

## **Análise da Estrutura da Paisagem e Determinação da Fragilidade Ambiental em Remanescentes Florestais do município de Piranhas, Alagoas**

Raimundo Ferreira da Silva Sobrinho<sup>1</sup>  
Nadjacleia Vilar Almeida<sup>2</sup>  
Milena Dutra da Silva<sup>3</sup>

### **INTRODUÇÃO**

O bioma Caatinga abrange nove estados do nordeste e uma faixa ao norte de Minas Gerais, sendo exclusivamente brasileiro e predominante na região do semiárido (Araújo *et al.*, 2023). Estudos apontam que esse bioma vem sendo ameaçado pela modificação de habitats naturais ocasionada pelas atividades humanas (modelos de produção e reprodução do espaço em descompasso com a capacidade de regeneração natural), com predomínio de agricultura e pecuária que levam a uma série de impactos ambientais, sociais e econômicos (Angelotti, Sá e Petreire, 2009; Gomes *et al.*, 2021; Nascimento e Calheiros, 2024).

Esses impactos se associam direta e indiretamente ao desmatamento de florestas nativas na Caatinga, com destaque para as fisionomias caatinga (predominante), enclaves de floresta tropical úmida, vegetação de transição, entre outros, com prejuízos socioambientais e econômicos dada a perda da prestação de serviços ecológicos e ecossistêmicos oferecidos por essas florestas (Silva, Leal e Tabarelli, 2017).

A ecologia da paisagem oferece um amplo espectro de visões, teorias e metodologias úteis ao monitoramento e diagnóstico da estrutura da paisagem (Bastian, 2001), podendo compreender transformações estruturais e/ou funcionais ao lidar com mosaicos antropizados (Metzger, 2001). Uma das vertentes avalia a paisagem sob diversos aspectos geográficos permitindo um estudo sobre padrões e processos estruturais que podem ser aplicados em diferentes escalas espaciais e temporais (Turner, 2005).

O cálculo das métricas da paisagem fornecem dados de extrema importância relacionados a número de manchas, área total, forma, quantidade de borda e área-núcleo, além do distanciamento entre as manchas vizinhas, que aplicadas a análises de fragmentos florestais, podem inferir sobre a qualidade da mancha, principalmente, em ambientes com intensa pressão antrópica (Dantas *et al.*, 2017; Lang e Blaschke, 2009; Langanke *et al.*, 2005; e McGarigal, 2002). A partir de metodologias usuais em Ecologia da Paisagem, baseando-se

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Ecologia da Universidade Federal da Paraíba - PB, [rfss2@academico.ufpb.br](mailto:rfss2@academico.ufpb.br);

<sup>2</sup> Dra em Geografia, Profa. do Curso de Ecologia da Universidade Federal da Paraíba, [nadjacleia@ccaef.ufpb.br](mailto:nadjacleia@ccaef.ufpb.br);

<sup>3</sup> Dra em Geografia, Profa. do Curso de Ecologia da Universidade Federal da Paraíba, [milena.silva@ccaef.ufpb.br](mailto:milena.silva@ccaef.ufpb.br)

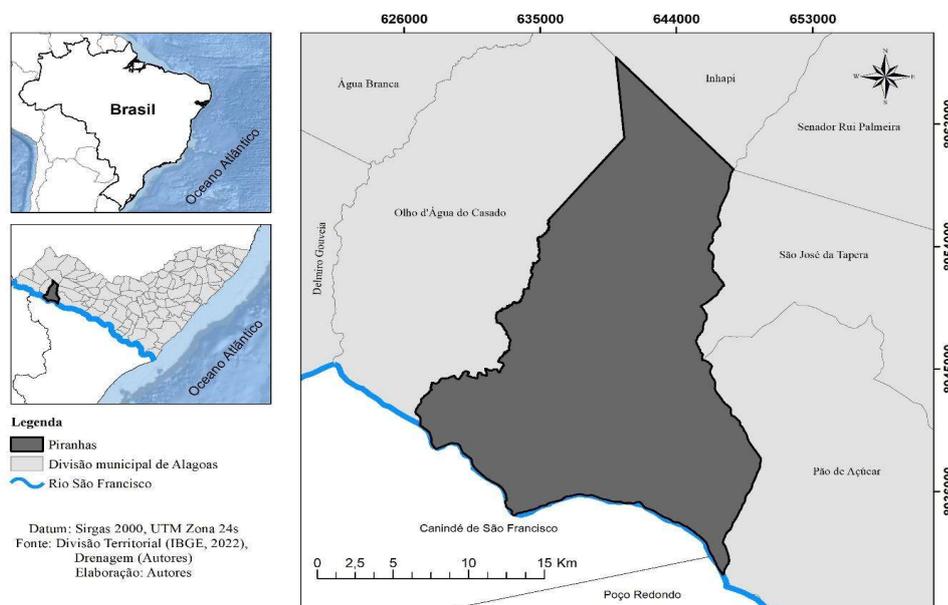
em Metzger (2001) e Forman e Godron (1986), e de conceitos de Ross (1994) referentes a fragilidade ambiental, é possível analisar a fragilidade ambiental de remanescentes florestais, a exemplo do estudo realizado por Matias et al. (2020).

