

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MIKAELLE ALBUQUERQUE DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DA POLPA DE MACAÍBA (*Acrocomia*
intumescens Drude) SOBRE PARÂMETROS**
MURINOMÉTRICOS E BIOQUÍMICOS DE RATOS WISTAR
DISLIPIDÊMICOS

JOÃO PESSOA - PB

2017

MIKAELLE ALBUQUERQUE DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DA POLPA DE MACAÍBA (*Acrocomia*
intumescens Drude) SOBRE PARÂMETROS
MURINOMÉTRICOS E BIOQUÍMICOS DE RATOS WISTAR
DISLIPIDÊMICOS**

JOÃO PESSOA - PB

2017

MIKAELLE ALBUQUERQUE DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DA POLPA DE MACAÍBA (*Acrocomia
intumescens* Drude) SOBRE PARÂMETROS
MURINOMÉTRICOS E BIOQUÍMICOS DE RATOS WISTAR
DISLIPIDÊMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
dos Alimentos, Universidade Federal da
Paraíba em cumprimento aos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Dr^a. Juliana Késsia Barbosa Soares

Co-orientadora: Dr^a. Maria Elieidy Gomes de Oliveira

JOÃO PESSOA – PB

2017

S729i Souza, Mikaelle Albuquerque de.
Influência da polpa de macaíba (*acrocomia intumescens* Drude)
sobre parâmetros murinométricos e bioquímicos de ratos wistar
dislipidêmicos / Mikaelle Albuquerque de Souza.-
João Pessoa, 2017.
49 f. : il.-

Orientadora: Dr^a. Juliana Késsia Barbosa Soares.
Coorientadora: Dr^a. Maria Elieidy Gomes de Oliveira.
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CTDR

1. Bioquímica. 2. Gorduras Viscerais. 3. Risco Aterogênico.
I. Título.

UFPB/BC

CDU – 577(043)

MIKAELLE ALBUQUERQUE DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DA POLPA DE MACAÍBA (*Acrocomia intumescens* Drude) SOBRE
PARÂMETROS MURINOMÉTRICOS E BIOQUÍMICOS DE RATOS WISTAR
DISLIPIDÊMICOS**

Dissertação aprovada em 27 de Março de 2017.

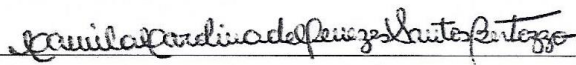
BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dr.ª Juliana Késsia Barbosa Soares
UAS/CES/UFCG
- Orientadora -



Prof.ª Dr.ª Maria Elieidy Gomes de Oliveira
UAS/CES/UFCG
- Co-orientadora -



Prof.ª Dr.ª Camila Carolina de Menezes Santos Bertozzo
UAS/CES/UFCG
- Examinadora Externa -

*A Deus, aos meus pais, Manoel e Maria do Carmo, a meu noivo André e a meus irmãos
Emanuelle, Emmanuel e Mikael.*

Com muito amor,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em sua infinita graça me proporcionou ter chegado até aqui, me instruindo em sabedoria e graça, me fortalecendo em todo tempo e colocando em meu caminho pessoas abençoadas.

Aos meus pais, Manoel de Souza Andrade e Maria do Carmo Albuquerque, que não mediram quaisquer esforços para que se tornasse possível a ingresso e permanência neste mestrado, que estiveram e estão ao meu lado em todo tempo.

Ao meu noivo, André Felipe, amigo, companheiro, cúmplice, admirador. Agradeço-te pelos esforços, dedicação e compreensão.

Aos meus irmãos, que são a base para o que sou, por todo apoio e palavras de incentivo recebidas e que durante todo tempo foram de extrema importância para que concluísse mais uma etapa.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo, incentivando e acreditando em mim.

À professora Juliana Késsia Barbosa Soares, minha orientadora, que acreditou e confiou a mim a tarefa de realizar este trabalho, estando sempre ao meu lado, me instruindo e mostrando o caminho por onde percorrer, me apoiando e me ajudando. Não apenas orientadora, mas amiga, sempre aconselhando nos momentos necessários. Sendo exemplo de profissional e pessoa.

A professora Maria Elieidy Gomes de Oliveira, além de orientações acadêmicas, também orientações de vida. Amiga mui querida, por quem tenho grande admiração e respeito.

As professoras Cassiara Camelo Eloi de Souza e Maria Manuela Pintado que compartilharam seus conhecimentos e possibilitaram o desenvolvimento desta pesquisa.

A professora Camila Carolina de Menezes Santos Bertozzo, que aceitou avaliar, e, com suas contribuições possibilitar que este trabalho possa ser melhorado.

Aos professores do PPGCTA UFPB, que muito contribuíram compartilhando seus conhecimentos.

A todos que contribuíram na obtenção de minha matéria prima e também aos que disponibilizaram seu tempo para realização de minha pesquisa. Em especial a minha equipe de trabalho: Carol Ponciano, Shirlayne, Roberta, Suedna, Jaielison, Jaciel e Higor, sempre me ajudando e torcendo para que tudo desse certo. Quero agradecer a Keke e Marcone por tornarem possível a aquisição de minha matéria-prima. Também a Celina por sempre que a busquei com dúvidas ou apenas para conversar sobre as dificuldades enfrentadas se encontrava disposta e disponível para me ajudar.

Aos amigos que ganhei por meio da ingressão no mestrado.

Aos funcionários da UFPB e UFCG, que tanto colaboraram para viabilizar esta pesquisa.

As Instituições UFPB e UFCG, que contribuíram disponibilizando subsídios para realização desta pesquisa.

A CAPES/CNPQ pelo apoio financeiro com a concessão da bolsa.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, aqui fica o meu agradecimento.

RESUMO

A macaíba, fruto nativo da Caatinga brasileira, possui em sua composição percentuais significativos de ácidos graxos insaturados, bem como teores elevados de carotenoides e de vitamina C, sendo a estes atribuídos ação hipocolesterolêmica. Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da ingestão da polpa de macaíba sobre parâmetros murinométricos e bioquímicos de ratos wistar adultos dislipidêmicos. Ratos Wistar machos foram divididos em quatro grupos: Controle (CT), Dislipidêmico (DL), Macaíba (MC) e Macaíba dislipidêmico (MCDL), sendo usado um n=9 por grupo. A dislipidemia foi induzida previamente, durante 14 dias, utilizando uma emulsão com alto teor de gorduras saturadas. Após o período de indução de dislipidemia, no 15 dias do experimento, os animais dos grupos MC e DLMC receberam por gavagem 1000mg/kg/dia de polpa de macaíba durante 28 dias. Os dados foram avaliados utilizando One Way Anova seguido de Tukey ($p<0.05$). Avaliou-se consumo de ração, circunferência abdominal, torácica, peso, comprimento, IMC e gorduras viscerais. Mediu-se ainda transaminase oxalacético (TGO), transaminase pirúvica (TGP), colesterol total (CT), triglicerídios (TG), lipoproteína de baixa densidade (LDL), lipoproteína de alta densidade (HDL) e calculou-se o risco aterogênico. Os dados demonstraram que não houve diferença nos parâmetros físicos, havendo redução da gordura visceral nos animais que receberam macaíba. Houve redução de todos os parâmetros bioquímicos para o grupo DLMC e de TG no MC. Os grupos MC e DLMC apresentaram aumento de HDL e diminuição de índice aterogênico. DLMC também apresentou redução de transaminase pirúvica e transaminase oxalacética. Assim sendo, a macaíba apresenta-se como alimento promissor na prevenção e/ou combate a dislipidemia, promovendo assim, melhoria na qualidade de vida dos seus consumidores. Tendo em vista que os resultados mostraram que ela reverteu a dislipidemia no grupo DLMC.

Palavras chaves: Bioquímica. Gorduras viscerais. Risco aterogênico.

ABSTRACT

Macaíba, Brazilian caatinga's native fruit, has in its composition significant percentages of unsaturated fatty acids, as well as high levels of carotenoids and vitamin C. The objective of this study was to evaluate the effects of macaíba pulp intake on murinometric and biochemical parameters of wistar dyslipidemic adult rats. Male Wistar rats were divided into four groups: Control (CT), Dyslipidemic (DL), Macaíba (MC) and Dyslipidemic Macaíba (MCDL), using n=9 per group. Dyslipidemia was previously induced. The animals were gavaged 1000mg/kg/day of macaíba pulp for 28 days, after the 14 day induction period of dyslipidemia. Data were evaluated using One Way Anova followed by Tukey ($p<0.050$). Feed intake, abdominal and thoracic circumference, weight, length, BMI and visceral fat were evaluated. Oxalacetic transaminase (TGO), pyruvic transaminase (TGP), total cholesterol (TC), triglycerides (TG), low-density lipoprotein (LDL), and high-density lipoprotein (HDL) were also measured and atherogenic risk was calculated. The data demonstrated that there was no difference in the physical parameters, and there was a reduction of the visceral fat in the animals that received macaíba. There was a reduction of all the biochemical parameters in DLMC and TG on MC. MC and DLMC groups showed increased HDL and decreased atherogenic index. DLMC also showed reduction of pyruvic transaminase and oxalacetic transaminase. Thus, macaíba presents itself as a promising food in the prevention and/or dyslipidemia combat, thus promoting an improvement in consumers life quality.

Keywords: Biochemistry. Visceral fats. Atherogenic risk.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura e frutificação da <i>Acrocomia intumescens</i>	21
Figura 2. Estrutura do fruto da <i>Acrocomia intumescens</i>	22
Figura 3. Delineamento experimental.....	24

ARTIGO

Figura 1. Delineamento experimental.	6
Figura 2. Evolução ponderal dos animais tratados com 1000 mg/kg de polpa de macaíba.	9
Figura 3. Consumo alimentar de ratos tratados com polpa de macaíba.....	40
Figura 4. Gorduras viscerais de ratos dislipidêmicos tratados durante quatro semanas com solução contendo polpa de macaíba.	41

LISTA DE TABELAS

ARTIGO

Table 1. Composition of macronutrients e micronutrients of macaíba pulp.	38
Table 2 – Fatty acids profile of macaíba pulp.	38
Table 3. Murinometric and organ weight values of dyslipidemic wistar rats.....	40
Table 4 - Biochemical evaluation of adult Wistar rats.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVC	Acidente vascular cerebral
AChE	Acetilcolinesterase cerebral
<i>A. aculeata</i>	<i>Acrocomia aculeata</i>
CSTR	Centro de Saúde e Tecnologia Rural
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
CT	Grupo Controle
Cs	Consumo semanal,
CA	Circunferência abdominal
CT	Circunferência torácica
DCV	Doenças cardiovasculares
DP	Desvio padrão
DL	Grupo dislipidêmico
EATG	Emulsão com alto teor de gordura
GPx	Glutathione peroxidase
HDL	Lipoproteína de alta densidade
IMC	Índice de massa corporal
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
LANEX	Laboratório de Nutrição Experimental
mRNA	Ácido ribonucleico mensageiro
MC	Grupo Macaíba
MCDL	Grupo Macaíba dislipidêmico
R_f	Ração fornecida
S	Sobras
TGO	Transaminase glutâmico oxalacética
TGP	Transaminase glutâmico pirúvica
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 DISLIPIDEMIA	17
2.2 ANTIOXIDANTES NATURAIS NO TRATAMENTO DE DISLIPIDEMIAS.....	18
2.3 PALMEIRAS – MACAÍBA (<i>Acrocomia intumescens</i>).....	19
3 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	23
3.1 ANIMAIS	23
3.3 OBTENÇÃO DO FRUTO E PREPARO DA POLPA.....	23
3.2 INDUÇÃO DE DISLIPIDEMIA	23
3.4 DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS.....	24
3.5 DIETAS	24
3.6 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	25
3.6.1 Consumo de Ração e peso dos animais.....	25
3.6.2 Medidas Murinométricas.....	25
3.6.3 Coleta de Sangue, Determinação de Perfil Bioquímico, Pesagem dos Órgãos e Gorduras Viscerais	25
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
REFERÊNCIAS	27
4 RESULTADOS	32
ARTIGO 1:	32
ANEXO.....	49

