

CLASSIFICAÇÃO BIOCLIMÁTICA DA CAATINGA NA ZONA SEMIÁRIDA DA BACIA DO RIO PARAÍBA – PB

Valéria Raquel Porto de Lima¹
Bartolomeu Israel de Souza²
Rafael Câmara Artigas³

Resumo: Esse artigo tem por objetivo apresentar uma classificação bioclimática, buscando fazer uma associação com as espécies vegetais que possuam maior valor de importância na área. O local de desenvolvimento da pesquisa foi a zona semiárida da bacia do rio Paraíba - PB, com classificações específicas em alguns municípios como: São João do Tigre, Coxixola, São Domingos do Cariri e Caturité. Em termos metodológicos, a pesquisa fez uso de diferentes métodos e técnicas, sendo as principais a classificação bioclimática proposta por Câmara et. al. (2004), e os inventários de vegetação usando a proposta de Câmara (2013). As imagens de satélite utilizadas foram do sensor Landsat TM, bem como as do GEOEye, sensor de alta resolução, sendo a classificação desenvolvida no ArcGis 10 e Idrisi Kilimanjaro. Os resultados apontam para uma condição bioclimática da vegetação tropophyllo semiárido na maior parte da zona semiárida da bacia e mesófilo úmido em pontos específicos, sobretudo nas partes mais altas dos *Inselbergs*. É importante destacar o intenso uso do solo por atividades agrícolas, caprinocultura e o avanço das áreas urbanas, colaborando decisivamente para o atual quadro ambiental.

Palavras-chave: Bioclimática. Vegetação. Caatinga.

BIOCLIMATIC CLASSIFICATION OF THE CAATINGA IN THE SEMI-ARID ZONE OF THE PARAÍBA RIVER BASIN - PB

Abstract: This article aims to present a bioclimatic classification, seeking to make an association with plant species that have greater importance in the area. The research development site was the semiarid zone of the Paraíba river basin - PB, with specific classifications in some municipalities such as: São João do Tigre, Coxixola, São Domingos do Cariri and Caturité. In methodological terms, the research made use of different methods and techniques, the main ones being the bioclimatic classification proposed by Câmara et. al. (2004), and the vegetation inventories using the proposal by Câmara (2013). The satellite images used were from the Landsat TM sensor, as well as those from the GEOEye, a high-resolution sensor, the classification was developed in ArcGis 10 and Idrisi Kilimanjaro. The results point to a bioclimatic condition of semiarid tropophyllo vegetation in most of the semiarid zone of the basin and humid mesophile in specific points, especially in the highest parts of the *Inselbergs*. It is important to point out the intense use of the soil for agricultural activities, goat farming and the advance of the urban areas, contributing decisively to the current environmental situation.

Keywords: Bioclimatic. Vegetation. Caatinga.

¹ Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Brasil, limapr@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7744-3502

² Universidade Federal de Paraíba, João Pessoa, Brasil, bartolomeuisrael@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2173-8314

³ Universidad de Sevilla, Sevilla, Espanha, rcamara@us.es, ORCID: 0000-0003-1046-3749

CLASIFICACIÓN FITOGEOGRÁFICA DE LA CAATINGA EN LA ZONA SEMIÁRIDA DE LA CUENCA DEL RIO PARAÍBA – PB

Resumen: Este artículo tiene como objetivo presentar una clasificación bioclimática, buscando hacer una asociación con las especies de mayor valor importancia en la zona. El sitio de desarrollo de la investigación fue la zona semiárida de la cuenca del río Paraíba, con clasificaciones específicas en algunos municipios como: São João do Tigre, Coxixola, São Domingos do Cariri y Caturité. En términos metodológicos, la investigación se ha utilizado de diferentes métodos y técnicas, siendo las principales la clasificación bioclimática propuesta por Cámara et. Al (2001), e inventarios de vegetación utilizando la propuesta de Cámara (2013). Las imágenes utilizadas fueron del sensor Landsat TM, así como las imágenes GEOEye, un sensor de alta resolución, y la clasificación se desarrolló en el ArcGis 10 e Idrisi Kilimanjaro. Los resultados apuntan una condición bioclimática de vegetación tropófila semiárida en la mayor parte de la zona semiárida de la cuenca y mesófila húmeda en puntos específicos, especialmente en las partes más altas de los *Inselberg*. Es importante destacar el uso intenso del suelo para actividades agrícolas, la cría de cabras y el avance de las áreas urbanas.

Palabras clave: Bioclimático. Vegetación. Caatinga.

Introducción

La clasificación fitofisionómica y fitogeográfica de la vegetación es un desafío, y desarrollar un patrón es un reto. En este sentido, Veloso et. al. (1991) destacan que la fitogeografía debería seguir los conceptos filosóficos de otras ciencias de la naturaleza, donde existe una clasificación pragmática de la lógica científica, en que los sistemas claves binarios de los conceptos prioritarios prevalezca como es en la nomenclatura geológico, pedológico, botánico y zoológico, siendo reconocido mundialmente.

Como no existe un estándar de clasificación, se han desarrollado, a lo largo de los años, diferentes clasificaciones con criterios metodológicos distintos, lo que conduce, en muchas situaciones, a una aplicación confusa, especialmente con respecto a su aplicación escalár. Por otro lado, los sistemas de clasificación fueron responsables por importantes avances en el conocimiento fitogeográfico que se difundieron y adaptaron en todo el mundo.

La elaboración pionera de los sistemas consideraron la fisonomía vegetal y la florística fue del geógrafo y naturalista Alexander Von Humboldt (1769-1859), donde la clasificación tuvo en consideración conjuntos fisonómicos establecidos por sus aspectos relacionados con organización de plantas y fisonomía.

La primeira división fitogeografía para Brasil fue publicada en 1824, por Karl F.P. van Martius, fundamentado en colectas botánicas y aspectos filogenéticos, y dividió las regiones florísticas de Brasil en cinco sectores, adoptando nombres de dioses griegos para representarlas. En su división, la Caatinga fue denominada Hamadryades (flora nordestina región cálida-seca o caatinga).

Autores como Ab'Saber (1977), Veloso et al., (1991), clasifican la Caatinga como Savana Estepica. Oliveira Filho et al., (2006); Pennington et al., (2000); Prado, (2000), por su vez, entre otros autores, la clasifican como Floresta Tropical Sazonalmente Seca – STDF.

En escala regional o incluso local, la clasificación fitofisionómica de la vegetación de caatinga está asociada a su densidad y estructura, conforme aportó Souza (2008), sin embargo, las respuestas a las dinámicas de la lluvia y de uso del suelo son muy rápidas. Por estos aspectos, se cuestiona: ¿Cómo mapear y clasificar una vegetación en escala regional y local tan heterogénea y dinámica?

El camino puede estar en un clasificación bioclimática asociada a levantamientos florísticos, observaciones de campo, de la posición geomorfológica. Utilizando los criterios descritos anteriormente, se desarrolló un mapeo para la vegetación de caatinga con el objetivo de ir más allá de una clasificación por sus aspectos fisionómicos.

