



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ANTONIO GILIARD SILVA DOS SANTOS OLIVEIRA

**BIOMASSA, CARBONO E NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DE TRÊS ESPÉCIES
FLORESTAIS EM UMA ÁREA DE CAATINGA NA REGIÃO DE UPANEMA/RN**

MOSSORO

2020

ANTONIO GILIARD SILVA DOS SANTOS OLIVEIRA

**BIOMASSA, CARBONO E NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DE TRÊS ESPÉCIES
FLORESTAIS EM UMA ÁREA DE CAATINGA NA REGIÃO DE UPANEMA/RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Allyson Rocha Alves

Co-orientador: Prof. Dr. Alan Cauê de Holanda

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

48b Oliveira, Antonio Giliard dos Santos.
 BIOMASSA, CARBONO E NUTRIENTES NA PARTE AÉREA
 DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS EM UMA ÁREA DE
 CAATINGA NA REGIÃO DE UPANEMA/RN / Antonio
 Giliard dos Santos Oliveira. - 2020.
 45 f. : il.

 Orientador: Allyson Rocha Alves.
 Coorientador: Alan Cauê de Holanda.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
 Florestal, 2020.

 1. Inventário florestal. 2. Manejo florestal.
 3. Ciclagem de nutrientes. I. Alves, Allyson
 Rocha, orient. II. de Holanda, Alan Cauê, co-
 orient. III. Título.

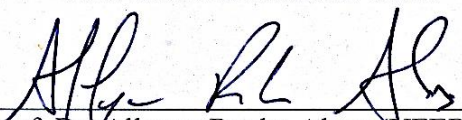
O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

BIOMASSA, CARBONO E NUTRIENTES NA PARTE AÉREA DE TRÊS ESPÉCIES
FLORESTAIS EM UMA ÁREA DE CAATINGA NA REGIÃO DE UPANEMA/RN

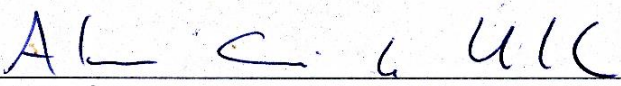
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

Defendida em: 05 / 02 / 2020.

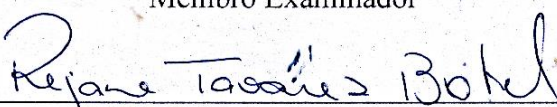
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Allyson Rocha Alves (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Alan Cauê de Holanda (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr.ª Rejane Tavares Botel (UFERSA)
Membro Examinador

*À memória da minha avó Sebastiana Selina de
Oliveira.*

*Aos meus pais Miraci José dos Santos e
Maria Zenilda de Oliveira*
e

*Aos meus irmãos, tios e primos
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus** por me conceder a oportunidade de ter chegado tão longe, por ter me dado forças para nunca desistir de seguir lutando para alcançar os meus objetivos.

Aos meus pais, **Miraci** e **Maria Zenilda** pelos os esforços a mim concedidos, sendo estes fundamentais durante a trajetória dessa caminhada. Obrigado pelo incentivo, educação, e por acreditarem no meu potencial e nunca desistirem de mim.

Aos meus avós, pelos ensinamentos e me conduzirem em seus princípios, em especial a minha avó **Sebastiana Selina de Oliveira**, pelo o seu amor incondicional, minha principal inspiração de vida (in memoriam);

Aos meus irmãos, em especial as minhas irmãs **Cosma Daniela**, **Damiana Daiane** e **Maria Giliana**, por terem incentivado a iniciar a graduação e ter apoiado esse tempo todo.

A toda a minha família, tios e primos que me incentivam e apoiaram dentro das suas possibilidades, para continuar firme nessa jornada, em especial a minha tia **Izabel**, **Maria Helena**, **Domerina** e ao meu tio **João**.

A **Julimar de Freitas** e **Rita de Cassia**, pela consideração, pelo acolhimento e apoio de forma incondicional. Obrigado por tudo!!

Ao meu primo **Marcelo** e a sua esposa **Emanuela Chauanny**, pela a amizade e por sempre estarem torcendo pelo o meu sucesso. Obrigado!

Ao meu orientador **Allyson Rocha Alves**, pela paciência compreensão das minhas limitações, incentivos para buscar melhorar cada vez mais, disponibilidade, ensinamentos, conselhos e amizade.

Ao meu coorientador **Alan Cauê de Olanda** por ceder a Fazenda Baixa de Oiticica para a realização desse estudo e pelos conselhos, amizade, incentivos e disponibilidade para auxiliar.

A professora **Jeane Cruz Portela**, por ter me acolhido com muito carinho no início da graduação, seus ensinamentos foram muito importante tanto para a minha vida acadêmica, quanto pessoal. Tem minha eterna admiração e gratidão!

Gratidão a todos os professores da Graduação em Engenharia florestal, em especial a professora **Rejane Tavares Botrel**, pela a amizade e por nunca ter medido esforços para me ajudar, desde do início da minha jornada acadêmica até os dias de hoje.

Aos meus irmãos de coração que a UFERSA me proporcionou, **Cirilo Berson** e **Dayane Targino**, que sempre tiveram ao meu lado me apoiando, ensinando, incentivando e torcendo

por mim durante todo o prosseguimento dessa caminhada, sem eles tudo seria mais difícil. Obrigado pela amizade verdadeira, que conservarei pro resto da vida!

Aos meus amigos **Daniel Tavares, Sara Nogueira, Jenikson Rayron, François e Helen** pela amizade, paciência e apoio diante das minhas dificuldades.

Ao meu amigo **Erick Daniel** pela amizade, apoio e ensinamentos dentro e fora da vida acadêmica, **Thiago Pereira** pela amizade, ensinamentos e sempre buscando me incluir em seus trabalhos e projetos, contribuindo ainda mais nos conhecimentos voltadas para área que almejo atuar.

Ao **Projeto Caatinga** pelos conhecimentos adquiridos durante a minha trajetória no projeto e o subsidio prestado durante a realização de coleta dos dados em campo da minha pesquisa.

Ao laboratório de Nutrição de Plantas do Centro de Pesquisas Vegetais do Semi Árido - CPVSA da UFERSA pela concessão dos materiais e do espaço para a realização das leituras das análises e a técnica do laboratório de Engenharia Florestal **Lidiane**, pela disponibilidade, sacrificando até mesmo o final de semana para orientar e ajudar a realizar as análises químicas do meu trabalho.

"Quem não vive para servir, não serve para viver".

Mahatma Gandhi

RESUMO

Buscando compreender a relação dinâmica da vegetação florestal no processo de ciclagem de nutrientes, associando a novas práticas de manejo que promovam o uso sustentável dos recursos naturais do bioma Caatinga, objetivou-se neste trabalho quantificar a biomassa, carbono e os nutrientes NPK na parte aérea de três espécies arbóreas de importância comercial, encontradas em um fragmento de Caatinga na região de Upanema/RN. Para análise da biomassa, foram utilizadas, como base, as informações encontradas no inventário florestal realizado na área, a partir das quais foram selecionadas três espécies de importância econômica para a região com representatividade na área. Em seguida foram criadas cinco classes de circunferência e dentro dessas classes foram amostrados três indivíduos por espécie, totalizando 15 indivíduos por espécie. Cada planta escolhida teve medida sua circunferência a altura do peito e na base, área de projeção da copa, altura total e altura comercial. Para o processo da pesagem e amostragem dos componentes da parte aérea, as árvores escolhidas foram tombadas, seccionadas e pesados todos seus componentes e, em seguida, foi coletado de cada componente uma amostra de aproximadamente 100g para realização das análises químicas. Para a determinação da densidade básica da madeira foi determinado o volume pela a variação de peso ocasionado pela submersão da amostra de madeira em um líquido. Entre as espécies estudadas *Mimosa ophthalmocentra* apresentou uma HT média 4,8 m, uma HC média de 3,3 m, quanto à biomassa seca, foi de aproximadamente 7,27 t ha⁻¹, representada por 0,39 t ha⁻¹ de folhas; 4,35 t ha⁻¹ de galhos e 2,53 t ha⁻¹ de fustes. Já *Aspidosperma pyrifolium* apresentou uma HT média 4,3 m e uma HC média de 3,1 m, quanto a biomassa seca, foi de aproximadamente 8,49 t ha⁻¹, representada por 0,83 t ha⁻¹ de folhas; 4,44 t ha⁻¹ de galhos e 3,23 t ha⁻¹ de fustes. *Myracrodruon urundeuva* apresentou uma HT média 5,7 m e uma HC média de 3,4 m, quanto a biomassa seca, foi de aproximadamente 0,39 t ha⁻¹, representada por 0,04 t ha⁻¹ de folhas; 0,16 t ha⁻¹ de galhos e 0,18 t ha⁻¹ de fustes. Quanto aos nutrientes, os teores de NPK em g.kg⁻¹ para as três espécies foram 39,9 N; 2,6 P e 6,7 K em *Mimosa ophthalmocentra*; 52,7 N; 1,9 P e 6,4 K em *Aspidosperma pyrifolium* e 52,9 N; 2,1 P e 7,0 K em *Myracrodruon urundeuva*. As espécies analisadas apresentaram quantidade significativa de biomassa e carbono e os maiores teores de nutrientes foram observados no componente folha. Já em relação a densidade básica da madeira ocorreu uma redução dos valores no sentido base topo de 0 a 100% e os valores médios nas diferentes classes de circunferência foram semelhantes em cada espécie estudada. Desta forma as espécies analisadas apresentaram uma produção de biomassa satisfatória, bem com uma densidade básica elevada, sendo estes parâmetros importantes para a indicação dos usos múltiplos das espécies da Caatinga.

Palavras-chave: Inventário florestal, manejo florestal, ciclagem de nutrientes.