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga, conhecida como mata branca, tipo de Floresta Tropical Seca que cobre a maior parte do Nordeste Brasileiro (ALBUQUERQUE et al., 2007; LEITMAN et al., 2015; MORO; WESTERKAMP; DE ARAÚJO, 2014), é um bioma que apresenta uma vasta biodiversidade, importante por apresentar essas espécies adaptadas a uma precipitação irregular. Dentre as diversas espécies de árvores frutíferas presentes neste bioma, podemos encontrar a *Acrocomia intumescens* Drude, uma palmeira conhecida popularmente como macaíba, pertencente à família das Arecaceae. O seu fruto é composto de uma semente comestível, sendo esta consumida *in natura* ou na forma de doces, da qual também pode ser extraído um óleo límpido e incolor, usado no preparo de alimentos e como substituto ao azeite de oliva. A polpa também pode ser consumida fresca, cozida, na forma de sorvetes ou inserida no preparo de outras formulações como biscoitos e bolos (ALMEIDA; ALBUQUERQUE, 2002; LORENZI et al., 2010; COIMBRA; JORGE, 2011).

Estudos sobre a composição nutricional do fruto da macaíba têm mostrado que sua polpa apresenta um excelente perfil lipídico, rico em ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, especialmente o ácido oleico e linoleico. Além disso, apresenta carboidratos, fibras, um significativo teor de carotenoides, tocoferol e vitamina C, conhecidos por serem antioxidantes (COIMBRA; JORGE, 2011; LESCANO et al., 2015; SOUZA, 2016). Para estes compostos foram atribuídos ação anti-inflamatória e hipocolesterolêmica em estudos com animais que consumiram alguns frutos como a amora, cardamomo, jaboticaba e ameixas (YANG; YANG; ZHENG, 2010; ALEZANDRO; GRANATO GENOVESE, 2013; BELGUTH-HADRICHE et al., 2013; VERHOEVEN et al., 2015; KUO et al., 2015).

A hipercolesterolemia, dislipidemia e suas patologias associadas como a resistência insulínica, doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes mellitus e acidente vascular cerebral contribuem para que se elevem os custos de saúde pública em decorrência do uso de medicamentos para tratamento de tais enfermidades. Devido a isto, observou-se um aumento na busca por alimentos naturais que contribuam para melhora de perfil lipídico (COIMBRA; JORGE, 2011; WHANG et al., 2014; DUAN et al., 2014; SENAPHAN et al., 2015; VERMA; SHARMA, 2015).

Alguns componentes como ácidos graxos mono e poliinsaturados assim como antioxidantes, com ação benéfica sobre o perfil lipídico podem ser encontrados na *Acrocomia intumescens* (ALMEIDA; ALBUQUERQUE, 2002; SOUZA, 2016), mas, até o presente

momento não foram encontrados dados na literatura científica que avaliem os efeitos de sua polpa sobre parâmetros físicos e bioquímicos *in vivo*.

Diante do exposto, este estudo se justifica pela escassez de dados na literatura científica que relatem a ação da polpa de macaíba sobre os parâmetros murinométricos e bioquímicos *in vivo*, e por se tratar de um fruto consumido pela população da Caatinga são necessários estudos que se investiguem os efeitos sobre os parâmetros metabólicos e físicos decorrentes de sua ingestão.

Assim sendo, hipotetizamos que a polpa de macaíba por apresentar, componentes com características antioxidantes e ácidos graxos essenciais pode melhorar parâmetros murinométricos e bioquímicos de ratos wistar dislipidêmicos. Desta forma, este estudo apresenta como objetivo avaliar os efeitos da polpa de macaíba sobre os parâmetros murinométricos e bioquímicos em ratos wistar dislipidêmicos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DISLIPIDEMIA

A dislipidemia é um distúrbio no metabolismo dos lipídios que se caracteriza pelo aumento dos níveis de colesterol total e de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), associado a uma redução no nível de lipoproteína de alta densidade (HDL) (YANG; YANG; ZHENG, 2010; DUAN et al., 2014).

As alterações lipídicas têm apresentando relação positiva com o desenvolvimento da aterosclerose, doença inflamatória crônica correlacionada à elevação da concentração sérica de colesterol total, promovendo espessamento das paredes das artérias e redução da elasticidade arterial (PEREIRA et al., 2013; SOUZA, et al., 2003).

As doenças cardiovasculares (DCV) apresentam-se como uma das principais causas de mortalidade mundial (SMITH, 2007; DUAN et al., 2014). No Brasil, no ano de 2014, as DCV foram responsáveis por 29,4% das mortes, correspondendo a mais de 308 mil pessoas que chegaram a óbito decorrentes de infarto e acidente vascular cerebral (AVC). O elevado índice coloca o Brasil entre os 10 países com os maiores percentuais de óbitos em virtude de DCV (PORTAL BRASIL, 2015). A doença cardiovascular apresenta como um dos principais contribuintes, o dano oxidativo, promovido por radicais livres, gerados a partir de processos oxidativos no organismo (WANG et al., 2014).

Em virtude do tratamento para redução de colesterol realizado com drogas apresentar alguns efeitos colaterais, têm-se buscado cada vez mais outras alternativas que promovam o mesmo benefício e com menos danos. Devido a isto, tem-se desenvolvido estudos com alimentos funcionais e que apresentem comprovação científica em reduzir o colesterol (WANG et al., 2014), a partir de modelos animais induzindo dislipidemia.

Duan et al. (2014), ofertando a ratos uma dieta rica em gordura durante o período de duas semanas para desenvolver dislipidemia nos mesmos, observou como resposta metabólica uma elevação nos níveis de triglicerídeos, colesterol total, LDL e ganho de peso.

No estudo desenvolvido por Senaphan et al. (2015), onde ratos consumiram durante 16 semanas uma dieta com elevado teor de gordura e 15% de frutose, levou a um quadro de dislipidemia, observaram que os animais apresentaram hipercolesterolemia, resistência à insulina e aumento da pressão arterial.

Em pesquisa na qual animais, ratos da linhagem wistar, consumiram uma dieta composta por banha de porco, caseína, colesterol, mistura de vitaminas e minerais, metionina,

levedura em pó e cloreto de sódio durante quatro semanas, resultando em um quadro de dislipidemia, foi observado um aumento dos lipídeos séricos, incluindo o colesterol total, triglicerídeos e LDL, e uma redução de HDL. Além de promover aumento da acetilcolinesterase cerebral (AChE) e redução da capacidade de retenção de memória, representando uma demência. Também foi observado uma disfunção vascular, expressão de mRNA de óxido nítrico, sintase endotelial e aumento do ácido tiobarbitúrico e de espécies reativas no soro (VERMA; SHARMA, 2015).

O tratamento medicamentoso para dislipidemia apresenta diversos efeitos colaterais e decorrência destes danos, têm-se intensificado a busca por alimentos funcionais com comprovação científica sobre a melhora do perfil lipídico sem que estes tenham como consequência os mesmos malefícios (WANG et al., 2014).

2.2 ANTIOXIDANTES NATURAIS NO TRATAMENTO DE DISLIPIDEMIAS

Os antioxidantes agem de forma a promover a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação de oxidação. Estes radicais livres atuam causando deterioração oxidativa dos alimentos e danos oxidativos nos seres vivos. Os antioxidantes por sua vez, doam átomos de hidrogênio aos radicais formados na oxidação, eliminando-os e retardando a oxidação de outras moléculas através da inibição do processo de iniciação e propagação da reação de oxidação, gerada em cadeia pela presença de radicais livres (FRANKEL; MEYER, 2000; BAUER et al., 2001; BASTIDA et al., 2009; GANHÃO et al., 2010; RODRÍGUEZ-CARPENA et al., 2011).

Os antioxidantes também ajudam protegendo os sistemas biológicos contra os efeitos danosos decorrentes das espécies reativas de oxigênio, oriundos do processo de oxidação, em células alvo (PEREIRA et al., 2013).

Os antioxidantes podem ser sintéticos ou naturais (RAMALHO; JORGE, 2006). Os naturais são compostos presentes nos alimentos, em pequenas quantidades, que apresentam a capacidade de interromper a formação de radicais livres. Diversos compostos antioxidantes naturais têm sido isolados a partir de materiais de origem vegetal, tais como sementes oleaginosas, cereais, vegetais, frutos, folhas, raízes, especiarias e ervas (BASTIDA et al., 2009; GANHÃO et al., 2010; NITASHA BHAT et al., 2015).

Em pesquisas com animais, com uso de antioxidantes naturais, foi observado melhora do perfil lipídico. Dentre os alimentos já estudados, em que seus compostos antioxidantes têm demonstrado benefícios sobre parâmetros bioquímicos, estão a amora, cardamomo, ameixas

orientais e jaboticaba (YANG; YANG; ZHENG, 2010; VERHOEVEN et al., 2015; KUO et al., 2015; ALEZANDRO; GRANATO; GENOVESE, 2013).

O uso da suplementação de amora em pó liofilizada em estudo desenvolvido por Yang, Yang e Zheng (2010) com o objetivo de avaliar os efeitos hipolipidêmicos e antioxidantes. Mostrou que houve uma redução significativa nos níveis de triglicerídeos no soro e no fígado, colesterol total e lipoproteínas de baixa densidade no soro, em contrapartida houve um aumento significativo no teor de lipoproteína de alta densidade. Tais resultados atribuídos a presença de fibra dietética, ácidos graxos, compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e vitaminas presentes no fruto.

O cardamomo também tem apresentado ação eficaz na dosagem de 1g/10 ml de solução administrado diariamente, sobre parâmetros bioquímicos em ratos albinos, nos quais foram induzidos dislipidemia e hiperglicemia (NITASHA BHAT et al., 2015).

Kuo et al. (2015) estudando o efeito das concentrações de 2 e 5% de ameixas orientais, ricas em polifenóis, consumidas por ratos dislipidêmicos, observaram uma melhora do perfil lipídico sanguíneo e de sintomas de condições neurodegenerativas.

