

## UTILIZAÇÃO DOS ÍNDICES GRVI, GLI E RGBVI NO PLANEJAMENTO MUNICIPAL DE ÁREAS VERDES URBANAS

### *Use of the GRVI, GLI and RGBVI indexes in municipal planning of urban green areas*

**Jesley Milena Silva Tenório**

**Universidade Federal de Pernambuco**

Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura / CTG  
Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária – PE / CEP 50740-550  
Jesley.tenorio@ufpe.br

**Ana Lúcia Bezerra Candeias**

**Universidade Federal de Pernambuco**

Departamento de Engenharia Cartográfica / CTG  
Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária – PE / CEP 50740-550  
ana.candeias@ufpe.br

#### **Resumo:**

A estrutura e a disposição espacial das áreas verdes urbanas são parâmetros que devem ser considerados no processo da elaboração e execução de planos e projetos de desenvolvimento urbano, visando a estruturação de políticas urbanas inteligentes e adequadas à realidade do município alvo. Contudo, por se tratar de uma feição natural, ou seja, dinamicamente ativa, sendo potencialmente passível de variações estruturais consideráveis no decorrer de um curto período de tempo, faz-se necessário a realização de atividades de atualização periódica de sua extensão espacial, o que pode ser economicamente inviável para pequenos municípios, caso esse mapeamento seja realizado pelos métodos convencionais, ou clássicos, De modo que deve-se analisar a adoção do sensoriamento remoto de alta resolução para estes fins. Porém, o processamento dessas imagens torna-se um pouco mais complexo, em relação às de média resolução, contudo, o uso de índices de vegetação pode ser uma ferramenta satisfatória para facilitar esse processo. A partir disso, o presente trabalho discorre sobre o uso do sensoriamento remoto de alta resolução no processo de extração das áreas verdes urbanas presentes em um trecho da sede municipal de Floresta-PE, através do processamento de imagens em softwares SIG de dados abertos, pelo uso de índices de vegetação GRVI, GLI e RGBVI, no intuito de possibilitar a extração desses espaços verdes, mediante classificação automatizada e a obtenção de um intervalo que proporcione o menor erro de omissão e de comissão possível (limiar ótimo).

**Palavras-chave:** Planejamento urbano, sensoriamento remoto, áreas verdes urbanas, imagens de alta resolução, índices de vegetação

#### **Abstract**

The structure and spatial arrangement of urban green areas are parameters that must be considered in the process of elaboration and execution of plans and urban development projects, aiming at the structuring of intelligent urban policies that are adequate to the reality of the target municipality. However, because it is a natural feature, that is, dynamically active, being potentially susceptible to considerable structural variations over a short period of time, it is necessary to carry out periodic updating activities of its spatial extension, which it may be economically unfeasible for small municipalities, if this mapping is carried out by conventional or classical methods. Therefore, the adoption of high resolution remote sensing for these purposes should be analyzed. However, the processing of these images becomes a little more complex, in relation to the medium resolution

ones; however, the use of vegetation indices can be a satisfactory tool to facilitate this process. The present work discusses the use of high resolution remote sensing in the process of extracting urban green areas, present in a stretch of the municipal seat of Floresta-PE, through image processing in open data GIS software, by use of vegetation indices GRVI, GLI and RGBVI, in order to enable the extraction of these green spaces, through automated classification, and to obtain an interval, that provides the smallest possible omission and commission error (optimal threshold).

**Keywords:** Urban planning, remote sensing, urban green areas, high resolution images, vegetation index

## 1 INTRODUÇÃO

O bem-estar dos cidadãos, o equilíbrio ambiental e o direito ao lazer são alguns dos objetivos destacados pelo Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001, no tocante à execução, por parte do Poder Público municipal, da política urbana, que segundo FILHO (2006), consiste no “conjunto de estratégias e ações do poder público, isoladamente ou em cooperação com o setor privado, necessárias à constituição, preservação, melhoria e restauração da ordem urbanística em prol do bem-estar das comunidades”.

Estes resultados, por sua vez, estão diretamente relacionados à existência e boa gestão das chamadas áreas verdes urbanas, cuja definição é abordada no Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/2012, de acordo com o artigo 3º, inciso XX.

