



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIALIZADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - UAECIA
ESCOLA AGRÍCOLA DE JUNDIAÍ - EAJ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



HÁ EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA DA MADEIRA DE EUCALIPTO IMPLANTADO NO RIO GRANDE DO NORTE?

IZABELLE RODRIGUES FERREIRA GOMES

Macaíba/RN
Junho de 2019

IZABELLE RODRIGUES FERREIRA GOMES

**HÁ EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA DA
MADEIRA DE EUCALIPTO IMPLANTADO NO RIO GRANDE DO NORTE?**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais (Área de Concentração em Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais).

Orientador:

Prof^a. Dra. Rosimeire Cavalcante dos Santos

Coorientador:

Prof. Dr. Paulo Fernando Trugilho

Macaíba/RN

Junho de 2019

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Rodolfo Helinski - Escola Agrícola de Jundiá - EAJ

Gomes, Izabelle Rodrigues Ferreira.

Há efeito do espaçamento de plantio na produção de energia da madeira de Eucalipto implantado no Rio Grande do Norte / Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes. - 2019.
61 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Macaíba, RN, 2019.

Orientadora: Profa. Dra. Rosimeire Cavalcante dos Santos.
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Fernando Trugilho.

1. Lenha - Exploração - Dissertação. 2. Variação base-topo - Dissertação. 3. Densidade de plantio - Dissertação. I. Santos, Rosimeire Cavalcante dos. II. Trugilho, Paulo Fernando. III. Título.

RN/UF/BSPRH

CDU 674

**HÁ EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA
DA MADEIRA DE EUCALIPTO IMPLANTADO NO SEMIÁRIDO?**

IZABELLE RODRIGUES FERREIRA GOMES

Dissertação julgada para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais (Área de Concentração em Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) e aprovada pela banca examinadora em 10 de junho de 2019

BANCA EXAMINADORA

Rosimeire Cavalcante dos Santos

Profa. Dra. Rosimeire Cavalcante dos Santos
UAECIA/UFRN
Presidente



Prof. Dr. Gualter Guenther Costa da Silva
UAECIA/UFRN
Examinador interno



Profa. Dra. Graziela Baptista Vidaurre
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Examinador externo à instituição



Prof. Dr. Otávio Camargo Campoe
Universidade Federal de Lavras – UFLA
Examinador externo à instituição

Macaíba/RN

Junho de 2019

Ao meu tio José Domingos Ferreira (in memoriam).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

Na realização da presente dissertação, contei com o apoio várias pessoas e instituições às quais sou profundamente grata.

À minha orientadora, Doutora Rosimeire Cavalcante dos Santos, pela orientação prestada, pelo incentivo, disponibilidade e apoio que sempre demonstrou. Aqui lhe exprimo a minha gratidão.

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) e aos pesquisadores e coordenadores do programa Tolerância de *Eucalyptus* Clonais ao Estresses Hídrico e Térmico (TECHS), Rafaela Lorenzato Carneiro e Prof. Otávio Campoe (UFLA), pela oportunidade e confiança para o desenvolvimento do presente trabalho.

Aos Professores Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro (UFSJ), Dr. Paulo Fernando Trugilho (UFLA), Dr. Gualter Guenther Costa da Silva (UFRN) e Dr. Ananias Francisco Dias Júnior (UFES) por todas as colaborações, realização de análises e orientações prestadas.

À Professora Dra. Graziela Baptista Vidaurre (UFES) e Sofia Maria Gonçalves Rocha, por todas as contribuições valiosas, orientações e generosidade. Muito obrigada de coração.

Aos membros dos grupos de estudo em Energia da Biomassa (GEEB) e em Solos (GESOLO) da UFRN e ao Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira da UFES (NUQMAD) pela ajuda desde o corte até a realização das análises.

Não poderia deixar de agradecer à minha família por todo o apoio, força e carinho que sempre me prestaram ao longo da minha vida, em especial, à minha mãe, Maria José Rodrigues Ferreira, pela sólida formação dada até à minha juventude, que me proporcionou a continuidade nos estudos até à chegada a este mestrado, os meus eternos agradecimentos. Ao meu irmão, José Gomes de Medeiros Neto, o amor mais puro que conheço.

Ao meu noivo, Werley Duarte Carlos, que sempre me apoia, torce e incentiva. Obrigada pelo amor e companheirismo de sempre.

Aos meus queridos amigos, que estão comigo desde a graduação e que considero como irmãos: Jackson Araújo Silva, Sarah Ester de Lima Costa, Cynthia Patrícia de Sousa Santos, André Dantas de Medeiros, Euclezia Jakeline de Souza Dias Anjos, Damião Ferreira da Silva Neto, Kyvia Pontes Teixeira das Chagas, Ana Carolina Carvalho e Mariana Carla Santana de Moura, toda colaboração, amizade e palavras de incentivo, apoio e carinho nos momentos em que mais precisei.

Aos meus colegas da UFRN/EAJ, em especial a turma 2018.1, pela força, incentivo, cumplicidade e acima de tudo pela amizade.

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte e a Escola Agrícola de Jundiá pela oportunidade de estudar numa instituição de excelência com todos os recursos e benefícios.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da UFRN ao qual sou participante, pela viabilização da presente dissertação de mestrado.

A todos, muito obrigada!

RESUMO GERAL

HÁ EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA DA MADEIRA DE EUCALIPTO IMPLANTADO NO RIO GRANDE DO NORTE?

Com o estabelecimento do gênero *Eucalyptus* no Brasil, várias pesquisas e programas de melhoramento florestal foram iniciados a fim gerar indivíduos superiores geneticamente. No entanto, há evidências quanto à ausência de estudos com espécies do referido gênero implantadas em regiões semiáridas do país, a exemplo do Semiárido potiguar. Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de cinco diferentes espaçamentos na produção de energia da madeira do clone *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus brassiana*, aos 4,2 anos de idade, implantado no município de Macaíba no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Os cinco espaçamentos selecionados foram 3 x 0,5 m; 3 x 1,5 m; 3 x 3 m; 3 x 5 m e 3 x 6,5 m e sendo utilizadas três repetições cada, totalizando 15 árvores abatidas. Foram realizadas as análises da densidade básica e poder calorífico superior da madeira, assim como determinada a produtividade volumétrica em lenho a cada 6 meses, durante os 4,2 anos e, por fim, o incremento médio anual do clone e a produção de energia da madeira em m³ e hectare, sob as diferentes condições de espaçamento. A diferença entre os espaçamentos confirma que o espaçamento 3 x 3 m favoreceu o incremento de densidade básica e produção volumétrica em lenho, apresentando os melhores resultados, 0,64 g.cm⁻³ e 145 m³/ha respectivamente, não havendo diferença significativa para o poder calorífico superior, e sendo assim, o mais apropriado ao se considerar a produção de madeira para destinação energética. Se o objetivo for a produção volumétrica mesmo com diâmetros pequenos, deve-se optar por espaçamentos menores. Quando se desejam maiores diâmetros, a opção é por espaçamentos maiores.

Palavras-chave: densidade de plantio, variação base-topo, exploração de lenha.

GENERAL ABSTRACT

IS THE EFFECT OF PLANT SPACING ON THE ENERGY PRODUCTION OF EUCALYPTUS WOOD IMPLEMENTED IN RIO GRANDE DO NORTE?

With eucalyptus in Brazil, research and forest improvement programs were started with the goal of generating the greatest genetic key. However, there are a large number of studies on the species of the genus implanted in semi-arid regions of the country, an example of the semi-arid potiguar. *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus brassiana* in the production of wood of clone x *Eucalyptus brassiana*, at 4 years old, implanted in the municipality of Macaíba in the state of Rio Grande do Norte. Brazil. The five spaces were chosen for 3 x 0.5 m; 3 x 1.5 m; 3 x 3 m; 3 x 5 m and 3 x 6.5 m and the three replicates being each, totaling 15 areas slaughtered. The evaluation of nutrition and diet in the quality of chlorophytes in the year, and the most important one the annual weight of clone to each 6 months, during the 4 years and, by end, the element in the production of clone and the production of energy of the wood in m³ and hectare, under the different conditions of spacing. The difference between the spaces confirming the spacing 3 x 3 m favored the increase of basic density and the volume production in comparison, presenting the results of the results, 0.64 g.cm⁻³ and 145 m³ / ha, with no difference significant higher calorific value, and thus being the most appropriate to consider a production of wood for energy destination. If the objective is a volumetric production even with small diameters, one should opt for smaller spaces. When larger diameters, the option is for larger spaces.

Key words: planting density, base-top variation, firewood exploitation.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Implantação e uso da madeira de eucalipto no Brasil.....	3
2.2. Utilização da madeira no Rio Grande do Norte como Fonte de Energia	5
2.3. Efeitos do Espaçamento de plantio sobre as propriedades da madeira.....	9
LITERATURA CITADA	13
3. ARTIGO 1. HÁ EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA DA MADEIRA DE EUCALIPTO IMPLANTADO NO RIO GRANDE DO NORTE?	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT	19
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS.....	25
DISCUSSÃO	28
CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32
ANEXO 1. NORMAS DA REVISTA FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT DO ARTIGO 1.....	34

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

	Página
Figura 1. Áreas de ocorrência de desertificação no Estado do Rio Grande do Norte	7
Figura 2. Mapa do Semiárido Brasileiro.	8

ARTIGO 1

Figura 1. Dados de precipitação (mm/mês) e temperatura (°C) para o município de Natal/RN no período de janeiro de 2014 a janeiro de 2018.....	21
Figura 2. Figura 2 Delineamento experimental do TECHS URN - 35, localizado em Macaíba-RN (parte superior da figura) com 10 clones, cada clone ocupa uma parcela de 7 linhas e 27 espaçamentos entre árvores dentro das linhas. Disposição das árvores na parcela experimental avaliadas no estudo com o clone <i>Eucalyptus urophylla x Eucalyptus brassiana</i> (parte inferior da figura).....	23
Figura 3. Efeito do espaçamento de plantio sobre a densidade básica, poder calorífico superior e energia do clone <i>E. urophylla x E. brassiana</i>	26
Figura 4. Figura 4 Produção volumétrica em lenho, incremento médio anual e produção de energia do híbrido <i>E. urophylla x E. brassiana</i> , aos 54 meses, sob diferentes espaçamentos de plantio	27

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

	Página
Tabela 1. Distribuição dos plantios de eucalipto no Brasil por hectare	3

ARTIGO 1

Tabela 1. Percentual de mortalidade do híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. brassiana</i> , aos 54 meses, nos diferentes espaçamentos, na região litorânea do RN	27
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas

ANA - Agência Nacional de Águas

BEN - Balanço Energético Nacional

CIFLORESTA - Centro De Inteligência Em Floresta

CTGÁS-ER - Centro De Tecnologia Do Gás E Energias Renováveis

DAP - Diâmetro à Altura Do Peito

EAJ - Escola Agrícola de Jundiá

IBA - Instituto Brasileiro de Árvores

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia e Estações Meteorológicas

INT - Instituto Nacional de Tecnologia

MMA - Ministério do Meio Ambiente

PCS - Poder Calorífico Superior

RN - Rio Grande do Norte

SUDENE - Superintendência Do Desenvolvimento Do Nordeste

UAECIA - Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

1. INTRODUÇÃO GERAL

O eucalipto é a espécie exótica mais plantada no Brasil devido a sua adaptação às condições climáticas e edáficas e por apresentar alta produtividade e ciclos curtos de exploração, se comparado, especialmente, com o ciclo de rotação das espécies nativas que ocorrem no Estado do Rio Grande do Norte (RN) (FERREIRA, 2017). Com o estabelecimento do eucalipto no Brasil, várias pesquisas e programas de melhoramento foram iniciados a fim gerar indivíduos geneticamente superiores. Porém, há ausência de estudos com a espécie florestal na região Nordeste (DRUMOND, 2016).

No Estado do Rio Grande do Norte, a madeira é matéria prima de alta demanda, extraída principalmente do Bioma Caatinga e a forma de exploração, em sua maioria, ocorre de forma não planejada, com consequências negativas em relação aos aspectos ambientais, econômicos e sociais. O desmatamento acelerado da Caatinga coloca em risco a sua biodiversidade e o potencial de seus recursos naturais, Pareyn (2010) em pesquisa para Associação de Plantas do Nordeste, constatou que 59% da lenha consumida da Caatinga é proveniente de desmatamentos ilegais.

Diante dessa realidade realizar estudos com a madeira de eucalipto na região do semiárido potiguar, especialmente, para produção de energia torna-se imprescindível, face à crescente demanda do referido recurso pelos diversos segmentos industriais do RN. Dentre os diversos fatores que influenciam na produtividade da espécie, a busca pelo melhor arranjo na distribuição das plantas é fundamental.

O espaçamento é uma das variáveis que atuam sobre o crescimento de um povoamento e que pode ser controlada eficientemente pelo silvicultor, desempenhando um papel muito importante quando se deseja produzir madeira de boa qualidade. A escolha do espaçamento tem como principal objetivo proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo (LIMA, 2013).

Do ponto de vista silvicultural, considerando-se uma mesma espécie e um mesmo sítio, a escolha de um determinado espaçamento implicará: no número de tratos culturais a serem efetuados; na taxa de crescimento; no volume de madeira produzido; no sortimento de madeira; na taxa de mortalidade; na idade de estagnação do crescimento; nas práticas de implantação; no manejo e na exploração; nos custos de produção, dentre outros aspectos (Sanquetta et al., 2003). Assim, depreende-se a importância da realização de estudos sobre o desenvolvimento

das espécies florestais em espaçamentos variados, visando a um melhor conhecimento da sua interação com o meio onde estão inseridas.

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de cinco diferentes espaçamentos na produção de energia da madeira do clone *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus brassiana*, aos 4,2 anos de idade, implantado no estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Implantação e uso da madeira de *Eucalyptus* no Brasil

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, têm sua origem na Austrália. A literatura descreve mais de 700 espécies, cada uma com específicas exigências quanto a fertilidade de solo e à tolerância hídrica, o que possibilita diferentes condições de plantio (Cifloresta, 2013). A disseminação de sementes do gênero *Eucalyptus* no mundo começou no início do século XIX; no Brasil, há evidências de que as primeiras mudas foram plantadas no Rio de Janeiro no ano de 1825, porém, a introdução do gênero para fins comerciais tomou impulso no início do século XX (SANTOS, 2007).

O *Eucalyptus* tem grande importância comercial para o Brasil. O emprego industrial da madeira da referida espécie tem sido crescente, com plantações estabelecidas em mais de 500 municípios brasileiros, principalmente, para a produção de celulose, papel, lenha e carvão vegetal destinados às siderurgias, como forma alternativa de substituição do carvão mineral. Segundo o relatório da Indústria Brasileira de Árvores (2017), com ano base 2016, os plantios desta espécie ocupam 5,7 milhões de hectares da área de árvores plantadas do País e estão localizados por diversos Estados no país (Tabela 1), com destaque para Minas Gerais (24%), São Paulo (17%), Mato Grosso do Sul (15%) e no Nordeste, para a Bahia (11%).

Tabela 1. Distribuição dos plantios de eucalipto no Brasil por hectare

UF	Eucalipto (ha)
MG	1.438.971
SP	1.041.695
BA	605.464
PR	197.835
SC	106.588
MS	587.1

Fonte: Adaptado da Associadas *individuais e coletivas da ABRAF* e Pöyry silviconsult (2017).

