



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E VETERINÁRIA**

**VALOR NUTRITIVO DA TORTA DA POLPA DE
MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) PARA SUÍNOS EM
CRESCIMENTO**

JOSÉ HENRIQUE BERNARDES PEREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

Brasília
Distrito Federal - Brasil
Julho – 2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E VETERINÁRIA

**VALOR NUTRITIVO DA TORTA DA POLPA DE
MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) PARA SUÍNOS EM
CRESCIMENTO**

JOSÉ HENRIQUE BERNARDES PEREIRA

ORIENTADORA: LUCI SAYORI MURATA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

Publicação:
Brasília
Distrito Federal - Brasil
Julho – 2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E VETERINÁRIA

VALOR NUTRITIVO DA TORTA DA POLPA DA MACAÚBA (*ACROCOMIA
ACULEATA*) PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO
JOSÉ HENRIQUE BERNARDES PEREIRA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA
AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS ANIMAIS DA FACULDADE DE
AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE
DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DE GRAU
DE MESTRE EM CIÊNCIAS ANIMAIS.**

APROVADA POR:

LUCI SAYORI MURATA, Dra. (UnB)
(Orientadora)

SERGIO LUCIO SALOMON CABRAL FILHO, Dr. (UnB)
(Examinador interno)

JOÃO BATISTA LOPES, Dr. (UFPI)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 25 Julho de 2013

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

PEREIRA, J.H.B., **Valor Nutritivo da Torta da Polpa da Macaúba (*Acrocomia aculeata*) para Suínos em Crescimento**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 70p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta Dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do programa. O autor e sua orientadora reservam para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor ou da sua orientadora. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, José Henrique Bernardes. **“Valor nutritivo da Torta da Polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata*) para suínos em crescimento”** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília. 2013. 72 páginas. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2013.

1. Alimentos Alternativos para Monogástricos 2. Ensaio de Digestibilidade 3. Resíduos do Biodiesel 4. Fibra Dietética
I. Murata, L.S. II. Dra°.

DEDICATÓRIA

“DEDICO ESTA DISSERTAÇÃO A MINHA AVÓ IRENE FLEURY (*IN MEMORIAM*) E A MINHA MADRINHA ROSILVA (*IN MEMORIAM*) SEMPRE PRESENTES NA MINHA VIDA.”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela interseção de Nossa Senhora das Graças, pela conclusão da minha tese de mestrado.

A CAPES, pela bolsa de estudos fornecida, que foi fundamental para elaboração desse trabalho.

A Fazenda Água Limpa, ao diretor, e todos seus funcionários que colaboraram de maneira ímpar para a realização dos experimentos e transportes dos animais.

As instituições científicas UnB, CNPq, Finatec, Petrovasf, Embrapa Agroenergia, UPIS, UFU, que possibilitaram a realização dos experimentos e das análises laboratoriais. A todas elas meu muito obrigado.

As Empresas AGROCEN, ADISSEO Brasil e a Granja Uburama/DF, pela parceria nesse trabalho. Sem a ajuda destes a dissertação não teria o mesmo resultado.

A minha orientadora Dra. Luci Sayori Murata, pela convivência de mais de 5 anos com projetos acadêmicos, pela seriedade, sinceridade e compromisso com que procurou direcionar a minha tese, primando sempre, para o meu melhor aperfeiçoamento técnico e profissional, a ela meu muito obrigado.

Em especial, ao Professor Dr. Sergio Lúcio Salomon Cabral Filho, pela parceria, amizade e, qualidades humanas, que só fizeram acrescentar a um grande potencial profissional, tornando-o uma pessoa ímpar nesse processo.

Aos Professores Dr. Rodrigo Vidal de Oliveira, Dr. Francisco Bernal, coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Animais da FAV, Dr. Daniel Emygdio de Faria Filho e Dr. Roberto Camargo Antunes, pela importante colaboração nessa dissertação.

A todos os mestrandos, bolsistas, estagiários técnicos do LABEM, alunos de graduação, Caio, Carol, Luiza, Keila, Fred, Cássia, Jomari, Tati, Yonara, Carlos, Luana, que colaboraram com grande empenho e qualidade nos dois ensaios experimentais, o que foi de fundamental importância para a realização desse trabalho. A todas as estagiárias técnicas do laboratório de nutrição animal da FAL, pela atenção e carinho que tiveram comigo para realização das minhas análises laboratoriais, em especial a Dani, Cris, as Giovanas e também as amigas Camila e Renata.

Aos meus queridos amigos e amigas, que sempre estarão presentes na minha vida. Aos amigos da Agrofamília, Camarguinho, Lolô, Nanda, Fê, Maurinho, Batistinha, Lobão, Gaiato, Alceu, Rherman, Fabinho, Nay, Sherman, David, Bundinha, Vitão, Samuca, Mandarin, PC,

Gg, Lara, Lucas Chaves (*in memoriam*), todos eles sem exceção, pelo apoio constante durante esse período, em especial a Ju Hiromi, pela sempre grata ajuda na dissertação e parceria. Aos amigos de fé, que Deus colocou na minha vida, Rick, Jacaré, Xoxó, Renato, Giu, Leo, Mi, Camis, João, Paulo, Virma, Jair, Miguel, Vinícius, Gabriel, Bocão e todos os outros não citados e igualmente especiais. Também pelos amigos da Fundação Rural e da Fazenda Água Limpa, a todos eles minha eterna gratidão.

A minha linda namorada Vanessa Meirelles, pelo companheirismo, dedicação e carinho na parte final do meu mestrado.

A toda minha família, tios e tias, primos e primas, em especial, minha avó Alda, pelo grande amor e carinho com que sempre me acolheu em sua casa durante os experimentos na fazenda e a minha madrinha Gilda, pelos conselhos sábios e valiosos dados com amor. Ao meu primo e amigo Emanu, pela grande ajuda pessoal e acadêmica, que muito enriqueceu o meu trabalho final.

E por fim a minha família núcleo, meu querido irmão Dede, minha amada irmãzinha Victoria, pelo suporte nas horas difíceis. Ao meu pai Jorge e minha mãe Fatima pelo amor, apoio incondicional e também, pelos puxões de orelha necessários, pelos momentos maravilhosos vividos nesse período e pelo grande exemplo de vida, meus eternos mestres, que quero seguir.

A todos meus mais sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xi
RESUMO	1
ABSTRACT:	3
CAPÍTULO 1	6
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. OBJETIVO	8
3. REVISÃO DE LITERATURA	8
3.1. Alimentos Alternativos Fibrosos	8
3.2. Caracterização dos Subprodutos da Macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>): (Torta da polpa da macaúba).....	9
3.3. Caracterização da fibra dietética:.....	13
3.4. Uso da fibra dietética para suínos	14
3.5. Fermentação da fibra dietética no trato gastrointestinal dos suínos	15
3.6. Divisão Energética e Proteica para Suínos	18
3.7. Considerações sobre o trato gastrointestinal dos suínos	22
3.8. Digestibilidade de nutrientes	23
3.9. Ensaio Metabólico para se Determinar a Energia dos Alimentos	25
3.10. Método de coleta total de fezes em suínos (Método tradicional).....	26
CAPÍTULO 2	28
1. RESUMO	28
2. ABSTRACT	30
3. INTRODUÇÃO.....	31
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	32

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6. CONCLUSÃO.....	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1 Composição calculada e centesimal da dieta referência fornecida para os suínos em crescimento	33
Tabela 2. 2 Composição química da torta da polpa da macaúba utilizada no experimento e aminoácidos totais (AAT) presente	38
Tabela 2. 3 Valores nutritivos da torta da polpa da macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>) para suínos em crescimento.....	40
Tabela 2. 4 Balanço de nitrogênio para suínos em crescimento alimentados com dietas com inclusão de 10 e 20% de torta da polpa da macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>)	44
Tabela 2. 5 Efeitos da inclusão de 10 e 20 % da torta da polpa da macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>) sobre a digestibilidade da dieta para suínos em crescimento.	46

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. 1 Fruto da Macaúba com e sem o epicarpo, evidenciando o mesocarpo de coloração amarela (Nucci, 2007)	10
Figura 1. 2 Fruto da Macaúba partido ao meio, evidenciando as suas principais estruturas internas (Nucci, 2007)	11
Figura 1. 3 Palmeira da Macaúba, evidenciando como os frutos ficam dispostos (Moreira & Sousa, 2009)	11
Figura 1. 4 Divisão Energética para os Suínos (Adaptado de Sakamura & Rostagno, 2007)	20
Figura 1. 5 Divisão da EMap para os Suínos (Adaptado de Sakamura & Rostagno, 2007) ...	21
Figura 2. 1 Gaiola Metabólica utilizada no experimento, evidenciando a parte da frente de coleta das sobras de ração, o comedouro, e os baldes de coleta de urina.....	34
Figura 2. 2 Gaiola Metabólica utilizada no experimento, evidenciando a parte da de trás com as gavetas de alumínio para coleta de fezes	34
Figura 2. 3 Bomba Calorimétrica LECO AC-600 utilizada na análise da energia bruta das rações, sobras de alimento e fezes.	36
Figura 2. 4 Bomba calorimétrica automática C-2000, marca IKA WORKS, usada para análise de energia da urina.....	36

