



## HISTÓRICO DAS PERDAS E GANHOS EM UMA PAISAGEM ALTAMENTE FRAGMENTADA DA MATA ATLÂNTICA DE PERNAMBUCO

Jhonathan Gomes dos Santos<sup>1</sup>, Jéssica Alves Cunha<sup>2</sup>, Nathan Castro Fonsêca<sup>2</sup>,  
Emanuel Araújo Silva<sup>2</sup>, Ana Carolina Borges Lins e Silva<sup>2</sup>

1 Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, Brasil. E-mail: jhonathan.santos@ceca.ufal.br

2 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, Brasil. E-mail: cunhajs@gmail.com; nathanflorestal@hotmail.com; emanuel.araujo@ufrpe.br; acblsilva@gmail.com

Autor correspondente: Jhonathan Gomes dos Santos. E-mail: jhonathan.santos@ceca.ufal.br.

### RESUMO

A Floresta Atlântica foi, ao longo das últimas décadas, altamente fragmentada e reduzida. Diante desse cenário, o conhecimento acerca do histórico de uma paisagem gera informações essenciais para as tomadas de decisões para conservação e restauração. Assim, objetivamos neste estudo mapear e caracterizar a dinâmica espaço-temporal da cobertura florestal da Área de Proteção Ambiental Aldeia-Beberibe, localizada em uma das regiões mais ameaçadas da Floresta Atlântica. Foram utilizados os dados de uso e cobertura da terra da coleção 6.0 do projeto MapBiomas entre os anos de 1985 e 2020. Esta série temporal permitiu mensurar a cobertura florestal anual da paisagem nesse intervalo. Os resultados mostraram que mesmo com o aparente aumento da extensão florestal, a perda de florestas maduras não é compensada, pois o ganho florestal é composto predominantemente por áreas de regeneração florestal em estágio inicial. Embora essas áreas estejam iniciando o processo de renovação e reconstrução, é importante reconhecer que suas funções ecológicas ainda não atingiram a magnitude e a complexidade das florestas maduras que foram perdidas. Diante disto, é necessário eliminar a perda florestal para que sejam cumpridos os compromissos ambientais firmados, como a mitigação das mudanças climáticas e os benefícios socioeconômicos à ela associados.

**Palavras-chave:** Conservação; dinâmica temporal; floresta tropical; geoprocessamento

## HISTORY OF LOSSES AND GAINS IN A HIGHLY FRAGMENTED LANDSCAPE OF THE ATLANTIC FOREST OF PERNAMBUCO, BRAZIL

### ABSTRACT

*The Atlantic Forest has been highly fragmented and reduced over the past decades. Given this scenario, knowledge about the landscape's history provides essential information for decision-making regarding conservation and restoration efforts. Thus, the objective of this study was to map and characterize the spatiotemporal dynamics of forest cover in the Aldeia-Beberibe Environmental Protection Area, Pernambuco, Brazil, located in one of the most threatened regions of the Atlantic Forest. Data on land use and land cover from MapBiomas Collection 6.0 between the years 1985 and 2020 were used. This temporal series enabled the measurement of annual forest cover within the landscape during this period. The results showed that even with the apparent increase in forest extent, the loss of mature forests is not compensated for, as the gain in forest cover is predominantly composed of early-stage regenerating areas. Although these areas are initiating the process of renewal and reconstruction, it is important to recognize that their ecological functions have not yet reached the magnitude and complexity of the mature forests that have been lost. Given this situation, it is necessary to halt forest loss in order to fulfill the environmental commitments made, such as mitigating climate change and benefiting from the associated socioeconomic benefits.*

**Key words:** Conservation; temporal dynamics; tropical forest; geoprocessing

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



### INTRODUÇÃO

As florestas tropicais comportam 45% da área florestal global remanescente, possuem alta capacidade em prover bem-estar à população (Garcia Florez *et al.*, 2017), mantêm pelo menos dois terços da biodiversidade do mundo, compreendendo alta riqueza (60 a 300 espécies ha<sup>-1</sup>), alta densidade de árvores (300 a 700 ind ha<sup>-1</sup>), grandes árvores (> 100 cm de diâmetro a 1,30 do solo (D), 45 m de altura (H)) e uma estrutura de dossel mais complexa, quando comparadas a outros tipos de florestas (Mutoko *et al.*, 2015; Decuyper *et al.*, 2018). Mesmo diante de toda importância, as ações antrópicas conduziram a perdas expressivas de florestas tropicais a uma fragmentação sem precedentes desses *habitats* (Rosa *et al.*, 2016). Pesquisas apontam que 70% das florestas remanescentes estão sujeitas aos efeitos degradantes da fragmentação, e a taxa anual média de desmatamento está em 0,5% desde a década de 1990, causando o declínio da biodiversidade global e dos serviços ecossistêmicos (Haddad *et al.*, 2015; Ganivet & Bloomberg, 2019).