A espécie se destaca por possuir rápido crescimento, alta produtividade, grande capacidade de adaptação e ampla diversidade de espécies, podendo ser aplicado em diferentes processos e com diversas finalidades, como produção de celulose, papel, energia, chapas,

compensados, aglomerados, carvão vegetal, madeira serrada, móveis, entre outros (FERREIRA, 2017).

As árvores de eucalipto se destacam por sua adaptação as diversas variações ambientais, desde áreas secas com solos pobres e arenosos, até em áreas com solos de alta fertilidade, fácil plantio com baixa necessidade de poda, crescimento retilíneo e necessitam de uma área útil menor em comparação às demais árvores (ALFENAS *et al.*, 2009).

O avanço da área de florestas plantadas no Brasil deve-se, sobretudo, ao aumento da fronteira florestal de silvicultura para produção de celulose, papel e energia limpa. De acordo com Simioni e Hoeflich (2010), em um estudo de prospecção para a geração de energia no Brasil, a biomassa florestal é apontada como uma fonte de energia renovável, principalmente com o aproveitamento de resíduos de outros processos de transformação, o que caracteriza um fator propulsor para o aumento de florestas plantadas.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações Florestais (2012), o Brasil possui a segunda maior área florestal do mundo. No país, as empresas de base florestal em estruturas produtivas de florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*, com objetivo de atender o mercado madeireiro, principalmente dos setores energético e industrial de papel e celulose. Dados recentes indicam que no Brasil de todas as florestas plantadas, 38,7% da sua madeira são destinadas para energia (ABRAF, 2012).

A maior parte da madeira para geração de energia no Brasil advém dos reflorestamentos de Eucalipto, no entanto, ainda pouco são escassas as informações do desempenho da cultura do eucalipto no Nordeste Brasileiro, sob diferentes condições de plantio e fatores edafoclimáticos, em particular, no Rio Grande do Norte. Porém, sabe-se que o referido Estado apresenta uma matriz energética com participação significativa da biomassa, com ênfase para o setor doméstico e industrial (GARIGLIO *et al.*, 2010). Esse interesse em fontes limpas e renováveis de energia tem crescido nos últimos anos como resultado da pressão ambiental e econômica sobre os combustíveis fósseis. O Brasil é atualmente o país que mais utiliza essa fonte de energia, com aproximadamente 16% do uso global de biomassa, seguido pelos Estados Unidos (9%) e Alemanha (7%) (VAKKILAINEN *et al.*, 2013).

Quando bem planejados e manejados adequadamente, os reflorestamentos de *Eucalyptus* tendem a produzir árvores de tronco retilíneo e uniformes e madeira com massa específica adequada para a obtenção de carvão de boa qualidade (PINHEIRO *et al.*, 2006). O que é reafirmado por Nones (2014), que indica o *Eucalyptus* como uma das melhores opções para a produção de carvão, por características de rusticidade e produtividade da madeira, enfatizando também as características silviculturais e físico-químicas da madeira do gênero,

que esta tem sido amplamente utilizada como matéria-prima para a produção de lenha e carvão vegetal, substituindo significativamente a utilização de madeiras provenientes de florestas nativas. Se tratando de florestas plantadas, é interessante observar o crescente suprimento de matéria prima destas florestas em substituição ao da extração de origem nativa. A participação da lenha da silvicultura em relação ao total consumido passou de cerca de 20% em 1990, para mais de 70% em 2013 (IBGE, 2014). Apesar desse importante avanço, nos últimos anos o Brasil tem tido dificuldades para impulsionar expansão das florestas plantadas.

A realidade do Nordeste Brasileiro, onde a forte exploração predatória da cobertura vegetal do bioma Caatinga, causado pelo aumento da demanda de madeira, que cresce a cada ano e o baixo estoque de madeira do bioma, a introdução de espécies do gênero *Eucalyptus* de rápido crescimento e de comprovada resistência ao déficit hídrico poderia ser uma alternativa sustentável para essa realidade (RIBEIRO; VALVERDE 2016).

2.2 Utilização da madeira no Rio Grande do Norte como fonte de energia

O Balanço Energético (BEN) do Estado do Rio Grande do Norte em 2005, evidenciou que a lenha e o carvão retratam 57,7% da energia consumida no setor residencial, no setor industrial 47,4% e no setor comercial 45,5% (SEDEC, 2006), o que enfatiza a importância que essa fonte energética tem para o Estado.

Em 2015 após levantamento de dados mais atualizados, o IBGE, indicou que no ano de 2011 a Região Nordeste produziu aproximadamente 30 milhões de estéreos de lenha, apontando que deste total, apenas 1,1 milhão de estéreos foram provenientes de reflorestamento. Nesse sentido, ressalta-se o avanço do desmatamento do bioma Caatinga, evidenciando-se o processo de supressão do mesmo, que nos últimos anos têm acontecido de forma desordenada e ilegal, acarretando danos ambientais e sociais. Ainda sobre o levantamento de dados do IBGE (2017), o Nordeste brasileiro produziu 16.349.314 metros cúbicos de lenha em 2015, correspondendo a mais de 60% da produção nacional, dando ênfase a expressiva participação dos Estados da Bahia, Piauí e Maranhão, que possuem plantios florestais com *Eucalyptus*.

A demanda por lenha está presente em toda a Região Nordeste, nos diversos setores, entretanto, os industriais têm sua demanda mais expressiva. No Rio Grande do Norte, dentre as diversas atividades que demandam a utilização de madeira, a ceramista tem destaque devido a sua parcela de contribuição na economia do Estado, com um faturamento médio anual de R\$ 208,16 milhões de reais, sendo o décimo maior produtor de cerâmica vermelha no Brasil e terceiro do Nordeste. Existem no Rio Grande do Norte cerca de 265 cerâmicas vermelhas, sendo 186 em plena atividade, grande parte da sua distribuição encontra-se nos polos do Seridó, Vale

do Açu e Grande Natal, segundo o último diagnóstico publicado pelo MMA (2018), baseado em dados do Instituto Nacional de Tecnologia (INT). Este setor tem alta dependência de lenha para alimentar os fornos responsáveis pela queima do material, onde boa parte da madeira utilizada é extraída de florestas nativas (CHAVES, 2016).

A indústria cerâmica é dependente de combustíveis para as atividades de queima e secagem de seus produtos. São utilizados como combustíveis são por exemplo: pó de serra, bucha de coco, óleos, carvão, gás natural, entre outros, contudo, a lenha é a fonte de combustível mais barata, sendo estabelecida como a principal fonte energética deste setor (GARLET, 2015). Em 2012 o Rio Grande do Norte se consolidou como o maior produtor de telhas do Brasil, consumindo em média 1,2 milhões de esteres de lenha (CTGÁS, 2012), segundo Garlet (2015), aproximadamente 50% do total deste volume, é oriunda da vegetação nativa da Caatinga.

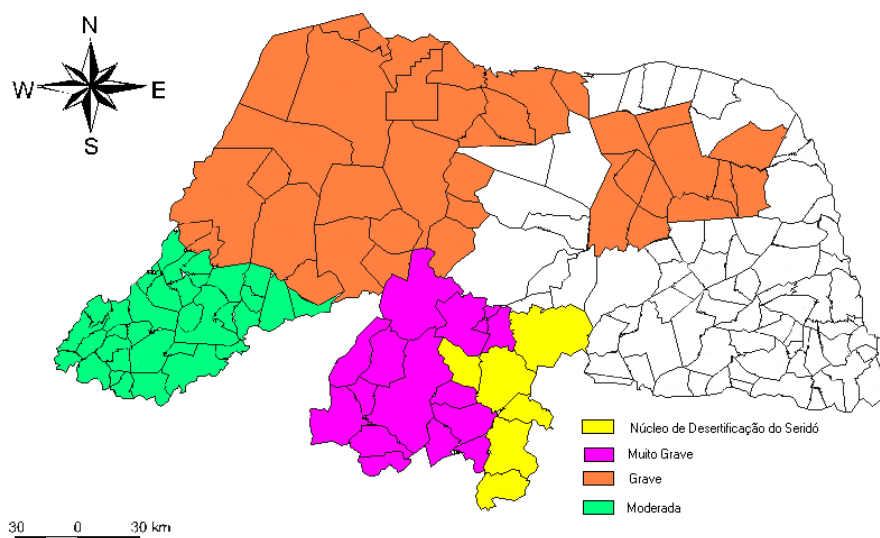
A Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó em um estudo realizado apontou que na região do Seridó Potiguar grande parte das espécies da vegetação da Caatinga eram exploradas, as principais sendo: Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), Aroeira (*Schinus terebinthifolius*), Catingueira (*Poincianela pyramidalis*), Faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*), Jurema (*Mimosa hostilis*), Marmeleiro (*Croton sonderianus*), Mufumbo (*Combretum leprosum*), Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), e também algumas que foram introduzidas na região, como: Algaroba (*Prosopis juliflora*), Cajueiro (*Anacardium occidentale*) e Aveloz (*Euphorbia tirucalli*) (SILVA, 2008).

Esse padrão de exploração da vegetação da Caatinga representa uma série de riscos, já que a retirada dessa lenha das áreas é feita de forma ilegal e sem nenhuma condição de manejo, o que pode levar à degradação do bioma devido à supressão de seus recursos e como consequência, desertificação de áreas (PAREYN, 2010). Somando-se também fatores como a extração excessiva de produtos florestais e agrícolas, as queimadas, a sobrecarga animal, o uso intensivo e manejo inadequado do solo, as recorrentes e prolongadas secas que afetam vários países e que amplificam ainda mais as consequências derivadas da ação humana (SÁ, 2010).

As extrações excessivas de espécies nativas estão relacionadas com o corte para lenha, para utilização na indústria ceramista e pecuária extensiva. Na atividade cerâmica, grandes quantidades de argila são retiradas dos solos, deixando crateras desiguais à amostra, impróprios para a agricultura. A pecuária extensiva, por sua vez, leva a um consumo de toda a vegetação herbácea deixando o solo descoberto ainda mais tempo nas épocas secas e, quando no início das chuvas, ficando plenamente exposto à erosão pelas chuvas de grande intensidade (PEREZ-MARIN, 2013)

No Mapa de Ocorrência da Desertificação do Brasil a Região do Seridó/RN apresenta áreas com Núcleos de Desertificação, com processos de degradação intensos, muito graves, graves e moderados (MMA, 1999). A projeção dos dados da desertificação no Rio Grande do Norte, como mostrado na Figura 1, indica a ocorrência do processo no Estado, explicitando a classe de intensidade, de acordo com as regiões afetadas.

Figura 1 – Áreas de ocorrência de desertificação no Estado do Rio Grande do Norte



Fonte: Adaptado CARVALHO; GARIGLIO; BARCELLOS (2000).

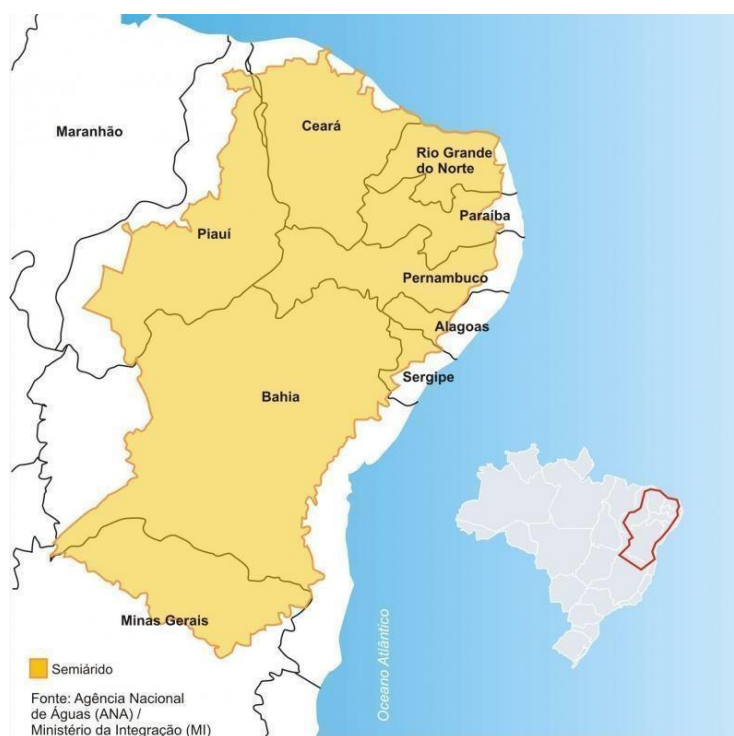
Com base em comparações de imagens Landsat TM dos anos de 1987 e 2000, observa-se que houve redução de 57% de vegetação ciliar, aumento de 113,6% de Caatinga aberta, redução de 21,3% das áreas de Caatinga semidensa e aumento de 23,7% da área de Caatinga densa, aumento de 70,6% para as áreas de solo exposto e de 39,8% para pastagens. A autora ainda aponta que a área de Caatinga aberta está associada às práticas de extração de lenha para a produção de pastagens, aproximadamente 19% (MACEDO, 2007).

A produção e a distribuição de biomassa em plantações florestais, principalmente do gênero *Eucalyptus*, têm sido bastante estudados, contudo, na região Nordeste, e principalmente no estado do Rio Grande do Norte trabalhos que abordem esse tipo de avaliação são praticamente inexistentes. Algumas espécies florestais têm sido plantadas na região com o intuito de compensar ou evitar o desmatamento, substituindo o uso de madeira nativa, no entanto, essas áreas ainda são muito pequenas. Dentre as justificativas para a ampliação dos plantios estão a escassez hídrica, má distribuição pluviométrica e condições inadequadas de solo na região (GARIGLIO, 2010).

Há de se considerar que o estado do Rio Grande do Norte está inserido no chamado “Novo Semiárido Brasileiro” (Figura 2), resolução do Conselho Deliberativo da Sudene de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017 e esse fato colabora para que atenções especiais sejam direcionadas no sentido de colaborar com a produção florestal, sob a atual condição. A área caracteriza-se pelo clima seco, com poucas chuvas e elevada evapotranspiração. No Brasil, a área considerada como semiárido, estende-se por 1,03 milhão de km² (12% da área do País) e atualmente congrega uma população de 25 milhões de pessoas (12% da população brasileira) vivendo em 1.189 municípios de nove estados da Federação (ASA, 2017).

Nos últimos anos, um Grupo de Trabalho coordenado pelo Ministério da Integração se dedicou a uma série de estudos e análises dos índices pluviométricos e de aridez e o percentual diário de déficit hídrico, que foram usados como critérios para adequar a delimitação para definir a nova composição da região semiárida. Segundo Articulação Semiárido Brasileiro (ASA, 2017) com base nos critérios de estabelecidos, o município de Macaíba no Rio Grande do Norte, passou a ser considerado área do que é chamado de região do Novo Semiárido.

Figura 2 - Mapa do Semiárido Brasileiro



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA) / Ministério da Integração (2017)

Diante disto, surge a necessidade de estudos visando a implantação e manejo, a exemplo da espécie *Eucalyptus*, que se apresenta como uma opção sustentável ao suprimento de matéria-prima para fins industriais e domésticos, cooperando com a conservação das florestas nativas.