SUMMARY

In order to understand the dynamic relationship of forest vegetation in the nutrient cycling process, associated with new management practices that promote the sustainable use of the natural resources of the Caatinga biome, the aim of this work was to quantify the biomass, carbon and NPK nutrients in the aerial part of three commercially important tree species found in a Caatinga fragment in the Upanema/RN region. For biomass analysis, the information found in the forest inventory carried out in the area was used as a basis, from which three species of economic importance for the region with representativeness in the area were selected. Then five circumference classes were created and within these classes three individuals per species were sampled, totaling 15 individuals per species. Each plant chosen had its circumference measured at breast height and at the base, crown projection area, total height and commercial height. For the process of weighing and sampling the components of the aerial part, the chosen trees were felled, sectioned and all their components were weighed and then a sample of approximately 100g was collected from each component to perform the chemical analysis. For the determination of the basic density of wood, the volume was determined by the variation in weight caused by submerging the wood sample in a liquid. Among the studied species *Mimosa ophthalmocentra* presented a mean HT of 4.8 m, a mean HC of 3.3 m, for dry biomass, was approximately 7.27 t ha⁻¹, represented by 0.39 t ha⁻¹ of leaves; 4.35 t ha⁻¹ of branches and 2.53 t ha⁻¹ of boles. *Aspidosperma pyriforme* presented a mean HT of 4.3 m and a mean HC of 3.1 m, for dry biomass, was approximately 8.49 t ha⁻¹, represented by 0.83 t ha⁻¹ of leaves; 4.44 t ha⁻¹ of branches and 3.23 t ha⁻¹ of boles. *Myracrodruon urundeuva* presented a mean HT of 5.7 m and a mean HC of 3.4 m, for dry biomass, was approximately 0.39 t ha⁻¹, represented by 0.04 t ha⁻¹ of leaves; 0.16 t ha⁻¹ of branches and 0.18 t ha⁻¹ of boles. As for nutrients, the NPK levels in g.kg⁻¹ for the three species were 39.9 N; 2.6 P and 6.7 K in *Mimosa ophthalmocentra*; 52.7 N; 1.9 P and 6.4 K in *Aspidosperma pyriforme* and 52.9 N; 2.1 P and 7.0 K in *Myracrodruon urundeuva*. The analyzed species presented significant amount of biomass and carbon and the highest nutrient contents were observed in the leaf component. Regarding the basic density of the wood, there was a reduction of the values in the top base direction from 0 to 100% and the average values in the different classes of circumference were similar in each species studied. Thus, the analyzed species presented a satisfactory biomass production, as well as a high basic density, these parameters being important to indicate the multiple uses of the Caatinga species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Croqui da localização da área de estudo situada no município de Upanema - RN.	222
Figura 2 – Processo de abate do indivíduo arbóreo selecionados no campo em um fragmento de Caatinga no município de Upanema-RN, Brasil.	244
Figura 3 – Processo de desfolhamento e acondicionamento (A) e pesagem (B) do componente folha no campo em um fragmento de Caatinga no município de Upanema-RN, Brasil.....	255
Figura 4 – Pesagem do componente galho no campo em um fragmento de Caatinga no município de Upanema-RN, Brasil.....	255
Figura 5 – Amostras em forma de disco (A) e pesagem das amostras (B) componente fuste no campo em um fragmento de Caatinga no município de Upanema-RN, Brasil.	266
Figura 6 – Quantificação dos teores de Nitrogênio (A), Fósforo (B) e Potássio (C) nos componentes da biomassa das espécies estudadas.	277
Figura 7 – Determinação do volume para o cálculo de densidade básica por meio do princípio de Arquimedes.	288
Figura 8 – Valores médios estimados para densidade básica da madeira nas diferentes classes de circunferências das espécies <i>Mimosa ophthalmocentra</i> , <i>Aspidosperma pyrifolium</i> e <i>Myracrodruon urundeuva</i>	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de classes de circunferência e suas amplitudes utilizadas na seleção das árvores amostrais no estudo realizado em uma áreas de Caatinga no Rio Grande do Norte, Brasil.	233
Tabela 2 – Valores médios estimados de área seccional na base (gB, cm ²), área seccional no peito (gP, cm ²), altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), área de projeção da copa (APC, m ²), biomassa da parte aérea (B, kg) e conteúdo de carbono (C, kg) das três espécies estudadas, em um remanescente florestal de Caatinga, na região de Upanema, Rio Grande do Norte. ...	30
Tabela 3 – Valores médios estimados de área seccional na base (gB, cm ²), área seccional no peito (gP, cm ²), altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), área de projeção da copa (APC, m ²), biomassa total da parte aérea (B, kg) e conteúdo de carbono (C, kg) das espécies selecionadas, em um remanescente florestal de Caatinga, na região de Upanema, Rio Grande do Norte.....	322
Tabela 4 – Estimativa de biomassa e carbono na parte aérea dos componentes analisados das três espécies selecionadas, no remanescente florestal de Caatinga, na região de Upanema, Rio Grande do Norte.....	333
Tabela 5 – Valores médios estimados de biomassa produzida e carbono estocado por hectares nos componentes da parte aérea das espécies estudadas, em um remanescente florestal de Caatinga, na região de Upanema, Rio Grande do Norte.	355
Tabela 6 – Teores médios dos nutrientes nos componentes vegetais da parte aérea das espécies selecionadas em um remanescente na região de Upanema, Rio Grande do Norte.....	376
Tabela 7 – Valores médios estimados da densidade básica (g/cm ³), das alturas nas porcentagens (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), das espécies um remanescente na região de Upanema, Rio Grande do Norte.....	387

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APC	Área de Projeção da Copa
B	Biomassa
C	Carbono
CAP	Circunferência a altura do peito
CNB	Circunferência na Base
DA	Densidade absoluta
DoA	Dominância absoluta
DoR	Dominância relativa
DR	Densidade relativa
FA	Frequência absoluta
FR	Frequência relativa
gP	Área seccional no peito
gB	Área seccional na base
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
HC	Altura comercial
HT	Altura total
K	Potássio
MMA	Ministério de meio Ambiente
N	Nitrogênio
P	Fósforo
V	Volume

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Caracterização do bioma Caatinga.....	17
2.2 Métodos para quantificar a biomassa florestal e sua importância	18
2.3 Densidade da madeira	19
2.4 Ciclagem de nutrientes.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Caracterização da área do estudo.....	22
3.2 Seleção das espécies	23
3.3 Quantificação da biomassa da parte aérea.....	23
3.4 Pesagem e amostragem dos componentes da parte aérea no campo	24
3.5 Quantificação de nutrientes e carbono	26
3.6 Determinação da biomassa seca de componentes da parte aérea	27
3.7 Determinação da densidade básica da madeira	28
3.8 Análise estatística	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Quantificação de biomassa e carbono.....	30
4.2 Teores de nutrientes na biomassa da parte aérea	36
4.3 Densidade básica da madeira.....	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro compreende cerca de 18,25% do território nacional com uma área de aproximadamente 1.554.291,744 km², apresentando aspectos edafoclimáticos bem diversificados, resultando em uma grande complexidade de biomas (IBGE, 2014). A Caatinga é o bioma que predomina na região, abrangendo aproximadamente uma área de 844.453 km², sendo o mais extenso entre os outros biomas regionais (MMA, 2014). Segundo Silva et al. (2004); Amorim et al. (2005), as comunidades de plantas que compõem as fitopaisagens da Caatinga se diferenciam em densidade e porte das árvores. Estas diferenças normalmente são marcantes em curtas distâncias e condicionadas por um fator ambiental pouco perceptível, como o solo por exemplo.

Contudo, as políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento do conhecimento científico, que dão subsídio às pesquisas referentes ao bioma, se mostram incipientes, ainda que seja um dos biomas brasileiros mais afetados pela ação antrópica (ARAUJO, 2011). Assim, se fazem necessários o aprimoramento e expansão das pesquisas científicas que revelem o potencial do bioma, com vistas à valorização dos espécimes que o compõem.

Dentre essas pesquisas, a quantificação da biomassa e a avaliação dos nutrientes nas espécies da caatinga são parâmetros essenciais que proporcionam avanços do conhecimento acerca das potencialidades e dos mais diversos usos para os quais a madeira pode ser destinada, além de todas as complexidades que podem ser observadas a partir destes levantamentos, como a variabilidade florística, oscilação do relevo, diferenças nas paisagens, impactos ao meio ambiente, entre outros (BEHLING et al., 2014); (LIMA et al., 2016); (ALVES et al., 2017); (VIRGENS et al., 2017).

Inúmeros estudos evidenciam a ciclagem de nutrientes, proveniente da biomassa, como um dos principais condicionantes da auto sustentabilidade dos ecossistemas florestais. Assim o conhecimento da quantificação de nutrientes na biomassa, permite avaliar a entrada e saída de nutrientes nos sistemas ecológicos e através destas informações, analisar as dimensões e os efeitos dos impactos ocorridos nos mesmos, sejam causados pela ação humana ou por fenômenos naturais (OKI, 2002).

Para Silva et al. (2008), a utilização da vegetação do bioma caatinga vem sendo empregada para diversos fins, dentre eles, o principal uso dessa vegetação é na forma intensiva do setor energético. Entretanto, há poucos conhecimentos a respeito da quantidade de biomassa produzida pelas espécies destinadas a esta finalidade, surgindo à necessidade da aplicação de estudos que avaliem o potencial produtivo e como se distribui a biomassa das espécies arbóreas,

sendo importante para geração de informações que podem ser utilizadas para a condução do manejo dos recursos florestais nestas áreas.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo quantificar a biomassa, carbono e os nutrientes Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) na parte aérea de três espécies arbóreas de importância comercial, encontradas em um fragmento de Caatinga na região de Upanema/RN.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do bioma Caatinga

O bioma Caatinga refere-se a um tipo de vegetação estacional decidual, que abrange a maior parte do semiárido da região nordeste do Brasil, o equivalente a 11% do território nacional (MMA, 2014), englobando os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e pequenas porções dos estados do Maranhão e Minas Gerais (ALVES et al., 2009).

A vegetação da Caatinga é rica floristicamente, sendo composta por espécies arbóreo-arbustivas, cactáceas, herbáceas e ervas dispersas, que apresentam diversas características adaptativas aos fatores ambientais que as afetam, dentre estas, a queda das folhas nos períodos secos, evitando a perda de água para o ambiente através da transpiração. Contudo, na época chuvosa a vegetação possui uma regeneração rápida. Algumas espécies também apresentam peculiaridades de sobrevivência como raízes bem desenvolvidas, acúleos e espinhos (SILVA, 2016).

O clima predominante na região do semiárido brasileiro é do tipo BSh quente e seco, segundo a classificação de Köppen e pluviosidade média oscilando entre 650 a 1200 mm ao ano. Ocorrência de temperatura média de 26°C (JACOMINE, 1996). As chuvas se concentram em determinadas épocas do ano e sua distribuição acontece de forma irregular, além de possuir uma evapotranspiração entre 1.500 a 2000 mm ao ano (PRADO, 2003). Assim a utilização desses mecanismos torna possível a adaptação dessas espécies ao clima do Semiárido, garantindo a sua sobrevivência, resistindo aos longos períodos secos, considerados inóspitos (MAIA et al., 2017).

Os principais solos de maior representatividade na composição geográfica do bioma caatinga são os Latossolos, Argissolos, Planossolos, Luvisolos e Neossolos e em menores proporções os Nitossolos, Chernossolos, Cambissolos, Vertissolos, e Plintossolos (JACOMINE, 1996); (BRASIL, 1972); (BRASIL, 1973); (OLIVEIRA et al., 1992); (ARAÚJO FILHO et al., 2000).

