

ADUBOS ORGÂNICOS E BIOCARVÃO UTILIZADOS PARA REFLORESTAMENTO COM ESPÉCIES NATIVAS E CLONES DE *Eucalyptus* NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

FRANCISCO TIBÉRIO DE ALENCAR MOREIRA¹
JOSÉ ANTÔNIO ALEIXO DA SILVA^{1,2,3,4}
RINALDO LUIZ CARACIOLO FERREIRA¹
MARÍLIA REGINA COSTA CASTRO⁵

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciências Florestais, Recife, Pernambuco.

² Academia Pernambucana de Ciência Agronômica.

³ Academia Brasileira de Ciência Agronômica.

⁴ Academia Pernambucana de Ciências.

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Autor para correspondência: jaaleixo@uol.com.br

Resumo: A construção de reservatórios de água no semiárido do Brasil para atender a demanda hídrica e energética bem como para evitar o êxodo rural, ocasionou problemas socioeconômicos e ambientais. Algumas cidades foram inundadas e para as suas realocações grandes áreas com vegetação nativa foram desmatadas. A fim de mitigar esse problema e facilitar o reflorestamento de áreas ao redor do reservatório de Itaparica, este estudo teve como objetivo utilizar sedimentos do reservatório de Itaparica, resíduos de tanques de piscicultura como fertilizantes naturais e o biocarvão como condicionante do solo no plantio de espécies florestais nativas, *Anadenanthera columbrina* (Vell.) Brenan e *Myracrodruon urundeuva* Allemão e os dois clones de *Eucalyptus* sp. (clones 1 e 2) que foram plantados em dois espaçamentos (3 m x 2 m e 4 m x 2 m) recebendo três fontes de nutrientes: sedimentos do reservatório de Itaparica, resíduos de tanques de piscicultura, biocarvão (condicionador do solo) mais o controle (sem adubação ou biocarvão). O delineamento experimental foi multivariado de medidas repetidas com oito repetições. Após 36 meses, os resíduos dos tanques de piscicultura propiciaram o melhor crescimento para as espécies, resultando em altura média de 5,28 m. Entretanto, o clone 2 fertilizado, com resíduos de tanques de piscicultura e sedimentos do reservatório de Itaparica, no espaçamento 3 m x 2 m, apresentou o melhor crescimento, com uma altura média de 7,62 m. Além do mais, os clones de *Eucalyptus* sp. forneceram biomassa como fonte energética em curto espaço de tempo, o que pode resultar na diminuição do desmatamento da vegetação nativa.

Palavras-chave: condicionador de solos, resíduos de tanques de piscicultura, sedimentos de reservatório

ORGANIC FERTILIZERS AND BIOCHAR USED FOR REFORESTATION WITH NATIVE SPECIES AND EUCALYPTUS CLONES IN THE SEMI-ARID OF BRAZIL

Abstract: The construction of water reservoirs in the Brazilian semi-arid to supply the water and energy demand, as well as to avoid the rural exodus, caused socio-economic and environmental problems. Some cities were flooded and for their relocation large areas with native vegetation were deforested. In order to mitigate this problem and to facilitate the reforestation of areas around the Itaparica reservoir, this study had as objective to use sediments from the Itaparica reservoir, fish tank residues as natural fertilizers and biochar as soil conditioning in the planting of forest native species, *Anadenanthera columbrina* (Vell.) Brenan and *Myracrodruon urundeuva* Allemão and the two clones of *Eucalyptus* sp. (1 and 2) were planted in two spacings (3 m x 2 m and 4 m x 2 m) receiving three nutrient sources: sediments from the Itaparica reservoir, fish tank residues, biochar (soil conditioner) and the control (no fertilization or biochar). The experimental design was multivariate with repeated measurements with eight replications. After 36 months, the fish tank residues provided the best growth for the species, with an average height of 5.28 m. However, the clone 2, fertilized with fish tank residues and Itaparica reservoir sediments, at 3m x 2m spacing, presented the best growth with an average height of 7.62 m. In addition, *Eucalyptus* clones provide biomass as an energy source in a short period of time, which may result in reducing deforestation of native vegetation.