Em estudo desenvolvido para avaliar o efeito da ingestão diária (40 dias) de jaboticaba (1,0 e 2,0 g de peso seco/kg de peso corporal) sobre o estresse oxidativo e perfil lipídico no plasma de ratos diabéticos, foi observado que os animais que consumiam jaboticaba apresentaram maior atividade da superóxido dismutase no cérebro, catalase e glutathione peroxidase (GPx) nos rins e no fígado, e GPx no plasma, em comparação com o grupo controle. Sugerindo, assim, que a ingestão diária a longo prazo de jaboticaba poderia ser usada para o controle do diabetes e do estresse oxidativo em condições patológicas (ALEZANDRO; GRANATO; GENOVESE, 2013).

2.3 PALMEIRAS – MACAÍBA (*Acrocomia intumescens*)

O Brasil conta com cerca de 270 espécies de palmeiras. Dentre estas palmeiras encontra-se a família Arecaceae, esta por sua vez, apresenta, aproximadamente, 2.522 espécies e 252 gêneros dispersos em diversos biomas do mundo (DRANSFIELD et al., 2008; LORENZI et al. 2010).

A macaíba, por sua vez, é uma palmeira do gênero *Acrocomia* e que faz parte da família das Arecaceae (MOURA, 2009). No Brasil, são encontrados diversos genótipos de macaíba que são considerados ecotipos ou espécies, sendo a *Acrocomia intumescens*, *Acrocomia aculeata totai* e *Acrocomia aculeata sclerocarpa*, diferindo quanto as suas morfologias, fisiologia e

produtividade dos frutos (MACHADO et al., 2015). São compostas de raízes que podem ser subterrâneas ou aéreas, apresentando estirpes solitários ou cespitosos e raramente escandentes, aéreos ou subterrâneos. Estas estirpes podem ser lisas ou cobertas por espinhos quando o mesmo é aéreo. As folhas se caracterizam por apresentar bainhas abertas ou fechadas e pecíolos curtos ou longos. As flores em sua maioria são trímeras. Os frutos podem ser encontrados com tamanhos diversos, desde pequenos a muito grandes com o pericarpo liso ou com presença de espinhos. O tegumento, estrutura rígida e que em seu interior pode ser encontrado uma ou mais sementes (MIRANDA et al., 2001).

As espécies de ocorrência no Brasil são seis, sendo a *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart., *Acrocomia emensis* (Toledo) Lorenzi, *Acrocomia glaucescens* Lorenzi, *Acrocomia hassleri* (Barb.Rodr.) W.J.Hahn, *Acrocomia intumescens* Drude e *Acrocomia totai* Mart. (LEITMAN, 2015). Estas se destacam por sua importância devido seu uso na elaboração de produtos, obtidos a partir de seus frutos e sementes, além de seu uso na medicina popular, obtenção de combustível, utensílios domésticos e cobertura de casas (LORENZI, 2006).

A *Acrocomia intumescens* (figura 1), de ocorrência na região Nordeste nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, e região Sudeste nos estados de Rio de Janeiro e São Paulo, fazendo parte da constituição do Bioma de Mata Atlântica (LEITMAN et al., 2015). Conhecida popularmente por macaíba, macaúba ou palmeira barriguda, se caracteriza por apresentar, em média, altura de até 8 m, caule composto por espinhos nas plantas jovens e liso nas maduras, frutos de formato globoso a subgloboso de epicarpo duro e lenhoso, constituídos de uma casca dura (epicarpo) que envolve uma polpa (mesocarpo) e no centro um endocarpo duro com uma ou duas sementes (LORENZI et al., 2004; LORENZI et al., 2010; SILVA; ANDRADE, 2013) (figura 2).

A macaíba é encontrada em diversas cidades da região Nordeste, por ser uma palmeira oriunda de fragmentos de vegetação, sendo suas sementes mais facilmente dissipadas em espaços abertos (MORO; WESTERKAMP; DE ARAÚJO, 2014). Pesquisas quanto à composição química e propriedades de utilização desta espécie são escassas, sendo encontradas maiores informações para *Acrocomia aculeata*, fazendo parte do mesmo gênero da *Acrocomia intumescens*, e como a macaíba se assemelha a *A. aculeata*, assim, as características atribuídas a macaúba, pode se estender a macaíba (*A. intumescens*) (SOUZA, 2016).

A *A. aculeata* é comumente conhecida por macaíba, coco-babão, bocaiúva, macaúba, bacaúva e mocajuba. Os frutos são formados por cerca de 20% de casca, 40% de polpa, 33% de endocarpo e 7% de amêndoa. As sementes são comestíveis, consumidas na forma *in natura* e como doces, da qual também pode ser extraído um óleo de aspecto límpido e incolor,

empregado no preparo de alimentos, como substituto ao azeite. A polpa também é consumida fresca ou cozida e/ou adicionada no preparo de sorvetes e outros produtos, como biscoitos e bolos (CICONINI, 2012; COIMBRA; JORGE, 2011). Seus frutos ainda se caracterizam por apresentarem elevados teores de óleo na sua polpa e amêndoa. Das amêndoas são extraídos em média 1.500 e 5.000 kg de óleo por hectare/ano, sendo considerado a segunda maior produtividade após o óleo de palma (NAVARRO-DÍAZ et al., 2014).

Estudos sobre a composição nutricional deste fruto, tem mostrado que a polpa de macaíba apresenta um excelente perfil lipídico, rico em ácidos graxos monoinsaturados, especialmente o ácido oleico, além de carboidratos e fibras, apresenta um significativo teor de β -caroteno e α -tocoferol, representando uma importante fonte de vitaminas A e E (LESCANO et al., 2015; COIMBRA; JORGE, 2011).

A raiz da *A. aculeata* é usada popularmente como diurético, e também no tratamento de doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes e inflamação. Existe comprovação da ação diurética e anti-inflamatória do óleo microencapsulado de macaúba em estudos desenvolvidos com animais (LESCANO et al., 2015; COIMBRA; JORGE, 2011).

A macaúba (*A. aculeata*) apresenta-se como uma matéria-prima em potencial para elaboração de produtos alimentícios, além de cosméticos e como biocombustível. No entanto, sua exploração ainda se encontra centrada em populações nativas (LOPES et al., 2013). A macaíba apresenta um período de frutificação que ocorre durante todo o ano, no entanto os frutos amadurecem, principalmente, entre os meses de setembro a janeiro (LORENZI, 2006; CETEC, 1983).

Figura 1. Estrutura e frutificação da *Acrocomia intumescens*.



Fonte: SOUZA, 2016.

A – Estrutura da *Acrocomia intumescens*; B - Inflorescência; C - Cachos com frutos

Figura 2. Estrutura do fruto da *Acrocomia intumescens*.



Fonte: SOUZA, 2016.

A – Fruto íntegro; B – Polpa; C – amêndoas; D – amêndoa revestida por endocarpo.

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

3.1 ANIMAIS

Foram usados 36 ratos machos da linhagem Wistar, provenientes do Biotério da Universidade Federal de Pernambuco, em idade adulta (120 dias), pesando, aproximadamente, 280 ± 20 g, sendo mantidos no Laboratório de Nutrição Experimental da Universidade Federal de Campina Grande, *campus* de Cuité (LANEX/ UFCG/ CUITÉ). A pesquisa foi conduzida de acordo com as Diretrizes para o Cuidado e Uso de Animais Experimentais e foi submetida e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA do Centro de Saúde e Tecnologia Rural - CSTR/UFCG, nº de protocolo CEP 063/2016 (ANEXO 1).

Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais, com temperatura ambiente de 22 ± 1 °C, com ciclo claro-escuro constante com a fase clara entre 06h00min as 18h00min, umidade de $\pm 65\%$, recebendo ração e água *ad libitum* durante 45 dias. Antes do início dos experimentos, durante 14 dias foi induzida a dislipidemia. A administração da polpa de macaíba ocorreu durante 28 dias.

3.3 OBTENÇÃO DO FRUTO E PREPARO DA POLPA

O fruto macaíba foi obtido em Mata Atlântica, localizada na cidade de Areia, Estado da Paraíba, entre o período de janeiro a fevereiro de 2016.

Dois dias anteriores ao processo de liofilização os frutos foram descascados, as polpas removidas, embaladas à vácuo e congelados a -20 ± 2 °C para posterior liofilização.

A polpa foi liofilizada durante 48 h à temperatura de -50 ± 1 °C. O liofilizado foi embalado a vácuo e congelado até o momento de ser utilizado na preparação da solução ofertada aos animais.

3.2 INDUÇÃO DE DISLIPIDEMIA

Os animais receberam uma emulsão com alto teor de gordura (EATG), sendo esta constituída de banha de porco, colesterol, gema de ovo em pó, ácido biliar, glicerol, propiltioracil, água destilada, de acordo com metodologia adaptada de Xu et al. (2012). A

EATG foi administrada via gavagem, uma vez ao dia, nos primeiros 14 dias de experimento, na proporção de 10 ml/kg de peso do rato.

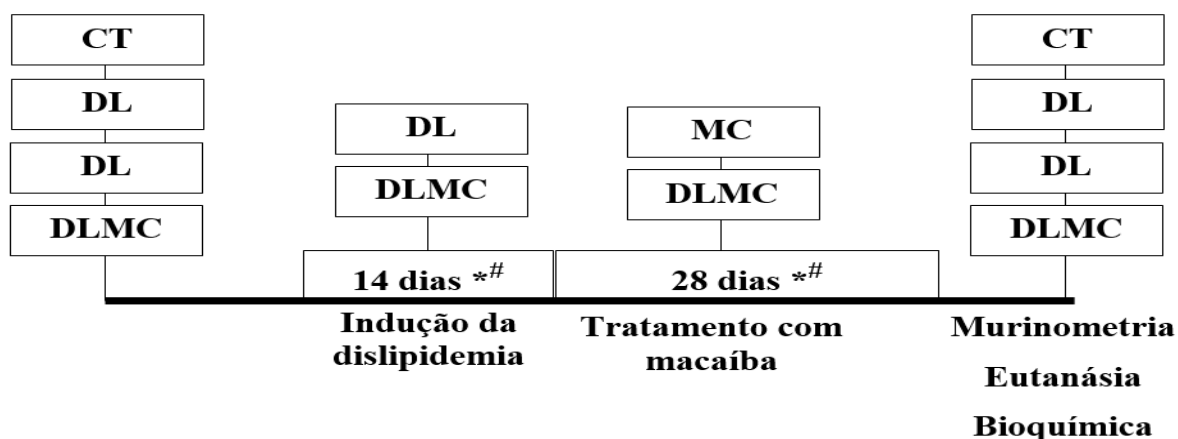
3.4 DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS

Para análise da composição nutricional da polpa de macaíba foram determinados os valores de proteína (AOAC, 2012); lipídios (FOLCH; LESS; STANLEY, 1957); Ácido Ascórbico (STROHECKER; HENNING, 1967); Carotenoides Totais (HIGBY, 1962); Flavonoides Amarelos (FRANCIS, 1982); Polifenóis Extraíveis Totais (OBANDA; OWUOR, 1997); Atividade antioxidante (RUFINO et al., 2007); perfil de ácidos graxos por metodologia de transesterificação de Hartman e Lago (1973) e a identificação dos ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo gasoso (Varian 430GC) equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna capilar de sílica fundida (CP WAX 52 CB Varian).