2.3 Efeitos do Espaçamento de plantio sobre as propriedades da madeira

O espaçamento é um fator importante para produção de biomassa florestal, que tem como objetivo conferir espaço suficiente para que cada árvore em uma área, possa se desenvolver com a melhor qualidade possível e menor custo (MOULIN, 2017). Entre os diversos fatores para a produção florestal, o espaçamento exerce um dos papéis fundamentais no estabelecimento, condução da floresta e custos de produção, uma vez que pode influenciar a taxa de crescimento das árvores, a qualidade da madeira, a idade de corte, bem como práticas de implantação, manejo e colheita (SANTOS, 2011).

O espaçamento de plantio têm sido um importante parâmetro para a produção de madeira das principais empresas de base florestal no mundo, visto que estas estão investindo cada vez mais em experimentos adensados e com ciclos curtos de rotação. No entanto, deve-se considerar que cada espécie reage de maneira diferente às condições de plantio impostas, apresentando variações nas propriedades da madeira produzida (BRITO, 2019).

O fator em estudo exerce grande importância por influenciar em várias características quantitativas e qualitativas para o desenvolvimento das árvores com relação aos aspectos tecnológicos, silviculturais e econômicos, por ser associado diretamente a morfologia das árvores e no seu crescimento (fisiologia). Os espaçamentos nos povoamentos florestais não devem ser estabelecidos para cada espécie ou local, mas sim estudados em cada situação, sendo importante levar em consideração o uso do produto, solo, clima, tratos culturais e tipos de equipamentos, implantação e colheita (SANTOS, 2011).

No Brasil, como existem diversas regiões e realidades edafoclimáticas, as empresas também têm desenvolvido estudos com espaçamentos, visando possibilitar melhor a mecanização das atividades de implantação, manutenção e exploração da madeira em diferentes condições de plantio. A literatura apresenta a preferência das empresas por espaçamentos com três metros entrelinha, que facilita a movimentação do maquinário durante manejo, exploração e baixo risco de danos (BRITO *et al.*, 2008).

A literatura cita vários estudos investigando o efeito do espaçamento sobre a produção de madeira por hectare em volume e biomassa para espécies de *Eucalyptus*. Em espaçamentos pouco adensados, a população é pequena, permitindo o desenvolvimento de maiores diâmetros nas árvores, maior copa e com ramificações, o que pode gerar a presença de muitos nós que podem influenciar na qualidade da madeira, dependendo dos objetivos finais onde se pretende utilizá-la (LIMA, 2013).

Em plantios adensados, ocorre maior competição por luz e a área útil que se estabelece entre as árvores apresenta grande influência no crescimento volumétrico em lenho. Maiores espaçamentos promovem um maior volume por árvore, enquanto em menores espaçamentos mostram-se maiores volumes por área, indicando a influência do espaçamento nas características de crescimento (volume e diâmetro) e sobrevivência dos povoamentos (SEREGHETTI, 2015).

Garcia *et al.* (1991) afirmam que os plantios mais amplos tendem a produzir madeiras com valores mais baixos de densidade básica. A densidade da madeira é uma característica intimamente relacionada tanto com a caracterização de qualidade do material quanto com a demanda de matéria-prima para múltiplos produtos. característica herdável, é preciso conhecer o comportamento quando submetidas aos diversos tratamentos silviculturais e condições ambientais. Considerando a madeira como um produto do processo de crescimento das árvores e assumindo que os fatores que afetam o ritmo de crescimento também afetam a madeira produzida, a resposta das árvores ao aumento do espaçamento pode variar, de acordo com a relação das características de crescimento de interesse (SANTOS, 2011).

Os estudos sobre o efeito do espaçamento nas propriedades da madeira, tem como um dos principais focos o efeito desse fator sob a densidade básica, por ela ser relacionada com outras propriedades da madeira, além da fácil determinação. Observa-se a carência de trabalhos científicos que relacionem a densidade de plantio de árvores jovens às outras propriedades da madeira (BRITO, 2019). Rocha (2018), em sua pesquisa sobre o efeito do espaçamento na produtividade da madeira, verificou que há uma tendência de aumento nos valores médios da densidade básica obtidos à medida que se aumenta os espaçamentos. Esse aumento da densidade básica pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes maiores áreas úteis, ou seja, a competição entre as árvores não é significativa, o que contribui diretamente para o aumento dessa propriedade. Outro fator a ser levantado é a alta taxa de mortalidade apresentada em espaçamentos mais adensados, as árvores suprimidas que acabam morrendo não são contabilizadas no inventário o que dificulta a predição do crescimento e espaçamento ideal ao final da rotação.

O espaçamento pode afetar o desenvolvimento e a produtividade das florestas, principalmente para as espécies de rápido crescimento. Sob o aspecto do crescimento vegetal, o espaçamento determina o tempo e a intensidade da competição pelos recursos entre as árvores, sendo que elas entram em competição quando os recursos disponíveis diminuem (HARRINGTON *et al.*, 2009).

Para espécies de rápido crescimento, o espaçamento de plantio influencia diretamente na qualidade da madeira produzida. Sabendo que, o espaçamento adequado é aquele capaz de produzir o maior volume de madeira, em tamanho, forma e qualidade desejável em função do sítio, da espécie e das finalidades para o uso (BERGER, 2000)

O crescimento em diâmetro é uma característica altamente dependente dos espaçamentos, então em espaçamentos menores ocorre maior produção de biomassa por unidade de área, em decorrência da maior concentração de indivíduos (SEREGHETTI, 2015). Porém em regiões onde se tenha solos com baixa fertilidade e índices pluviométricos reduzidos, a escolha do espaçamento ideal torna-se indispensável tendo em vista que estas áreas suportam menos indivíduos (BERGER, 2000).

A quantidade de plantas, ou seja, a densidade de plantio, irá influenciar diretamente no desenvolvimento da planta, resultando em diferença de DAP, volume individual e, por consequência o volume por área. Neste sentido, recomenda-se implantar o espaçamento se baseando no produto que se deseja obter. Maiores espaçamentos permitem maior área útil disponível para cada planta, resultando em maior volume individual e, em menores espaçamentos resultam menor ganho individual (SEREGHETTI, 2015).

A madeira é considerada um material heterogêneo e possui diferentes tipos de células responsáveis por desempenharem funções específicas, tornando a composição química e anatômica da madeira diferente entre espécies, e até mesmo dentro da própria árvore, isso pode ocorrer também em função de fatores ambientais (sítio), material genético, fatores de implantação e idade. Algumas das características da madeira, como densidade, dimensões da fibra e composição química sofrem rápida elevação de seus valores no decorrer dos anos, principalmente nos primeiros anos, até atingirem a maturidade, quando os seus valores tendem a permanecer constantes (TRUGILHO *et al.*, 1996).

O espaçamento inadequado pode evidenciar os efeitos da competição hídrica e nutricional sobre as plantas, diminuindo a produtividade da floresta. A competição entre plantas em busca de luz é muito mais intensa nos espaçamentos mais reduzidos, em função da necessidade da árvore ampliar ao máximo a superfície foliar e cobrir sua necessidade de assimilação, o que interfere diretamente nos processos bioquímicos da formação e desenvolvimento da madeira, como também no processo de conversão (LELES *et al.*, 1998).

A quantidade de calor desprendida da madeira é muito importante para conhecer a capacidade energética de uma determinada espécie e é influenciada por diversos fatores, entre eles a densidade e a composição química da madeira, especialmente, teores de extrativos, cinzas, lignina (SANTOS, 2011). Zobel e Buitjeenen (1989) afirmam que a madeira juvenil

apresenta maiores teores de lignina quando comparada à madeira adulta em maiores espaçamentos, o que foi reafirmado por Rocha (2018), onde em seu ensaio, indicou que os teores de lignina foram maiores para espaçamentos a partir de 3,0 x 3,0 m, que possivelmente apresentam uma maior porcentagem de madeira juvenil no seu fuste.

Sartório (2014) encontrou em seus estudos que o teor de cinzas diminuiu e em determinado momento se estabilizou com o passar da idade, enquanto o poder calorífico superior (PCS) da madeira aumentou e estabilizou, independentemente do espaçamento e clone. A densidade básica da madeira tendeu também a aumentar com a maturidade da árvore, assim como a densidade energética, na qual seu aumento foi reflexo tanto da alteração da densidade básica, quanto do PCS com o passar da idade.

A massa seca de madeira é também considerada um parâmetro importante quando a madeira é destinada à produção de energia, sendo desejável uma maior quantidade de massa seca por área ao final do ciclo de rotação. Espaçamentos mais amplos proporcionam uma maior quantidade de massa seca individual, em função dos maiores valores de densidade básica e de volume de madeira (TRUGILHO, 2009). Ferreira *et. al.* (1997) afirma que em plantios mais adensados com o decorrer do tempo, a ocorre a estagnação do crescimento em idades mais jovens e, nos plantios com espaçamentos mais amplos, a estagnação do crescimento ocorre em idades mais avançadas.

A importância da escolha do espaçamento mais adequado, para cada indivíduo, o espaço suficiente para conseguir o máximo crescimento. Portanto, o critério de escolha do modelo de espaçamento deve ser realizado de acordo com a finalidade que a madeira será utilizada, já que este fator exerce grande influência sob o produto final (LIMA *et al.*, 2013).

LITERATURA CITADA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, Brasil. **Atlas do Nordeste**, 2017 Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br>> Acesso em: 12 set. 2018.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, A. A. V.; MAFIA, R. G.; DE ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500p.

ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO – ASA, Brasil. Diagnóstico de Agroecossistema - Um olhar ampliado sobre a trajetória das famílias do Semiárido. Disponível em < <http://www.asabrasil.org>> v. 11, 2017. Acesso em: 18 set. 2018.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF, Brasil. **Anuário estatístico da ABRAF 2012** ano base 2011. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.zip>> Acesso em: 30 set. 2018.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – BEN, Brasil. **Balanço Energético Nacional**, Ano Base 2015. Empresa de Pesquisa. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética - Rio de Janeiro: EPE, 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/default.aspx?anoColeta=2015>> Acesso em: 3 out. 2018.

_____. **Balanço Energético Nacional** Empresa de Pesquisa. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética - Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: < <https://ben.epe.gov.br/default.aspx?anoColeta=2016>> Acesso em: 3 out.2018.

BERGER, R. Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização. **Santa Maria**, 2000.

BRITO, A. S. et al. Effect Of Planting Spacing In Production And Permeability Of Heartwood And Sapwood Of Eucalyptus Wood. *Floresta e Ambiente*, v. 26, n. SPE1, 2019.

BRITO, J. O.; SILVA, H. D. da; SILVA JÚNIOR, F. G. da. Florestas Energéticas. **Agricultura Tropical - Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**, Edition: 1, Chapter: Parte 8 - Agroenergia - Capítulo 3 - Florestas Energéticas, Publisher: EMBRAPA, Editors: Ana Cristina Sagebin Albuquerque, Aliomar Gabriel da Silva, pp.16, 2008.

CARVALHO, A. E. de; GARIGLIO, M. A.; BARCELLOS, N. D. E. **Caracterização das áreas de ocorrência de desertificação no Rio Grande do Norte**. Natal: [s.n.], 2000.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTA – CIFLORESTA. **A cultura do Eucalipto e o consumo de água**, 2013. Disponível em < <http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=8253>> Acesso em> 12 set. 2018

CENTRO DE TECNOLOGIA DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS - CTGÁS-ER, Rio Grande do Norte. **Diagnóstico da indústria de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Norte**. Relatório Final. Natal: CTGAS-ER/MCT/SEBRAE-RN, 2012. 134 p.

CHAVES, A. G. da C. **Diagnóstico da exploração de lenha em planos de manejo sustentável na caatinga do Rio Grande do Norte**. 2016. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

DRUMOND, M. A.; DE OLIVEIRA, V. R. Seleção de espécies/procedências do gênero *Eucalyptus* potenciais para o semi-árido do Brasil. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESO LATINOAMERICANO IUFRO, 2., 2006, La Serena, Chile. Trabajos completos... La Serena: IUFRO; INFOR; FAO, 2006., 2006.

FERREIRA, G. W.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E.B.; ASSIS, T. F.; RATNIEKS, E.; SILVA, M. C. M. Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 41-63, 1997.

FERREIRA, M. C.; SANTOS, R.C. dos; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. de C. O.; SILVA, G. G. C. da; CASTRO, A. F. N. M.; COSTA, S. E. de L., PIMENTA, A. S. Biomass and energy production at short rotation *Eucalyptus* clonal plantations deployed in Rio Grande do Norte. *Revista Árvore*, v. 41, n. 5, 2017.

GARCIA, C. H.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S. F. **Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos**. IPEF, 1991.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. 2010.

GARLET, A. **O manejo florestal comunitário da caatinga em projetos de assentamentos rurais na Paraíba**. 2015. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). *Forest Ecology and Management*, v. 258, n. 1, p. 18-25, 2009.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBA. **Relatório 2016**. pg.77, Brasília, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, 2014. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2014/default.shtm>> Acesso em: 20 set. 2018.

_____. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/291>>. Acesso em: 20 set. 2018.

LELES, P.S.S. dos; REIS, G. G. dos; REIS, M das G. F.; MORAIS, E. J. de. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. *Revista Árvore*, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LIMA, R.; INOUE, M. T.; FIGUEIREDO FILHO, A. A.; ARAÚJO, A. J. de; MACHADO, S. do A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. *Floresta e Ambiente*, v. 20, n. 2, p. 223-230, 2013.

MACEDO, M. R. O. B. C. **Uma abordagem temática e espectral de áreas passíveis à desertificação na Região do Seridó RN/PB**. Recife: UFPE, 2007. 129 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Informação) Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, Brasil. **Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África**. Brasília, 1999.

_____. **Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Brasília: MMA/SBF, 2016.

_____. **Biomassa para energia no Nordeste: atualidades e perspectivas** [Recurso eletrônico]. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília: MMA/DF, 2018.

MOULIN, J. C. et al. Effect of spacing, age and irrigation on the volume and basic density in *Eucalyptus*. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

NONES, D. L.; BRAND, M. A. CUNHA, A. B. CARVALHO, A.F.; WEISE, S. M. K. Determinação das propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal produzido a partir de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 45, p. 57-64, 2014. DOI: 10.5380/rf.v45i1.30157.

PAREYN, F. G. C. Os recursos florestais nativos e a sua gestão no Estado de Pernambuco: o papel do manejo florestal sustentável. **GARIGLIO, MA et al. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília, p. 99-115, 2010.

PAULESKI, D. **Influência do espaçamento sobre o crescimento e a qualidade da madeira de *Pinus taeda* L.** 2010. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. de M. B.; MEDEIROS, S. S. de; TINÓCO, L. B de; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação do semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2013.

PINHEIRO, P. C. C.; VIANA, E.; REZENDE, M. E. A.; SAMPAIO, R. S. **A produção de carvão vegetal**. Belo Horizonte: [s.n.], 2006. 103 p

RIBEIRO, G. B. D.; VALVERDE, S. R. Breve elucidación sobre os leilões de energia e o potencial da biomassa florestal. **Revista Madeira, Palmas**, p. 43-45, 2016.

ROCHA, M. F. V. et al. Influence of plant spacing on the bark properties of a *Eucalyptus* clone. **Revista Árvore**, v. 42, n. 5, 2018.

SÁ, I. B. CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H de C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2010.

SANTOS, M. D dos. **Efeito do espaçamento de plantio na biomassa do fuste de um clone híbrido interespecífico de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla***. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.