Keywords: soil conditioning, Residues from aquaculture tanks, reservoir sediments

INTRODUÇÃO

Com o conhecimento limitado de manejo florestal e recuperação da Caatinga, vegetação característica do semiárido brasileiro, as ações antrópicas são potenciais núcleos de savanização. Logo, há necessidade de estudos envolvendo as espécies nativas e a introdução de espécies florestais de rápido crescimento para suportar a demanda por produtos florestais, em especial, biomassa para energia; caso contrário, pode-se ter agravado sua sustentabilidade ambiental, com consequências econômicas e sociais.

A introdução de florestas de rápido crescimento no bioma Caatinga, especialmente em áreas degradadas ainda capazes de recuperação, apresenta-se como opção viável, pois além dos diversos benefícios que uma floresta pode proporcionar, a destruição da vegetação nativa será mitigada pela

oferta de biomassa em curto prazo. As florestas de rápido crescimento têm incremento médio anual (IMA) volumétrico superior em relação às da Caatinga (SILVA, 2008-2009). Além disto, essas florestas podem explorar mais nutrientes subterrâneos do que culturas anuais e devolver esses nutrientes à superfície do solo pela queda das folhas.

Entre as espécies florestais de rápido crescimento, algumas do gênero *Eucalyptus* se destacam por se adaptarem perfeitamente às condições climáticas e de solo das zonas semiáridas do Nordeste brasileiro. Assim, as espécies de *Eucalyptus* são indicadas para plantios em sistemas florestais na região (HARRISON *et al.*, 2000; MORA; GARCIA, 2000; BINKLEY; STAPE, 2004; SILVA, 2008-2009),

especialmente, aquelas melhoradas e os clones desenvolvidos no Brasil.

Com a aplicação da biotecnologia, foi desenvolvido um número maior de clones que são analisados quanto ao seu potencial em termos de produtividade e tolerâncias ecológicas. O uso de clones inférteis para reflorestamento, com altas produtividades madeireiras, não causa a sua expansão natural e, conseqüentemente, não competem com as espécies endêmicas (STAPE *et al.*, 2010).

Por outro lado, espécies nativas arbustivo-arbóreas da Caatinga, apesar de apresentarem IMAs mais baixos do que espécies florestais de crescimento rápido, têm a vantagem de estar perfeitamente adaptadas às condições ambientais da região. No entanto, no Nordeste do Brasil, não há pesquisas sobre espécies nativas quanto ao seu comportamento em plantio, melhoramento, crescimento e produtividade florestal, o que reforça a necessidade de pesquisas com essências nativas.

Entre as espécies nativas, o Angico [*Anadenanthera columbrina* (Vell) Brenan] e a Aroeira [*Myracrodruon urundeuva* (Allemão)] se destacam por suas grandes distribuições espaciais na Caatinga.

O Angico é uma árvore da família Fabaceae que atinge 20 metros de altura, decídua, pioneira com distribuição natural, ocorrendo em todos os tipos de texturas do solo da Caatinga. A madeira é densa e pesada e pode ser usada para postes, móveis, pisos, energia, entre outros fins. A casca tem grande concentração de tanino (15% a 20%) sendo utilizada para fins industriais e médicos (CARVALHO, 1994; RIZZINI, 1995). A rápida germinação e a rusticidade das sementes proporcionam boas possibilidades de plantio para semeadura direta em campo, mesmo em

locais com pouco solo e encostas nuas e erodidas. Além disso, pode ser plantada em trilhas abertas na vegetação existente para enriquecer a vegetação degradada. Devido à rápida regeneração com brotação após o corte, o angico é indicado para plantações florestais em áreas semiáridas.

A Aroeira pertence à família Anacardiaceae, sendo distribuída pela América do Sul, encontrada em formações vegetais da Caatinga e floresta tropical (LORENZI; MATOS, 2002). Essa espécie tem sido amplamente explorada devido as suas propriedades químicas, biológicas e medicinais. Em virtude da presença de grandes quantidades de tanino na casca, esse material tem sido amplamente utilizado no tratamento de distúrbios dermatológicos, ginecológicos, bem como na indústria curtidora de couros, sendo ainda uma excelente madeira para fabricação de móveis (SOUZA *et al.*, 2007).

No entanto, apesar dos conhecimentos de seus potenciais usos, estudos com Aroeira e Angico, em monocultivos, são praticamente inexistentes na região. Logo, experimentos que visem avaliar o crescimento e a produtividade dessas espécies são muito importantes, pois são amplamente utilizadas como fontes de energia para as populações do Semiárido nordestino.