RESUMO

VALOR NUTRITIVO DA TORTA DA POLPA DE MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*) PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO

ALUNO: José Henrique Bernardes Pereira¹

ORIENTADORA: Dra. Luci Sayori Murata^{1,2}

¹Universidade de Brasília – UnB

²Universidade de Brasília – UnB

Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), da fibra (CDFDN), a energia Digestível (ED) e a energia Metabolizável (EM) da torta da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata*). Também foi avaliado a digestibilidade da MS, PB, FDN, a ED e a EM dos tratamentos T1(0%), T2(10%) e T3(20%) além do balanço de nitrogênio (BN) para suínos em crescimento, por meio de dois ensaios metabólicos de coleta total de fezes e urina. Foram utilizados 24 leitões machos castrados, de linhagem comercial, com peso inicial de aproximadamente 28 kg. Os ensaios foram realizados em delineamento experimental de blocos casualizado com três tratamentos com quatro animais por tratamento/bloco, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos foram: T1 - Dieta Referência (DR); T2 - Dieta Teste 1 (90% de DR+10% de torta da polpa de macaúba) e T3 - Dieta Teste 2 (80% de DR+20% de torta polpa de macaúba). As dietas foram fornecidas às 8h00 e às 16h00. A DMS, DPB e DFDN para a torta da macaúba foram de 16,5%, -2,25% e 30,80%, para a inclusão de 20% na dieta, não apresentando diferença significativa para os valores de inclusão de 10% na dieta. A ED para a torta da polpa da macaúba nos tratamentos T2(10%) e T3(20%) foram de, respectivamente, 2888,3 e 2900,6 (Kcal/Kg), já a EM para os mesmos tratamentos foram de, respectivamente, 2690,0 e 2680,5 (Kcal/Kg), não apresentando diferença significativa. A digestibilidade da MS nos tratamentos T2 e T3 foram, respectivamente, 79,1% e 72,0%, enquanto a digestibilidade da PB nos tratamentos T2 e T3 foram 77,9% e 71,2%, já a digestibilidade da FDN para os tratamentos T2 e T3 foram de 64,3% e 55,7%, respectivamente, apresentando diferença significativa. Em relação ao balanço de nitrogênio (BN), houve diferença significativa apenas no Nitrogênio Fecal (NF), mostrando que a fibra aumentou a excreção do nitrogênio endógeno do suíno. Dessa forma, o nível de inclusão da torta da polpa da

macaúba na dieta interferiu nas digestibilidades da MS, PB e FDN. Esse coproduto da macaúba pode ser utilizado como ingrediente teste na dieta para suínos em crescimento, porém a porcentagem de inclusão deve ser considerada na ração referência.

Palavras-chave: alimento alternativo, ensaio de digestibilidade, resíduo do biodiesel

ABSTRACT:

NUTRITIONAL VALUE OF MACAÚBA MEAL (*ACROCOMIA ACULEATA*) FOR GROWING PIGS.

GRADUATE STUDENT: José Henrique Bernardes Pereira¹

TUTOR: PhD. Luci Sayori Murata²

¹**Universidade de Brasília – UnB.**

²**Universidade de Brasília – UnB.**

Dry matter (DMD), crude protein (CPD) and Fiber (FD) digestibility and Digestible energy (DE), metabolizable energy (ME) of macauba meal (*Acrocomia aculeata*) were evaluated for growing pigs. Dry matter (DMD), crude protein (CPD), Fiber (FD) digestibility and (DE), (ME) of treatments T1 (0%), T2 (10%) and T3 (20%) plus nitrogen balance (NB) for growing pigs, through two metabolic assays collection Total feces and urine. We used 24 castrated male of commercial line, with an initial weight of approximately 28 kg. The experimental tests were conducted in a complete block randomized design with three treatments with four animals per treatment/block, totaling 24 experimental units. The treatments were: T1 - Reference Diet (RD), T2 - Test Diet 1 (90% RD+10% macauba meal) and T3 - Test Diet 2 (80% RD+20% macauba meal). The DMD, CPD and FD for macaúba meal were 16.5%, -2.25% and 30.80%, for the inclusion of 20% in the diet, with no significant difference in the values of inclusion of 10% in the diet. A (DE) for macauba meal in the T2 (10%) and T3 (20%) were, respectively, 2888.3 and 2900.6 (Kcal / Kg), since the (ME) for the same treatments were, respectively, 2690.0 and 2680.5 (Kcal / kg), with no significant difference. Dry matter (DM) digestibility in the T2 and T3 were, respectively, 79.1% and 72.0%, while the crude protein (CP) digestibility in the T2 and T3 were 77.9% and 71.2%) and Fiber digestibility for T2 and T3 were 64.3% and 55.7%, respectively, showing significant difference ($P<0,05$) In relation to nitrogen balance (NB), there was a significant difference ($P<0,05$) in Fecal Nitrogen (FN), showing that the fiber increased excretion of endogenous nitrogen for pig. Thus, the level of inclusion macauba meal in the diet interfered with the digestibility of DM, CP and FD. This co-product of macauba can be

used as an ingredient in test diet for growing pigs, but the percentage of inclusion should be considered in the reference ration.

Keywords: alternative ingredient, biodiesel by-product, digestibility trial

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

Anualpec: Anuário da Pecuária Brasileira
AOAC: Association of Official Analytical Chemists
BN: Balanço de nitrogênio
CM: Casca de Café Melosa
CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento
CS: Casca de Soja
CSINE: Casca de Soja Integral Não Ensilada
DT: Dieta teste
EB: Energia bruta
ED: Energia digestível
EE: Extrato etéreo
EM: Energia metabolizável
EMA: Energia metabolizável aparente
Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EF: Energia Fecal
EU: Energia Urinária
et al.: E colaboradores
FB: Fibra bruta
FDA: Fibra em detergente ácido
FDN: Fibra em detergente neutro
FG: Farelo de Girassol
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IC: Incremento Calórico
Kcal: Quilocaloria
MS: Matéria seca
N: Nitrogênio
NDT: Nutrientes digestíveis totais
PB: Proteína bruta
PNA`s: Polissacarídeos não Amiláceo
RB: Ração Basal
RDC: Resíduos desidratados de cervejaria
RR: Dieta referência

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da suinocultura, nos últimos 20 anos, pode ser verificado pela análise de vários indicadores econômicos e sociais como volume de exportações, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos. Também merece destaque ações de coordenação de atividades entre fornecedores de insumos, produtores rurais, agroindústrias, vendas e consumidores (Coser, 2010).

O rebanho suíno brasileiro se apresenta distribuído principalmente, nas regiões centro sul e nordeste do País. Entretanto, se diferencia quanto ao nível tecnológico, apresentando-se bem tecnificado na região centro-sul e em sua maioria de subsistência e de baixa escala comercial na região nordeste (Coser, 2010). Nesse contexto 20% do rebanho suíno nacional estão localizados na região nordeste e deste efetivo, apenas 1,81% têm abate inspecionado, fato que desqualifica a comercialização da carne suína nessa região (Coser, 2010).

A suinocultura vem se estruturando em um sistema de produção baseado no modelo de Integração, principalmente nos últimos dois anos com a fusão de grandes empresas; como Brasil Foods, Aurora e Marfrig, havendo como consequência o crescimento da demanda pelas agroindústrias e disponibilidade de insumos básicos para a produção, principalmente de grãos essenciais como soja e milho, cujos investimentos em tecnologia colocou o Brasil em destaque no cenário internacional. (Coser, 2010).

O Brasil possui atualmente o quarto maior rebanho mundial de suínos com 38.956,758 milhões de cabeças, IBGE (2010), sendo superado apenas pelos Estados Unidos, com um rebanho superior a 62 milhões de animais, pela União Europeia, detentora de aproximadamente 161 milhões de animais, e pela China, que possui o maior rebanho de suínos, com mais de 493 milhões de animais (Anualpec, 2012)

O Brasil teve um aumento significativo da produção das matérias-primas essenciais para a produção de suínos que são a soja e o milho. Na safra 11/12 o milho passou de uma produção de 72.979,5 ton. para 76.011,0 toneladas na safra 12/13. Já a soja passou neste período de 66.383,0 ton. para 83.424,3 toneladas (Conab, 2013). Assim a ampliação da área utilizada pela agricultura associada ao aumento na

produtividade desses grãos possibilitou um visível crescimento na disponibilidade interna de tais matérias-primas.

No Brasil, mais de 60% da soja e milho produzidos são destinadas a nutrição animal e a parte de alimentação do rebanho de suíno representa mais de 70% do custo de produção (Crenshaw, 2005). Com isso, ao mesmo tempo em que há a disponibilidade e fartura de grãos, a criação de suínos fica dependente da grande variação de preços que sofrem esses insumos, com reflexo direto na rentabilidade do negócio. Outro fator importante é a redução do preço desses insumos para que a carne suína alcance um preço mais acessível para o consumidor final, de modo a contemplar as classes menos favorecidas (Gomes et al. 2007).

