

Estoques de volume, biomassa e carbono na madeira de espécies da Caatinga em Caicó, RN

Rosimeire Cavalcante dos Santos¹, Renato Vinícius Oliveira Castro^{2*}, Angélica de Cássia Oliveira Carneiro³, Ana Flávia Neves Mendes Castro², Alexandre Santos Pimenta¹, Edna Moura Pinto¹, Itaragil Venâncio Marinho⁴

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN 160 - Km 03, CEP 59280-000, Macaíba, RN, Brasil

² Universidade Federal de São João del-Rei, Rua Sétimo Moreira Martins, s/n, Itapoã II, CEP 35702-031, Sete Lagoas, MG, Brasil

³ Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, Centro, CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brasil

⁴ Emater/PB - SOS Sertão, Rua Zuza Cabral, n. 18, CEP 58705-220, Patos, PB, Brasil

*Autor correspondente:

castrorvo@gmail.com

Termos para indexação:

Região do Seridó
Inventário florestal
Vegetações naturais brasileiras

Index terms:

Seridó region
Forest inventory
Brazilian natural vegetation

Resumo - O objetivo deste estudo foi quantificar os estoques em volume, biomassa e carbono na madeira de um fragmento de Caatinga Arbustiva-Arbórea, na região Nordeste do Brasil, no Município de Caicó, RN. Realizou-se o inventário e a amostragem do material biológico para análises de biomassa e carbono. Para a conversão de volume de madeira em biomassa foi obtida a densidade básica da madeira de oito espécies que representavam 91% do valor de importância (VI) do fragmento. A porcentagem de carbono dessas espécies foi determinada por análise elementar da madeira. O estoque de carbono foi determinado considerando-se a porcentagem de carbono multiplicada pela biomassa de cada árvore. Para as espécies que não foram analisadas (9% do VI) utilizou-se um valor de densidade básica média (\bar{d}) e da média de carbono (\bar{c}), ponderados pelo valor de importância das espécies amostradas. Foi observado um estoque volumétrico de madeira igual a 15,5 m³ ha⁻¹. A biomassa determinada foi de 12 t ha⁻¹, que correspondeu a um estoque de carbono de 5,7 t ha⁻¹.

Histórico do artigo:

Recebido em 21/08/2014
Aprovado em 10/12/2015
Publicado em 31/03/2016

doi: 10.4336/2016.pfb.36.85.772

Volume, biomass and carbon stock in the wood of a dry forest in Caicó Municipality, RN, Brazil

Abstract - The aim of this study was to quantify the stocks in volume, biomass and carbon in wood of a fragment of Caatinga dry forest, in Caicó Municipality, Rio Grande do Norte State, northeastern of Brazil. The inventory and sampling of biological material was carried out for biomass and carbon analysis. Wood density of eight species representing 91% of the importance value (VI) of the fragment was determined to convert timber volume into biomass. The percentage of carbon in these species was determined by wood elemental analysis. The carbon stock was calculated based on that carbon percentage multiplied by biomass of each tree. For those species that have not been examined (9% of VI) it was used average basic density (\bar{d}) and carbon (\bar{c}), weighted by importance value of the species. The observed volumetric wood stock was 15.5 m³ ha⁻¹. Biomass was 12 t ha⁻¹, corresponding to carbon stock of 5.7 t ha⁻¹.

Introdução

Devido ao elevado aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera terrestre, provenientes de atividades antrópicas, vem ocorrendo intensificação do efeito estufa natural e, conseqüentemente, as mudanças

climáticas globais. Em 1997 foi elaborado o Protocolo de Quioto, que entrou em vigor em fevereiro de 2005 (Ribeiro et al., 2010), objetivando a redução da emissão desses gases.

As árvores têm um papel importante para a minimização da concentração dos gases de efeito estufa,

pois captam e estocam parte do carbono da fração CO₂ presente na atmosfera (Brianezi et al., 2013). Sabe-se que esse gás captado é convertido em biomassa durante o seu crescimento. Dessa forma, as árvores retêm o carbono nos seus constituintes, sendo este o elemento mais abundante na biomassa (Ribeiro et al., 2010; Brianezi et al., 2013).