Quanto à importância desses espaços verdes nas cidades, CARMO, REBOLLAR e LOCH (2006), discorrem sobre isso no âmbito ambiental, climático e paisagístico, mas, além disso, ressaltam o desejo da população no que diz respeito ao aumento, ou melhor administração e disposição dessas áreas, que são, atualmente, um aspecto relevante no processo de planejamento municipal, haja vista os problemas decorrentes das ocupações urbanas desordenadas.

Contudo, apesar de ser um objeto de fácil entendimento, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, existe, atualmente, um déficit de espaços destinados às áreas verdes nos municípios brasileiros, tanto no aspecto quantitativo como no aspecto qualitativo. Tal situação motivou, em 2020, a criação do Programa Cidades+Verdes, a partir da Portaria 504/2020, que por sua vez, também instituiu o Cadastro Ambiental Urbano (CAU), de caráter declaratório. O programa federal tem por objetivo promover o crescimento e a melhoria dos espaços verdes nos municípios (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022).

No processo da elaboração e execução de planos e projetos de desenvolvimento urbano, deve-se considerar, dentre outros parâmetros, a estrutura espacial das áreas verdes para obtenção de uma análise qualitativa e quantitativa, visando a estruturação de políticas urbanas inteligentes e adequadas à realidade do município alvo. Contudo, por se tratar de uma feição natural, e potencialmente passível de variações estruturais no decorrer de um curto período de tempo, faz-se necessário a realização de atividades de atualização periódica de sua extensão espacial, o que pode ser economicamente inviável para pequenos municípios, caso esse mapeamento seja realizado pelos métodos convencionais, ou clássicos.

A partir disso, o presente artigo apresenta o uso do sensoriamento remoto de alta resolução no atendimento às demandas das secretarias dos governos municipais quanto ao mapeamento das áreas verdes urbanas, a partir do processamento de imagens em softwares SIG de dados abertos, e pelo uso de índices de vegetação: GRVI (*Green-Red Vegetation Index*), GLI (*Green Leaf Index*) e RGBVI (*Red Green Blue Vegetation Index*), possibilitando

sua extração para utilização em elaboração de mapas temáticos de uso e ocupação do espaço urbano, destinados a auxiliar no processo de gestão municipal conforme as diretrizes nacionais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A aplicação do sensoriamento remoto no planejamento urbano foi, por um tempo, impossibilitada devido à baixa resolução espacial dos produtos gerados, haja vista a complexidade dos espaços urbanos, mediante a alta variabilidade espectral do ambiente ocasionada pela concentração de diferentes feições. Porém, com o aprimoramento tecnológico dos sensores, atualmente, tem-se imagens com resolução espacial menor do que 1 (um) metro, possibilitando a detecção de detalhes no terreno. Contudo, o processamento desses dados torna-se um pouco mais complexo, em relação aos de média resolução, pelo fato de trazerem consigo informações que, para os trabalhos de classificação, são indesejáveis, como as sombras geradas pelo bloqueio da luz solar pelas árvores, edificações e outros alvos, ficando visíveis nas imagens de alta resolução, devido ao detalhamento dessas imagens (resolução espacial).

SILVA (2020) propõe o uso de camadas auxiliares, que são ferramentas empregadas no intuito de obter uma classificação que expresse satisfatoriamente as realidades do ambiente urbano analisado. Ela analisa como os índices de vegetação GLI, GRVI, e RGBVI, alternativos ao consolidado NDVI.

$$GLI = \frac{(2 \cdot Green - Red - Blue)}{(2 \cdot Green + Red + Blue)} \quad (1)$$