SANTOS, P. E. T. dos; BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da; PALUDZYSZYN FILHO, E. Produção e colheita de sementes de eucaliptos subtropicais na Embrapa Florestas. **Embrapa Florestas. Comunicado técnico**, 2007.

SANTOS, R. C. dos; CARNEIRO, A de C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O.; BIANCHE, J. J.; SOUZA, M. M.; CARDOSO, M. T. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 90, p. 221-230, 2011.

SARTÓRIO, I. P. **Avaliação e modelagem do crescimento de florestas energéticas de eucalipto plantadas em diferentes densidades**. 2014. 137f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – SEDEC, Rio Grande do Norte. **Avaliação preliminar do setor mineral do Rio Grande do Norte**. Natal, 2006.

SEREGHETTI, G. C.; LANÇAS, K. P.; SARTORI, M. S.; REZENDE, M. A.; SOLER, R. R. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SILVA, E.; DANTAS, A.; LUCENA, D.; VIANA, J.; SILVA, J.; LIMA, M.; SANTOS, M.; ARAÚJO, S.; NASCIMENTO, S.; LIMA, T.; NASCIMENTO, V. Diagnóstico do Uso da Lenha nas atividades agroindustriais do território do Seridó. **Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó-ADESE & Cooperação Técnica Alemã-GTZ**. Caicó/RN. Disponível em: http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachments/490/Diag%20B3stico_do_Uso_da_Lenha_no_Territ%20B3rio_do_Serid%20B3.pdf. ANEXOS, 2008.

SIMIONI, Flávio José; HOEFLICH, Vitor Afonso. Cadeia produtiva de energia de biomassa na região do Planalto Sul de Santa Catarina: uma abordagem prospectiva. **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, 2010.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS – SNIF, Brasil. **Boletim de Produção Florestal**. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/2230-boletim-snif-producao-florestal-2012/file>>.

TRUGILHO, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1228-1239, 2009.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

VAKKILAINEN, E.; KUPARINEN, K.; HEINIMÖ, J. Large industrial users of energy biomass. In: **IEA Bioenergy Task**. 2013. p. 2013.

ZOBEL, B. J.; BUITJEENEN, J. P. *Wood Variation Its Causes and Control* Springer-Verlag. **New York**, 1989.

**HÁ EFEITO DO ESPAÇAMENTO SOBRE A PRODUÇÃO DE ENERGIA DA MADEIRA DO
CLONE IMPLANTADO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE?**

HÁ EFEITO DO ESPAÇAMENTO SOBRE A PRODUÇÃO DE ENERGIA DA MADEIRA DO CLONE IMPLANTADO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE?

Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes*; Rosimeire Cavalcante dos Santos; Renato Vinícius Oliveira Castro; Graziela Baptista Vidaurre; Gualter Guenther Costa da Silva; Ananias Francisco Dias Júnior; Sarah Esther de Lima Costa; Cynthia Patrícia de Sousa Santos; Allyson Gomes da Silva; Sofia Maria Gonçalves Rocha; Otávio Camargo Campoe; Rafaela Lorenzato Carneiro;

***Corresponding author: Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rodovia RN 160, Km 03, s/n - Distrito de Jundiá, Macaíba - RN, 59280-000, Brasil, Caixa Postal 07, Fone: +55 (84) 3342-4800, e-mail: izabelle.rodriguesferreira@gmail.com **Rosimeire Cavalcante dos Santos, Gualter Guenther Costa da Silva, Sarah Esther de Lima Costa, Cynthia Patrícia de Sousa Santos and Allyson Gomes da Silva**: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rodovia RN 160, Km 03, s/n - Distrito de Jundiá, Macaíba - RN, 59280-000, Brasil. **Graziela Baptista Vidaurre, Ananias Francisco Dias Júnior and Sofia Maria Gonçalves Rocha**: Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Lindemberg, 316 - Centro, Jerônimo Monteiro - ES, 29550-000, Brasil. **Renato Vinícius Oliveira Castro**: Universidade Federal de São João Del Rei, MG-424, Km 47, s/n - Indústrias, Sete Lagoas - MG, 35701-970, Brasil. **Rafaela Lorenzato Carneiro and Otávio Camargo Campoe**: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Via Comendador Pedro Morganti, 3500 – Monte Alegre, 13415-000, Piracicaba - SP, Brasil.

Resumo: O trabalho objetivou avaliar a influência dos espaçamentos de plantio na produção de energia da madeira do clone *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus brassiana*, aos 4,2 anos de idade, implantado no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, disposto no esquema fatorial (10 x 5). O primeiro fator sendo composto por diferentes posições no sentido base-topo da árvore, por cinco diferentes espaçamentos de plantio (3 x 0,5 m; 3 x 1,5 m; 3 x 3 m; 3 x 5 m e 3 x 6,5 m) e foram utilizadas três repetições cada, totalizando 15 árvores. Foram realizadas as análises de densidade básica e poder calorífico superior da madeira, assim como determinada a produtividade volumétrica em lenho a cada 6 meses, durante os 4,2 anos e, por fim, o incremento médio anual e a produção de energia da madeira em m³ e por hectare. A diferença entre os espaçamentos confirma que o espaçamento 3 x 3 m favoreceu o incremento de densidade básica e produção volumétrica em lenho, apresentando os melhores resultados, 0,64 g.cm⁻³ e 145 m³/ha respectivamente, não

havendo diferença significativa para o poder calorífico superior, e sendo assim, o mais apropriado ao se considerar a produção de madeira para destinação energética. Se o objetivo for a produção volumétrica mesmo com diâmetros pequenos, deve-se optar por espaçamentos menores, quando maiores diâmetros, a opção é por espaçamento maiores.

Palavras chave: área útil, densidade de plantio, produção volumétrica, incremento anual, caatinga

IS THE EFFECT OF THE SPACING ON THE ENERGY PRODUCTION OF THE CLONE WOOD IMPLEMENTED IN THE STATE OF RIO GRANDE DO NORTE?

Abstract: The objective of this work was to evaluate the influence of planting spacings on Madeira 's energy production. They are cloned *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus brassiana*, At 4.2 years old, implanted in the State of Rio Grande do Norte, Brazil. The experimental design was completely randomized, arranged in the factorial scheme (10 x 5). The first one was made because it was composed of different parts of the soil (3 x 0.5 m, 3 x 1.5 m, 3 x 3 m, 3 x 5 m and 3 x 6.5 m) and were the three replicates , totaling 15 trees. The evaluation of basic nutrition and calorific power of the wooden, such as body liquid in the year and the production of wood in m³. and per hectare. The difference between the spaces confirming the spacing 3 x 3 m favored the increase of basic density and the volumetric production in comparison, presenting the results of the results, 0.64 g.cm⁻³ and 145 m³ / ha, with no difference significant higher calorific value, and thus being the most appropriate to consider a production of wood for energy destination. The objective is a volumetric production even with small diameters, it must be made by smaller spaces, when larger diameters, the option is by greater spacing.

Key words: useful area, planting density, volumetric production, annual increase, caatinga

1 INTRODUÇÃO

A demanda por lenha está presente em toda a Região Nordeste, nos diversos setores (domiciliar, industrial, comercial), entretanto, o setor industrial tem sua demanda mais expressiva, sendo 508,980 Tms/ano, segundo dados apresentados pela APNE (2019). No Rio Grande do Norte, dentre as diversas atividades que demandam a utilização de madeira, a ceramista tem destaque devido a sua parcela de contribuição na economia do estado. Este setor tem alta dependência de lenha para alimentar os fornos responsáveis pela queima do material, onde boa parte da madeira utilizada é extraída de florestas nativas (CHAVEZ, 2016).

De acordo com Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2016) o consumo de madeira como fonte de energia no estado do RN é 47,6% pelo setor industrial e de 53,4% pelo setor residencial. Contudo, a exploração florestal, em sua maioria, ocorre de forma não planejada, resultando no desmatamento acelerado da Caatinga, colocando em risco a sua biodiversidade e o potencial de seus recursos naturais. Pareyn (2010) constatou que 59% da lenha consumida da Caatinga vem de desmatamentos ilegais.

No Brasil, o gênero *Eucalyptus* é uma espécie potencial ao aumento da produção de madeira para diversos fins, incluindo uso energético, devido à adaptação deste às diferentes condições edafoclimáticas do país e, também, pelo rápido crescimento. Várias pesquisas e programas de melhoramento foram iniciados a fim de gerar indivíduos superiores geneticamente (VAKKILAINEN et al, 2013). O estado do Rio Grande do Norte (RN) - Brasil, não há registros relevantes de trabalhos de pesquisa que respondam sobre a viabilidade de implantação do gênero visando, de modo especial, utilizar a madeira como fonte de energia, uma vez que o estado é dependente do combustível.

No entanto, uma vez que se pretende implantar um povoamento florestal há de se considerar a importância do efeito do espaçamento sobre a produção volumétrica e qualidade da madeira. As empresas de base florestal estão em busca do aumento da produção de madeira por unidade de área, tentando identificar, nos regimes de manejo, a técnica que agrega mais fortemente qualidade ao produto final por eles gerado.

Entre os diversos fatores condicionantes da produção florestal, o espaçamento exerce um dos papéis fundamentais no estabelecimento, condução da floresta e custos de produção, uma vez que pode influenciar a taxa de crescimento das árvores, a qualidade da madeira, a idade de corte, bem como práticas de implantação, manejo e colheita (RIBEIRO, 2017).

Assim, indicar uma opção alternativa para o setor industrial do RN por meio do uso da madeira de uma espécie florestal exótica, de rápido crescimento e alta adaptabilidade às diversas condições no Brasil, como fonte de energia, é uma forma de reduzir a supressão do bioma Caatinga e colaborar com as questões ambientais, sociais e econômicas da comercialização e uso da madeira no estado.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de cinco diferentes espaçamentos na produção de energia da madeira do clone *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus brassiana*, aos 4,2 anos de idade, implantado no estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Projeto TECHS

O presente trabalho compõe a rede experimental internacional do TECHS (Tolerance of Eucalyptus Clones to Hydric and Thermal Stresses). O projeto tem como objetivo investigar o crescimento do eucalipto em todo o gradiente climático brasileiro e porção norte do Uruguai. O projeto foi lançado em 2011 com o objetivo principal de entender e quantificar como o clima limita a produção clonal de eucaliptos (BINKLEY et al., 2017).

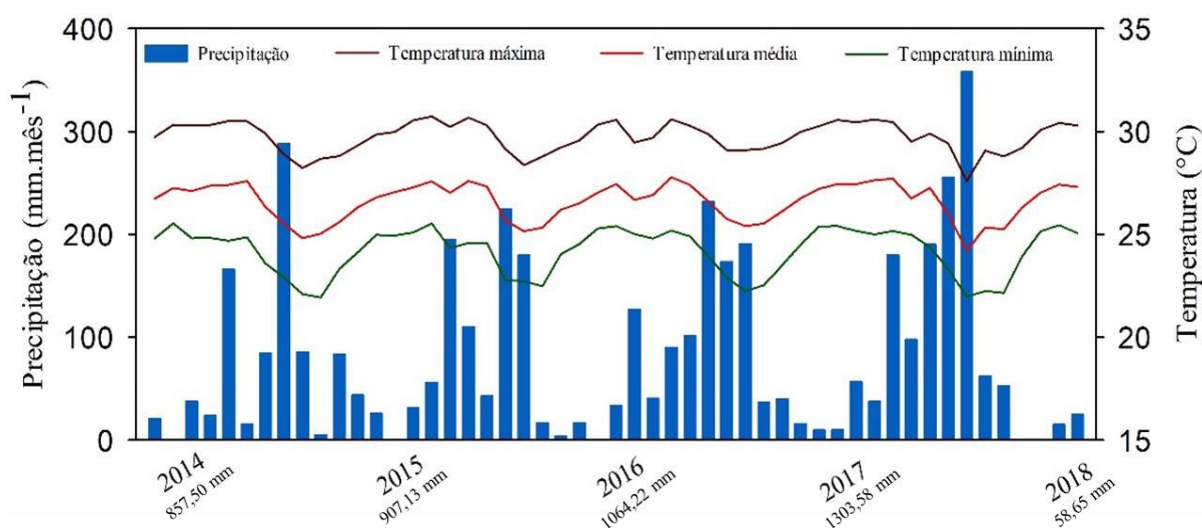
2.2 Área de estudo e características do experimento

O estudo foi realizado na área de experimentação florestal da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (UAECIA), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), município de Macaíba/RN onde foi instalado em 13 de novembro de 2013, período seco da região, tendo fator de variação diferentes densidades de plantio. Dentre 10 clones, do clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus brasianna*, foi selecionado como objeto de estudo deste trabalho.

O município de Macaíba/RN foi incluído na nova delimitação do semiárido proposta pela superintendência do desenvolvimento do nordeste (SUDENE), desde novembro de 2017 (SUDENE, 2017). Os dados meteorológicos para o período foram obtidos do pluviômetro instalado próximo ao experimento, em Macaíba – RN (precipitação), em que, os dados em escala horária foram transformados para escala diária, seguindo os pressupostos para preenchimento de falhas em planilhas meteorológicas propostos por Rocha, 2018.

Na Figura 1 estão apresentados dados mensais, por ano, para precipitação e temperatura em Macaíba/RN, para o período compreendido entre 2014 e 2018.