O principal foco da cadeia produtiva de alimentos de origem animal é o aumento da produtividade do suíno e diminuição dos custos de produção, pela melhoria dos índices zootécnicos e a eficiência das dietas com alimentos alternativos e tradicionais. Com isso, os nutrientes das dietas de suínos devem ser corretamente ajustados para evitar elevados níveis nas rações, que em excesso, são eliminados pelas excretas, podendo contaminar o solo e as fontes d'água do meio ambiente.

Várias pesquisas estão sendo realizadas a fim de encontrar fontes de alimentos alternativos para os suínos. As fontes de alimentos fibrosos incluem uma variedade de possibilidades de subprodutos e resíduos da agroindústria, assim como as forragens *in natura*, desidratadas e conservadas, ricas em fibra dietética (Gomes et al. 2007). O uso desses insumos dependerá de alguns fatores determinantes de sua viabilidade econômica e produtiva, como a qualidade da fibra dietética presente, disponibilidade do subproduto na região, aceitabilidade do alimento por parte do animal e sua digestibilidade e custo de aquisição.

A possibilidade de se utilizar ingredientes fibrosos, como fonte de energia na suinocultura, não é um conceito novo, pois, já vem sendo discutida por pesquisadores desde os anos 30. Porém, a pesquisa sobre o potencial da fibra dietética usada na produção de suínos necessita de uma quantificação e identificação por meio da medição das interações entre os efeitos fisiológicos associados com a digestibilidade, causados pelo variável conteúdo fibroso que exista entre as diversas matérias-primas. Assim, tais estudos são de grande importância, pois, podem diversificar a produção suinícola, que compete com a alimentação humana, principalmente pelas matérias-primas essenciais soja e milho.

Dentro desse contexto, a Macaúba (*Acrocomia aculeata*) torna-se uma opção viável, pois é uma palmeira que apresenta significativo potencial de produção devido ao elevado teor de óleo e capacidade de adaptação a densas populações (Gray, 2005), sendo que sua produtividade pode chegar a mais de quatro toneladas de óleo/ha (Plano..., 2006). No Brasil sua produção ocorre principalmente nas regiões nordeste, centro-oeste e sudeste, com ênfase em Minas Gerais e Goiás, devido ao uso do seu óleo para o biodiesel (Ciconini, 2012). Existem alguns estudos realizados com este alimento alternativo para bovinos, caprinos e ovinos. Porém, poucas pesquisas foram desenvolvidas acerca do uso dos subprodutos da macaúba em dietas para monogástricos, mais especificamente suínos.

Além de utilizar os subprodutos da extração do biodiesel para a alimentação animal, outra vantagem é a destinação dos resíduos provenientes da cadeia produtiva. Entretanto, o desenvolvimento de novas tecnologias para o seu processamento visando à redução de custos de produção e da poluição ambiental torna-se um grande desafio (Plano..., 2006).

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o valor nutritivo da torta da polpa da macaúba em diferentes níveis de inclusão para suínos em crescimento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Alimentos Alternativos Fibrosos

Para recomendar o uso de alimentos alternativos na alimentação animal alguns parâmetros devem ser analisados, como a disponibilidade do alimento no mercado e sua composição. Em termos de nutrientes, com valores encontrados em tabelas existentes ou realizando análises laboratoriais. Outro ponto importante a se considerar é a qualidade desse nutriente presente; observando os valores de energia e fibra digestíveis disponíveis que serão realmente absorvidos pelos animais. E por fim os

aspectos físicos dos ingredientes na formulação das dietas, atentando-se para a densidade, a umidade e o estado físico dos mesmos (Bellaver & Ludke 2004).

Atualmente, as indústrias de produção agroindustriais especializadas, que geram resíduos, têm como objetivo a relação harmoniosa entre a conservação ambiental, o desenvolvimento econômico da empresa e de um melhor ambiente de trabalho (Abreu, 2006). Assim, podem-se criar novas oportunidades para estabelecer parcerias entre a indústria e a agropecuária, destinando parte dos resíduos agroindustriais para a alimentação animal e melhorando a eficiência empresarial. Para isso pesquisadores, técnicos e produtores sempre estão à procura de alimentos alternativos, com alta qualidade nutricional e menor custo.

Podem-se utilizar como ingredientes alimentares alternativos para os suínos, os resíduos provenientes da cadeia produtiva do biodiesel, subprodutos da agroindústria assim como alimentos ricos em fibra dietética (Geron, 2007). Neste campo, destacam-se o bagaço da cana-de-açúcar, polpa de citrus, casca do grão de soja, resíduos de fecularias e de farinhas de mandioca, caroço de algodão, resíduo de cervejaria e resíduo de girassol (torta) (Geron, 2007). A Macaúba (*Acrocomia aculeata*) pode ser uma boa opção para introdução na dieta suína, devido a sua produtividade, que pode ultrapassar de 30 toneladas/ha, além de ser rústica e bem adaptada às condições do Cerrado é resistente à seca (Moreira & Sousa, 2009). Assim como a Macaúba, existem outros alimentos alternativos ricos em fibra que já vem sendo estudados para introdução na dieta dos suínos.

3.2. Caracterização dos Subprodutos da Macaúba (*Acrocomia aculeata*): (Torta da polpa da macaúba)

Pertencente à família das Palmeiras, a Macaúba (*Acrocomia aculeata*) é nativa da região tropical e ocorre em todo o Trópico Americano (Ciconini, 2012). É também conhecida por diversos nomes regionalizados como macaíba, macajuba, bocaiúva, chiclete-de-baiano, côsubbaboso (Moreira & Sousa, 2009).

Com ampla distribuição geográfica, ocorre em todo o continente americano. O *habitat* da *Acrocomia aculeata* é representado por áreas abertas e com alta incidência solar, sendo que esta palmeira se adapta a solos arenosos, baixas altitudes (100 a 1000 metros) e com baixas precipitações ao longo do ano, porém com estação chuvosa bem definida (Ciconini, 2012). Segundo o mesmo autor, no Brasil, é ponderada

como a palmeira de maior disseminação, com ocorrência de populações naturais da macaúba em quase todo território.

Os plantios comerciais da macaúba estão consolidados em alguns estados, como Minas Gerais (Moreira & Sousa, 2009). Os principais benefícios dos plantios comerciais são: o maior número de indivíduos por hectare e a padronização das linhas de cultivo, o que possibilitará um grande rendimento das operações silviculturais e da colheita dos cocos; a seleção preliminar de material genético para a formação de mudas, plantios que apresentem menor variabilidade na qualidade dos frutos que os maciços naturais (Miranda et al., 2001).

Pode-se realizar o cultivo da macaúba, que começará a produzir após cinco anos do plantio, tendo duas colheitas no ano, com média de 20% de óleo, podendo chegar a 30 ton/ha considerando um plantio com espaçamento de $6 \times 6 \text{m}^2$, mas pode-se plantar de forma adensada utilizando espaçamento de 3×4 (Moreira & Sousa, 2009). Nas Figuras 1 e 2 podem ser visualizadas a Macaúba e suas estruturas externas e internas e na Figura 3, a distribuição dos frutos na palmeira.



Figura 1. 1 Fruto da Macaúba com e sem o epicarpo, evidenciando o mesocarpo de coloração amarela (Nucci, 2007)



Figura 1. 2 Fruto da Macaúba partido ao meio, evidenciando as suas principais estruturas internas (Nucci, 2007)



Figura 1. 3 Palmeira da Macaúba, evidenciando como os frutos ficam dispostos (Moreira & Sousa, 2009)

As flores da macaúba são unissexuais e há a presença de ambos os sexos na mesma inflorescência. As flores femininas germinam na base da inflorescência e as masculinas no alto. Os frutos são esféricos ou suavemente achatados, com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. A formação do fruto acontece durante todo o ano e os frutos amadurecem, sobretudo, entre setembro e janeiro (Lorenzi et al., 2004). O fruto é constituído pelo epicarpo, parte externa, com volume médio de 17% do total do fruto, que se rompe espontaneamente quando maduro; mesocarpo, tecido organizado abaixo do epicarpo e sob o endocarpo, mais conhecido como polpa e com volume médio de 52% do total do fruto, é fibroso, mucilaginoso, rico em glicerídeos, de coloração amarela e é comestível; e pelo endocarpo com volume médio de 31% do total do fruto, é intensamente aderido à polpa, com parede rígida e a amêndoa oleaginosa (Nucci, 2007)

A região dos nós da macaúba é coberta de espinhos, pontiagudos com cerca de 10 cm de comprimento. Comumente, o estipe é revestido pelas bases dos pecíolos, que ficam aderidas a este por anos. As folhas verdes, orientadas em diversos planos dando um aspecto plumoso à copa, apresentando aproximadamente 130 folíolos de cada lado e espinhos na região central (Miranda et al., 2001 e Teixeira, 1996).

