

RAFAEL LOPES CARNEIRO

EFEITO DO ESPAÇAMENTO E DA PRECIPITAÇÃO NO CRESCIMENTO DA  
MACAÚBA (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.)

Monografia apresentada ao  
Departamento de Engenharia Florestal da  
Universidade Federal de Viçosa, como parte  
das exigências do Curso de Graduação em  
Engenharia Florestal.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
JUNHO – 2015

RAFAEL LOPES CARNEIRO

EFEITO DA PRECIPITAÇÃO E DO ESPAÇAMENTO NO CRESCIMENTO DA  
MACAÚBA (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.)

Monografia apresentada ao  
Departamento de Engenharia Florestal da  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Curso de  
Graduação em Engenharia Florestal.

Aprovada: 26 de junho de 2015

---

Herly Carlos Teixeira Dias  
(Orientador)

---

Helio García Leite  
(Coorientador)

---

João Batista  
(Avaliador)

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
JUNHO – 2015

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, pela dedicação, esforço e compreensão durante toda esta trajetória.

Às amigadas feitas em Viçosa e espalhadas pelo mundo que são minha segunda família por escolha.

A todos que de alguma forma ajudaram na composição desta monografia.

Ao meu orientador Professor Herly Carlos Teixeira e meu coorientador Professor Helio Garcia Leite pela oportunidade e imensurável esforço para que este trabalho fosse concretizado.

À todos do Laboratório de Hidrologia Florestal pela ajuda de suma importância.

## **BIOGRAFIA**

Nasceu em Ubá, MG, em 29 de setembro de 1988, filho de Jorge Wallace Carneiro e Patrícia Pereira Lopes Carneiro. Estudou em Tocantins, MG durante o ensino fundamental e em Ubá durante o ensino médio.

Ingressou na UFV em 2011 no curso de Engenharia Florestal, concluiu-o no primeiro semestre letivo de 2015.

## SUMÁRIO

EXTRATO.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
4. METODOLOGIA.....	9
4.1 – Caracterização da área de estudo.....	9
4.2 - Caracterização do experimento.....	10
4.3 – Análise de dados.....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
6. CONCLUSÃO.....	21
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	22

## EXTRATO

CARNEIRO, Rafael Lopes. Monografia de Graduação Universidade Federal de Viçosa, Junho de 2015. **Efeito do espaçamento e da precipitação no crescimento da macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.)**. Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias. Coorientador: Helio Garcia Leite.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do espaçamento e da precipitação no crescimento da macaúba em um plantio experimental instalado na Fazenda Dona Judith em Canaã, Minas Gerais. As macaúbas foram plantadas nos espaçamentos 6x6 m e 6x3 m. A partir do segundo mês do plantio, janeiro de 2010, foram feitas nove avaliações de campo sendo a última feita em abril de 2015. Nestas avaliações, a altura de todas as plantas foi medida utilizando uma régua graduada. O monitoramento das precipitações de chuva foi feito de forma convencional por meio de pluviômetros instalados próximos ao experimento. O modelo de Gompertz foi ajustado por espaçamento, visando estimação da altura em função da idade. Para comparar o crescimento em altura nos espaçamentos testados foi aplicado um teste de identidade de modelos. Em seguida, foram testados diferentes configurações de Redes Neurais Artificiais (RNA). As variáveis de entrada foram a idade, as alturas, e as precipitações total de doze meses anteriores a cada medição. Os resultados gerados pela RNA foram avaliados e comparados entre si e com aqueles obtidos por regressão. Esta comparação foi feita por meio de análise de resíduos. As plantas espaçadas em 6x6 m apresentam em média um pequena diferença de altura sendo estas maiores que as plantas que sob o espaçamento de 6x3 m. No período observado de crescimento das plantas, a precipitação não apresentou efeito significativo para uma faixa que variou de 591 a 1532 milímetros de chuva anuais.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje é grande a procura por novas fontes de energia, dentro deste cenário destacam-se as fontes de energia renovável. O Brasil tem no setor da agricultura, de energia e de biocombustível, uma grande oportunidade, pois sua localização geográfica garante, em quase todo o território, radiação solar suficiente para a produção vegetal durante o ano todo.

Dentre as diversas oleaginosas com potencial para produção de biocombustível estão as palmáceas, presentes em abundância na flora brasileira. Elas produzem óleos laurílicos, que são saturados e por isso resultam em biocombustível de alta qualidade

Entre as espécies de palmeiras nativas destaca-se *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart., conhecida popularmente por bocaiúva, macaúba ou dendê mineiro. Esta espécie é ecologicamente importante por servir de recurso alimentar para diferentes espécies e colonizar áreas, estando presente em diferentes regiões brasileiras. (NEGRELLE et AL., 2012).

Lorenzi (2006), ao estudar a cadeia agroextrativista da macaúba, identificou diversos produtos e usos desta planta, como: farmacológico, nutracêutico, madeireiro, artesanal, forrageiro alimentício e combustível. Porém, o verdadeiro valor desta está na produção de óleo vegetal.