3.5 DIETAS

Os animais foram divididos em 4 grupos de acordo com os tratamentos: 1) Controle (CT) – tratado com água destilada; 2) Dislipidêmico (DL) – previamente dislipidêmico tratado com água destilada; 3) Macaíba (MC) – tratado com solução contendo 1000 mg/kg de polpa de macaíba; 4) Macaíba Dislipidêmico (DLMC) – previamente dislipidêmico tratado com solução contendo 1000 mg/kg de polpa de macaíba. Cada grupo foi composto de 9 animais. Todos os animais receberam ração e água *ad libitum*. A administração da solução de 0,1% de polpa de macaíba foi realizada por gavagem durante 28 dias. O delineamento experimental está detalhado na Figura 3.

Figura 3. Delineamento experimental.



*Peso e consumo de ração dos animais semanalmente.

3.6 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

3.6.1 Consumo de Ração e peso dos animais

O peso e consumo de ração dos animais foram aferidos semanalmente, utilizando balança semi-analítica da marca Balmax[®] (modelo: ELP – 25). Onde, o controle de ingestão alimentar foi calculado por meio da equação:

$$Cs = R_f - S$$

Onde:

Cs = Consumo semanal

R_f = Ração fornecida

S = Sobras

3.6.2 Medidas Murinométricas

As medidas murinométricas foram realizadas em todos os animais antes da eutanásia, logo após a administração do anestésico, Cloridrato de Quetamina e Xilasina (1 mL/kg). Foram aferidos a circunferência abdominal (CA), a circunferência torácica (CT), comprimento de cauda (CC) e o comprimento corporal. O peso e comprimento corporal, aferidos no dia de eutanásia, foram usados para determinação do Índice de Massa Corporal (IMC) = peso corporal (g)/comprimento (cm²) (NOVELLI et al., 2007).

3.6.3 Coleta de Sangue, Determinação de Perfil Bioquímico, Pesagem dos Órgãos e Gorduras Viscerais

Os animais foram mantidos em jejum de 8 horas antes da eutanásia. Na eutanásia, foram coletadas amostras de sangue por meio de punção cardíaca com os animais anestesiados com cloridrato de quetamina e cloridrato de xilazina (1mL/kg), logo após as medidas murinométricas.

As análises de glicemia, triglicerídeos, colesterol total, lipoproteína de alta densidade (HDL), transaminase oxalacética (TGO), transaminase pirúvica (TGP), creatinina e ureia, foram aferidas utilizando kit enzimático (LAB TEST), onde o soro foi obtido após centrifugação a 3000 rpm durante 10 minutos. Para obtenção de lipoproteína de baixa densidade

(LDL) e índice de aterogenicidade (IA), foram utilizadas as respectivas fórmulas, $LDL = CT - (HDL + TG/5)$ e $AI = (TC - HDLc) / HDLc$ (CHOI et. al, 2006). Após a coleta de sangue foram removidos e pesados o fígado, os rins e cérebro, assim como as gorduras mesentérica, retroperitoneal e epididimal, sendo pesados em balança semi-analítica.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos em média $\pm$ DP ou erro da média. Foi usado o programa software Sigma Stat (versão 3.0) para realização do teste One Way ANOVA, seguido de teste de Tukey para comparação entre os grupos. Diferenças estatisticamente significativas foram consideradas quando $p < 0.05$.

REFERÊNCIAS

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. Washington D.C.: AOAC, 1018 p, 2000.
- ALBUQUERQUE, U. P.; MEDEIROS, P. M.; ALMEIDA, A. L. S.; MONTEIRO, J. M.; LINS NETO, E. M. F.; MELO, J.G.; SANTOS, J. P. Medicinal plants of the *caatinga* (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 114, p. 325–354, 2007.
- ALEZANDRO, M. R.; GRANATO, D.; GENOVESE, M. I. Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg), a Brazilian grape-like fruit, improves plasma lipid profile in streptozotocin-mediated oxidative stress in diabetic rats. **Food Research International**. v. 54, p. 650–659, 2013.
- ALMEIDA, C.F.C.B.R.; ALBUQUERQUE, U.P. Uso e conservação de plantas e animais medicinais no estado de pernambuco (nordeste do brasil): um estudo de caso. **ResearchGate**, v. 27, p. 276-285, 2002.
- BASTIDA, S.; SANCHEZ-MUNIZ, F. J.; OLIVERO, R.; PEREZ-OLLEROS, L.; RUIZ-ROSO, B.; JIMENEZ-COLMENERO, F. Antioxidant activity of carob fruit extracts in cooked pork meat systems during chilled and frozen storage. **Food Chemistry**. v. 116, p. 748–754, 2009.
- BAUER, A. K.; DWYER-NIELD, L. D.; HANKIN, J. A.; MURPHY, R. C.; MALKINSON, A. M. The lung tumor promoter, butylated hydroxytoluene (BHT), causes chronic inflammation in promotion-sensitive BALB/cByJ mice but not in promotion-resistant CXB4 mice. **Toxicology**. v. 169, p. 1-15, 2001.
- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International**. v. 44, p. 2139–2142, 2011.
- CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). Universidade Católica Dom Bosco, 128p., 2012.
- CETEC – CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**: estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG, 1983.
- CHOI, Y. M., BAE, S. H., KANG, D. H., SAMP; SUH, H. J. Hypolipidemic effect of *Lactobacillus ferment* as a functional food supplement. **Phytotherapy Research**, v. 20, p. 1056–1060, 2006.
- DUAN, L.; ZHAO, G.; JI, B.; CAO, Y.; CHEN, X. Effect of crude-herb moxibustion on blood lipids in rats with dyslipidemia. **Journal of Traditional Chinese Medical Sciences**. v. 1 p. 140-147, 2014.

DRANSFIELD, J.; UHL, N. W.; ASMUSSEN, C. B.; BAKER, W.J.; HARLEY, M. M.; LEWIS, C. E. **Genera palmarum—the evolution and classification of palms**. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Richmond, 2008.

FRANKEL, E. N.; MEYER, A. S. The problems of using onedimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants _ review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 80, 1925–1941, 2000.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, p. 497-509, 1957.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). **Anthocyanins as Food Colors**. New York: Academic Press, p.181-207, 1982.

GANHÃO, R.; ESTÉVEZ, M.; KYLLI, P.; HEINONEN, M.; MORCUENDE, D. Characterization of selected wild mediterranean fruits and comparative efficacy as inhibitors of oxidative reactions in emulsified raw pork burger patties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 8854–8861, 2010.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. **Laboratory Practice**. v. 22, p. 475-476, 1973.

HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

KUO, P; LIN, C.; CHEN, Y.; CHIU, W.; LIN, S. A high-cholesterol diet enriched with polyphenols from Oriental plums (*Prunus salicina*) improves cognitive function and lowers brain cholesterol levels and neurodegenerative-related protein expression in mice. **British Journal of Nutrition**. v. 10, p. 1550–1557, 2015.

LESCANO, C. H.; IWAMOTO, R. D.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; KASSUYA, C. A. L. Diuretic and Anti-Inflammatory Activities of the Microencapsulated *Acrocomia aculeata* (Arecaceae) Oil on Wistar Rats. **Journal of Medicinal Food**. v. 6, p. 656–662, 2015.

LEITMAN, P.; SOARES, K.; HENDERSON, A.; NOBLICK, L.; MARTINS, R.C. **Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB43452>>. Acesso em: 10 Jan. 2017.

LOPES, D. DE C. et al. Economic feasibility of biodiesel production from Macauba in Brazil. **Energy Economics**, v. 40, p. 819–824, 2013.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; MEDEIROS-COSTA, J.T.; CERQUEIRA, L.S.C.; FERREIRA, E. **Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. Nova Odessa. 2004, 416p.

LORENZI, G.M.A.C. ***Acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd. ex Mart. - Arecaceae**: bases para o Extrativismo Sustentável. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LORENZI, H.; NOBLICK, L.R.; KAHN, F.; FERREIRA, E. **Flora brasileira: Arecaceae (Palmeiras)**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2010, 382p.

MACHADO, W. et al. Evaluation of two fruit ecotypes (total and sclerocarpa) of macaúba (*Acrocomia aculeata*). **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 287–293, 2015.

MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A.; BUENO, C. R.; BARBOSA, E. M.; RIBEIRO, M. N. S. **Frutos de Palmeiras da Amazônia**. Manaus: MCT INPA, 2001. p. 7-10.

MOURA, E.F., MOTOIKE, S.Y., VENTRELLA, M.C., SÁ JÚNIOR, A.Q., CARVALHO, M. Somatic embryogenesis in macaw palm (*Acrocomia aculeata*) from zygotic embryos. **Scientia Horticulturag**, v. 4, p. 447–454, 2009.

MORO, M. F.; WESTERKAMP, C.; DE ARAÚJO, F. S. How much importance is given to native plants in cities' treescape? A case study in Fortaleza, Brazil. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 13, p. 365–374, 2014.

NAVARRO-DÍAZ, H. J. et al. Macauba oil as an alternative feedstock for biodiesel: Characterization and ester conversion by the supercritical method. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 93, p. 130–137, 2014.

NITASHA BHAT, G. M.; NAYAK, N.; VINODRAJ, K.; CHANDRALEKHA, N.; MATHAI, P.; CHERIAN, J. Comparison of the efficacy of cardamom (*Elettaria cardamomum*) with pioglitazone on dexamethasone-induced hepatic steatosis, dyslipidemia, and hyperglycemia in albino rats. **Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research**, v. 3, p. 136–140, 2015.

NOVELLI, E. L. B.; DINIZ, Y. S.; GALHARDI, C. M.; EBAID, G. M. X.; RODRIGUES, H. G.; MANI, F.; FERNANDES, A. A. H.; CICOGNA, A. C.; NOVELLI FILHO, J. L. V. B. Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. **Laboratory Animals**, v. 41, p. 111-119, 2007.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 74, p. 209–215, 1997.

PEREIRA JA, RONDÓ PH, LEMOS JO, DE OLIVEIRA E, ROCHA C, HIPÓLITO C. Nutritional status and lipid profile of young children in Brazil. **Journal of Tropical Pediatrics**, v. 59, p. 54-58, 2013.

PORTAL BRASIL. **Doenças cardiovasculares causam quase 30% das mortes no País**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2011/09/doencas-cardiovasculares-causam-quase-30-das-mortes-no-pais>> Acesso em: 04 nov. 2015.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, p. 755-760, 2006.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J.; MORCUENDE, D.; ANDRADE, M.; KYLLI, P.; ESTÉVEZ, M. Avocado (*Persea americana* Mill.) Phenolics, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial

Activities, and Inhibition of Lipid and Protein Oxidation in Porcine Patties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 59, p. 5625–5635, 2011.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 127).

