

Metadados

PAINEL DE BIOMASSA E CARBONO

Identificação das informações	
Fonte da informação	Inventário Florestal Nacional – IFN Serviço Florestal Brasileiro (SFB/MMA)
Título da publicação	Painel de Biomassa e Carbono
Link	https://snif.florestal.gov.br/pt-br/conjuntos-de-dados
Data de referência dos dados (ano base)	2011 a 2024
Data de consulta ao banco de dados do IFN	2025
Data de disponibilização dos dados no SNIF	mar/2026
Observações: O Inventário Florestal Nacional (IFN) é o principal levantamento de dados em campo realizado pelo governo federal para produzir informações sobre os recursos florestais brasileiros.	
Como citar esta fonte: SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). Inventário Florestal Nacional: Estimativa de biomassa e carbono das florestas brasileiras. In: SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS (SNIF). Brasília, DF. Disponível em: https://snif.florestal.gov.br/pt-br/temas-florestais/painel-de-biomassa-e-carbono . Acesso em: dia, mês e ano.	

Dados apresentados

Os dados aqui apresentados são oriundos dos levantamentos de campo do Inventário Florestal Nacional. O Inventário Florestal Nacional (IFN) é o principal levantamento de dados em campo realizado pelo governo federal para produzir informações sobre os recursos florestais brasileiros. Um dos diferenciais do IFN é a coleta de dados diretamente nas florestas – naturais e plantadas – incluindo a coleta de amostras botânicas e de solo, a medição das árvores e a realização de entrevistas com os moradores das proximidades. Desta forma, são avaliadas a qualidade e as condições das florestas e a sua importância para as pessoas. Com abrangência nacional e metodologia única para todos os biomas, a coleta de dados é realizada em pontos distribuídos a cada 20 km de distância por todo o país. São produzidas informações detalhadas e de forma regular sobre aspectos como a estrutura, composição, saúde e vitalidade das florestas, biomassa, estoques de madeira e de carbono. A proposta é que o estudo seja realizado periodicamente, com as medições sendo repetidas nos mesmos locais. Com isso, será possível também acompanhar as mudanças desses aspectos ao longo do tempo.

SOBRE A CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA

Introdução

Neste painel, estimamos a biomassa e carbono (toneladas) a partir de dados de diâmetro e altura coletados pelo Inventário Florestal Nacional (IFN), cujas estimativas foram extrapoladas para toneladas por hectare. As equações alométricas aqui apresentadas foram desenvolvidas em estudos acadêmicos para biomas e tipologias vegetais específicos do Brasil e, em alguns casos, abarcam outras regiões tropicais do planeta.

Observação: As estimativas apresentadas neste painel foram realizadas em indivíduos com DAP (diâmetro à altura do peito) maiores ou iguais a 10 cm

Metodologia

Estimativas de biomassa, necromassa e carbono

A seleção das equações alométricas seguiu como critério principal a Consistência biológica. Avaliou-se se as equações preservam a relação alométrica esperada entre biomassa e variáveis estruturais da árvore, especialmente o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total. Considerando que o volume arbóreo é proporcional a D^2H e que a biomassa resulta do volume multiplicado pela densidade da madeira, essas variáveis funcionam como proxies estruturais da biomassa. Verificou-se se as estimativas apresentam comportamento monotônico crescente, magnitude compatível com o porte das árvores e ausência de valores biologicamente implausíveis, como valores negativos

A biomassa abaixo do solo foi estimada por meio de fatores de expansão (R), conforme diretrizes do IPCC (2006). O carbono foi obtido pela aplicação de fração média de carbono sobre a biomassa seca:

- **Biomassa abaixo do solo** = Biomassa acima do solo * R

No domínio tropical, a razão (R) entre biomassa abaixo do solo e biomassa acima do solo varia conforme a zona ecológica e, em alguns casos, conforme a magnitude da biomassa aérea.

Para **florestas tropicais úmidas**, adota-se $R = 0,37$, conforme Fittkau & Klinge (1973).

Para **florestas tropicais decíduas úmidas**, quando a biomassa acima do solo é inferior a 125 t ha^{-1} , utiliza-se $R = 0,20$ (intervalo: 0,09–0,25), segundo Mokany et al. (2006).