O dendê também seria uma alternativa para a produção de óleo, tendo um rendimento igual ao da macaúba, porém este tem severas exigências edáficas e climáticas, e sua aptidão sugere somente áreas equatoriais, enquanto que a macaúba com alta rusticidade e adaptabilidade pode ser plantada com sucesso em quase todo território nacional.

A maior parte do conhecimento acumulado até agora sobre a macaúba provém de pesquisas feitas onde a planta se encontra naturalmente, na maioria das vezes se restringindo ao estudo tecnológico do óleo extraído. No entanto a planta ainda não está completamente domesticada, para que esta possa estabelecer-se como matéria prima para o biodiesel, sendo necessários estudos com base experimental.



## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de dois espaçamentos e da precipitação sobre o crescimento da macaúba, em um plantio experimental.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

A *Acrocomia aculeata* foi primeiramente descrita por Jacquin em 1763 tendo como basônimo *Cocos aculeatus* Jacq.. Em 1824, foi inserida por Martius no gênero *Acrocomia*, sendo designada como *Acrocomia sclerocarpa*. Posteriormente, em 1845, Loddiges coloca ambos em sinonímia, designando-a como *Acrocomia aculeata* (Missouri, 2005, apud Lorenzi, 2006).

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) também conhecida como mucujá, mocajá, macajuva, bocaiúva e umbocaiúva é pertencente à família Arecaceae e apresenta ampla distribuição geográfica nas Américas Central e do Sul (Lorenzi, 2010).

No Brasil, a Macaúba é considerada a palmeira de maior distribuição, pois ocorre em todo o território nacional, exceto na Região Sul, com concentrações em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Ceará. A Macaúba está presente em áreas abertas e relativamente secas. É encontrada em ambientes diversos, como margem de rodovias, em consórcio com culturas anuais, como milho e feijão, dentre outras, e com cultivos perenes, como pastagens, e em áreas degradadas ou em processo de recuperação (Mota et al., 2011).

A macaúba pode atingir 20 m de altura e seu estipe tem de 20 a 30 cm de diâmetro, é ereto e assim como as folhas, folíolos, parte do cacho e da inflorescência é coberto por acúleos (Mota et al., 2011).



Figura 1 – Árvore de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.).  
Fazenda Dona Judith, Canaã, Minas Gerais, 2015.

Os frutos são esféricos ou ligeiramente achatados, em forma de drupa globosa com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. O epicarpo rompe-se facilmente quando maduro. O mesocarpo é fibroso, mucilaginoso, de sabor adocicado, rico em glicerídeos, de coloração amarelo ou esbranquiçado, comestível. O endocarpo é fortemente aderido à polpa (mesocarpo), com parede óssea enegrecida e a amêndoa oleaginosa, comestível e revestida de uma fina camada de tegumento. Cada fruto contém, geralmente, uma semente envolvida por endocarpo duro e escuro com aproximadamente 3 mm de espessura. A frutificação ocorre durante todo o ano e o frutos amadurecem, principalmente, entre setembro e janeiro (LORENZI, 2006).



Figura 2 – Frutos da macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.).  
Fazenda Dona Judith, Canaã, Minas Gerais, 2015.

Segundo Dias et al. (2011), as características botânicas e morfológicas da macaúba favorecem a captação de água de maneira eficiente no período inicial do crescimento. O formato da copa lembra um funil e os folíolos são pequenas calhas, capazes de direcionar a água da chuva interceptada para a região central da folha, assim como as bainhas lembram calhas maiores que direcionam para o estipe. A presença de espinhos e pelos aumenta a área de superfície de captação, mantendo a umidade e temperatura microclimática. Observa-se que no estipe junto as bainhas forma-se um emaranhado de fibras muito semelhante ao xaxim, compondo também uma estratégia de retenção de água. Todas essas características e habilidades de retenção de água da chuva de maneira eficiente fazem com que o cultivo da macaúba contribua de maneira positiva nos processos hidrológicos da área.

A resposta das palmeiras ao fornecimento de água, é bastante conhecida, no entanto, como também ocorre baixa tolerância pelo excesso de umidade,

parece existir uma faixa estreita de umidade de adequação não só para a macaúba, como também para outras espécies de palmeira. (Motta et al., 2002).

Do ponto de vista ecofisiológico, observa-se que a macaúba é mais flexível quanto as exigências climáticas do que a palma e o coqueiro. Para latitudes próximas, encontram-se macaúbas nativas desde o nível do mar (Macaé, RJ) até 1.000 m de altitude (Barbacena, MG), evidenciando a capacidade de adaptação dessa planta. Nessa altitude seria inviável cultivar palma e coqueiro. Quando se considera a necessidade hídrica observa-se comportamento similar. Existem maciços nativos de macaúba em regiões com precipitação anual de 1.080 mm em Montes Claros, MG, até 2.200 mm em Tailândia, PA (Pimentel et al., 2011).

