

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

**Principais agentes espaciais de desmatamento na República Democrática do
Congo e a contribuição relativa da densidade populacional em comparação
com outros fatores**

Aluno: Luís Philippe Lunardi de Carvalho

Orientador: Prof. Dr. Britaldo Silveira Soares Filho

Coorientadora: Dra. Juliana Leroy Davis

Belo Horizonte

2025

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	1
2.1	DENSIDADE POPULACIONAL, AGRICULTURA DE SUBSISTÊNCIA E O COMPLEXO RURAL	1
2.2	INFRAESTRUTURA E ACESSIBILIDADE.....	2
2.3	ÁREAS PROTEGIDAS E SUA EFICÁCIA ESPACIAL	3
2.4	CONCESSÕES FLORESTAIS E MINERAÇÃO	3
2.5	FATORES INSTITUCIONAIS E DE GOVERNANÇA.....	4
2.6	INTERAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS ESPACIALMENTE EXPLÍCITAS E POLÍTICAS	5
2.7	MUDANÇA NO USO DO SOLO	5
3	METODOLOGIA	6
3.1	REGIÃO DE ESTUDO	6
3.2	MODELO ESPACIALMENTE EXPLÍCITO.....	6
3.3	VARIÁVEIS ESPACIALMENTE EXPLÍCITAS	11
3.3.1	<i>Uso e cobertura do solo.....</i>	<i>12</i>
3.3.2	<i>Altitude</i>	<i>13</i>
3.3.3	<i>Ecorregiões.....</i>	<i>13</i>
3.3.4	<i>Áreas Protegidas</i>	<i>15</i>
3.3.5	<i>Aeroportos</i>	<i>16</i>
3.3.6	<i>Rodovias</i>	<i>17</i>
3.3.7	<i>Portos</i>	<i>18</i>
3.3.8	<i>Hidrografia.....</i>	<i>19</i>
3.3.9	<i>Povoados</i>	<i>20</i>
3.3.10	<i>Hidrovias</i>	<i>21</i>
3.3.11	<i>Concessão Florestal</i>	<i>22</i>
3.3.12	<i>Mineração.....</i>	<i>23</i>
3.3.13	<i>Densidade Populacional.....</i>	<i>24</i>
3.4	ANÁLISE DOS PESOS DE EVIDÊNCIAS DAS VARIÁVEIS ASSOCIADAS AO DESMATAMENTO	25

4	ETAPAS JÁ DESENVOLVIDAS.....	26
4.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
4.2	COLETA E ORGANIZAÇÃO DE DADOS ESPACIAIS	26
4.3	DESENVOLVIMENTO DO MODELO SIMDRC	26
4.4	ANÁLISE DOS DRIVERS ESPACIAIS	27
4.5	VALIDAÇÃO DO MODELO.....	27
5	PLANO DE TRABALHO	27
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1 APRESENTAÇÃO

As florestas tropicais desempenham um papel crucial na regulação do clima global e na conservação da biodiversidade mundial, enfrentando, contudo, crescentes ameaças em diversas regiões. A floresta tropical da bacia do Congo é considerada o maior sumidouro de carbono terrestre (World Bank Group, 2022) e a segunda maior floresta tropical do mundo, atrás apenas da floresta Amazônica. Além de contribuir significativamente para a mitigação das mudanças climáticas, a bacia do Congo abriga uma vasta biodiversidade e fornece recursos essenciais para milhões de pessoas. A República Democrática do Congo (RDC) destaca-se neste cenário por abrigar aproximadamente 60% das florestas tropicais da bacia do Congo (Shapiro et al., 2023). Apesar de historicamente apresentar taxas de desmatamento relativamente baixas em comparação com outras regiões tropicais, a RDC vivencia um aumento na perda florestal nas últimas décadas, com uma taxa anual de 0,27% entre 2000 e 2015 (Molinario et al., 2020).

Diante da crescente pressão sobre os recursos florestais, o desenvolvimento de políticas públicas eficazes de conservação e uso sustentável das florestas exigem estudos sobre a influência das variáveis espaciais no desmatamento na RDC. No entanto, existe um debate significativo na literatura científica sobre a contribuição relativa de diferentes fatores para o desmatamento no país. Particularmente controversa é a questão da densidade populacional como variável proximal que influencia diretamente no desmatamento, com alguns estudos atribuindo à agricultura de subsistência e ao crescimento populacional a principal responsabilidade pela perda florestal (Tyukavina et al., 2018; Molinario et al., 2020; Shapiro et al., 2023), enquanto outros argumentam que esta visão simplifica excessivamente dinâmicas complexas e pode estigmatizar populações locais que já enfrentam crises humanitárias significativas (Demicheli et al., 2021; Galford et al., 2015; Achille et al., 2021; Majambu et al., 2021; Samndong et al., 2018).

Este trabalho busca responder à pergunta: "Quais são os principais agentes espaciais do desmatamento na RDC e qual é a contribuição relativa da densidade populacional em comparação com outros fatores como infraestrutura, áreas protegidas e concessões florestais?" Para isso, realizamos uma revisão abrangente da literatura científica recente, com foco especial no período 2010-2020, analisando evidências sobre as diferentes variáveis proximais e suas interações. Adicionalmente, utilizamos análise e modelagem espacial, por meio do desenvolvimento de simulação das mudanças na cobertura e uso do solo, para quantificar a influência relativa desses diferentes fatores nos padrões de desmatamento observados na RDC, buscando contribuir para um entendimento contextualizado das dinâmicas de mudança no uso da terra nesta importante região florestal.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *DENSIDADE POPULACIONAL, AGRICULTURA DE SUBSISTÊNCIA E O COMPLEXO RURAL*

A RDC é o quarto país mais populoso da África, com uma população estimada em 89,56 milhões de habitantes em 2020 (Anuário Estatístico RDC, 2020). Caracteriza-se por uma das mais elevadas taxas de crescimento populacional do mundo, em torno de 3,2% em 2024 (World Bank Group, 2024), resultando em uma população predominantemente jovem, com mais de

60% abaixo dos 25 anos de idade. Aproximadamente 45% da população reside em áreas urbanas com altas concentrações, como a capital Kinshasa e Mbuji-Mayi, com respectivamente 12 milhões e 2,76 milhões de habitantes. Em contraste, as áreas rurais, particularmente nas regiões florestais centrais, são definidas como complexos rurais. Estas são caracterizadas por baixa densidade populacional, com assentamentos dispersos ao longo de rios ou estradas (Molinario et al., 2020).

A população rural é altamente dependente da agricultura de subsistência e de recursos florestais para sua subsistência, resultando em perda e degradação florestal (Molinario et al., 2020, Shapiro et al., 2023)). A expansão do complexo rural é diretamente ligada ao aumento da população. A escassez de terras disponíveis e a pressão demográfica levam os agricultores a desmatar novas áreas de floresta primária. Além disso, conflitos e deslocamentos populacionais, como o genocídio ruandês que levou centenas de milhares de deslocados para o leste da RDC, exacerbam a pressão sobre os recursos florestais, pois as populações buscam abrigo, alimento e lenha nas florestas.

O estudo de Molinario et al. (2020) também aponta que, embora as operações comerciais de mineração, plantações e exploração madeireira representem uma pequena porcentagem do desmatamento direto, elas têm um impacto indireto significativo. A atração de trabalhadores e suas famílias para essas áreas cria novas comunidades que dependem da agricultura de subsistência e de produtos florestais não madeireiros, expandindo o "complexo rural" e aumentando a pressão sobre as florestas circundantes. A fragmentação florestal e a erosão das florestas centrais, com o aumento dos efeitos de borda e a perda de habitat da biodiversidade, são consequências diretas dessa dinâmica populacional e de uso da terra.

No entanto, é crucial contextualizar estas variáveis dentro das condições socioeconômicas da RDC. A agricultura de subsistência não é meramente um resultado do crescimento populacional, mas uma estratégia de sobrevivência em um contexto de pobreza extrema, insegurança alimentar e escassez de alternativas econômicas (Demicheli et al., 2021). Além disso, diferentemente dos fatores proximais industriais, as áreas de agricultura de pequena escala podem ser restauradas ou regenerar naturalmente, recuperando biomassa e biodiversidade mais rapidamente (Mangaza et al., 2022).

2.2 INFRAESTRUTURA E ACESSIBILIDADE

A expansão da infraestrutura, especialmente as redes rodoviárias, representa um fator significativo de desmatamento e degradação florestal na RDC e na Bacia do Congo. A construção de estradas, sejam elas para fins de exploração madeireira ou para uso público, facilita o acesso a áreas florestais remotas, desencadeando uma série de atividades antrópicas que contribuem para a perda florestal (Kleinschroth et al., 2019).

Kleinschroth et al. (2019) revelam que a extensão total das redes rodoviárias na Bacia do Congo aumentou em 61% desde 2003, passando de 143.654 km para 230.809 km. Este crescimento é particularmente acentuado dentro das concessões madeireiras, onde a extensão das estradas dobrou. A presença de estradas está diretamente correlacionada com o aumento das taxas de desmatamento. Áreas a até 1 km de estradas antigas e continuamente abertas apresentaram as maiores taxas de perda florestal, enquanto estradas abandonadas mostraram taxas significativamente menores. Isso sugere que a persistência das estradas, e não apenas sua existência inicial, é um fator crítico para o desmatamento.

Além da exploração madeireira, as estradas abrem caminho para outras atividades como mineração, caça ilegal e colonização de terras, intensificando a pressão sobre os ecossistemas florestais. A construção de rodovias transafricanas, como a conexão Brazzaville-Bangui, exemplifica como grandes projetos de infraestrutura podem fragmentar florestas intactas e expô-las a novas ameaças. A falta de manutenção e o abandono de muitas estradas madeireiras podem, paradoxalmente, permitir a regeneração florestal, mas a expansão contínua da rede rodoviária geral na RDC continua a ser uma preocupação para a conservação florestal, o armazenamento de carbono e a vida selvagem (Kleinschroth et al., 2019).

2.3 ÁREAS PROTEGIDAS E SUA EFICÁCIA ESPACIAL

As áreas protegidas (APs) são ferramentas cruciais para a conservação da biodiversidade e a redução do desmatamento. Na RDC, as APs cobrem uma parcela significativa do território, com o país buscando expandir essa cobertura. No entanto, a eficácia dessas áreas na contenção da perda florestal é um tema complexo (Kipute et al., 2023).

Kipute et al. (2023) investigaram a eficácia da Reserva da Biosfera de Yangambi (RBY) na RDC e constataram que o desmatamento dentro da reserva não difere significativamente do desmatamento fora dela. Esses resultados evidenciam uma limitação no impacto da RBY na redução da perda florestal. A dependência das comunidades locais em relação aos recursos florestais, impulsionada por fatores socioeconômicos como pobreza e insegurança alimentar, leva à expansão de áreas agrícolas e de pousio, substituindo as florestas. A pesquisa aponta que a localização das APs, especialmente em regiões remotas e de terreno acidentado, pode influenciar positivamente sua eficácia, enquanto a proximidade a centros urbanos ou terrenos planos as torna mais vulneráveis à conversão de uso da terra (Bowker et al., 2017; Yang et al., 2019).

Além da localização, o financiamento adequado para a conservação e o fortalecimento da capacidade dos gestores são fatores determinantes para a eficácia das APs. A falta de recursos e a pressão populacional são elementos que influenciam negativamente a conservação. Na RDC, as APs enfrentam fortes pressões antropogênicas, incluindo caça ilegal, produção de carvão, mineração e agricultura itinerante, muitas vezes exacerbadas por atividades ilegais e a presença de grupos armados (Debroux et al., 2007; Holenu et al., 2020; Inogwabini, 2014; Kilensele, 2015; Kyale et al., 2019b; Opelele et al., 2021). A corrupção, a fraca aplicação da lei e os conflitos de posse da terra também comprometem a capacidade das APs de protegerem efetivamente as florestas (Kleinschroth et al., 2019).

2.4 CONCESSÕES FLORESTAIS E MINERAÇÃO

As concessões florestais e a atividade de mineração representam variáveis proximais significativos de desmatamento e degradação florestal na RDC. Embora as concessões madeireiras industriais sejam um modelo de gestão florestal com potencial de expansão, sua eficácia na redução do desmatamento é questionável, especialmente em contextos de governança frágil (Chervier et al., 2024).