A região de Caatinga é caracterizada também por sua topografia ser constituída de uma ampla diversificação de relevo variando de plano a forte ondulado com altitude média entre 400 m e 500 m, podendo atingir 1.000 m, (planalto da Borborema) e superfícies de menor extensão, como bacias sedimentares (Jatobá-Tucano) com relevo suave ondulado (CUNHA et al., 2010).

Outro fato notório que ocorre nesse bioma é que apesar de sua importância socioeconômica e ambiental, sua história é marcada pela exploração de seus recursos de forma ilegal e insustentável. Isso ocorre em função das realizações de atividades de alto potencial de degradação como o desmatamento para implantação e desenvolvimento agropecuário e a extração de lenha para energia, dentre outras fins (BARBOSA et al., 2012).

Entretanto, a caatinga apresenta grande potencial para o desenvolvimento sustentável no semiárido brasileiro. Com tudo é necessário adoção de novas práticas que possam contemplar a preservação dos serviços ecossistêmicos e o uso dos recursos naturais de forma racional, sustentável e ambientalmente equilibrada de modo a possibilitar a conservação desse bioma (MMA, 2012).

2.2 Métodos para quantificar a biomassa florestal e sua importância

Na literatura existem diversos conceitos para o termo biomassa que compreendem diferentes aspectos de interesse. Segundo Coelho, (1982) a biomassa é definida como toda matéria orgânica de origem vegetal (fitomassa) ou animal (zoomassa), produzida pelos organismos na natureza.

Segundo Sanquetta (2002), a biomassa florestal é considerado material orgânico oriundo das espécies arbóreas dentro da floresta, podendo ser referenciada como fitomassa florestal ou fitomassa arbórea. Além disso, pode ser expressa nos termos massa verde ou massa seca (RATUCHNE et al., 2016). A massa verde corresponde ao material úmido (contendo água), recém-coletado para amostragem. Já a seca se dá após o processo de secagem do material em estufa (CALDEIRA, 2003).

A quantificação da biomassa florestal da parte aérea pode ser obtida através do uso dos métodos diretos e indiretos. As medições diretas apresentam uma maior precisão. No entanto, é necessária a realização da amostragem destrutiva, o que requer maior esforço físico, maior tempo e maior custo financeiro. Já as medições indiretas mesmo possuindo menor grau de precisão comparada com as medições diretas, são consideradas boas alternativas para medição de biomassa, por envolver práticas de baixo impacto ambiental, menor demanda de mão de obra e menor requisição de custos (LIMA JUNIOR et al., 2014).

O método direto consiste na obtenção da biomassa, por meio da derrubada e pesagem do material da parte aérea (folhas, galhos e fuste), de árvores incluídas nas parcelas permanentes, utilizadas como amostra para se estimar a biomassa dentro dos sistemas ecológicos (SILVA, 2007). Segundo a mesma autora, o método indireto pode ser realizado com

o uso do volume da madeira encontrado em inventários florestais e a densidade da madeira, sendo o volume da madeira a variável mais importante na estimação da biomassa por esse método.

Atualmente outra técnica que vem sendo empregada como método indireto é a análise de imagens de satélite e o desenvolvimento de equações alométricas para avaliar a biomassa acima do solo (LIMA JUNIOR et al., 2014).

A estimativa da biomassa florestal fornece conhecimentos importantes relacionados aos processos que ocorrem nos ecossistemas florestais, contribuindo principalmente nas áreas de manejo florestal e clima. No primeiro caso (método destrutivo), junto com a biomassa pode-se quantificar as concentrações de nutrientes da vegetação, que são fundamentais para o entendimento acerca da dinâmica dos mesmos nos diferentes compartimentos de um sistema florestal, para que se possa adotar um manejo que venha assegurar a sustentabilidade. No caso do clima, a biomassa é utilizada para estimar o C (carbono) acumulado, e com isso avaliar tanto a quantidade de CO₂ (dióxido-de-carbono), que é liberada para a atmosfera através do processo de queima, como também o potencial das espécies no sequestro do CO₂, por meio da fotossíntese (HIGUCHI et al., 1998).

Apesar da importância desses estudos, ainda existe a carência de trabalhos, a respeito das estimativas de biomassa, estoques de carbono e nutrientes para os biomas de florestas tropicais secas (DINIZ et al., 2015).

2.3 Densidade da madeira

Densidade da madeira é a quantidade de massa do material lenhoso por unidade de volume. Sua formação está relacionada diretamente com as dimensões das fibras, espessura da parede celular, volume dos vasos, parênquimas, proporção dos anéis de crescimento e anatomia dos demais elementos que compõem a madeira (MORESCHI, 2010).

A variação da densidade da madeira pode ocorrer conforme a natureza da espécie e, até mesmo, dentro do próprio indivíduo, podendo também ser influenciada pelas alterações dos fatores ambientais (tipo de solo e clima) e pelos tratamentos silviculturais. Em virtude disso ela é vista como uma característica complexa na madeira (CASTRO et al., 2019).

Sua determinação pode ser realizada por dois métodos: o destrutivo que consiste no abatimento da árvore e retirada de amostras de disco ou cavacos; e o não destrutivo, em que, a densidade pode ser obtida por meio de tecnologias que predizem as propriedades de madeiras, como por exemplo, pelo uso do infravermelho próximo, utilizando o aparelho mais comumente

chamado de NIR (Infravermelho Próximo). No caso, o referido aparelho estima as características de espécies de acordo com a relação entre o comprimento de onda e a absorbância de radiação sobre a superfície dos materiais, não sendo necessária a derrubada da árvore (SILVA et al., 2018).

Segundo Klock (2000), a madeira é fonte de matéria prima para diversos fins como o uso pelo setor industrial e construção. No entanto, para isso é necessário o conhecimento apropriado de suas propriedades. Dentre estas a densidade da madeira é considerada a mais importante, estudada e difundida, pelo fato de estar ligada intimamente com as demais propriedades e o uso da madeira (NETO et al., 2015).

Para Pereira et al. (2000), a escolha de espécies florestais com maior potencial para a geração de carvão de melhor qualidade, está relacionada principalmente ao conhecimento da densidade básica da madeira. Um carvão aparentemente mais denso é proveniente de uma madeira que apresenta maior densidade, o que consiste num carvão mais resistente e com maior poder calorífico.

2.4 Ciclagem de nutrientes

A eficiência de um ecossistema florestal está associada fortemente com a fração de nutrientes armazenadas nos seus diferentes compartimentos (vegetação, solo e serapilheira), os quais possibilitam a estabilidade ecológica e a sustentabilidade desse sistema (BARBOSA et al., 2017).

A vegetação responde pela função de reabastecer a camada orgânica do solo com folhas, galhos, partes reprodutivas e demais resíduos vegetais, sendo esses a maior parte constituinte da serapilheira (COSTA et al., 2010). Por meio da decomposição desses materiais acumulados no piso florestal (serapilheira), os nutrientes são liberados no solo, formando a camada orgânica, e posteriormente absorvidos pelas plantas (GODINHO et al., 2014).

Os processos de ciclagem de nutrientes dependem principalmente da atividade biológica, que sofre influência pelos fatores ambientais característicos de cada região, tais como tipo de vegetação, solo, temperatura, umidade e regime de chuvas (LUIZÃO, 2007).

As florestas, em sua grande maioria, se encontram situadas em solos naturalmente pobres em nutrientes, mas, que podem apresentar grande biodiversidade e paisagens exuberantes como, por exemplo, o bioma amazônico. Isso só é possível graças ao processo de ciclagem de nutrientes, que promove a manutenção desses sistemas, tornando-os autossustentáveis. Esse processo ocorre de forma dinâmica, com os nutrientes de origens

orgânica e inorgânica no processo de ciclagem passando do meio biótico para o abiótico e vice-versa, voltando para a questão da produção da matéria viva (SELLE, 2007).

As regiões semiáridas possuem solos naturalmente férteis. Porém, o baixo índice de chuvas é um fator limitante para a produção da biomassa vegetal e, conseqüentemente, ocorre à redução da ciclagem de nutrientes decorrente da vegetação nativa (SOUTO et al., 2013). A ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais dessas regiões, por exemplo, como no bioma Caatinga, é essencial para preservação da fertilidade natural desses solos (SILVA, 2007).

Na Caatinga, a serapilheira formada pela deposição da vegetação arbórea não forma grandes concentrações de material orgânico na superfície do solo, mas tem papel fundamental na proteção do solo durante as estações secas que ocorrem na maior parte do ano. Quando as temperaturas são mais elevadas, com a chegada do período chuvoso há uma maior atuação dos microrganismos decompositores, acelerando a sua degradação, liberando os nutrientes no solo que são absorvidos novamente pelas plantas, através do seu sistema radicular (SOUTO, 2006).

Os conhecimentos adquiridos com estudos relacionados aos nutrientes existentes na biomassa vegetal, no solo e na serapilheira, são de grande importância para tomada de decisão na gestão do uso dos recursos naturais de forma a promover a sustentabilidade dos ecossistemas florestais (CASTRO et al., 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área do estudo

O estudo foi realizado na fazenda Baixa da Oitica localizada no município de Upanema – RN (Figura 1), microrregião do médio oeste, distante 268 km da capital do Rio Grande do Norte. Tem como município limítrofe, Mossoró, Assu, Paraú, Campo Grande, Caraúbas e Governador Dix-Sept Rosado. O acesso é através da rodovia federal (BR 110) a 30 km de Mossoró, na estrada Mossoró à Upanema. A sede da fazenda está situada a 5°29'58,20" Latitude Sul e 37°20'28,80" de Longitude Oeste, com aproximadamente 363 ha de área manejada.

Figura 1 – Croqui da localização da área de estudo situada no município de Upanema - RN.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A vegetação predominante na região onde a área de estudo está inserida é a Savana Estépica arborizada, com estrato superior arbustivo-arbóreo esparsos e um estrato inferior gramíneo-lenhoso IBGE (1992). O clima segundo o sistema internacional de classificação de Köppen, é do tipo Bsw'h, muito quente e seco.

Quase toda região do semiárido brasileiro apresenta regimes de chuvas típicos com período de estiagem (seca) em torno de 8 a 9 meses e estação das chuvas (inverno) de forma irregular entre os meses de março a maio (IDEMA, 2008). A temperatura média anual é de 27,5°C, as médias das precipitações chegam a 653 mm ao ano e a umidade relativa do ar é de 70% (CLIMATE –DATA. ORG, 2018).

Os principais solos presentes na região são os Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico e o Cambissolo Eutrófico, sendo este último predominante no fragmento estudado.