Figura 1 Dados de precipitação (mm/mês) e temperatura °C do Município de Macaíba/RN e temperatura (°C) para o município de Macaíba/RN no período de janeiro de 2014 a janeiro de 2018

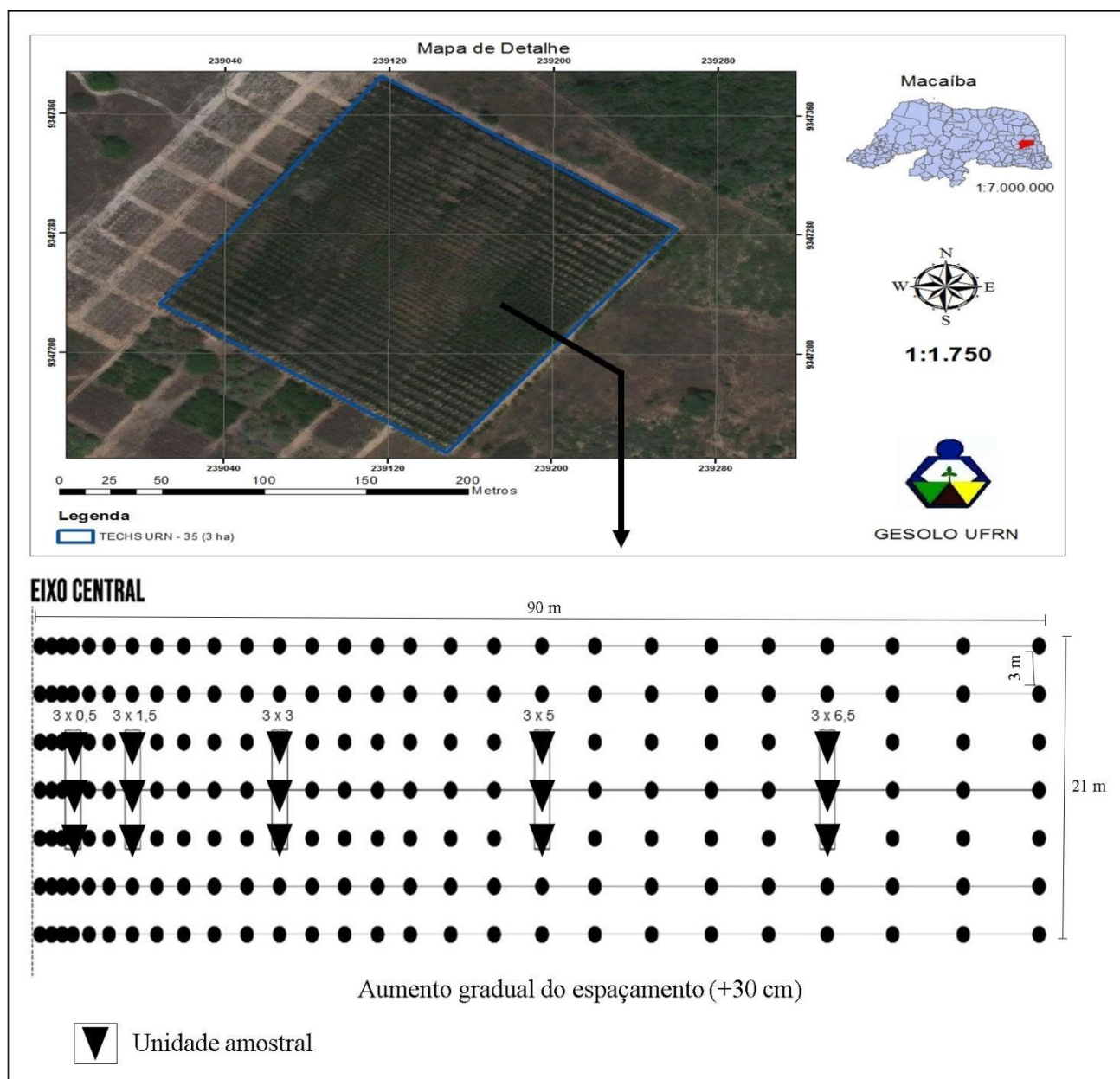


Embora as temperaturas médias, máximas e mínimas sejam elevadas durante todo o ano, a precipitação média anual de $1044,61 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ é relativamente alta (figura 1), em relação a outros locais do Brasil para o mesmo período (Rocha, 2018). Percebe-se que há significativa sazonalidade na distribuição da precipitação durante os meses do ano para os quatro anos, em que, no primeiro trimestre, há menor incidência de precipitação e no segundo trimestre concentração de altos índices pluviométricos, seguidos novamente por períodos de estiagem.

O preparo do solo foi realizado com duas gradagens cruzadas. Houve distribuição de calcário, na dosagem de $2.000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Posteriormente, foi realizado sulcamento na linha de plantio com adubação de $350 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N-P-K (06-36-06). Realizou-se a adubação de cobertura em covas laterais com $100 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ (6-36-6) e a de manutenção a lanço, na projeção da copa (abril/2014), $400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N-P-K (14-36-14). No mesmo período aplicou-se $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de micronutrientes FTEBR12 (MEDEIROS, 2018). O solo da área é um Latossolo Amarelo, de textura arenosa e apresenta topografia plana (BELTRÃO et al., 1975).

O delineamento experimental adotado para implantação do experimento foi sistemático com fator quantitativo contínuo, adaptado ao proposto por Nelder (1962). Os delineamentos sistemáticos com fator quantitativo contínuo são aqueles em que os tratamentos representam doses ou valores crescentes de um determinado fator e que são arranjados nas unidades experimentais em ordem crescente ou decrescente, baseando-se na homogeneidade da área experimental e na baixa correlação entre parcelas vizinhas. O plantio das árvores foi linear, com um aumento gradual no espaço entre as árvores, mantendo distância nas entrelinhas constante de 3 m.

Figura 2 Delineamento experimental do TECHS URN - 35, localizado em Macaíba-RN (parte superior da figura) com 10 clones, cada clone ocupa uma parcela de 7 linhas e 27 espaçamentos entre árvores dentro das linhas. Disposição das árvores na parcela experimental avaliadas no estudo com o clone *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus brassiana* (parte inferior da figura)



Para o estudo foram avaliadas as madeiras de 15 árvores do híbrido de *E. urophylla* x *E. brassiana*. Desconsiderando as duas linhas de cada lateral (bordadura), a parcela útil para realização da pesquisa constituía-se de três linhas, com 24 plantas em cada uma dessas, e cinco espaçamentos de plantio foram avaliados, enquanto fonte de variação.

Para os valores do percentual de sobrevivência e mortalidade em cada espaçamento foram utilizados dados obtidos através de inventário florestal aos 54 meses. Sendo mensurado

o diâmetro na altura do peito (DAP) de todas as árvores da parcela com o auxílio de uma fita métrica, altura (h) com o auxílio de um hipsômetro analógico e contagem de indivíduos mortos.

2.3 Amostragem da madeira e preparo das amostras

Para realização dos estudos sobre as características tecnológicas e produção de energia da madeira, inicialmente, foram selecionadas três árvores por espaçamento de plantio totalizando 15 árvores, sob boas condições fitossanitárias, livre do efeito bordadura e representativas quanto ao diâmetro médio do povoamento obtido pelo inventário florestal. Destas foram retirados discos, com 10 cm de espessura, em 10 diferentes posições no tronco no sentido longitudinal, a saber: 0% - base; DAP; 12,5%; 25%; 37,5%; 50%; 67,5%; 75%; 87,5% e 100%, sendo esta última correspondente à altura comercial da árvore. Cada disco foi dividido em 4 cunhas opostas, onde duas destas foram destinadas para a análise da densidade básica e as demais para a determinação da análise química imediata e do poder calorífico superior (PCS) da madeira.

2.4 Determinação das propriedades e da produção de energia da madeira, em cada espaçamento avaliado

A determinação da densidade básica da madeira foi determinada a partir de uma média aritmética das densidades das respectivas cunhas, ao longo do tronco, de acordo com a norma NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003).

O poder calorífico superior da madeira foi determinado seguindo a norma ASTM D2015 – 96, o material obtido foi macerado no moinho tipo Wiley, logo após foi peneirada com malhas de 40 mesh e 60 mesh, sendo utilizada a que ficou retida nesta última. As análises foram realizadas de maneira composta por cada espaçamento avaliado.

A produção volumétrica em lenho foi determinada, em cada tratamento, a partir da cubagem de 03 árvores-amostra, aos 4,2 anos de idade. A cubagem rigorosa consistiu em seccionar o fuste em várias partes, mensurando-as individualmente. Após calcular o volume dessas partes, somou-se estes volumes para obter o volume total do fuste, conforme método de Smalian (SOARES et al., 2011), de acordo com a equação 1, onde: AS_1 e AS_2 são as áreas seccionais obtidas nas extremidades de cada seção, em m^2 , e L é o comprimento da seção.

O volume de cada árvore foi obtido pelo somatório dos volumes individuais, de acordo com a equação 2. Após o cálculo do volume real (V), foi determinado o fator de forma (f) médio para cada tratamento, de acordo com a equação 3, onde: f corresponde ao fator de

forma; V_{real} é o volume real da árvore e $V_{cilindro}$ é o volume de um cilindro que apresenta diâmetro igual ao DAP da árvore objeto de mensuração.

Para a estimativa do volume real em lenho de cada árvore do experimento, foi aplicada a metodologia proposta por Soares et al., (2011), de acordo com a equação 4, onde: V é o volume do fuste de uma árvore; DAP refere-se ao diâmetro na altura do peito (1,30 m); H é a altura expressa em metros; \bar{f} é o fator de forma médio. Em seguida somou-se os volumes das árvores sobreviventes e a produção de cada tratamento foi extrapolada para um hectare.

1	2	3	4
$Vi = \frac{AS_1 + AS_2}{2} * L$	$V = \sum Vi$	$f = \frac{V_{real}}{V_{cilindro}}$	$V = \frac{\pi DAP^2}{4} H \bar{f}$

A determinação do incremento médio anual (IMA) é a simples divisão da produção pela idade em m³/ha.ano. Para os valores de produção de energia da madeira, em kcal.m³, em cada espaçamento foi realizada a partir da multiplicação da massa seca da madeira, referente a densidade básica (kg.m³), pelo seu poder calorífico superior (kcal/kg). A fim de se obter o resultado em kcal.ha⁻¹ multiplicou-se a energia produzida por metro cúbico de madeira (kcal.m⁻³) pela produtividade média de cada espécie (m³.ha⁻¹), de acordo com a metodologia utilizada por Santos et al. (2013).

2.4 Análises estatística dos dados

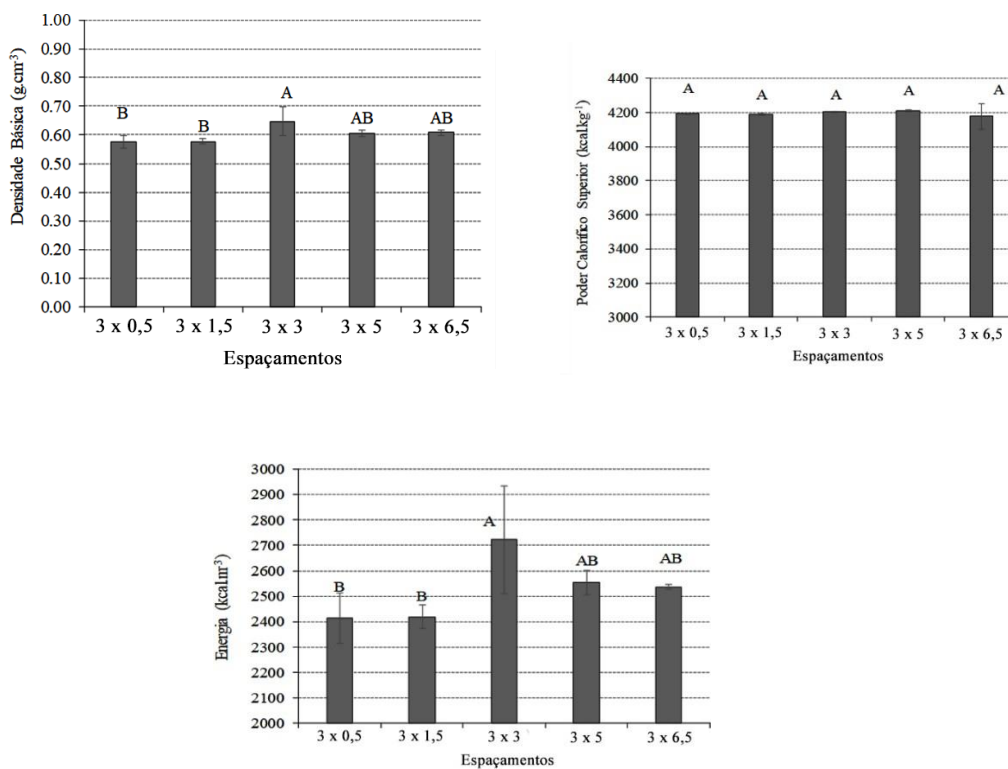
Os dados de cada variável foram submetidos aos testes de Kolmogorov-Smirnov e Lilliefors para testar a normalidade e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Em seguida, a análise de variância pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância para todas as análises. Para as variáveis que não atenderam às pressuposições da análise de variância foram utilizadas o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, utilizando para todas as análises o Software R (R CORE TEAM, 2014).

3 RESULTADOS

Houve influência dos diferentes espaçamentos na densidade básica da madeira de eucalipto (Figura 3). Maiores espaçamentos favoreceram o aumento de densidade básica da madeira, embora os espaçamentos 3 x 5 m e 3 x 6,5 m não diferiram estatisticamente do espaçamento 3 x 3 m, sendo este último a maior média encontrada para a densidade. Os espaçamentos 3 x 0,5 m e 3 x 1,5 m, para este estudo considerados os menores espaçamentos,

apresentaram diferenças estatísticas significativas quando comparados ao 3 x 3 m, entretanto, não diferiram estatisticamente entre si.

Figura 3 Efeito do espaçamento de plantio sobre a densidade básica, poder calorífico superior e energia do clone *E. urophylla* x *E. brassiana*



Não foi verificada diferenças estatísticas nos valores médios do poder calorífico superior da madeira do clone em estudo avaliada nos diferentes espaçamentos (Figura 3). Houve efeito significativo do espaçamento sobre a quantidade de energia da madeira do clone em estudo (Figura 3), sendo observado maior valor médio desta variável para as árvores submetidas ao espaçamento 3 x 3 m.

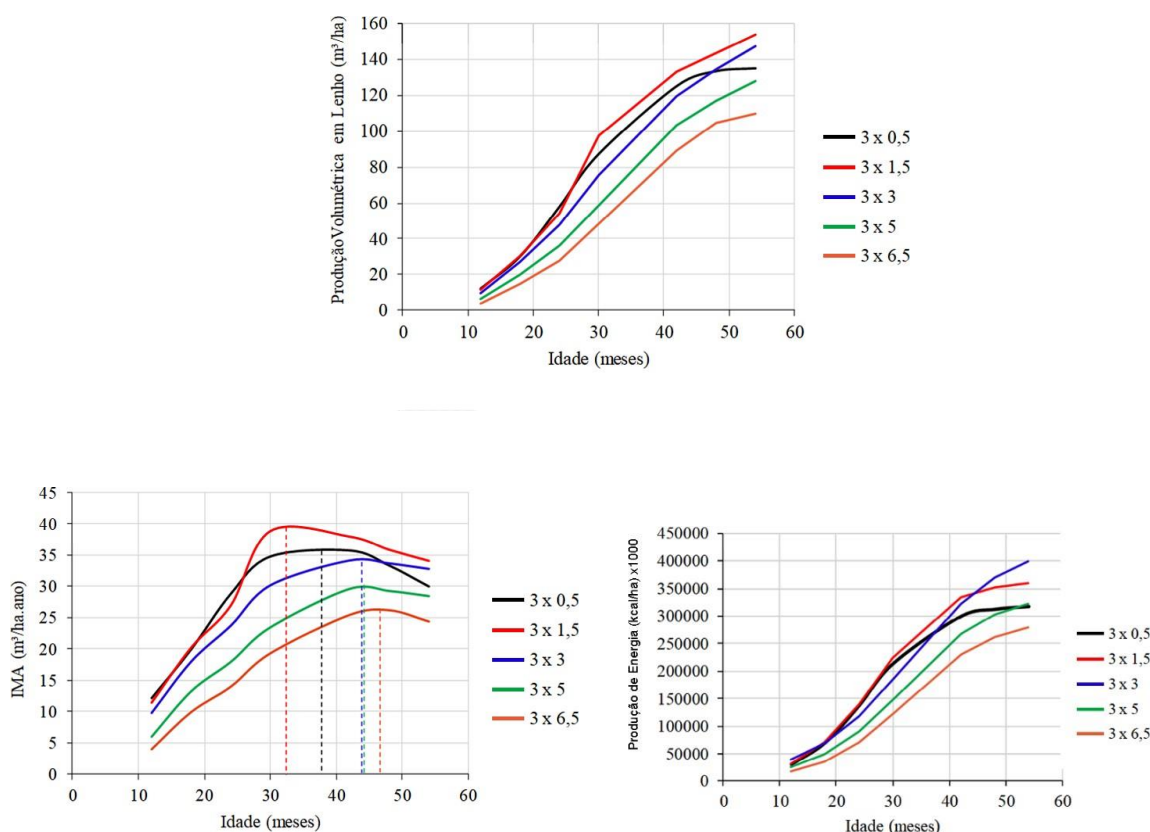
Constatou-se que a mortalidade do plantio variou nos diferentes espaçamentos, sendo que o maior percentual de mortalidade foi encontrado para o espaçamento mais adensado (3 x 0,5 m). Isso indica que menores espaçamentos propiciam aumento na porcentagem de falhas, apesar de que se esperava respostas de maior produção volumétrica em lenho por hectare.