Neste contexto, as florestas naturais têm papel importante para a minimização da concentração dos gases de efeito estufa. O conhecimento do potencial de estocagem de carbono nas florestas pode servir de subsídio para ações de redução da concentração dos gases na atmosfera, impulsionando o reflorestamento em áreas degradadas. Entretanto, existe variação na quantidade de carbono estocado pelas diferentes formações florestais encontradas nos biomas brasileiros. A Caatinga apresenta plantas mais espaçadas e com menor porte, quando se compara com outros biomas brasileiros. Portanto, é esperado que se observe menor volume de madeira e conseqüentemente menos biomassa e carbono estocado por unidade de área.

A Caatinga é, provavelmente, o bioma brasileiro menos conhecido cientificamente, além de estar bastante alterado devido à ação antrópica (Giulietti et al., 2004). Este bioma estende-se por cerca de 735 mil km², e é limitado a leste e a oeste pelas florestas Atlântica e Amazônica, respectivamente, e ao sul pelo Cerrado (Leal et al., 2005).

Esse bioma é formado por um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas que ocorrem na maior parte da região Nordeste brasileira e na parte nordeste do Estado de Minas Gerais, no Vale do Jequitinhonha (Leal et al., 2005). Esse tipo de vegetação é característico de ambiente com clima semiárido (Giulietti et al., 2004).

Existe uma grande variação fisionômica desse bioma, principalmente quando se considera a densidade e o porte das plantas, uma vez que mudanças em escala local se traduzem em diferentes paisagens, em consequência da maior e menor disponibilidade hídrica (Amorim et al., 2005; Santana & Souto, 2006). Dessa forma, é notória a importância que se deve dar a esse bioma, sendo, portanto, necessária a implementação de estudos sobre a Caatinga, abrangendo informações como a estocagem de carbono.

Objetivou-se nesse estudo a quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono na madeira de

um fragmento da vegetação natural na região do Seridó, no Município de Caicó, RN.

Material e métodos

O estudo foi realizado em uma vegetação nativa manejada, com 20 anos (pós-regeneração, após supressão total da vegetação), localizado no imóvel rural Fazenda Dominga, Município de Caicó, RN, situado entre as coordenadas geográficas 6°18'55,3" S e 36°59'28,8" W, que compreende uma área total de 2.005,8 ha, sendo que destes, 367,9 ha (18,44%) de vegetação nativa de Caatinga estão submetidos ao manejo florestal madeireiro.

O clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é o BSw'h', que se caracteriza como clima quente e semiárido, com estação chuvosa se atrasando para outono e com período seco de 7 a 8 meses, com médias pluviométricas entre 500 e 600 mm anuais e temperaturas médias maiores que 18 °C em todos os meses (IBGE, 2002; Agência Nacional de Águas, 2005). O relevo regional se caracteriza pela Depressão Sertaneja com presença de Planaltos (da Borborema) de Escarpas Erosivas (IBGE, 2006), com predominância de Luvisolos Crômicos com afloramentos de rocha, e Solos Litólicos Eutróficos e Podzólicos Vermelho-Amarelo Eutróficos nas áreas serranas da propriedade rural (IBGE, 2001).

A vegetação predominante é formada por Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta antropizada, podendo se encontrar nas áreas de difícil acesso (de relevo ondulado regionalmente conhecido por "serras"), Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (Agência Nacional de Águas, 2005).

O inventário da área foi realizado por amostragem casual simples de 13 parcelas de 400 m² (20 x 20 m). De todas as árvores das parcelas com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) maior que 2 cm mediu-se a altura total (*Ht*), com régua graduada; o DAP com casca, utilizando fita diamétrica; e espessura da casca à altura do DAP, com paquímetro. Também foi coletado material botânico para identificação das espécies. A caracterização da distribuição diamétrica da floresta foi realizada utilizando uma amplitude de 2,0 cm de diâmetro.

O volume total sem casca das árvores foi obtido por meio de fator de forma 0,90 (Almeida et al., 2014), usualmente utilizado na região de estudo.

Foram calculados, para as espécies amostradas, os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), dominância absoluta (DoA), dominância relativa (DoR) e valor de importância (VI) (Soares et al., 2011).