3.2 Seleção das espécies

A seleção das espécies amostradas para o estudo foi realizada com base nas informações obtidas no inventário florestal da área realizado por Santos et al, (2017). Foram selecionadas três espécies arbóreas: Jurema de Embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart) com densidade de 361 ind.ha⁻¹, Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart) 445 ind.ha⁻¹ e Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) 16 ind.ha⁻¹. As espécies selecionadas apresentam grande importância econômica para região, sendo bastante utilizadas para energia (lenha e carvão) e também como mourões e estacas. Para identificação dos indivíduos mensurados de cada espécie, utilizou-se o nome vulgar respectivo as mesmas.

3.3 Quantificação da biomassa da parte aérea

A avaliação da quantidade de biomassa na parte aérea dos indivíduos foi realizada com base na estrutura diamétrica encontrada no inventário florestal da área analisada. As espécies foram divididas em cinco classes de circunferência, a partir da altura do peito, correspondendo a 6 cm, estabelecido como o padrão para amostragem de caatinga (RMFC, 2005), e prosseguindo com intervalos de mesmo valor (6 cm), até uma circunferência representativa na área (Tabela 1). Em seguida, foram abatidas três árvores com circunferência média dentro de cada classe, para análise da produção de biomassa da parte aérea, totalizando 15 indivíduos de cada espécie e 45 árvores na área de estudo.

Tabela 1 – Número de classes de circunferência e suas amplitudes utilizadas na seleção das árvores amostrais no estudo realizado em uma área de Caatinga no Rio Grande do Norte, Brasil.

Classes	Amplitude de classes
1	6,0 – 12,0
2	12,1 – 18,0
3	18,1 – 24,0
4	24,1 – 30,0
5	> 30

A escolha dos indivíduos foi feita de forma aleatória, evitando-se plantas parcialmente cortadas, queimadas ou tombadas e de forma a cobrir a classe de diâmetro previsto. De cada planta escolhida mediu-se sua circunferência à altura do peito (CAP) a 1,30 m e ao nível do

solo (0,30 m) e os diâmetros ortogonais da projeção da copa. As circunferências foram convertidas em diâmetros à altura do peito (DAP) e ao nível do solo (DNB), assumindo uma forma circular, e a área de projeção da copa (APC) foi mensurada de uma extremidade a outra da mesma. Em seguida, as árvores foram cortadas e tiveram altura total (HT) e a altura do tronco comercial (HC) mensuradas, logo após, separou-se em diferentes partes: 1) fuste; 2) galhos grossos acima de 6 cm de circunferência; 3) galhos finos abaixo de 6 cm de circunferência e 4) folhas. Como algumas espécies da Caatinga são decíduas, as medidas foram efetuadas na segunda metade da estação chuvosa quando as copas se encontram com folhas. As massas coletadas de cada parte das árvores foram amostradas para posterior determinação dos teores de umidade (a $\pm 65^{\circ}\text{C}$) e dos nutrientes (SILVA e SAMPAIO, 2008).

3.4 Pesagem e amostragem dos componentes da parte aérea no campo

Para o processo de pesagem e amostragem dos componentes das partes aérea, foram utilizadas as árvores selecionadas para a amostra, as quais foram abatidas em função das classes de circunferência preestabelecidas (Figura 2).

Em seguida, foi realizado o processo de retirada total das folhas sobre uma lona na qual foram misturadas e seguidamente ensacadas e pesadas (Figura 3). Posteriormente, a esse processo, foi coletada uma amostra das mesmas variando entre 100 a 200 g para a realização das análises químicas.

Figura 2 – Processo de abate do indivíduo arbóreo selecionados no campo em um fragmento de Caatinga no município de Upanema-RN, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3 – Processo de desfolhamento e acondicionamento (A) e pesagem (B) do componente folha no campo em um fragmento de Caatinga no município de Upanema-RN, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a desfolha foi efetuada a retirada e pesagem de todos os galhos (Figura 4). A amostragem dos galhos foi constituída de pequenos pedaços retirados aleatoriamente de diversas partes da copa, de modo a formar uma amostra homogênea com cerca de 100 a 200 g, para posterior análise em Laboratório.

Figura 4 – Pesagem do componente galho no campo em um fragmento de Caatinga no município de Upanema-RN, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No momento da realização desses procedimentos retratados foram retiradas também amostras representativas das cascas nas diferentes partes de cada planta (galhos e fuste), de aproximadamente 100 a 200g, estimando-se a proporcionalidade para o restante da árvore.

Para amostragem de fuste foram coletados seis discos de aproximadamente 10 cm de espessura, um representativo da circunferência à altura do peito e cinco nas diferentes alturas nas porcentagens (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), sendo os mesmos pesados e levados para laboratório para a determinação da densidade da madeira de cada espécie estudada (Figura 5).

Figura 5 – Amostras em forma de disco (A) e pesagem das amostras (B) componente fuste no campo em um fragmento de Caatinga no município de Upanema-RN, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor.

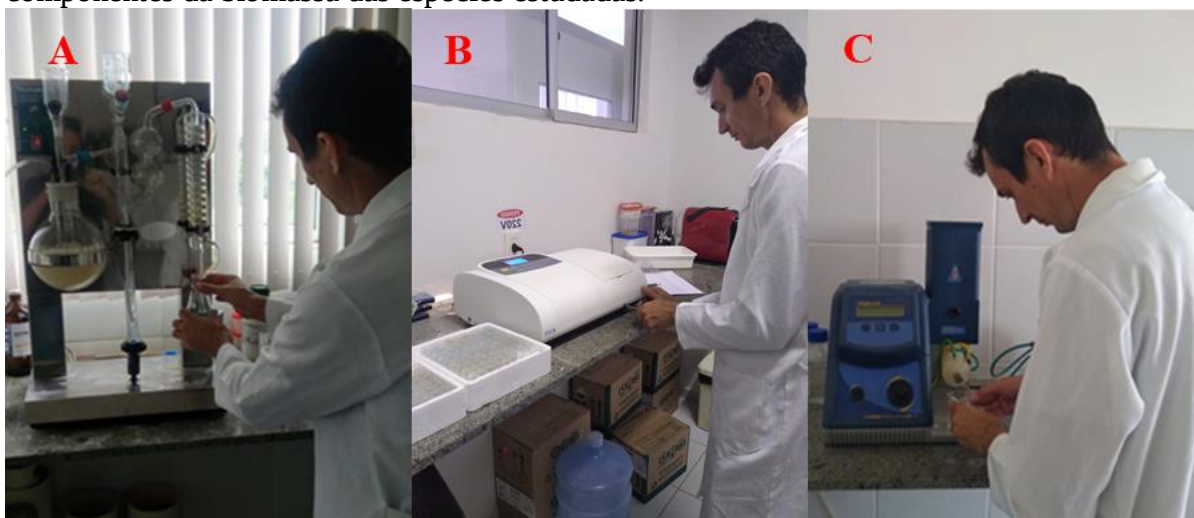
Todos os componentes das árvores amostradas foram marcados, identificando-se as respectivas alturas e classe de circunferência à qual pertenciam. Em laboratório, depois de realizada a quantificação da biomassa seca, as amostras de todos os componentes (folha, galho, fuste e casca) foram picotadas e moídas, e obteve-se uma amostra de pó de aproximadamente 30 g, para a realização das análises químicas. Para as análises laboratoriais foram utilizados apenas 0,4 de pó proveniente da amostra de cada componente.

3.5 Quantificação de nutrientes e carbono

Na avaliação química dos materiais, as determinações dos macronutrientes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) nos componentes vegetais foram realizadas segundo a metodologia descrita por Silva (2009). Os extratos da matéria seca para a análise de N, P e K foram obtidos através da digestão úmida utilizando ácido sulfúrico, mistura catalítica e peróxido de hidrogênio na proporção (2:1). Para o teor de N usou-se o indicador misto de ácido bórico com vermelho de metila e verde de bromocresol com solução concentrada de hidróxido de sódio a 10M, de acordo com o método de semi-micro-Kjeldahl segundo a metodologia descrita por Malavolta et al., (1997), enquanto para P utilizaram-se reagentes de trabalho (ácido ascórbico e solução 725), analisados por calorimetria com UV-Vis em 420nm.

Já a quantidade de potássio foi determinada pela leitura direta no espectrofotômetro de chama, sem o uso de reagente. Todos esses procedimentos estão representados abaixo (Figura 6).

Figura 6 – Quantificação dos teores de Nitrogênio (A), Fósforo (B) e Potássio (C) nos componentes da biomassa das espécies estudadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a determinação do conteúdo de nutrientes foram multiplicadas as concentrações médias dos nutrientes encontrados nos componentes pelos respectivos valores médios de biomassa seca.

Para a conversão de biomassa em carbono foi aplicada a expressão: Carbono = Biomassa x 0,5 (SOARES et al., 2011). As análises químicas do material vegetal foram realizadas no laboratório de Nutrição de Plantas do Centro de Pesquisas Vegetais do Semiárido da UFERSA no Campus Mossoró/RN.

3.6 Determinação da biomassa seca de componentes da parte aérea

Para a obtenção da biomassa seca de todos os componentes da parte aérea, foi utilizado a expressão abaixo (SOARES, 2011).

$$BS = Pu(c) \times Ps(a) / Pu(a)$$

Em que: BS = biomassa total (kg);

Pu (c) = peso úmido total no campo (kg);

Ps (a) = Peso seco da amostra (kg);

Pu (a) = Peso úmido da amostra (kg).

3.7 Determinação da densidade básica da madeira

A densidade básica da madeira de cada espécie foi determinada pelo método baseado no princípio enunciado por Arquimedes (VITAL, 1984). Neste método determinou-se o volume pela variação de peso ocasionado pela submersão da amostra de madeira em um líquido (Figura 7). As amostras de fuste de cada indivíduo foram deixadas submersas em água e pesadas regularmente até estabelecer a massa constante, atingindo o equilíbrio na condição saturada.

Figura 7 – Determinação do volume para o cálculo de densidade básica por meio do princípio de Arquimedes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a realização desse procedimento utilizou-se um bequer de 5.000 ml com dimensões suficientes para evitar o contato da amostra com as paredes ou o fundo do recipiente, além de permitir a imersão total da amostra. Adicionou-se ao bequer 1.000 ml de água e colocado sobre uma balança eletrônica de precisão. Para manter a amostra suspensa em meio ao líquido foi usado um suporte de madeira, no qual as amostras ficaram presas a uma ponta fina de metal que foi inserida na madeira. Em seguida os discos de madeira foram imersos totalmente na água e observou-se a diferença de peso em gramas indicado pela balança, correspondente ao volume da amostra em cm^3 .