En este trabajo, el mapeo bioclimático fue hecho en la zona semiárida de la cuenca del Rio Paraíba, ubicado en el Estado de Paraíba y fueron desarrolladas clasificaciones específicas para los municipios de Coxixola, São Domingos do Cariri, Caturité y São João do Tigre (figura 1).

Figura 1- Puntos de recogida de datos en la investigación de campo.

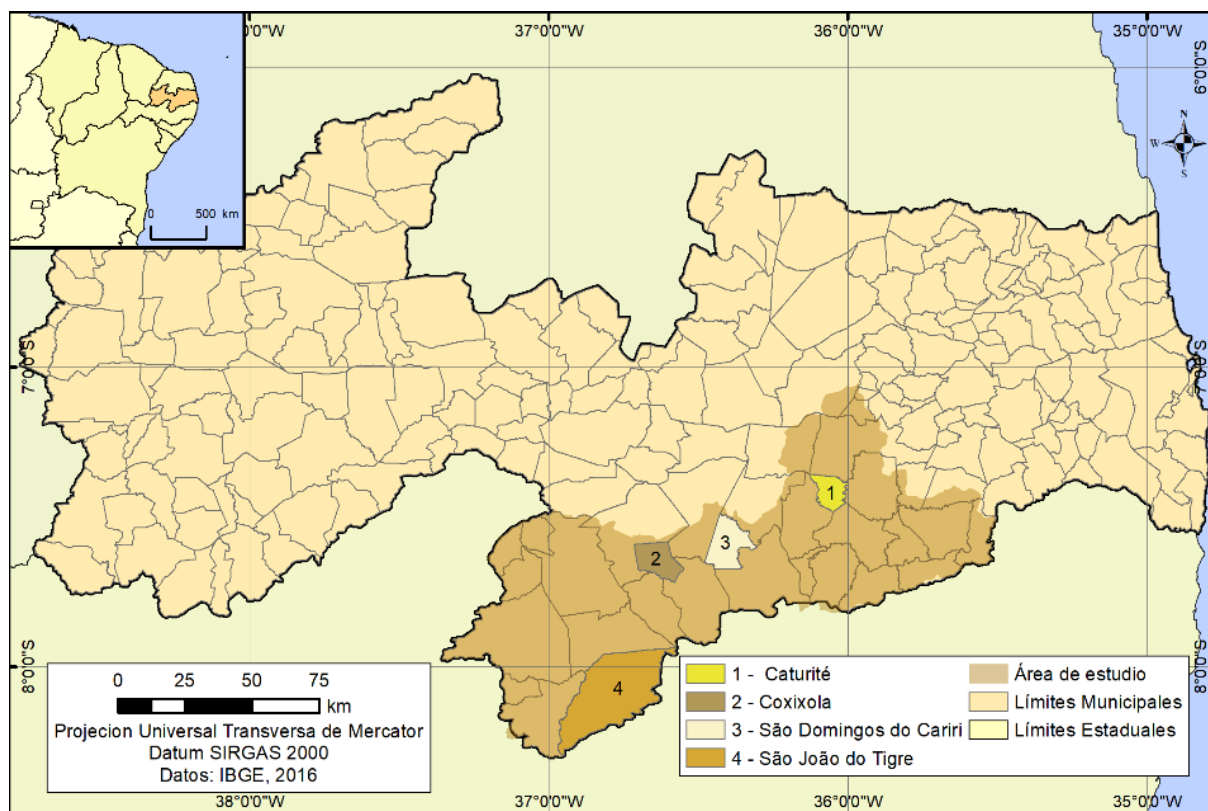


Figura 1: localización de la zona semiárida de la cuenca del Río Paraíba y de los municipios donde la aplicación del mapeo fitogeográfico.

La cuenca del Río Paraíba tiene un área de 20.071,83 Km², ocupando cerca de 37% del Estado de Paraíba. El sector semiárido de la cuenca se divide en los tramos alto, con un área con de 6.717.39km². El tramo medio con un área de 3.760.65 km², donde están insertos 13 municipios, totalizando una población residente de 506.734 habitantes (AESA, 2003).

Metodología

Las formaciones vegetales en su distribución responden a condiciones geomorfológicas, edafológicas, bioclimáticas y en mayor grado de la intensidad de los cambios provocados por acciones antropicas en las décadas de ocupación y uso de suelo. Estos aspectos en conjunto condicionan la presencia de especies, su riqueza, su diversidad y su estructura horizontal y vertical.

Basado en el conocimiento de los aspectos citados y el uso de diferentes métodos y técnicas, en este trabajo se ha desarrollado una clasificación de la

vegetación mas cercana de su composición real y sistémica, siguiendo las etapas a continuación:

- A) Selección de las ubicaciones para los estudios de caso. A partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) fueron observadas características de la geomorfología, y se identificaron posiciones de llanura, media pendiente y somital de los relieves residuales en la zona semiárida de cuenca del Río Paraíba;
- B) Clasificación bioclimática propuesta por Cámara (2004), expresada metodológicamente en Cámara, *et al.* (2020), y aplicada al estado de Paraíba en Cámara *et al.* (2021). La propuesta se basa en un estudio geobotánico, método que usa el análisis de datos paramétricos, expresados en balance hídrico (WB) y balance bioclimático (BB) (Montero y González, 1974). Su base está en la combinación de información sobre la textura de las formaciones geomorfológicas de la superficie (expresada mediante Capacidad de Campo o agua disponible para las plantas antes de la saturación del suelo), con cobertura vegetal / profundidad de raíces (Thornthwaite, 1955, 1957). Su expresión cartográfica se realiza en función de bases de datos continua de datos climáticos en WorldClim (<https://www.worldclim.org/>).

C) Clasificación Bioclimática de la Caatinga

Los diferentes tipos de regímenes bioclimáticos propuestos por Cámara *et al.* (2020) se presentan con las siguientes características:

- Ombrophylo, apareciendo en lugares donde no hay déficit hídrico durante todo el año (la precipitación es superior a 60 mm cada mes);
- Mesófilo, más escasez de agua pero sin que se produzca estancamiento de la vegetación. Algunos meses pueden mostrar déficit de agua en el suelo;
- Tropophylo, cuando existe un déficit hídrico edáfico que da lugar al estancamiento de la vegetación, como siempre que dure de 1 a 4 meses. En el caso de los trópicos, estos son caducifolios tropicales, bosques que pueden tener espinas;

- Xerophyllo, si las condiciones del agua provocan un estancamiento de la vegetación durante más tiempo, que dura de 5 a 8 meses. Predominan crasuláceos espinosos y arbustos;
- Hiperxerofilo, con 9 a 12 meses de estancamiento de vegetación acuática, con vegetación arbustiva y crasuláceas abiertas, muy dispersas o prácticamente sin ellas.