A Floresta Atlântica Brasileira tem um histórico de mudança de uso da terra e desmatamento generalizado (Piffer *et al.*, 2021). A cobertura florestal foi drasticamente reduzida para 28% de sua extensão original, enquadrando-se como *hotspot* de biodiversidade (Rezende *et al.*, 2018), resultando em paisagens altamente fragmentadas e atualmente mais de 80% da floresta remanescente é composta por manchas <50 ha (Ribeiro *et al.*, 2009; Rezende *et al.*, 2018). A cobertura vegetal da Floresta Atlântica brasileira é distribuída desproporcionalmente e se concentra nas regiões Sul e Sudeste do país, com aproximadamente 83%, enquanto que 15% permanece no Nordeste (Piffer *et al.*, 2021). A faixa com predominância da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco, foi intensamente explorada e teve a floresta convertida em uma paisagem altamente heterogênea ao longo dos últimos séculos (Silva *et al.*, 2015).

Diante desse cenário, a busca por conhecimento acerca do passado e presente em uma paisagem altamente fragmentada torna-se cada vez mais necessária, pois gera informações para compreensão da conectividade da paisagem ao longo do espaço-tempo e auxilia nas tomadas de decisões para conservação e restauração. Assim, objetivamos neste estudo mapear a dinâmica espaço-temporal da cobertura florestal em uma das regiões mais ameaçadas da Floresta Atlântica.

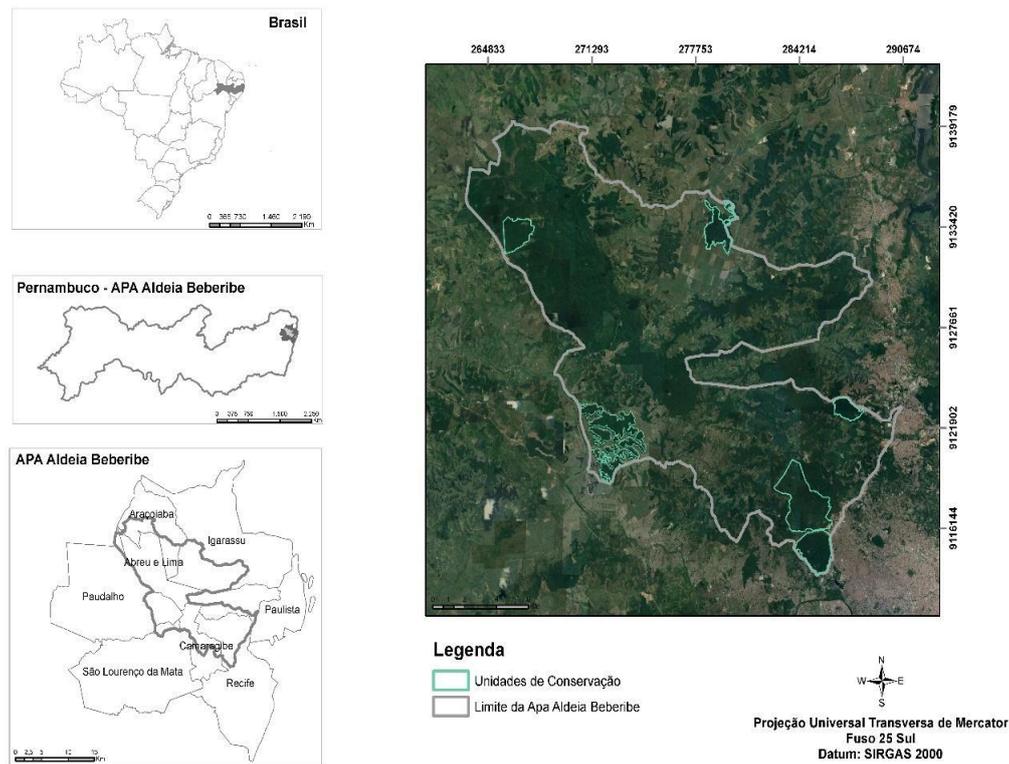
### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de estudo

