

# INVESTIGAÇÃO DA COBERTURA FLORESTAL DA SERRA DO ARACÁ, A TERRA INDÍGENA YANOMANI, VIA GEOMETRIA FRACTAL

Gabriel dos Santos Varges<sup>1</sup>, Jorge Anderson Paiva Ramos<sup>1</sup>, Sandra Cristina Ramos<sup>1</sup>

**RESUMO:** A Geometria Fractal atualmente é utilizada em vários campos do conhecimento, aplicando os conceitos e definições, proporciona ferramentas que podem padronizar o aleatório, o irregular e o caótico. O presente trabalho apresenta uma aplicação da Geometria Fractal, visto a gama de modelagens possíveis utilizando tal geometria. Foi analisado o desmatamento da cobertura florestal do Parque Estadual Serra do Aracá, a terra indígena Yanomani.

**PALAVRA CHAVE:** Geometria Fractal; Cobertura Florestal; Preservação Ambiental

**ABSTRACT:** Fractal Geometry is currently used in various fields of knowledge, applying concepts and definitions, providing tools that can standardize the random, the irregular and the chaotic. The present work presents an application of Fractal Geometry, given the range of possible modeling using such geometry. The deforestation of the forest cover of the Serra do Aracá State Park, the Yanomani indigenous land, was analyzed.

**KEYWORDS:** Fractal Geometry; Forest Coverage; Environmental Preservation

## INTRODUÇÃO:

O desmatamento florestal é um grande problema que o Brasil enfrenta, sendo importante o desenvolvimento e aprimoramento em pesquisas que possam contribuir para auxiliar no combate ao desmatamento florestal ilegal. Diante disso, o objetivo da pesquisa, o presente trabalho analisou imagens de satélites de regiões de Vitória da Conquista, tendo em vista uma investigação quantitativa do desmatamento florestação nos últimos anos. O estudo foi realizado a partir de um levantamento de imagens de satélites, que foram analisadas pelo software Imagj, a fim de calcular a Dimensão Fractal. Por fim, utilizou os pressupostos teóricos que relacionam o grau de desmatamento florestal com a Dimensão Fractal das imagens analisadas.

O desmatamento florestal é um grande problema que o Brasil enfrenta, sendo importante o desenvolvimento e aprimoramento em pesquisas que possam contribuir para auxiliar no combate ao desmatamento florestal ilegal. Diante disso, o objetivo da pesquisa, o presente trabalho analisou imagens de satélites de região da Parque Estadual Serra do Aracá, tendo em vista uma investigação quantitativa do desmatamento florestação nos últimos anos. O estudo foi realizado a partir de um levantamento de imagens de satélites, que foram analisadas pelo software Imagj, a fim de calcular a Dimensão Fractal (DF). Por fim, utilizou os pressupostos teóricos que relacionam o grau de desmatamento florestal com a Dimensão Fractal das imagens analisadas. O Parque Estadual Serra do Aracá, é umas das regiões que sobrepõe a Terra Indígena Yanomani, localizado no estado do Amazonas região Norte do Brasil. O parque foi criado pelo Decreto 12.836, de 9 de março. Historicamente a região sofre com invasões de garimpeiros de maneira predatória dos recursos ambientais, além dos crimes ambiências os povos indígenas da região sofrem agressões e convivem com grandes problemas sociais (SOUSA, 2020).

## MATERIAL E MÉTODOS:

---

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Contato: gabrielvarges1@gmail.com

O sensoriamento remoto é a extração de informações por meio da energia liberada de objetos ou sistemas, no espectro eletromagnético, sendo muito utilizado sensores óticos, câmaras analógicas e digitais para isso (SILVA, JÚNIOR 2006). Com o uso da telemetria o sensoriamento remoto (SR) consegue informações sem alterar o meio analisado e com amplo campo de observação e de forma rápida. (ABRHÃO, 2007). Foi empregado por Figueiredo e Carvalho (2007) o uso de imagens digitais como material para avaliação do desmatamento no Acre, tendo como resultados o dimensionamento do desmatamento florestal, de maneira a contornar os riscos de distintos valores. A escolha por imagens digitais é explicada por ser versátil e de fácil obtenção, em comparação com outros métodos.