Por outro lado, em geral, a região semiárida tem baixa fertilidade do solo, mas com o uso de adubos e, ou fertilizantes, logo, a melhoria da qualidade edáfica pode aumentar a produção florestal. O uso de fertilizantes por pequenos agricultores é restrito em função dos custos. Entretanto, se não forem aplicados corretamente podem causar danos ambientais como contaminação por metais pesados, emissão de gases de efeito estufa, entre outros (WUANA; OKIEIMEN, 2011).

Já o uso de adubos é uma política ambiental mais sustentável e os efeitos devem ser tomados para a implementação, pelo menos em reflorestamento em pequena escala (ANDRADE; OLIVEIRA; CERRI, 2006).

Com a construção de reservatórios na região semiárida, a disponibilidade de água aumentou e, portanto, a indústria da piscicultura apareceu como fonte alternativa de desenvolvimento econômico regional, consequentemente um número maior de tanques e lagoas para sistemas de piscicultura foram construídos. No entanto, há alto risco de eutrofização das águas (GUNKEL *et al.*, 2015), bem como, a necessidade de coletas periódicas dos resíduos orgânicos, o que reduz sensivelmente o risco de contaminação das águas, desde que esses resíduos não sejam depositados no reservatório, o que é uma prática comum nesse tipo de empreendimento.

Logo, o uso dos resíduos de piscicultura deve constituir uma prática, associada aos processos agrários, que é uma atividade que envolve menos custos para os pequenos produtores rurais. Essa prática poderá evitar que esses resíduos sejam descartados em áreas abandonadas e às vezes no próprio reservatório de água, apenas transferindo o problema para outro local gerando uma grave contaminação ambiental.

O uso desses sedimentos é recomendado para fins agrícolas, uma vez que não contêm altos níveis de contaminantes (THEODORO *et al.*, 2007; WALTER; GUNKEL; GAMBOA, 2012).

Outra alternativa de material orgânico que se tornou foco de interesse de algumas pesquisas relacionadas a fertilidade dos solos é o biocarvão

(biochar) (LEHMANN; JOSEPH, 2009), visando, principalmente, melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, aumentando a fertilidade do solo, reduzindo a lixiviação de nutrientes e aumentando a retenção de água. O biocarvão reduz a emissão de gases de efeito estufa devido ao aumento do armazenamento de carbono nos solos (SINGH *et al.*, 2010; JEFFERY *et al.*, 2011). Hoje existem várias tecnologias de produção de biocarvão diferindo em temperatura, pressão e duração da pirólise, e diferentes matérias orgânicas podem ser usadas como madeira, resíduos de madeira e resíduos agrícolas, entre outros, os quais estão disponíveis na região semiárida do Brasil

Desta forma, três diferentes abordagens para fertilizantes naturais e alteração do solo são focos de interesse deste estudo: (1) a reutilização de resíduos (alimentares e fezes de peixes) depositados em sistemas de piscicultura; (2) sedimentos depositados no reservatório compostos pela formação *in situ* (detrito, precipitação de carbonato) e deposição de solos erodidos da bacia (silte, argila e detritos, ricos em nutrientes adsorvidos); (3) biocarvão produzido a partir de matéria orgânica por meio de processo da pirólise. O biocarvão serve como fonte de carbono com baixas taxas de mineralização.

Em resumo, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o uso de fertilizantes naturais e biocarvão no aumento da produtividade dos ecossistemas florestais, visando recuperar solos atualmente abandonados devido à baixa produtividade, e fornecer biomassa como fonte de energia em curto espaço de tempo, mitigando o desmatamento da Caatinga.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em março de 2014, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), município de Belém do São Francisco, localizado na latitude 08°45'28 "Sul e longitude 38°57'50" Oeste, com altitude de 305 metros, na região semiárida do estado de Pernambuco, microrregião de Itaparica. A estação chuvosa começa em novembro e termina em abril. A precipitação média anual é de 431,8 mm. Na estação experimental a predominância é de solos aluviais. A vegetação é composta principalmente por Caatinga hiperxerófila, com trechos da Floresta Estacional Decidual (BELTRÃO *et al.*, 2005).