Esse cenário, sob influência de um histórico de uso e ocupação com predomínio de atividades rurais, é observado em Piranhas, Alagoas, assim como em muitos municípios de pequeno porte do semiárido nordestino, e demandam estudos diagnósticos com vistas ao monitoramento e adequada gestão das florestas nativas. Diante do exposto, este trabalho objetiva analisar a estrutura da paisagem e a fragilidade ambiental dos remanescentes florestais no semiárido alagoano, município de Piranhas-AL, utilizando métodos e técnicas de Ecologia da Paisagem.

## METODOLOGIA

O município de Piranhas apresenta uma área total de 403,995 km<sup>2</sup> e está localizado na Mesorregião Sertão Alagoano e na Microrregião Alagoana do Sertão do São Francisco, limitando-se a norte com Inhapi e Senhor Rui Palmeira, a sul com Canindé de São Francisco e Poço Redondo, a Leste com Pão de Açúcar e São José da Tapera e a oeste com Olho d'Água do Casado (IBGE, 2022) (Figura 1).

**Figura 1.** Localização do município de Piranhas, Alagoas, Brasil.



Fonte: autores, 2024

Para análise das métricas da paisagem foram adquiridos dados de cobertura e uso do solo referente ao ano de 2021, fornecidos gratuitamente pelo Projeto Brasileiro de Mapeamento Anual de Uso e Cobertura da Terra (MapBiomas Brasil), coleção 7.1.

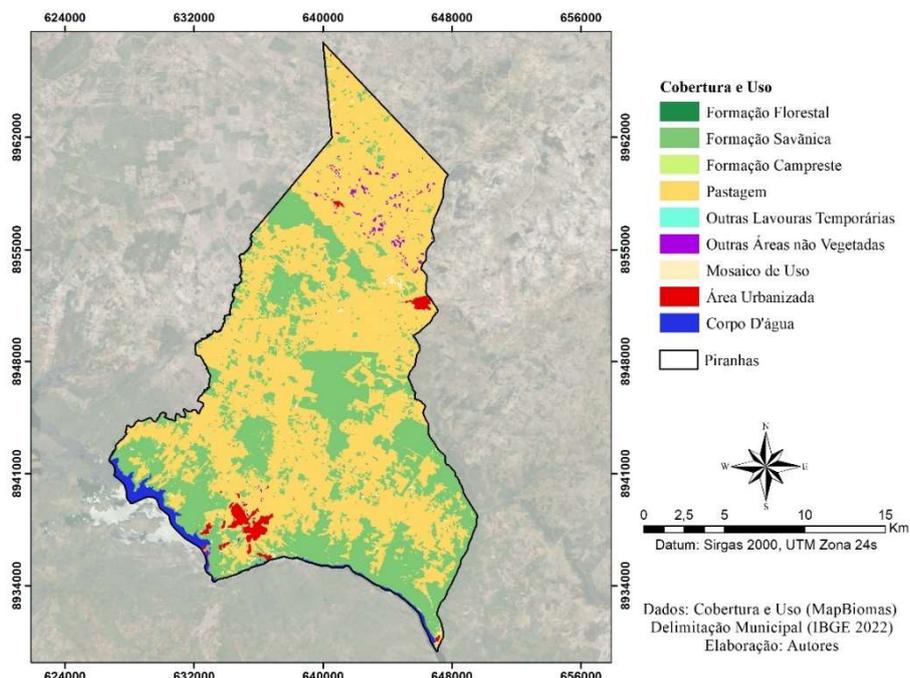
Posteriormente, as métricas foram calculadas a partir do *plugin* V-Late 2.0 (Ferramenta de análise de paisagem baseada em dados vetoriais) no *Software ArcMap* versão 10.8.2. Os índices de área, borda, forma e área núcleo foram determinados segundo modelos propostos por Langanke *et al.*, (2005) e McGarigal, (2002). Para cálculo de área núcleo foi considerado um valor de 50 metros da borda para o interior apenas para a classe correspondente a cobertura vegetal florestal.