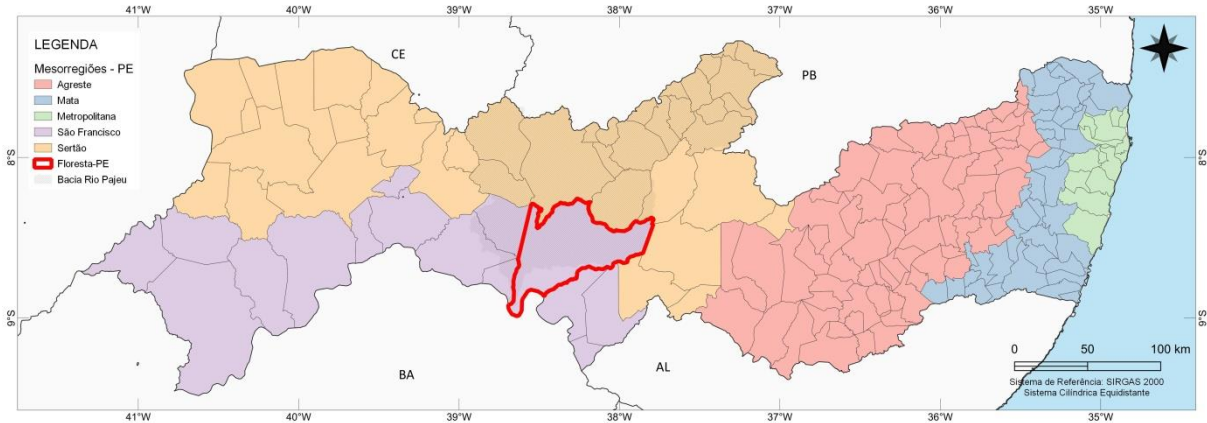
$$GRVI = \frac{(Green - Red)}{(Green + Red)} \quad (2)$$

$$RGBVI = \frac{(Green^2 - (Blue \cdot Red))}{(Green^2 + (Blue \cdot Red))} \quad (3)$$

## 3 ÁREA DE ESTUDO

A área analisada no presente trabalho corresponde a um pequeno trecho do centro urbano do município de Floresta em Pernambuco, localizado na região fisiográfica do Sertão, caracterizada pelas altas temperaturas, baixa pluviosidade anual e pelo predomínio do bioma Caatinga. A Figura 1 mostra o município de Floresta destacado no estado de Pernambuco. Esse município está inserido na Mesorregião do São Francisco Pernambuco e na bacia hidrográfica do Rio Pajeú, possuindo 3.644,169 km<sup>2</sup> de extensão territorial, sendo a segunda maior do estado, e população estimada em 33.488 habitantes, em 2021, conforme dados do IBGE. O município possui plano diretor vigente (Lei N° 479/2012) que estabelece o zoneamento territorial, no qual o trecho trabalhado integra a Zona de Consolidação Urbana (ZCU) da região.

Figura 1 – Município de Flores – PE (2022).



Fonte: Autores (2022).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A ortoimagem utilizada para realização das atividades procede do PE3D, o programa de mapeamento tridimensional de todo o estado de Pernambuco, realizado por meio da Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE), conforme descrito no site do PE3D. A cena, quadrícula SC-24-X-A-IV-2-NE-E-II, foi adquirida gratuitamente pelo site oficial do projeto em extensão Geotiff. A imagem é de Agosto de 2014, possui resolução espacial de 50 cm, e abrange uma área com extensão de 2,708 km<sup>2</sup>, sendo posteriormente reduzida, mediante recorte por uma camada de máscara, para a extensão útil de 1,417 km<sup>2</sup>, de modo a destacar melhor o centro urbano do município de Floresta – PE.

As etapas iniciais de processamento da cena e geração dos índices de vegetação foram realizadas no software SIG de dados aberto, Qgis, na versão 3.16.11, utilizando a ferramenta Calculadora Raster para realizar as operações aritméticas com as bandas da ortoimagem, conforme as equações (1), (2) e (3), gerando um conjunto de três imagens raster. Pelo fato dos pixels apresentarem alguns valores negativos, e/ou muito próximos ao valor de zero, e com mais de quatro casas decimais, foi realizado um ajuste nas equações (1), (2) e (3), pela Calculadora Raster, a partir da aplicação de uma equação linear, conforme a equação (4), sendo  $a$ , a constante de ganho, e  $b$  a constante de offset, de modo a facilitar a análise e a expressão dos resultados, onde  $x_{ij}$  é um pixel da imagem entrada do índice GLI, GRVI e RGBVI, e  $y_{ij}$  é um pixel da imagem de saída desses índices transformados.