Fractal é qualquer objeto ou sistema que apresenta características peculiares, que não podem ser explicadas pela Geometria Euclidiana, pois estuda figuras não regulares, como por exemplo algumas estruturas encontradas na natureza como as nuvens, raios, árvores (MIRANDA, GONZALEZ, 1998). Os fractais apresentam características próprias: a autossimilaridade que é capacidade de uma parte ter mesmo comportamento do todo, a complexidade infinita e a dimensão fractal, que poder ter valores no conjunto  $[0, 3]$ , ou seja, admitido valores fracionários. A aplicação da dimensão fractal (DF) em imagens de sensoriamento remoto apontaram DF como a medida do grau de ocupação e o nível de irregularidade morfológica do objeto fractal analisado (MARTINS, 2003). Andronache *et al.* em 2019 quantificaram o desmatamento na região dos Montes Apuseni, na Romênia, utilizando a dimensão fractal como modelo para determinar o grau de ocupação morfológico do espaço geométrico em questão. A partir do mosaico das imagens digitais de satélite conseguiram determinar o aumento do desmatamento florestal no período estudado. Urgilez-Clavijo *et al.* em 2021, de maneira similar caracterizam o desmatamento na Amazônia equatorial usando a dimensão fractal, obtendo resultados satisfatórios que validam o método apresentado no presente trabalho. Os autores ainda destacam que a dimensão fractal pode ser interpretada como “esvaziamento” da floresta local. Urgilez-Clavijo conclui em sua pesquisa, que quanto mais a dimensão fractal das imagens digitais obtidas por satélites aproximam-se de dois, maior o grau de desmatamento da flora. Assim o método apresentou precisão e potencialidades para determinar e investigar a devastação florestal em grandes áreas de maneira eficaz. SUL em 2013 estudou a fronteira trinacional amazônica, entre os países do Brasil, Peru e Bolívia, entre os anos 1986 a 2010. Utilizou o método denominado Box counting para calcular a dimensão fractal de imagens obtidas por satélites da região da Amazônia, onde pode verificar a devastação da flora pelo mesmo método dos autores citados acima. O Box counting consiste em

Refere-se de uma pesquisa de estudo de caso, do tipo exploratória e quantitativa, por meio de imagens de geoprocessamento e técnicas matemáticas computacionais, para o cálculo da dimensão fractal. Obteve-se imagens de satélites por meio do free (Google Earth Pro), sendo este um site de busca de mapas e imagens do planeta Terra. Por meio do *software* Imagej, desenvolvido pelos institutos de saúde dos EUA, com uma extensão em Java denominado Fraclac, as imagens da do Parque Estadual Serra do Aracá, a terra indígena Yanomani, obtidas pelo Google Earth, receberam um tratamento denominado binarização e por fim foram calculadas as Dimensões Fractais das imagens. Foram escolhidos alguns anos de 2010 a 2023 para análise do desenvolvimento do desmatamento florestal. Tais imagens foram obtidas através do satélite Landsat, onde foram encontrados os mosaicos dessas regiões no Google Earth Pro. Mosaico é o processo de unir várias imagens com objetivo de construir uma imagem geral do meio fotografado, com esse método é possível obter uma melhor qualidade das imagens digitais. Graças a essa opção no Google Earth Pro é possível visualizar de maneira clara a flora da região, e assim possível calcular a dimensão fractal da região via imagens digitais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Para o estudo de caso foram utilizadas imagens de satélite da região, mostradas nas Figuras 3 e 4.