Para identificação dos níveis de fragilidade ambiental, foram utilizadas as métricas da paisagem Área Total (CA), Índice de Forma (MSI) e Área núcleo Total (NCA), e o conceito qualitativo proposto por Ross (1994) acerca da fragilidade ambiental. Foram adotados os parâmetros de análise adaptados de Matias *et al.* (2020), com adoção das classes “baixo índice de fragilidade ambiental” (CA>60ha, NCA>10ha e MSI<1.5), “nível intermediário de fragilidade ambiental” (CA entre 10 e 60ha, NCA<10ha e MSI>1.5) e “alto índice de fragilidade ambiental” (CA<10ha, NCA=0 e MSI>1.5) e aplicados aos remanescentes florestais com tamanho superior a 0,5 ha, considerando o critério de dimensão mínima do conceito de floresta adotado pela e SNIF (Sistema Nacional de Informações Florestais). Os fragmentos que não atenderam às condicionantes foram classificados como “Não Classificados”. A partir desse cruzamento quali-quantitativo condicional, foram gerados dados correspondentes ao nível de fragilidade dos fragmentos, e elaborados mapas temáticos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O município de Piranhas apresenta paisagem composta por 9 classes de cobertura e uso do solo (figura 2). Entre essas classes são observadas aquelas de origem natural (Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre e Corpo D’água), representando 33,88% da área, e aquelas de origem antrópica (Pastagem, Outras Lavouras Temporárias, Mosaicos de Uso, Área Urbanizada e Outras Áreas não Vegetadas) ocupando 66,12%.

**Figura 2.** Classificação do uso e cobertura do solo, conforme Mapbiomas, para o município de Piranhas-Al, referente ao ano de 2021.



Fonte: Autores, 2024

A classe de maior expressão corresponde a Pastagem, com CA de 25.760,34 ha, tamanho médio (MPS) de 30,23 ha e desvio padrão (PSSD) de 848,22 ha (Tabela 1). Em termos percentuais a Pastagem representa 63,47% da área total da cobertura e uso do solo e são distribuídas em 852 manchas (NP), sendo assim uma matriz rural que desempenha um papel dominante quanto ao funcionamento da paisagem (Casimiro, 2009). A expansão de áreas de pastagem está entre uma das principais ameaças de todo o sertão alagoano, na qual ocorre a retirada de forma indiscriminada dos recursos naturais (Nascimento e Calheiros, 2024). As atividades de pastoreio, quando praticada de forma inadequada, levam à degradação por meio do pisoteio contínuo de animais, prejudicando o desenvolvimento das plantas e o grau de recobrimento da superfície do solo, o que, por sua vez, eleva o grau de vulnerabilidade a erosão (Francisco *et al.* 2013).

Quando observadas os remanescentes florestais (Formação Florestal e Formação Savânica), é possível identificar características distintas quanto às métricas apresentadas. A Formação Florestal possui CA de 3,24 ha, sendo a menor classe da paisagem, e que estão distribuídas em 20 NP, com média de  $0,16 \pm 0,13$  ha, o que sugere uma relativa homogeneidade quanto ao tamanho das manchas. Os fragmentos dessa classe são de tamanhos pequenos e estão concentrados próximos ao curso principal do Rio São Francisco. Em contraste, a Formação Savânica cobre 30,72% da área, com CA de 12.476,85 ha e 2.165 NP. Essas manchas têm média de  $5,76 \pm 78,12$  ha, indicando uma maior variação de tamanho das

manchas. As demais classes cobertura e uso obtiveram porcentagens de área menores que 2% (Tabela 1).