Para **florestas tropicais secas**, a razão depende da classe de biomassa aérea:

- Biomassa $> 125 \text{ t ha}^{-1} \rightarrow R = 0,24$ (0,22–0,33);
- Biomassa $\leq 20 \text{ t ha}^{-1} \rightarrow R = 0,56$ (0,28–0,68);

- Biomassa > 20 t ha⁻¹ → R = 0,28 (0,27–0,28),

conforme Mokany et al. (2006).

Para **vegetação arbustiva tropical**, adota-se R = 0,40 (Poupon, 1980).

Para **sistemas montanhosos tropicais**, utiliza-se R = 0,27 (0,27–0,28), segundo Singh et al. (1994).

- **Carbono (abaixo ou acima do solo)** = Biomassa (abaixo ou acima do solo) * 0,47

No IFN, a necromassa em floresta (madeira caída) é amostrada por meio do método de linhas de intercepto. O procedimento consiste em esticar duas trenas de 10 m cada, perpendiculares entre si a partir do ponto central do conglomerado. Para cada conglomerado, percorrem-se duas linhas amostrais ao longo das quais se medem os diâmetros de galhos e troncos caídos. A partir dessas medições, calcula-se a necromassa de cada linha combinando a área potencial dos fragmentos (proporcional ao quadrado do diâmetro), o comprimento da linha amostral e a densidade média da madeira caída. A densidade da madeira varia conforme o diâmetro dos fragmentos e seu estágio de decomposição, seguindo recomendações de Keller et al. (2004):

- Fragmentos finos (diâmetro inferior a 5 cm): 0,36 Mg m⁻³.
- Fragmentos médios (5 a 10 cm): 0,45 Mg m⁻³.
- Fragmentos mais grossos (acima de 10 cm): a densidade depende da classe de decomposição – material intacto (classe 1): 0,70 Mg m⁻³; decomposição inicial (classe 2): 0,58 Mg m⁻³; decomposição avançada (classe 3): 0,28 Mg m⁻³.

Por fim, a necromassa média do conglomerado é obtida pela média simples dos valores calculados nos dois transectos. Esse procedimento assegura uma estimativa representativa da quantidade de madeira morta no solo, levando em conta tanto o porte quanto o grau de decomposição dos fragmentos.

Classificação do uso da terra

A definição de área com floresta utilizada no IFN é a mesma da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO. São três os atributos a serem considerados em conjunto, para o enquadramento da área na classe floresta:

- a) Área igual ou superior a 0,5 hectare;
- b) Cobertura de copa em mais de 10% da área;
- c) Árvores que devem atingir uma altura mínima de 5 metros em seu estágio adulto.

Além dos atributos principais observáveis na vegetação, é fundamental considerar que uma área somente pode ser classificada como floresta se não estiver sob uso agrícola ou urbano. As áreas florestais podem ser naturais ou plantadas. Para facilitar o processamento e a análise dos dados, as florestas naturais são diferenciadas em tipologias que representam com maior precisão sua estrutura e composição florística. Nesse contexto, foram adotadas as seguintes tipologias florestais, em conformidade com a classificação das regiões fitoecológicas do Brasil estabelecida pelo IBGE:

- **Campinarana:** formação florestal ou arbustiva de porte baixo a médio, típica de solos arenosos, ácidos e pobres em nutrientes, especialmente na Amazônia. Apresenta dossel descontínuo, sub-bosque ralo, presença frequente de palmeiras, epífitas e espécies endêmicas. Sua flora é altamente especializada, com adaptações às restrições edáficas e hídricas desses ambientes.
- **Contato (Ecótono e Enclave):** áreas de transição entre diferentes formações vegetais, apresentando mistura de espécies e características estruturais das tipologias adjacentes. Os ecótonos representam gradientes contínuos de vegetação, enquanto os enclaves são manchas isoladas de uma fisionomia inseridas em outra. Essas áreas possuem elevada diversidade e são sensíveis a variações ambientais.
- **Estepe:** vegetação predominantemente herbácea, com presença esparsa de arbustos e pequenas árvores, ocorrente em regiões de clima mais seco e solos rasos ou pedregosos. Caracteriza-se por cobertura vegetal descontínua e alta adaptação das espécies à deficiência hídrica, às baixas temperaturas e à sazonalidade climática.
- **Floresta Estacional Decidual:** formação florestal em que mais de 50% das árvores perdem as folhas durante a estação seca. Ocorre em regiões com sazonalidade climática marcada, apresentando estrutura relativamente densa, com espécies adaptadas à seca por meio da caducifolia e do armazenamento de água em tecidos lenhosos.
- **Floresta Estacional Semidecidual:** formação florestal em que entre 20% e 50% das árvores perdem as folhas na estação seca. Apresenta dossel contínuo, diversidade florística elevada e espécies adaptadas a variações sazonais de umidade. É comum em regiões de transição entre climas úmidos e subúmidos.
- **Floresta Estacional Sempre-verde:** formação florestal densa e perenifólia, onde a maioria das espécies mantém suas folhas ao longo do ano. Ocorre em ambientes de alta umidade e menor variação sazonal, apresentando estrutura complexa, estratificação vertical bem definida e elevada biomassa.
- **Floresta Ombrófila Aberta:** formação florestal úmida caracterizada por dossel descontínuo e presença de espécies heliófilas. Apresenta árvores de médio a grande porte, com espaços que permitem a entrada de luz, favorecendo o sub-bosque e a diversidade de palmeiras e lianas. É comum na Amazônia e em regiões de transição com savanas e florestas estacionais.
- **Floresta Ombrófila Densa:** formação florestal úmida com dossel contínuo e elevado sombreamento do sub-bosque. Apresenta grande diversidade de espécies, estratificação complexa e alta biomassa. Ocorre em regiões de elevada precipitação e baixa sazonalidade climática, sendo típica da Amazônia e da Mata Atlântica.
- **Floresta Ombrófila Mista:** também conhecida como Floresta com Araucária, ocorre em regiões subtropicais e de altitudes elevadas. Caracteriza-se pela presença marcante da *Araucaria angustifolia*,

associada a espécies latifoliadas. Apresenta estrutura estratificada e elevada diversidade florística, sendo adaptada a temperaturas mais baixas.

- **Formações Pioneiras:** vegetações que ocupam solos instáveis e em constante rejuvenescimento, influenciados por processos fluviais, marinhos ou fluviomarinhos. Trata-se de um complexo vegetacional edáfico de primeira ocupação, ou seja, determinado pelas condições do solo, e não necessariamente por uma sucessão ecológica rumo ao clímax regional. Essas comunidades são adaptadas a ambientes extremos e se repetem em diferentes regiões do país com características ecológicas semelhantes. Exemplos típicos incluem manguezais, restingas, várzeas e brejos, onde predominam gêneros vegetais especializados, como *Rhizophora*, *Avicennia*, *Remirea*, *Salicornia* e *Typha*, amplamente distribuídos em áreas tropicais alagadas, arenosas ou salinas.
- **Savana:** formação caracterizada por vegetação arbóreo-arbustiva esparsa, com estrato herbáceo dominante. Ocorre em ambientes com marcada sazonalidade hídrica e solos geralmente ácidos e pobres em nutrientes. As espécies apresentam adaptações ao fogo, à seca e à baixa fertilidade do solo, sendo típica do bioma Cerrado.
- **Savana gramíneo-lenhosa:** subcategoria das formações savânicas, com predomínio de gramíneas e presença escassa de arbustos e árvores de pequeno porte. Ocorre em solos rasos ou com baixa disponibilidade hídrica, frequentemente em áreas de contato com campos e formações florestais abertas.
- **Savana-estépica:** vegetação xeromórfica típica de regiões semiáridas, composta por arbustos e pequenas árvores caducifólias, muitas vezes espinhosas, associadas a espécies herbáceas adaptadas à seca. Ocorre em ambientes com chuvas irregulares e longos períodos de déficit hídrico, sendo típica do domínio da Caatinga.

Nota de precaução sobre a classificação tipológica

É importante salientar que a classificação das tipologias vegetacionais apresentada neste painel não foi realizada por meio de observação direta em campo, mas sim com base em informações secundárias, tais como registros de espécies, localização geográfica das unidades amostrais e descritores ambientais associados. O processo de categorização fundamentou-se em regras hierárquicas de compatibilidade ecológica, apoiadas em referências fitogeográficas nacionais (como o IBGE, 2012) e em bancos de dados taxonômicos consolidados (REFLORA, 2023).