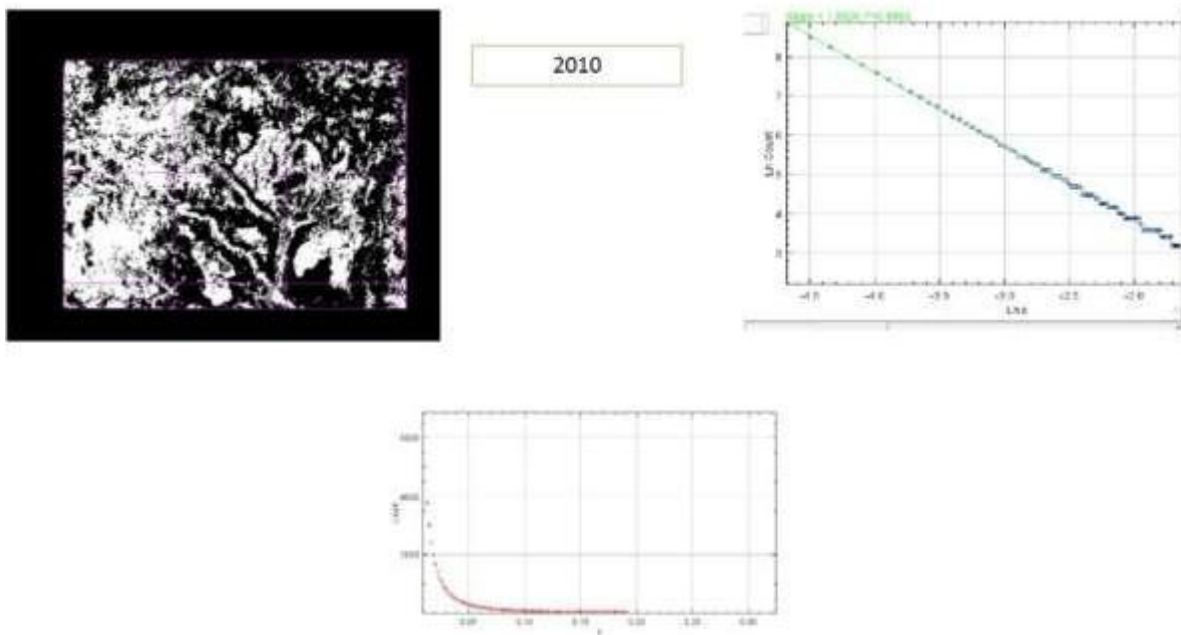
**Figuras 1 e 2** – Imagens da região analisada no período entre 2010 a 2023.



**Fonte:** Autor

A região da Parque Estadual Serra do Aracá que foi estudada tem a localização do centro com latitude:  $0^{\circ}22'21.50''N$  e longitude:  $63^{\circ}18'56.66''O$ . Perímetro: 669km e área:  $30.477 \text{ km}^2$ . Como o resultado da investigação da cobertura florestal na região:

**Figura 2** – Resultado 12/2010

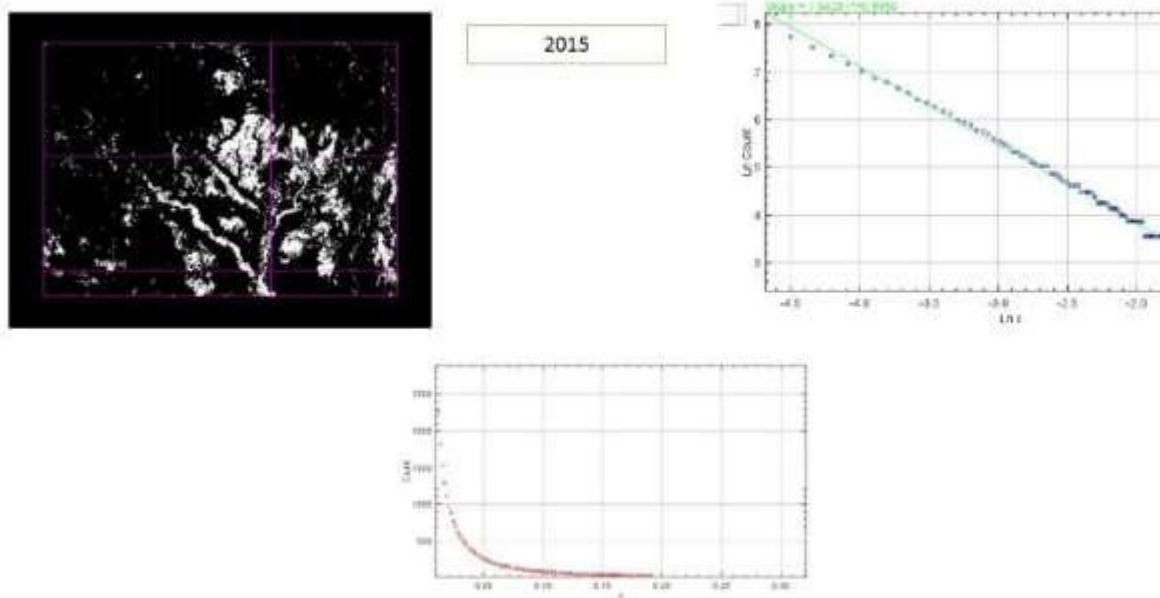


**Fonte:** Autor

Como a DF pode ser entendida como grau de ocupação, logo, entende-se que a o grau de ocupação cobertura florestal pode ser mensurada como a DF. Sendo que

mais perto de 2, significa que a cobertura florestal domina o plano, ou seja, o desmatamento é mínimo. A análise da imagem de 2010, como mostra na Figura 5, percebe-se uma alta cobertura florestal na região, com pouco desmatamento.

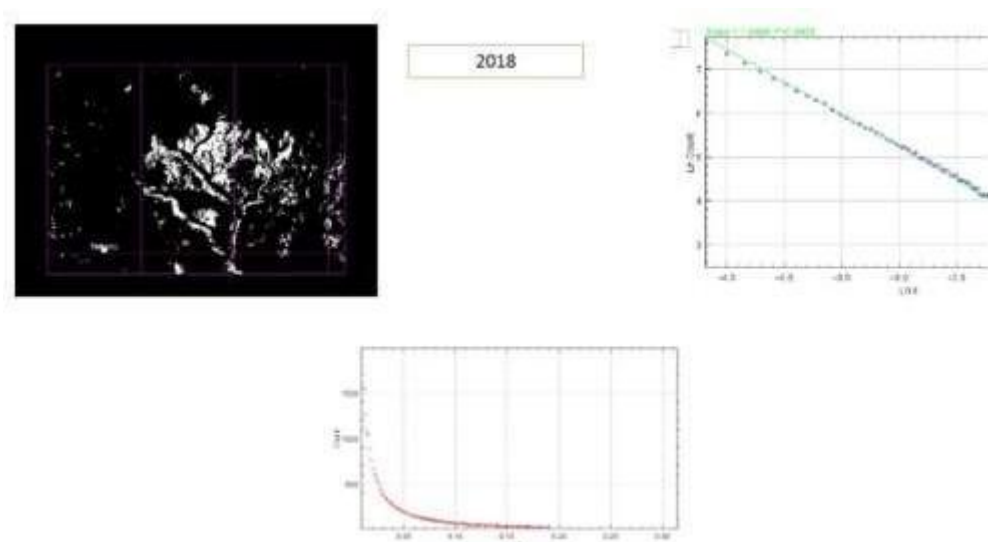
**Figura 3** – Resultado 12/2015



**Fonte:** Autor

O estudo da região em 2015, observa-se uma diminuição da DF, significando uma diminuição da cobertura florestal, tendo um aumento da devastação florestal, assim representado no Figura 6.