3.8 Análise estatística

Para a comparação dos dados foi realizada a estatística descritiva utilizando a análise de variância (ANOVA) para diagnóstico de efeito significativo, e as médias foram discriminadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, sendo realizados esses procedimentos com o auxílio do programa estatístico SISVAR Versão 5.5. As análises foram realizadas no laboratório de Manejo Florestal do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais do Centro de Ciências Agrárias da UFERSA no campus Mossoró/RN

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Quantificação de biomassa e carbono

Na tabela 2, observam-se os resultados obtidos na quantificação da biomassa, carbono e alguns parâmetros dendrométricos referente às três espécies estudadas por classes de circunferência, onde é possível observar que os maiores valores apresentadas pelas variáveis analisadas se encontram nas classes de maior circunferência.

Tabela 2 – Valores médios determinados de área seccional na base (gB, cm²), área seccional no peito (gP, cm²), altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), área de projeção da copa (APC, m²), biomassa da parte aérea (B, kg) e conteúdo de carbono (C, kg) das três espécies estudadas, em um remanescente florestal de Caatinga, na região de Upanema, Rio Grande do Norte.

Classes* (CAP)	gB	gP	HT	HC	APC	B	C
I	16,0 ± 9,9	8,3 ± 2,9	3,6 ± 0,7	2,3 ± 0,6	3,3 ± 1,9	2,7 ± 1,27	1,3 ± 0,6
II	34,8 ± 7,0	20,9 ± 4,66	4,3 ± 0,7	3,1 ± 0,8	5,7 ± 1,7	8,8 ± 1,3	4,4 ± 0,7
III	53,8 ± 18,9	36,5 ± 7,14	5,4 ± 1,3	3,9 ± 1,2	8,1 ± 3,47	14,8 ± 5,97	7,4 ± 6,7
IV	81,2 ± 17,5	59,2 ± 7,97	6,1 ± 0,7	3,8 ± 0,6	13,0 ± 3,07	28,5 ± 9,92	14,2 ± 4,9
V	140,6 ± 59,0	109,5 ± 42,4	6,8 ± 1,2	5,5 ± 1,3	19, 1 ± 6,7	51,4 ± 20,1	25,7 ± 10,0

* Classes: I (6,0-12,0); II (12,1 – 18,0); III (18,1 - 24,0); IV (24,1 – 30,0) e V (>30).

Nas alturas totais médias percebe-se um crescimento gradativo das classes de menor circunferência para as classes maiores (3,6 ± 0,7 a 6,8 ± 1,2 m) assim como nas áreas de projeção das copas média aumentaram mais de cinco vezes (3,3 ± 1,9 a 19, 1 ± 6,7 m²) e a biomassa total média aumentou cerca de 19 vezes (2,7 ± 1,27 a 51,4 ± 20,1 kg), da mesma forma como ocorreu com o carbono acumulado que está diretamente relacionado com a biomassa das plantas (Tabela 2).

Os parâmetros relativos às alturas comerciais, áreas de projeções das copas e biomassa avaliadas no presente pesquisa foram superiores aos encontrados por Alves (2011), pesquisando 10 espécies da Caatinga em duas áreas de estudo, sendo uma área de Caatinga preservada e outra em estágio de regeneração, no município de Floresta/PE. Essa diferença nos resultados possivelmente pode ter ocorrido, em função da menor estruturação da vegetação, a fitofisionomia e os fatores edafoclimáticos da região, e também ao maior número de espécies

estudadas pelo mesmo, o que pode ter englobado espécies com características bem distintas aos das espécies aqui estudadas.

Os valores médios obtidos para as espécies estudadas em cada classe de circunferência a altura do peito, seguiram um padrão lógico, ou seja, os maiores valores com relação à área seccional no peito e na base, altura total, área de projeção da copa, biomassa da parte aérea e carbono, foram encontrados nas classes de maior circunferência. Resultados estes semelhantes aos obtidos por Silva (2019), avaliando três espécies em duas áreas de remanescente de caatinga na região de Mossoró-RN. Já comparados aos valores encontrados por Alves (2011), Silva; Sampaio, (2008), apenas os valores do parâmetro altura comercial (HC), não corroboraram com os dos referidos autores, visto que em suas pesquisas apresentaram algumas variações, ocorrendo maiores valores em classes de menor circunferência.

Esses valores são relativamente baixos, quando comparados com outras formações de florestas tropicais de áreas mais úmidas, podendo ser tanto na mesma região, quanto fora dela. Contudo vale ressaltar que as plantas selecionadas não cobriram toda a faixa de tamanhos encontrados na Caatinga, sendo 50 cm a maior circunferência na altura do peito (CAP) selecionada nesse estudo. Porém, existem plantas com CAP superiores, entretanto há limitação quanto ao porte das árvores (SAMPAIO, 1996).

Ainda na Tabela 2, onde podem ser visualizadas quantidades mais elevadas de carbono médio estocado nas maiores classes de circunferência, expressando uma maior capacidade em estocar carbono, para plantas pertencentes a estas classes, tal relação pode ser explicada pelo fato de naturalmente plantas maiores estocarem mais biomassa e carbono, até mesmo por apresentarem uma maior área de projeção de copa, com isso, contribuindo para uma maior fixação desse elemento da atmosfera.

Na Tabela 3, estão expressos os valores médios dos parâmetros dendrométricos das espécies avaliadas na área de estudo, distribuídas nas respectivas classes de circunferência.

O Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) apresentou maiores valores médios na área seccional da base e a Aroeira (*Myracrodruon urudeuva*) na altura do peito, sendo estas superadas igualmente em algumas classes de circunferência. Quanto a Jurema de Embira (*Mimosa ophthalmocentra*), está apresentou os menores valores nos dois parâmetros avaliados (Tabela 3). Esses valores podem ser atribuídos às características fisiológicas das espécies, já que ambas apresentam fustes bem desenvolvidos (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios determinados de área seccional na base (gB, cm²), área seccional no peito (gP, cm²), altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), área de projeção da copa (APC, m²), biomassa total da parte aérea (B, kg) e conteúdo de carbono (C, kg) das espécies selecionadas, em um remanescente florestal de Caatinga, na região de Upanema, Rio Grande do Norte

Espécie	Classes de CAP (cm)				
	I	II	III	IV	V
Área seccional na base (gB, cm ²)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	13,5 ± 2,1	33,0 ± 3,7	41,3 ± 10,9	80,3 ± 15,6	97,5 ± 5,6
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	25,2 ± 11,7	41,2 ± 8,2	57,0 ± 25,9	88,0 ± 26,1	151,4 ± 61,7
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	9,2 ± 6,5	30,4 ± 4,7	63,0 ± 16,1	75,2 ± 13,5	172,7 ± 77,2
Área seccional no peito (gP, cm ²)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	8,6 ± 2,0	20,9 ± 2,6	34,3 ± 8,6	58,9 ± 7,6	83,5 ± 12,4
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	10,3 ± 1,4	17,9 ± 7,0	32,5 ± 5,7	59,7 ± 8,9	118,4 ± 40,6
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	6,2 ± 3,9	23,9 ± 2,1	42,7 ± 2,8	59,1 ± 10,8	126,8 ± 62,6
Altura total (HT, m)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	3,8 ± 0,8	4,9 ± 0,3	4,3 ± 0,3	5,6 ± 0,6	5,1 ± 0,4
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	3,1 ± 0,2	3,6 ± 0,9	4,8 ± 0,5	5,3 ± 0,5	4,8 ± 0,6
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	4,0 ± 0,8	6,5 ± 0,2	6,9 ± 1,0	6,1 ± 0,9	7,2 ± 0,5
Altura comercial (HC, m)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	2,6 ± 0,9	3,8 ± 0,6	3,0 ± 0,2	4,0 ± 0,8	3,3 ± 1,1
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	2,0 ± 0,3	2,5 ± 1,0	3,5 ± 0,2	3,9 ± 0,7	3,6 ± 0,8
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	2,4 ± 0,8	2,9 ± 0,1	5,3 ± 1,2	4,0 ± 0,5	5,5 ± 0,5
Área de projeção da copa (APC, m ²)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	3,2 ± 2,6	6,8 ± 1,3	10,5 ± 2,4	14,0 ± 3,7	24,1 ± 6,5
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	3,4 ± 1,2	3,9 ± 0,7	5,2 ± 2,7	11,4 ± 2,7	14,7 ± 6,0
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	3,3 ± 2,6	6,2 ± 1,5	8,6 ± 3,7	13,5 ± 3,3	18,4 ± 5,8
Biomassa total (B, kg)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	2,9 ± 0,1	9,5 ± 1,2	13,8 ± 3,2	29,9 ± 0,6	44,6 ± 17,6
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	3,6 ± 1,3	8,5 ± 0,4	11,2 ± 6,7	21,5 ± 7,4	50,6 ± 24,6
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	1,5 ± 1,1	8,5 ± 2,0	19,4 ± 5,9	34,1 ± 14,7	59,1 ± 23,2
Carbono (C, kg)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	1,4 ± 0,0	4,8 ± 0,6	6,9 ± 1,6	14,9 ± 0,3	22,3 ± 8,8
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	1,8 ± 0,7	4,3 ± 0,2	5,6 ± 3,3	10,8 ± 3,7	25,3 ± 12,3
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	0,7 ± 0,5	4,2 ± 1,0	9,7 ± 2,9	17,1 ± 7,3	29,5 ± 11,6

Com relação à altura total, a *Myracrodruon urudeuva* superou todas as classes, o que corresponde com a morfologia da espécie, visto que naturalmente apresenta um maior porte

comparando com as demais espécies estudadas. Já em relação à altura comercial a *Mimosa ophthalmocentra* apresentou os maiores valores nas classes 1 e 2 e valor igual à da *Myracrodruon urudeuva* na classe 4 que, por sua vez, obteve maiores valores nas classes 3 e 5.

Na área de projeção da copa, a *Mimosa ophthalmocentra* apresentou os maiores valores nas classes 2, 3, 4 e 5, sendo superada pela *Aspidosperma pyrifolium* e a *Myracrodruon urudeuva* apenas na classe 1. Os resultados relacionados tanto da altura comercial, quanto da projeção da copa, podem estar relacionados a diferença do estágio de desenvolvimento das espécies estudadas.

Em razão da *Mimosa ophthalmocentra* ser uma espécie pioneira, o que lhe confere um crescimento mais rápido, possivelmente os indivíduos dessa espécie que integraram as classes de circunferências analisadas nesse estudo, encontram-se em um estágio de desenvolvimento mais avançado, comparando com os indivíduos das demais espécies, por se tratarem de plantas classificadas como secundária tardia, que atingem um maior porte, no entanto, possuem crescimento mais lento.

Dentre as espécies estudadas, a *Myracrodruon urudeuva*, foi à espécie que apresentou a maior quantidade de biomassa total da parte aérea e carbono estocado nas maiores classes. Já a *Mimosa ophthalmocentra* e a *Aspidosperma pyrifolium* revezaram nas duas primeiras classes. De maneira geral todas as espécies apresentaram quantidades expressivas de biomassa, sendo estas de grande importância para manutenção desse ecossistema florestal, contribuindo de maneira significativa na ciclagem de nutrientes, através da deposição do material vegetal no solo.