Para cada parcela também foram calculados os seguintes parâmetros populacionais: volume total sem casca por hectare ($Vt \text{ ha}^{-1}$), diâmetro médio (q) e altura total média (\bar{H}). Foram escolhidas as oito espécies mais representativas, que juntas representavam 91% do VI total. Para essas espécies selecionadas foram coletadas amostras e determinada a densidade básica da madeira e o percentual de carbono.

A seleção das árvores-amostra foi feita excluindo-se aquelas que, visualmente, apresentavam defeito. Para cada espécie foram escolhidas quatro árvores-amostra com DAP igual ao diâmetro quadrático médio da espécie. Dessas árvores foram retiradas amostras com comprimento médio de 70 cm, entre o DAP e a base da árvore (cerca de 30 cm acima do nível do solo). A partir dessas foram retirados discos para realização das análises de densidade básica e análise elementar, conforme apresentado em Santos et al. (2013).

Com base nos valores de densidade básica convertidos em kg m^{-3} e porcentagem de carbono das oito espécies, foram calculadas a densidade básica média (\bar{d}) e o teor de carbono médio (\bar{c}), ponderados pelo valor de importância das oito espécies coletadas (equações 1 e 2, respectivamente). Esses valores médios foram utilizados para estimar a densidade básica e a porcentagem de carbono na madeira das demais espécies que não foram amostradas (adaptado de Ribeiro et al., 2010).

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^n d_i \cdot \left(\frac{IVI_i}{\sum_{i=1}^n IVI_i} \right) \quad (\text{eq. 1}) \quad \bar{c} = \sum_{i=1}^n c_i \cdot \left(\frac{IVI_i}{\sum_{i=1}^n IVI_i} \right) \quad (\text{eq. 2})$$

em que n é o número de espécies amostradas, d_i é a densidade básica da i -ésima espécie selecionada, em kg m^{-3} ; IVI_i é o índice de valor de importância da i -ésima espécie selecionada; e c_i é o percentual de carbono da i -ésima espécie selecionada.

A biomassa da madeira de cada árvore foi obtida pela multiplicação da densidade básica média da madeira da espécie pelo seu volume total. O estoque de carbono por árvore foi obtido pela multiplicação da biomassa de cada árvore pela porcentagem de carbono da espécie. Em seguida, o estoque de biomassa e carbono foi extrapolado para $t. \text{ ha}^{-1}$.

Resultados e discussão

A distribuição do número de árvores por classe de diâmetro, considerando todas as espécies da vegetação, apresentou a tendência de J-invertido, característica de povoamentos naturais (Machado et al., 2009; Souza & Soares, 2013). Foram avaliados 1.644 indivíduos por hectare (valor médio das 13 parcelas), compiladas em nove classes de diâmetro, que podem ser observadas na Figura 1. A classe de 5 cm foi a que apresentou maior representatividade no povoamento (35% do total de indivíduos). Nas três últimas classes foram observadas apenas 1,8% do total de indivíduos. A maior classe de diâmetro observado foi de 19 cm, com baixa representatividade (0,12%). Apenas 9% do total dos indivíduos amostrados tiveram um DAP > 10 cm.

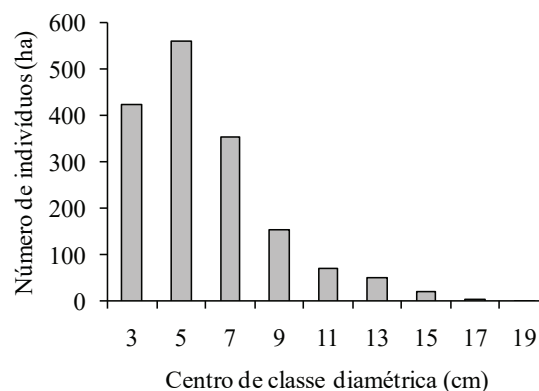


Figura 1. Distribuição diamétrica do povoamento de Caatinga, na região do Seridó, no Estado do Rio Grande do Norte.

A distribuição diamétrica em vegetações nativas heterogêneas ocorrem sob a forma decrescente ou J-invertido (Machado et al., 2009; Souza & Soares, 2013). Neste estudo pôde-se verificar que a menor classe de DAP não foi a mais representativa, mas sim a segunda (de 5 cm), com 35% do total de indivíduos. Isso se deve à amplitude da classe diamétrica utilizada neste trabalho. A partir daí, houve gradual diminuição no número de indivíduos nas classes de diâmetro.