SENAPHAN, K.; KUKONGVIRIYAPAN, U.; SANGARTIT, W.; PAKDEECHOTE, P.; PANNANGPETCH, P.; PRACHANEY, P.; GREENWALD, S. E.; KUKONGVIRIYAPAN, V. Ferulic Acid Alleviates Changes in a Rat Model of Metabolic Syndrome Induced by High-Carbohydrate, High-Fat Diet. **Nutrients**. v.7, p. 6446-6464, 2015.

SILVA, G. C. R.; ANDRADE, M. H. C. Development and simulation of a new oil extraction process from fruit of macauba palm tree. **Journal of Food Process Engineering**, v. 36, p. 134-145, 2013.

SOUZA, L. J; SOUTO FILHO, J. T. D.; SOUZA, T. F.; REIS, A. F. F.; GICOVATE NETO, C.; BASTOS, D. A.; CÔRTEZ, V. A.; CHALITA, F. B.; TEIXEIRA, C. L. Prevalence of dyslipidemia and risk factors in Campos dos Goytacazes, in the Brazilian State of Rio de Janeiro. **Arq Bras Cardiol**, v. 8, p. 249-264, 2003.

SOUZA, C. C. E. **Qualidade, perfil eletroforético e de voláteis, fitoquímicos bioativos e atividade antioxidante de frutos de genótipos de macaibeira (*Acrocomia intumescens* Drude)**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal da Paraíba, Curitiba, 2016.

SMITH, D. Epidemiology of dyslipidemia and economic burden on the healthcare system. **American Journal of Managed Care**. v. 3, p. 68-71, 2007.

STROHECKER, R.; HENINING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**, 42 p. 1967.

VERHOEVEN, V.; AUWERA, A. V.; GAAL, L. V.; REMMEN, R.; APERS, S.; STALPAERT, M.; WENS, J.; HERMANS, N. Can red yeast rice and olive extract improve lipid profile and cardiovascular risk in metabolic syndrome? a double blind, placebo controlled randomized trial. **BioMed Central Complementary and Alternative Medicine**. v. 15, 2015.

VERMA, A.; SHARMA, S. Beneficial Effect of Protein Tyrosine Phosphatase Inhibitor and Phytoestrogen in Dyslipidemia-Induced Vascular Dementia in Ovariectomized Rats. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**. v. 24, p 1-13, 2015.

WANG X.; PU, H.; MA, C.; JIANG, T.; WEI, Q.; DUAN, M.; ZHANG, C.; SHOU, X.; SU, L.; ZHANG, J.; YANG, Y. Adiponectin abates atherosclerosis by reducing oxidative stress. **Medical Science Monitor**. v. 20, p. 1792–1800, 2014.

XU, D.; XU, M.; LIN, L.; RAO, S.; WANG, J.; DAVEY, A. K. The effect of isosteviol on hyperglycemia and dyslipidemia induced by lipotoxicity in rats fed with high-fat emulsion. **Life Sciences**. v. 90, p.30–38, 2012.

YANG, X.; YANG, L.; ZHENG, H. Hypolipidemic and antioxidant effects of mulberry (*Morus alba* L.) fruit in hyperlipidaemia rats. **Food and Chemical Toxicology**. v. 48, p. 2374–2379, 2010.

4 RESULTADOS

Os resultados estão apresentados como artigo científico e foi submetido de acordo com as normas da revista.

ARTIGO 1: MACAÍBA (*Acrocomia intumescens* Drude) DECREASED VISCERAL FAT AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN DISLIPIDEMIC RATS. Submetido ao periódico *Metabolism: Clinical and Experimental*, ISSN: 0026-0495, Qualis: A1. Áreas: Nutrição, Biotecnologia. Qualis A2, Área: Ciências Biológicas. Fator de impacto: 4.375.

MACAÍBA (*Acrocomia intumescens* Drude) DECREASED VISCERAL FAT AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN DYSLIPIDEMIC RATS

Mikaelle Albuquerque de Souza^{1†}; Jaielson Yandro Pereira da Silva²; Shirlayne Carla Alves de Oliveira²; Carolina da Silva Ponciano²; Roberta Cristina de França Silva²; Cassiara Camelo Eloi de Souza³; Silvanda de Melo Silva⁴; Maria Manuela Estevez Pintado⁵; Camila Carolina de Menezes Santos Bertozzo²; Maria Elieidy Gomes de Oliveira²; Juliana Késsia Barbosa Soares²

¹Department of , Federal University of João Pessoa, JP, Brazil

²Department of Nutrition, Federal University of Campina Grande, Cuité, CG, Brazil

†These authors contributed equally to this work*corresponding author

SUMMARY

Macaíba is a palm tree. It has significant percentages of unsaturated fatty acids in its composition, as well as high levels of carotenoids and vitamin C. The objective of this work is to evaluate the effects of macaíba pulp intake on murinometric and biochemical parameters of dyslipidemic adult Wistar rats. Male rats were divided into four groups: Control (CT), Dyslipidemic (DL), Macaíba (MC) and Dyslipidemic Macaíba (DLMC), using n=9 per group. Dyslipidemia was previously induced during 14 days. The animals received 1000mg/kg of body weight/day of macaíba pulp by gavage during 28 days. Data were evaluated with One Way Anova followed by Tukey ($p < 0.05$) using Sigma Stat software. Feed intake, abdominal and thoracic circumference, weight, length, BMI and visceral fat were evaluated. Oxalacetic glutamic transaminase (OGT), pyruvic glutamic transaminase (PGT), creatinine, urea, total cholesterol (TC), triglycerides (TG), low density lipoprotein (LDL), high density lipoprotein (HDL) and atherogenic risk were calculated. The data demonstrated that there was no difference in the physical parameters, but a reduction of visceral fat in MC and DLMC was verified. There was a reduction of all the biochemical parameters in DLMC and TG in MC. MC and DLMC groups presented increases in HDL and decreases in atherogenic index ($p < 0.05$). DLMC also presented a reduction in PGT and OGT. Therefore, macaíba shows to be a promising food for preventing and/or combatting lipidic alterations that may promote correlated pathologies such as dyslipidemia.

Keywords: Atherogenic index. Visceral fat. Lipoproteins.

1. INTRODUCTION

Acrocomia intumescens is a palm tree that can be found in the northeastern and southeastern regions of Brazil as part of the Atlantic Forest Biome. It is characterized by presenting two edible portions, being the pulp and the almond [1,2].

Regarding the fruit's nutritional composition, both the pulp and the almond are made up of carbohydrates, lipids, protein, minerals and vitamin. The pulp stands out as a source of fiber, fatty acids and essential aminoacids [1]. Preliminary research has shown that macaiba pulp is a source of unsaturated fatty acids such as oleic ($8.09 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) and linoleic acid ($1.56 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). In addition, it is a source of vitamin C ($47.60 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) and contains significant levels of total carotenoids ($8.64 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) and yellow flavonoids ($4.21 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) [3].

Natural antioxidants such as carotenoids, vitamin C, and unsaturated fatty acids present in fruits, greenery, and vegetables have been subject of study in the fight against changes in blood lipid levels, associated with the risk of developing cardiovascular diseases, hyperglycemia, insulin resistance, hepatic steatosis, obesity, diabetes mellitus, hypertension, and stroke [2,4,5].

Due to high public health costs associated with the drug treatment of dyslipidemias and the appearance of undesirable effects, this has intensified the search for natural foods which have shown evidence to improve the lipidic profile [5]. Research treating animals with different types of fruits such as blackberries, cardamoms, jaboticaba and plums have verified hypocholesterolemic action [6,7,8,9], but papers evaluating the effect of macaiba pulp on these parameters in vivo are still scarce.

As macaiba pulp is a source of antioxidant nutrients, unsaturated fatty acids and fibers, it was hypothesized that this food would show a hypocholesterolemic effect in vivo. In view of the above, the objective of this study was to evaluate the effects of macaiba pulp on the murinometric and biochemical parameters of dyslipidemic adult Wistar rats.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 ANIMALS

Thirty-six adult (aged 120 days) male Wistar rats were used from the Federal University of Pernambuco, weighing approximately 280 ± 20 g, and kept in the Experimental Nutrition Laboratory of the Federal University of Campina Grande, Cuité Campus (LANEX / UFCG / CUITÉ). The research was conducted according to the Guidelines for the Care and Use of Experimental Animals and was submitted and approved by the Ethics Committee on Animal Use (CEUA) of the Center for Health and Rural Technology - CSTR / UFCG, protocol number CEP 063 / 2016.

2.2 GETTING FRUIT AND PREPARING PULP

The macaíba fruit was obtained from the Atlantic Forest located in Areia city, Paraíba state, between January and February 2016.

Two days before the lyophilization process, the fruits were peeled and the pulps removed, then vacuum packed and frozen at $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ for further lyophilization.

The pulp was lyophilized for 48 h at $-50 \pm 1^{\circ}\text{C}$. The lyophilizate was vacuum packed and frozen until it was used in preparing the solution offered to the animals.

2.3 INDUCTION OF DYSLIPIDEMIA

The animals received a high fat emulsion (EATG) diet consisting of lard, cholesterol, egg yolk powder, bile acid, glycerol, propylthiolac, and distilled water, following the methodology adapted [10]. EATG at a ratio of 10 ml/kg rat weight was administered via gavage once a day during the first 14 days of the experiment.

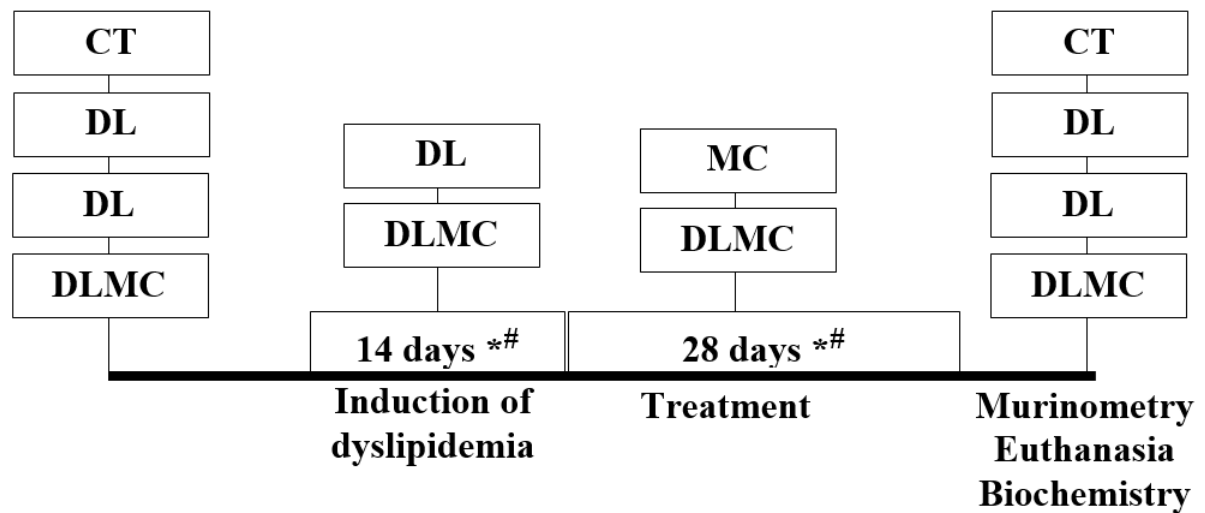
2.4 ANALYSIS OF THE PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS

The following values were analyzed for macaíba pulp nutritional composition: Protein [11]; Lipids [12]; Ascorbic Acid [13]; Total Carotenoids [14]; Yellow Flavonoids [15]; Total Extractable Polyphenols [16]; Antioxidant activity [17]; Profile of fatty acids by Hartmana and Lago transesterification methodology [18]; and the identification of the fatty acids carried out by gas chromatography (Varian 430GC) equipped with flame ionization detector (FID) and fused silica capillary column (CP WAX 52 CB Varian).