O delineamento experimental para comparação do crescimento inicial da floresta (altura das plantas) foi multivariado de medidas repetidas. Os tratamentos compreenderam: duas espécies nativas da região, Angico [*Anadenanthera columbrina* (Vell) Brenan] e Aroeira [*Myracrodruon urundeuva* (Allemão)], dois clones (1 e 2) de *Eucalyptus* (*E. tereticornis* x *E. urophylla*), quatro fontes de nutrientes: sedimentos do reservatório de Itaparica, resíduos de tanques de piscicultura, biocarvão (condicionador do solo) e o controle (sem adubação ou alteração do solo), em dois espaçamentos: 3m x 2m, com parcelas de 168m² e 4m x 2m com

parcelas de 224 m², cada uma com oito repetições. Para o plantio do Angico, Aroeira e os dois clones de *Eucalyptus*, usaram-se covas com dimensões de 30cm x 20cm x 20cm. Os sedimentos do reservatório de Itaparica, resíduos dos tanques de piscicultura e biocarvão foram aplicados na quantidade de 0,5 litro por planta.

A primeira medição das alturas das plantas foi realizada aos dois meses após o plantio, momento em que foi medido o índice de sobrevivência das plantas e realizado o replantio das mudas mortas. Posteriormente, as medições seguintes foram realizadas a cada seis meses.

Os sedimentos do reservatório de Itaparica foram coletados em áreas próximas à borda do reservatório. Os resíduos de tanques de piscicultura foram coletados em um empreendimento comercial no município de Itacuruba, em áreas próximas ao reservatório de Itaparica, onde a exploração da piscicultura é mais intensa. O biocarvão foi produzido a partir da maceração de carvão vegetal, proveniente do processo de pirólise da madeira de algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw) DC] espécie exótica ocorrente na região.

O modelo matemático para o desenho experimental foi o de Silva; Silva (1982), mediante a seguinte expressão:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} = altura da árvore devido à *i*-ésima espécie com o *j*-fertilizante e o *k*-ésimo espaçamento na réplica de luz;

μ = média geral;

α_i = efeito da *i*-ésima espécie na repetição *l*;

β_j = efeito do *j*-fertilizante na repetição *l*;

γ_k = efeito do *k*-ésimo espaçamento na repetição *l*;

$\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação entre as espécies i com o j -fertilizante na l -ésima repetição l ;

$\alpha\gamma_{ik}$ = efeito da interação entre a i espécie com o k -ésimo espaçamento na décima segunda repetição l ;

$\beta\gamma_{jk}$ = efeito da interação entre o j -fertilizante e o k -ésimo espaçamento na repetição l ;

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = efeito da interação entre a i th espécie com o j -fertilizante e o k -ésimo espaçamento na repetição;

ε_{ijkl} = erro aleatório.

Para comparar a média das médias dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância. As

análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SYSTAT Demo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 Sobrevivência da espécie

As taxas de sobrevivência das espécies após seis meses de plantio estão relacionadas na Tabela 1. Observou-se que as espécies nativas Angico e Aroeira apresentaram as maiores taxas de sobrevivência, ou seja, 85,6% e 85,1% respectivamente, provavelmente, por serem altamente adaptadas às condições ambientais locais. Os clones 1 e 2 de

Eucalyptus apresentaram menores taxas de sobrevivência; 80,7% e 64,5%, sendo que a maior taxa de mortalidade ocorreu no estágio de plântula, o que é natural, principalmente quando se introduz uma espécie exótica em uma região com deficiência hídrica, embora fossem clones indicados para essas regiões.

Tabela 1 - Taxa de sobrevivência (%) dos experimentos com espécies nativas e exótica na estação experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco

Espécies	Sobrevivência(%) 36 meses
Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>)	85,8
Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>)	85,1
<i>Eucalyptus</i> clone 01 (<i>E. tereticornis</i> x <i>E. urophylla</i>)	80,7
<i>Eucalyptus</i> clone 02 (<i>E. tereticornis</i> x <i>E. urophylla</i>)	64,5

Fonte: Os autores

2 Análises estatísticas

Nas Tabelas 2 e 3 estão representados os resultados das análises de variância para os fatores espécies, fontes de nutrientes, espaçamentos, suas

interações e para os fatores tempo, espécies, fontes de nutrientes, espaçamentos e suas respectivas interações.