Na Tabela 4, estão expressos os valores referentes à biomassa da parte aérea e estoque de carbono nos componentes fuste + casca, galhos e folhas dos indivíduos amostrados e cortados ao nível do solo.

Tabela 4 – Estimativa de biomassa e carbono na parte aérea dos componentes analisados das três espécies selecionadas, no remanescente florestal de Caatinga, na região de Upanema, Rio Grande do Norte.

Componentes	Biomassa t ha ⁻¹	Carbono t ha ⁻¹
Fuste + casca	5,94 ± 0,4	2,97 ± 0,2
Galhos	8,95 ± 2,4	4,48 ± 1,2
Folhas	1,26 ± 1,6	0,63 ± 0,8
Total	16,15 ± 3,88	8,08 ± 2,2

A biomassa acumulada pelo somatório dos valores das espécies estudadas foi no total de $16,15 \pm 3,88 \text{ t ha}^{-1}$. Dessa biomassa aérea, a maior parte é constituída por galhos, com cerca de 55,4%, em segundo lugar vem a fração fuste compondo 36,8% da biomassa e por último a fração folhas com apenas 7,8%, sendo o componente que menos contribuiu para a formação da biomassa (Tabela 4).

Os valores retratados neste trabalho são próximos aos encontrados por Silva (2019), na região de Mossoró-RN, com $14,52 \text{ t ha}^{-1}$ e relativamente baixos em comparação aos valores obtidos por Alves (2011) em uma área de Caatinga preservada na região de Floresta-PE, com $29,6 \text{ t ha}^{-1}$ e Amorim et al. (2005), de $25,1 \text{ t ha}^{-1}$, na Estação Ecológica do Seridó. Porém, eles estudaram um maior número de espécies o que possivelmente proporcionou maiores valores.

Como pode ser observado, tanto no estudo em questão, quanto em trabalhos na literatura aqui citados, a ocorrência de uma aproximação entre os valores da biomassa dos galhos e fuste $8,95 \pm 2,4$ e $5,94 \pm 0,4 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente, uma possível explicação para este fato, é o grande número de bifurcações existente em diferentes pontos do fuste em espécies de Caatinga, o que dificulta a identificação do limite entre o tronco e galhos, promovendo também a redução do comprimento do mesmo, aumentando a proporção relativa de galhos. Essa é uma estratégia adotada pela maioria das plantas, já que na região de Caatinga, comparada com outros biomas, existe maior limitação hídrica e maior disponibilidade de luz e espaço, reduzindo assim a necessidade das plantas investirem no crescimento em altura.

Outra característica marcante nessas espécies é a formação de folhas pequenas e a perda delas com a chegada do período seco, o que possivelmente explica o fato das folhas terem sido a fração que apresentou menor quantidade de biomassa. Apesar disso ela é o componente da parte aérea que mais contribui na ciclagem de nutrientes, pela facilidade de decomposição do seu material, disponibilizando os nutrientes de forma imediata para o sistema.

Quanto ao carbono estocado, os componentes das árvores que apresentaram maior capacidade de estocar carbono, foram os galhos com $4,48 \pm 1,2$ e o fuste $2,97 \pm 0,2 \text{ t ha}^{-1}$ que juntos contribuíram com cerca de 92,5% para o acumulado na área (Tabela 4). Valores estes quando comparados com os de outros biomas são considerados muito baixos. Em trabalho realizado por Ferez (2010) em área de Mata Atlântica, o carbono médio encontrado foi 130 t ha^{-1} . Já Silva (2017), estudando dois remanescentes no mesmo bioma no município de Joinville-SC, obteve valores de aproximadamente 150 t ha^{-1} . No Pantanal os estoques variaram entre 57 a 105 t ha^{-1} segundo Vourlitis et al. (2015).

Diante disso, mesmo com os métodos alternativos presentes e que novas abordagens estejam surgindo para obtenção de estimativas de biomassa em áreas florestais, é necessária

uma amostragem destrutiva para obter estimativa mais precisa de biomassa (SILVERA et al., 2008). Principalmente quando se trata de florestas nativas, as quais são protegidas por lei, onde poucos estudos foram realizados com base em medições diretas de biomassa para o desenvolvimento de futuros modelos alométricos para estimação do acúmulo de biomassa para estes locais, o que deixará de demandar o abate de árvores a cada novo estudo (BRUN, 2004).

Na Tabela 5, podem ser observados os valores da produção média estimada de biomassa produzida por hectare por todos os componentes da parte aérea, onde a *Aspidosperma pyrifolium* destacou-se com uma maior produção total de $8,50 \text{ t ha}^{-1}$, em seguida vem a *Mimosa ophthalmocentra*, com $7,50 \text{ t ha}^{-1}$ e a *Myracrodruon urudeuva*, obteve apenas $0,38 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa na parte aérea.

Tabela 5 – Valores médios estimados de biomassa produzida e carbono estocado por hectares nos componentes da parte aérea das espécies estudadas, em um remanescente florestal de Caatinga, na região de Upanema, Rio Grande do Norte.

Espécie	Biomassa t.ha^{-1}		
	Fuste	Galhos	Folhas
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	$2,53 \pm 1,8$	$4,35 \pm 4,2$	$0,39 \pm 0,3$
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	$3,23 \pm 2,8$	$4,44 \pm 5,5$	$0,83 \pm 0,8$
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	$0,18 \pm 0,2$	$0,16 \pm 0,7$	$0,04 \pm 0,0$
Total	5,94	8,95	1,26
Espécie	Carbono		
	Fuste	Galhos	Folhas
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	$1,27 \pm 0,9$	$1,18 \pm 2,1$	$0,19 \pm 0,2$
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	$1,62 \pm 1,4$	$2,22 \pm 2,8$	$0,42 \pm 0,4$
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	$0,09 \pm 0,1$	$0,08 \pm 0,3$	$0,02 \pm 0,0$
Total	2,48	3,48	0,63

A distribuição da biomassa nos diferentes componentes da parte aérea das espécies estudadas seguiu a ordem: galhos > fuste > folhas (Tabelas 4 e 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Moura et al. (2006), ao quantificar a biomassa seca dos diferentes componentes arbóreos em um povoamento de *Mimosa caesalpinifolia*. No entanto, Virgens et al., (2017) quantificando a biomassa arbórea de 9 espécies da Caatinga na (FLONA) Contendas do Sincorá-BA, verificou alocação de biomassa na seguinte ordem: fuste > galhos > folhas. Diferenças no estoque de biomassa na Caatinga podem estar relacionadas ao estágio sucessional da floresta, a características morfológicas das plantas, que proporcionam variações nas espécies quanto ao acúmulo e distribuição de biomassa, outro fator possível é a grande variação espacial

e sazonal ocorrente nesse bioma, principalmente a precipitação de chuvas e a sua má distribuição (Lima Júnior et al., 2014).

4.2 Teores de nutrientes na biomassa da parte aérea

A análise da variância nos teores de N, P e K nas classes e em todos os componentes das três espécies apresentou interação significativa ($P < 0,05$) para todos os nutrientes entre as espécies e os componentes da parte aérea.

A ordem de concentrações dos nutrientes, nas três espécies, para todas as classes de CAP analisadas (Tabela 6) de modo geral, obedeceu a seguinte sequência: $N > K > P$. Esses resultados se assemelham com os observados por Medeiros et al. (2008), avaliando o estado nutricional de dez espécies de Caatinga no semiárido paraibano e por Alves (2011). As concentrações dos nutrientes obedecem ainda a mesma ordem na composição da serapilheira em áreas de caatinga, observadas por Souto (2009), por Schumacher et al., (2003) e por Pereira et al., (2000). Esses indicativos mostram a sincronia entre as espécies estudadas, fato que pode estar correlacionado aos baixos níveis de P nos solos do semiárido, bem como à complexidade na absorção desse mineral por muitas espécies vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Com relação à distribuição dos teores de N nos componentes, as espécies obedeceram a ordem de distribuição na seguinte conformação: Folha > Casca > Galho > Fuste. Para o P, a fração lenhosa e as folhas obtiveram destaque. Já para o elemento K, a maior concentração ocorreu no componente casca.

Tabela 6 – Teores médios dos nutrientes nos componentes vegetais da parte aérea das espécies selecionadas em um remanescente na região de Upanema, Rio Grande do Norte.

Espécies	Classes de CAP (cm)				
	Folhas	Galhos	Casca	Fuste	Total
Nitrogênio (g kg ⁻¹)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	28,27 b	7,75 b	12,89 b	3,90 b	52,81
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	28,12 b	7,45 b	11,87 b	5,27 a	52,71
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	26,12 b	9,21 a	12,37 b	5,19 a	52,89
Fosforo (g kg ⁻¹)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	0,86 b	1,32 a	0,20 b	0,18 b	2,56
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	0,73 b	0,82 b	0,18 b	0,25 a	1,98
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0,74 b	0,88 b	0,20 b	0,24 a	2,06
Potássio (g kg ⁻¹)					
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	2,72 a	1,41 b	2,41 a	0,13 ab	6,67
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	1,79 b	1,25 b	3,24 a	0,11 b	6,39
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	1,94 b	2,07 a	2,79 ab	0,21 a	7,01

O maior aporte de N nas folhas (Tabelas 6) pode ser explicado pelo fato dessas serem os órgãos responsáveis pelos processos de fotossíntese e metabólicos das árvores (TAIZ; ZEIGER, 2013). Vale ressaltar que são as folhas o material que normalmente permanece nas áreas de exploração vegetal, o que a torna relevante no ciclo nutricional dos sistemas.

Quanto ao P, o elevado teor na parte lenhosa torna o armazenado por tempo indeterminado e, conseqüentemente, inacessível ao uso imediato ou em curto prazo pela vegetação. Esse fator é potencializado ainda pelo fato da parte lenhosa ser de elevado interesse comercial, sendo uma fração amplamente removida das áreas de manejo ou de uso indiscriminado. Essa observação também se aplica ao K, já que esse mineral apresenta teor elevado nas frações lenhosas e na casca, componentes que geralmente são queimados nos locais de exploração ou removidos para emprego comercial.

4.3 Densidade básica da madeira

Na Tabela 7, são apresentados os valores médios estimados da densidade básica das espécies nas diferentes proporções de alturas. É possível observar que a densidade tem a tendência de diminuição no sentido base topo, ou seja, de 0 a 100%, sendo esse comportamento verificado para as três espécies. Segundo Trugilho (1996), a madeira tende a aumentar sua densidade no período inicial de crescimento da árvore. Isso ocorre em função da taxa de incorporação de biomassa que nesta fase é crescente, e comumente se estabiliza na idade adulta.