2.5 DIETS

The animals were divided into 4 groups according to the treatments: 1) Control (CT) - treated with distilled water; 2) Dyslipidemic (DL) - previously dyslipidemic treated with distilled water; 3) Macaíba (MC) - treated with a solution containing 1000 mg/kg of macaíba pulp; 4) Dyslipidemic Macaíba (DLMC) - previously dyslipidemic treated with solution containing 1000 mg/kg of macaíba pulp. Each group consisted of 9 animals. All animals received ration and water ad libitum. Administration of the 0.1% solution of macaíba pulp was performed by gavage for 28 days. The experimental design is detailed in Figure 1.

Figure 1. Experimental design.



* # Weekly weight and feed consumption of animals

2.6 EXPERIMENTAL PROCEDURES

2.6.1 Feed consumption

Food intake control was calculated weekly by means of the difference between the offered ration and the leftover. Weighing was carried out on a Balmax® brand semi-analytical scale (model: ELP-25).

2.6.2 Murinometric Measurements

Murinometric measurements were performed on all animals before euthanasia, immediately after administering anesthetic Quetamina Hydrochloride and Xilasina (1 ml/kg). Abdominal circumference (CA), thoracic circumference (CT), tail length (CC) and body length were measured. Body weight and length were used to determine Body Mass Index (BMI) = body weight (g)/length (cm²) [19].

2.6.3 Blood Collection, Biochemical Profile Determination and Organ Weighing

The animals were fasted for 8 hours on the day before euthanasia. Blood samples were collected on the day of euthanasia by cardiac puncture with the animals anesthetized with ketamine hydrochloride and xylazine hydrochloride (1 ml/kg).

Analysis of glycaemia, triglycerides, total cholesterol, high density lipoprotein (HDL), oxaloacetic transaminase (TGO), pyruvic transaminase (TGP), creatinine and urea were measured using an enzyme kit (LAB TEST), where serum was obtained after Centrifugation at 3000 rpm for 10 minutes.

$$\text{LDL} = \text{CT} - (\text{HDL} + \text{TG} / 5) \text{ and } \text{AI} = (\text{TC} - \text{HDLc}) / \text{HDLc}$$

The respective formulas were used to obtain low density lipoprotein (LDL) and atherogenicity index (AI): $\text{LDL} = \text{CT} - (\text{HDL} + \text{TG}/5)$ e $\text{AI} = (\text{TC} - \text{HDLc}) / \text{HDLc}$ [20]. The liver, kidneys and brain were removed after blood collection, and then weighed on a semi-analytical scale.

2.7 STATISTICAL ANALYSIS

Statistical analyses are expressed as $\pm$ SD mean and standard error of the mean. Sigma Stat software (version 3.0) was used to perform ANOVA One Way test, followed by a Tukey test for comparison between the groups. Statistically significant differences were considered when $p < 0.05$.

3. RESULTS

3.1 NUTRITIONAL COMPOSITION OF MACAÍBA PULP

Tables 1 and 2 are showing the mean values corresponding to the nutritional composition of the macaíba fruit.

Table 1. Composition of macronutrients e micronutrients of macaíba pulp.

Pulp macronutrients	g.100 g⁻¹	VC (%)
Protein	1.91(±0.1)	5.13
Carbohydrate	35.94 (±1.65)	4.60
Lipid	15.07 (±1.34)	8.89
Pulp micronutrients	mg.100 g⁻¹	
Vitamin C	47.60 (±18.66)	39.20
Carotenoids	8.64 (±3.08)	35.67
Yellow flavonoids	4.21 (±1.46)	34.68

VC = variation coefficient.

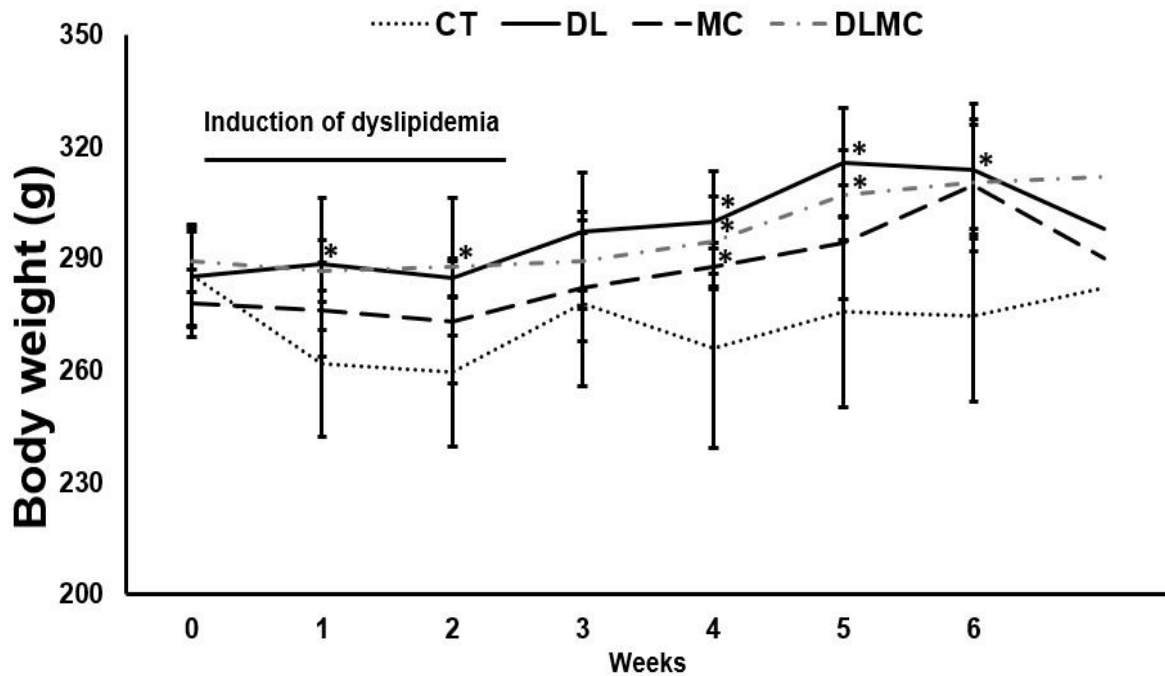
Table 2 – Fatty acids profile of macaíba pulp.

Pulp fatty acids	mg.100 g⁻¹
C14:0	6.66
C16:0	1075.36
C16:1n7	206.81
C17:0	2.96
C17:1n7c	10.65
C18:0	99.18
C18:1n9c	8092.49
C18:1n11c	503.48
C18:2n6c	1563.61
C18:3n3	126.30
C20:0	8.25
C20:1n9	8.69
ΣFA TOTAL	(%)
ΣSFA	10.19
ΣMFA	75.37
ΣFGPI	14.44

Σ = sum; SFA= saturated fatty acids; AGMI = monounsaturated fatty acids; AGPI = polyunsaturated fatty acids.

3.2 ANIMAL'S BODY WEIGHT

Figure 2. Weight evolution of the animals treated with 1000 mg / kg of pulp macaíba.



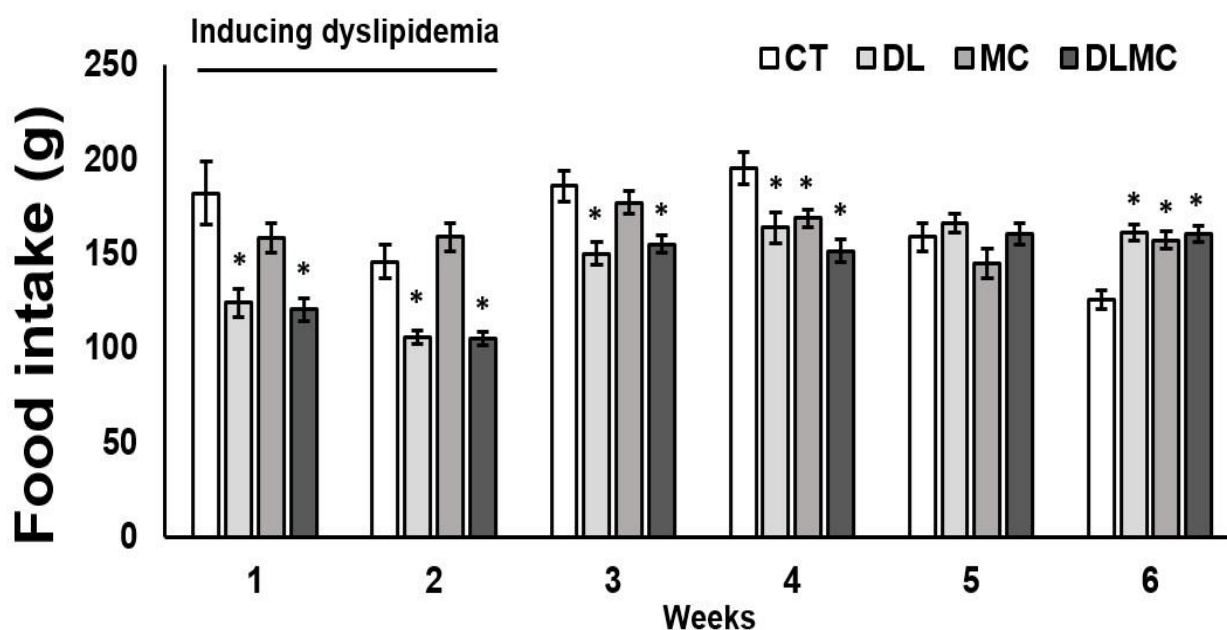
Data expressed as mean and standard deviation. CT = control group; DL = dyslipidemic group; MC = macaíba group; DLMC = dyslipidemic macaíba group. (N = 9). * = Versus CT. Data were analyzed using One Way Anova, followed by Tukey, ($p < 0.05$).

Regarding weight gain, the animals of the DL and DLMC groups presented higher weights in the first and second weeks of the experiment when compared to the CT group ($p < 0.05$).

The groups DL, DLMC and MC statistically differed from the CT group in the fourth and sixth weeks, presenting greater weight. In the fifth week, DL and DLMC groups presented higher body weight compared to CT ($p < 0.05$).

3.3 WEEKLY CONSUMPTION

Figure 3. Food consumption of rats treated with pulp macaíba.