A *A. aculeata* em sua maioria é obtida de forma extrativista, embora já existam alguns trabalhos sendo desenvolvidos principalmente pelo Centro de Pesquisas Agropecuárias do Cerrado para o seu cultivo visando à produção de bicompostíveis. (Moreira & Sousa, 2009)

No Brasil, tem sido considerada como a palmeira de maior disseminação, com ocorrência de populações naturais em quase todo território, com as maiores concentrações localizadas em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo amplamente espalhada pelas áreas de Cerrado (Ciconini, 2012). A palmeira começa a produzir após cinco anos do plantio, tendo duas colheitas ao ano, podendo nascer espontaneamente em pastagens das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil (Miranda et al., 2001)

Para que cadeia produtiva da Macaúba possa se estabelecer e aproveitar todo o potencial que fornece, devem ser desenvolvidas tecnologias para o seu aproveitamento comercial bem como para o manejo sustentado dos maciços naturais, possibilitando o financiamento e o licenciamento de empreendimentos que desejem trabalhar com a espécie para produção de biodiesel (Faria, 2010).

Além da alta produtividade de óleo comparado aos de outras oleaginosas, a Macaúba tem o potencial de produzir pelo menos dois tipos de óleo, dois tipos de tortas (utilizadas para ração animal) e o carvão do endocarpo (Moreira & Sousa, 2009). Quanto ao potencial alimentício, detectaram-se precursores da vitamina A nos frutos maduros de Macaúba (Hiane et al., 2006 e Carneiro, 2009).

Como os frutos, as folhas podem constituir matéria-prima na obtenção de fibras destinadas à produção de linhas, cordas e redes; o tronco é utilizado no meio rural para calhas, moirões, ou ripas e caibros para a construção de casas e paióis. (Carneiro, 2009); o tegumento pode ser utilizado para fazer carvão, de alto poder calórico para uso em metalúrgicas, operações siderúrgicas, em função de sua composição química, (Carneiro, 2009); a polpa, adocicada e suavemente aromática, é muito apreciada pelas crianças sendo usada diretamente ou como farinha, sendo que a mesma só pode ser obtida dos frutos frescos (Lorenzi et al., 2004, Carneiro, 2009).

3.3. Caracterização da fibra dietética:

A fibra dietética é comumente definida como todas as estruturas da parede celular dos vegetais, polissacarídeos e lignina, que são resistentes à hidrólise feita pela ação das secreções digestivas dos animais monogástricos. A fibra dietética engloba carboidratos, pectinas; celulose; hemicelulose; compostos fenólicos, entre outros, conhecidos como polissacarídeos não amiláceos (PNAs), já que o amido é completamente digerido no trato digestivo dos monogástricos (Trowell et al., 1978). Assim usa-se o PNAs como sendo a parte fibrosa da dieta. Segundo Choct (1997) o termo PNAs significa uma gama de moléculas de polissacarídeos, excluindo os α -glucanos (amido).

Dependendo da solubilidade dos seus componentes, as PNAs são agrupadas em solúveis e insolúveis. As fibras solúveis possuem os seguintes constituintes, principalmente hemicelulose, pectinas e gomas, já as fibras insolúveis são compostas por lignina, celulosas e um pouco de hemicelulose (Tavernari et al., 2008). As propriedades antinutricionais das fibras estão relacionadas em sua maioria, com as fibras solúveis, pela sua capacidade de se ligarem a água elevando desse modo a viscosidade do fluído intestinal (Rosa & Uttpatel, 2007). Conseqüentemente, afetando na difusão dos nutrientes e das enzimas digestivas com interferência na sua interação com a mucosa do intestino.

A celulose é o principal componente da parede celular dos vegetais e para animais monogástricos apresenta baixa digestibilidade, podendo resultar na diminuição da digestibilidade de outros nutrientes presentes na dieta (Andrighetto, 2002). Outro PNA insolúvel, a lignina, encontrada nas palhas e cascas de cereais e gramíneas tropicais não é aproveitado nutricionalmente no trato digestivo dos animais não ruminantes, podendo reduzir a digestibilidade da matéria seca (Van Soest, 1970).

Segundo Bailey (1973), o termo fibra bruta (FB) está relacionado com partes variáveis dos PNAs e refere-se ao resíduo da parede celular dos vegetais após uma extração ácida e alcalina. A fibra detergente neutra (FDN) está relacionada à porção insolúvel de PNAs mais a lignina e a fibra detergente ácida (FDA) à porção insolúvel de PNAs, em sua maioria composta por celulose e lignina.

Os pesquisadores comumente utilizam a fibra bruta (FB) para avaliação da dieta para os suínos. O total de fibras da dieta e seus constituintes, a fibra solúvel e a fibra insolúvel são mais apropriadas para mensurar o total de PNAs para os

monogástricos por levarem em consideração os PNA's assim como as pectinas, b-glucanos, frutanos e outros açúcares solúveis (Johnston et al., 2003).

3.4. Uso da fibra dietética para suínos

O uso da fibra dietética, encontrada em forragens e outros tipos de volumosos, utilizada na produção de suínos é um conceito há muito tempo discutido a mais de 60 anos por Carrol. Porém, o seu uso comercial depende de vários aspectos para se tornar viável, como a identificação, quantificação e qualificação da fibra dietética, assim como uma prévia avaliação de como será a associação da fibra com os efeitos fisiológicos do animal seu desempenho e sua digestibilidade, uma vez que se trata de animais monogástricos e possuem limitações em seu trato digestivo em digerir alimentos fibrosos (Gomes, 1996). Assim segundo o mesmo autor, rações extremamente fibrosas podem diminuir a produtividade de suínos em crescimento.

Segundo Brouns et al. (1994) e Ramonet et al. (1999) apesar dos suínos serem animais não ruminantes, e possuírem a mesma capacidade de digerir a fração fibrosa do alimento com a mesma eficiência de um animal ruminante, a fibra dietética vem sendo utilizada como uma forma viável de energia para os monogástricos, em especial para suínos destinados ao abate, machos reprodutores, marrãs, assim como fêmeas em gestação. Foi destacado ainda que o uso de alimentos fibrosos, de baixo teor energético, tem como finalidade o bem estar animal, com o controle do ganho de peso adicional pelo aumento da deposição do tecido adiposo, assim como diminuir o estresse das fêmeas reprodutoras em restrição alimentar.

Observando o efeito de dietas com elevado teor de fibra em relação à utilização dos nutrientes e do comportamento das fêmeas adultas, Ramonet et al. (1999) mostram que fêmeas em gestação tem elevada capacidade de digestão de alimentos ricos em fibras em relação a suínos em crescimento. Isso se deve a maior capacidade de armazenamento do trato gastrointestinal, a adaptação gradativa da flora intestinal do animal, assim como a um maior número de bactérias celulolíticas presentes no intestino em comparação aos animais jovens.

3.5. Fermentação da fibra dietética no trato gastrointestinal dos suínos

As regiões do cólon e do ceco suínos apresentam elementos fundamentais para a proliferação bacteriana com a finalidade de fermentar a fibra, como, temperatura ótima, ambiente anaeróbio, pH adequado e nutrientes necessários para o bom desenvolvimento das bactérias (Berchielle et al., 2000). Com isso a fibra dietética deve ser degradada pela atividade dos microrganismos, e pela ação das celulases, hemicelulases, e enzimas em geral. Segundo Leser et al. (2002), 90% das bactérias presentes no cólon suíno são gram-positivas. De acordo com Varel (1987) e Noblet & Le Goff (2001), duas espécies de bactérias celulolíticas, *Bacteroides succinogenes* e *Ruminococcus flavefaciens*, que estão presentes também no rúmen bovino, são encontradas predominantemente no cólon e ceco dos suínos. Isso confirma parcialmente a elevada capacidade de degradação de fibras, em especial da celulose, no intestino grosso dos suínos, assim como está correlacionado também ao maior tamanho do trato gastrointestinal, principalmente do intestino grosso, que facilita o animal a utilizar a energia das rações fibrosas.

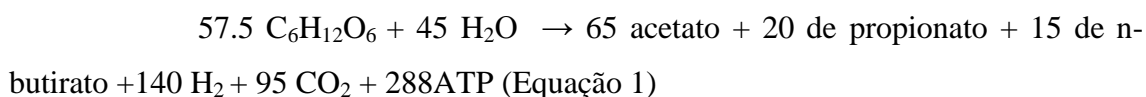
Para Gomes et al. (1994), a celulose, a pectina e a hemicelulose são dissociados a ácidos graxos de cadeia curta em decorrência da fase de fermentação no intestino grosso. Além disso, esses ácidos graxos contribuem entre 5 e 30% das exigências energéticas de manutenção do animal. Segundo Brunsgaard (1998), o elevado teor de ácidos graxos voláteis no intestino grosso, em razão da fermentação da fibra dietética da dieta no cólon e ceco, podem trazer benefícios para o suíno, como, aumentar o índice de renovação das células no epitélio, aumentar o fluxo de sangue do cólon, participar na multiplicação celular do epitélio do intestino, aumentando assim o muco que protege a parede do mesmo e também modificar a motilidade do intestino e estimular a vazão do muco intestinal.