No âmbito nacional, registra-se a existência de mercado consumidor promissor, visando o uso do óleo da polpa para a produção de Biodiesel, o qual enquadra-se nas especificações da American Society for Testing and Materials (ASTM) e integra a matriz energética do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). (Lorenzi et al., 2011).

Ainda Segundo Lorenzi et al. (2011) em função do crescente interesse pelas espécies oleaginosas foi promulgada a Lei estadual nº 19.485, de 13 de Janeiro de 2011, a qual, institui em Minas Gerais a política estadual de incentivo ao cultivo, a extração, a comercialização, ao consumo e a transformação da Macaúba e das demais palmeiras oleaginosas – Pro-Macaúba (MINAS GERAIS, 2011).

Dentre as diversas oleaginosas com potencial no programas de produção e uso do Biodiesel, a Macaúba (*Acrocomia aculeata*) destaca-se por apresentar várias características positivas, como alta produtividade de óleo; rusticidade; ampla adaptabilidade; possibilidade de cultivo em pequenas propriedades; por ser cultura perene, com possibilidade de cultivo em Sistemas Agrossilvipastoris e créditos de carbono; produção de óleos e coprodutos (tortas) sem toxinas, dentre outros (Pimentel et al., 2011).

De acordo com Pimentel et al., (2011), para conquistar uma fatia do gigantesco mercado criado pelo biodiesel, qualquer cultivo agrícola deverá apresentar produção em grande escala e preço competitivo, além da sustentabilidade em toda a cadeia produtiva. Neste sentido, definir os coeficientes técnicos e estimar os custos de produção são etapas básicas para sinalizar à iniciativa privada o potencial de determinado cultivo.

Solo e clima são fatores comumente citados por autores como fatores que contribuem para o desenvolvimento de espécies florestais. MAESTRI (2003), constatou este vínculo em povoamentos de *Eucalyptus grandis* nos estados do Espírito Santo e Bahia.

Segundo MAESTRI (2003), a ciência vinculada a fisiologia vegetal, que envolve a modelagem ecofisiológica está em desenvolvimento crescente. Objetivando conhecer e estimar as causas dos processos biológicos. Estes estudos tem evoluído consideravelmente nos campos de interação planta x solo x água x atmosfera conferindo uma visão muito mais generalista e fisiologicamente gabaritada para "prever" condições de crescimento.

Instituições de ensino e pesquisa do setor florestal hoje em dia, dispõe de sofisticadas ferramentas para tomada de decisão e avaliação de interações como as citadas anteriormente. De acordo com BINOTI (2012), destacam-se entre estas ferramentas, ganham destaque as técnicas de inteligência artificial e computacional como redes neurais artificiais.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 – Caracterização da área de estudo**

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Dona Judith, localizada no município de Canaã, na Zona da Mata de Minas Gerais, a 662 m de altitude. A região apresenta relevo com espigões de topos aplainados ou abaulados, predominando as declividades médias e fracas (COELHO et al., 2005).

A temperatura média anual é de 20°C, e de acordo com a classificação de Koppen, o clima predominante na região é o CWA (clima tropical) caracterizado por verões úmidos e quentes. O período de seca tem duração de três a cinco meses, coincidindo com o período mais frio do ano (VIANELLO e ALVES, 1991).

O solo predominante nas áreas de declividades médias e fracas é o Latossolo Vermelho-Amarelo, e nas várzeas, juntamente com os terraços fluviais, predominam solos Aluviais de cor escura, férteis, mas geralmente com problemas de acidez (MEIRA NETO, 2002).





Figura 3 – Plantio experimental de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.). Fazenda Dona Judith, Canaã, Minas Gerais, 2015.

#### 4.2 - Caracterização do experimento

O experimento foi instalado em novembro de 2009 e constituído por um plantio de macaúba (*Acrocomia aculeata*(Jacq.) Lodd. ex Mart.) em consórcio com capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv), de ocorrência natural na área. Os tratamentos consistiram de dois espaçamentos de plantio da macaúba (6x6 m e 6x3 m), havendo 6 repetições de cada, com 9 plantas, sendo estabelecidas 54 plantas úteis por espaçamento.

A avaliação do crescimento das plantas foi iniciado em janeiro de 2010, dois meses após a instalação do macaúbal. Após essa avaliação foram efetuadas outras oito. Nas seguintes datas: Maio de 2010 aos 6 meses, outubro de 2010 aos 11 meses, Março de 2011 aos 16 meses, Agosto de 2011 aos 21 meses, Janeiro de 2012 aos 26 meses, Agosto de 2012 aos 33 meses, Novembro de 2013 aos 48 meses e Abril de 2015 aos 65 meses.

Nas avaliações foram medidas a altura total das plantas. Para isto utilizou-se de régua graduada. Considerou-se a altura igual a distância entre a base da planta e folha mais alta.



O monitoramento das precipitações de chuva foi feito de forma convencional por meio de pluviômetros instalados próximos da área experimental.