$$y_{ij} = a * (x_{ij}) + b \quad \text{onde } a = 50, b = 100 \quad (4)$$

As imagens geradas foram analisadas estatisticamente, em relação à distribuição de valores, pelo histograma, e outros parâmetros estatísticos como a média, variância e o grau de correlação entre elas. Para obter esses resultados, utilizou-se o relatório das Componentes Principais, do software Spring, versão 5.5.6. Também se utilizou uma composição RGB com o GLI na banda Red, o GRVI na banda Green (por expressar melhor a vegetação), e o RGBVI

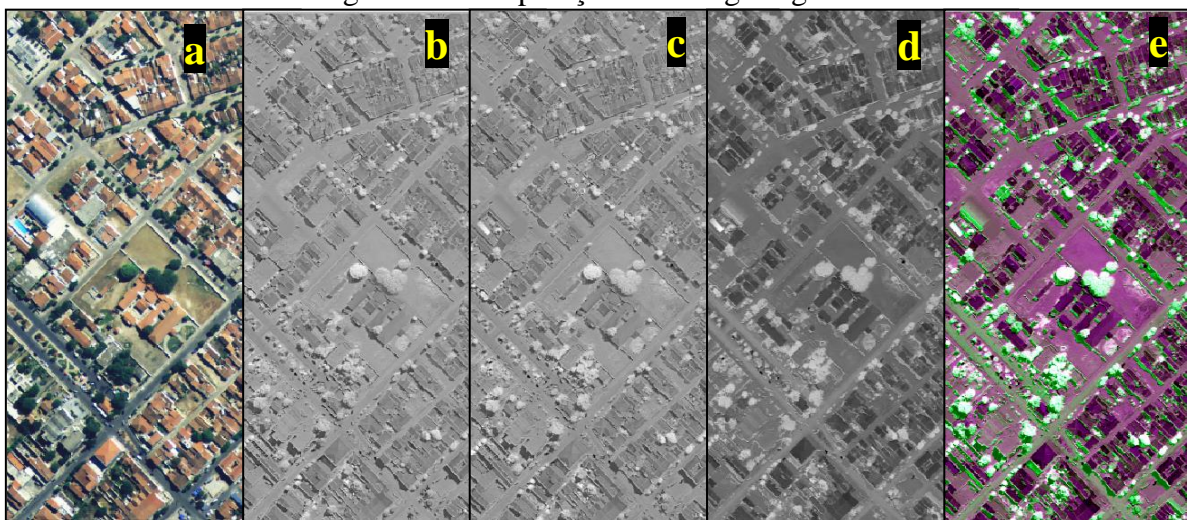
na banda Blue (Figura 2 (e)). Também foram coletadas de forma supervisionada, amostras das feições de interesse (matrizes 5x5), utilizando a ferramenta Leitura de Pixels. Este processo foi realizado para obter o espaço de atributos GRVI *versus* GLI, e GRVI *versus* RGBVI das classes Telhado cerâmico, Telhado Brasilit, Telhado Alumínio, Cobertura de lona, Pavimento, Solo claro, Solo escuro, Corpos d'água, Piscina, Vegetação densa, Vegetação rasteira e Sombra em cada índice, visando prever as misturas de classes no processo de classificação.

A classificação das imagens geradas pela aplicação dos índices GLI, GRVI e RGBVI foi realizada segundo o método dos Quartis, método automático de classificação disponibilizado pelo software Qgis, que melhor discriminou as áreas verdes urbanas. As imagens dos índices, foram categorizadas, em 9 (nove) classes, haja vista promover uma análise visual mais clara dos resultados gerados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aplicando-se as equações (1), (2) e (3), foram geradas três imagens monocromáticas georreferenciadas conforme o sistema de projeção da ortomagem original, a saber, Sirgas 2000 UTM fuso 24 Sul. Os resultados são apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Comparação das imagens geradas.



a) Imagem original, b) GLI, c) RGBVI, d) GRVI, e) Composição R(GLI), G(GRVI), B(RGBVI)

Fonte: Autores (2022).