Data expressed as standard error of the mean. CT = control group; DL = dyslipidemic group; MC = macaíba group; DLMC = dyslipidemic macaíba group. (N = 9). Data were analyzed using One Way Anova, followed by Tukey, ($p < 0.05$). * = Vs CT, $p < 0.05$.

In Figure 3, it can be seen in the weekly feed intake that feed consumption was decreased in the first two weeks of experiment in the groups in which dyslipidemia was induced (DL and DLMC) compared to non-dyslipidemic groups (CT and MC) ($p < 0.05$).

The groups CT (185.67 ± 19.41) and MC (177.00 ± 15.59) differed statistically from the DL (150.00 ± 15.45) and DLMC (155.00 ± 11.58) groups in the third week, with higher feed consumption.

In the fourth week, it was observed that the DLMC (151.43 ± 15.35), DL (163.67 ± 19.94) and MC (168.57 ± 11.53) groups presented lower food consumption compared to CT (195.33 ± 21.30). The contrary effect was verified during the sixth week of experimentation, where DL, DLMC and MC obtained higher consumption compared to CT ($p < 0.05$). No statistical changes were observed during the fifth week.

3.4 MURINOMETRIC PARAMETERS AND ORGAN WEIGHT

Table 3. Murinometric and organ weight values of dyslipidemic wistar rats.

GROUPS	Control	Dyslipidaemic	Macaíba	Dyslipidaemic Macaíba
--------	---------	---------------	---------	-----------------------

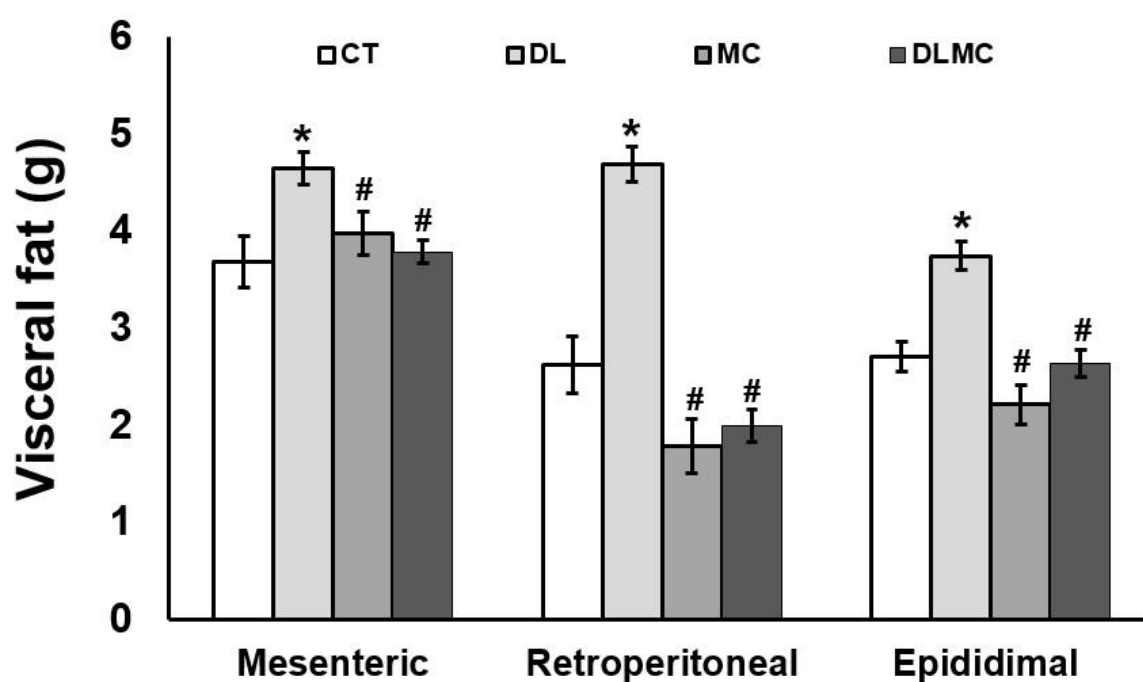
PHYSICAL PARAMETERS				
Toracic circ. (cm)	15,72 ± 0,79	15,55 ± 0,60	16,03 ± 0,33	15,92 ± 0,49
Abdominal circ. (cm)	17,50 ± 1,13	18,31 ± 1,12	17,54 ± 0,80	17,02 ± 1,07
Nose-Anus length (cm)	22,32 ± 1,07	23,53 ± 0,51	22,83 ± 0,42	23,66 ± 0,56
Tail lenght (cm)	17,74 ± 0,49	18,11 ± 0,58	18,46 ± 0,44	18,40 ± 0,60
Body weight (g)	271,67 ± 24,38	318,00 ± 28,38*	314,00 ± 22,85*	310,50 ± 24,63*
BMI (g/cm ²)	0,57 ± 0,05	0,58 ± 0,04	0,61 ± 0,04	0,60 ± 0,04
ORGANS WEIGHT				
Liver (g)	9,48 ± 1,17	9,69 ± 0,71	10,57 ± 0,88	10,30 ± 0,90
Kidney (g)	2,11 ± 0,11	2,40 ± 0,23	2,36 ± 0,26	2,36 ± 0,25
Brain (g)	1,67 ± 0,11	1,71 ± 0,11	1,71 ± 0,11	1,80 ± 0,19

Data expressed as mean and standard deviation. Statistical test One way Anova followed by Tukeya. * vs Control, p<0.05. BMI = body mass index.

According to the data expressed in table 3, there was no statistical difference for murinometric parameters and body weight, except for the body weight of the day of euthanasia, where DL, MC and DLMC groups presented greater weight when compared to the CT group (p<0.05).

3.5 VISCERAL FAT

Figure 4. Visceral fat of dyslipidemic rats treated for four weeks with solution containing macaíba pulp.



Data expressed as standard error of the mean. CT = control group; DL = dyslipidemic group; MC = macaíba group; DLMC = dyslipidemic macaíba group. (N = 9). Data were analyzed using One Way Anova, followed by Tukey, ($p < 0.05$). * Vs CT; # Vs DL.

Based on the mean values of the visceral fat expressed in figure 4, it can be seen that the MC and DLMC groups did not differ statistically from the CT group, but they differed when compared to the DL group ($p < 0.05$). The DL group still presented statistical difference when compared to the CT group ($p < 0.05$).

The MC group presented lower mesenteric fat values (3.97 ± 0.55) when compared to the DL group (4.64 ± 0.45), and did not differ statistically when compared to the CT group (3.68 ± 0.64) ($p < 0.05$). The same result was observed when the retroperitoneal fat was compared to the MC group (1.78 ± 0.68), presenting a lower value compared to the DL group (4.68 ± 0.44) and not differing from the CT (2.62 ± 0.71) ($p < 0.05$).

Regarding the DLMC group, lower values of mesenteric fat (3.78 ± 0.34) were also observed in comparison to the DL group, but no statistical difference was observed when compared to the CT group ($p < 0.05$).

For epididymal fat, the MC (2.21 ± 0.53) and DLMC (2.63 ± 0.34) groups differed statistically from the DL group (3.74 ± 0.41), but did not differ from the CT group (2.7 ± 0.34) ($p < 0.05$). On the other hand, the DL group differed statistically, presenting higher visceral fat content when compared to the CT group ($p < 0.05$).

3.6 BIOCHEMICAL PARAMETERS

Table 4 - Biochemical evaluation of adult Wistar rats.

GROUPS	Control	Dyslipidaemic	Macaíba	Dyslipidaemic Macaíba
BIOCHEMICAL PARAMETERS				
Blood glucose (mg/dL)	308,80 ± 5,63	323,00 ± 29,00	342,80 ± 26,68	321,00 ± 55,29
Total cholesterol (mg/dL)	50,44 ± 4,2 ^a	62,44 ± 4,36 ^b	51,33 ± 3,67 ^{ac}	55,11 ± 6,17 ^{ac}
Triglycerids (mg/dL)	54,14 ± 6,84 ^a	63,38 ± 5,97 ^b	36,88 ± 6,98 ^c	34,14 ± 3,80 ^c
HDL (mg/dL)	27,33 ± 3,71 ^a	18,71 ± 2,06 ^b	26,00 ± 2,62 ^{ac}	31,67 ± 5,74 ^{ad}
LDL (mg/dL)	14,69 ± 4,24 ^a	31,51 ± 6,53 ^b	17,67 ± 2,88 ^{ac}	17,10 ± 3,20 ^{ac}
Creatinine (mg/dL)	0,69 ± 0,06	0,72 ± 0,04	0,64 ± 0,05	0,67 ± 0,12

Urea (mg/dL)	45,75 ± 4,71	40,33 ± 5,57	40,25 ± 3,58	41,67 ± 8,89
TGO (mg/dL)	167,56 ± 17,83 ^a	186,17 ± 6,15 ^b	162,60 ± 30,47 ^a	158,00 ± 24,79 ^a
TGP (mg/dL)	46,44 ± 3,40 ^a	63,00 ± 4,38 ^b	42,40 ± 8,23 ^a	48,33 ± 5,63 ^a
Atherogenic index	0,98±0,21 ^a	2,75±0,30 ^b	0,49±0,15 ^c	0,66±0,37 ^{ac}

Different letters in the row indicate a significant difference by Tukey test ($p < 0.05$).

Regarding glycemic levels, no statistical difference was found between groups ($p < 0.05$). When comparing total cholesterol levels, lower values were observed in the MC and DLMC groups when compared to the DL group, but there was no statistical difference when compared to the CT group. The DL group also had higher total cholesterol when compared to the CT group ($p < 0.05$) (Table 4).

When comparing triglyceride values, the MC and DLMC groups presented lower values compared to the DL group and the CT group. The DL group, on the other hand, still presented higher triglyceride value when compared to the CT group ($p < 0.05$) (Table 4).

Based on the HDL values, it was found that the DLMC group differed statistically when compared to the DL, MC and CT groups. The DL group presented the lowest HDL value, and the DLMC group had the highest plasmatic HDL content when compared to the other groups ($p < 0.05$).

The groups were still compared for LDL values, with a higher level of it being observed in the DL group in comparison to the MC, DLMC and CT groups. MC and DLMC groups also differed when compared to the CT group.

Plasma creatinine and urea values did not present statistical difference when comparing the groups. Regarding the TGO plasma values, a statistical difference was observed when comparing DL group and CT group, with DL being higher in relation to CT group. When MC and DLMC groups were compared to DL group, a significant difference ($p < 0.05$) was also observed (Table 3). Therefore, MC and DLMC groups presented lower levels of TGO plasma when compared to the DL group, which did not differ statistically from the CT group.

Plasmatic TGP levels were higher in DL group in comparison to CT group, differing statistically ($p < 0.05$). MC and DLMC presented lower plasmatic TGP values compared to DL group, but did not differ when compared to the CT group.

When the atherogenic index (AI) was evaluated, it was observed that MC and DLMC groups presented lower AI when compared to the DL group. MC still presented a lower value when compared to the CT group ($p < 0.05$).