### 4.3 – Análise de dados

Com os dados de crescimento em altura e idade foram ajustados os modelos Logístico e Gompertz, utilizando o software CurveExpert 1.4. A escolha do melhor modelo foi feita com base no coeficiente de correlação ( $r$ ) entre alturas observadas e alturas estimadas, no erro-padrão residual ( $S$ ) e na verificação de consistência do ponto de vista biológico, de acordo com os coeficientes obtidos em cada ajuste, especialmente a estimativa do parâmetro assintótico do modelo. Os ajustes foram feitos para cada espaçamento.

Após a escolha do melhor modelo, as equações foram comparadas por meio de um teste de identidade de modelos, a um nível de significância de 5%, possibilitando assim inferir sobre a influência ou não do espaçamento no crescimento das plantas.

Para a análise da influência da precipitação no desenvolvimento das plantas foram configuradas e treinadas redes neurais artificiais utilizando o software Neuroforest 3.3 (Binoti, 2012). Duas redes foram geradas para cada tratamento. Uma das redes teve como variáveis de entrada as mesmas usadas para o ajuste das regressões, altura e idade das plantas. A segunda RNA gerada para cada tratamento teve como variáveis de entrada a idade, a altura, e atrelado a estes dados, a precipitação total dos doze meses anteriores à idade. Foram testadas, também, a contribuição da precipitação observado no mês da medição e nos meses anteriores.

As redes treinadas foram do tipo *Multilayer Perceptron* (MLP), *feedforward*. O tipo de treinamento utilizado foi *Resilient Propagation*, RPROP+. A arquitetura das redes é de 1 camada oculta do tipo sigmoide e camada de saída também tipo sigmoide. A camada oculta foi constituída de 8 neurônios. As variáveis numéricas foram normalizadas linearmente no intervalo de 0 a 1. Setenta por cento dos dados foram utilizados para o treinamento e os outros

trinta por cento, para a validação das redes. Esta divisão foi feita aleatoriamente pelo próprio software.

Após obter as estimativas de altura pelas Redes Neurais Artificiais com e sem o uso dos dados de chuva, estas foram comparadas entre si e com os resultados gerados por meio de regressão não linear através de análise gráfica de resíduos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados utilizados para análise estão resumidos na Tabela 1 com as alturas máximas e mínimas e medias de altura separados por tratamentos e idade.

Tabela 1 – Alturas máximas, mínimas e medias de alturas por espaçamento e por idade.

Espaçamento		Idade(meses)								
		2	6	11	16	21	26	33	48	65
6x6m	Máx de h	118	130	145	250	270	335	390	605	710
	Média de h	86	93	96	174	195	232	267	362	552
	Mín de h	57	55	50	90	100	95	205	210	340
6x3m	Máx de h	110	130	115	220	240	310	360	540	790
	Média de h	79	86	88	159	187	229	267	376	528
	Mín de h	47	50	50	80	105	140	150	260	320

Dentre os modelos sigmoides utilizados para explicar crescimento vegetal, foram escolhidos, o modelo de crescimento Logístico (1) e a Relação de Gompertz (2) por serem mais usuais e apresentarem maior correlação com os dados utilizados. As relações funcionais destas são assim definidas:

$$H = \frac{a}{1+be^{-cl}} \quad (1)$$

$$H = ae^{-e^{b-cl}} \quad (2),$$

Em que ,  $H$  a altura total, em centímetros;  $a$ , a assíntota;  $b$ , o parâmetro de inflexão;  $c$  determina a eficiência do crescimento; e  $l$  a idade, em meses.

As curvas de crescimento e alturas obtidas por espaçamento são apresentadas na Figura 4 e a Tabela 2 contém as estatísticas  $r$  (coeficiente de correlação) e  $S$  (erro-padrão residual).