Fazendo-se uma comparação visual entre as imagens, percebe-se que o resultado gerado da aplicação do índice GLI é similar ao resultado gerado da aplicação do índice RGBVI, fato reforçado pela correlação entre essas imagens (Tabela 1).

A partir dos parâmetros estatísticos obtidos pelo Spring (Tabela 1), podemos realizar uma análise quantitativa dos produtos, que comprovam e explicam numericamente os pontos observados. A média é um parâmetro que está associado ao brilho da imagem. Neste aspecto, vemos que os três índices apresentam valores próximos entre si. Mas, quando observamos a variância, que está relacionada ao contraste, vemos que o RGBVI e o GRVI são os índices

que apresentam melhor resultado. Quanto a matriz de correlação, comprovamos numericamente que, de fato, as imagens geradas pelos índices GLI e RGBVI são similares.

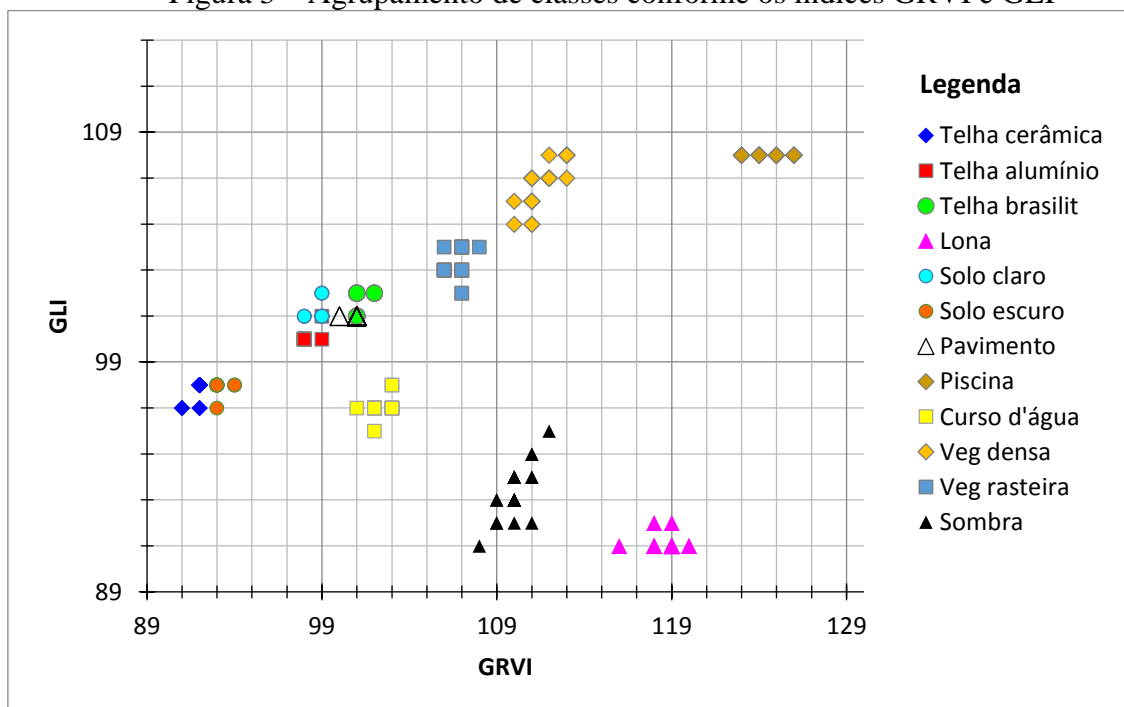
Tabela 1 – Matriz de correlação entre os índices GLI, GRVI e RGBVI.

Índices	GRVI	RGBVI	GLI
GRVI	1	0,612	0,501
RGBVI	0,612	1	0,977
GLI	0,501	0,977	1
Resultado da Média e Desvio			
Média	102,66	103,07	100,84
Variância	5,923	6,087	3,251

Fonte: Autores (2022).