Chervier et al. (2024) investigaram o impacto das concessões madeireiras industriais na RDC e não encontraram evidências de que o desmatamento e a degradação florestal sejam significativamente diferentes entre as áreas de concessão e as áreas de controle, mesmo para

concessões com Planos de Manejo Florestal (PMF) aprovados. Isso se deve, em parte, às barreiras à lucratividade das concessões, como a baixa densidade de espécies comerciais, altos custos de transporte e corrupção. Além disso, a falta de aplicação da lei e a alta corrupção limitam os incentivos para a implementação dos PMFs, e a pressão de agricultores de pequena escala e madeireiros artesanais dentro das concessões é elevada.

A produção formal de madeira na RDC é baixa e orientada para exportação, concentrada em poucas empresas. Apesar de um moratório em novas concessões desde 2002, houve mudanças significativas em 2018, com a concessão de novas áreas. Atualmente, a exploração madeireira informal e ilegal representa a maior parte das operações no país, e as concessões existentes são frequentemente criticadas por práticas insustentáveis. A taxa de abandono de estradas dentro das concessões na RDC é menor em comparação com outros países da Bacia do Congo, o que agrava os impactos do desmatamento (Chervier et al., 2024).

No que tange à mineração, Galli et al. (2022) destacam os impactos socioambientais da mineração artesanal e em pequena escala na RDC. Essa atividade, impulsionada pela pobreza e pela busca por meios de subsistência, leva à degradação florestal, contaminação da água e do solo, e conflitos sociais. A mineração, tanto formal quanto informal, contribui para o desmatamento direto pela remoção da vegetação para acesso aos minérios e indiretamente pela criação de infraestrutura e atração de populações para as áreas de mineração, aumentando a pressão sobre os recursos florestais. A falta de regulamentação e fiscalização eficazes exacerba esses impactos, tornando a mineração um fator complexo e desafiador para a conservação florestal na RDC.

2.5 FATORES INSTITUCIONAIS E DE GOVERNANÇA

A governança florestal na RDC é um fator crítico que influencia diretamente as taxas de desmatamento e degradação. A complexidade dos fatores institucionais e a fragilidade da governança têm sido apontadas como elementos que exacerbam os desafios de conservação no país (Majambu et al., 2021).

Majambu et al. (2021) analisam a política de governança florestal na RDC, destacando que as reformas nesse setor têm sido frequentemente dominadas pelos interesses de atores poderosos, como o Banco Mundial e as elites políticas. A forte intervenção de organizações internacionais, por vezes percebida como interferência, tem agravado a crise de governança em vez de aliviá-la. Políticos, militares e oficiais administrativos, em alguns casos, utilizam a instabilidade política e de segurança como pretexto para se beneficiarem das falhas na governança florestal e da manutenção do status quo. A corrupção, a falta de aplicação da lei e os conflitos de posse da terra são problemas persistentes que minam os esforços de conservação e facilitam a exploração ilegal dos recursos florestais (Kleinschroth et al., 2019; Chervier et al., 2024).

Chervier et al. (2024) reforçam que, mesmo com a introdução de Planos de Manejo Florestal (PMFs) e a exigência de compartilhamento de benefícios com as comunidades nas concessões madeireiras, a fraca governança e a falta de fiscalização eficaz limitam o impacto positivo dessas medidas. A produção formal de madeira é baixa e a exploração ilegal, muitas vezes por meio de atividades artesanais e de pequena escala, representa a maior parte das operações. Isso demonstra que a mera existência de políticas e regulamentações não garante sua efetividade sem uma estrutura de governança robusta e transparente. A capacidade de monitoramento e a

aplicação da lei são essenciais para que as políticas de conservação e manejo florestal atinjam seus objetivos na RDC.

2.6 *INTERAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS ESPACIALMENTE EXPLÍCITAS E POLÍTICAS*

O desmatamento e a degradação florestal na RDC são resultados de uma complexa interação entre diversos agentes, tanto diretos quanto indiretos, e a eficácia das políticas de conservação é frequentemente comprometida por essa dinâmica multifacetada e por desafios de governança. A compreensão dessas interações é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de mitigação mais eficazes (Shapiro et al., 2021).

Shapiro et al. (2021) destacam que as causas da degradação florestal na RDC variam no espaço e no tempo, sendo impulsionadas por múltiplos fatores sinérgicos. A expansão da agricultura de subsistência, a mineração, o desenvolvimento de infraestrutura e os conflitos armados são os principais agentes diretos de desmatamento. No entanto, a pobreza extrema é um fator indireto fundamental, levando a comportamentos de dependência florestal. Molinario et al. (2020) reforçam que, embora a agricultura de pequena escala seja o principal agente direto, atividades comerciais de grande escala, como mineração e exploração madeireira, exercem um impacto indireto significativo ao atrair populações e criar novas demandas por recursos florestais e agrícolas nas áreas circundantes.

A infraestrutura, como a construção de estradas, atua como um facilitador para outros agentes, abrindo acesso a áreas florestais remotas e intensificando a pressão sobre os ecossistemas (Kleinschroth et al., 2019). A eficácia das áreas protegidas, por sua vez, é limitada pela pressão antropogênica, pela falta de financiamento e pela governança frágil, que permite atividades ilegais e a exploração de recursos dentro de seus limites (Kipute et al., 2023). A governança florestal, como apontado por Majambu et al. (2021), é um ponto crítico, com reformas frequentemente influenciadas por interesses poderosos e a corrupção minando a aplicação da lei e a efetividade das políticas. Chervier et al. (2024) corroboram essa visão, mostrando que as concessões madeireiras, mesmo com planos de manejo, não garantem a redução do desmatamento devido à fraca governança e à pressão de atividades informais.

Em suma, a interconexão entre a pobreza, o crescimento populacional, a expansão da infraestrutura, as atividades extrativistas e a fragilidade institucional criam um ciclo vicioso de desmatamento e degradação. As políticas de conservação e manejo florestal, para serem eficazes, precisam abordar não apenas os agentes diretos, mas também as causas subjacentes e as complexas interações entre todos esses fatores, exigindo uma abordagem integrada e um fortalecimento significativo da governança e da aplicação da lei na RDC.

2.7 *MUDANÇA NO USO DO SOLO*

Na RDC, as mudanças no uso da terra são complexas e multifacetadas, frequentemente impulsionadas pela expansão urbana e demandas agrícolas. A metodologia de modelagem de mudança no uso e cobertura do solo (LUCC) utilizada neste estudo foi desenvolvida no software DinamicaEGO, especificamente adaptada para simular os padrões espaciais de desmatamento na República Democrática do Congo. O modelo desenvolvido (SimDRC) segue uma abordagem que vai desde o tratamento dos dados coletados até a projeção de cenários futuros.

Além disso, pesquisas indicam que essas transformações no uso da terra têm sido influenciadas por marcos regulatórios que nem sempre abordam de forma adequada os aspectos técnicos, espaciais, econômicos e ambientais necessários para uma gestão sustentável. Isso destaca a necessidade de diretrizes políticas abrangentes e aplicação eficaz para controlar e orientar as mudanças no uso da terra.

Os impactos são profundos em diferentes regiões, com algumas áreas apresentando um declínio significativo em práticas agrícolas tradicionais, como o cultivo de arroz e outras culturas, contrastando com o aumento do desenvolvimento urbano e de infraestrutura (Vinoth, 2017). Essa tendência não apenas afeta o equilíbrio ecológico, mas também gera desafios para as dimensões econômicas e culturais das comunidades que dependem de usos tradicionais da terra.

3 METODOLOGIA

3.1 REGIÃO DE ESTUDO

A RDC é o segundo maior país do continente africano, com área de 2.345.409 km² (233,5 Mha), compartilhando 9.165 km de fronteira com nove países: República Centro-Africana, Sudão do Sul, Uganda, Ruanda, Burundi, Tanzânia, Zâmbia, Angola e República do Congo. O país apresenta grande diversidade de relevos, sendo que a depressão central, que abriga a floresta tropical úmida e a bacia do Congo, ocupa aproximadamente 50% do território nacional. Em 2019, a RDC possuía 157,42 Mha de florestas (122,26 Mha de floresta úmida e 35,16 Mha de floresta seca), cobrindo 67,66% de sua área terrestre.

A RDC concentra recursos naturais estratégicos para o setor tecnológico global, sendo responsável por aproximadamente 70% do cobalto mundial, além de possuir reservas significativas de cobre, níquel, lítio, ouro e nióbio (USGS, 2021). Paradoxalmente, apesar desta riqueza em recursos minerais, florestais e hídricos, o país enfrenta uma crise humanitária e ambiental persistente. Conforme a Contribuição Nacionalmente Determinada (CDN, 2021), os principais desafios incluem altos níveis de pobreza (73% da população vive abaixo da linha de pobreza internacional), infraestrutura precária (apenas 3.000 km de estradas pavimentadas), instabilidade política e pressões crescentes sobre os recursos naturais.

O estudo das variáveis proximais que implicam na ocorrência de desmatamento na RDC justifica-se pela importância global das florestas congolesas para a mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável regional. As florestas da RDC armazenam aproximadamente 22 bilhões de toneladas de carbono e constituem 60% da Floresta da Bacia do Congo, a segunda maior floresta tropical contínua do mundo. Desde 1990, quase 28,06 Mha (21,38%) da floresta tropical úmida não perturbada desapareceram devido ao desmatamento e degradação florestais contínuos, tornando essencial a compreensão dos fatores espaciais que influenciam estes processos.

3.2 MODELO ESPACIALMENTE EXPLÍCITO

O Modelo SimDRC produz mapas anuais de desmatamento futuro simulado sob diferentes cenários, tendo como opções os cenários BAU e NDC, definido pelo Ministério de Meio

Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da RDC (MEDD-RDC), além de ambos cenários o usuário pode inserir uma taxa de desmatamento anual que venha a julgar adequada.

O primeiro passo no processo de modelagem envolve a criação de um modelo conceitual. Isso requer a coleta de bancos de dados relevantes sobre mudança de uso da terra, com base em literatura científica, consultas a especialistas locais e/ou trabalho de campo.

Para a RDC, o banco de dados listado na Tabela 1 foi desenvolvido para a Floresta Tropical Úmida do Congo. Os dados foram convertidos para a projeção Albers para reduzir distorções de área e configurados em uma resolução de 250 metros. A partir desse conjunto de dados, foi possível compreender os padrões de desmatamento ao longo da série histórica (Figura 1) e definir os parâmetros para a modelagem, resumidos na Tabela 2 e explicados nas seções seguintes.

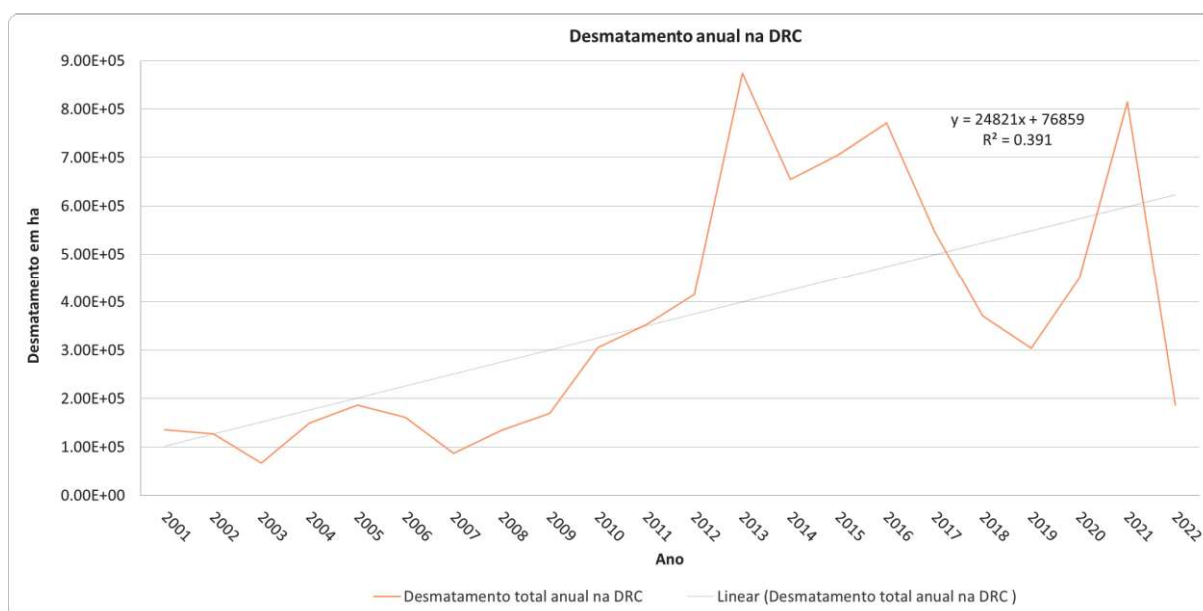


Figura 1-Desmatamento anual na RDC de acordo com a série histórica da JRC.