Um número elevado de NP em classes florestais frequentemente está frequentemente associado a processos de desmatamento e fragmentação. Dados do Mapbiomas (2022) apontam que houve uma perda de cobertura vegetal do tipo Formação Savânica do estado de Alagoas entre os anos de 1985 e 2021, com a área total reduzida de 500.292,00 ha para 341.349,00 ha, equivalente a uma perda de 31,77% (Mapbiomas, 2022). Ao analisar as métricas de borda, a paisagem obteve um total de bordas (TE) 4.040,66 km e uma média de  $0,70 \pm 16,73$  km (Tabela 1). O maior TE da paisagem é referente a classe de Formação Savânica com 1.691,22 km e média  $0,17 \pm 6,36$  km. Esses valores indicam uma estrutura de bordas extensa e complexas. Observou-se uma quantidade significativa de fragmentos dessa formação natural com margens lineares e angulares. Segundo Casemiro, (2009), elementos da paisagem com margens lineares e formando ângulos indicam intensa atividade antrópica na vizinhança. A Formação Florestal apresenta um (TE) de 3,33 km e média  $0,17 \pm 0,072$  km, indicando bordas menos complexas.

A paisagem tem manchas com formas médias de classes que variam de 1,240 a 1,755 (Tabela 1). Dando ênfase à análise do MSI da cobertura vegetal, a Formação Savânica apresentou um valor de Índice médio da Forma (MSI) de 1,367 composta por fragmentos de formatos variados entre 1,095 e 12,581. Esses valores apontam que os fragmentos tendem a formatos mais alongados sendo mais susceptíveis ao efeito de borda, já que valores próximos de 1 indicam formas mais circulares (Silva; Longo, 2020). Já a Formação Florestal tem um MSI de 1,240 e formas mais compactas variando de 1,128 a 1,433.

**Tabela 1.** Métricas da paisagem das classes de cobertura e uso do solo (MapBiomas), do município de Piranhas, Alagoas, Brasil

Cobertura e Uso do Solo								
Classes	Área (ha)				Borda (km)		Forma	
	NP	CA	MPS	PSSD	TE	MPE		
Formação Florestal	20	3,24	0,16	0,13	3,33	0,17	1,240	
Formação Savânica	2.165	12.476,85	5,76	78,12	1.691,22	0,78	1,367	
Formação Campestre	1.810	509,15	0,28	0,39	397,25	0,21	1,294	
Pastagem	852	25.760,34	30,23	848,22	1.537,20	1,80	1,346	
Outras	Lavouras	29	15,07	0,52	0,45	8,98	0,31	1,336
Temporárias								

Mosaicos de usos	630	369,65	0,59	1,07	193,17	0,31	1,289
Área Urbanizada	17	477,41	28,08	65,88	44,58	2,62	1,551
Outras Áreas não vegetadas	232	211,91	0,91	1,34	91,38	0,39	1,334
Corpo D'água	20	761,09	38,05	119,01	73,53	3,68	1,755
<b>Total</b>	<b>5.775</b>	<b>40.584,72</b>	<b>7,02</b>	<b>77,76</b>	<b>4.040,66</b>	<b>0,70</b>	<b>1,333</b>