Foram observadas 15 espécies arbóreas no povoamento. A quantidade de espécies arbóreas identificadas foi pequena, se comparada a outras áreas de Caatinga. Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros fitossociológicos das oito espécies de maior VI.

Em outros trabalhos realizados em Caatinga no Rio Grande do Norte, Tavares et al. (1975) e Figueiredo (1987) encontraram entre 21 e 34 espécies arbustivas e arbóreas, amostrando diferentes locais em mais de um município. Amorim et al. (2005) observaram 26 espécies

na mesma região de estudo e Santana & Souto (2006) observou 22 espécies na Estação Ecológica do Seridó, no RN. Segundo Pereira et al. (2003), um dos motivos para a baixa riqueza de espécies nessa região é a antropização.

Pode-se observar que estas oito espécies representam 95,3% da DR, 80,7% da FR e 96,6% da DoR da população. Dessa forma, representaram 90,9% do VI da floresta.

Tabela 1. Parâmetros da estrutura horizontal do fragmento da Caatinga Arbóreo Arbustiva em Caicó, RN: densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), dominância absoluta (DoA), dominância relativa (DoR) e valor de importância (VI).

Nome comum	Nome científico	DA	DR (%)	FA	FR (%)	DoA	DoR (%)	VI (%)
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poiret	825	50,2	100,0	27,7	3,3	59,5	45,8
Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart	554	33,7	77,0	21,3	1,7	31,1	28,7
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i> Müll.Arg.	96	5,8	38,0	10,5	0,1	2,5	6,3
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul. var. <i>pyramidalis</i>	37	2,3	31,0	8,6	0,1	1,4	4,1
Mororó	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	10	0,6	15,0	4,1	0,0	0,2	1,6
Imburana	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	12	0,7	7,7	2,1	0,1	0,9	1,2
Jurema branca	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	25	1,5	15,4	4,3	0,1	0,9	2,2
Mofumbo	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	8	0,5	7,7	2,1	0,0	0,2	0,9
	Outras espécies (7)	77	4,7	69,7	19,3	0,2	3,4	9,1
	Total	1.644	100	362	100	5,6	100	100

As treze parcelas utilizadas para este estudo geraram estimativas volumétricas com precisão de $\pm 11,5\%$ de erro, atendendo a precisão comumente necessária em florestas naturais ($< 20\%$).

Conforme já apresentado por Santos et al. (2013), a madeira de mororó apresentou maiores valores de densidade (970 kg m^{-3}), seguido de jurema preta (900 kg m^{-3}). Os menores valores foram observados para as madeiras de pereiro (620 kg m^{-3}) e imburana (290 kg m^{-3}) (Tabela 2). Isso evidencia a grande variabilidade existente entre as espécies no que se refere à densidade básica da madeira e sua concentração de carbono.

Tabela 2. Amplitude e variação da densidade e do teor de carbono do povoamento de Caatinga.

Nome comum	VI (%)	Densidade (kg m^{-3})	Carbono (%)
Jurema preta	45,75	900	47,0
Pereiro	28,68	620	47,2
Marmeleiro	6,32	660	46,9
Catingueira	4,04	790	44,7
Mororó	1,70	970	47,4
Imburana	1,21	290	43,9
Jurema branca	2,18	760	46,8
Mofumbo	0,90	680	46,0

Fonte: Santos et al. (2013)

Considerando o estudo da potencialidade de fixação de biomassa, a densidade básica é considerada um índice de qualidade importante, pois, quanto maior a densidade da madeira, maior será a biomassa estocada por metro cúbico de madeira (Carneiro et al., 2014). Pode-se destacar para fins de fixação de biomassa a espécie jurema preta. Essa possui alta densidade básica da madeira e possui quase 50% do valor de importância da floresta estudada (Tabela 2). Amorim et al. (2005), em estudos fitossociológicos na região do Seridó, também observaram essa espécie entre as de maior importância.

Pela análise elementar pode-se verificar que a madeira de mororó apresentou maiores valores de porcentagem de carbono (47,4%), seguido do pereiro (47,2%). Os menores valores foram observados para as madeiras de imburana (43,9%) e de catingueira (44,7%) (Tabela 2).