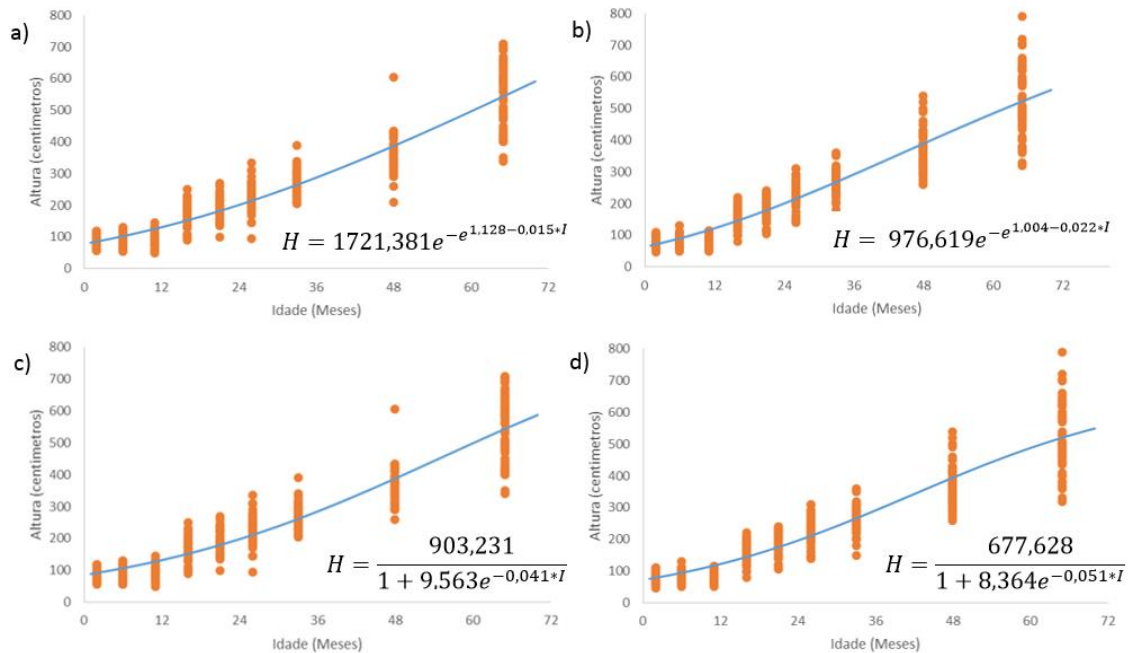


Figura 4 – Curvas de crescimento da macaúba em função da idade. a) Modelo de Gompertz, espaçamento 6x6m; b) Modelo de Gompertz, espaçamento 6x3m; c) Modelo Logístico, espaçamento 6x6m; Modelo Logístico, espaçamento 6x3m. Fazenda Dona Judith, Canaã, Minas Gerais, 2015.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação entre altura observada e altura estimada e erro-padrão residual obtido ao ajustar os modelos de Gompertz e Logístico a dados de altura e idade de macaúbas em dois espaçamentos. Fazenda Dona Judith, Canaã, Minas Gerais, 2015.

Tratamento	Modelo	Parâmetro
espaçamento 6x6 metros	Gompertz	r = 0.9438
		S = 49.95
	Logístico	r = 0.9425
		S = 50.53
espaçamento 6x3 metros	Gompertz	r = 0.9431
		S = 49.95
	Logístico	r = 0.9418
		S = 50.49

O coeficiente de correlação (r) é usado para avaliações relativas da qualidade do ajustamento de modelos não lineares, o mesmo ocorrendo com o erro-padrão residual (S).

Visto que os coeficientes de correlação (r) obtidos foram todos em torno de 0,94 é possível afirmar que ambos os modelos, Gompertz e Logística se aplicam bem aos dados. Além disso, de acordo com Regazzi 2003, em modelos sigmóides, o parâmetro  $\alpha$  é o valor máximo esperado para a resposta, ou seja, representa a assíntota para a equação. Com isto pode-se verificar a consistência dos modelos do ponto de vista Biológico. Para a relação de Gompertz a altura média esperada no ponto de maturidade das plantas é de aproximadamente 17 m para o espaçamento de 6x6 m e de 10 m para os espaçamento de 3x3 m. Para o modelo de crescimento logístico estes valores são de aproximadamente 9 e 7 m para os espaçamentos 6x6 e 6x3 m.

De acordo com Mota et al. (2011), a macaúba pode atingir até 20 metros de altura, portanto os valores assintóticos obtidos nos ajustes são biologicamente consistentes. Observa-se que existe uma grande diferença entre o valor de altura máxima estimado pelos dois modelos ajustados.

A relação de Gompertz gera um valor assintótico para o tratamento 1 muito parecido com o observado em plantas da espécie em ocorrência natural. Além disto este modelo apresentou maiores valores para coeficiente de correlação e menores valores de erro-padrão residual, visto isso, a Relação de Gompertz foi o modelo escolhido para se proceder o teste de identidade de

modelos e posteriormente ser comparado aos resultados obtidos por meio de Redes Neurais Artificiais.

Na Figura 5 estão representadas as curvas (Relação de Gompertz) de crescimento geradas a partir dos dados de idade e altura dos tratamentos 1, espaçamento de 6x6 m e tratamento 2, espaçamento 6x3 m, separadamente. Apesar destas parecerem muito próximas o que poderia sugerir que espaçamento não tem efeito no crescimento, o teste de identidade de modelos que tem sua ANOVA resumida na Tabela 3 mostra o contrário. A nível de 5% de significância, rejeitou-se a hipótese de que as equações são estatisticamente iguais. O valor  $p=0,021$  indica que as equações ajustadas são estatisticamente diferentes. Essa diferença ocorre principalmente nas alturas iniciais e finais, sendo de fato devido ao parâmetro  $\alpha$ (assíntota).

