criciúma. 2012. 36p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. **Monitoramento Ambiental no antigo terreno da Indústria Carboquímica Catrinense – ICC**. Relatório Técnico, 21. Criciúma. 2016. 128p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. **Programa de monitoramento do Projeto de Recuperação Ambiental do Campo Morozini**. Relatório Técnico, 1. Treviso. 2009. 131p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. **Programa de monitoramento do Projeto de Recuperação Ambiental do Campo Morozini**. Relatório Técnico, 13. Treviso. 2014. 198p.

KUHNEN, B. S. **Análise da Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga (SC)**. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Unesc. Criciúma, 2016.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2006. 908 p.

MONTEIRO, M. A.; Caracterização climática do Estado de Santa Catarina: Uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **GEOSUL**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

MORAES, E. C. **Fundamentos De Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INEP, São José dos Campos, 2002.

NASCIMENTO, F. M. F.; MENDONÇA, R. M. G.; MACÊDO, M. I. F.; SOARES, P. S. M. Impactos Ambientais nos Recursos Hídricos da Exploração de Carvão em Santa Catarina. **CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA A CÉU ABERTO & II CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA SUBTERRÂNEA**, Belo Horizonte, 2002.

NORA, E. L. D.; SILVA, F. F.; MARTINI, D. Z. Análise da Dinâmica Sazonal de Fitofisionomias de Floresta Estacional Decídua e Floresta Ombrófila Mista com Base em Índices de Vegetação Ndvi-Evi/Modis. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife - PE, p. 001 – 007, 2010.

OLIVEIRA, G. S.; ASCIUTT, G. A. M.; VANZELA, L. S. Análise da Variação Sazonal dos Valores de NDVI para Vegetação Nativa no Município de Olímpia – SP. **I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO**, Uberaba/MG, 2015. Disponível em: <<http://sasgeo.eco.br/index.php/2015/cred/paper/viewFile/34/87>>. Acesso em: 25 set. 2018.

PACHECO, M. N. **Uso do SIG: Sistema de Informações Geográficas na Gestão de Dados de Monitoramento Ambiental**. 2014. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Unesc, Criciúma, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4150/1/MURILO\\_NASPOLINI\\_PACHECO.pdf](http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4150/1/MURILO_NASPOLINI_PACHECO.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2018

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São Jose dos Campos: Parêntese, 136 p., 2007.

RAMOS, N. P.; LUCHIARI JUNIOR, A. **Monitoramento Ambiental**. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_73\\_711200516719.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_711200516719.html)>. Acesso em: 12 mar. 2018.

RAVAZZOLI, C. A Problemática do Carvão em Santa Catarina: Sua Evolução Até os Termos de Ajustamento de Conduta Vigente Entre os Anos de 2005 e 2010. **Geografia em Questão**, v. 6, n. 1, 2013.

RODRIGUES, T. S.; RIBEIRO, S. R. A.; VAZ, M. S. M. G. Avaliação do desempenho de dois Índices de Vegetação (NDVI e SAVI) por meio de Índice de Qualidade de Imagens. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, p. 696- 703, 13 a 18 de abril de 2013.

ROMANO NETO, R. et al. Monitoramento de Indicadores Ambientais na Bacia Carbonífera de Santa Catarina. In: **V Congresso Brasileiro de Carvão Mineral**, Criciúma, 2017. Disponível em: <<https://ssl4799.websitesequiro.com/swge5/PROCEEDINGS/PDF/CBCM2017-0061.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2018.

ROSENDO, J. S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Araguari - MG – Utilizando Dados do Sensor MODIS**. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005. Disponível em: <[http://ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/jussara\\_santos.pdf](http://ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/jussara_santos.pdf)>. Acesso em: 8 mar. 2018.

SILVA, L. M.; FERREIRA, R. L. Impacto Ambiental Pela Mineração de Carvão no Sul de Santa Catarina. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 4, p.54-71, 2015.

VIBRANS, A. C.; SCHRAMM, V. F.; LINGNER, D. V. Dinâmica Sazonal da Vegetação na Bacia do Rio Itajaí, SC, Por Meio de Imagens Modis Terra. **Revista de Estudos Ambientais – REA**, v.13, n. 1, p. 42-52, jan./jun. 2011.