Tabela 1 Percentual de mortalidade do híbrido *E. urophylla* x *E. brassiana*, aos 54 meses, nos diferentes espaçamentos, na região litorânea do RN.

Tratamento	Densidade (árvores/ha)	Mortalidade (%)
3 x 0,5	6.667	20
3 x 1,5	2.222	8
3 x 3	1.111	0
3 x 5	667	0
3 x 6,5	513	0

Verificou-se que, entre 10 e 30 meses de idade, os espaçamentos 3 x 0,5 m e 3 x 1,5 m apresentaram respostas semelhantes de produção volumétrica em lenho por hectare, no entanto, seguidas de um declínio referente ao espaçamento mais adensado. Observou-se que a maior produção volumétrica em lenho por hectare foi para os espaçamentos 3 x 1,5 m e 3 x 3 m (Figura 4).

Figura 4 Produção volumétrica em lenho, incremento médio anual e produção de energia do híbrido *E. urophylla* x *E. brassiana*, aos 54 meses, sob diferentes espaçamentos de plantio



Há influência dos diferentes espaçamentos no incremento médio anual, onde os menores espaçamentos em estudos apresentam os melhores resultados (Figura 4). O espaçamento 3 x 3 m supera todos os outros quando se considera a produção de energia (Figura 4).

A maior competição e mortalidade das árvores do espaçamento 3 x 0,5 m, provavelmente, influenciou na menor produção de energia nessas áreas, apesar do maior adensamento de plantio.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no estudo sugerem que maiores médias de densidade básica sejam encontradas em maiores espaçamentos de plantio. Este resultado pode ser explicado pelas melhores condições de crescimento das árvores afetadas pelo espaçamento. Espaçamentos mais amplos colaboram com a menor competição entre árvores, que apresentam maior capacidade de crescimento. Assim, o maior crescimento está diretamente relacionado à atividade fisiológica do câmbio vascular, que em condições favoráveis, proporciona a formação de parede celular de maior massa por unidade de volume formada em função de maiores espaçamentos entre árvores (EVERT, 2006).

Não foi verificada diferença significativa de diferentes espaçamentos sobre a densidade básica da madeira em *E. urophylla* x *E. grandis*, aos 12 meses. Possivelmente, obteve-se este resultado por se tratar de uma floresta recém-plantada, embora tenha sido observada tendência de menores espaçamentos apresentarem maiores valores de densidade básica (SEREGUETTI et al., 2015).

Na avaliação da densidade básica de *Eucalyptus grandis*, em função de 12 espaçamentos de plantio com idade média de 10 anos, constatou-se que exceto para os menores espaçamentos, houve uma redução da densidade com o aumento do espaçamento (GOULART et al., 2003). Assim, apesar de não ser observado uma tendência geral no tocante às relações de espaçamento e densidade básica, entender estas respostas permite inferir sobre o crescimento e qualidade da madeira a depender da demanda e do fim produtivo.

Visando o uso da madeira para produção de energia verifica-se ainda que o espaçamento 3 x 3 m apresenta-se como ideal considerando sua condição de madeira de alta densidade básica (Figura 3), uma vez que, recomenda-se procedências com maiores valores de densidade básica para maior produção de energia, em virtude desta propriedade está diretamente associada à produção de biomassa seca (NEVES et al., 2013).

Árvores submetidas aos maiores espaçamentos tendem a fotossintetizar mais e competir menos por água e nutrientes, o que significa maior produção de carbono e, portanto, também maiores valores para o poder calorífico superior (Figura 4). Maiores poderes caloríficos refletem em menor consumo de carbono para uma mesma produtividade e garante, para um mesmo volume de carvão, maior quantidade de calor desprendida durante a combustão (PROTÁSIO et al., 2011; NEVES et al., 2011).

No entanto, a superioridade de produção energética de uma espécie sobre a outra está relacionada, principalmente, à maior produção de biomassa, uma vez que a diferença de poder calorífico é baixa ou inexistente (ELOY et al., 2015). Esta característica deve ser avaliada conjuntamente com a produtividade em lenho, uma vez que, se houver qualidade, mas não houver produtividade, a viabilidade financeira dos segmentos poderá comprometer-se, enquanto fonte energética (LIMA et al., 2013).

Respostas semelhantes às de densidade básica traduziram-se em comportamento similar quanto aos valores de energia da madeira para o clone em estudo, em que se destaca o espaçamento 3 x 3 m (Figura 3), já que àquela propriedade é incluída no cálculo desta. Assim, maiores valores de densidade básica indicam maiores valores de energia, em virtude da maior quantidade de massa seca por unidade de volume, ou seja, maior a quantidade de material combustível para queima, sendo este parâmetro utilizado como referência na qualidade energética da matéria-prima.

Foi observado para o clone *E. grandis* x *E. camaldulensis* que a medida que o espaçamento entre árvores era reduzido os valores de energia estocada por hectare/ano aumentaram (ROCHA et al., 2018). Isso pode ser explicado principalmente pelos maiores valores de massa seca obtidos para os menores espaçamentos. Compreender o efeito dos diferentes espaçamentos sobre a produção de energia é uma das ferramentas mais importantes para o planejamento florestal, pois implica em redução de custos de implantação e manutenção do plantio.

Maiores espaçamentos de plantio indicam menor número de plantas por hectare. Adotar espaçamentos maiores como 3 x 5 m e 3 x 6,5 m, pode não ser uma alternativa viável para os segmentos florestais que dependem da madeira em seus processos produtivos, em razão do menor aproveitamento energético por hectare, e, além disso, o aumento do espaçamento observado nos espaçamentos, traduziu-se em menor densidade básica que o espaçamento 3 x 3 m, assim como a produção de energia para esse clone.

O resultado para produção em lenho (Figura 4) foi ocasionado em decorrência de espaçamentos muito adensados causarem maior competição por água, luz e nutrientes e,

consequentemente, supressão e morte de árvores menos favorecidas, o que explica a redução do parâmetro de produção em volume de lenho, como pode ser observado após os 40 meses de idade nas árvores em 3 x 0,5 m.

Em povoamentos florestais mais adensados, a proximidade dos sistemas radiculares intensifica a competição, tendo efeito, assim, no crescimento diamétrico das plantas (STAPE et al., 2010). Já em povoamentos menos adensados a taxa de sobrevivência chega a 100% por haver pouco ou nenhum efeito do espaçamento para este parâmetro.

Por outro lado, em 3 x 1,5 m, a produtividade volumétrica em lenho foi superior aos demais tratamentos, como mostrado na Figura 4. Possivelmente, essa resposta foi verificada por esse tratamento apresentar uma área útil suficiente para que a competição entre árvores não interferisse no crescimento, aliada à uma maior quantidade de árvores por hectare. Apesar da menor competição existente nos espaçamentos 3 x 5 m e 3 x 6,5 m, a quantidade de árvores nestas condições é menor, por isso estes resultados foram poucos expressivos para o parâmetro produção volumétrica em lenho. Adiciona-se a isso que, 3 x 3 m teve seu comportamento expressivo provavelmente devido ao crescimento em diâmetro das árvores.

Em plantios adensados, o número de árvores é superior aos espaçamentos maiores, e mesmo com a competitividade entre árvores o volume de madeira é maior, contribuindo para o incremento em massa seca e consequentemente, incremento da produção volumétrica em lenho (MOULIN et al., 2017).

No entanto, análises econômicas de custo de implantação, manutenção, colheita e transporte florestal devem ser feitas para verificar a viabilidade dos projetos de plantios adensados, para avaliar se as receitas com massa seca de biomassa superam as despesas com os custos acima mencionados.

A maior produção em lenho por hectare sofreu influência do espaçamento, e consequentemente, a produção de energia (Figura 4), sendo que a biomassa diminui com o aumento do espaço vital (GOULART et al., 2003). Isso evidencia a importância da produtividade volumétrica e da densidade básica, visto que essa variável é uma função direta destes dois parâmetros.

Isto, certamente, está correlacionado com os maiores valores de densidade básica (Figura 3) encontrados em árvores sobre esta condição de adensamento, o que interfere diretamente na maior quantidade de carbono depositado no tronco das árvores, sendo maior sua produção de energia por hectare. O teor de carbono é significativo quando a madeira é utilizada para geração de energia, tanto para servir de matéria-prima para a produção de carvão vegetal, bem como para a queima direta da madeira, tendo em vista que o material combustível

disponível para queima aumenta em proporção direta com a porcentagem de carbono presente no fuste (CARNEIRO et al., 2014).

Vale salientar que em espaçamentos menores o número de árvores é superior aos demais, e mesmo com a competitividade entre árvores e maior índice de mortalidade, o volume de madeira é maior, contribuindo para o incremento em massa seca e consequentemente nos valores médios de energia estocada (ROCHA et al., 2018).

Em espaçamentos menos densos, o espaço para o crescimento de cada árvore é ampliado, proporcionando melhor crescimento e desenvolvimento da planta, e promovendo maiores diâmetros, maior conicidade e bom desenvolvimento radicial e da copa; esse conjunto de características contribui diretamente na qualidade e na quantidade da produção em termos individuais (LIMA et al., 2013).

Incremento Médio Anual pode indicar a idade ótima de corte quando a floresta atingir o máximo de volume por hectare, que neste caso, para o clone em estudo, ocorrerá entre os 30 a 40 meses, sob essas condições, sendo este o momento de máxima capacidade produtiva. A realização de um desbaste até essa idade é recomendada, considerando que ao longo de várias rotações florestais estaremos, em média, extraindo o maior volume possível. Para algumas finalidades, o interesse é voltado para a produção volumétrica (energia); em outros casos, desejam-se árvores de maiores diâmetros (madeireiras e serrarias).

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir, nas condições do presente estudo e até os 4,2 anos de idade, que para o clone *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus brassiana* que o espaçamento afetou o crescimento em volume por m³ e hectare, bem como a evolução dos incrementos anuais desta variável. Os espaçamentos mais densos apresentaram maiores incrementos anuais em volume por unidade de área; A diferença entre os espaçamentos confirma a propensão de maiores incrementos anuais em volume conforme for menor o espaço vital disponível, e que o espaçamento adotado no espaçamento de plantio 3 x 3 m favoreceu o incremento de densidade básica e produção volumétrica em lenho, sendo assim, o mais apropriado ao se considerar a produção de madeira para destinação energética para as condições avaliadas.

O desenvolvimento da espécie para a região pode ser considerado bom, tendo em vista a boa distribuição de chuvas durante o ano. Recomenda-se a adoção de espaçamentos menores, quando se objetiva a produção volumétrica, mesmo com diâmetros menores. Para árvores com diâmetros maiores, deve-se optar por espaçamentos mais amplos.

6 REFERÊNCIAS

- CARNEIRO, A. C. O. et al. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus sp.* em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 375-381, 2014.
- ELOY, E. et al. Produtividade energética de espécies florestais em plantios de curta rotação. **Ciência Florestal**, v. 45, n. 8, p. 1424-1431, 2015.
- EVERT, R. F. Esau's plant anatomy. 3rd.ed. New Jersey: Wiley-Inter science; 2006.
- GOULART, M.; HASELEIN, C. R.; HOPPE, J. M.; FARIAS, J. A.; PAULESKI, D. T. Massa específica básica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o efeito do espaçamento de plantio e da posição axial no tronco. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 167-175, 2003.
- GRIEBEL, A.; BENNET, L. T.; ARNDT, S. K. Evergreen and ever growing – Stem and canopy growth dynamics of a temperate eucalypt forest. **Forest Ecology and Management**, v. 389, p. 417-426, 2017.
- LIMA, R. et al. Effect of spacing on the volumetric development of *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 223-230, 2013.
- MOULIN, J. C. et al. Effect of Spacing, Age and Irrigation on the Volume and Basic Density in *Eucalyptus*. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e00073914, 2017.
- MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 363-372, 2011.
- NELDER, J. A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. **Biometrics**, Washington, DC, n. 18, p. 283-307, 1962.
- NEVES, T. A. et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011.
- NEVES, T. A. et al. Qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* em diferentes idades para a produção de bioenergia. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 2, p. 139-148, 2013.
- R Core Team, 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- ROCHA, M. F. V. et al. Influence of plant spacing on the bark properties of a *Eucalyptus* clone. **Revista Árvore**, v. 42, n. 5, e420501, 2018.
- ROCHA, S. M. G. **Densidade básica da madeira de eucalipto em gradientes climáticos no Brasil**. 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.
- SCARLAT, N. et al. The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. **Environmental Development**, v. 15, p. 3-34, 2015.

SEREGUETTI, G. C. et al. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Revista Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SOUZA, G. M. et al. The role of bioenergy in a climate-changing world. **Environmental Development**, v. 23, p. 57-64, 2017.

SOARES, C. P. B. et al. Equações hipsométricas, volumétricas e de *TAPER* para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1039-1051, 2011.

STAPE, J. L. et al. The Brazil eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1684-1694, 2010.

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 2017. Disponível em <<http://www.sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>>

PROTÁSIO, T. P. et al. Avaliação da qualidade do carvão vegetal de *Qualea parviflora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 295-307, 2011.

VAKKILAINEN, E.; KUPARINEN, K.; HEINIMÖ, J. Large industrial users of energy biomass. In: **IEA Bioenergy Task**. 2013. p. 2013.

ANEXO 1. NORMAS DA REVISTA FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT DO ARTIGO 1

O envio para este periódico segue totalmente online e você será guiado passo a passo através da criação e upload de seus arquivos. O sistema converte automaticamente seus arquivos em um único arquivo PDF, que é usado no processo de revisão por pares.

Como parte do serviço Your Paper Your Way, você pode optar por enviar seu manuscrito como um único arquivo para ser usado no processo de arbitragem. Pode ser um arquivo PDF ou um documento do Word, em qualquer formato ou lay-out, que possa ser usado pelos árbitros para avaliar seu manuscrito. Deve conter dados de qualidade suficientemente altos para a arbitragem. Se preferir, ainda é possível fornecer todos ou alguns dos arquivos de origem no envio inicial. Por favor, observe que arquivos de figuras individuais maiores que 10 MB devem ser enviados separadamente.

Referências

Não há requisitos rigorosos na formatação de referência no envio. As referências podem estar em qualquer estilo ou formato, desde que o estilo seja consistente. Quando aplicável, nome (s) do (s) autor (es), título do periódico / título do livro, título do capítulo / artigo, ano de publicação, número do volume / capítulo do livro e número do artigo ou paginação devem estar presentes. O uso do DOI é altamente encorajado. O estilo de referência usado pela revista será aplicado ao artigo aceito pela Elsevier na etapa de prova. Observe que os dados ausentes serão destacados no estágio de prova para o autor corrigir.