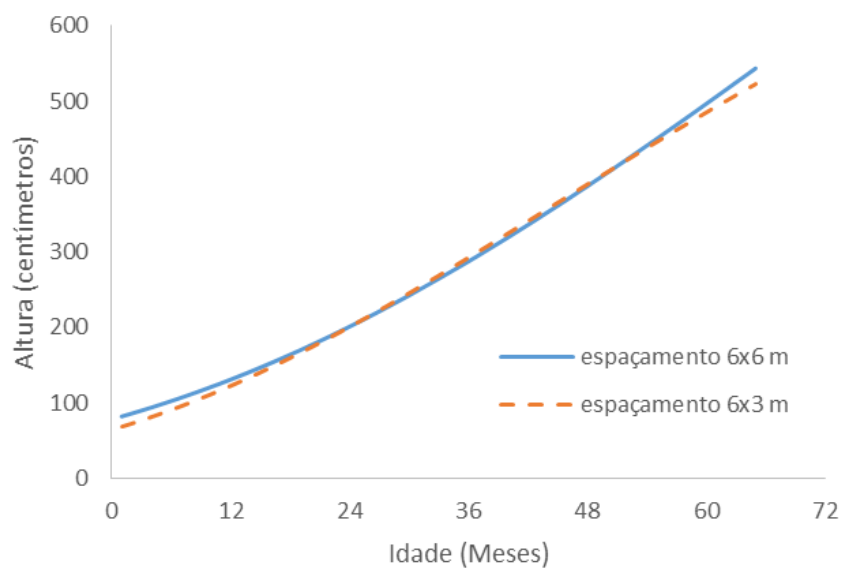


Figura 5 - Curva de crescimento em altura das plantas de macaúba ao longo do tempo, Canaã, Minas Gerais, 2015

Tabela 3 - Resumo da ANOVA do Teste de Identidade de Modelos, Canaã, Minas Gerais, 2015

FV	GL	SQ	QM	F	p
Parâmetros C	6	68306127.62			
Parâmetros R	3	68281804.62			
Redução devido a Ho	3	24323.00	8107.67	3.249	0.021
Resíduo	960	2395377.38	2495.18		
Total	966	70701505.00			

Nota: Nível de significância de 5%

O incremento na altura das plantas gerado pelo maior espaçamento pode ser percebido no final da curva para o Espaçamento 6x6 m. Este valor pode não ser suficiente para afirmação de que neste espaçamento ter-se-á maior rendimento para macaúba.

Nada pode ser afirmado sobre maior ou menor produção de frutos, os quais dão o extremo valor a estas plantas. Porém deve ter-se em mente que o diferencial de crescimento resultante dos dois tratamentos teve uma expressividade tal que pode não superar a diferença entre o número de plantas dos dois tratamentos. Ao se usar o espaçamento de 6x6 metros resultará em um plantio de aproximadamente 277 plantas por hectare enquanto que plantios que seguem o espaçamento de 6x3 metros resultam em 555 plantas por hectare.

Segundo Motta et al., (2002), a ocorrência natural de Macaúbas no Brasil se relaciona com uma faixa de precipitação anual variando entre 1.100 e 1.500 mm e há registros de deficiência hídrica de maio a setembro sendo estas mais concentrada no mês de agosto.

Os dados de monitoramento das precipitações de chuva na área do experimento do ano de 2003 a 2015 mostram que os totais anuais variaram entre 591 e 1912 mm. Sendo o valor de 591 mm registrado no ano de 2014, ano atípico em relação a chuvas para a região. Em relação a deficiência hídrica se destacam os mesmos meses citados por Motta et al., (2002), porém o mês mais seco para a região é julho, sendo comum não haver nenhuma chuva neste mês. Estes dados mais detalhados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Precipitação de chuva em milímetros, totais mensais e anuais e médias mensais do ano de 2003 a 2015, Canaã, Minas Gerais, 2015

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
2003	560	21	61	24	20	3	0	115	68	54	194	248	1365
2004	354	375	153	175	25	44	10	0	0	108	108	304	1652
2005	280	315	372	134	51	35	9	8	131	107	135	337	1912
2006	164	109	253	96	9	11	5	0	83	238	376	258	1602
2007	378	89	28	59	30	0	4	0	15	44	58	240	945
2008	282	114	175	141	2	26	34	17	121	37	211	592	1751
2009	355	150	243	54	0	48	0	17	63	144	80	37	1192
2010	32	44	107	79	29	0	0	2	23	148	401	512	1375
2011	122	113	320	74	3	15	0	0	0	249	257	380	1532
2012	379	35	57	43	69	2	0	23	15	88	215	169	1095
2013	180	88	171	58	58	24	0	15	24	57	176	358	1207
2014	38	22	80	44	12	5	39	13	26	37	170	106	591
2015	41	90	170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEDIA	243	120	168	82	26	18	8	17	47	109	198	295	-

Para análise gráfica dos resíduos gerados pelos diferentes métodos de obtenção da resposta de crescimento das macaúbas, estão representados nas Figuras 6, 7 e 8, histogramas com números de casos por classe de erro e gráfico de distribuição de resíduos.