A densidade básica média ponderada pelo valor de importância (\bar{a}) foi de 778 kg m^{-3} , enquanto a porcentagem de carbono na composição elementar das madeiras, ponderada pelo valor de importância (\bar{c}), foi de 46,9%. Pode-se também destacar para fins de fixação de carbono as espécies jurema preta e mororó.

Na Tabela 3 estão detalhados os parâmetros da Caatinga Arbustiva Arbórea estudada, em nível de parcela. Observa-se um volume de madeira de $15,5 \pm 2,95 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. A estimativa de biomassa é de $12,0 \pm 2,29 \text{ t ha}^{-1}$ e o estoque de carbono de $5,7 \pm 1,07 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabela 3).

Tabela 3. Variação dos parâmetros da Caatinga Arbustiva Arbórea.

Parcela	<i>N</i> (N ha ⁻¹)	<i>AB</i> (m ² ha ⁻¹)	<i>Vt</i> (m ³ ha ⁻¹)	<i>q</i> (cm)	<i>Ht</i> (m)	Biomassa (t ha ⁻¹)	Carbono (t ha ⁻¹)
1	1.925	5,08	12,89	5,79	2,55	10,0	4,71
2	1.450	5,14	12,82	6,72	2,45	10,0	4,68
3	1.825	5,72	13,84	6,32	2,56	10,8	5,05
4	1.450	5,53	13,74	6,97	2,54	10,7	5,02
5	1.050	5,38	15,41	8,08	3,15	12,0	5,62
6	1.550	5,60	16,02	6,78	2,79	12,5	5,85
7	975	5,07	19,16	8,14	3,68	14,9	6,99
8	2.225	7,40	18,21	6,51	2,59	14,2	6,65
9	1.675	5,95	14,12	6,72	2,35	11,0	5,15
10	1.575	6,50	22,83	7,25	2,98	17,8	8,33
11	2.800	5,69	13,91	5,08	2,67	10,8	5,08
12	1.800	5,13	14,84	6,02	2,71	11,5	5,42
13	1.075	4,62	13,35	7,40	2,74	10,4	4,87
Média	1.644	5,60	15,5	6,75	2,75	12,0	5,7
Desvio Padrão (±)	502	0,72	2,95	0,86	0,35	2,29	1,07

Em que: *N* é a frequência de árvores por hectare (N ha⁻¹); *AB* é área basal total (m² ha⁻¹); *Vt* é o volume total de madeira (m³ ha⁻¹); *q* é diâmetro quadrático (cm); *Ht* é a altura total média (m).

A comunidade avaliada apresentou diâmetros e alturas médios de 6,75 cm e 2,7 m, respectivamente. Outros estudos da região apresentam resultados semelhantes, para esse tipo de vegetação. Amorim et al. (2005) encontraram valor médio de diâmetro igual a 4 cm e de altura igual a 3,4 m. Santana & Souto (2006) observaram um DAP médio de 6,59 cm e altura média de 2,65 m na Estação Ecológica do Seridó, no RN. Outros estudos em florestas da Caatinga já observaram valores de diâmetro e altura superiores (Rodal, 1992; Pereira, 2000) e inferiores (Camacho, 2001) aos encontrados neste estudo, entretanto, com particularidades diferentes quanto ao nível de inclusão.

A área basal média observada foi de $5,6 \pm 0,72$ m² ha⁻¹. Drumond et al. (1982) observaram valores próximos a 10 m² ha⁻¹. Amorim et al. (2005) observaram um valor de área basal igual a 6,0 m² ha⁻¹. Ao estudar a densidade básica de espécies em uma área do Semiárido Nordeste no Estado de Pernambuco, Lima (2007) encontrou valores médios equivalentes a 680 kg m⁻³ para a madeira de mororó, valor inferior ao obtido por Santos et al. (2013) para as mesmas amostras analisadas nesse trabalho, e de 300 kg m⁻³ para a imburana.