Deu-se prioridade ao uso de dados governamentais sempre que possível, pois o objetivo é gerar resultados que auxiliem na tomada de decisões para as metas governamentais de NDC (Contribuições Nacionalmente Determinadas). No entanto, a RDC não possui um sistema governamental de monitoramento florestal com banco de dados espacial, portanto, os dados de desmatamento (mapas e estatísticas) utilizados nesta análise e modelagem foram obtidos do Joint Research Centre Investigação (JRC) da Comissão Europeia (CE).

Tabela 1 – Banco de dados compilado para a Floresta Tropical Úmida do Congo

Tema	Variável	Cobertura Temporal	Fonte
Demografia e limites administrativos	Estados	2018	L'Atlas Forestier Interactif - Ministère de l'Environnement et Développement Durable (MEDD)
	Limite nacional	2010	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Áreas urbanas	2010	UNDP/UNOCHA
Hidrografia	Cursos d'água	2022	HydroSHEDS
		2007-2010	Open Street Map (OSP)
	Corpos d'água	2009	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
		2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Áreas alagadas	2014	Betbeder et al. (2014)
		2009	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Rios	2007-2010	Open Street Map (OSP)
		2013	HydroSHEDS
Infraestrutura		2006-2010	Open Street Map (OSP)
	Rede viária	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
		2002	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
		2023	OpenStreetMap data
	Assentamentos	2012	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Ferrovias	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
		2023	OpenStreetMap data
	Vias navegáveis	2010	United Nations Joint Logistics Centre (UNJLC)/United Nations Development Programme (UNDP)
	Portos	2006-2010	Open Street Map (OSP)
		2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Aeroportos	2023	Our Airports
	Linhas de transmissão de energia	de de	2018

	Mineração	2017	Victor Maus at all (https://www.nature.com/articles/s41597-020-00624-w)
Fisiografia	Solos	2007	FAO-UNESCO
	Elevação	2000	USGS - United States Geological Survey
		2009	Université catholique de Louvain
	Tipo de vegetação	2012	Verhegghen et al. 2012
		2009	Arino O., J. Ramos, V. Kalogirou, P. Defourny and F. Achard. GlobCover 2009. ESA Living Planet Symposium, 27 June - 2 July 2010, Bergen, Norway
	Biomassa	2017	Xu, L., Saatchi, S.S., Shapiro, A. et al. Spatial Distribution of Carbon Stored in Forests of the Democratic Republic of Congo. Sci Rep 7, 15030 (2017). https://doi.org/10.1038/s41598-017-15050-z
	Biomassa	2017	Baccini et al. (2015) Tropical forests are a net carbon source based on new measurements of gain and loss
	Biomass	2001	Olson et al.
Vegetação nativa	Vegetação nativa remanescente	2022	European Commission (EC)- Joint Research Centre (JRC)
	Perda Florestal	2022	Hansen et.al
	Cobertura arbórea	2022	Hansen et.al
	Alertas de desmatamento	2022	EC-JRC
Áreas protegidas	Áreas protegidas	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
Uso do solo	Uso do solo	2022	Hansen et.al
	Mudança no uso do solo	2022	EC-JRC
		2022	EC-JRC
	Áreas com permissão de mineração	2018	Ministry of Mines Mining Registry (CAMI) & DRC Forest Atlas (2018)
		2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Áreas com permissão de exploração petrolífera	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Área de extração anual de madeira	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)

	Áreas com concessão contratual de exploração florestal	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Florestas comunitárias	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Plantações	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Plantações	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Áreas com acordos de concessão florestal	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Iniciativas REDD+	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
	Projetos piloto REDD	2018	POL_redd_projets_pilotes
	Projetos REDD+	2018	L'Atlas Forestier Interactif - (MEDD)
Socioeconômico	Densidade populacional	2020	WorldPop Eixo
	Temperatura	1970-2000	WorldClim
Climático	Precipitação	1970-2000	WorldClim
	Humidade Relativa	1970-2000	WorldClim

Tabela 2 - Parâmetros e Pressupostos de Modelagem para a Floresta Tropical Úmida do Congo

Parâmetros	Pressupostos
Cobertura	Floresta tropical úmida da RDC
Resolução espacial	250m
Período de calibração	2010 – 2015
Parâmetros calibrados	Por fatores espacialmente explícitos de desmatamento
Parametrização das manchas	De acordo com as métricas de paisagens
Validação	2021
Período de simulação	2021-2030

A área desmatada na RDC apresentou uma tendência geral de aumento desde 2000 (Figura 1), marcando o início da série histórica fornecida pela JRC. Essa tendência geral inclui períodos tanto de crescimento quanto de redução do desmatamento ao longo do tempo. Neste período foi registrado uma área desmatada próxima a 7 milhões de hectares. No entanto, os valores da série histórica mostram uma média anual de 345 mil hectares e um desvio padrão de 245 mil hectares, o que torna a dinâmica do desmatamento mais difícil de ser projetada.

Apesar da tendência geral de redução (Figura 1), o desmatamento se intensificou nas províncias de Bas-Uele, Sankuru, Tshopo, Haut-Uele, Nord-Ubangi, Équateur e Tshuapa.

3.3 VARIÁVEIS ESPACIALMENTE EXPLÍCITAS

As variáveis espacialmente explícitas utilizadas neste estudo foram ajustadas especificamente para o desenvolvimento de um modelo que simula o desmatamento na RDC, chamado de SimDRC. Os mapas políticos (Figura 1) da RDC, incluindo fronteiras nacionais e provinciais, foram obtidos do Ministère de l'Environnement et Développement Durable (MEDD) através do Atlas Florestal Interativo. Todos os mapas foram reprojetados para o sistema de coordenadas WGS 1984 Albers para a África, com resolução espacial padronizada de 250 metros. O processamento espacial completo (mapas, modelos e dados) foi realizado no software DinamicaEGO (versão 8.3.0).



Figura 2- Limite administrativo, nacional e provincial, da RDC

3.3.1 Uso e cobertura do solo.

- Fonte: Joint Research Centre (JRC)

- Ano de produção: 2021

- Descrição e aplicação: Conjunto de dados sobre degradação e desmatamento anuais na floresta tropical úmida e outras coberturas do solo na RDC. Usado para avaliar as taxas e padrões de desmatamento ao longo do tempo na RDC de 2015 a 2020. Determinar a distância a áreas desmatadas anteriormente, essas áreas atuam como pontos de partida para novos desmatamentos em suas proximidades (Soares-Filho et al.,2001).

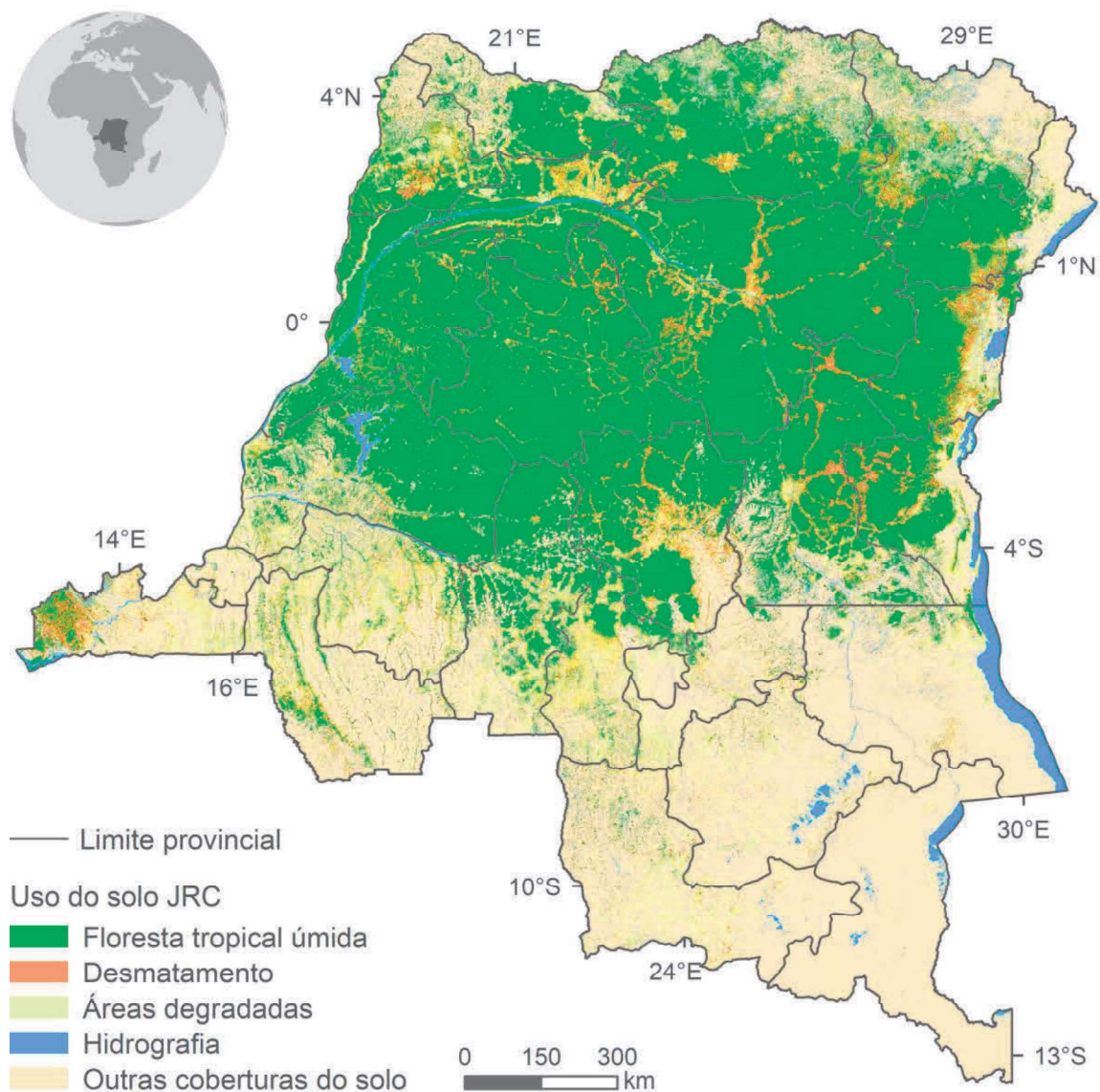


Figura 3- Uso e cobertura do solo na RDC pela JRC.

3.3.2 Altitude

- Fonte: USGS - United States Geological Survey
- Ano de Produção: 2000
- Descrição e aplicação: O mapa de altitude ajuda a identificar montanhas, vales, planícies e declividade. No contexto do desmatamento, é útil para entender áreas propensas a serem desmatadas.