As fibras solúveis, em sua maioria, tem a capacidade de fermentar, formarem gel e possuírem alta viscosidade, o que lhes conferem várias vantagens fisiológicas para o animal, como o retardamento do trânsito e do esvaziamento gástrico no intestino delgado, efeito suave na elevação da massa, volume e consistência das fezes, além da diminuição de diarreias pela reabsorção de água por causa das fibras, melhoria no incremento na mucosa do íleo e cólon, provimento energético a mucosa intestinal, diminuição do pH do cólon; acidificando-o e reduzindo a proliferação de bactérias patológicas (Roque et al., 2006).

Em contrapartida, o aumento da viscosidade da digesta no trato gastrointestinal reduz a relação da enzima com seu respectivo substrato pela redução da taxa de disseminação dos nutrientes no intestino, dificultando a absorção e ampliando a umidade nas fezes do animal. A elevação dos níveis de fibra na dieta do animal acarreta também a diminuição energética da dieta, ocasionando uma elevação compensatória no consumo da ração para que o animal chegue aos níveis de energia exigidos para desenvolvimento e produção adequados (Bedford, 1996).

Além disso, esse aumento da taxa de passagem da digesta pode acarretar em perda de minerais essenciais para o animal. Rações com muita hemicelulose aumentou significativamente a excreção de cobre, zinco e magnésio nas fezes, em decorrência da elevação na taxa de passagem do bolo alimentar pelo trato digestório, acarretando em perda considerável na mucosa e secreções na parede do intestino, que contem esses minerais (Torin, 1991).

A fibra alimentar é o principal coproduto para as bactérias presentes no intestino grosso realizar a fermentação bacteriana em animais monogástricos. Willians et al. (2001) descrevera a equação final dos principais produtos finais da fermentação da fibra bruta (FB) no intestino, envolvendo os ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e n-butirato) e os gases (CO₂, H₂, CH₄) (Equação 1). Outros metabólitos como etanol e o lactato podem ser formados dependendo do tipo de bactéria presente no meio (Drochener et al., 2004). Segue a seguir a equação proposta.



Apesar de ser a equação geral, a quantidade e proporção molar dos ácidos graxos de cadeia curta podem variar dependendo do tipo da fibra presente no alimento (Willians et al., 2001). A energia produzida no intestino, em decorrência da fermentação, vai depender da quantidade de carboidratos contidos na dieta utilizada. (Anguita et al., 2006). Pode-se observar pela equação que o acetato é o gás produzido em maior quantidade, seguido do propionato. O propionato é muito efetivo na glicogênese do substrato no fígado, já o ácido acético é transportado para o fígado, fazendo papel de substrato energético para o tecido muscular, em que estimula a lipogênese. Diferentemente do propionato e acetato, o butirato não passa diretamente para corrente sanguínea, mas é diretamente metabolizado nas células da mucosa

intestinal, os enterócitos (Breves et al., 2007). Com isso o butirato traz muitos benefícios para os suínos em relação ao bem-estar, já que o gás regula o crescimento das células epiteliais, induz a diferenciação e renovação celular no intestino, principalmente nos suínos mais jovens (Kien et al., 2007). Também aumenta a capacidade de absorção e digestão no intestino delgado (Claus et al., 2007), regula o crescimento epitelial e ao mesmo tempo suprime o crescimento de células cancerígenas (Piva et al., 2002). Assim, o butirato se torna a maior fonte de energia para células epiteliais, promovendo a saúde intestinal do suíno.

Segundo Noblet & Le Goff (2001), a lignina, sendo indigestível, influencia na digestibilidade dos outros componentes da dieta, assim há uma relação inversamente proporcional entre a concentração de lignina e a digestibilidade total da dieta. Segundo os mesmos autores, pectinas, frutanos e beta-glucanos e outros componentes da fibra solúvel aumentam a viscosidade da digesta.

Merece destaque também, o efeito inibitório da lignina, um polímero de álcool fenilpropano, sobre a digestibilidade de alguns constituintes da parede celular do trato gastrointestinal (Fukushima & Dehority, 2000). Com isso para os monogástricos, o uso da celulose pelos microrganismos do intestino é demasiadamente prejudicado pelo pouco tempo de permanência do bolo alimentar no intestino grosso, pois a fibra aumenta a taxa de passagem da digesta pelo trato (Johnston et al., 2003 e EHLE et al., 1982). Em decorrência disso, observa-se uma relação inversamente proporcional entre a fração da fibra presente na dieta e a digestibilidade da matéria seca (King & Taverner, 1975). Essa relação não se aplica para certos tipos de fibras como as encontradas na casca de soja, polpa de beterraba e farelo de trigo, devido à elevada capacidade de fermentação dessas fontes de fibra. Scipione e Martelli (2001) trabalharam com alimentos ricos em fibra, entre eles a polpa de beterraba e silagem de milho, na dieta de suínos em terminação, sendo observada redução ou eliminação de úlceras gástricas, doença típica de suínos alimentados com rações com baixos teores de fibras.

A fibra dietética, mesmo com essa contribuição energética, pode provocar efeitos deletérios sobre os coeficientes de digestibilidade dos principais componentes alimentares como também pode ocasionar alterações na taxa de absorção de nutrientes como a proteína, aminoácidos e minerais, e/ou na excreção de nitrogênio endógeno (Schulze et al., 1994). A parte insolúvel da parede mantém sua integridade estrutural enquanto o bolo alimentar passa pelo intestino delgado, pois é resistente ao ataque de microrganismos que atuam nele (Vandehoof, 1998). Assim, segundo o

mesmo autor, a capacidade de hidratação é mantida e pode agir como uma barreira física capaz de reduzir o ingresso das enzimas digestivas no interior das células, limitando a absorção e digestão dos nutrientes. Com isso, é relevante a escolha com muito critério não só do tipo e/ou qualidade, como também da quantidade adequada de fibra para cada categoria animal.

3.6. Divisão Energética e Proteica para Suínos

O conceito de energia útil do alimento para o animal é complexa, pois está interligada com todos os compostos presentes no alimento, que estão propícios à absorção e digestão no trato gastrointestinal dos suínos e contribuem energeticamente para o mesmo. Assim a energia útil não pode ser considerada um nutriente, mas uma equação resultante da oxidação dos componentes orgânicos durante o processo metabólico do animal (Noblet et al., 1993).

Para a formulação de rações que resultem em um desempenho satisfatório dos animais, o conhecimento do valor energético dos alimentos é fundamental, e a determinação do valor da energia dos alimentos, proveniente dos carboidratos; lipídeos e aminoácidos, é imprescindível para a utilização das tabelas de composição de alimentos e formulação de rações, objetivando otimizar o desempenho dos suínos e minimizar seu custo de produção (Sakomura & Rostagno, 2007). As informações sobre o valor nutricional dos alimentos e exigências nutricionais dos suínos podem ser consultadas em tabelas como o Nutrient requirements of swine - NRC (1998) e as Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011), dentre outras.

Essas tabelas apresentam a composição de alimentos para os suínos, com um vasto banco de dados, como informações sobre a Energia Bruta (EB), Energia Digestível (ED), Energia metabolizável (EM) e Energia Líquida de manutenção (ELm) (Rostagno et al., 2011).

Segundo Sakomura & Rostagno (2007), a EM é determinada pela diferença entre a ED e a EB perdida na urina e nos gases de fermentação, principalmente o metano. Porém, segundo os mesmos autores, a energia perdida com os gases nos suínos representa uma porcentagem mínima da ED ficando muito difícil de calculá-la, com isso pode-se desconsiderá-la na fórmula: $EM = ED - EU$ (Energia

Urinária), considerando apenas a perda da EU (Sauvant et al., 2004). O conteúdo de nutrientes da dieta dos suínos afeta o aproveitamento de ED e EM, pois a eficiência de regulação da energia para manutenção e crescimento é diretamente influenciada pelos nutrientes da composição da dieta do animal (Noblet, 2001), dentre outros fatores.

Para obtenção da ED (Energia Digestível), é necessário apenas a coleta das fezes, das sobras de ração e o controle do consumo de alimento, assim a ED possui uma grande semelhança com a EM (Energia Metabolizável) (Ferreira & Pereira, 2003). Os mesmos autores relataram que na avaliação nutricional dos alimentos presentes na dieta, baseando-se apenas na ED, leva a erros sistêmicos, principalmente em determinados agrupamentos de ingredientes. Com isso, os valores de ED de alimentos proteicos não levam em consideração as grandes perdas de energia para a síntese de ureia no fígado, ou do nitrogênio que é excretado na urina do suíno, quando esses alimentos com elevado índice de proteína são fornecidos para o animal (Villamide et al, 1998).

Nesse sentido, Ferreira & Pereira (2003) destacam que também podem ocorrer erros na avaliação de alimentos ricos em fibra digestível e a gorduras. Em relação à fibra digestível, não é calculada a perda energética em decorrência da fermentação que ocorre principalmente no cólon, liberando metano e calor, quando são utilizados alimentos com alto teor de fibras. O mesmo comportamento é observado com as gorduras, em que alimentos ricos em ácidos graxos, o valor da ED é subestimado, pois a gordura fica mais retida na parede do trato gastrointestinal em relação a outros nutrientes (Ferreira & Pereira, 2003).