O estudo foi realizado na Área de Proteção Ambiental (APA) Aldeia-Beberibe, área protegida (IUCN Categoria VI), com extensão de 31.634 hectares, abrangendo 20% da Floresta Atlântica remanescente no Estado de Pernambuco (CPRH, 2007), com fitofisionomia dominante de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Aberta (IBGE, 2012). A APA Aldeia-Beberibe se estende pelo território de oito municípios: Recife (16%), Paulista (7%), Abreu e Lima (27%),

## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

Igarassu (22%), Araçoiaba (9%), Paudalho (9%), São Lourenço da Mata (2%) e Camaragibe (8%). A APA possui cinco Unidades de Conservação de Proteção Integral: a Estação Ecológica de Caetés (IUCN Categoria Ib) no município de Paulista; o Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) (IUCN Categoria II) em Recife; bem como os Refúgios de Vida Silvestre (IUCN Categoria IV) Mata de Miritiba em Abreu e Lima, Mata de Quizanga em São Lourenço da mata e Mata da Usina São José em Igarassu (Figura 1).



**Figura 1.** Localização da paisagem de estudo, inserida na Mata Atlântica do estado de Pernambuco, Brasil.

### Base de dados

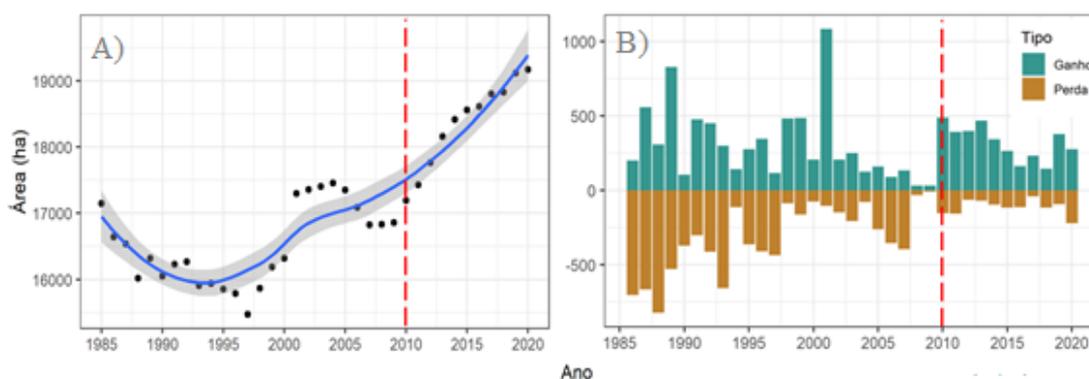
Para obter informações temporais neste estudo, foram utilizados os dados de uso e cobertura da terra (LULC) da coleção 6.0 do projeto MapBiomias. Essa coleção consiste em um mapeamento anual do uso e cobertura da terra, abrangendo o período de 1985 a 2020, com base em imagens dos satélites Landsat (5 - TM, 7 - ETM+ e 8 - OLI) com resolução de 30 metros (MapBiomias, 2020). Uma classificação pixel a pixel foi realizada por meio do algoritmo classificador *Random Forest*, resultando em um mapa de uso e cobertura do solo nacional, em escala 1:100.000, com resolução espacial de 30 m (Ganem *et al.*, 2017; Souza Jr *et al.*, 2020). A Floresta Atlântica foi classificada com acurácia de 85,5%, permitindo a realização de análises da dinâmica florestal ao longo de um extenso período de tempo (Rosa *et al.*, 2021). Dentre as classes de uso e cobertura do solo disponíveis na Coleção 6.0 para a área de estudo estão: Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área não vegetada (que inclui infraestrutura urbana) e Corpos d'água.