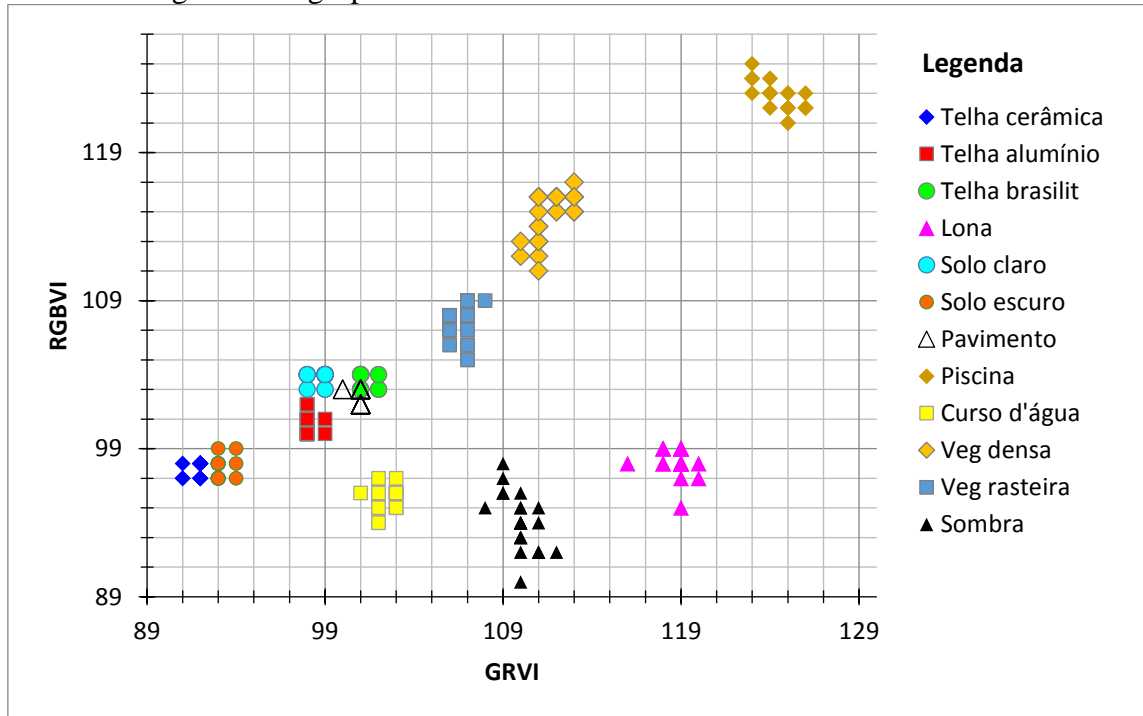
Os resultados representados pelas Figuras 3 e 4 mostram o espaço de atributos das classes Telhado cerâmico, Telhado Brasilit, Telhado Alumínio, Cobertura de lona, Pavimento, Solo claro, Solo escuro, Corpos d'água, Piscina, Vegetação densa, Vegetação rasteira e Sombra. E com esta análise, pode-se visualizar misturas de classes que podem ocorrer no processo de classificação. Podemos destacar que tanto no GLI como no RGBVI, haverá ambiguidades entre os diferentes tipos de telhado com a pavimentação e com o solo, e ainda com as sombras. Já no GRVI, ocorrerá ambiguidade entre a vegetação, as sombras, os reservatórios de água artificial, e o pavimento asfáltico.

Figura 3 – Agrupamento de classes conforme os índices GRVI e GLI



Fonte: Autores (2022).

Figura 4 – Agrupamento de classes conforme os índices GRVI e RGBVI



Fonte: Autores (2022).

## 5.1 Extração da feição vegetal intraurbana

A partir da classificação automática pelo método dos quartis, constatou-se visualmente que a imagem gerada pelo índice GRVI é a que melhor discriminou as áreas de vegetação, de modo que, das 9 (nove) classes existentes, as 3 (três) últimas foram consideradas como vegetação, ou seja, de modo específico, considerou-se vegetação os pixels cujos valores fossem iguais ou maiores que 105,8823, sendo este o limiar que apresentava o menor erro de comissão possível com o menor erro de omissão possível. E, através da ferramenta Calculadora Raster do software Qgis, utilizando o critério acima, foi gerada uma imagem binária, onde os pixels cujos valores são 1 (um), indicam presença de vegetação.