D) Para los inventarios de vegetación se utilizó la propuesta de Cámara (2013): Transecto Linear para Fanerófitas y Caméfitos. La técnica parte de una adaptación del método utilizado por A. H. Gentry (1982, 1988), para inventariar especies de porte arbustivo además de las arbóreas. La unidad básica de parcela en 50x2 metros de transecto lineal. Se considera para cada individuo la altura, el diámetro mayor y menor si no posee un DAP superior a 2 cm, y el radio medio de la copa si posee un DAP igual o superior a 2 cm para establecer la estructura vertical y horizontal de las especies leñosas arbustivas y subarbustivas. Se ha añadido en la toma de datos la posición del individuo identificado y medido, tanto en su distancia longitudinal en el transecto lineal de 50 metros, como su separación a derecha o izquierda de la cinta métrica, a partir de esa posición. Las parcelas en su situación relativa espacial no tiene porque ser paralelas o en transecto continuo, sino que lo que debe prevalecer el objetivo del inventario:

- que las parcelas de muestreo sean sobre una misma unidad homogénea de formación vegetal - formación superficial. Para ello, de acuerdo al método de A.H. Gentry y de los postulados de Preston (curva área-especies) se realizarán 10 parcelas para obtener una muestra de 0,1 hectáreas.
- que las subunidades marquen un transecto geobotánico y entonces las parcelas tendrá una disposición lineal que recoja los cambios en la catena de formaciones superficiales y/o posición geomorfológica. En este caso el número de parcelas estará en función de los cambios que se quieren destacar.

El índice de valor de importancia ecológica de las especies (IVI), propuesto por Curtis y McIntosh (1951), fue usado para determinar las especies más importantes de la parcela. El IVI se define de acuerdo con la ecuación: $IVI = ABR + FRR + DOR$ donde:

- (i) $ABR = (\text{número de individuos especie} / \text{número total de individuos} \times 100)$;
- (ii) $FRR = (\text{número de cuotas en las que se produce la especie} / \text{suma de la número total de parcelas de todas las especies}) \times 100$;
- (iii) $DOR = (\text{área seccional total de individuos de la especie} / \text{área total seccional de todos los individuos de la especie}) \times 100$.

Fueron realizados treinta transectos en tres unidades de estudio seleccionadas después de usar el criterio fisonómico de la vegetación de Caatinga y la posición geomorfológica en la que están insertas dentro de la cuenca del río Paraíba.

- E) Se realizó posteriormente una selección de las imágenes de satélite y se aplicaron técnicas cartográficas para su interpretación. Las imágenes de satélite de alta resolución usadas fueron GEOEye, sensor de alta definición, con 4 bandas (azul, verde, roja, infrarroja cercana), resolución del pixel de 2m., con referencia WGS 84 UTM zona 24S, 10X10 Km.:
- Municipio de São Joao do Tigre, 2 imágenes. Fecha 30/06/2011 y 14/06/2011
 - Municipios de São Domingos do Cariri y Coxixola. Fecha: 18/10/2010.
 - Imagen del municipio de Caturité Fecha: 29/09/2010.

Las imágenes seleccionadas para componer el mosaico de la cuenca alta y media del río Paraíba son del sensor Landsat TM con 6 bandas multiespectrales (30 metros de resolución del pixel) y 1 térmica (60 metros de resolución del pixel) y ETM+ con 6 bandas multiespectrales (30 metros de resolución), 2 térmicas (60 metros de resolución) y 1 pancromática (20 metros de resolución) en las órbitas 215/065, 215/066 y 214/065, obtenidas en *Global Landcover facility* (<http://glcf.umiacs.umd.edu/>) con las siguientes fechas:

- 215/065: 18 de junio de 1990,
- 215/065: 12 de noviembre de 2000,
- 215/066: 9 de febrero de 1995,
- 215/066: 12 de noviembre de 2000,
- 214/065: 18 de julio de 1986,
- 215/065: 21 de mayo 2006.

Para obtener resultado final de los mapas que configuran el balance hídrico y bioclimático, fue usado *ArcGis 10*, donde para cada mapa se obtuvo una recta de regresiones para identificar una recta en X e Y que se utilizó con el módulo Raster Calculator del ToolBox, utilizando para Z el modelo digital de elevaciones, y al mapa obtenido se le sumo el mapa de interpolación de los valores de los residuos de los valores teóricos de la recta con la aplicación del comando *Spline analyst*.

La teledetección espacial se utilizó para el tratamiento visual y digital de las imágenes de satélite de alta y media resolución: se identificó en campo con GPS los *trainig sites* para la clasificación; se realizó una clasificación previa no supervisada con el módulo *Cluster* que se utilizó en el campo para un primer análisis de identificación. Posteriormente con los *training sites*, y el apoyo visual de un falso color 234 de la imagen se hizo una clasificación supervisada con el módulo *Maxlike*, que luego fue de nueva cotejada en campo. Con los errores detectados se procedió de nuevo a la clasificación.

F) Selección de las Imágenes de Satélite y técnicas cartográficas. Las imágenes de satélite de alta resolución usadas fueron:

- Municipio de Sao Joao do Tigre, 2 imágenes GEOEye, sensor de alta definición con 4 bandas: azul, verde, roja, infrarroja cercana, px 2m, WGS 84 UTM zona 24S, 10X10Km. Fecha 30/06/2011 y 14/06/2011
- Municipios de São Domingos do Cariri y Coxixola. Sensor de alta definición con 4 bandas: azul, verde, roja, infrarroja cercana, UTM WGS84 zona 24S 10X10Km Fecha: 18/10/2010.
- Imagen del municipio de Caturité: GeoEye. Sensor de alta definición con 4 bandas: azul, verde, roja, infrarroja cercana UTM WGS84 zona 24S. 10X10Km Fecha: 29/09/2010.

Las imágenes seleccionadas para componer el mosaico de la cuenca semiárida del río Paraíba son de el sensor Landsat TM con 6 bandas multiespectrales (30 metros de resolución) y 1 térmica (60 metros de resolución) y ETM+ con 6 bandas multiespectrales (30 metros de resolución), 2 térmicas (60 metros de resolución) y 1 pancromática (20 metros de resolución) en las orbitas 215/065, 215/066 y 214/065, obtenidas en Global Landcover Facility (<http://glcf.umiacs.umd.edu/>) con las siguientes fechas: 215/065: 18 de junio de 1990, 215/066: 9 de febrero de 1995, 214/065: 18 de julio de 1986, 215/065: 12 de noviembre de 2000, 215/066: 12 de noviembre de 2000, 215/065: 21 de mayo 2006.

Resultados y Discusiones

En un área de 20.071,83Km², que corresponde al área de estudio de la cuenca del río Paraíba, 6% pertenece a superficie con bosque de Caatinga mesófilo húmedo, 35% a superficies con bosque de Caatinga tropophyllo subúmedo, 14% bosques tropophyllos semiáridos y 30% a superficie con usos de suelos antrópico como ciudades, actividades agrícolas y ganaderas (figura 2).

En los inventarios florísticos de los municipios de São João do Tigre, específicamente en la Área de Protección Ambiental de las Onças, Caturité, São Domingos do Cariri y Coxixola, fueron catalogados 1506 individuos, 73 generos, 27 familias y 99 especies. En la tabla 1 se encuentra la distribución por municipios.

Tabela 1- Datos de inventario florístico.