### Dinâmica temporal da cobertura florestal

A série temporal dos dados MapBiomas permitiu medir a área anual, em hectares, da cobertura florestal na APA Aldeia-Beberibe e tempo no intervalo de 1985 a 2020, portanto 36 *rasters* de uso e cobertura do solo. A cobertura florestal em cada ano considerado foi subtraída do ano seguinte, resultando em 35 imagens-diferença, em que pixels negativos indicam perda florestal (desmatamento), os pixels positivos não-nulos indicam ganho florestal (regeneração) e pixels nulos (iguais a zero) indicam ausência de mudança.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

No intervalo de 1985 a 1997, percebe-se uma tendência decrescente da área de cobertura florestal da paisagem (Figura 2), seguido por um trecho de tendência crescente (1998 a 2004). Entre 2005 a 2007 observa-se discreta queda na área de cobertura florestal. Após 2007 até 2009, nota-se uma constância na tendência de cobertura florestal. A partir de 2010, ano de criação da área protegida estudada, a área florestal voltou a crescer, continuando assim até 2020, apresentando uma tendência crescente na cobertura florestal sugerindo o impacto positivo. Esse dado mostra a eficiência dos instrumentos de proteção e incentiva o aumento das áreas protegidas no *hotspot* com a devida governança.



**Figura 2.** Mudanças na cobertura florestal em uma paisagem de Mata Atlântica em Pernambuco, Brasil, entre os anos de 1985 e 2020. A) Dinâmica da cobertura florestal (em hectares), os pontos pretos indicam o valor da área em hectares e a linha azul representa a tendência observada nos dados e a região cinza indica o erro padrão; e, B) Quantificação de perda (desmatamento) e ganho florestal (regeneração), em hectares da paisagem estudada, as barras verticais indicam a área, em hectares, de perda (marrom) e ganho (verde). A linha vermelha tracejada na Figura 2A e 2B aponta o ano de implementação da APA Aldeia Beberibe.

Contudo, os resultados apontam uma substituição de florestas antigas por florestas jovens. Pesquisas prévias indicam que o padrão de perda de Floresta Atlântica antiga foi moldado pela topografia, ocorrendo principalmente em áreas planas e nas encostas suaves utilizadas pelo cultivo agrícola (Teixeira *et al.*, 2009; Rezende *et al.*, 2015; Molin *et al.*, 2017). Já a regeneração nesse *hotspot* parece ser explicada pelo abandono de áreas, em especial as de alta declividade, devido à impossibilidade de mecanização da cultura (Molin *et al.*, 2017). Esse ganho de floresta inicial também é impulsionado pela proximidade com a hidrografia (Teixeira *et al.*, 2009; Molin *et al.*, 2017; Rosa *et al.*, 2021) devido ao abandono dessas áreas ripárias decorrente do cumprimento das leis que protegem a vegetação nativa nos país (Brasil, 2012).

## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

Toda cobertura florestal é essencial. Porém, diante dos compromissos de restauração florestal assumidos, considerar apenas o ganho líquido de floresta será um grande aumento da cobertura florestal com baixos benefícios funcionais (Rosa *et al.*, 2021). Pois, as florestas antigas são indispensáveis para a conservação da biodiversidade tropical, uma vez que há espécies que dependem de florestas mais antigas e menos alteradas para sua permanência em uma paisagem tão dinâmica e altamente antropizada como a paisagem estudada (Gibson *et al.*, 2011; Rosa *et al.*, 2021).

### CONCLUSÃO

A pesquisa revelou que a dinâmica desta paisagem altamente fragmentada requer considerar não apenas a expansão quantitativa da cobertura florestal, mas também a qualidade e a maturidade dessas florestas. Embora observado um ganho em termos de cobertura florestal, é crucial destacar que essa expansão muitas vezes ocorre em detrimento das florestas maduras, com estágios avançados de sucessão ecológica. O "ganho florestal" na verdade é composto predominantemente por áreas de regeneração florestal em estágio inicial, sendo importante reconhecer que suas funções ecológicas ainda não atingiram a magnitude e a complexidade das florestas maduras que foram perdidas.

É urgente interromper a perda florestal para cumprir com os compromissos ambientais firmados, uma vez que a perda de florestas maduras causa impacto significativo na biodiversidade, nos serviços ecossistêmicos e na estabilidade do meio ambiente. Portanto, é essencial adotar medidas de conservação que visem não apenas a ampliação das áreas florestais, mas também a proteção e o manejo adequado das florestas maduras remanescentes. Somente capazes de fornecer benefícios valiosos tanto para a natureza quanto para a sociedade.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH. **Execução dos serviços de mapeamento e elaboração de estratégia de implantação dos corredores ecológicos da Área de Proteção Ambiental Aldeia-Beberibe-PE**: Relatório com o levantamento de dados e mapeamento de toda a área de abrangência da APA Aldeia Beberibe. v. 1. Recife: CPRH, 2017. 110p.

Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, v. 149, n. 102, seção 1, p.1-8, 2012. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/05/2012&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=168>. Acesso em: 15 Jun. 2023.