Em estudos de estimativa de carbono em florestas é comum utilizar o valor médio de 50% da biomassa total, considerando-se que a biomassa seca tanto de folhosas como coníferas apresentam cerca de 50% de carbono (Fang et al., 2001; Soares & Oliveira, 2002; Fukuda

et al., 2003; Ribeiro et al., 2010). Entretanto, segundo Koehler et al. (2002), essa generalização pode induzir graves erros de estimativas de estocagem de carbono.

Nesse estudo pode-se verificar a grande diferença entre a percentagem de carbono entre as espécies. Nenhuma espécie atingiu o valor de 50% usualmente referenciado na literatura.

A estimativa de volume (15,5 m³ ha⁻¹), biomassa (12,0 t ha⁻¹) e carbono (5,7 t ha⁻¹) (Tabela 3) foi muito baixa em relação a florestas de outros biomas do Brasil. Tal fato é justificado pelo bioma ser formado por árvores de pequeno porte e espaçadas. Como a floresta estudada apresenta 20 anos, os incrementos anuais em volume, biomassa e carbono são conseqüentemente baixos, sendo 0,77 m³ ha⁻¹ ano⁻¹; 0,60 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 0,28 t C ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente.

Tanizaki-Fonseca (2000) estimou 30 t ha⁻¹ de biomassa em uma floresta do Bioma da Mata Atlântica, no estado do Rio de Janeiro, em uma floresta de mesma idade que a deste estudo (20 anos). Ribeiro et al. (2011) estimaram biomassa na madeira, em uma floresta de Cerrado, em Minas Gerais equivalente a 62 t ha⁻¹. Santos et al. (2002) estimaram 13 t ha⁻¹ de biomassa nas árvores, também em uma área de Cerrado em Minas Gerais.

Estudos de estocagem de carbono em árvores na região da Caatinga são escassos até o momento, mas em comparação aos estudos em outros biomas brasileiros, pode-se afirmar que a vegetação possui baixa capacidade

de estocagem. Ribeiro et al. (2010) encontraram um estoque de 20 t ha⁻¹ em uma capoeira de Floresta Estacional Semidecidual Montana no Estado de Minas Gerais. Melo & Durigan (2006), em uma área de Floresta Estacional Semidecidual, localizada em mata ciliar natural madura no Estado de São Paulo, encontraram uma estimativa de 80 t ha⁻¹.

É importante destacar que todos esses estudos usaram níveis de inclusão normalmente maior (DAP ≥ 5 cm), e alguns deles incluíram a biomassa da casca, diferente do considerado nesse estudo (DAP ≥ 2 cm, sem casca). Além disso, precisa ser considerado que existe a porção de carbono estocado na biomassa das raízes, cascas e folhas das árvores, bem como na regeneração da floresta (DAP < 2,0 cm) que não foi avaliado neste estudo. Dessa forma, a estocagem total volumétrica, de biomassa e carbono, pode atingir valores significativamente superiores.

Conclusões

A estocagem volumétrica, de biomassa e carbono na madeira do fragmento de Caatinga Arbustiva/ Arbórea, na região Nordeste do Brasil, no Município de Caicó, RN, foi de 15,5 m³ ha⁻¹, 12 t ha⁻¹ e 5,7 t ha⁻¹, respectivamente.

Agradecimentos

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte (FAPERN), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Embrapa Florestas.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (Brasil). **Programa de desenvolvimento sustentável e convivência com o Semi-Árido Potiguar**: Relatório de Avaliação Ambiental (RAA). Natal: Secretaria de Estado de Recursos Hídricos, 2005. 132 p. (N. 4310/BR, 2005).

ALMEIDA, A. Q.; MELLO, A. A.; DÓRIA NETO, A. L. FERRAZ, R. C. Relações empíricas entre características dendrométricas da Caatinga brasileira e dados TM Landsat 5. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 4, p. 306-315, 2014.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005. DOI: 10.1590/S0102-33062005000300023.

BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; CASTRO, R. V. O.; BASSO, V. M. Equações alométricas para estimativa de carbono em árvores de uma área urbana em Viçosa – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 6, p. 1073-1081, 2013. DOI: 10.1590/S0100-67622013000600009.

CAMACHO, R. G. V. **Estudo fitofisiográfico da caatinga do Seridó**: Estação Ecológica do Seridó, RN. 2001. 130 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; SANTOS, R. C.; FERREIRA, L. P.; DAMÁSIO, R. A. P.; VITAL, B. R. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 375-381, 2014.