Requisitos de formatação

Não há requisitos de formatação rigorosos, mas todos os manuscritos devem conter os elementos essenciais necessários para transmitir o seu manuscrito, por exemplo Resumo, Palavras-chave, Introdução, Materiais e Métodos, Resultados, Conclusões, Obra e Tabelas com Legendas.

Se o seu artigo incluir Vídeos e / ou outro material Suplementar, isso deve ser incluído na sua apresentação inicial para fins de revisão por pares.

Divida o artigo em seções claramente definidas.

Não há requisitos de formatação rigorosos, mas todos os manuscritos devem conter os elementos essenciais necessários para transmitir o seu manuscrito, por exemplo Resumo, Introdução, Materiais e Métodos, Resultados, Conclusões, Obra e Tabelas com Legendas. Se o seu artigo incluir Vídeos e / ou outro material Suplementar, isso deve ser incluído na sua

apresentação inicial para fins de revisão por pares. Divida o artigo em seções claramente definidas.

Certifique-se de que o texto do seu trabalho tenha espaço duplo e tenha numeração consecutiva de linhas - esse é um requisito essencial de revisão por pares.

Figuras e tabelas embutidas no texto

Certifique-se de que as figuras e as tabelas incluídas no arquivo único sejam colocadas ao lado do texto relevante no manuscrito, e não na parte inferior ou na parte superior do arquivo. A legenda correspondente deve ser colocada diretamente abaixo da figura ou tabela.

Revisão por pares

Esta revista opera um único processo de revisão cega. Todas as contribuições serão inicialmente avaliadas pelo editor para adequação à revista. Os documentos considerados adequados são então enviados a um mínimo de dois revisores especialistas independentes para avaliar a qualidade científica do artigo. O Editor é responsável pela decisão final sobre aceitação ou rejeição de artigos. A decisão do editor é final. Mais informações sobre os tipos de revisão por pares .

SUBMISSÕES REVISADAS

Uso de software de processamento de texto

Independentemente do formato de arquivo do envio original, na revisão você deve nos fornecer um arquivo editável de todo o artigo. Mantenha o layout do texto o mais simples possível. A maioria dos códigos de formatação será removida e substituída no processamento do artigo. O texto eletrônico deve ser preparado de maneira muito semelhante à dos manuscritos convencionais (ver também o Guia para publicação com Elsevier). Veja também a seção sobre arte eletrônica. Para evitar erros desnecessários, é altamente recomendável usar as funções 'verificação ortográfica' e 'verificação gramatical' do seu processador de texto.

Estrutura do artigo: Subdivisão

Divida seu artigo em seções claramente definidas e numeradas. As subseções devem ser numeradas como 1.1 (em seguida, 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (o resumo não deve ser incluído como parte da numeração da seção). Use esta numeração também para referências cruzadas

internas: não se refira apenas ao "texto". Qualquer subseção pode receber um breve título. Cada título deve aparecer em sua própria linha separada.

Introdução

Indique os objetivos do trabalho e forneça um contexto adequado, evitando uma pesquisa bibliográfica detalhada ou um resumo dos resultados.

Material

e

métodos

Fornecer detalhes suficientes para permitir que o trabalho seja reproduzido por um pesquisador independente. Os métodos já publicados devem ser resumidos e indicados por uma referência. Se estiver citando diretamente de um método publicado anteriormente, use aspas e cite também a origem. Quaisquer modificações nos métodos existentes também devem ser descritas.

Resultados

Os

resultados devem ser claros e concisos.

Discussão

Isso deve explorar o significado dos resultados do trabalho, não repeti-los. Uma seção combinada de Resultados e Discussão é freqüentemente apropriada. Evite citações extensas e discussão de literatura publicada.

Conclusões

As principais conclusões do estudo podem ser apresentadas em uma breve seção de Conclusões, que pode ser independente ou formar uma subseção de uma seção Discussão ou Resultados e Discussão.

Apêndices

Se houver mais de um apêndice, eles devem ser identificados como A, B, etc. Fórmulas e equações nos apêndices devem receber numeração separada: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc. ; em um apêndice subsequente, Eq. (B.1) e assim por diante. Similarmente para tabelas e figuras: Tabela A.1; Fig. A.1, etc.

Informações essenciais da página de título

Título. Concise e informativo. Títulos são freqüentemente usados em sistemas de recuperação de informações. Evite abreviações e fórmulas sempre que possível.

• ***Nomes e afiliações dos autores.*** Por favor indique claramente o (s) nome (s) e nome (s) de família de cada autor e verifique se todos os nomes estão escritos com precisão. Você pode adicionar seu nome entre parênteses em seu próprio script por trás da transliteração em inglês. Apresente os endereços de afiliação dos autores (onde o trabalho real foi feito) abaixo dos nomes. Indique todas as afiliações com uma letra em sobrescrito minúscula imediatamente após o nome do autor e em frente ao endereço apropriado. Forneça o endereço postal completo de cada afiliação, incluindo o nome do país e, se disponível, o endereço de e-mail de cada autor.

• ***Autor correspondente.*** Indique claramente quem irá lidar com a correspondência em todas as fases da arbitragem e publicação, também pós-publicação. Esta responsabilidade inclui responder a quaisquer consultas futuras sobre Metodologia e Materiais. **Certifique-se de que o endereço de e-mail seja fornecido e que os detalhes de contato sejam mantidos atualizados pelo autor correspondente.**

• ***Endereço presente / permanente.*** Se um autor se mudou desde que o trabalho descrito no artigo foi feito, ou estava em visita no momento, um "endereço atual" (ou "endereço permanente") pode ser indicado como uma nota de rodapé para o nome desse autor. O endereço no qual o autor realmente fez o trabalho deve ser mantido como o endereço de afiliação principal. Números árabes sobrescritos são usados para tais notas de rodapé.

Destaques

Destaques são obrigatórios para este periódico. Eles consistem em uma pequena coleção de pontos que transmitem os principais resultados do artigo e devem ser enviados em um arquivo editável separado no sistema de submissão on-line. Por favor, use 'Destaques' no nome do arquivo e inclua de 3 a 5 marcadores (máximo de 85 caracteres, incluindo espaços, por ponto de marcador). Você pode ver os Destaques do exemplo em nosso site de informações.

Resumo

Um **resumo** conciso e factual é necessário (não superior a 400 palavras). O resumo deve indicar brevemente o objetivo da pesquisa, os principais resultados e principais conclusões. Um resumo é frequentemente apresentado em separado do artigo, por isso deve ser capaz de ficar sozinho. Por esta razão, as Referências devem ser evitadas, mas se for essencial, então cite o (s) autor (es) e o (s) ano (s). Além disso, abreviações não padronizadas ou incomuns devem ser evitadas, mas, se essenciais, devem ser definidas em sua primeira menção no próprio resumo.

Resumo

gráfico

Embora um resumo gráfico seja opcional, seu uso é incentivado, pois atrai mais atenção para o

artigo on-line. O resumo gráfico deve resumir o conteúdo do artigo em uma forma concisa e pictórica projetada para capturar a atenção de um público amplo. Os resumos gráficos devem ser enviados como um arquivo separado no sistema de submissão online. Tamanho da imagem: forneça uma imagem com um mínimo de 531 × 1328 pixels (h × w) ou proporcionalmente mais. A imagem deve ser legível em um tamanho de 5 × 13 cm usando uma resolução de tela regular de 96 dpi. Tipos de arquivos preferidos: arquivos TIFF, EPS, PDF ou MS Office. Você pode ver os Resumos Gráficos de Exemplo em nosso site de informações. Autores podem fazer uso dos Serviços de Ilustração da Elsevier para garantir a melhor apresentação de suas imagens e de acordo com todos os requisitos técnicos.

Abreviações

Defina abreviações que não são padrão neste campo em uma nota de rodapé a ser colocada na primeira página do artigo. Tais abreviaturas que são inevitáveis no abstrato devem ser definidas em sua primeira menção, bem como na nota de rodapé. Assegure a consistência das abreviaturas ao longo do artigo.

Agradecimentos

Agrupe os agradecimentos em uma seção separada no final do artigo antes das referências e, portanto, não os inclua na página de título, como uma nota de rodapé no título ou de outra forma. Liste aqui as pessoas que forneceram ajuda durante a pesquisa (por exemplo, oferecendo ajuda no idioma, escrevendo ajuda ou lendo o artigo, etc.).

Formatação de fontes de financiamento Citar fontes de
financiamento desta forma padrão para facilitar o cumprimento dos requisitos do financiador:
Financiamento: Este trabalho foi apoiado pelo National Institutes of Health [conceder números xxxx, yyyy]; a Fundação Bill & Melinda Gates, Seattle, WA [número de concessão zzzz]; e os Institutos de Paz dos Estados Unidos [grant number aaaa]. Não é necessário incluir descrições detalhadas sobre o programa ou tipo de subsídios e prêmios. Quando o financiamento for proveniente de uma bolsa em bloco ou de outros recursos disponíveis para uma universidade, faculdade ou outra instituição de pesquisa, envie o nome do instituto ou organização que forneceu o financiamento. Se nenhum financiamento tiver sido fornecido para a pesquisa, inclua a seguinte frase: Esta pesquisa não recebeu nenhuma concessão específica de agências de financiamento nos setores público, comercial ou sem fins lucrativos.

As

Unidades

SI (Système International d'unités) devem ser usadas para todas as unidades, exceto quando o uso comum determinar o contrário. Exemplos de não SI que podem ser mais apropriados (dependendo do contexto) em muitas medições ecológicas e florestais são ha e não m², ano em vez de segundo. Use Mg ha⁻¹, não toneladas ha⁻¹, e use & gg⁻¹, não ppm (ou para volume, & LL⁻¹ ou equivalente). O diâmetro da árvore geralmente será em cm (uma unidade SI aprovada) em vez de m. As unidades devem estar no seguinte estilo: kg ha⁻¹ ano⁻¹, kg m⁻³. Unidades não-SI devem ser escritas na íntegra (por exemplo, ano). Não insira 'não unidades' dentro de unidades compostas: por exemplo, escreva 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio (ou N), e não 300 kg N ha⁻¹.

Fórmulas

matemáticas

Por favor envie as equações matemáticas como texto editável e não como imagens. Apresente fórmulas simples de acordo com o texto normal sempre que possível e use o solidus (/) em vez de uma linha horizontal para pequenos termos fracionários, por exemplo, X / Y. Em princípio, as variáveis devem ser apresentadas em itálico. Os poderes de e são frequentemente mais convenientemente denotados por exp. Numere consecutivamente as equações que devem ser exibidas separadamente do texto (se mencionadas explicitamente no texto).

Notas

de

rodapé devem ser usadas com moderação. Numere-os consecutivamente ao longo do artigo. Muitos processadores de texto criam notas de rodapé no texto e esse recurso pode ser usado. Se este não for o caso, indique a posição das notas de rodapé no texto e apresente as notas de rodapé separadamente no final do artigo.

Arte

eletrônica

Pontos

gerais

Certifique-se de usar letras e tamanhos uniformes de sua arte original. Fontes preferidas: Arial (ou Helvetica), Times New Roman (ou Times), Símbolo, Courier. Numere as ilustrações de acordo com a sua sequência no texto. Use uma convenção de nomenclatura lógica para seus arquivos de ilustrações. Indique por figura se é uma imagem de ajuste única, de 1,5 ou 2 colunas. Somente para envios de palavras, você ainda pode fornecer figuras e suas legendas e tabelas em um único arquivo no estágio de revisão.

• Observe que os arquivos de figuras individuais com mais de 10 MB devem ser fornecidos em

arquivos de origem separados.
Um guia detalhado sobre arte eletrônica está disponível.
Você está convidado a visitar este site; alguns trechos da informação detalhada são dados aqui.

Formatos

, independentemente da aplicação utilizada, quando o seu trabalho artístico eletrônico é finalizado, por favor 'salvar como' ou converter as imagens para um dos seguintes formatos (observe os requisitos de resolução para desenhos de linha, meios-tons e combinações de linha / meio-tom abaixo indicados):
EPS (ou PDF): desenhos vetoriais. Incorporar a fonte ou salvar o texto como 'gráficos'. TIFF (ou JPG): Fotografias coloridas ou em tons de cinza (meios-tons): use sempre um mínimo de 300 dpi. TIFF (ou JPG): Desenhos de linha de bitmap: use no mínimo 1.000 dpi. TIFF (ou JPG): combina linhas / tons de bitmap (cores ou tons de cinza): é necessário um mínimo de 500 dpi.

Por favor não:
Fornecer arquivos otimizados para uso na tela (por exemplo, GIF, BMP, PICT, WPG); a resolução é muito baixa.
Forneça arquivos com resolução muito baixa.
Envie gráficos que são desproporcionalmente grandes para o conteúdo.

Trabalho artístico colorido

Certifique-se de que os arquivos de trabalho artístico estejam em um formato aceitável (arquivos TIFF (ou JPEG), EPS (ou PDF) ou MS Office) e com a resolução correta. Se, juntamente com o artigo aceito, você enviar valores em cores utilizáveis, a Elsevier garantirá, sem custo adicional, que esses números aparecerão em cores on-line (por exemplo, ScienceDirect e outros sites) independentemente de serem ou não reproduzidas em cores na versão impressa. **Para reprodução em cores impressa, você receberá informações sobre os custos da Elsevier após o recebimento do artigo aceito.** Por favor, indique sua preferência por cores: impressa ou online. Mais informações sobre a preparação de arte eletrônica .

Legenda das figuras

Certifique-se de que cada ilustração tenha uma legenda. Uma legenda deve conter um título

breve (**não** na própria figura) e uma descrição da ilustração. Mantenha o texto nas próprias ilustrações no mínimo, mas explique todos os símbolos e abreviações usadas.

Tabelas

Por favor, envie tabelas como texto editável e não como imagens. As tabelas podem ser colocadas ao lado do texto relevante no artigo ou em páginas separadas no final. Numere as tabelas consecutivamente de acordo com sua aparência no texto e coloque quaisquer notas de tabela abaixo do corpo da tabela. Seja poupado no uso de tabelas e garanta que os dados apresentados neles não dupliquem os resultados descritos em outra parte do artigo. Por favor, evite usar regras verticais e sombreamento nas células da tabela.

Citação

no

texto

Certifique-se de que todas as referências citadas no texto também estejam presentes na lista de referências (e vice-versa). Quaisquer referências citadas no resumo devem ser dadas na íntegra. Resultados não publicados e comunicações pessoais não são recomendados na lista de referências, mas podem ser mencionados no texto. Se essas referências forem incluídas na lista de referências, elas devem seguir o estilo de referência padrão do periódico e incluir uma substituição da data de publicação por 'Resultados não publicados' ou 'Comunicação pessoal'. A citação de uma referência como 'in press' implica que o item foi aceito para publicação.

Links

de

referência

O

aumento da capacidade de descoberta de pesquisas e a revisão por pares de alta qualidade são assegurados por links on-line para as fontes citadas. Para nos permitir criar links para serviços de abstração e indexação, como Scopus, CrossRef e PubMed, assegure-se de que os dados fornecidos nas referências estejam corretos. Por favor, note que sobrenomes incorretos, títulos de revistas / livros, ano de publicação e paginação podem impedir a criação de links. Ao copiar referências, tenha cuidado, pois elas já podem conter erros. O uso do DOI é altamente incentivado.