Dessa forma, embora a metodologia empregada busque garantir consistência ecológica e coerência com a literatura científica, reconhece-se que eventuais erros e incertezas podem ocorrer, como em áreas de transição (ecótonos), mosaicos vegetacionais e formações sob forte influência antrópica. Assim, a classificação deve ser interpretada como uma inferência analítica baseada em critérios objetivos e padronizados, e não como uma verificação direta das condições fitofisionômicas da paisagem.

SOBRE A CLASSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA PELAS EQUIPES

Cálculo de áreas e estratificação amostral

Para a estimativa da área florestal e da área total do conglomerado, devem ser considerados os distintos espaços amostrais presentes no conglomerado, abrangendo tanto as variações entre subpopulações vegetais quanto as diferentes categorias de uso do solo.

Classificação do uso da terra pelas equipes de campo

Ao chegar ao local de instalação da unidade amostral, a equipe de campo poderá se deparar com diferentes situações que influenciam as decisões sobre os procedimentos a serem adotados na identificação da cobertura e uso da terra. A primeira decisão consiste em definir se a classe de cobertura/uso da terra no ponto de instalação da unidade amostral corresponde a floresta ou não floresta. Em cada subparcela, a equipe atribui um código específico que representa a classe de uso da terra predominante. Essa classificação permite a delimitação dos diferentes espaços amostrais existentes no conglomerado.

VARIÁVEIS E PROCESSO DE AMOSTRAGEM

As variáveis divulgadas neste painel são:

- Variáveis dendrométricas coletadas em campo pelo Inventário Florestal Nacional para o cálculo dos estoques:
 - a) DAP: Diâmetro à altura do peito (cm);
 - b) HT: Altura total (m);
 - c) HF: Altura do fuste
 - d) WD: densidade da madeira (g/cm^3) para a equação de Chave et al., (2014)

- São apresentadas as estimativas por compartimento da vegetação:
 - a) **Árvores vivas** - Estimativas para indivíduos em crescimento ativo
 - b) **Árvores mortas em pé** - Biomassa remanescente em indivíduos senescentes
 - c) **Madeira caída (necromassa)** - Material lenhoso em decomposição no solo
 - d) **Sistema radicular** - Estoques presentes nas raízes das plantas

É importante destacar que as estimativas de biomassa e carbono consideraram exclusivamente árvores e demais hábitos amostrados, não incluindo outros componentes eventualmente presentes na área, como cultivos agrícolas (ex.: soja) ou pastagens plantadas.

Descrição metodológica:

O processamento dos dados do Inventário Florestal Nacional (IFN) do Brasil apresenta características peculiares e únicas, frequentemente simplificadas devido à complexidade estatística envolvida. A fundamentação teórica

utilizada segue Cochran (1977), enquanto os estimadores amostrais adotam a abordagem de conglomerados em dois estágios com ocorrência de classes distintas nas subunidades, conforme descrito em Queiroz (2012, p. 300–307).

Essa estrutura amostral é adequada ao IFN, pois:

- Os conglomerados são definidos em dois estágios:
 1. **Primeiro estágio:** sistemático, com espaçamento de 20 km entre os pontos centrais;
 2. **Segundo estágio:** sistemático, com subunidades igualmente espaçadas e dispostas perpendicularmente.
- As subunidades podem conter uma ou mais classes de uso e cobertura da terra, refletindo a heterogeneidade dos ambientes amostrados.

Análise de Equivalência das Estimativas de Biomassa – Método Regression-based TOST com Bootstrap

Para avaliar se diferentes equações geram estimativas estatisticamente equivalentes de biomassa nas tipologias florestais amostradas pelo IFN, foi aplicado o teste de equivalência *Regression-based TOST*, com 1.000 reamostragens *bootstrap* e intervalo de equivalência definido em $\pm 25\%$ (IC 95%).

Esse teste inverte a lógica tradicional da hipótese nula: assume inicialmente que as equações são diferentes e só rejeita essa hipótese caso os parâmetros se enquadrem dentro da região de equivalência. A abordagem baseada em regressão permite avaliar, simultaneamente, a semelhança entre os valores médios (intercepto) e a proporcionalidade das estimativas (coeficiente angular).