Segundo Noblet & Le Goff (2001), na equação da divisão energética para os monogástricos, outras perdas energéticas consideráveis ocorrem com a urina, via compostos nitrogenados e pelos gases produzidos na fermentação, na qual apenas o CH₄ (metano) tem importância nutricional para dietas com altos índices de digestibilidade da fibra dietética. Com isso, o grande desconto para se determinar a energia metabolizável (EM) em suínos na equação $EM = ED - EU - \text{Energia dos gases (CH}_4\text{)}$, é o da Energia da Urina (EU), energia perdida para excretar compostos nitrogenados e nutrientes presentes na dieta do animal.

Na realidade determina-se a EMap (Energia Metabolizável Aparente), pois não leva-se em consideração as perdas pelo incremento Calórico, especificado na Figura 1.4, e a energia líquida de manutenção, especificado na Figura 1.5. Esses valores são difíceis de serem medidos, pois necessitam de equipamentos sofisticados e animais

fistulados, com isso usa-se comumente a EMap para se determinar a energia útil dos alimentos estudados.

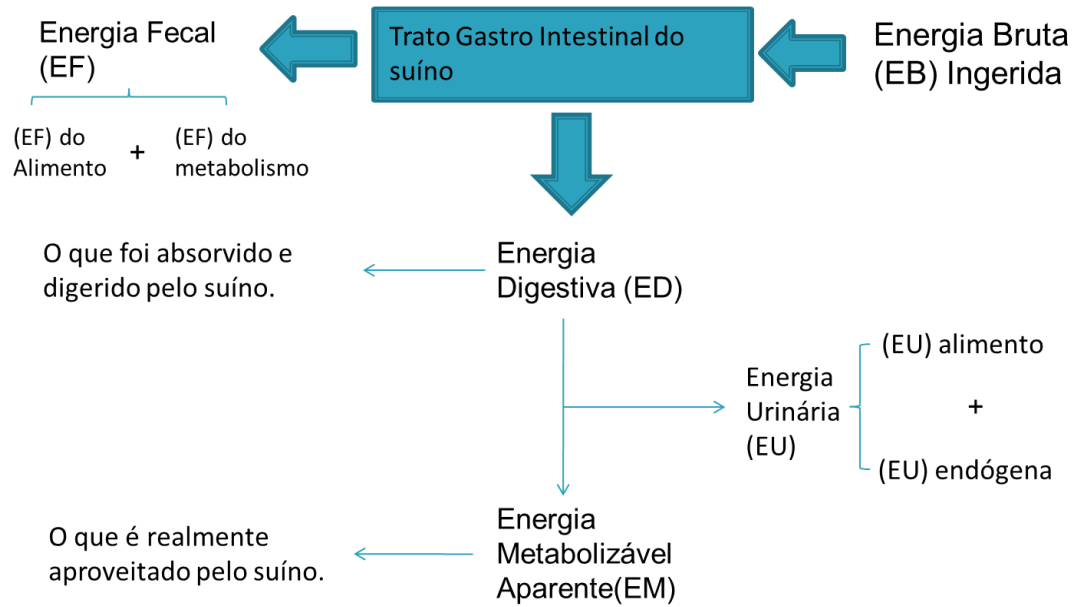


Figura 1. 4 Divisão Energética para os Suínos (Adaptado de Sakamura & Rostagno, 2007)

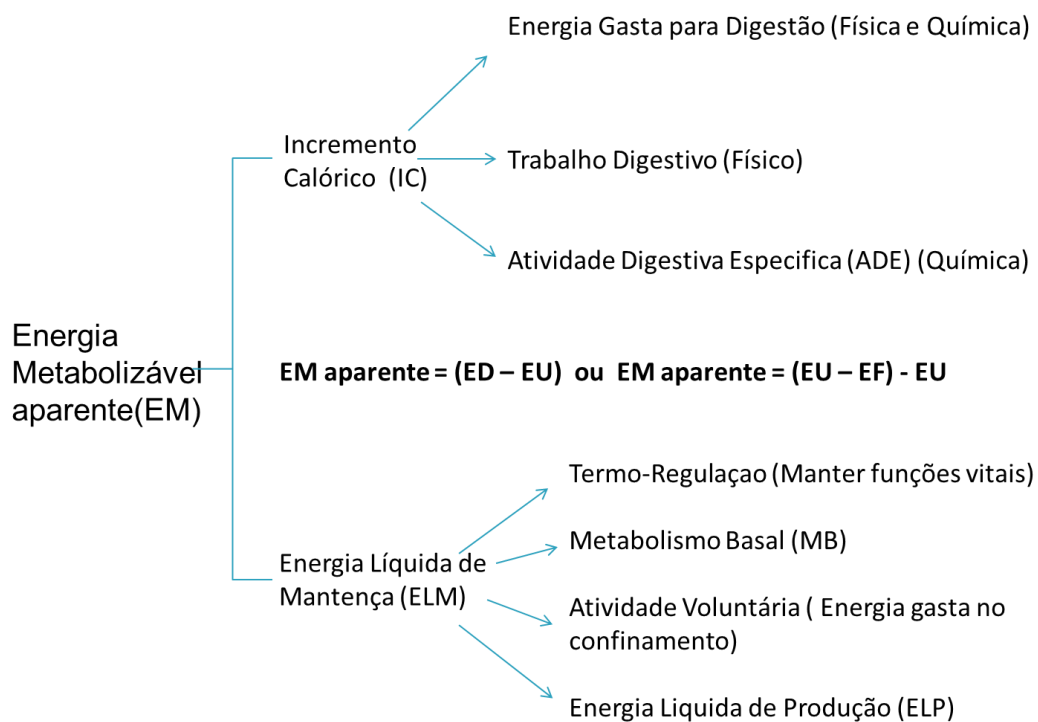


Figura 1. 5 Divisão da EMap para os Suínos (Adaptado de Sakamura & Rostagno, 2007)

As proteínas são macromoléculas compostas por várias combinações de aminoácidos, que significa que a diferença qualitativa entre uma e outra proteína é o aporte de aminoácidos presentes na molécula (Sakamura & Rostagno 2007). Assim dentre os aminoácidos essenciais, 10 são considerados dieteticamente essenciais para os monogástricos, estão entre os nutrientes que mais causam impacto no desenvolvimento do suíno.

Segundo Sakamura & Rostagno (2007), a formulação de rações baseado em aminoácidos digestíveis vem sendo utilizada pelos especialistas, devido à otimização de insumos de alto custo na ração e pela possibilidade de substituição total ou parcial do milho e soja por ingredientes alternativos, garantindo uma quantidade equivalente de aminoácidos digestíveis pela correção das deficiências com a suplementação de aminoácidos sintéticos.

Rostagno et al. (2011) observaram resultado positivo com base na formulações de rações, baseando-se no conceito de aminoácidos digestíveis, fornecendo para suínos e aves dietas formuladas com alimentos alternativos, como sorgo, farelo de arroz, farinha de vísceras e penas.

De acordo com o NRC (1998), quando a proteína fornecida na ração dos suínos é de baixa qualidade, ou provida em excesso para o animal, os aminoácidos não utilizados para síntese proteica serão catabolizados e utilizados como fonte energética, e o nitrogênio excretado com ureia. Com isso, o nitrogênio que é excretado na urina, junto com a deaminação da proteína digestível ingerida em excesso, que leva a redução da Energia Metabolizável.

A suinocultura é uma das principais fontes de poluição do setor agropecuário, pode poluir as águas e o solo por meio de descarga direta de esgotos, ou por infiltração, transbordamento de fossas ou ainda pela aplicação de dejetos por meio do uso de fertilizantes. Juntamente com a poluição, os odores, as condições precárias das instalações, a proliferação de insetos, roedores e os ruídos são desvantagens levantadas para este tipo de atividade (Dalavéquia, 2000). Nas regiões produtoras de suínos há uma clara sinalização de que os processos de gestão de dejetos, envolvendo fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pêlos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório com elevada

concentração de nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio, não têm sido eficientes para prevenir a degradação dos recursos naturais, principalmente da água (Konzen, 2001). O excesso de N dos dejetos no meio ambiente terá efeito danoso, pois deverá se transformar em nitrato e lixiviado para os lençóis freáticos. Segundo o mesmo autor, uma parte do N das fezes e urina é liberada na forma de amônia, que é uma substância muito prejudicial para saúde do animal e humana, por ser muito volátil. O N dos dejetos dos suínos é consequência da desaminação dos aminoácidos que não foram aproveitados na síntese de proteína, devido a perda ou excesso de aminoácidos na alimentação (Moreira et al., 2004).