Tabela 2 - Análise de variância (ANOVA) dos fatores e suas interações no crescimento em altura das quatro espécies florestais aos 36 meses de idade

Variáveis	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Espécies	3	19532,04	6510,68	2874,90	<0,0001
Fontes de nutrientes	3	88,19	29,39	12,98	<0,0001
Espaçamentos	1	943,17	943,17	416,47	<0,0001
Espécies x Fontes de nutrientes	9	338,25	37,58	16,60	<0,0001
Espécies x Espaçamentos	3	1736,45	578,81	255,59	<0,0001
F. nutrientes x Espaçamentos	3	82,93	27,64	12,21	<0,0001
Espécies x Fontes de nutrientes x Espaçamentos	9	310,19	34,46	15,22	<0,0001
Resíduo	2062	4669,73	2,26		
TOTAL	2093	27700,95			

Em que: GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = teste de F; Pr>F= probabilidade do teste de F.

Fonte: Os autores

Foram constatadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre as médias de crescimento em altura para todos os fatores analisados e as suas interações, indicando que as culturas florestais avaliadas apresentaram diferentes taxas de crescimento ao longo do tempo.

O efeito significativo do fator fonte de nutriente está relacionado aos seus diferentes valores nutricionais, as quais apresentam composições químicas diferenciadas.

Em relação ao fator espaçamento, o seu efeito significativo para o crescimento médio em altura das

culturas florestais foi atribuído à competição entre os indivíduos arbóreos por luz e outros recursos.

Observou-se também que na análise de variância para o efeito tempo (Tabela 3), todos os fatores e as interações apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$), indicando que existe dependência entre crescimento em altura das culturas florestais ao longo do tempo, o que inviabilizou o uso do arranjo de parcelas sub-divididas no tempo, uma vez que não existiu independência entre as medidas ao longo do tempo (NEMEC, 1996).

Tabela 3 - Análise de variância (MANOVA) para o fator tempo em relação a espécies, fontes de nutrientes e espaçamento aos 36 meses de idade

Variáveis	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tempo	9	50764,07	5640,45	6841,58	<0,0001
Tempo x Espécies	27	14302,92	529,74	642,54	<0,0001
Tempo x Fontes nutrientes	27	150,16	5,56	6,75	<0,0001
Tempo x Espaços	9	506,77	56,31	68,30	<0,0001
Tempo x Espécies x Fontes de nutrientes	81	596,52	7,36	8,93	<0,0001
Tempo x Espécies x Espaços	27	1063,55	39,39	47,78	<0,0001
Tempo x Fontes de nutrientes x Espaços	27	197,42	7,31	8,87	<0,0001
Tempo x Espécies x Fontes de nutrientes x Espaços	81	872,21	10,77	13,06	<0,0001
Resíduo	18558	15299,90	0,82		
TOTAL	18846	803603,36			

Fonte: Os autores

2 Crescimento das espécies após 36 meses

A Tabela 4, apresenta um resumo dos resultados das alturas das plantas

para todos os efeitos considerados nesta pesquisa.

Tabela 4 – Comparação de médias de crescimento em altura para as espécies, fertilizantes e espaçamento.

Espécies florestais	H(m)	Fertilizantes	H(m)	Espaços	H(m)
Clone 2	7,62 a	RTP	5,18 A	3 m x 2m	5,44 a
Clone 1	7,54 a	Sedimentos	5,08 A	4 m x 2m	4,77 b
Angico	3,75 b	Controle	4,88 B		
Aroeira	2,02 c	Biocarvão	4,72 C		

Em que: H = altura; RTP = resíduos de tanques de piscicultura; Sedimentos = Sedimentos do reservatório de Itaparica. *a, b, c = ranking médio, médias com a mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Os autores

Aos 36 meses os clones de *Eucalyptus* 1 e 2 apresentaram alturas médias de 7,62 m e 7,54 m, respectivamente.

No desempenho silvicultural e produtivo de *Eucalyptus* no Cerrado, sob diferentes arranjos espaciais em sistema

agrossilvipastoril, Oliveira *et al.* (2009) observaram valores médios para as alturas aos 38 meses de 13,63 m a 15,72 m, para os arranjos de 3 m x 3 m e 3 m x 3,33 m, respectivamente. Esses valores são bem superiores aos encontrados na presente pesquisa, no entanto, vale

salientar que as condições climáticas das áreas estudadas eram bem diferentes.

Já em relação ao crescimento médio em altura das espécies Angico e Aroeira, obteve-se médias aos 36 meses de 3,75 m e 2,02 m, respectivamente.