Local	Individuos	familia	genero	especie
São João do Tigre	805	26	49	66
Caturité	579	18	37	46
São Domingos do Cariri	151	7	11	12
Coxixola	71	6	9	10

Tabla 1: datos de cantidad total de individuos, familia, genero y especies identificadas.

Figura 2- Tipos de Formaciones vegetales identificadas en la zona semiárida de la cuenca del Rio Paraíba – PB.

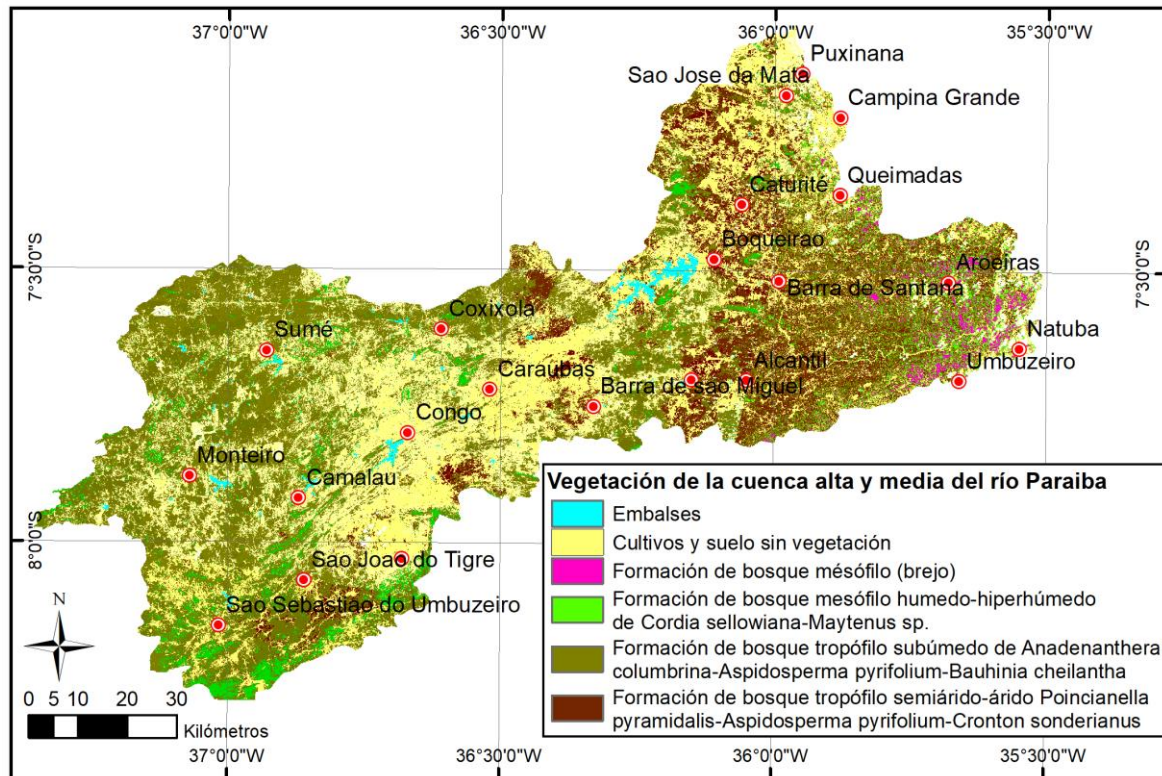


Figura 2: clasificación bioclimática para la zona semiárida de la cuenca del río Paraíba.

Los bosques de Caatinga mesófilos húmedos presentan condiciones bioclimáticas donde la temperatura media es de 21°C, y las precipitaciones medias alcanzan los 994 mm y la evapotranspiración potencial es 986 mm (Lima, 2012).

Los bosques mesófilos en la cuenca zona semiárida del río Paraíba, en general, están situados en relieves de altitud, cuya fisionomía y diversidad de especies varía según el tipo de suelo y la orientación de las vertientes que reciben las masas de aire húmedo a barlaviento, permitiendo que las formaciones vegetales den paso a formaciones más húmedas.

Algunos autores como Ab'Saber (2003), denominan a estos lugares con bosques mesófilos como Brejos de Altitud y/o refugios, cuya diferencia entre estos y la Caatinga está en la composición de determinadas especies encontradas en estos bosques y la dinámica de su formación.

Los Brejos de Altitud tienen una diversidad florística relacionada con condiciones bioclimáticas, y las especies *Amburana cearensis* y *Myracrodruon*

urundeuva, son comúnmente encontradas en estas zonas y en la Caatinga, además son especies con distribución en la Mata Atlántica Rizzini (1997). Con relación a la especie *Amburana cearensis*, Andrade-Lima (1960), no está de acuerdo con Rizzini ya que para él, esta especie durante las transiciones climáticas ocupaba la línea de vegetación entre el Noreste Brasileño y el Chaco Argentino.

Levantamientos florísticos realizados en Brejos de Altitud con cotas altimétricas de los 900 hasta los 1100mm de altura, registran la presencia de *Allophylus quercifolius*, *Aspidosperma pyriformium*; *Bauhinia cheilantha*, *Capparis flexuosa*; *Capparis jacobinae*, *Cereus jamacaru*, *Guapira noxia*; *Jatropha mollissima*, *Melochia tomentosa*, *Myracrodruon urundeuva*, *Rollinia leptopetala*; *Schinopsis glabra*, *Senna rizzinii* y *Syagrus oleracea* (Ferraz et .al., 2008).

De todas las especies citadas ninguna fue registrada en el bosque mesófilo somital de Sierra do Paulo. Sin embargo, las especies citadas tienen similitud florística con las especies inventariadas en las vertientes medias y altas de los *inselbergs*, de Caturité, São João do Tigre, que corresponden a los bosques Tropophyllos subhúmedos. Las especies *Cordia sellowiana* y *Maytenus sp.* fueron elegidas para representar los bosques mesófilos húmedos y subhúmedos por presentar mayor IVI en el levantamiento realizado en la Sierra do Paulo. Como hemos dicho en los apartados anteriores, el bosque somital de Sierra do Paulo puede ser considerado un refugio de especies de la Mata Atlántica.

Las formaciones de bosques Tropophyllos subúmedos con precipitación media de 560mm, temperatura media de 23°C y una evapotranspiración 1.211 mm, son tipos de vegetación encontrados en las vertientes altas y medias de los relieves residuales de altitud. Las especies que caracterizan esta formación son *Anadenanthera columbrina*, *Aspidosperma pyriformium*, *Bauhinia cheilantha*.

La formación de bosque Tropophyllo semiárido tiene precipitación media de 500 mm, temperatura media de 24°C y evapotranspiración de 1.242 mm. Las especies que caracterizan esta formación vegetal son *Poincianella pyramidalis* (Tull), *Aspidosperma pyriformium*, *Croton sonderianus*. Con más frecuencia en áreas sin relieve, son zonas con fuertes indicios de degradación antropica.

Gran parte del Municipio de Caturité (figura 3), tiene su condición bioclimática con bosque Tropophyllo de caatinga que fue substituido por núcleos urbanos, áreas de producción agrícola y en mayor escala la actividad ganadera (pecuaria caprina).