Decuyper, M.; Mulatu, K. A.; Brede, B.; Calders, K.; Armston, J. *et al.* Assessing the structural differences between tropical forest types using Terrestrial Laser Scanning. **Forest Ecology and Management**, v. 429, p.327–335, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.032>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272p. (Manuais Técnicos em Geociências, 1). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2023.

Ganem, K. A.; Baptista, G. M. M.; Rocha, W. J. S. F.; Vasconcellos, R. N.; Rosa, M. R.; Souza, D. T. M. Comparação entre dados com e sem correção atmosférica na classificação da cobertura da terra de uma área da Caatinga utilizando o Google Earth Engine. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, p. 1053-1074, 2017. <https://doi.org/10.14393/rbcv69n6-44310>.

## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

- Ganivet, E.; Bloomberg, M. Towards rapid assessments of tree species diversity and structure in fragmented tropical forests: A review of perspectives offered by remotely-sensed and field-based data. **Forest Ecology and Management**, v.432, p.40–53, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.003>.
- Garcia Florez, L.; Vanclay, J. K.; Glencross, K.; Nichols, J. D. Understanding 48 years of changes in tree diversity, dynamics and species responses since logging disturbance in a subtropical rainforest. **Forest Ecology and Management**, v. 393, p.29-39, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.012>.
- Gibson, L.; Lee, T. M.; Koh, L. P.; Brook, B. W.; Gardner, T. A. *et al.* Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. **Nature**, v. 478, p. 378-381, 2011. <https://doi.org/10.1038/nature10425>.
- Haddad, N. M.; Brudvig, L. A.; Clobert, J.; Davies, K. F.; Gonzalez, A. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, 2015. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>.
- MapBiomias. **Coleção 6**. MapBiomias, 2020. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/map/colecao-6/>. Acesso em: 10 Jun. 2023.
- Molin, P. G.; Gergel, S. E.; Soares-Filho, B. S.; Ferraz, S. F. B. Spatial determinants of Atlantic Forest loss and recovery in Brazil. **Landscape Ecology**, v. 32, p. 857-870, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0490-2>.
- Mutoko, M. C.; Hein, L.; Shisanya, C. A. Tropical forest conservation versus conversion trade-offs: Insights from analysis of ecosystem services provided by Kakamega rainforest in Kenya. **Ecosystem Services**, v. 14, p. 1–11, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.03.003>.
- Piffer, P. R.; Calaboni, A.; Rosa, M. R.; Schwartz, N. B.; Tambosi, L. R.; Uriarte, M. Ephemeral forest regeneration limits carbon sequestration potential in the Brazilian Atlantic Forest. **Global Change Biology**, v. 28, n. 2, p.630-643, 2021. <https://doi.org/10.1111/gcb.15944>.
- Rezende, C. L.; Scarano, F. R.; Assad, E. D.; Joly, C. A.; Metzger, J. P. *et al.* From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v.16, n. 4, p. 208–214, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>.
- Rezende, C. L.; Uezu, A.; Scarano, F. R.; Araujo, D. S. D. Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2255–2272, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0980-y>.
- Ribeiro, M. C.; Metzger, J. P.; Martensen, A. C.; Ponzoni, F. J.; Hirota, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>.
- Rosa, I. M.; Smith, M. J.; Weam, O. R.; Purves, D.; Ewers, R. M. The environmental legacy of modern tropical deforestation. **Current Biology**, v. 26, n. 16, p.2161–2166, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.06.013>.
- Rosa, M. R.; Brancalion, P. H. S.; Crouzeilles, R.; Tambosi, L. R.; Piffer, P. R. *et al.* Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. **Science Advances**, v. 7, n. 4, p. 1-8, 2021. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc4547>.
- Silva, S.; Dantas Neto, J.; Souza, J. L.; Lyra, G. B.; Santos, M. A. L. Demanda hídrica da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento nos tabuleiros costeiros de Alagoas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 9, p.849–856, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n9p849-856>.
- Souza Jr, C. M.; Shimbo, J. Z.; Rosa, M. R.; Parente, L. L.; Alencar, A. A. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p.2735, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.
- Teixeira, A. M. G.; Soares-Filho, B. S.; Freitas, S. R.; Metzger, J. P. Modeling landscape dynamics in an Atlantic Rainforest region: implications for conservation. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 4, p.1219–1230, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.011>.