Um DOI é garantido para nunca mudar, então você pode usá-lo como um link permanente para qualquer artigo eletrônico. Um exemplo de uma citação usando o DOI para um artigo ainda não publicado é: VanDecar JC, Russo RM, James DE, Ambeh WB, Franke M. (2003). Continuação Aseismic da lajes de Lesser Antilles abaixo do nordeste da Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Por favor, note que o formato de tais citações deve estar no mesmo estilo de todas as outras referências no artigo.

Referências

da

Web

No mínimo, a URL completa deve ser fornecida e a data em que a referência foi acessada pela última vez. Qualquer informação adicional, se conhecida (DOI, nomes de autores, datas, referência a uma publicação de origem, etc.), também deve ser fornecida. As referências da Web podem ser listadas separadamente (por exemplo, após a lista de referências) sob um cabeçalho diferente, se desejado, ou podem ser incluídas na lista de referências.

Referências

de

dados

Esta revista encoraja-o a citar conjuntos de dados subjacentes ou relevantes no seu manuscrito, citando-os no seu texto e incluindo uma referência de dados na sua Lista de Referências. As referências de dados devem incluir os seguintes elementos: nome (s) do autor, título do conjunto de dados, repositório de dados, versão (quando disponível), ano e identificador persistente global. Adicione o [dataset] imediatamente antes da referência para que possamos identificá-lo corretamente como uma referência de dados. O identificador [dataset] não aparecerá em seu artigo publicado.

Referências

em

uma

edição

especial

Assegure-se de que as palavras "esta questão" sejam adicionadas a quaisquer referências na lista (e quaisquer citações no texto) a outros artigos na mesma Edição Especial.

Software

de

gerenciamento

de

referência

A maioria dos periódicos da Elsevier tem seu modelo de referência disponível em muitos dos produtos de software de gerenciamento de referência mais populares. Estes incluem todos os produtos que suportam estilos Citation Style Language, como o Mendeley. Usando plug-ins de citação desses produtos, os autores só precisam selecionar o modelo de diário apropriado ao preparar o artigo, após o qual citações e bibliografias serão automaticamente formatadas no estilo da revista. Se ainda não houver um modelo disponível para este periódico, siga o formato das referências e citações de exemplo, conforme mostrado neste Guia. Se você usar um software de gerenciamento de referência, certifique-se de remover todos os códigos de campo antes de enviar o manuscrito eletrônico. Mais informações sobre como remover códigos de campo de diferentes softwares de gerenciamento de referência.

Esta revista suporta dados Mendeley, permitindo que você deposite quaisquer dados e materiais de pesquisa (incluindo dados brutos e processados, vídeo, código, software, algoritmos, protocolos e métodos) associados ao seu manuscrito em um repositório de acesso livre gratuito

. Durante o processo de submissão, após o upload do seu manuscrito, você terá a oportunidade de enviar seus conjuntos de dados relevantes diretamente para a **Mendeley Data** . Os conjuntos de dados serão listados e diretamente acessíveis aos leitores próximos ao artigo publicado on-line.

Para mais informações, visite a página Mendeley Data for journals . Os usuários do Mendeley Desktop podem instalar facilmente o estilo de referência para este periódico clicando no seguinte link:
<http://open.mendeley.com/use-citation-style/forest-ecology-and-management>

Ao preparar seu manuscrito, você poderá selecionar esse estilo usando os plug-ins Mendeley para Microsoft Word ou LibreOffice.

Formatação de referência

Não há requisitos rigorosos na formatação de referência no envio. As referências podem estar em qualquer estilo ou formato, desde que o estilo seja consistente. Quando aplicável, nome (s) do (s) autor (es), título do periódico / título do livro, título do capítulo / artigo, ano de publicação, número do volume / capítulo do livro e número do artigo ou paginação devem estar presentes. O uso do DOI é altamente encorajado. O estilo de referência usado pela revista será aplicado ao artigo aceito pela Elsevier na etapa de prova. Observe que os dados ausentes serão destacados no estágio de prova para o autor corrigir. Se você deseja formatar as referências por conta própria, elas devem ser organizadas de acordo com os seguintes exemplos:

Estilo de referência

Texto: Todas as citações no texto devem referir-se a:

1. **Autor único:** o nome do autor (sem iniciais, a menos que haja ambigüidade) e o ano de publicação;
 2. **Dois autores:** os nomes dos autores e o ano de publicação;
 3. **Três ou mais autores:** nome do primeiro autor seguido de "et al." e o ano de publicação.
- Citações podem ser feitas diretamente (ou entre parênteses). Grupos de referências podem ser listados primeiro alfabeticamente, depois cronologicamente ou vice-versa. Exemplos: 'como demonstrado (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan e Jones, 1999). Ou, como demonstrado (Jones, 1999; Allan, 2000), Kramer et al. (2010) mostraram recentemente...'
- Lista:** As referências devem ser organizadas primeiro em ordem alfabética e, depois, ordenadas cronologicamente, se necessário. Mais de uma referência do (s) mesmo (s) autor (es) no mesmo ano deve ser identificada pelas letras 'a', 'b', 'c' etc., colocadas após o ano de

publicação.

Exemplos:

Referência a uma publicação de revista:

Van der Geer, J., Hanraads, JAJ, Lupton, RA, 2010. A arte de escrever um artigo científico. J. Sci. Comun. 163, 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Referência a uma publicação de revista com um número de artigo: Van

der Geer, J., Hanraads, JAJ, Lupton, RA, 2018. A arte de escrever um artigo científico. Heliyon 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Referência a um livro:

Strunk Jr., W., White, EB, 2000. Os Elementos do Estilo, quarta ed. Longman, Nova York.

Referência a um capítulo de um livro editado:

Mettam, GR, Adams, LB, 2009. Como preparar uma versão eletrônica de seu artigo, em: Jones, BS, Smith, RZ (Eds.), Introdução à Era Eletrônica. E-Publishing Inc., Nova Iorque, pp. 281-304.

Referência a um website:

Cancer Research UK, 1975. Relatórios de estatísticas de câncer para o Reino Unido. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (acessado em 13 de março de 2003).

Referência a um conjunto de dados:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Dados de mortalidade para a doença de murchar japonesa e composições florestais circundantes. Dados Mendeley, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Fonte de abreviaturas de
diário Os nomes de periódicos devem ser abreviados de acordo com a Lista de Abreviaturas de Palavras de Título .

Vídeo

A Elsevier aceita material de vídeo e sequências de animação para apoiar e aprimorar sua pesquisa científica. Os autores que têm arquivos de vídeo ou animação que desejam enviar com o artigo são fortemente encorajados a incluírem links para esses arquivos no corpo do artigo. Isso pode ser feito da mesma forma que uma figura ou tabela, referindo-se ao conteúdo do vídeo ou animação e anotando no corpo do texto onde ele deve ser colocado. Todos os arquivos enviados devem ser rotulados adequadamente para que se relacionem diretamente ao

conteúdo do arquivo de vídeo. . Para garantir que seu material de vídeo ou animação seja diretamente utilizável, forneça o arquivo em um dos nossos formatos de arquivo recomendados com um tamanho máximo preferencial de 150 MB por arquivo, 1 GB no total. ScienceDirect . Por favor, forneça 'stills' com seus arquivos: você pode escolher qualquer quadro do vídeo ou animação ou fazer uma imagem separada. Eles serão usados em vez de ícones padrão e personalizarão o link para os dados de vídeo. Para instruções mais detalhadas, visite nossas páginas de instruções em vídeo . Observação: como o vídeo e a animação não podem ser incorporados na versão impressa do periódico, forneça um texto para a versão eletrônica e para a versão impressa das partes do artigo que se referem a esse conteúdo.

Visualização de dados

Inclua **visualizações de** dados interativos em sua publicação e permita que seus leitores interajam e se envolvam mais de perto com sua pesquisa. Siga as instruções aqui para descobrir as opções de visualização de dados disponíveis e como incluí-las em seu artigo.

Material suplementar Material

suplementar, como aplicativos, imagens e clipes de som, pode ser publicado com o seu artigo para aprimorá-lo. Os itens suplementares enviados são publicados exatamente como são recebidos (os arquivos do Excel ou do PowerPoint aparecerão como on-line). Envie seu material juntamente com o artigo e forneça uma legenda descritiva e concisa para cada arquivo suplementar. Se você deseja fazer alterações no material suplementar durante qualquer etapa do processo, forneça um arquivo atualizado. Não anote nenhuma correção em uma versão anterior. Por favor, desligue a opção 'Track Changes' nos arquivos do Microsoft Office, pois eles aparecerão na versão publicada.

Dados da pesquisa

Esta revista encoraja e permite que você compartilhe dados que suportam sua publicação de pesquisa quando apropriado, e permite interligar os dados com seus artigos publicados. Os dados da pesquisa referem-se aos resultados das observações ou experimentações que validam os resultados da pesquisa. Para facilitar a reprodutibilidade e a reutilização de dados, este periódico também incentiva você a compartilhar seu software, código, modelos, algoritmos, protocolos, métodos e outros materiais úteis relacionados ao projeto.

Abaixo estão algumas maneiras pelas quais você pode associar dados ao seu artigo ou fazer uma declaração sobre a disponibilidade de seus dados ao enviar seu manuscrito. Se você está

compartilhando dados de uma destas maneiras, você é encorajado a citar os dados em seu manuscrito e lista de referências. Por favor, consulte a seção "Referências" para mais informações sobre a citação de dados. Para obter mais informações sobre como depositar, compartilhar e usar dados de pesquisa e outros materiais de pesquisa relevantes, visite a página de dados de pesquisa .

Vinculação de dados

Se você disponibilizou seus dados de pesquisa em um repositório de dados, poderá vincular seu artigo diretamente ao conjunto de dados. A Elsevier colabora com vários repositórios para vincular artigos no ScienceDirect com repositórios relevantes, dando aos leitores acesso a dados subjacentes que lhes proporcionam um melhor entendimento da pesquisa descrita. Existem diferentes maneiras de vincular seus conjuntos de dados ao seu artigo. Quando disponível, você pode vincular diretamente seu conjunto de dados ao seu artigo, fornecendo as informações relevantes no sistema de envio. Para mais informações, visite a página de links do banco de dados . Para repositórios de dados suportados, um banner de repositório aparecerá automaticamente ao lado do artigo publicado no ScienceDirect. Além disso, você pode vincular dados ou entidades relevantes através de identificadores dentro do texto do seu manuscrito, usando o seguinte formato: Banco de dados: xxxx (por exemplo, TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

Este periódico suporta Mendeley Data, permitindo que você deposite quaisquer dados de pesquisa (incluindo dados brutos e processados, vídeo, código, software, algoritmos, protocolos e métodos) associados ao seu manuscrito em um repositório de acesso livre e livre de uso. Durante o processo de submissão, após o upload do seu manuscrito, você terá a oportunidade de enviar seus conjuntos de dados relevantes diretamente para a **Mendeley Data** . Os conjuntos de dados serão listados e diretamente acessíveis aos leitores próximos ao artigo publicado on-line.

Para mais informações, visite a página Mendeley Data for journals .

Dados resumidos

Você tem a opção de converter qualquer ou todas as partes de seus dados brutos adicionais ou adicionais em um ou vários artigos de dados, um novo tipo de artigo que armazena e descreve seus dados. Os artigos de dados garantem que seus dados sejam revisados, curados, formatados,

indexados, fornecidos por um DOI e publicamente disponíveis para todos na publicação. Você é encorajado a enviar seu artigo para o *Data in Brief* como um item adicional diretamente ao lado da versão revisada de seu manuscrito. Se o seu artigo de pesquisa for aceito, o seu artigo de dados será automaticamente transferido para o *Resumo de Dados*, onde será revisado e publicado editorialmente no diário de dados de acesso aberto, *Data in Brief*. Por favor, observe que uma taxa de acesso aberto de USD 500 deve ser paga para publicação no *Data in Brief*. Detalhes completos podem ser encontrados no site da Data in Brief. Por favor, use este modelo para escrever seus dados em breve.

MethodsX

Você tem a opção de converter protocolos e métodos relevantes em um ou vários artigos do MethodsX, um novo tipo de artigo que descreve os detalhes de métodos de pesquisa personalizados. Muitos pesquisadores gastam uma quantidade significativa de tempo no desenvolvimento de métodos que atendam às suas necessidades ou cenários específicos, mas muitas vezes sem obter crédito por essa parte de seu trabalho. O MethodsX, um periódico de acesso aberto, agora publica essas informações para torná-las pesquisáveis, revisadas por pares, citáveis e reproduzíveis. Os autores são encorajados a enviar seu artigo da MethodsX como um item adicional diretamente ao lado da versão revisada de seu manuscrito. Se o seu artigo de pesquisa for aceito, o artigo do seu método será automaticamente transferido para o MethodsX, onde será revisado editorialmente. Por favor, observe que uma taxa de acesso aberto é paga para publicação no MethodsX. Site da MethodsX. Por favor, use este modelo para preparar seu artigo sobre o MethodsX.

Declaração

de

dados

Para promover a transparência, recomendamos que você informe a disponibilidade de seus dados no envio. Isso pode ser um requisito do seu órgão ou instituição de financiamento. Se os seus dados não estiverem disponíveis para acesso ou inadequados para publicação, você terá a oportunidade de indicar por que durante o processo de envio, por exemplo, declarando que os dados da pesquisa são confidenciais. A declaração aparecerá com o seu artigo publicado no ScienceDirect. Para mais informações, visite a página Declaração de dados.

Correção

de

provas

on-line

Os autores correspondentes receberão um e-mail com um link para o nosso sistema de provas on-line, permitindo a anotação e correção de provas on-line. O ambiente é semelhante ao MS Word: além de editar texto, você também pode comentar sobre figuras / tabelas e responder

perguntas do Editor de Cópias. A revisão baseada na Web fornece um processo mais rápido e menos propenso a erros, permitindo que você digite diretamente suas correções, eliminando a possível introdução de erros. Se preferir, você ainda pode optar por anotar e enviar suas edições na versão em PDF. Todas as instruções para prova serão dadas no e-mail que enviamos aos autores, incluindo métodos alternativos para a versão online e PDF. Faremos todo o possível para publicar o seu artigo com rapidez e precisão. Por favor, use esta prova apenas para verificar a composição, edição, integralidade e exatidão do texto, tabelas e figuras. Alterações significativas ao artigo aceito para publicação somente serão consideradas neste estágio com permissão do Editor. É importante garantir que todas as correções sejam enviadas de volta para nós em uma comunicação. Por favor, verifique cuidadosamente antes de responder, pois a inclusão de quaisquer correções subsequentes não pode ser garantida. A revisão é da sua exclusiva responsabilidade.

Offprints

O autor correspondente, sem custo, receberá um link de compartilhamento personalizado, fornecendo 50 dias de acesso gratuito à versão final publicada do artigo no ScienceDirect . O Share Link pode ser usado para compartilhar o artigo através de qualquer canal de comunicação, incluindo e-mail e mídia social. Por uma taxa extra, as impressões off- line podem ser solicitadas através do formulário de pedido off-line, enviado assim que o artigo for aceito para publicação. Ambos os correspondentes e co-autores podem encomendar offprints a qualquer momento através da Webshop da Elsevier.. Os autores correspondentes que publicaram o artigo gold open access não recebem um Share Link, pois sua versão final publicada do artigo está disponível em acesso aberto no ScienceDirect e pode ser compartilhada através do link DOI do artigo.