Figura 3- Tipos de formaciones vegetales identificadas por la clasificación bioclimática en el Municipio de Caturité – PB.

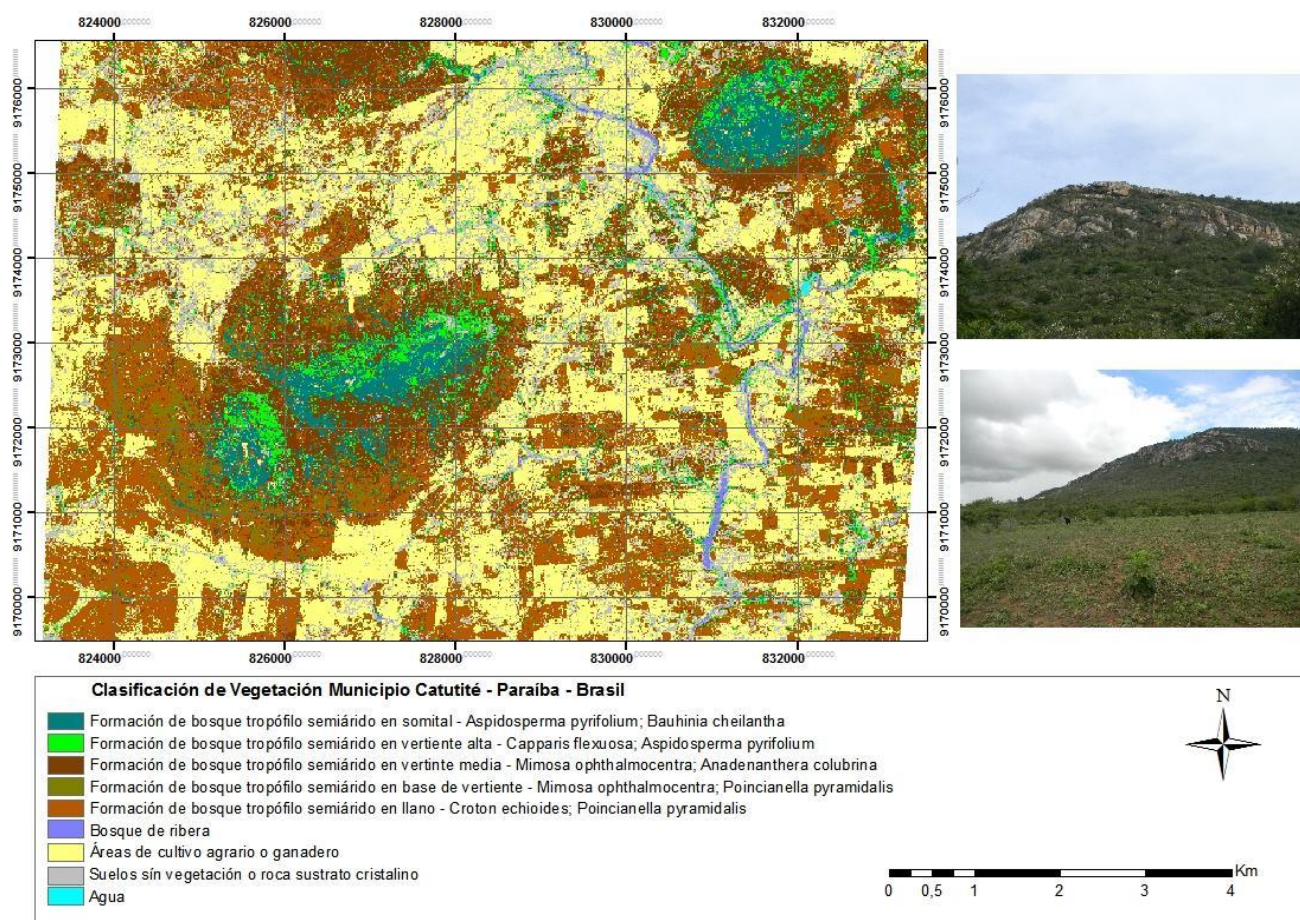


Figura 3: clasificación bioclimática em el municipio de Caturité ubicado en zona semiárida de la cuenca del río Paraíba.

La alta fragmentación del bosque tuvo mayor intensidad durante la década de 1980, con el cultivo del algodón, y como consecuencia el paisaje natural está completamente alterada. En la actualidad los fragmentos de bosque Tropophyllo más preservados están concentrados en las áreas más elevadas de los relieves residuales de altitud como los *Inselbergs*. En la llanura, las áreas más degradadas, la vegetación secundaria está formado por bosques Tropophyllos con predominancia de *Poincianella pyramidalis* y *Croton echiooides*.

En la base de la vertiente son observadas señales de degradación ambiental por la deforestación y el bosque Tropophyllo está compuesto por las especies *Poincianella pyramidalis* y *Mimosa ophthalmocentra*.

A la medida en que se acerca a la vertiente media, crece la abundancia de la especie *Mimosa ophthalmocentra* y son identificadas los primeros individuos de *Anadenanthera columbrina*.

El bosque Tropophyllo presente en la media vertiente del *inselberg*, también presenta indicios de degradación y en la actualidad por su composición florística y estructura del bosque el área se encuentra en remontada forestal y resiliencia, aunque en determinadas áreas se pueden observar señales de deforestación y extracción de leña, usada como fuente energética por la población local.

En la vertiente alta del *inselberg* el bosque está compuesto por individuos de *Aspidosperma pyriformium*, y *Capparis flexuosa*, que son especies con porte arbóreo y presenta gran cobertura horizontal y vertical.

La composición florística del bosque somital está representada por *Aspidosperma pyriformium* y *Bauhinia cheilantha*, que conforman áreas de bosque más preservados donde los árboles tiene porte arbóreo y gran cobertura horizontal.

La investigación desarrollada por Andrade–Lima (1981), corrobora que la composición florística típica del bosque Tropophyllo con comportamiento bioclimático semiárido encontrada en el núcleo investigado, está constituida por *Poincianella pyramidalis* y *Aspidosperma pyriformium*.

A seguir, presentamos la clasificación de la imagen que engloba parte del municipio de São Domingos do Cariri (figura 4), en particular el primer transecto realizado cerca del arroyo Curralinho, y el municipio de Coxixola.

Este núcleo tiene una historia de ocupación y uso del suelo de una fuerte degradación de los bosques primarios conduciendo a la aparición de áreas con procesos de desertificación (Souza, 2008).

En una clasificación desarrollada por Souza (2008), fueron identificados los diferentes niveles de desertificación en un área de 10,754 Km² que abarca la Microrregión del Cariri en el Estado de Paraíba, donde los dos municipios citados están situados. Del área total 27,4% tiene un grado de desertificación moderado, 24,8% un nivel grave de desertificación, 25,2% un nivel de desertificación muy grave y sólo un 21,6% no tiene riesgo de desertificación.

Los núcleos sin riesgo de desertificación son en general las áreas más elevadas o pequeñas zonas de bosque de ribera. En las sectores más elevados

predominan los bosques Tropophyllos semiáridos con *Poincianella pyramidalis* (Tull) L.P. Queiroz y *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill.