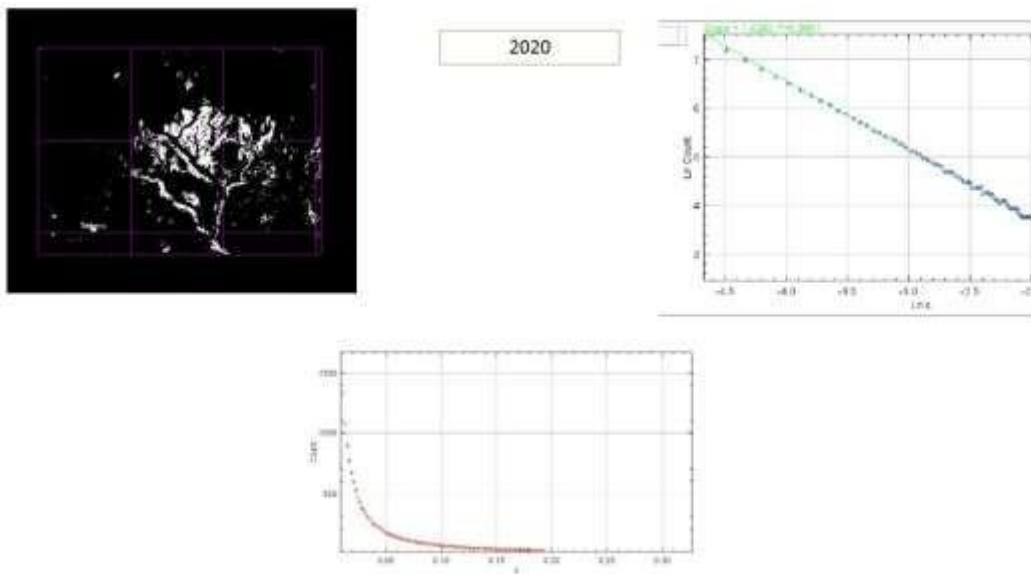
**Figura 4**– Resultado 12/2018



**Fonte:** Autor

Em 2018, dados representados na Figura 8, obteve-se uma diminuição da DF, representando um maior desmatamento ocorrido no período, comparando-se com os anos anteriores estudados. Pode-se perceber isso, pois, a cobertura florestal, mensurada pela DF, diminui com passar dos anos.

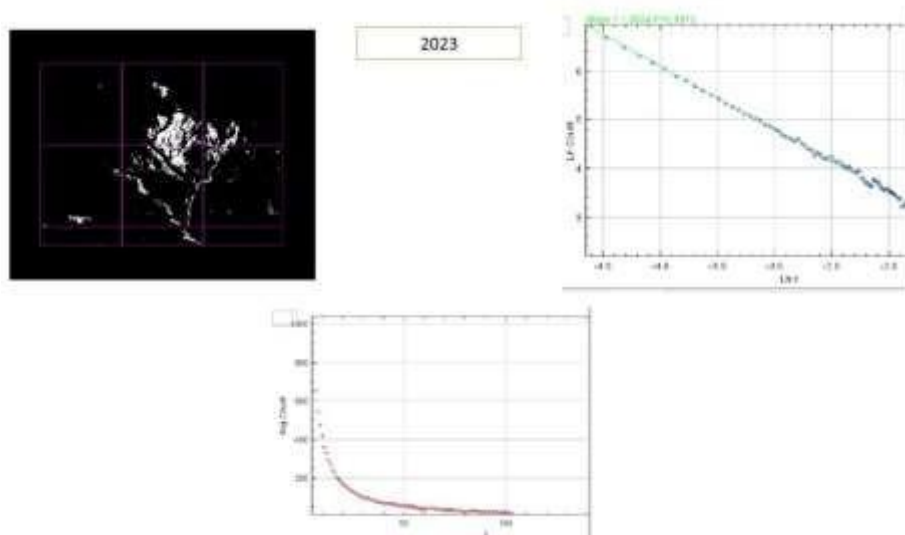
**Figura 5 – Resultado 12/2020**



**Fonte:** Autor

O resultado da DF em 2020 não teve grande variação em comparação com 2018, porém em comparação com 2010, existe uma grande diferença.

**Figura 6 – Resultado 12/2023**



**Fonte:** Autor

O resultado da DF em 2023 teve uma pequena diminuição em comparação 2020, porém isso não significa que o desmatamento na região é algo aceitável, pois em comparação em 2010, onde a DF 1,8826 que representa quase uma cobertura total do

plano com dimensão 2, significando uma boa preservação ambiental, mas com os resultados da DF nos anos seguintes, preocupa, pois, a diminuição gradativa da DF, representa uma diminuição da cobertura florestal, tendo um grande desmatamento. Os resultados foram resumidos na Tabela 1 abaixo:

**Tabela 1** – DF Calculado pelo Box counting

ANO	DF
2010	1,8826
2015	1,6429
2018	1,4866
2020	1,4242
2023	1,3024

Fonte: Autor

Outra ressalva, o presente trabalho não visa afirmar que existe degradação ambiental na região, pois a investigação foi feita numa perspectiva somente de cobertura vegetal, apresentada nas imagens.