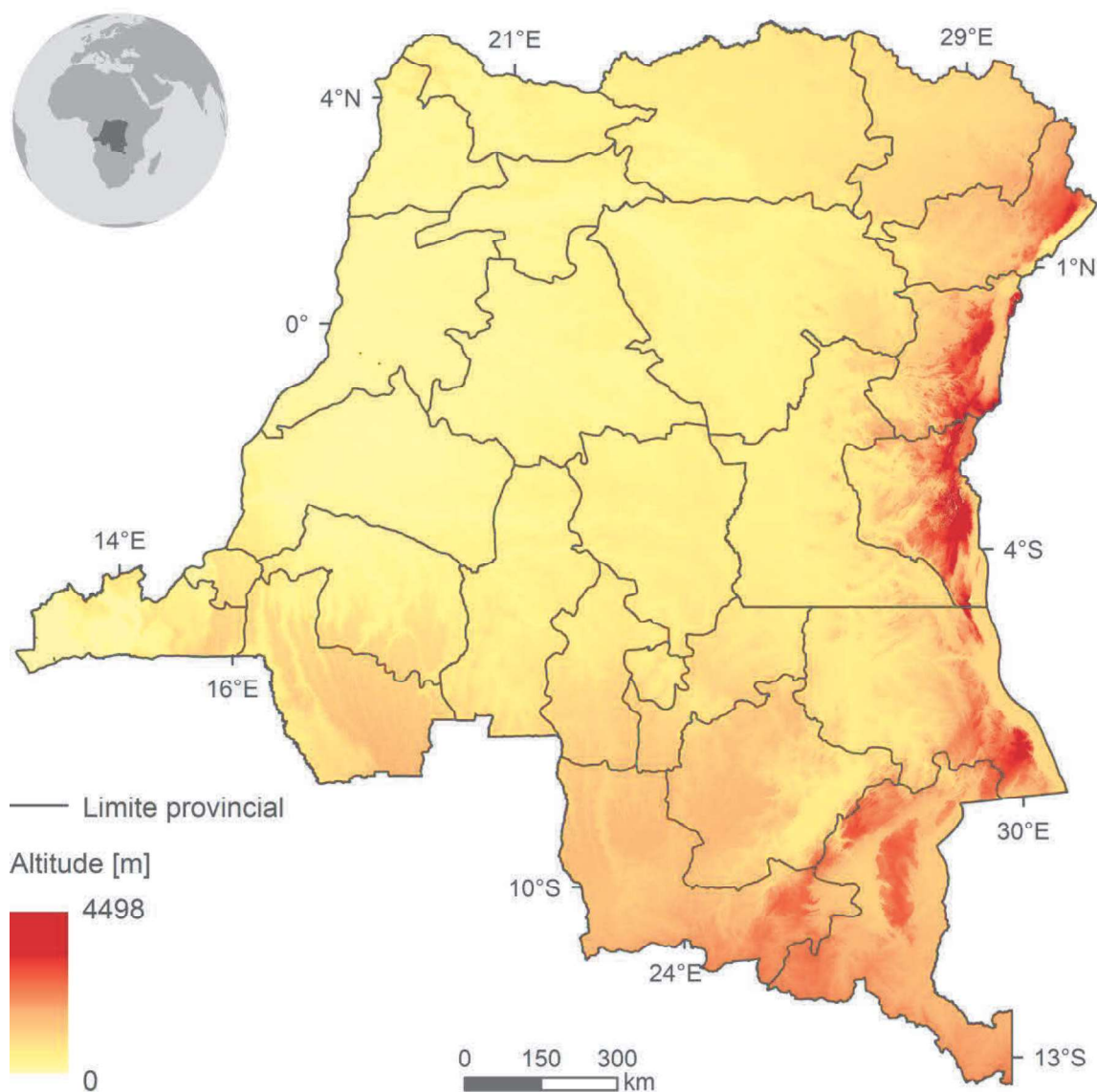


Figura 4 - Altitude na RDC pela USGS

3.3.3 Ecorregiões

- Ano de Produção: 2001
- Fonte: Olson, D.M., et al. (2001) Terrestrial Ecoregions of the Worlds: A New Map of Life on Earth. Bioscience, 51, 933-938.

- Descrição e aplicação: mapa das ecorregiões terrestres que fornece detalhes suficientes para ser útil na definição de prioridades e esforços de planejamento de conservação a nível global e regional. Sua utilização foi importante para determinar padrões de desmatamento para cada ecorregião da RDC.

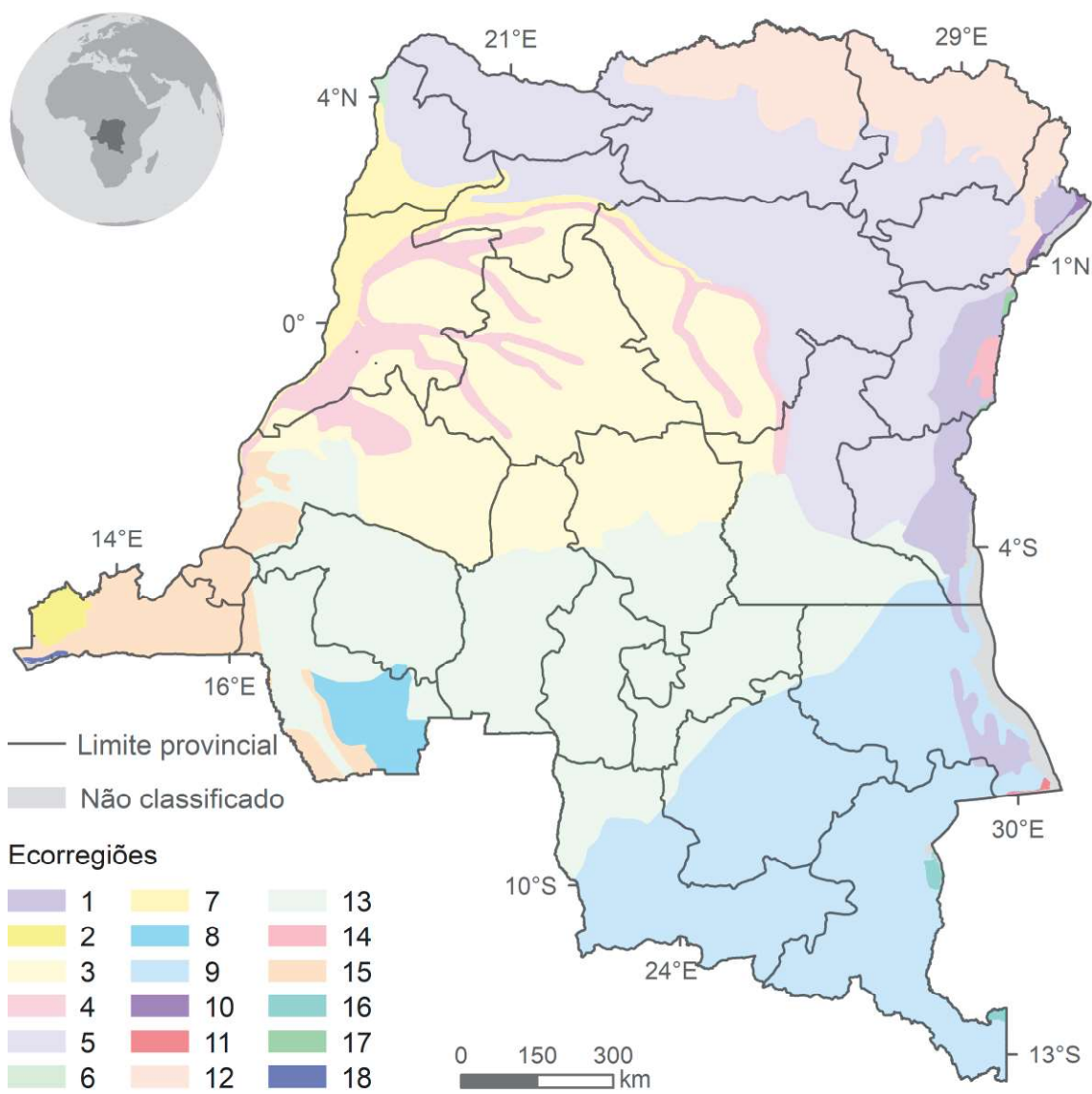


Figura 5- Ecorregiões na RDC

- Legenda da Figura 5:

1. Albertine Rift Montane Forests
2. Atlantic Equatorial Coastal Forests
3. Central Congolian Lowland Forests

4. Eastern Congolian Swamp Forests
5. Northeastern Congolian Lowland Forests
6. Northwestern Congolian Lowland Forests
7. Western Congolian Swamp Forests
8. Angolan Miombo Woodlands
9. Central Zambezian Miombo Woodlands
10. East Sudanian Savanna
11. Itigi-Sumbu Thicket
12. Northern Congolian Forest-Savanna Mosaic
13. Southern Congolian Forest-Savanna Mosaic
14. Victoria Basin Forest-Savanna Mosaic
15. Western Congolian Forest-Savanna Mosaic
16. Zambezian Flooded Grasslands
17. Ruwenzori-Virunga Montane Moorlands
18. Central African Mangroves

3.3.4 Áreas Protegidas

- Ano de Produção: 2018

- Fonte: Ministério do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MEDD), República Democrática do Congo (RDC), Portail de Données Publiques <https://cod-data.forest-atlas.org/>

- Descrição e aplicação: Dados sobre áreas protegidas conforme compilado pelo Ministério do Meio Ambiente da RDC. Utilizado para quantificar o impacto das áreas protegidas na ocorrência do desmatamento.

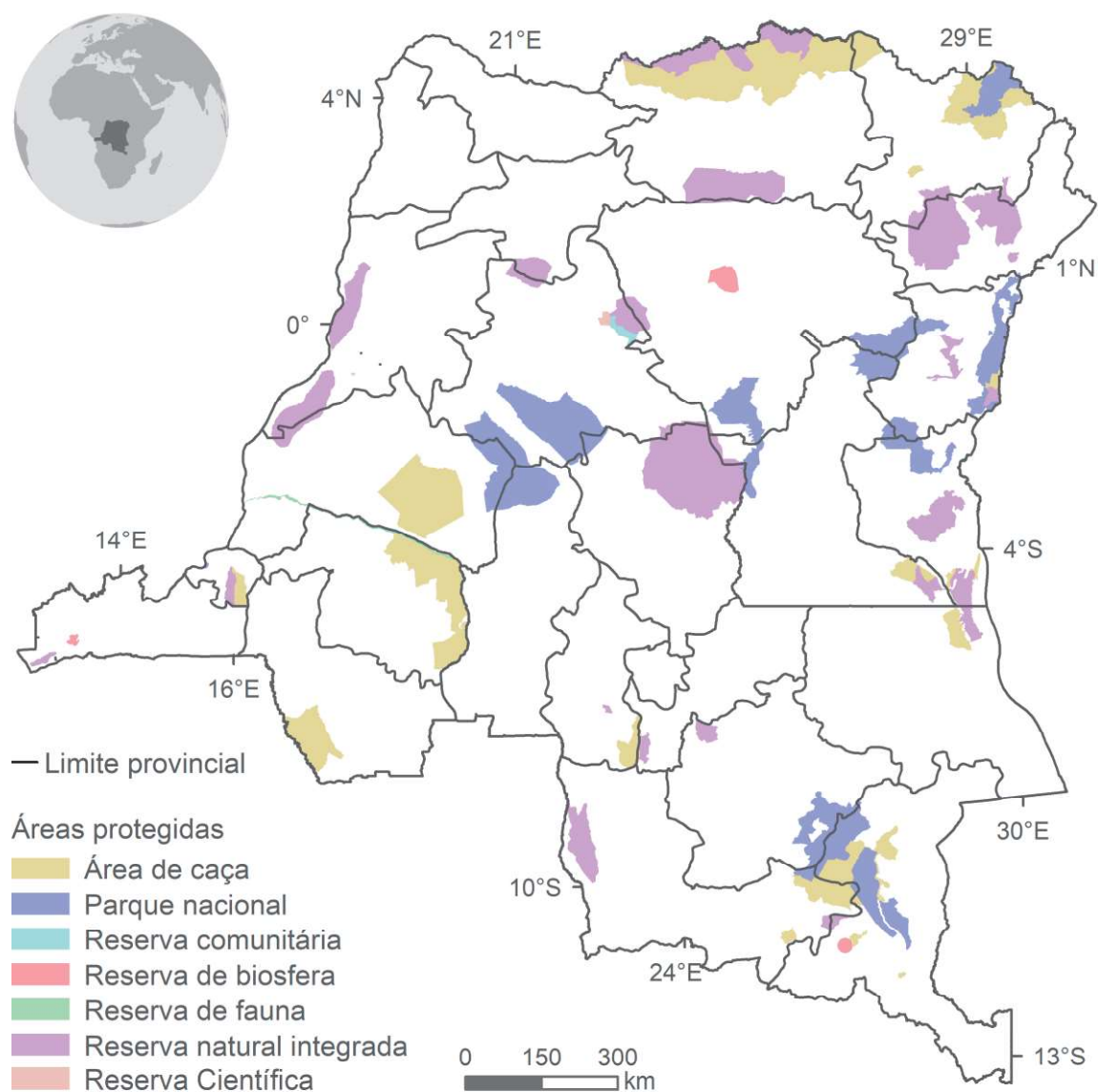


Figura 6 - Distribuição de áreas protegidas na RDC

3.3.5 Aeroportos

- Ano de Produção: 2023

- Fonte: Our Airports

- Descrição e aplicação: Dados sobre a localização de aeroportos. Utilizado para analisar o acesso e a infraestrutura de transporte aéreo na região, foram registrados 298 aeroportos na RDC. O mapa de distância aos aeroportos foi utilizado para determinar as relações espaço temporais com a ocorrência do desmatamento.