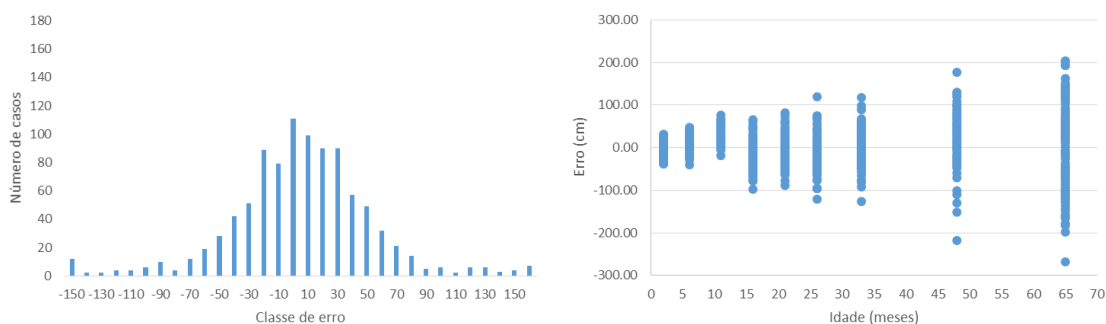


Figura 6 - Histograma com números de casos por classe de erro e gráfico de distribuição de resíduos em função da idade para o ajuste da Relação de Gompertz por meio de regressão não-linear, Canaã, Minas Gerais, 2015.



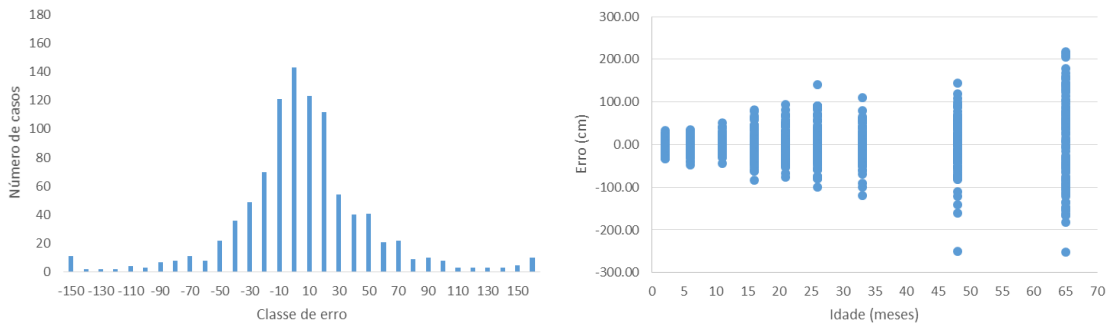


Figura 7 - Histograma com números de casos por classe de erro e gráfico de distribuição de resíduos em função da idade para valores de altura obtidos por meio de RNA considerando dados de precipitação, Canaã, Minas Gerais, 2015.

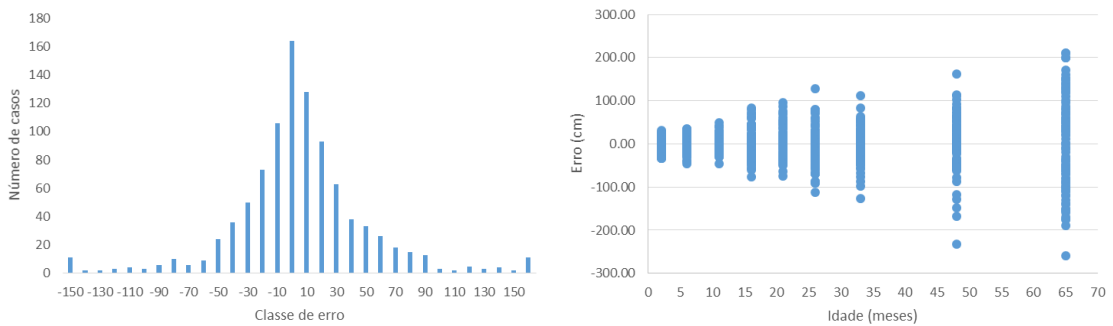


Figura 8 - Histograma com números de casos por classe de erro e gráfico de distribuição de resíduos em função da idade para valores de altura obtidos por meio de RNA desconsiderando dados de precipitação, Canaã, Minas Gerais, 2015.

Ao se comparar os histogramas com número de casos por classe de erro para Gompertz e para RNA quando se inclui os dados de precipitação na análise, tem-se a impressão de que os resultados provenientes de Redes Neurais Artificiais tem maior confiabilidade por concentrarem mais valores de erro próximos de zero, o que poderia sugerir efeito da precipitação, por esta estar inclusa na estimação de altura gerando resultados melhores. Porém na comparação dos gráficos de dispersão do erro em torno do valor observado nota-se que não houve alteração significativa para os diferentes métodos utilizados. Além disto é possível dizer que a concentração de erros mais próximos de zero acontece devido a utilização de RNA's e não pela inclusão dos dados de precipitação ao treinamento da rede. Isto porque o histograma gerado a partir

dos erros da RNA que não inclui dados de chuva no treinamento mostram os padrão parecido com o histograma anterior para erros a partir de redes que incluíram a precipitação no treino.