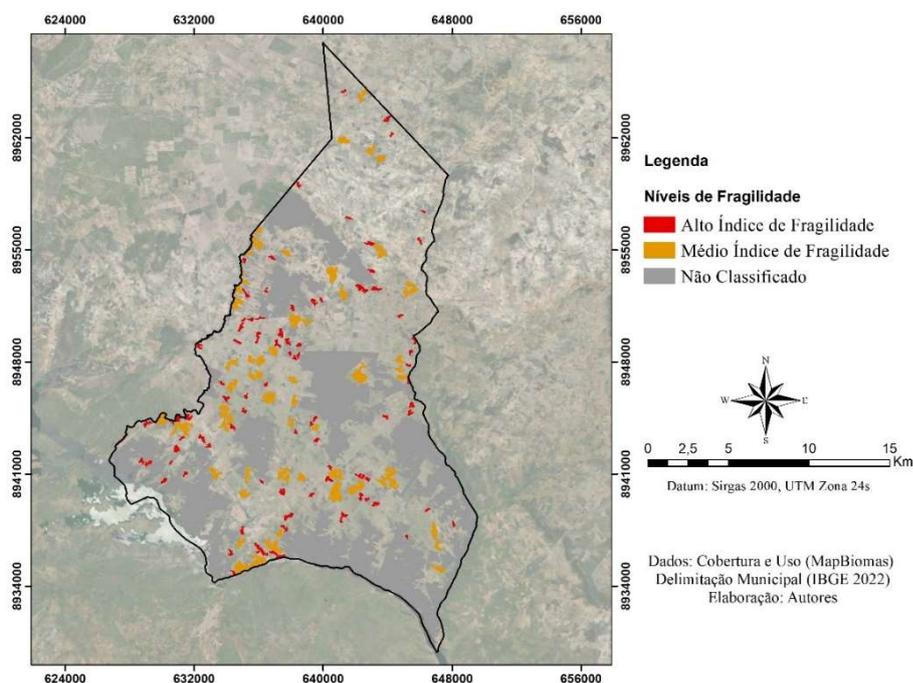
Fonte: Autores, 2024.

Ao analisar a área-núcleo os fragmentos da classe Formação Savânica totalizaram 719 manchas com área-núcleo (NCA), computando uma área central (TCCA) de 6.737,91 e um índice de área central (CAI) de 54%. A formação Florestal não registrou manchas com área-núcleo, indicando que todos os fragmentos estão sob efeito de borda. Um total de 46% da área dos fragmentos está submetida ao efeito de borda sendo a formação florestal em sua totalidade.

### Fragilidade ambiental dos fragmentos florestais

Ao classificar os remanescentes florestais quanto a fragilidade ambiental, entre os 749 remanescentes florestais analisados, 90 pertencem a classe “alto índice de fragilidade ambiental”; e 60 são de “médio índice de fragilidade” (Figura 3).

**Figura 3.** Níveis de Fragilidade Ambiental dos remanescentes florestais do município de Piranhas-Al, referente ao ano de 2021.



Fonte: Autores, 2024

A maioria dos fragmentos (80%) não foi classificada por não atender simultaneamente a todas as condicionantes das classes de fragilidade ambiental adotadas. No entanto, foram identificados, entre eles, 12 fragmentos com características métricas que os aproximam da classe “baixo índice de fragilidade ambiental”, com CA entre 67,37 e 2.218 ha, MSI variando de 2,138-12,581, todos contendo área núcleo, mas foram excetuados dessa classe porque não cumpriram a condição de  $MSI < 1,5$ . Tal fato decorre da complexidade da forma apresentada pelos fragmentos e que determinam um  $MSI > 2$ . Para os demais fragmentos “não classificados”, o não cumprimento dos requisitos das classes de fragilidade estão associadas, frequentemente, a não correspondências da condicionante MSI. Nesse sentido, fragmentos com fortes características das classes de “alto índices de fragilidade” e de “nível intermediário de fragilidade”, foram excetuados dessas classes por apresentar  $MSI < 1,5$ .

Os Fragmentos com “alto índices de fragilidade” e “nível intermediário de fragilidade” ambiental são altamente vulneráveis à supressão, perda e fragmentação, principalmente devido ao pequeno tamanho e forma irregular. Conforme Matias (2019), essa fragilidade resulta na redução ou desaparecimento de tais fragmentos ao longo do tempo, podendo ser impulsionado quando circundado por atividades antrópicas, levando a perda de biodiversidade e intensificando o processo de degradação da paisagem, especialmente em áreas com predominância de fragmentos menores e isolados, como observado no município de Penedo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Piranhas apresenta paisagem definida pela intensa atividade antrópica, especialmente influenciada pela agropecuária. Quanto aos remanescentes florestais, predomina a fisionomia caatinga e, em áreas mais úmidas, próximas ao Rio São Francisco, alguns fragmentos diminutos de formação florestal de dossel contínuo.