4. DISCUSSION

Data collected in this research demonstrated that macaíba pulp reversed some of the damage caused by dyslipidemia in rats. Daily consumption of this pulp for 28 days promoted a reduction of mesenteric, retroperitoneal and epididymal fats, an improvement of biochemical parameters such as reduction of total cholesterol, triglycerides and an increase of HDL, in addition to a reduction in their atherogenic index.

Regarding weekly weight gain, it was observed that DL and DLMC groups presented greater weight gain in the first and second weeks of administration of high fat emulsion. Similar results were found in a study developed by Duan et al. [21] and by Senaphan et al. [4] both administering a high-fat diet, and in addition to blood lipidic changes, they also verified an increase in weight attributed to the caloric increase from the increase in dietary fat content.

Lipids in the diet have the characteristic of promoting satiety [22], which may justify the lower feed intake in the DL and DLMC groups during the two weeks of dyslipidemia induction.

Monounsaturated fats reduce the amount of circulating fats, and therefore fat uptake by adipocytes is reduced, thus reducing visceral fats and is associated with an increased risk of developing heart disease [23,5]. Macaíba used in the present research presents a significant percentage (75.37%) of monounsaturated fats, which may justify the results found with a reduction of mesenteric, retroperitoneal and epididymal fats in the groups treated with macaíba pulp compared to the DL group.

Macaíba pulp also has antioxidant compounds, among which are the phenolic compounds, carotenoids and vitamin C, as well as other unsaturated fatty acids. The antioxidant compounds may increase the enzyme cholesterol acyltransferase activity, which is the enzyme responsible for esterifying cholesterol, allowing it to be selectively captured by the liver [24]. Saturated fats, in their turn, decrease the activity of the LDL receptor, which has the function of capturing circulating LDL in plasma, protein and mRNA, while unsaturated fatty acids increase these variables. Dietary modification of hepatocyte membrane fluidity may be a way in which diets that are rich in unsaturated fatty acids affect LDL receptor activity differently from diets enriched in saturated fats [25]. The presence of these compounds in the macaíba pulp may justify the improvement in the lipid profile found in this research, where MC and DLMC groups presented TG, LDL and HDL increase reduction compared to DL group. In the study developed by Yang, Yang e Zheng [6], freeze-dried blackberry powder was administered during a four-week period in the percentages 5 and 10% in dyslipidemic and non-dyslipidemic rats.

They observed a significant decline in the levels of triglycerides, total cholesterol and low density lipoproteins and a significant increase in plasma HDL content, especially in the dyslipidemic groups. On the other hand, no significant differences were observed when comparing the groups without dyslipidemia that consumed the blackberries, being justified due to the lipidic metabolism being influenced by the hyperlipidemia, and considering that a higher concentration of circulating lipoproteins promotes a metabolic increase. These results corroborate with those found in this research, where a greater influence of macaíba was observed on biochemical parameters in the dyslipidemic group.

During atherogenesis, pathological accumulation of lipids occurs within the aortic macrophages through the plasma uptake of oxidized LDL (oxLDL). A rich diet in monounsaturated fatty acids may have favorable effects on cardiovascular risk, since it prevents oxidative modifications of LDL and reduces the uptake of plasma oxLDL by macrophages [26]. Plasma lipidic changes are directly related to the atherogenic risk index, and calculated based on the ratio of triglycerides and plasmatic HDL in which the higher the level of TG and the lower the level of circulating HDL, the greater the atherogenic risk [20]. This may explain the results found in our study, where the atherogenic index was reduced in the groups treated with macaíba since MC and DLMC groups presented a reduction of TG and an increase in HDL, and with that, atherogenic index reduction.

Elevated transaminase levels in blood may indicate the development of inflammatory processes and oxidative stress [27]. In this research, it was observed that the macaíba pulp (MC and DLMC) presented a decrease in the plasmatic levels of TGO and TGP. These results are possibly related to the presence of monounsaturated fatty acids and antioxidant compounds in macaíba pulp which are associated with anti-inflammatory action and free radical combat, respectively. A similar result was found by Alezandro, Granato and Genovese [7] when administering jaboticaba pulp to rats and found that the groups treated with it presented improvement in oxidative stress; this result is justified as this fruit is a source of antioxidants.

On the basis of the obtained results, the effectiveness of macaíba pulp intake on the treatment of dyslipidemia was verified, considering that there was improvement in the lipid profile and physical aspects.

5. CONCLUSION

In this way, we can infer that the frequent consumption of macaíba may contribute to improving lipidic plasma levels, as well as to reduce the levels of visceral fat and to reduce the

risk of developing cardiopathies associated with food. Therefore, macaíba pulp proved to be an excellent option for the treatment and/or prevention of dyslipidemia, thus promoting an improvement in the life quality of its consumers.

CONTRIBUTION STATEMENT

Souza MA, Silva JYP, Ponciano CS, Oliveira SCA and Silva RCF, study execution. Souza CCE, Silva SM, Pintado MM, Bertozzo CCMS, Oliveira MEG, and Soares JKB, project design. All authors participated in data interpretation, reviewed the manuscript, and approved the final version.

FUNDING

This study was supported by National Counsel of Technological and Scientific Development - CNPq.

CONFLICT OF INTEREST

The authors have no conflicts of interest associated with this manuscript.

REFERENCES

- [1] Bora OS, Rocha RVM. Macaiba palm: fatty and amino acids composition of fruits. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 2004, 4: 158-62.
- [2] Coimbra MC, Jorge N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. *Food Research International* 2011, 44:2139–42.
- [3] Souza CCE. Qualidade, perfil eletroforético e de voláteis, fitoquímicos bioativos e atividade antioxidante de frutos de genótipos de macaibeira (*Acrocomia intumescens* Drude). 2016. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.
- [4] Senaphan K, Kukongviriyapan U, Sangartit W, Pakdeechote P, Pannangpetch P, Prachaney P, et al. Ferulic Acid Alleviates Changes in a Rat Model of Metabolic Syndrome Induced by High-Carbohydrate, High-Fat Diet. *Nutrients* 2015, 7: 6446-64.

- [5] Wang X, Pu H, Ma C, Jiang T, Wei Q, Duan M, et al. Adiponectin abates atherosclerosis by reducing oxidative stress. *Medical Science Monitor* 2014, 20:1792–1800.
- [6] Yang X, Yang L, Zheng H. Hypolipidemic and antioxidant effects of mulberry (*Morus alba* L.) fruit in hyperlipidaemia rats. *Food and Chemical Toxicology* 2010, 48: 2374–79.
- [7] Alezandro MR, Granato D, Genovese MI. Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg), a Brazilian grape-like fruit, improves plasma lipid profile in streptozotocin-mediated oxidative stress in diabetic rats. *Food Research International* 2013, 54: 650–59.
- [8] Verhoeven V, Auwera AV, Gaal LV, Remmen R, Apers S, Stalpaert M, et al. Can red yeast rice and olive extract improve lipid profile and cardiovascular risk in metabolic syndrome? a double blind, placebo controlled randomized trial. *BioMed Central Complementary and Alternative Medicine* 2015, 15: 52-60.
- [9] Kuo P, Lin C, Chen Y, Chiu W, Lin S. A high-cholesterol diet enriched with polyphenols from Oriental plums (*Prunus salicina*) improves cognitive function and lowers brain cholesterol levels and neurodegenerative-related protein expression in mice. *British Journal of Nutrition* 2015, 10:1550–57.
- [10] XU, D.; XU, M.; LIN, L.; RAO, S.; WANG, J.; DAVEY, A. K. The effect of isosteviol on hyperglycemia and dyslipidemia induced by lipotoxicity in rats fed with high-fat emulsion. *Life Sciences* 2012, 90: 30–8, 2012.
- [11] AOAC. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. Washington D.C.: AOAC 2000, 1018 p.
- [12] Folch J, Less M, Stanley S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 1957, 226: 497-509.
- [13] Strohecker R, Henining HM. *Análisis de vitaminas: métodos comprobados* 1967, 42 p.
- [14] Higby WK. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. *Journal of Food Science*, Chicago 1962, 27: 42-9, 1962.
- [15] FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). *Anthocyanins as Food Colors*. New York: Academic Press 1982, 181-207 p.
- [16] Obanda M, Owuor PO. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of kenyan black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 1997, 74: 209–15.
- [17] Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Jiménez J et al. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007a. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 127).
- [18] Hartman L, Lago RCA. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. *Laboratory Practice* 1973, 22: 475- 6.
- [19] Novelli ELB, Diniz YS, Galhardi CM, Ebaid GMX, Rodrigues HG, Mani F, et al. Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. *Laboratory Animals* 2007, 41: 111-9.
- [20] Choi YM, Bae SH, Kang DH, Suh HJ. Hypolipidemic effect of *Lactobacillus* ferment as a functional food supplement. *Phytotherapy Research* 2006, 20: 1056–60.
- [21] Duan L, Zhao G, Ji B, Cao Y, Chen X. Effect of crude-herb moxibustion on blood lipids in rats with dyslipidemia. *Journal of Traditional Chinese Medical Sciences* 2014, 1: 140-7.
- [22] Romano A, Azari EK, Tempesta B, Mansouri A, Micioni Di Bonaventura MV, Ramachandran D, et al. High dietary fat intake influences the activation of specific hindbrain and hypothalamic nuclei by the satiety factor oleoylethanolamide. *Physiology & Behavior* 2014, 136: 55–62.

- [23] Verma A, Sharma S. Beneficial Effect of Protein Tyrosine Phosphatase Inhibitor and Phytoestrogen in Dyslipidemia-Induced Vascular Dementia in Ovariectomized Rats. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 2015, 24:1-13.
- [24] Lima ES, Couto RD. Structure, metabolism and physiologic functions of high-density lipoproteins. *Brazilian Journal of Pathology and Laboratory Medicine* 2006, 42: 169 –78.

ANEXO

Anexo 1: Certidão da Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA do Centro de Saúde e Tecnologia Rural - CSTR/UFCG, nº de protocolo CEP 063/2016.



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Saúde e Tecnologia Rural
Comissão de Ética em Pesquisa
Av. Sta Cecília, s/n, Bairro Jatobá, Rodovia Patos,
CEP: 58700-970, Cx postal 64, Tel. (83) 3511-3045



A: Sra. Profa. Dra. Juliana Késsia Barbosa Soares (Coordenadora)

Protocolo CEP nº063-2016

CERTIDÃO

ASSUNTO: Solicitação de aprovação do projeto de pesquisa intitulado "EFEITO DO FRUTO MACAÍBA SOBRE PARÂMETROS MURINOMÉTRICOS E BIOQUÍMICOS DE RATOS WISTAR".

Certificamos a V.Sa. que seu projeto teve parecer consubstanciado orientado pelo regulamento interno deste comitê e foi Aprovado, por Há de Referendum, em 26 de dezembro de 2016, estando à luz das normas e regulamentos vigentes no país atendidas as especificações para a pesquisa científica.

Patos, 26 de dezembro de 2016.

Maria de Fátima de Araujo Lucena
Coordenadora do CEP