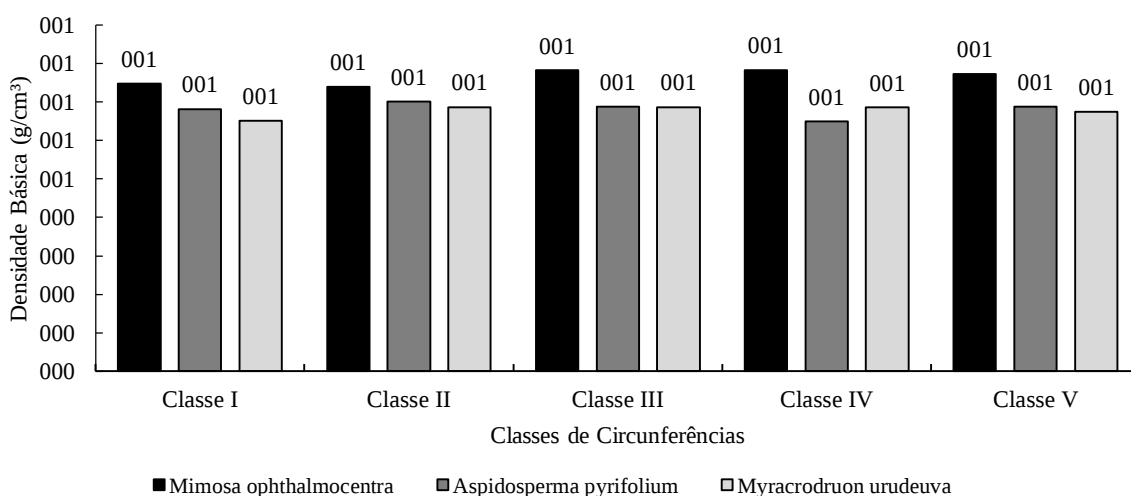
Tabela 7 – Valores médios estimados da densidade básica (g/cm³), das alturas nas porcentagens (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), das espécies um remanescente na região de Upanema, Rio Grande do Norte.

Atura	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	<i>Myracrodruon urundeuva</i>
0%	0,82	0,71	0,73
25%	0,79	0,69	0,70
DAP	0,77	0,68	0,69
50%	0,77	0,67	0,67
75%	0,74	0,67	0,65
100%	0,70	0,67	0,65

O menor valor de densidade encontrado na proporção 100% que corresponde ao topo da árvore pode ser explicado pela maior concentração de lenho juvenil ou lenho inicial, que se formam nesta posição da árvore, sendo constituída basicamente por células de parede celular delgados com comprimento menores do que as células que compõem o material lenhoso da base, estas possuem também lumes maiores, influenciando desta forma na diminuição da massa específica da madeira (COSTA, 2006).

Na Figura 8, estão expressos os valores médios estimados para a densidade básica da madeira das espécies em estudo nas diferentes classes de circunferências.

Figura 8 – Valores médios estimados para densidade básica da madeira nas diferentes classes de circunferências das espécies *Mimosa ophthalmocentra*, *Aspidosperma pyrifolium* e *Myracrodruon urundeuva*.



Quanto aos resultados apresentados na Figura 8, podem ser observados que os maiores valores desta propriedade ocorreram na espécie *Mimosa ophthalmocentra* em todas as classes de circunferências, em relação às espécies *Aspidosperma pyrifolium* e *Myracrodruon urudeuva*, estas obtiveram valores aproximados, sendo superadas entre si em algumas classes. Isso pode ser explicado pela influência de fatores intrínsecos de cada espécie como características químicas, anatômicas e ambientais, tais como condições de sítio e clima.

Ainda na Figura 8, foi possível observar que os valores médios de densidade nas diferentes classes de circunferência foram semelhantes em cada espécie, ou seja, as diferentes idades entre os indivíduos aparentemente não influenciaram na densidade básica da madeira das espécies estudadas. Segundo Silva (2006), esse resultado pode estar atrelado ao manejo florestal das madeiras, já que as espécies analisadas advêm de uma área manejada, em que, as condições do sítio são semelhantes para ambas às espécies. Consequentemente, ocorre influência direta do manejo nas propriedades tecnológicas das madeiras da caatinga, as quais evidenciam o potencial de uso das espécies para energia, como por exemplo, para lenha e carvão e, assim, se obtêm maior aproveitamento e valorização dos recursos naturais deste bioma.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos resultados da pesquisa, as espécies avaliadas, apresentaram uma boa produção de biomassa/carbono e uma densidade básica tida como elevada, indicando um bom potencial do uso das madeiras para diversas finalidades, considerando suas características.

O manejo florestal em áreas de Caatinga demanda maiores cuidados quanto à exploração dos seus produtos, uma vez que os impactos causados em nível de balanço nutricional poderão ser bem maiores, caso sejam retirados da floresta a maior parte dos nutrientes.

Dessa forma, recomendamos que no momento da exploração da madeira, deverão ser mantidos na área, todos os restos de troncos e galhos sem interesse comercial, e as folhas e cascas, diminuindo assim, um maior impacto nutricional na área. Retirando da floresta somente a madeira comercial que será utilizada. Esse fator, além de contribuir na proteção do solo, evitando a erosão e consequentemente o arraste dos nutrientes do sítio, proporciona condições para o desenvolvimento e atividade microbológica, melhorando assim as condições físicas e químicas deste ambiente.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, José Coelho; BURGOS, Nivaldo; LOPES, Osvaldo Ferreira; SILVA, Flávio Hugo Barreto Batista; MEDEIROS, Luiz Alberto Regueira; MÉLO FILHO, Heráclio Fenandes R; PARAHYBA, Roberto da Boa Viagem; CAVALCANTI, Antonio Cabral; OLIVEIRA NETO, Manoel Batista; SILVA, Fernando Barreto Rodrigues; LEITE, Aldo Pereira; SANTOS, José Carlos Pereira ; SOUSA NETO, Nestor Corbiniano; SILVA, Ademair Barros; LUZ, Lúcia Raquel Queiroz Pereira; LIMA, Paulo Cardoso; REIS, Ricardo Malta Gondim ; BARROS, Alexandre Hugo César. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos - UEP Recife; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 252 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 11). 1 CD-ROM
- ALVES, Jose Jakson Amancio; ARAÚJO, Maria Aparecida; NASCIMENTO, Sebastiana Santos. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ALVES, Allyson, Rocha. **Quantificação de biomassa e ciclagem de nutrientes em áreas de vegetação de caatinga no município de Floresta**, 116 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Florestais, Recife, 2011.
- ALVES, Allyson Rocha; FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo; SILVA, José Antonio Aleixo; DUBEUX JÚNIOR, José Carlos Batista; SALAMI Gabriela. Nutrientes na biomassa aérea e na serapilheira em áreas de caatinga em Floresta, PE. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 413-420, 2017.
- AMORIM, Isaac Lucena; SAMPAIO Everardo Valadares de Sa Barretto; ARAÚJO, Elcida de Lima. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta botânica brasílica**, São Paulo v. 19, p. 615-623, 2005.
- ARAÚJO, Sérgio Murilo Santos. A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE**, Paulo Afonso, v. 5, n. 5, p. 2-4, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: **Sudene**, 1972. v.2, 354 p. (Boletim Técnico, 26).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: **Sudene**, 1973. v.1, 359 p. (Boletim Técnico, 26).
- BARBOSA, Mozart Duarte; MARANGON, Luiz Carlos, FELICIANO, Ana Lícia Patriota; FREIRE, Fernando José; DUARTE, Gildete Maria Tenório. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 851-858, 2012.
- BARBOSA, Verilma; GARCIA, Patrícia Barreto; RODRIGUES, Emanuela Gama; PAULA, Alessandro. Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, p. e20150243, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Caatinga. Brasília, D, MMA, 2012. Disponível em <<https://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>> Acesso em: 12 out. 2019.

BRUN, Eleandro José. **Biomassa e nutrientes na floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS.** 2004. 136f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

BEHLING, Alexandre; SANQUETTA, Carlos Roberto; CARON, Braulio Otomar; SCHIMIDT, Denise; ELLI, Elvis Felipe; CORTE, Ana Paula Dalla. Teores de carbono orgânico de três espécies arbóreas em diferentes espaçamentos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, p. 13-19, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.77.562.

COELHO, Suani Teixeira. Bioenergia. Brasília, DF, Ministério de Minas e Energia, 1982.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler. Determinação de biomassa e nutrientes em uma floresta ombrófila mista montana em General Carneiro, Paraná. **Curitiba: Universidade Federal do Paraná**, 2003.

CASTRO, Rodrigo; REED, Philip; SALDANHA, Marcela; PRADO, Flávia do; FERREIRA, Maria Valnete; OLIVEIRA, Marcelo. Reserva Natural Serra das Almas: construindo um modelo para a conservação da Caatinga. In: BENSUSAN, Nurit; BARROS, Ana Cristina; BULHÕES, Beatriz; ARANTES, Alessandra (Org.) **Biodiversidade: para comer, vestir ou passar no cabelo?** São Paulo: Peirópolis, 2006. p. 77-80.

CLIMATE-DATE.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais. 2018.** Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-grande-do-norte-216/?page=7>>. Acesso em: 02 out. 2019.

COSTA, Vladimir Eliodoro. **Caracterização físico-energética da madeira e produtividade de reflorestamentos de clones de híbridos de Eucalyptus grandis x E. urophylla.** 2006. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

CUNHA, Tony Jarbas Ferreira; PETRERE, Vanderlise Giongo; SILVA, Davi José; MENDES, Alessandra Monteiro Salviano; MELO, Roseli Freire; OLIVEIRA NETO, Manoel Batista; SILVA, Maria Sônia Lopes; ALVAREZ, Ivan André. **Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo.** Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE), 2010. Disponível em: <[file:///C:/Users/Cliente/Downloads/CAPITULO02TONYfinal%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Cliente/Downloads/CAPITULO02TONYfinal%20(1).pdf)> Acesso em: 11 out. 2019.

COSTA, Caio César de Azevedo; CAMACHO, Ramiro Gustavo Valera; MACEDO, Iron Dantas; Silva, César Moura. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açu-RN1. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 259-265, 2010.

CASTRO, Vinicius Gomes; PARCHEN, Carlos Frederico Alice; IWAKIRI, Setsuo. Produção de compósitos madeira-cimento de baixa densidade pelo método vibro-dinâmico de compactação. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 24, n. 2, 2019. CLIMATE-DATE.ORG. Dados climáticos para cidades mundiais. 2017.