Os fragmentos de Formação Florestal estão integralmente sob efeito de borda e, devido à ausência de área núcleo, é provável que apresentem complexidade estrutural e funcional limitadas. Os dados de tamanho, borda, índice de forma e total de área núcleo dos remanescentes florestais demonstram que estão sobre influência antrópica, produzindo cenários de “alto índice de fragilidade ambiental” e “nível intermediário de fragilidade ambiental”.

Esse cenário suscita preocupação quanto a qualidade ambiental no município, ainda mais se considerado que os fragmentos “não classificados” possuem características que os aproximam das classes de “alto índice de fragilidade ambiental” e “nível intermediário de

fragilidade ambiental” e que, diante da ausência de um planejamento ambiental adequado, podem assumir características métricas desfavoráveis ao equilíbrio ambiental e ecossistêmico.

A análise das métricas da paisagem revela a necessidade de estratégias de manejo e conservação para mitigar os efeitos de perda e fragmentação.

## REFERÊNCIAS

ANGELOTTI, F.; BEZERRA, I.; PETRERE, V. **Mudanças climáticas e o Semiárido brasileiro: o papel da Embrapa Semiárido e suas ações de pesquisa**. Embrapa Semiárido, 2009.

ARAÚJO, H.F.P.; CANASSA, N.F., MACHADO, C.C.C. *et al.* Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. **Scientific Reports** **13**, 18440 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45571-9>

BASTIAN, O. Landscape Ecology—towards a unified discipline?. **Landscape Ecology**, v. 16, p. 757-766, 2001.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/>. Acesso em: 05 Jul. 2024.

CASIMIRO, P. C. Estrutura, composição e configuração da paisagem conceitos e princípios para a sua quantificação no âmbito da ecologia da paisagem. **Revista portuguesa de estudos regionais**, n. 20, p. 75-99, 2009.

DANTAS, M. S.; ALMEIDA, N. V.; MEDEIROS, I. S.; SILVA, M. D. Diagnóstico da vegetação remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 87-97, 2017. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.1.2017.1128.87-97>

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. USA: J. Wiley, 1986.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; CHAVES, L. H. G.; BRANDÃO, Z. N.; LIMA, E. R. V.; SILVA, B. B. Mapeamento da vulnerabilidade das terras da bacia hidrográfica do Rio Taperoá. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 02, p. 271-286, 2013.

IBGE – Instituto brasileiro de geografia estatística. Malha Municipal 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 maio 2024.

LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da Paisagem com Sig. São Paulo: **Oficina de Textos**, p. 106-115, 2009.

LANGANKE, T.; ROSSNER, G.; VRSCAJ, B. S.; LANG, S. J.; MITCHLEY, J. Selection and application of spatial indicators for nature conservation at different institutional levels. **Journal for nature conservation**, v. 13, n. 2–3, p. 101–114, 2005.

MAPBIOMAS BRASIL. **Mapbiomas.org**. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 16 jul. 2024.

MATIAS, L.; ALMEIDA, N. V.; FERREIRA, G. R. D.; SILVA, M. D. Ecologia da paisagem aplicada à análise ambiental e temporal da vegetação remanescente em Penedo, Alagoas. **Geoambiente on-line**, n. 37, p. 322–342, 2020.

MCGARIGAL, K. *Fragstats Metrics*, 2002.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens?. **Biota neotropica**, v. 1, p. 1-9, 2001.

NASCIMENTO, M. A. D.; CALHEIROS, A. S. **Monitoramento do estado de conservação da caatinga alagoana por meio do índice de cobertura vegetal**. IFAL, 2024.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.

SILVA, J.M.C.D.; LEAL, I.R; TABARELLI, M. Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America. **Cham, Switzerland: Springer**; 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3>

SILVA, A. L.; LONGO, R. M. Ecologia da paisagem e qualidade ambiental de remanescentes florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Atibaia dentro do município de Campinas-SP. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1176-1191, 2020.  
<https://doi.org/10.5902/1980509842640>

TURNER, M. G. Landscape ecology in North America: past, present, and future. *Ecology*, v. 86, n. 8, p. 1967-1974, 2005. <https://doi.org/10.1890/04-0890>