Portando é possível dizer que não houveram mudanças significativas na taxa de crescimento da cultura em função da precipitação local. Esta conclusão pode gerar interpretações errôneas de que as chuvas não influenciam no crescimento vegetal porém, o que os resultados mostram é que durante o desenvolvimento das plantas deste experimento não houveram momentos em que a quantidade de água precipitada em forma de chuva fosse insuficiente as necessidades fisiológicas da planta para as fases de desenvolvimento as quais estas passaram ou passam. Outro ponto importante a se observar é que o ano em que a precipitação mais se diferenciou foi o ano de 2014, sendo este muito próximo a última medição e possivelmente por isso ainda não apresentou efeito.

Temp (2005), em seu estudo sobre adição da precipitação volumétrica na modelagem de crescimento encontrou resultados semelhantes. Quando relacionou o incremento corrente anual em altura dominante para *Pinus taeda*, com dados de precipitação pluviométrica, observou que a correlação entre essas duas variáveis praticamente não existia. Porém neste mesmo estudo para a estimativa do incremento houve melhora na modelagem com a adição de dados.

Para discutir melhor acerca do efeito da precipitação no crescimento da macaúba, é ideal a continuidade do monitoramento deste plantio até a maturidade bem como do monitoramento da precipitação da área, além disso dados de crescimento para estas plantas em diferentes regimes hídricos deveriam ser obtidos para que estes possam ser comparados.

## **6. CONCLUSÃO**

De acordo com as condições deste experimento, os espaçamentos de 6x3 m e 6x6 m testados demonstraram surtir efeito no que tange ao crescimento da macaúba. Este estudo deve ser aprofundado a nível de produção de frutos para assim poder discutir acerca do melhor espaçamento a ser aplicado em plantios com fins comerciais.

Para a faixa precipitação caracterizada por mínima de 591 mm, máxima de 1532 mm e média de 1351 mm anuais, a precipitação não apresentou efeito significativo no crescimento da macaúba no período de estudo. Pode ser concluído a partir disto que não houveram períodos em que a quantidade de água precipitada foi insuficiente ao crescimento.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BINOTI, Daniel Henrique Breda. **Sistemas computacionais aplicados ao manejo florestal**. 2012

CETEC. Estudo de oleaginosas nativas de Minas Gerais. In: \_\_\_\_\_. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Belo Horizonte, 1983. v.1, 150p. Relatório final de projeto. Convênio STI-MIC/CETEC. Disponível em: <[www.cpac.embrapa.br/download/583/t](http://www.cpac.embrapa.br/download/583/t)>. Acesso em: 22 abr. 2015

CAMPOS, João Carlos Chagas; LEITE, Helio Garcia. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. UFV, 2013.

COELHO, D. J. S.; SOUZA, A. L. LEVANTAMENTO DA COBERTURA FLORESTAL NATURAL DA MICRORREGIÃO DE VIÇOSA MG, UTILIZANDO-SE IMAGENS DE LANDSAT 5. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.17-24, 2005.

DIAS, H. C. T. et al. Cultivo da macaúba: ganhos ambientais em áreas de pastagens. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 265, p. 52-60, Nov./Dez. 2011

LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart.- Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. 2006. 156f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LORENZI, H. et al., **Flora Brasileira: Arecaceae (palmeiras)**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum,p. 18. 2010

LORENZI, G. M. A. C. et al. Prospecção da cadeia produtiva dos frutos da palmeira macaúba no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 265, p. 7-14, Nov./Dez. 2011

MAESTRI, R. **Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *Eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais**. 2003, 143 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

MEIRA-NETO, J. A. A.; MARTINS, F. R. Composição florística de uma floresta estacional semidecidual Montana no município de Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.437-446, 2002.

MINAS GERAIS. Lei nº 19.485, de 13 de Janeiro de 2011. Institui em Minas Gerais a política estadual de incentivo ao cultivo, a extração, a comercialização, ao consumo e a transformação da Macaúba e das demais palmeiras oleaginosas – Pro-Macaúba (MINAS GERAIS, 2011). **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 14 jan. 2011. Diário do Executivo, p.2, col. 1. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=15774>>. Acesso em 23 abr. 2015.

MOTA, C. S. et al. Exploração sustentável da macaúba para produção de biodiesel: colheita, pós-colheita e qualidade dos frutos. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 265, p. 41-51, Nov./Dez. 2011.

MOTTA, P.E.F. da et al. Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.1023-1031, jul. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n7/10807.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2015

NEGRELLE, R.R.B. et al. Levantamento das espécies potencialmente fontes de produtos vegetais não madeiráveis da RPPN SESC PANTENAL. **Conhecendo o Pantanal**. Várzea Grande, 2002. P.71-76. (Sesc Pantanal. Divulgação,1).

PIMENTEL, L. D. et al. Recomendação de adubação e calagem para o cultivo de macaúba: 1ª aproximação. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 265, p. 20-30, Nov./Dez. 2011.

REGAZZI, Adair José. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p. 9-26, 2003.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1991. 449 p.

TEMPS, Marcelo. ADIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO FLORESTAL EM. 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.