**Figura 7** – Desmatamento na região



Fonte: INPE

Com os dados da Figura 7, pode-se validar a presente pesquisa nos âmbitos qualitativos, demonstrado um crescimento do desmatamento no recorte temporal desenvolvido. Segundo Barbosa em 2010, uma variação de uma unidade na dimensão fractal uma variação de 20 mil hectares, ou seja, com uma diminuição de uma unidade da dimensão fractal, isso representaria um desmatamento de uma área de aproximadamente 20 mil hectares.

Com isso, podemos validar a pesquisa do desmatamento florestal na região também no âmbito quantitativo, pois, obteve-se no período analisado uma variação de 0,5802 na dimensão fractal, implicando assim, com base no trabalho de Barbosa em 2010, uma área degradada de aproximadamente 11 604 hectares, 116,04 km<sup>2</sup>. Cabe ressaltar, que os dados da imagem 8, referem-se ao desmatamento em toda a reserva, por motivos metodológicos, reitera-se que a pesquisa foi elaborada para avaliação de uma pequena parte da reserva.

### **CONCLUSÕES:**

Diagnósticos das situações florestais das regiões, tem relevância para embasamento científico, beneficiando o desenvolvimento e implementação de políticas públicas para preservação ambiental, bem como no auxílio nas fiscalizações dessas reservas. Destaca-se também a importância da educação ambiental para preservação do meio ambiente. Com os resultados da análise fractal, evidencia-se a relevância da Física aplicado a Engenharia Ambiental para manutenção da flora.

### **AGRADECIMENTOS:**

Venho agradecer a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, a qual financiou essa pesquisa fornecendo uma bolsa de iniciação científica por período de um ano.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ABRAHÃO, Selma Alves. Resposta espectral do capim-tanzânia à adubação nitrogenada e densidades de plantio. 2007.

ANDRONACHE, Ion et al. Dynamics of forest fragmentation and connectivity using particle and fractal analysis. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2019.

AMARAL, U. T. Pressões do Crescimento Urbano da Cidade de Vitória da Conquista sobre o Parque Municipal da Serra do Perirperi. Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, 2012.

BACKES, André Ricardo; BRUNO, Odemir Martinez. Técnicas de estimativa da dimensão fractal: um estudo comparativo. **INFOCOMP Journal of Computer Science**, v. 4, n. 3, p. 50-58, 2005.

CONAMA. Resolução Nº 001/1986 - "Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental." - Data da legislação: 23/01/1986 - Publicação DOU, de 17/02/1986, págs. 2548-2549 Status: Alterada pelas Resoluções nº 11, de 1986, nº 05, de 1987, e nº 237, de 1997.

FIGUEIREDO, S. M. M. e CARVALHO, L. M. T. Análise comparativa entre técnicas de classificação digital em imagens Landsat no mapeamento do uso e ocupação do solo em Capixaba, Acre. Florianópolis, SC. **Anais: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto Brasil**. INPE, 2007, p. 6729 6736.

MARTINS, Marcos Hirã Arruda; CLARKE, Robin Thomas; HAERTEL, Vitor. Emprego da dimensão fractal para separar classes de textura presentes numa aerofoto da cidade de Porto Alegre. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 52, 2003.

MIRANDA, J. G. V.; GONZALES, A. P. **Influencia de las características iniciales de la superficie y la precipitación en la dimensión fractal del microrrelieve del suelo.** Cadernos do Laboratório Xeológico de Laxe, Facultad de Ciencias, Universidade da Coruña, La Coruña (España), 1998. p.121-136.

URGILEZ-CLAVIJO, Andrea et al. Local Fractal Connections to Characterize the Spatial Processes of Deforestation in the Ecuadorian Amazon. **Entropy**, v. 23, n. 6, pág. 748, 2021.

SILVA JÚNIOR, Mário Cupertino da et al. Detecção do efeito da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens* Stapf. utilizando um sistema de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 411-419, 2008.

SUL, J.; SOUTHWORTH, J. Remote Sensing-Based Fractal Analysis and Scale Dependence Associated with Forest Fragmentation in an Amazon Tri-National Frontier. **Remote Sensing**, v. 5, n. 2, pág. 454-472, 2013.