Figura 7- Localização de aeroportos na RDC

3.3.6 Rodovias

- Ano de Produção: 2023

- Fonte: OpenStreetMap

- Descrição e aplicação: Dados sobre a localização e extensão de rodovias. A distância às rodovias foi utilizada para avaliar o impacto das rodovias no desmatamento e na acessibilidade à floresta.

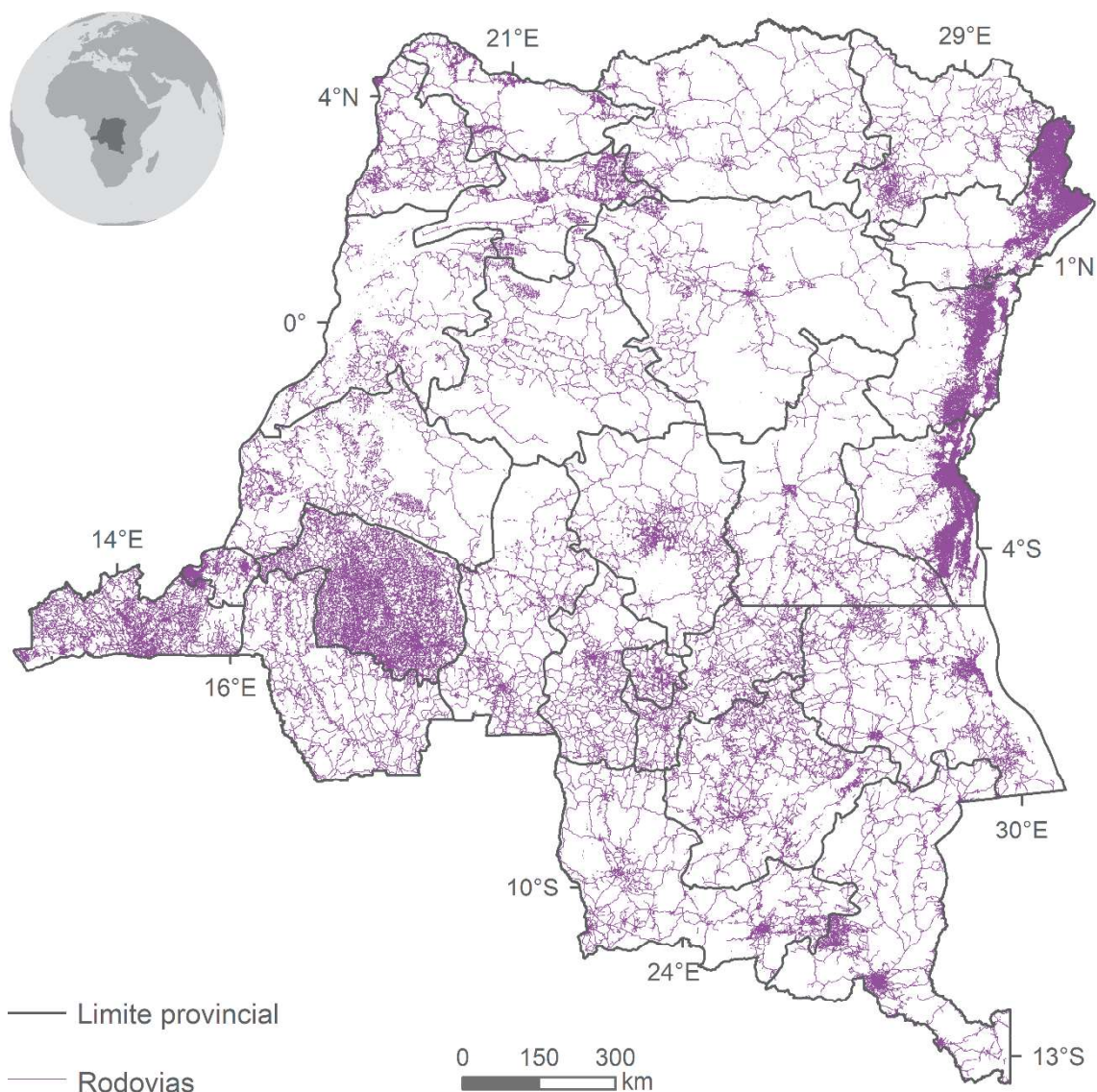


Figura 8- Rodovias e infraestrutura viária na RDC

3.3.7 Portos

- Ano de Produção: 2018

- Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MEDD), República Democrática do Congo (RDC), Portail de Données Publiques (<https://cod-data.forest-atlas.org/>) Ministério do Meio Ambiente, RDC

- Descrição e aplicação: Dados sobre a localização de portos. A distância aos portos foi utilizada acesso por via marítima e sua influência no desmatamento e na economia local.

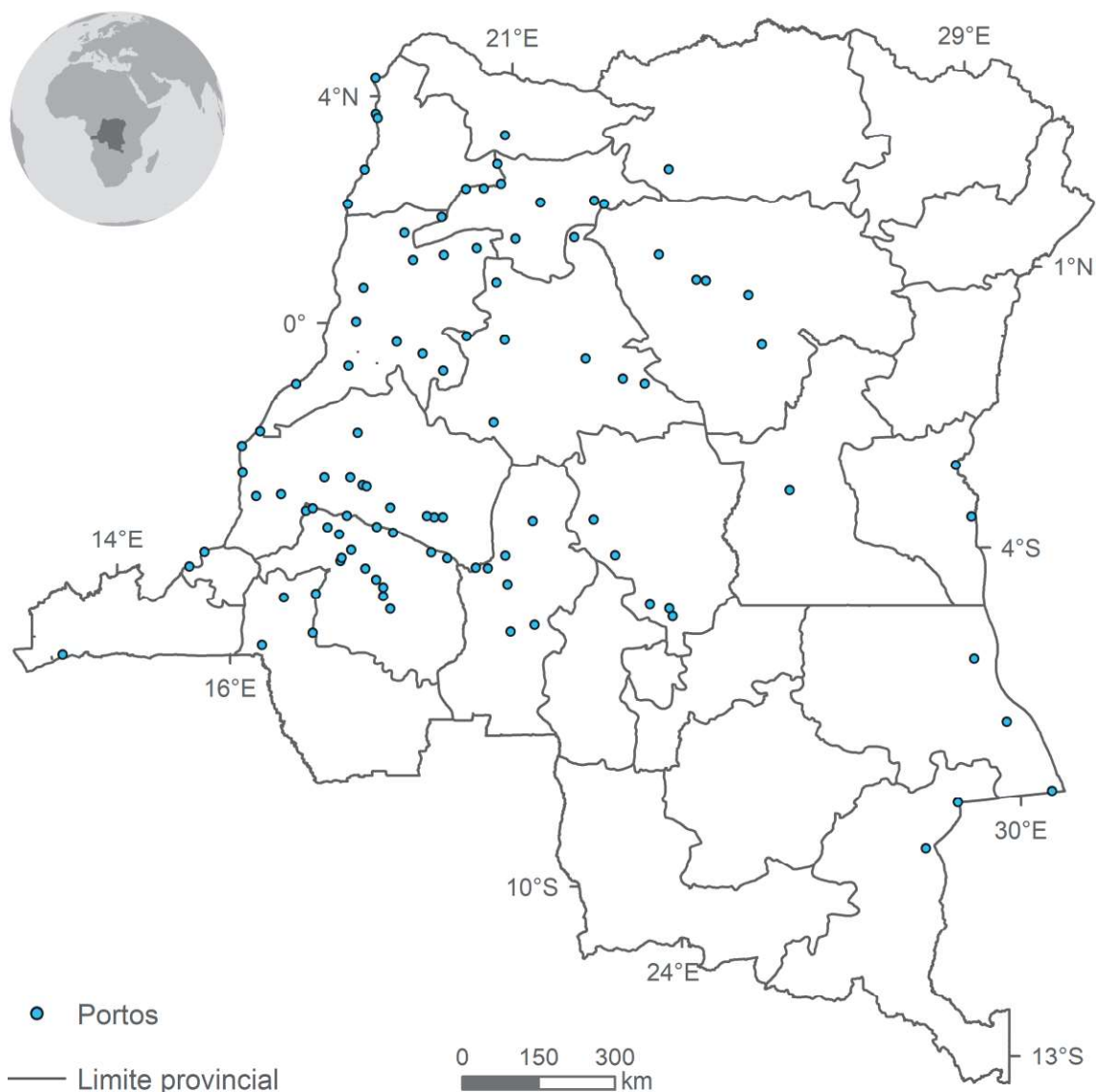


Figura 9 - Distribuição de portos na RDC

3.3.8 Hidrografia

- Ano de Produção: 2022

- Fonte: HydroSHEDS Lehner, B., Grill G. (2013). Hidrografia fluvial global e roteamento de rede: dados de base e novas abordagens para estudar os grandes sistemas fluviais do mundo. *Processos Hidrológicos*, 27(15): 2171–2186. <https://doi.org/10.1002/hyp.9740>

- Descrição e aplicação: Dados sobre a rede hidrográfica. Utilizado para analisar a proximidade de áreas desmatadas aos corpos d'água e para modelar a conectividade hidrológica.

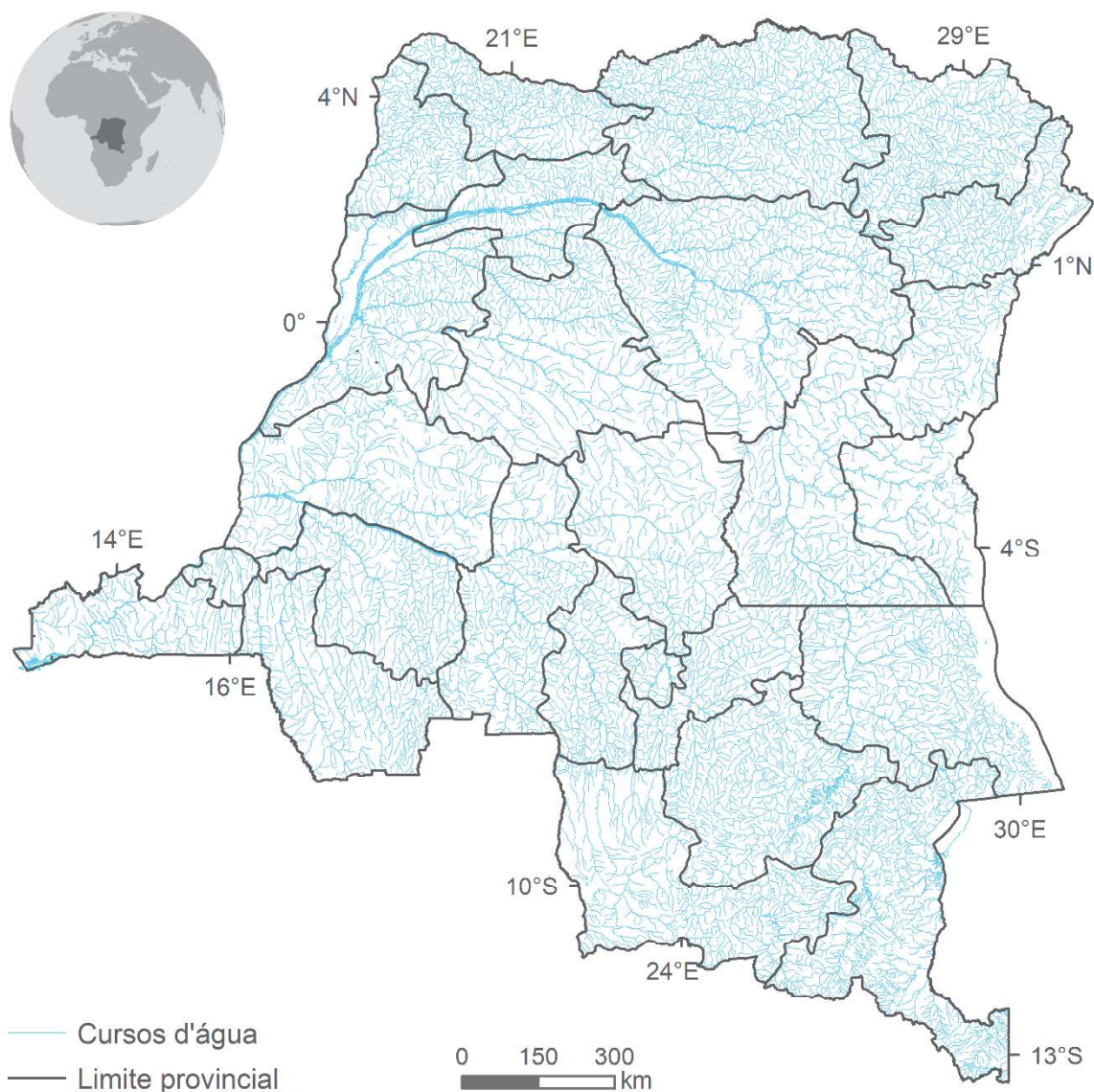


Figura 10 - Hidrografia e corpos d'água na RDC

3.3.9 Povoados

- Ano de Produção: 2020

- Fonte: Ministério do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MEDD), República Democrática do Congo (RDC), Portail de Données Publiques <https://cod-data.forest-atlas.org/>

- Descrição e aplicação: Dados sobre a localização de povoados e assentamentos humanos. Utilizado para analisar a distribuição populacional e sua relação com o desmatamento.