Na área teste, o resultado gerado possui erros de omissão em relação a uma pequena região, inserida na área de proteção permanente do Rio Pajeú, de vegetação rasteira, e erros de comissão, referente ao englobar porções da pavimentação asfáltica e das sombras existentes na ortoimagem. Quanto aos erros de comissão por parte da classe sombra, pode ser parcialmente subtraída, utilizando a imagem gerada pelo índice GLI ou RGBVI, e a lógica descrita pelo Diagrama de Venn na Figura 5. Pela teoria dos conjuntos tem-se as etapas seguintes, onde a equação (5) expressa o que buscamos, a vegetação. E a equação (6) define o que não é vegetação, na imagem binária do GRVI (Conjunto A).

$$(A \cap \bar{B}) = A - (A \cap B) \quad (5)$$

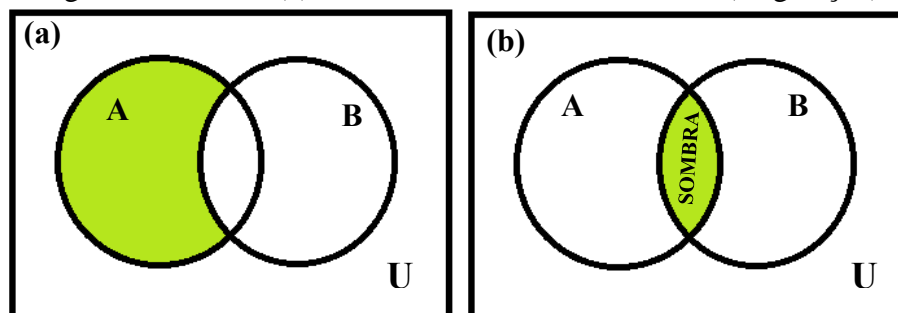
$$(A \cap B) = B - (B \cap \bar{A}) \quad (6)$$

Onde, A = Imagem binária extraída do GRVI com limiar 105,8823; B = Imagem binária extraída do GLI com limiar de 97,7273;  $\bar{A}$  = Tudo o que não é A; e  $\bar{B}$  = Tudo o que não é B.

Escolhendo-se o GLI, por discriminar melhor a feição sombra, o critério de determinação do limiar foi o mesmo, concluindo-se que das 9 (nove) classes, apenas a primeira seria considerada sombra, ou seja, de modo específico, considerou-se sombra os pixels cujos valores fossem iguais ou menores que 97,7273. E utilizando esse critério foi gerada outra imagem binária (conjunto B), onde os pixels, cujos valores são 1 (um), indicam presença de sombra. Contudo, nesta classificação, englobou-se pixels referentes aos telhados cerâmicos e solo exposto escuro, de modo que, para extrair apenas a sombra, foi realizada uma subtração entre a imagem binária GLI e a imagem binária GRVI, gerando um raster com três valores: -1, 0 e 1 (ternário), em que os pixels de valor 1 (um) são referentes aos telhados e uma pequena proporção das sombras, os quais foram extraídas, gerando um novo raster binário (conjunto  $(B \cap \bar{A})$ ).

A partir disso, de acordo com a lógica expressa na equação (6), realizou-se uma subtração entre imagem binária extraída do GLI com limiar de 97,7273 (conjunto B), e a última imagem gerada (conjunto  $(B \cap \bar{A})$ ). E por fim, conforme a lógica expressa na equação (5), subtraiu-se a imagem binária das sombras (conjunto  $A \cap B$ ) da imagem binária extraída do GRVI com limiar 105,8823 (conjunto A), gerando uma imagem binária cujos pixels de valor 1 (um) expressam, aproximadamente, as áreas verdes existentes.

Figura 5 – Diagrama de Venn. (a) GRVI menos sombra em verde (Vegetação). (b) Sombra



Fonte: Autores (2022).

## 5.2 Obtenção de dados quantitativos

Sabendo que a área de vegetação extraída consiste numa imagem binária, e que os pixels de valor 1 (um) correspondem à vegetação, pode-se obter, aproximadamente, a magnitude da extensão total de áreas verdes presentes na ortoimagem, a partir do produto entre a quantidade total de pixels com valor 1 (um), que equivale a soma total dos pixels ( $N$ ), parâmetro obtido pela ferramenta Estatísticas da Camada Raster, e a área do pixel ao quadrado ( $l^2$ ), onde  $l$  é a resolução espacial da imagem, conforme expressado pelas equações seguintes.