Figura 4- Tipos de formaciones vegetales identificadas por la clasificación bioclimática en los municipios de São Domingos do Cariri y Coxixola – PB.

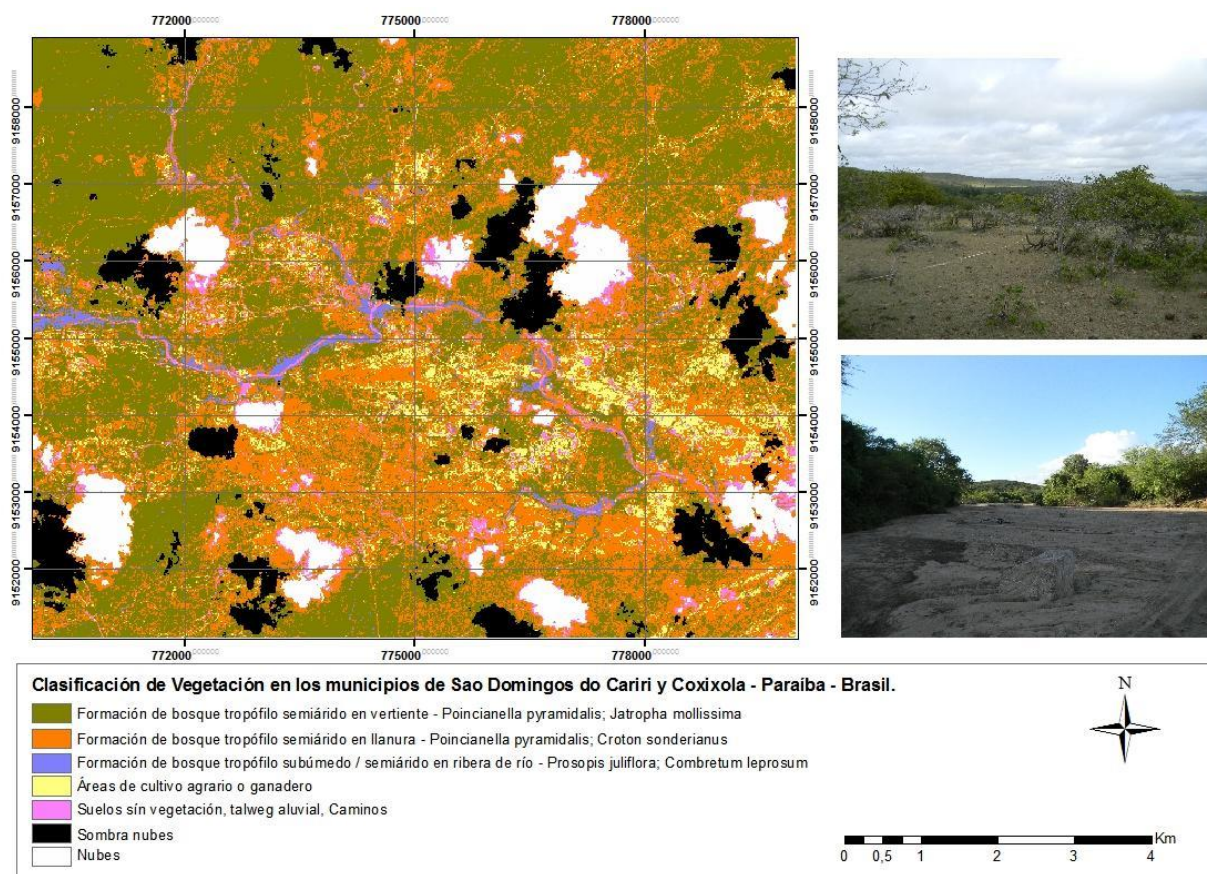


Figura 4: clasificación bioclimática de los municipio São Domindos del Cariri y Coxixola ubicados en zona semiárida de la cuenca del río Paraíba.

Las áreas del bosque de ribera se caracterizan por la presencia de *Combretum leprosum* Mart., *Prosopis juliflora* DC. Estas unidades, aunque presenten un bosque Tropophyllo con árboles de porte arbóreo y gran cobertura, tienen baja diversidad por la abundancia de la especie invasora *Prosopis juliflora* DC.

En las áreas llanas, el bosque Tropophyllo semiárido esta compuesto por *Croton sonderianus* Müll Arg., y *Poincianella pyramidalis* (Tull) L.P. Queiroz. Las áreas llanas tienen un grado de degradación considerable, donde las condiciones bioclimáticas con bajos índices de precipitación anual (400mm/año), los índices de evapotranspiración elevados (1.200mm/año) y condiciones edáficas con suelos pedregosos y poco profundos (Neosolos Litólicos), el bosque tiene mayores

dificultades de regeneración por acción antrópica (Porto de Lima, 2012). En este caso, el área de producción agrícola y ganadera, es más propicia a los procesos de desertificación. Las lluvias torrenciales en los suelos sin vegetación aceleran los procesos erosivos por flujo concentrado de agua como regueros o el flujo difuso en manto.

La erosión del suelo en zona áridas y semiáridas, según Bermúdez; Díaz (1998), es uno de los fenómenos o síntomas más relevantes del proceso de desertificación que es desencadenado por un conjunto de procesos o manifestación de fenómenos, en particular climáticos y antropicos implicados en el empobrecimiento de la diversidad. En el presente trabajo, las áreas con suelos sin vegetación, en la clasificación de la imagen de satélite pueden ser considerados zonas con grado de desertificación muy grave.

En la clasificación de las imágenes del Municipio del São João do Tigre se destacan básicamente tres tipos diferenciados de vegetación que presentan fisionomía y composición de especies diferenciadas por la posición geomorfología en que son encontradas y su condición bioclimática.

En el somital de la Sierra de Paulo el bosque mesófilo húmedo/ subhúmedo se caracteriza por la presencia de *Cordia sellowiana* Cham. y *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax que corresponde al sector más a suroeste de la cuenca del río Paraíba y sur del municipio de São João do Tigre (figura 5).

En las áreas de afloramiento de roca del sustrato cristalino, en las zonas más elevadas observadas en el bosque mesófilo subhúmedo, dominan las especies *Melocactus zehntneri* (Britton & J. N. Rose) Luetzelb. y *Euphorbia phosphorea* Mart.

Figura 5- Tipos de formaciones vegetales identificadas por la clasificación bioclimática en el Municipio de São João do Tigre – PB.