Em estudo sobre o desenvolvimento da Aroeira plantada em áreas alteradas de fragmentos florestais, com espaçamento de 3m x 2m, Bertoni; Dickfeldt (2007) verificaram que as plantas apresentavam altura média de 2,65 m aos 48 meses. No caso da presente pesquisa, aos 36 meses, a Aroeira apresentou um crescimento médio em altura de 2,02 m, valor este, um pouco abaixo do que foi encontrado pelos autores supracitados.

O maior incremento das espécies com sedimentos do reservatório e com o resíduo dos tanques de piscicultura pode estar associado ao alto teor de fósforo, elemento essencial no crescimento de culturas vegetais.

Em análise das características dos sedimentos e de taxa de sedimentação de um lago tropical, localizado na região dos Andes, no Equador, Gunkel (2003) encontrou elevadas quantidade de fósforo (4,3 g/kg por peso seco), nutriente que desempenha papel essencial no crescimento das plantas. Nesta pesquisa, foram verificados valores de fósforo entre 0,340 g/kg e 0,406 g/kg por peso seco.

Em pesquisa realizada no reservatório de Tucuruí - PA, Theodoro *et al.* (2007) comprovaram que os sedimentos acumulados apresentaram quantidades significativas de fósforo e de matéria orgânica que podem ser utilizados para incrementar a fertilidade dos solos.

Silva *et al.* (2013), em pesquisa realizada em área próxima ao reservatório de Itaparica, no município de Itacuruba – PE, compararam a concentração de nutrientes entre os

resíduos de tanques de piscicultura com o esterco de animais (bovino, ave e suíno), e concluíram que os resíduos de piscicultura apresentaram maiores concentrações de nutrientes, principalmente em K, Mg, P e N do que os outros resíduos. Esses mesmos autores encontraram no resíduo de tanque de piscicultura uma outra importante característica, o elevado valor da relação C/N, que correspondeu a um valor de três, indicando que esse resíduo orgânico possui alta capacidade de mineralização e, conseqüentemente, alta capacidade de disponibilizar, de forma mais rápida, os nutrientes para as plantas.

Em relação à eficiência no desenvolvimento das espécies florestais, o biocarvão não apresentou resultados expressivos, chegando a valores estatisticamente semelhantes ao tratamento sem adubação (controle).

Tal fato pode ser explicado devido a característica que o biocarvão produzido de material vegetal, retém nutrientes que se encontram no solo, disponibilizando-os para as plantas, ao longo do tempo, e de forma lenta.

Por isto, Lehmann; Joseph (2009), sugeriram que durante o processo de produção do biocarvão de origem vegetal sejam utilizados outros materiais orgânicos ricos em nutrientes.

Diante dos resultados apresentados, é possível observar que as fontes de nutrientes proporcionaram condições que favoreceram o desenvolvimento das quatro culturas avaliadas, tornando-se, assim, mais uma opção de baixo custo de adubação orgânica para plantios naquela região.

Em relação ao uso do biocarvão, a sua aplicação de forma isolada deve ser evitada, recomendando-se que esse condicionador de solo seja adicionado em misturas com outras fontes de nutrientes.

O espaçamento 3m x 2m apresentou altura média de 5,44 m e foi selecionado como o melhor espaçamento. O espaçamento 4m x 2m apresentou altura média de 4,77 m após 36 meses.

Observou-se que as espécies que foram plantadas no espaçamento 3m x 2m, apresentaram superioridade em

crescimento em altura média, em comparação às espécies plantadas no espaçamento 4m x 2m. Tal comportamento pode ser explicado pelo dos indivíduos arbóreos plantados em espaçamento mais adensado apresentam maior competição por luz e água, influenciando no crescimento em altura dos indivíduos.

CONCLUSÕES

- As fontes de nutrientes, resíduos dos tanques de piscicultura, e sedimentos do lago de Itaparica, contribuíram significativamente no crescimento em altura das culturas florestais analisadas, tornando-se alternativas para serem usados como biofertilizantes em plantios florestais e agrícolas na região de Itaparica;

- O biocarvão não produziu efeitos significativos no desenvolvimento das culturas florestais;

- As maiores médias em altura para as culturas florestais foram alcançadas no espaçamento 3m x 2m.

- O clone MA 2001 foi o que apresentou maior média de crescimento em altura para os clones de *Eucalyptus* avaliados;

- Entre as espécies nativas avaliadas, o maior crescimento médio em altura foi verificado para o Angico;

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. A.; OLIVEIRA, C.; CERRI, C. C. Cinética de degradação da matéria orgânica de biossólidos após aplicação no solo e relação com a composição química inicial. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 659 – 668, 2006.

BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Pernambuco**: diagnóstico do município de Belém de São Francisco. Recife: CPRM, 2005. 23 p.

BERTONI, J. E. A.; DICKFELDT, E. P. Plantio de Myracrodruon urundeuva Fr. All. (aroeira) em área alterada de floresta: desenvolvimento das mudas e restauração florestal. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.1, p.31-38, 2007.

BINKLEY, D.; STAPE, J. L. Sustainable management of Eucalyptus plantations in a changing world. In: IUFRO CONFERENCE EUCALYPTUS IN A CHANGING WORLD, 2004, Aveiro, PO. **Proceedings** [...]. Aveiro, PO: Instituto Investigaçao de Floresta e Papel, 2004. 1 CD-ROM.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 639 p.

GUNKEL, G. Limnología de un lago tropical de Alta Montaña, en Ecuador: características de los sedimentos y tasa de sedimentación. **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 51, n. 2, p. 381-390, 2003.

GUNKEL, G.; MATTA, E.; SELGE, F.; SILVA, G. M. N.; CARMO SOBRAL, M. C. Carrying capacity limits of net cage aquaculture for Brazilian reservoirs. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 36, p. 128-144, 2015.

HARRISON, R. B. ; REIS, G. G. ; REIS, M. D. G. F. ; BERNARDO, A. L. ; FIRME, D. J. Effect of spacing and age on nitrogen and phosphorus distribution in biomass of *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus urophylla* plantations in Southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 133, n. 3, p. 167-177, 2000.

JEFFERY, S.; VERHEIJEN, F. G. A.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A. C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 144, n. 1, p. 175-187, 2011.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management: science and technology.** London: Earthscan, 2009. 438 p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas.** Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512 p.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112 p.

NEMEC, A. F. L. **Analysis of repeated measures and time series: an introduction with forestry examples.** Victoria, B. C.: Ministry of Forests, 1996. 83 p. (Biometrics Information Handbook, n. 6) (Working paper, 15). Disponível em: <https://studylib.net/doc/14842032/analysis-of-repeated-measures-and-time-series--an-introdu...> Acesso em: 19 ago.2017.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sobdiferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 1-9, 2009. Edição especial.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira.** São Paulo: Edgar Blucher, 1995. 296 p.

SILVA, J. A. A. Potencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no Polo Gesseiro do Araripe-Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciências Agrônômicas**, Recife, v. 5/6, p. 301-319, 2008-2009.

SILVA, J. A. A.; SILVA, I. P. **Estatística experimental aplicada à ciência florestal**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1982. 292 p.

SILVA, R. F.; SILVA, J. L. A.; ARAÚJO, M. S. B.; FAUSTINO, O. W. C. Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos como condicionante de solos no semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v.7, n.1, p. 58-63, 2013.

SINGH, B. P.; HATTON, B. J.; BALWANT, S.; COWIE, A. L.; KATHURIA, A. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 39, n. 4, p. 1224-1235, 2010.

SOUZA, S. M.; AQUINO, L. C.; MILACH, A. C. Jr.; BANDEIRA, M. A.; NOBRE, M. E.; VIANA, G. S. Anti-inflammatory and antiulcer properties of tannins from *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) in rodents. **Phytotherapy Research**, London, v. 21, n. 3, p. 220-225, 2007.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil Eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 9, p. 1684-1694, 2010.

THEODORO, S.H.; BARRIGA, F. J. A. S.; FONSECA, R.; MACEDO, I. L. The use of accumulated sediments in the Tucuruí and Três Marias dams to recover degraded soils. In: GUNKEL G.; SOBRAL M. C.(ed.) *Reservoirs and river basins management: exchange of experience from Brazil, Portugal and Germany*. Berlin: Univerlag tuberlin, 2007. p. 211-225.

WALTER, K.; GUNKEL, G.; GAMBOA, N. An assessment of sediment reuse for sediment management of Gallito Ciego Reservoir, Peru. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, Queensland, v. 17, n. 4, p. 301-314, 2012.

WUANA, R. A.; OKIEIMEN, F. E. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. **International Scholarly Research Network. Ecology**, New York, p. 1-20, 2011. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/isrn/2011/402647/>. Acesso em: 22 ago. 2018.