DINIZ, Anderson Ribeiro; MACHADO, Deivid Lopes; PEREIRA, Marcos Gervasio; BALIEIRO, Fabiano de Carvalho; MENEZES, Carlos Eduardo Gabriel. Biomassa, estoques de carbono e de nutrientes em estádios sucessionais da Floresta Atlântica, RJ. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

FEREZ, Ana Paula Cervi. Efeito de práticas silviculturais sobre as taxas iniciais de sequestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica. **USP-ESALQ, Piracicaba, Brazil**, 2010. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

GODINHO, Tiago de Oliveira; CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; ROCHA, José Henrique Tertulino; CALIMAN, Jônio Pizzol; TRAZZI, Paulo André. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**, Lavras, v.20, n.1, 2014.

HIGUCHI, Niro; SANTOS, Joaquim; RIBEIRO, Ralfh João; MINETTE, Luciano; BIOT, Yvan. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 153-153, 1998.

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92 p. IBGE - Anuário estatístico do Brasil / IBGE - Vol. 1 (1908/1912-). - Rio de Janeiro: IBGE, 1916- v. 2014. Disponível em: <
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/20/aeb_2016.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2019.

IDEMA. **Perfil do seu município**. Upanema-RN. 2008.

JACOMINE, Paulo Klinger Tito. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**, p. 95-111, 1996.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de Pinus maximinoides H.E. Moore**. Curitiba: 2000. 291f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LUIZÃO, Flávio J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 31-36, 2007.

LIMA JÚNIOR, Claudemiro; ACCIOLY, Luciano José de Oliveira; GIONGO, Vanderlise; LIMA, Regina Lúcia Félix de Aguiar; SAMPAIO, Everardo Valadares de Sá Barretto; MENEZES, Rômulo Simões Cezar. Estimativa de biomassa lenhosa da caatinga com uso de equações alométricas e índice de vegetação. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

LIMA, André Luiz Alves; RODAL, Maria Jesus Nogueira. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1363-1373, 2010. DOI: 10.1016/j. jaridenv.2010.05.009.

LIMA, Máida Cynthia Duca; BARRETO-GARCIA, Patrícia Anjos Bittencourt; SANQUETTA, Carlos Roberto; NOVAES, Adalberto Britoal; MELO, Lara Clímaco.

Biomass and carbon stock from *Pinus caribaea* var. *hondurensis* under homogenous stands in southwest Bahia, Brazil. *Ciência Rural*, v. 46, p. 957-962, 2016

MALAVOLTA, Eurípedes; VITTI, Godofredo César; OLIVEIRA, Sebastião Alberto. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 1997.

MEDEIROS, Maria Lúcia Dantas; VITAL, Rivaldo Vital; TERTULIANO, Sylvia Sátyro Xavier. Avaliação do estado nutricional de dez espécies arbóreas ocorrentes no semiárido Paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.3, p.31-39, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/41/0_>. Acesso em: 13 jan. 2019.

MAIA, Josemir Moura; SOUSA, Valéria Fernandes de Oliveira; LIRA, Emannuella Hayanna Alves; LUCENA, Amanda Micheline Amador. Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma Caatinga. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 41, 2017.

MMA. Biomas and Caatinga. 2014. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em: ><https://www.mma.gov.br/biomas/caatinga><. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.

MORESCHI, João Carlos. **Propriedades da madeira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010.

MOURA, Orieudo Nunes; PASSOS, Marco Antônio Amaral; FERREIRA Rinaldo Luiz Caraciolo; MOLICA, Silmar Gonzaga; LIRA JUNIOR, Mario de Andrade; LIRA, Mário de Andrade; SANTOS, Mércia Virginia Ferreira. Distribuição de biomassa e nutrientes na parte aérea de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 877-884, 2006.

NETO, Arlindo de Paula Machado; BRANDÃO, Carlos Frederico Lins e Silva; DUARTE, Brígida; ALMIR, João; MARANGON, Luis Carlos; FELICIANO, Ana Lícia Patriota. Densidade e poder calorífico como base para prevenção de incêndios florestais sob linhas de transmissão. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 10-15, 2015.

OLIVEIRA, Joao Bertoldo de; JACOMINE, Paulo Klinger Tito; CARMARGO, Marcelo Nies. **Classes gerais de solos do Brasil**: Guia auxiliar para ser reconhecimento, 1992.

OKI, Viviana Kyoko. **Impactos da colheita de *Pinus teada* sobre o balanço hídrico, a quantidade de água em microbacias**. 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

PRADO, Darién E. **As caatingas da América do Sul**. In: Leal, Inara R.; Tabarelli, Marcelo; Silva, José Maria Cardoso. (Org.). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife: Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, 2003. p. 3–73.

PEREIRA, Josani Carbonera; CALDEIRA, Marcos, Vinícios, Winckler.; SCHUMACHER, Mauro, Valdir.; HOPPE, Juarez, Martins. & SANTOS, Elias, .Moreira. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Acácia mearnsii* de Wild. No Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.2, p. 193-199, 2000.

PEREIRA, José Carlos Duarte; STURION, José Alfredo; HIGA, Antonio Roye; HIGA, Rosana Clara Victória; SHIMIZU, Jarbas Yukio. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. **Embrapa Florestas-Documents (INFOTEC-A-E)**, 2000.

RMFC (REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA): **protocolo de medições de parcelas permanentes / Comitê Técnico Científico**. - Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005. 21 p. Disponível em: < <http://www.repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/26580> >. Acesso em: 25 set.

RATUCHNE, Luis Carlos; KOEHLER, Henrique Soares; WATZLAWICK, Luciano Farinha; SANQUETTA, Carlos Roberto; SCHAMNE, Priscila Antunes. Carlos Roberto Estado da arte na quantificação de biomassa em raízes de formações florestais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 3, p. 450-462, 2016.

SILVA, Lazaro, Benedito. **Variação na estrutura da madeira de quatro espécies da caatinga nordestina e seu potencial para o desenvolvimento sustentável**. 2006. Tese de (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia. 2006.

SAMPAIO, Everaldo Valadares de Sá Barretto. **Fitossociologia**. In: SAMPAIO, Everaldo Valadares de Sá Barretto; MAYO, Simon Joseph; BARBOSA, Maria Regina Vasconcello. (Ed.) Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectiva. Sociedade Botânica do Brasil/Seleção Regional de Pernambuco. 1996. p. 203-230.

SOARES, Carlos Pedro Boechat; MARTINS, Fabrina Bolzanet; LEITE JUNIORA, Heitor Urias; SILVA, Gilson Fernandes; FIGUEIREDO, Livia Thaís Moreira. Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1039-1053, 2011.

SANQUETTA, Carlos Roberto; BALBINOT, Rafaelo. **Métodos de determinação de biomassa florestal**. As florestas e o carbono. Curitiba, p. 119-140, 2002.

SILVA, Jose Maria Cardoso; TABARELLI, Marcelo; FONSECA, Monica Tavares; LINS, Livia Vanucci. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**, 2004.

SCHUMACHER, Mauro Valdir; BRUN, Eleandro José; RODRIGUES, Loiva Maria; SANTOS, Elias Moreira. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acácia mearnsii* De Wild) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p. 791-798, 2003.

SOUTO, Patrícia Carneiro. **Acumulação e decomposição de serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006. 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 2006.

SILVA, Roseana Pereira. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)**. 2007. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus 2007.

SILVA, Tácio Oliveira; MENEZES, Rômulo Simões Cezar; TIESSEN, Holm; SAMPAIO, Everardo Valadares de Sá Barreto; SALCEDO, Ignacio Hernan; SILVEIRA, Luciano Marcal. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, Crotalaria juncea. I-Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 39-49, 2007.

SELLE, Gerson Luiz. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, 2007.

SILVA, Grécia, Cavalcanti; SAMPAIO, Everardo, Valadares de Sa, Barretto. Biomassas de partes aéreas em plantas da caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.3, p.567-575, 2008.

SILVA, Grécia Cavalcanti; SAMPAIO, Everardo Valadares de Sa Barretto. Biomassas de partes aéreas em plantas da caatinga. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008.

SILVEIRA, Péricles; KOEHLER, Henrique Soares; SANQUETTA, Carlos Roberto; ARCE, Julio Eduardo et al. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, 2008.

SOUTO, Patrícia Carneiro; SOUTO, Silva Jacob; SANTOS, Rivaldo Vital; BAKKE, Ivonete Alves. Características químicas da serapilheira depositada em área de caatinga. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 264-272, 2009.

SOUTO, Patrícia Carneiro; SOUTO, Jacob Silva; DO NASCIMENTO, Jose Adeilson Medeiros. Liberação de nutrientes de esterco em Luvisolo no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 69-78, 2013.

SILVA, Magno Ferreira. **Uma análise do bioma caatinga no município de Gado Bravo-PB através do Índice Vegetação por Diferença Normalizada**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande 2016.

SANTOS, W. S., ET AL., Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso em fragmento de caatinga no município de Upanema-RN. *Nativa*, Sinop, v.5, n.2, p.85-91, mar./abr. 2017.

SILVA, Jéssica Caroline dos Santos. **Estoques e fluxos de carbono e nitrogênio acima e abaixo do solo em fragmentos de Floresta Atlântica no sul do Brasil**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.

SILVA, Jeferson Pereira Martins; CABACINHA, Christian Dias; ASSIS, Adriana Leandra; MONTEIRO, Thiago Campos; ARAÚJO JÚNIOR, Carlos Alberto; MAIA, Renato Dourado. Redes neurais artificiais para estimar a densidade básica de madeiras do cerrado. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 38, 2018.

SILVA, Erick Daniel Gomes. **Estimativa da biomassa e nutrientes em espécies arbóreas da caatinga, Rio Grande do Norte**. 2019. (Manografia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

TRUGILHO, Paulo Fernando; LIMA, José Tarcísio; MENDES, Lourival Marin. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

VITAL, Benedito Rocha. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa, MG: SIF, 1984. 21p. **Boletim técnico**, v. 2.

VOURLITIS, George L; LOBO, Francisco de Almeida; PINTO JUNIOR, Osvaldo Borges; ZAPPIA, Anthony; DALMAGRO, Higo J.; ARRUDA, Paulo Henrique Zanella; Nogueira, Jose de Souza. Variations in aboveground vegetation structure along a nutrient availability gradient in the Brazilian pantanal. **Plant and Soil**, v. 389, n. 1-2, p. 307-321, 2015.

VIRGENS, Aline Pereira; GARCIA, Patrícia Anjos Bittencourt Barreto; PAULA, Alessandro; CARVALHO, Flávia Ferreira; ARAGÃO, Mariana de Aquino; MONROE, Paulo Henrique Marques. Biomassa de espécies florestais em área de caatinga arbórea. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 555-561, 2017.

VARGAS, Giovanni Radel; BIANCHIN, Jonas Eduardo; BLUM, Hilbert; MARQUES, Renato. Ciclagem de biomassa e nutrientes em plantios florestais. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 11, n. 2, 2018.