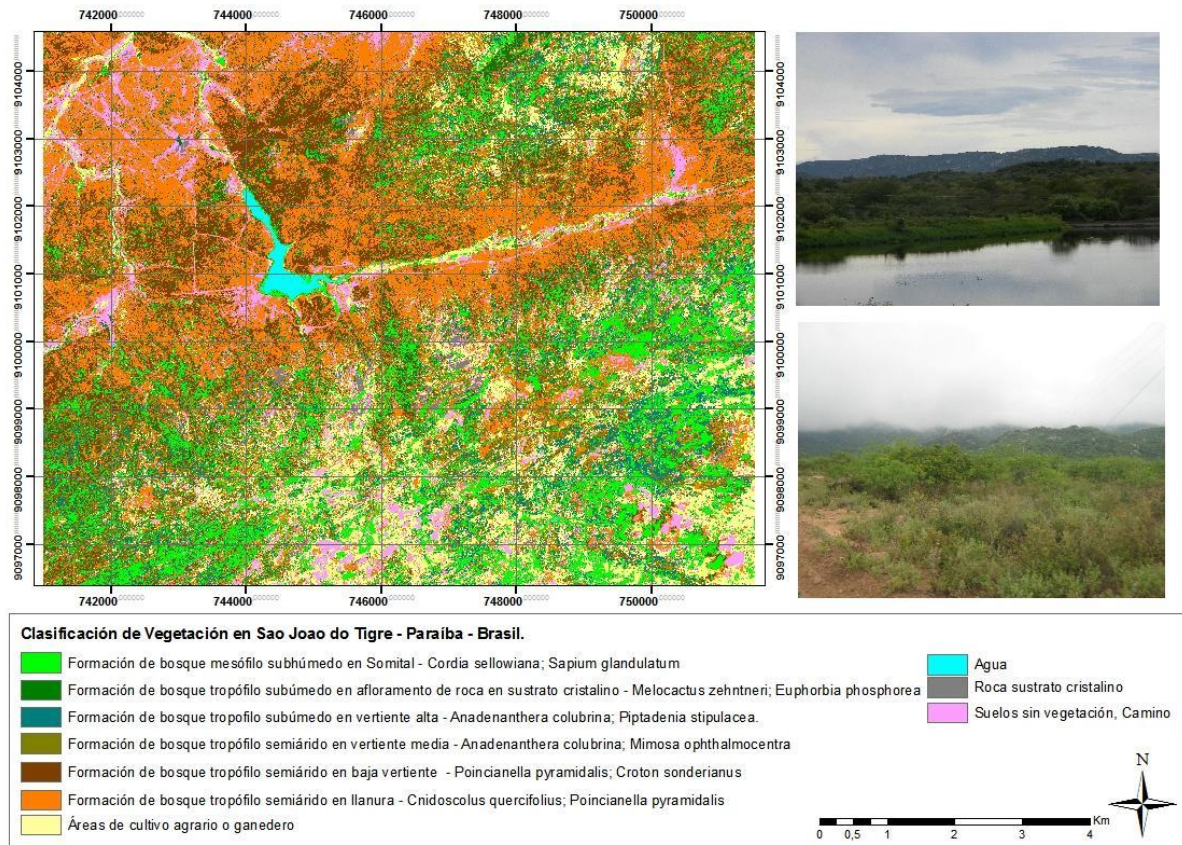


Figura 5: clasificación bioclimática em el municipio São João do Tigre, ubicado en zona semiárida de la cuenca del río Paraíba.

Los bosques *Tropophyllos* subúmedos/semiáridos están presentes en las vertientes de los relieves residuales tipo *inselbergs*. La vertiente alta que corresponde a la figura 6, tienen mayor IVI en la composición florística del bosque las especies *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan y *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. y, se destacan también las especies *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan y *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth presentes en este ambiente.

En la vertiente media, tiene similitud florística de especies con la vertiente alta, donde las mismas especies tienen mayor IVI en la formación del bosque. En la misma posición geomorfológica, donde fueran realizados los transectos, además de

Anadenanthera colubrina, la especie *Acacia glomerosa* Benth. caracteriza el florística.

En la vertiente baja los bosques Tropophyllos semiáridos están compuestos por *Croton sonderianus* Müll Arg. y *Poincianella pyramidalis* (Tull) L.P. Queiroz. Son lugares que presentan un nivel de degradación de bosque, donde se han detectado señales de deforestación para carboneo o fueron áreas de producción agrícola.

Figura 6- Tipos de formaciones vegetales identificadas por la clasificación bioclimática en el Municipio de São João do Tigre (Sierra do Paulo) – PB.

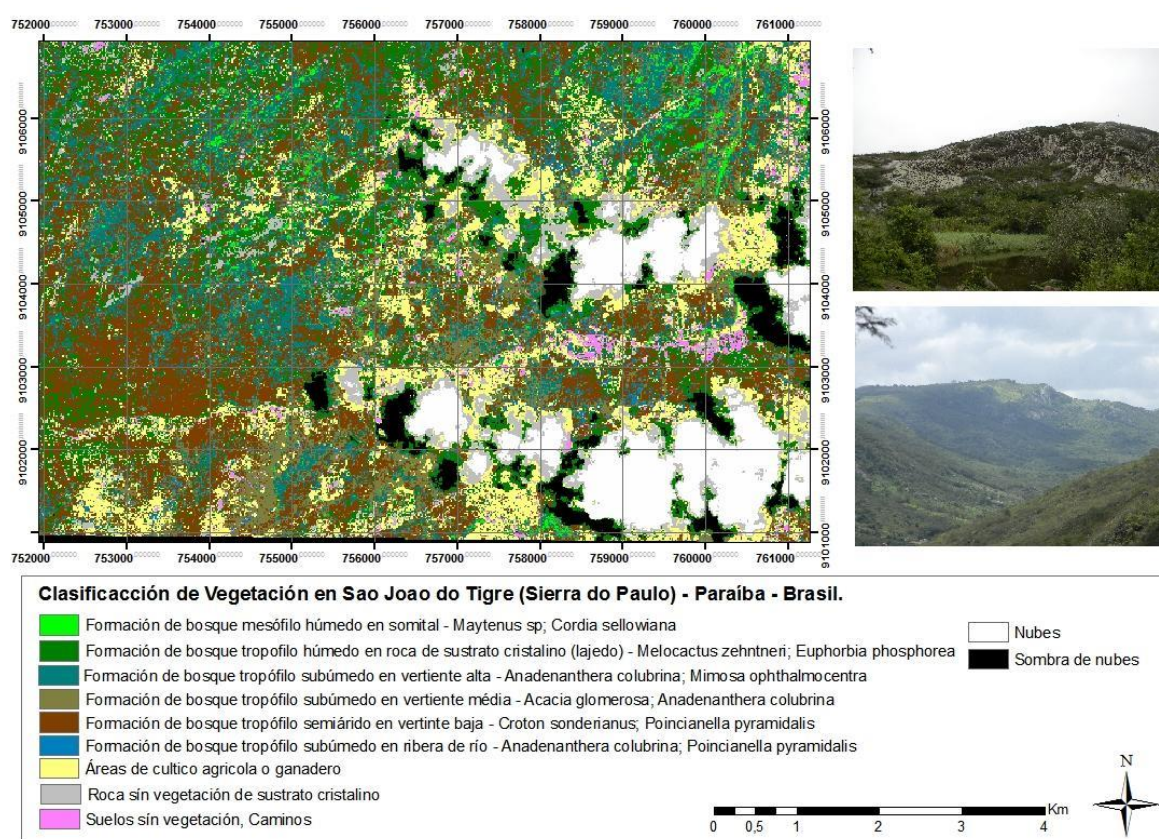


Figura 6: clasificación bioclimática em el municipio São João do Tigre (Serra do Paulo), ubicado en zona semiárida de la cuenca del río Paraíba.