Cálculo de  $N$  :

$$N = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \text{ quando } x_{ij} \neq 0 \quad (8)$$

Temos que a área verde é dada por:

$$A_v = N \cdot l^2 \quad (9)$$

$$A_v = 1.683.521 \cdot (0,5)^2 = 420.880,25 \quad (10)$$

Onde,  $N$  = Quantidade total de pixels com valor 1 (um),  $l$  = resolução espacial do pixel em metros (m),  $x_{ij}$  = pixel da imagem igual a 1 (um) (pixel de vegetação) e  $A_v$  = Área verde urbana extraída. O Quadro 1 mostra os resultados para a extensão da cobertura vegetal intraurbana, supondo a extração por meio da imagem binária GRVI com limiar 105,8823 (conjunto A), e quando se extrai a sombra (equação (5)). Observa-se um erro de 9,29% da área vegetada, caso não se retirasse a sombra.

Quadro 1 – Resultado quantitativo da Figura 6

Resultados		
Cobertura vegetal com sombra	463.965,50 m <sup>2</sup>	Erro: 9,29%
Cobertura vegetal sem sombra	420.880,25 m <sup>2</sup>	

Fonte: Autores (2022).

A Figura 6 mostra a sobreposição da área vegetada (verde escuro) sem a sombra e que foi calculada pelas equações (8), (9) e (10).

Figura 6 – Resultado da extração da área verde urbana em Floresta - PE. (a) Superposição da área verde extraída sem sombra e a imagem em níveis de cinza. (b) Ortoimagem estudada



Fonte: Autores (2022).

## 6 CONCLUSÃO

O uso conjunto dos índices de vegetação GLI, GRVI e RGBVI mostrou-se uma ferramenta satisfatória no processo de aquisição de dados relacionados à representação estrutural e à disposição espacial das áreas verdes urbanas, por discriminar bem as áreas vegetadas, de modo que proporciona aos profissionais responsáveis a simplificação das atividades de atualização de parâmetros e indicadores desses espaços necessários para a base de dados federais e para o desenvolvimento de planos e projetos de desenvolvimento urbano dos municípios, por parte de seus gestores. Portanto, pode auxiliar o Cadastro Ambiental

Urbano (CAU) no que se refere a localização da vegetação e sua quantificação.

## Agradecimentos

Ao CNPq processos 439610/2018-4 e 311461/2018-2 e a bolsa PIBIC/CNPq da primeira autora.

## Referências

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm)> Acesso em: 22 ago. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto das Cidades.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm)> Acesso em: 22 ago. 2022.

CARMO, V. B. do.; REBOLLAR, P. B. M.; LOCH, C. Utilização de espaços verdes públicos no Planejamento municipal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 12. 16-20 out de 2016, Florianópolis. **Anais Eletrônico** [...] Florianópolis: Cobrac, 2016. Disponível em: <<https://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2016/paper/view/295/63>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

FLORESTA (Município). **Lei nº 479/2012.** Institui o plano diretor do município de Floresta e dá outras providências. Floresta, PE. Disponível em: <<https://floresta.pe.gov.br/transparencia/legislacoes/item/lei?ementa=Institui+o+Plano+Diretor+do+Munic%3ADpio+de+Floresta>> Acesso em: 22 ago. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Cidades+Verdes.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Qualidade Ambiental, 2021. *E-Book*. ISBN 978-65-88265-06-2. Disponível em: <[https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/cidadesmaisverdes/programacidadesmaisverdes\\_vdefeso.pdf](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/cidadesmaisverdes/programacidadesmaisverdes_vdefeso.pdf)> Acesso em: 22 ago. 2022.

SILVA, M. L. da. **Classificação da cobertura do solo urbano utilizando imagens aéreas, produtos lidar, índices de vegetação e razão de bandas.** Orientador: Ana Lúcia Bezerra Candeias. 2020. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p.31. 2020.