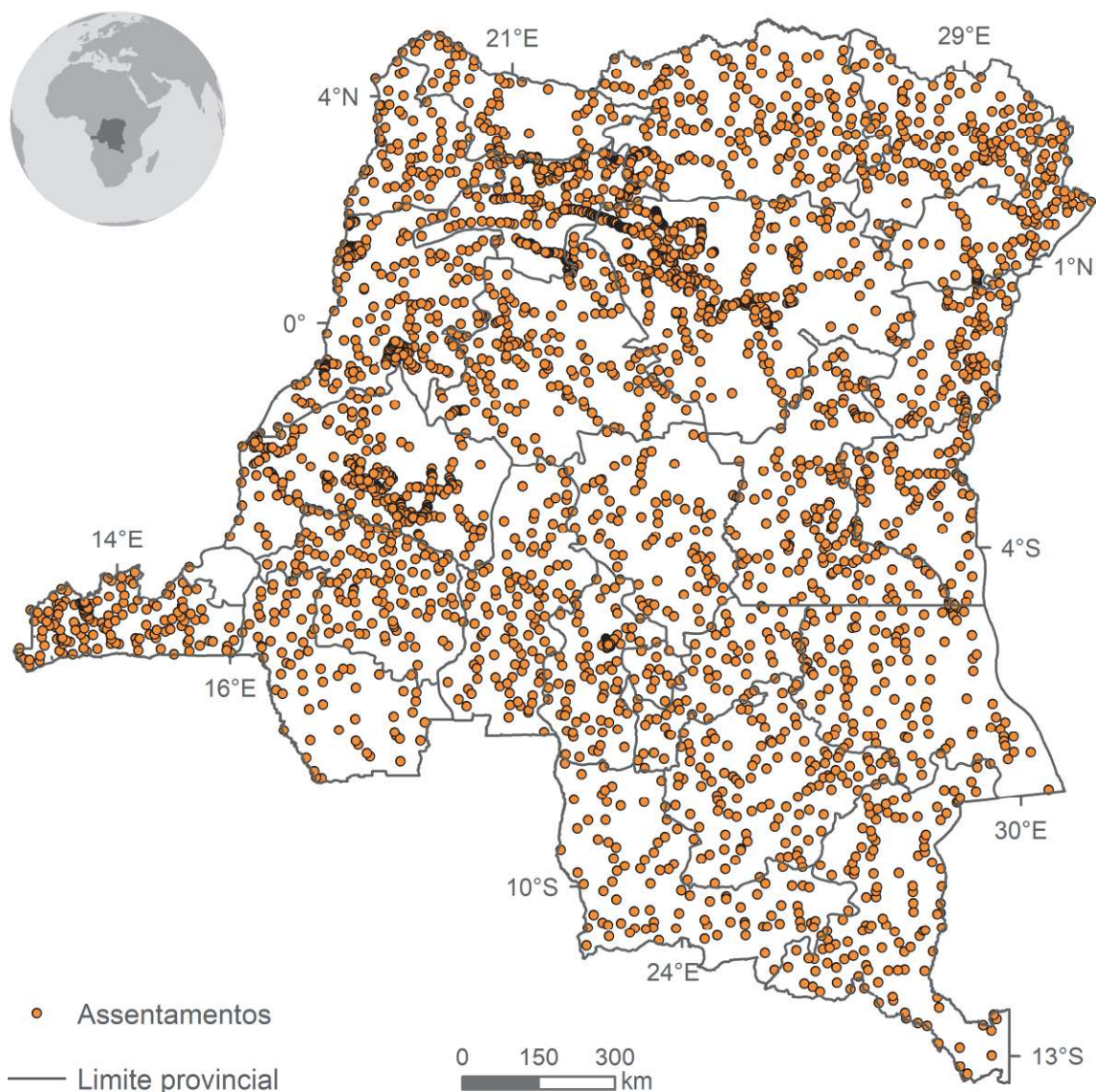


Figura 11 - Distribuição de povoados na RDC

3.3.10 Hidrovias

- Ano de Produção: 2006

- Fonte: United Nations Joint Logistics Centre (UNJLC)/Conservation Biology Institute

- Descrição e aplicação: Dados sobre a localização de vias navegáveis. A rede hidroviária da RDC sempre foi um fator chave no desenvolvimento do país: o aproveitamento estratégico da sua riqueza permite muitas possibilidades em termos de transporte e produção de eletricidade. A rede de navegação das vias navegáveis interiores da RDC possui por volta de 16.000 km de extensão e baseia-se no rio Congo e nos seus principais lagos. É dividido em quatro seções, chamadas de alcance navegável, muitas vezes conectadas por ferrovia. Utilizado para analisar o acesso e a infraestrutura de transporte aquático.

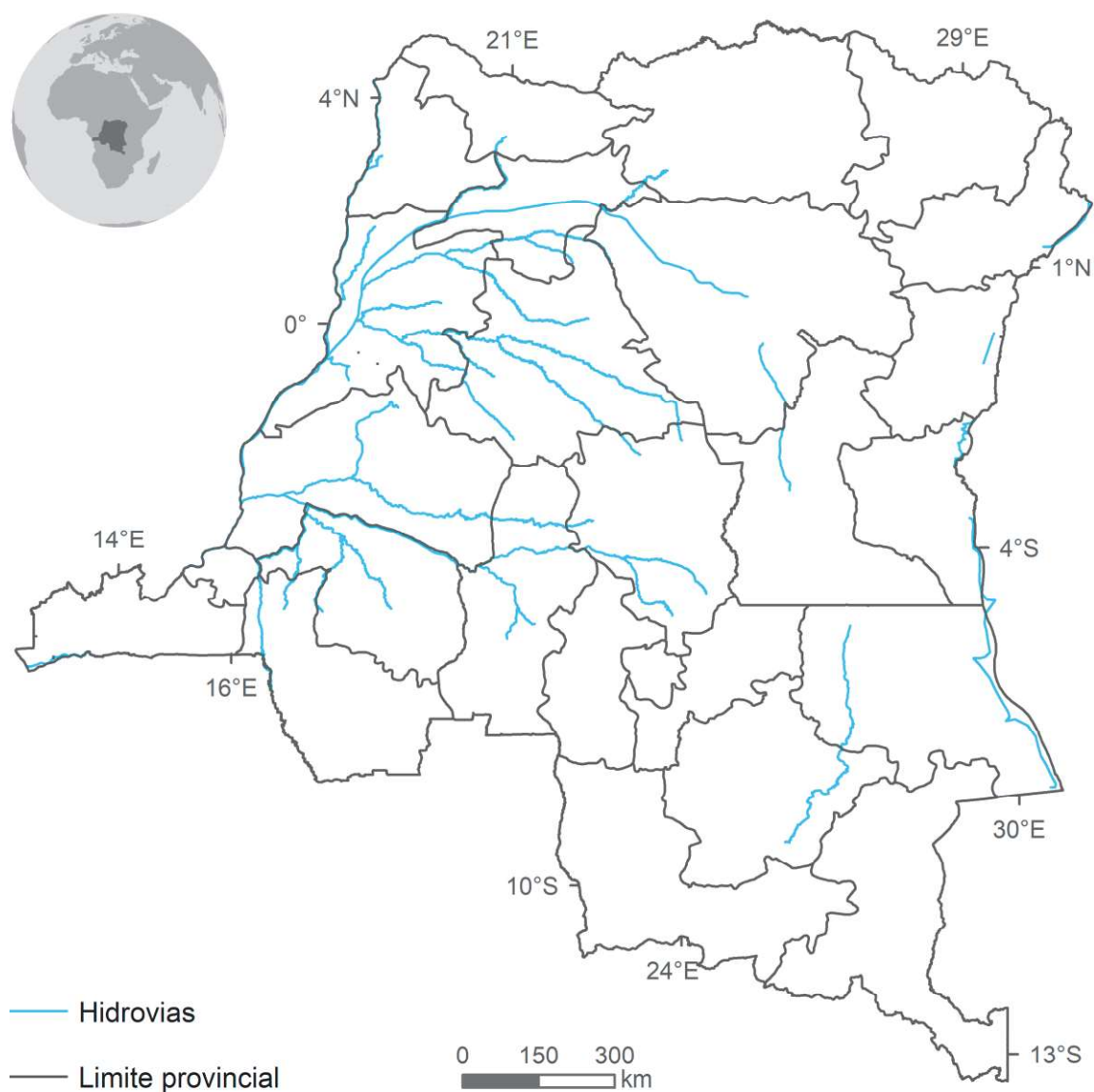


Figura 12- Extensões navegáveis dos rios na RDC

3.3.11 Concessão Florestal

- Ano de Produção: 2018

- Fonte: Ministério do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MEDD), República Democrática do Congo (RDC), Portail de Données Publiques <https://cod-data.forest-atlas.org/>

- Descrição e aplicação: as concessões florestais foram utilizadas categoricamente para se determinar as relações individuais de cada uma com o desmatamento que ocorrem em seus interiores.