Los bosques Tropophyllos semiáridos en la llanura tienen las mismas condiciones de degradación de los bosques posicionados en las vertientes bajas. Las especies con mayor IVI para la composición del bosque, son *Cnidocolus urens* (L.) Arthur. y *Poincianella pyramidalis* (Tull) L.P. Queiroz.

Consideraciones finales

Según los intereses de cada autor, es posible desarrollar clasificaciones fisionómicas, ecológicas, climáticas y bioclimáticas. Es importante, todavía, entender que las aplicaciones escalares pueden generar un encuadre inexacto, por tanto, la búsqueda de una propuesta de clasificación multiescala es insispensable. La propuesta de clasificación bioclimática, además de aplicación multiescalar, permite el acercamiento de aspectos que temporalmente no cambiará en corto plazo, identificando que tipo de vegetación se encuentra en un área determinada.

La elección de métodos y técnicas de investigación, ayudó para una clasificación de la vegetación de la zona semiárida de la cuenca del río Paraíba mas cerca de su real composición, y aunque las técnicas de teledetección sean una fuerte y importante herramienta, el trabajo de campo es indispensable para conocer efectivamente la composición florística de un sitio.

La clasificación bioclimática para el área de estudio pudo presentar en detalle los biotipos de vegetación de Caatinga, con la presencia del encuadramientos tropofyllos semiáridos y mesófilos en gran parte del área, huyendo de la clasificación genética de una Caatinga xerophylla, por lo tanto presentó una gran contribución a los estudios sobre este bioma endémico de Brazil.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. (2003). **O Domínio dos Sertões Secos**. In: AB'SABER, A. N. Os Domínios de natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Editorial Ateliê, 2003. p. 83-101.

AB'SABER, A. N. (1977). **Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários**. Instituto de Geografia / USP, São Paulo, (Série Paleoclimas, 3).

ANDRADE-LIMA, D. (1982). **Refugios forestales actuales en el noreste de Brasil**. En: G.T. Prance, (Ed.), *Biológico Diversificación en los trópicos*. Colombia University Press, Nueva York, págs. 245-251.

ANDRADE-LIMA, D. (1981). The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro Vº 4. p:149 – 153.

ANDRADE-LIMA, D. (1960). Estudos fitogeográficos de Pernambuco. **Revta. Arq. Inst. Pesq. Agron.** 5:305-341.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2003. **Rio Paraíba**. <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/> . Acessado em: 03/09/2003.

BERMIDÉZ, F. L.; DÍAS, A. R. (1998). **Erosión y Desertificación: Implicaciones Ambientales y Estrategias de Investigación**. Papeles de geografía. Universidad de Murcia, Nº28. P.77-89.

CÁMARA, R. (1997). **República Dominicana: dinámica del medio físico en la región del Caribe (Geografía física, Sabanas y Litoral) Contribución al conocimiento de la tropicalidad insular**. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/handle/11441/85112>.

CÁMARA, R. (2004). **Escalonamiento Bioclimático, Regímenes Ecodinámicos y Formaciones Vegetales de la Isla de la Española en República Dominicana**. Estudios en Biogeografía. Terrassa, España. Servei de Publicacions de la Universitat de Girona. Págs. 39- 58.

CÁMARA, R.; DÍAS DEL OLMO, F. 2013. Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (I): fundamentos metodológicos. **Estudios Geográficos**. Vol. LXXIV, 274, pp. 67-88. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201303>

CÁMARA, R., DÍAZ DEL OLMO, F., MARTÍNEZ, J.R. 2020. TBRs, a methodology for the multi-scalar cartographic analysis of the distribution of plant formations. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**. 85, 1–38. <https://doi.org/10.21138/bage.2915>

CÁMARA, R. SOUZA, B. I. PORTO DE LIMA, R. 2021 Climatic changes and distribution of plant formations in the state of Paraíba, Brazil. **Cuadernos de Investigación Geográfica**. Nº48. <https://doi.org/10.18172/ciq.5044>

CURTIS, J. T. & R. P. MCINTOSH, 1951. **An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin**. *Ecology* 32(3): 476-496.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIRA, R. de C. A. (1998). Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Revta brasil. Bot.**, São Paulo, V.21, n.1, p.7-15.

GENTRY, A. H. (1982) **Patterns of Neotropical plant species diversity**. *Evolutionary Biology* 15:1-84.

GENTRY, A. H. **Diversity and floristic composition of Neotropical dry forest**. In: BULLOCK, S., MEDINA, E. H. A.; MOONEY, H. A (eds.). *Tropical deciduous forest ecosystems*. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 1996. p. 153-188.

MARTIUS, K. P. Von (1996) **A viagem de Von Martius: tabulae physiognice**: 1840. v. 1. Rio de Janeiro: Index

MONTEIRO DE BURGOS, J.L. y REBOLLAR, J.L.G (1974), **Diagramas bioclimáticos**. Ministerio de Agricultura. ICONA. Madrid.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; JARENKOV, J. A.; RODAL, M. J. N. **Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution pattern**. In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. Neotropical savannas and seasonally dry forests. Boca Raton (EUA): CRC Press, p. 159-190, 2006.

OLIVEIRA P. 1993. **The Brazilian Atlantic Rain Forest: An ecological tragedy for Humankind**. Global Ecology and Biogeography Letters (39) 1, 30-31.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. A.; PENDRY, C. **Neotropical seasonally dry forests and Pleistocene vegetation changes**. J. Biogeogr., v. 27, p. 261-273, 2000.

PORTO DE LIMA, V.R. 2012. **Caracterización biogeográfica del bioma de Caatinga en el sector semiárido de la cuenca del río Paraíba, Noreste de Brasil: propuesta de ordenación y gestión de un medio semiárido tropical**. Tesis Doctorado en Geografía. Universidad de Sevilla, Sevilla.

PRADO, D. E. **Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit**. Edinburgo (UK): J. Bot., v. 57, p. 437-461, 2000.

RIZZINI, C. T. (1997). **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Edit. Âmbito Cultural, 2ª Edição.

SOUZA, B. I. (2008). **Cariri Paraibano: do Silêncio do Lugar à Desertificação**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS – BR. 198f.

THORNTHWAITE, C.W., Mather, J.R. 1956. **The Water Balance**. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology 8, 1-104.

THORNTHWAITE, C.W., Mather, J.R. 1957. **Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance**. Climatology 10, 181-311.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1991. 124p.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Valéria Raquel porto de Lima – Concepção, Coleta de dados, Análise de dados, Elaboração do manuscrito, revisão e aprovação da versão final do trabalho

Bartolomeu Israel de Souza – Coleta de dados, Participação ativa da discussão dos resultados; Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

Rafael Câmara Artigas – Concepção, Coleta de dados, Participação ativa da discussão dos resultados; Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

FINANCIAMENTO

AECID - Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento - <https://www.aecid.es/ES>

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

HISTÓRICO

Recebido em: 10-09-2021

Aprovado em: 09-03-2021