Para atenuar a contaminação ambiental, existem sistemas de tratamento de dejetos que tem por objetivo diminuir a carga orgânica poluente produzida pela suinocultura intensiva. Existem diversos métodos de armazenamento de dejetos. Os métodos mais utilizados para o tratamento de dejetos suínos são as esterqueiras e lagoas de estabilização, além de processos de biodigestão e de utilização de serragem para a compostagem de dejetos.

No entanto, além desses métodos, uma das formas de redução da quantidade de N no meio ambiente é diminuir a quantidade de proteína das rações, suplementando o animal com aminoácidos sintéticos. Vários estudos comprovam que o fornecimento de ração com baixos níveis de PB é uma forma eficiente para redução da concentração de N nos dejetos (Oliveira et al., 2007). Em contrapartida, existem outros trabalhos em que a quantidade de proteína da dieta não influenciou significativamente a retenção de N (Otto et al., 2003).

Lazzeri et al. (2011) observaram que os maiores valores do o N fecal, para os suínos em crescimento com inclusões de farelo de soja, foram os que ingeriram os tratamentos com maior quantidade de proteína e com o maior nível de substituição do alimento teste, ou seja, com a ração mais fibrosa, evidenciando que a quantidade de fibra também influencia na excreção de N.

3.7. Considerações sobre o trato gastrointestinal dos suínos

O suíno é um animal monogástrico que possui o trato digestivo relativamente pequeno, com baixa capacidade de armazenamento, sendo composto por boca esôfago, estômago, intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), intestino grosso

(ceco, cólon e reto) e ânus Bipers (1999). A capacidade volumétrica (%) de armazenamento; do estômago, intestino delgado, ceco, (cólon e reto) do suíno é de 29,2; 33,5; 5,6; 31,7, respectivamente (Argenzio, 1998).

Segundo Meyer (2005), o tempo permanência do alimento nas diversas partes do trato gastrointestinal depende de vários fatores como, a particularidade de cada animal, a granulometria das partículas, a pureza do alimento e sua digestibilidade. Além desses fatores, existem outros como, teor de fibra na ração, temperatura do ambiente, os ingredientes presente na dieta, além da frequência de alimentação e do tipo de exercício que o animal executa.

O processo de ganho de massa do suíno é um mecanismo complexo, que envolve o controle de regulações de curtos (homeostase) e longos (homeoresis) ciclos (Sauvant, 1992). As regulações de curto ciclo envolvem o manejo alimentar, as instalações, sanidade entre outros. Já as homeoresis são essencialmente de ordem genética a qual, determina as potencialidades de produção desejáveis (Lovatto & Sauvant, 2003).

A maior parte da digestão e absorção dos nutrientes nos suínos ocorre no intestino delgado, que possui características anatômicas adequadas para esta finalidade, tais como o comprimento, as dobras, as vilosidades e as microvilosidades, que aumentam significativamente sua superfície de contato e sua eficiência (Bipers, 1999). Os produtos da digestão são absorvidos nas vilosidades do intestino delgado, onde existem capilares sanguíneos (via sanguínea) e capilares linfáticos (via linfática). Pela via linfática são absorvidos ácidos graxos de cadeia longa, vitaminas lipossolúveis e proteínas, e, pela via sanguínea, são absorvidos carboidratos na forma de monossacarídeos, aminoácidos, vitaminas hidrossolúveis, minerais e ácidos graxos de cadeia curta (Bipers, 1999).

3.8. Digestibilidade de nutrientes

O conteúdo digestível representa a parte do alimento que não é eliminada com as excreções, correspondendo, não em sua totalidade, na parte do alimento que fica aderida na parede do trato digestivo, ou seja, que realmente será aproveitado pelo animal. A digestibilidade do alimento tem influencia sobre o tempo de permanência do alimento nas diversas partes do trato gastrointestinal, assim como outros fatores como a

particularidade de cada animal, a granulometria das partículas, a pureza do alimento, teor de fibra na ração, temperatura do ambiente, os ingredientes presente na dieta, além da frequência de alimentação e do tipo de exercício que o animal executa (Meyer, 1995).

A digestibilidade aparente pode ser definida como a proporção do alimento ingerido, digerida e absorvida pela parede do trato gastrointestinal. Com isso, quanto maior a digestibilidade (absorção) de uma ração, maior a quantidade de nutrientes essenciais fornecidos para o animal para as fases de nascimento, crescimento, reprodução, trabalho e manutenção (Carvalho, 1992).

Na teoria, a determinação do total de proteínas e lipídeos ingeridos e excretados nas fezes do animal fornece o valor preciso da sua digestibilidade. Porém, em decorrências do que ocorre no trato gastrointestinal, como secreções endógenas e descamações celulares, apenas uma parte da proteína e/ou gordura encontrada nas fezes são provenientes do alimento ingerido pelo animal. Com isso considera-se a digestibilidade aparente, para fins de análise, desconsiderando-se essas perdas endógenas (Young et al., 1991).

Tem sido aceito mais os coeficientes de digestibilidade aparente por fornecerem valores mais próximos dos reais como base para a utilização de cada composto da dieta na alimentação animal (Fuller, 1991).

A escolha da metodologia correta para determinação da digestibilidade é de fundamental importância (Ítavo et al., 2002). Assim, *O Método in vivo*, é considerado um dos mais confiáveis, pois se baseia no estudo das quantidades ingeridas e excretadas das frações do alimento que se estuda, através da seguinte fórmula:

$$\text{Digestibilidade (nutriente)} = \frac{\text{Nutriente Ingerido} - \text{Nutriente Excretado}}{\text{Nutriente Ingerido}}$$

Entretanto, este método apresenta algumas desvantagens por necessitar de maior número de animais, controle mais rígido da quantidade de alimento ingerido e das gaiolas metabólicas e suas partes, que possam possibilitar a coleta de fezes e urina dos animais, assim como as sobras de alimentos para os cálculos posteriores (Titgemeyer, 1997).

3.9. Ensaios Metabólicos para se Determinar a Energia dos Alimentos

A noção do valor energético dos alimentos é muito importante do ponto de vista nutricional e econômico, para otimizar o desempenho dos animais com formulações corretas de rações. Existem vários métodos para se determinar a energia dos alimentos e um dos mais usados é o método de substituição, porque a maior parte dos alimentos estudados não é apresentada de maneira balanceada, assim quando manuseados de forma isolada, podem gerar erros quanto ao comportamento fisiológico (Sakamura & Rostagno, 2007).

Um dos fatores que podem afetar nas oscilações encontradas nos valores de digestibilidade dos alimentos estudados é o nível de substituição da ração basal (RB) pelo alimento-teste estudado (Nascimento et al., 2005). Os autores relatam que essa influência no valor da digestibilidade pode ser decorrente da interação da proporção utilizada do alimento testado com a Ração Basal.

Existem diversos métodos para determinação da digestibilidade dos alimentos introduzidos na dieta basal dos suínos, dentre os quais o método direto consiste em alimentar um grupo de animais do experimento com uma dieta referência e simultaneamente fornece a outro grupo, com as mesmas características desse, com pelo menos duas proporções do componente da dieta referência substituído pelo alimento teste estudado, formando assim três grupos de dietas, RB, Ração teste 1, Ração teste 2 (Adeola, 2000). O autor destacou que no caso em pauta, pode-se utilizar a equação de regressão da digestibilidade dos componentes que foram substituídos nos diferentes níveis de proporção e extrapolar para 100% de substituição, para poder estimar a digestibilidade do alimento teste usado na dieta. Mesmo assim, existe um risco de extrapolar para os níveis testados fora do intervalo da substituição gerando possíveis erros associados.

A amplitude do erro gerado dependerá da taxa de substituição, ocorrendo os maiores erros com menores níveis de substituição. Uma forma de evitar as interações que podem ocorrer entre os alimentos, ou quando se faz necessário utilizar baixos níveis de inclusão do alimento teste, seria usar muitos níveis de substituição da dieta referência e analisar os dados obtidos por equação de regressão simples ou múltipla para assim poder estimar os parâmetros energéticos desejados no experimento (Villamide et al., 1998).

O método de se utilizar níveis crescentes de substituição da ração basal pelo alimento teste no estudo de digestibilidade se baseia em usar um alimento novo a ser testado, misturado em proporções crescentes a uma dieta referência pré-estabelecida (Villamide, 1996).

3.10. Método de coleta total de fezes em suínos (Método tradicional)

O método total de coleta de fezes é um dos métodos mais usados para se determinar a digestibilidade de nutrientes, assim como os valores de energia digestível e metabolizável das rações ou ingredientes para aves, suínos e outros monogástricos (Sakomura & Rostagno, 2007).

O ensaio requer um período prévio de adaptação dos animais às rações e às instalações, o qual deve ser de 4 a 7 dias, enquanto o período de coleta das fezes e urina e controle dos consumos da ração devem ser de 4 a 5 dias. Além disso, os suínos devem ficar alojados em gaiolas metabólicas individuais para coleta das excretas (Sibbald & Pince, 1975 e Sakomura & Rostagno, 2007). Os mesmos autores observaram aumento do erro padrão das médias de energia metabolizável (EM), na qual representa realmente a energia ingerida que é disponível para os processos metabólicos, das rações com a redução de seis para um dia de coleta.