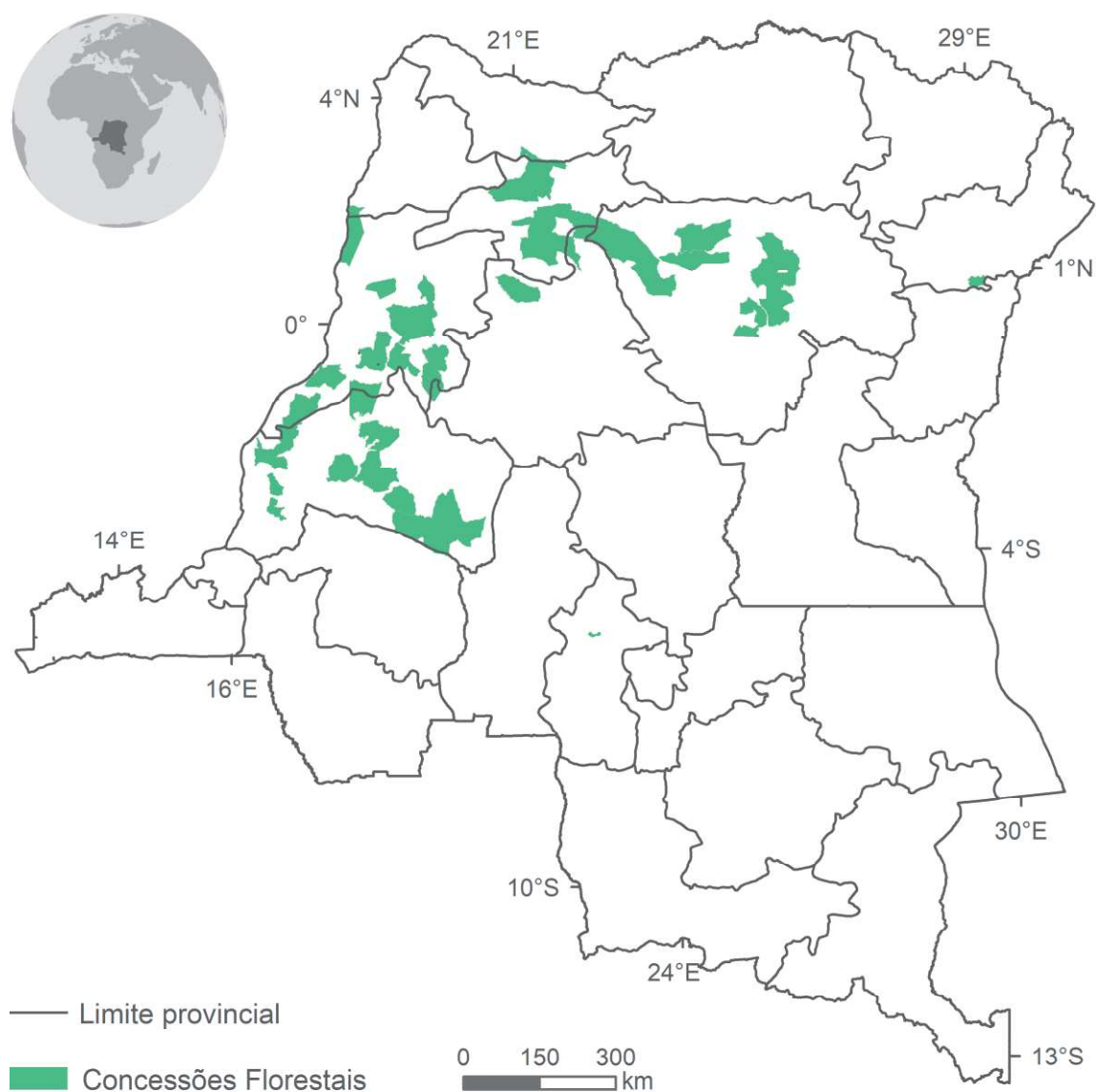


Figura 13 - Concessões florestais na RDC

3.3.12 Mineração

- Ano de Produção: 2023

- Fonte: IPIS

- Descrição e aplicação: Dados sobre concessões florestais para exploração madeireira e atividades de mineração. Utilizado para entender a distribuição e extensão das áreas sob concessão e seu impacto no desmatamento e para analisar o impacto das atividades de mineração na degradação ambiental.

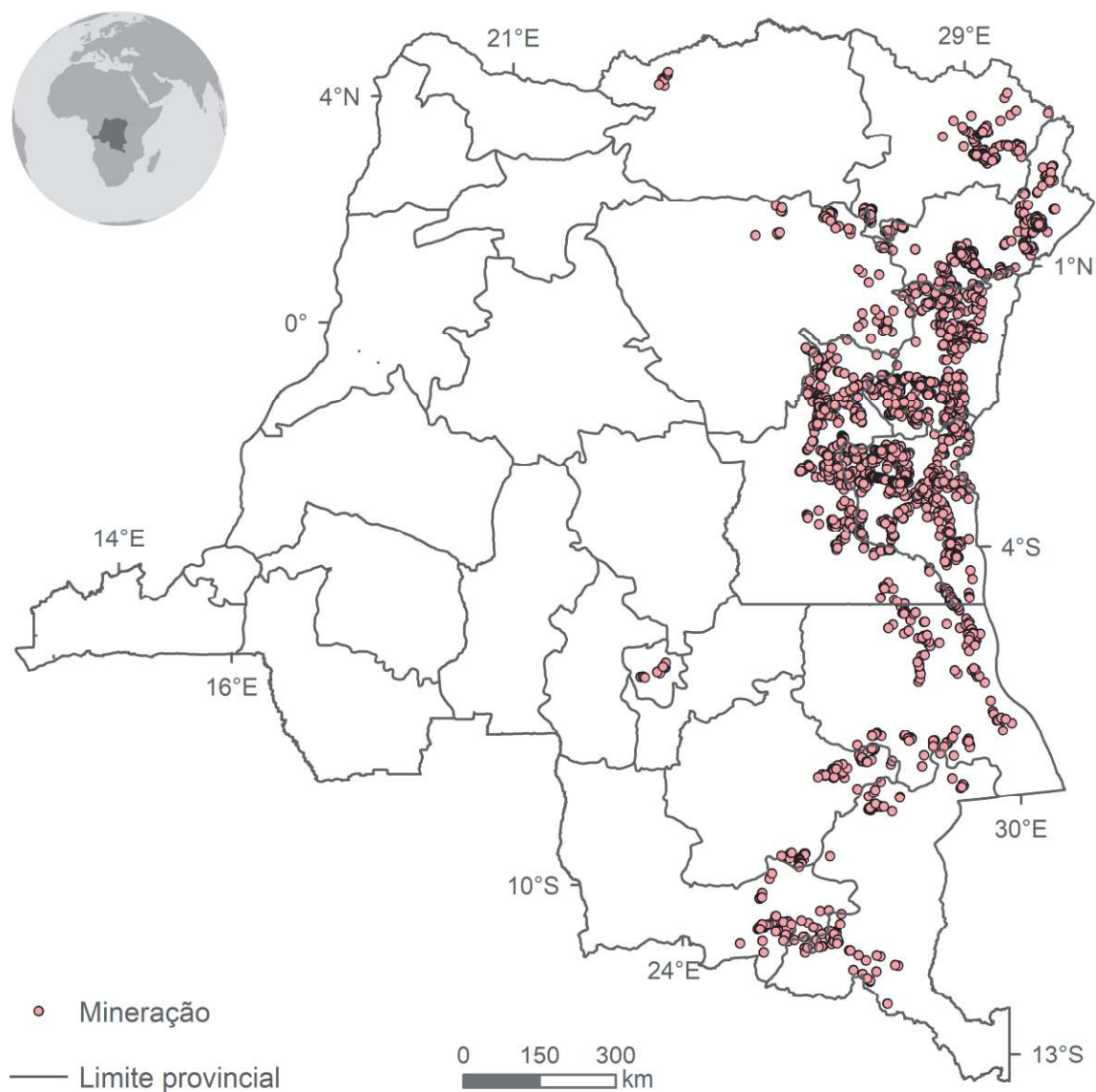


Figura 14 – Áreas com presença de mineração

3.3.13 Densidade Populacional

- Ano de Produção: 2020

- Fonte: WorldPop Eixo

- Descrição e aplicação: O mapa de densidade populacional foi utilizado de maneira objetiva para determinar as relações entre a ocorrência do desmatamento e a densidade populacional.

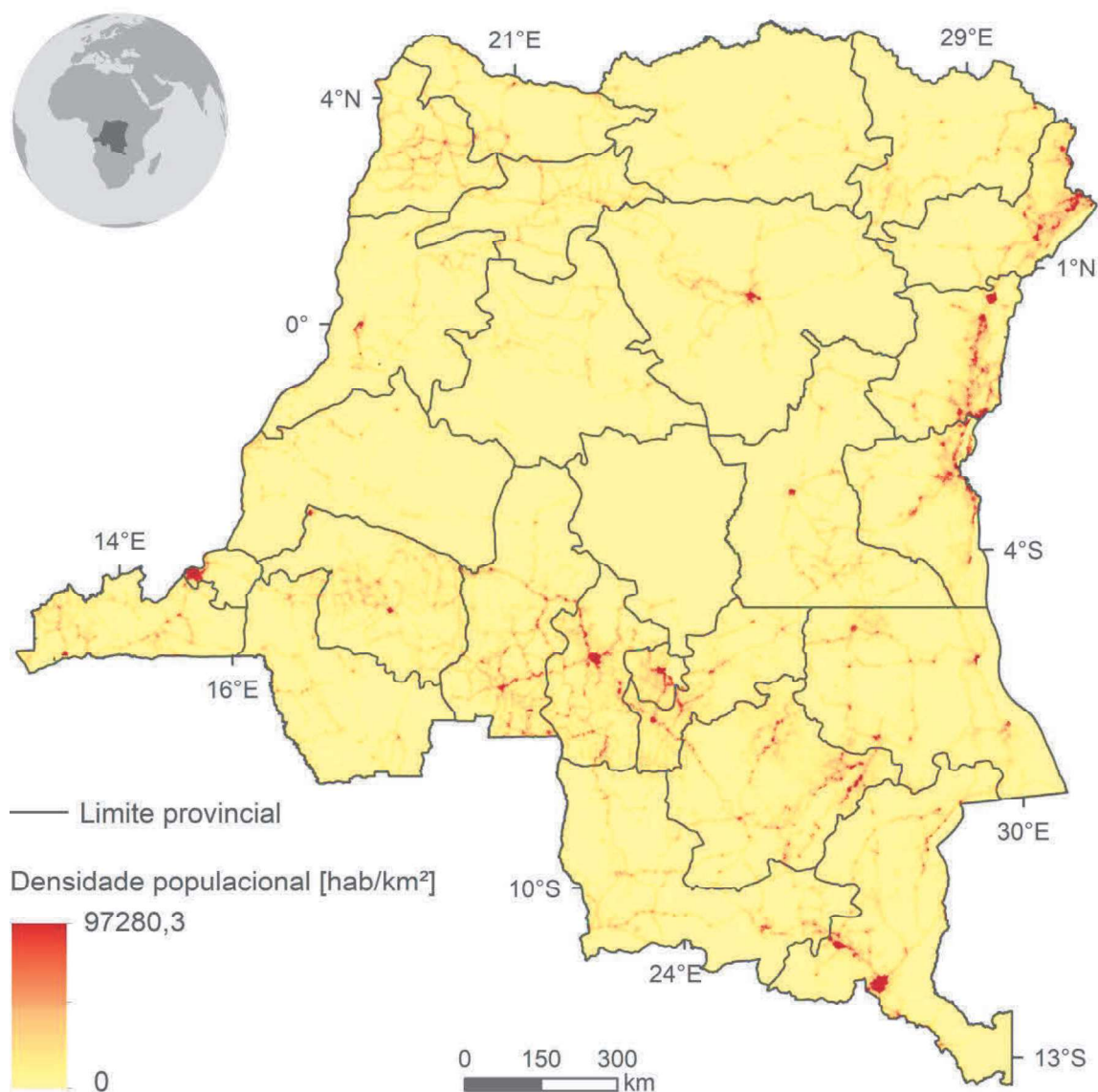


Figura 15- Densidade populacional na RDC

3.4 ANÁLISE DOS PESOS DE EVIDÊNCIAS DAS VARIÁVEIS ASSOCIADAS AO DESMATAMENTO

Os Pesos de Evidência foram calculados utilizando o método Bayesiano, onde o efeito de cada variável espacial na transição é calculado independentemente. Para cada variável espacial, foram determinados os pesos $W+$ e $W-$ conforme as equações:

$$W+ = \ln[P(B|D)/P(B|\bar{D})]$$

$$W- = \ln[P(\bar{B}|D)/P(\bar{B}|\bar{D})]$$

Onde B representa a presença de uma condição espacial e D representa a ocorrência da transição (desmatamento).

O peso positivo indica que as variáveis preditivas estão presentes nos locais onde ocorreu desmatamento, e a magnitude desses pesos assinala o grau de correlação positiva entre a presença da variável preditiva e os eventos de desmatamento.

- $W+ > 0$: A presença do fator preditivo contribui para a ocorrência do desmatamento. Quanto maior o valor, maior a associação positiva.
- $W+ = 0$: O fator preditivo não é relevante para explicar a ocorrência do desmatamento.
- $W+ < 0$: A presença do fator preditivo contribui para a ausência do desmatamento, indicando um efeito protetor.

Peso Negativo ($W-$):

O peso negativo indica a ausência das variáveis preditivas nos locais de desmatamento e mostra o nível da correlação negativa entre a ausência da variável e os eventos de desmatamento.

- $W- > 0$: A ausência da variável preditiva contribui para a presença de desmatamento.
- $W- = 0$: A variável preditiva não é relevante para explicar os padrões de desmatamento.
- $W- < 0$: A ausência da variável preditiva contribui para a ausência de desmatamento.