Etapas da análise:

1. **Centralização das estimativas:** foi subtraída a média de cada conjunto de estimativas.
2. **Definição da região de equivalência:** intervalo de $\pm 25\%$ aplicado aos parâmetros da regressão.
3. **Ajuste de regressão linear:** entre pares de estimativas geradas por diferentes equações.
4. **Teste do intercepto:** comparação dos intervalos de confiança com a região de equivalência.
5. **Teste do coeficiente angular:** análise de intervalos de confiança unilaterais.
6. **Conclusão do teste:** a hipótese de dissimilaridade entre equações é aceita ou rejeitada com base nos parâmetros.

Esse método é robusto para validação de modelos e comparação entre métodos de estimativa, permitindo verificar se diferentes equações produzem resultados equivalentes para a biomassa

Referência:

Andrew P. Robinson, Robert E. Froese, Model validation using equivalence tests, *Ecological Modelling*, Volume 176, Issues 3–4, 2004, Pages 349–358, ISSN 03043800, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.01.013>.

Dicionário de dados

Base de Dados de Biomassa e Árvores mortas (em pé)

Dicionário de dados	
bioma	Bioma em que a Unidade de amostragem (conglomerado) se encontra
uf	Unidade Federativa
lon_pc	Longitude do ponto central do conglomerado (Coordenadas geográficas - WGS 84)
lat_pc	Latitude do ponto central do conglomerado (Coordenadas geográficas - WGS 84)
ua	Unidade de amostragem (conglomerado)
n_subunidades	Número de subunidades
sanidade	Sanidade do indivíduo (vivas ou mortas)
classe_uso_da_terra	Classe de uso da terra definida em campo
tipologia_da_vegetacao	Tipologia da vegetação. Foram classificadas com base em informações secundárias, tais como registros de espécies, localização geográfica das unidades amostrais e descritores ambientais associados.
equacoes	Código da equação utilizada para cálculo da biomassa
area_ha	Área referente ao somatório da área das subparcelas que pertencem a uma mesma tipologia na subunidade. Unidade de medida: hectares (ha)
agb_media_kg_por_ha	Média simples do valor de biomassa acima do solo por unidade amostral. Unidade de medida: quilos por hectare (kg/ha)
agb_variancia_por_ua	Variância do valor de biomassa acima do solo por unidade amostral
valor_r	Valor do fator de expansão de Biomassa seca acima do solo para Biomassa das raízes

Base de Dados de Necromassa

Dicionário de dados	
bioma	Bioma em que a Unidade de amostragem (conglomerado) se encontra
uf	Unidade Federativa
ua	Unidade de amostragem (conglomerado)
n_transectos	Número do transecto
cod_classe_uso_da_terra	Código da classe de uso da terra definida em campo
necromassa_t_por_ha	Valor da necromassa em tonelada por hectare (t/ha)

Base de Dados de Equação

Dicionário de dados	
bioma	Bioma em que a Unidade de amostragem (conglomerado) se encontra
sigla_uf	Sigla da Unidade Federativa

Dicionário de dados	
floresta	Floresta Natural
especie	Se a equação foi calculada para uma ou várias espécies
tipologia	Tipologia florestal
d_min	Diâmetro mínimo (cm)
d_max	Diâmetro máximo (cm)
r2/r2aj	Coeficiente de determinação ajustado
syx	Erro Padrão da Estimativa (ou erro padrão residual)
equacao	Equação para estimativa de biomassa
compartimento	Compartimento acima do solo (tronco, galhos e folhas)
peso	Peso seco ou fresco da amostra
autor	Autor da equação
fonte	Link de acesso à fonte da publicação da equação
observacao	Observação
id	Código da equação
fito	Tipologia da vegetação de referência no estudo

Base de Dados de Teste de Equação

Dicionário de dados	
bioma	Bioma em que a Unidade de amostragem (conglomerado) se encontra
tipologia	Tipologia florestal
equacao_1	Equação 1 para teste de equivalência
equacao_2	Equação 2 para teste de equivalência
reject_intercept	Teste estatístico para o intercepto
reject_slope	Teste estatístico para a inclinação
equivalente	Resultado do teste de equivalência entre as equações (Equivalente ou Não Equivalente)