DRUMOND, M. A.; LIMA, P. C. F.; SOUZA, S. M.; LIMA, J. L. S. Sociabilidade das espécies florestais de caatinga em Santa Maria da Boa Vista - PE. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 4, p. 47-59, 1982.

FANG, J.; CHEN, A.; PENG, C.; ZHAO, S.; CI, L. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998. **Science**, v. 292, n. 5525, p. 2320-2322, 2001. DOI: 10.1126/science.1058629.

FIGUEIREDO, M. A. **A microrregião salineira norterriograndense no domínio das caatingas**. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1987. (Coleção Mossoroense, 353).

FUKUDA, M.; IEHARA, T.; MATSUMOTO, M. Carbon stock estimates for sugi and hinoki forests in Japan. **Forest Ecology and Management**, v. 184, n. 1-3, p. 1-16, 2003. DOI: 10.1016/S0378-1127(03)00146-4.

GIULIETTI, A. M. ; BOCAGE NETA, A. N. du; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P. de; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. de J. N.; BARBOSA, M. R. de V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. C. da; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. da; LINS, L. V. (Org.). **Biodiversidade da Caatinga**: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 48-90.

IBGE. **Mapa de clima do Brasil**, 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm> Acesso em: 24 de junho de 2010.

IBGE. **Mapa de solos do Brasil**, 2001. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm> Acesso em: 02 de maio de 2010.

IBGE. **Mapa de unidades de relevo do Brasil**, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm> Acesso em: 02 de junho de 2010.

KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: SANQUETA, C. R. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: [s.n.], 2002. p. 251-264.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER JÚNIOR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 139-146, 2005.

- LIMA, A. L. A. **Padrões fenológicos de espécies lenhosas e cactáceas em uma área do semi-árido do Nordeste brasileiro**. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- MACHADO, S. A.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; TEO, S. J.; MIGUEL, E. P.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, p. 2428-2434, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009000800024.
- MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 71, p. 149-154, 2006.
- PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; BARBOSA, M. R. V. Use-history effects on structure and flora of caatinga. **Biotropica**, Washington, US, v. 35, n. 2, p. 154-165, 2003. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2003.tb00275.x.
- PEREIRA, I. M. **Levantamento florístico do estrato arbustivo-arbóreo e análise da estrutura fitossociológica de ecossistema de caatinga sob diferentes níveis de antropismo**. 2000. 70 f. (Dissertação) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- RIBEIRO, S. C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; KLEINN, C.; GASPAR, R. O. Above-and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, n. 3, p. 491-499, 2011. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.04.017.
- RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; NARDELLI, A. M. B.; SOUZA, A. L. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma capoeira da Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 495-504, 2010. DOI: 10.1590/S0100-67622010000300013.
- RODAL, M. J. N. **Fitossociologia da vegetação arbustivo-arbórea em quatro áreas de caatinga em Pernambuco**. 1992. 198 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó - RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 6, n. 2, p. 232-242, 2006.
- SANTOS, J. R.; LACRUZ, M. S. P.; ARAUJO, L. S.; KEIL, M. Savanna and tropical rainforest biomass estimation and spatialization using JERS-1 data. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 23, n. 7, p. 1217-1229, 2002. DOI: 10.1080/01431160110092867.
- SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; PIMENTA, A. S.; CASTRO, R. V. O.; MARINHO, I. V.; TRUGILHO, P. F.; ALVES, I. C.; CASTRO, A. F. N. M. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 23, n. 2, p. 493-504, 2013.
- SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002. DOI: 10.1590/S0100-67622002000500002.
- SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2011. 272 p.
- SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2013. 322 p.
- TANIZAKI-FONSECA, K. **Impacto do uso da terra no estoque e fluxo de carbono na área de domínio da Mata Atlântica: estudo de caso, estado do Rio de Janeiro**. 2000. 212 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- TAVARES, S.; PAIVA, F. A. V.; TAVARES, E. J. S.; CARVALHO, G. H. **Inventário florestal da Paraíba e no Rio Grande do Norte I: estudo preliminar das matas remanescentes do vale do Piranhas**. Recife: SUDENE, 1975. (Recursos Naturais, 3).