4 ETAPAS JÁ DESENVOLVIDAS

4.1 *Definição do Problema e Revisão Bibliográfica*

Foi realizada uma revisão abrangente da literatura científica sobre os fatores que impactam na ocorrência de desmatamento na República Democrática do Congo, com artigos científicos recentes (2012-2024). A revisão identificou o debate acadêmico sobre o papel da densidade populacional versus outros drivers espaciais, estabelecendo a base teórica para a pergunta de pesquisa.

4.2 *Coleta e Organização de Dados Espaciais*

Foram compilados e organizados dados espaciais abrangentes para a RDC, incluindo:

- Mapas de uso e cobertura do solo para diferentes períodos temporais;
- Variáveis espaciais de infraestrutura (rodovias, portos, aeroportos, hidrovias);
- Dados de áreas protegidas e concessões florestais;
- Informações sobre densidade populacional e povoados;
- Dados de mineração e características físicas (altitude, ecorregiões, hidrografia);

4.3 *Desenvolvimento do Modelo SimDRC*

Foi desenvolvido e calibrado um modelo de mudança no uso do solo específico para a RDC utilizando a plataforma DinamicaEGO. O modelo incorpora:

- Cálculo de matrizes de transição baseadas em dados históricos;
- Análise de Pesos de Evidência para 13 variáveis espaciais;

- Teste de correlação entre variáveis para garantir independência espacial;
- Calibração dos parâmetros de formação e expansão de patches;

4.4 *Análise dos Drivers Espaciais*

Foram calculados e analisados os Pesos de Evidência para todas as variáveis espaciais, permitindo identificar:

- Variáveis com maior associação positiva ao desmatamento;
- Variáveis com efeito protetor (associação negativa);
- Padrões espaciais de influência de cada driver;
- Contribuição relativa da densidade populacional comparada a outros fatores.

4.5 *Validação do Modelo*

O modelo foi validado utilizando múltiplas abordagens:

- Validação espacial com função de decaimento exponencial;
- Análise de similaridade multi-resolução;
- Comparação entre mapas simulados e observados;
- Avaliação da performance preditiva em diferentes escalas espaciais

6. Estruturação da Dissertação

Foi elaborada a estrutura completa da dissertação com desenvolvimento das seções de apresentação, objetivos, revisão bibliográfica contextualizada, metodologia detalhada, e organização das referências bibliográficas conforme normas ABNT.

Estas etapas estabelecem uma base sólida para a conclusão da pesquisa, com o modelo calibrado e validado pronto para as análises finais e discussão dos resultados sobre os drivers espaciais de desmatamento na RDC.

5 PLANO DE TRABALHO

A continuidade de desenvolvimento do trabalho se dará conforme cronograma apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cronograma de desenvolvimento

Cronograma	2025						
	Agosto	Setembro		Outubro		Novembro	Dezembro
Qualificação	X						
Aprimoramento pós-qualificação		X					
Consolidação da modelagem e análise aprofundada dos resultados			X				
Análise de resultados				X			
Consolidação da escrita da dissertação					X		
Defesa						X	
Correções e ajustes na dissertação para entrega do volume final							X

1. Qualificação: Apresentação e defesa preliminar do projeto de pesquisa, com foco na estrutura metodológica, objetivos, e fundamentação teórica, para receber orientações e ajustes necessários.
2. Aprimoramento pós-qualificação: Realização das modificações sugeridas na qualificação, refinando o projeto conforme o feedback recebido, ajustando a metodologia e ampliando as bases teóricas se necessário.
3. Consolidação da modelagem e análise aprofundada dos resultados: Finalização do modelo de análise com base nos objetivos propostos e aprofundamento da revisão bibliográfica para fundamentar as hipóteses e métodos utilizados.
4. Análise dos resultados e escrita da dissertação: Realização de uma análise mais aprofundada dos dados obtidos, sua interpretação e comparação com a literatura e discutir os achados em relação aos objetivos da pesquisa.
5. Consolidação da escrita da dissertação: Redação completa do trabalho, incluindo introdução, metodologia, resultados e discussões, e conclusão, com foco na coerência e clareza argumentativa.
6. Defesa: Apresentação final do trabalho para a banca examinadora, expondo resultados e justificativas metodológicas, e respondendo aos questionamentos da banca.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EUROPEAN COMMISSION. JOINT RESEARCH CENTRE (JRC). **Tropical Moist Forest (TMF)**: annual forest cover loss and gain maps. [S. l.]: JRC, 2024. Disponível em: <https://forobs.jrc.ec.europa.eu/TMF>. Acesso em: 10 maio 2024. Base de dados.

ACHILLE, K. B. et al. The dynamics of deforestation and forest degradation in the Democratic Republic of Congo: A retrospective analysis. **Forest Policy and Economics**, [S.l.], v. 130, 102527, set. 2021. DOI: 10.1016/j.forpol.2021.102527. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102527>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ADAMS, H.; GARCIA-CARRERAS, L. Drivers of land use change in the Democratic Republic of the Congo 2001-2019. **Environmental Research Letters**, [S.l.], v. 18, n. 3, 034026, mar. 2023. DOI: 10.1088/1748-9326/acbad5. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acbad5>. Acesso em: 24 jun. 2025.

BRANDT, J. S. et al. Deforestation and timber production in Congo after implementation of sustainable forest management policy. **Land Use Policy**, [S.l.], v. 52, p. 15-22, mar. 2016. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.11.028. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.11.028>. Acesso em: 24 jun. 2025.

BUCKWELL, A. et al. REDD+ readiness in the Democratic Republic of Congo: A policy and institutional analysis for Payments for Ecosystem Services. **Environmental Science & Policy**, [S.l.], v. 139, p. 102-114, jan. 2023. DOI: 10.1016/j.envsci.2022.10.010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.10.010>. Acesso em: 24 jun. 2025.

BUTSIC, V. et al. Conservation and conflict in the Democratic Republic of Congo: The impacts of warfare, mining, and protected areas on deforestation. **Biological Conservation**, [S.l.], v. 191, p. 266-273, nov. 2015. DOI: 10.1016/j.biocon.2015.06.037. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.037>. Acesso em: 24 jun. 2025.

CHERVIER, C. et al. Industrial logging concessions have limited effects on forest loss in the Democratic Republic of the Congo. **Forest Policy and Economics**, [S.l.], v. 159, 103016, fev. 2024. DOI: 10.1016/j.forpol.2023.103016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.103016>. Acesso em: 24 jun. 2025.

CLIMATE ANALYTICS. **Climate Change Scenarios for the Congo Basin**. Berlin: Climate Analytics, 2013.

DEMOCRATIC REPUBLIC OF THE CONGO. **Annuaire Statistique 2020**. Kinshasa: Institut National de la Statistique, 2020.

DEMOCRATIC REPUBLIC OF THE CONGO. **Contribution Déterminée au niveau National Révisée**. Kinshasa: Ministère de l'Environnement et Développement Durable, 2021.

DEMOCRATIC REPUBLIC OF THE CONGO. **Niveau d'Émission de Référence des Forêts**. Kinshasa: Ministère de l'Environnement et Développement Durable, 2018.

DEMOCRATIC REPUBLIC OF THE CONGO. **Seconde Communication Nationale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques**. Kinshasa: Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme, 2009.

DEMICHELI, L. et al. Village mobilities and landscape dynamics in the Democratic Republic of the Congo. **Environmental Research Letters**, [S.l.], v. 16, n. 7, 074004, jul. 2021. DOI: 10.1088/1748-9326/ac0a6b. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac0a6b>. Acesso em: 24 jun. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Democratic Republic of the Congo - Forest Resources Assessment**. Rome: FAO, 2017.

GALFORD, G. L. et al. Will Passive Protection Save Congo Forests? **PLoS ONE**, [S.l.], v. 10, n. 6, e0128473, jun. 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0128473. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128473>. Acesso em: 24 jun. 2025.

GALLI, A. et al. Socio-environmental impacts of mining in the Democratic Republic of Congo: A systematic review. **The Extractive Industries and Society**, [S.l.], v. 11, 101122, ago. 2022. DOI: 10.1016/j.exis.2022.101122. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2022.101122>. Acesso em: 24 jun. 2025.

KARSENTY, A. et al. The Futures of Tropical Forests (Part 2): A Qualified Hope for Sustainable Development. **Les Cahiers du CIRED**, [S.l.], n. 65, p. 1-28, 2017. Disponível em: <https://hal.science/hal-01668419>. Acesso em: 24 jun. 2025.

KIPUTE, D. D. et al. Effectiveness of the Yangambi Biosphere Reserve in Reducing Deforestation in the Democratic Republic of the Congo. **Human Ecology**, [S.l.], v. 51, p. 75-87, jan. 2023. DOI: 10.1007/s10745-022-00378-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10745-022-00378-6>. Acesso em: 24 jun. 2025.

KLEINSCHROTH, F. et al. Road expansion and persistence in forests of the Congo Basin. **Nature Sustainability**, [S.l.], v. 2, p. 628-634, jul. 2019. DOI: 10.1038/s41893-019-0310-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0310-6>. Acesso em: 24 jun. 2025.

MAJAMBU, E. et al. Can Traditional Forest Governance Protect Forests? Evidence from Community-Managed Forests in the Democratic Republic of Congo. **Land**, [S.l.], v. 10, n. 12, 1323, dez. 2021. DOI: 10.3390/land10121323. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land10121323>. Acesso em: 24 jun. 2025.

MOLINARIO, G. et al. Contextualizing Landscape-Scale Forest Cover Loss in the Democratic Republic of Congo (DRC) between 2000 and 2015. **Land Use Policy**, [S.l.], v. 94, 104438, maio 2020. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104438. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104438>. Acesso em: 24 jun. 2025.

NAGO, E. M.; ONGOLO, S. Inside forest diplomacy: Unpacking the 'Imaginary' of global forest governance in the Democratic Republic of Congo. **Forest Policy and Economics**, [S.l.], v. 133, 102608, dez. 2021. DOI: 10.1016/j.forpol.2021.102608. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102608>. Acesso em: 24 jun. 2025.

REYNIERS, C. REDD+ implementation in the Democratic Republic of Congo: The forest-savanna transition zone in the Mai-Ndombe province. **Forest Policy and Economics**, [S.l.], v. 130, 102528, set. 2021. DOI: 10.1016/j.forpol.2021.102528. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102528>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SAMNDONG, R. A. et al. Institutional analysis of causes of deforestation in REDD+ pilot sites in the Equateur province: Implication for REDD+ in the Democratic Republic of Congo. **Land Use Policy**, [S.l.], v. 76, p. 664-674, jul. 2018. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.02.048. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.048>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SHAPIRO, A. et al. Small scale agriculture continues to drive deforestation and degradation in fragmented forests in the Congo Basin (2015–2020). **Land Use Policy**, [S.l.], v. 134, 106922, out. 2023. DOI: 10.1016/j.landusepol.2023.106922. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106922>. Acesso em: 24 jun. 2025.

TRITSCH, I. et al. Do forest-management plans and FSC certification help avoid deforestation in the Congo Basin? **Ecological Economics**, [S.l.], v. 175, 106660, set. 2020. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2020.106660. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106660>. Acesso em: 24 jun. 2025.

TYUKAVINA, A. et al. Congo Basin forest loss dominated by increasing smallholder clearing. **Science Advances**, [S.l.], v. 4, n. 11, eaat2993, nov. 2018. DOI: 10.1126/sciadv.aat2993. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2993>. Acesso em: 24 jun. 2025.

WILLIAMS, S. J. et al. A systematic conservation planning approach to prioritizing forests in the Democratic Republic of Congo. **Conservation Biology**, [S.l.], v. 37, n. 1, e13959, fev. 2023. DOI: 10.1111/cobi.13959. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cobi.13959>. Acesso em: 24 jun. 2025.

WINDEY, C.; VAN HECKEN, G. Contested mappings in a dynamic space: Emerging socio-spatial relationships in the context of REDD+. A case from the Democratic Republic of Congo. **Landscape and Urban Planning**, [S.l.], v. 213, 104128, set. 2021. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2021.104128. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104128>. Acesso em: 24 jun. 2025.

WORLD BANK. **Climate Risk Country Profile: Democratic Republic of Congo**. Washington, DC: World Bank Group, 2021.