O método total de coleta de fezes segue o conceito de mensurar o total de alimento consumido e o total de excretas produzidas durante determinado período de tempo, no sentido de conhecer o comportamento dos nutrientes no trato intestinal, levando-se a determinação da digestibilidade aparente total (Loyd, 1978 e Sakomura & Rostagno, 2007). A precisão dos valores obtidos de (EM) depende da quantificação total do consumo do alimento e da totalidade de fezes e urina produzidas durante o período de coleta (Sakomura & Rostagno, 2007). Com isso, tem-se determinado vários critérios para estabelecer o início e o fim das coletas, como o mesmo horário para iniciar e terminar as coletas, observando que parte das excretas se encontram no trato digestivo no início são compensadas pelas perdas no final da coleta e utilizando-se um marcador fecal pela cor, como o Óxido Férnico (vermelho), ou o Óxido Crômico (verde escuro) nas rações no primeiro e no último dia de coleta para marcar o início e o final do período de coleta.

No entanto, o método total de coleta de fezes possui alguns pontos negativos como disponibilidade de uma boa estrutura de trabalho, técnicos qualificados, necessidade dos animais ficarem confinados em gaiolas metabólicas por um longo período, levando-os ao estresse e não podendo realizar o experimento com animal a pasto (Nascimento, 2001). Outros cuidados que se devem tomar ao se realizar a coleta total de fezes é evitar sua fermentação e sua contaminação, com a ração, descamação da pele e perda da excreta durante a coleta, para não interferir nos valores da energia digestível (ED) e a energia metabolizável (EM) determinados (Sakomura & Rostago, 2007). Para se contornar tais dificuldades, tem-se empregado indicadores que permitem a estimativa de produção fecal a partir de alíquotas de fezes. Contrariando o método de coleta total das fezes tem sido proposto o método indireto, por meio do uso de marcadores nutricionais, que é fundamentado no emprego de uma substância indicadora, que ao ser ingerido, não deve ser absorvida pelo animal e deve ser totalmente recuperada nas fezes (Silva et al., 1968).

CAPÍTULO 2

1. RESUMO

VALOR NUTRITIVO DA TORTA DA POLPA DE MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*) PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO

Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), da fibra (CDFDN), a energia Digestível (ED) e a energia Metabolizável (EM) da torta da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata*). Também foi avaliado a digestibilidade da MS, PB, FDN, a ED e a EM dos tratamentos T1(0%), T2(10%) e T3(20%) além do balanço de nitrogênio (BN) para suínos em crescimento, por meio de dois ensaios metabólicos de coleta total de fezes e urina. Foram utilizados 24 leitões machos castrados, de linhagem comercial, com peso inicial de aproximadamente 28 kg. Os ensaios foram realizados em delineamento experimental de blocos casualizado com três tratamentos com quatro animais por tratamento/bloco, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos foram: T1 - Dieta Referência (DR); T2 - Dieta Teste 1 (90% de DR+10% de torta da polpa de macaúba) e T3 - Dieta Teste 2 (80% de DR+20% de torta polpa de macaúba). As dietas foram fornecidas às 8h00 e às 16h00. A DMS, DPB e DFDN para a torta da macaúba foram de 16,5%, -2,25% e 30,80%, para a inclusão de 20% na dieta, não apresentando diferença significativa para os valores de inclusão de 10% na dieta. A ED para a torta da polpa da macaúba nos tratamentos T2(10%) e T3(20%) foram de, respectivamente, 2888,3 e 2900,6 (Kcal/Kg), já a EM para os mesmos tratamentos foram de, respectivamente, 2690,0 e 2680,5 (Kcal/Kg), não apresentando diferença significativa. A digestibilidade da MS nos tratamentos T2 e T3 foram, respectivamente, 79,1% e 72,0%, enquanto a digestibilidade da PB nos tratamentos T2 e T3 foram 77,9% e 71,2%, já a digestibilidade da FDN para os tratamentos T2 e T3 foram de 64,3% e 55,7%, respectivamente, apresentando diferença significativa. Em relação ao balanço de nitrogênio (BN), houve diferença significativa apenas no Nitrogênio Fecal (NF), mostrando que a fibra aumentou a excreção do nitrogênio endógeno do suíno. Dessa forma, o nível de inclusão da torta da polpa da macaúba na dieta interferiu nas digestibilidades da MS, PB e FDN. Esse coproduto da

macaúba pode ser utilizado como ingrediente teste na dieta para suínos em crescimento, porém a porcentagem de inclusão deve ser considerada na ração referência.

Palavras-chave: alimento alternativo, ensaio de digestibilidade, resíduo do biodiesel

2. ABSTRACT

NUTRITIONAL VALUE OF MACAÚBA MEAL (*ACROCOMIA ACULEATA*) FOR GROWING PIGS.

Dry matter (DMD), crude protein (CPD) and Fiber (FD) digestibility and Digestible energy (DE), metabolizable energy (ME) of macauba meal (*Acrocomia aculeata*) were evaluated for growing pigs. Dry matter (DMD), crude protein (CPD), Fiber (FD) digestibility and (DE), (ME) of treatments T1 (0%), T2 (10%) and T3 (20%) plus nitrogen balance (NB) for growing pigs, through two metabolic assays collection Total feces and urine. We used 24 castrated male of commercial line, with an initial weight of approximately 28 kg. The experimental tests were conducted in a complete block randomized design with three treatments with four animals per treatment/block, totaling 24 experimental units. The treatments were: T1 - Reference Diet (RD), T2 - Test Diet 1 (90% RD+10% macauba meal) and T3 - Test Diet 2 (80% RD+20% macauba meal). The DMD, CPD and FD for macauba meal were 16.5%, -2.25% and 30.80%, for the inclusion of 20% in the diet, with no significant difference in the values of inclusion of 10% in the diet. A (DE) for macauba meal in the T2 (10%) and T3 (20%) were, respectively, 2888.3 and 2900.6 (Kcal / Kg), since the (ME) for the same treatments were, respectively, 2690.0 and 2680.5 (Kcal / kg), with no significant difference. Dry matter (DM) digestibility in the T2 and T3 were, respectively, 79.1% and 72.0%, while the crude protein (CP) digestibility in the T2 and T3 were 77.9% and 71.2%) and Fiber digestibility for T2 and T3 were 64.3% and 55.7%, respectively, showing significant difference ($P<0,05$). In relation to nitrogen balance (NB), there was a significant difference ($P<0,05$) in Fecal Nitrogen (FN), showing that the fiber increased excretion of endogenous nitrogen for pig. Thus, the level of inclusion macauba meal in the diet interfered with the digestibility of DM, CP and FD. This co-product of macauba can be used as an ingredient in test diet for growing pigs, but the percentage of inclusion should be considered in the reference ration.

Keywords: alternative ingredient, biodiesel by-product, digestibility trial

3. INTRODUÇÃO

Os óleos vegetais tornaram-se atrativos, devido aos efeitos ambientais benéficos e fonte de matéria prima renovável (Ciconini, 2012). Existe previsão de crescimento exponencial do mercado de biocombustíveis derivados de óleos vegetais, podendo superar o do álcool devido a sua elevada densidade energética (Peres et al., 2005).

Segundo Gozzoni (2006), neste cenário, a macaúba constitui-se importante alternativa para a produção de biocombustíveis nos próximos anos é a Macaúba (*Acrocomia aculeata*), devido a sua produtividade, que pode ultrapassar de 30 toneladas/ha, além de ser rústica, bem adaptada às condições do Cerrado e necessitar de pouca água.

Além da produção de biocombustíveis, o óleo da Macaúba é utilizado para a culinária e pela indústria de cosméticos (Carneiro, 2009), devido às características reológicas e ao perfil de ácidos graxos. Os subprodutos gerados pela fabricação do biodiesel, em particular a torta da polpa da macaúba, podem ser utilizados na alimentação animal, apresentando boa aceitabilidade

A possibilidade de se utilizar ingredientes fibrosos, como fonte de energia na suinocultura, não é um conceito novo, pois, já vem sendo discutida por pesquisadores desde os anos 30. Porém, a avaliação do potencial da fibra dietética na produção de suínos torna-se relevante à medida que pode disponibilizar conhecimento sobre os efeitos fisiológicos associados com a digestibilidade de nutrientes, causados pelo variável conteúdo fibroso que exista de diversas matérias-primas, com a possibilidade de uso nas dietas de suínos. Assim, tais estudos são de grande importância, pois, podem diversificar a produção suinícola, que compete com a alimentação humana, principalmente pelas matérias-primas essenciais soja e milho.

A destinação dos resíduos provenientes da cadeia produtiva do biodiesel, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias para o seu tratamento, é um grande desafio e visa a redução de custos de produção e da poluição ambiental (Plano..., 2006).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o valor nutritivo da torta da polpa da macaúba em diferentes níveis de inclusão para suínos em crescimento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de digestibilidade foram realizados entre os dias 20 de maio de 2011 ao o dia 03 de junho de 2011 e entre os dias 24 de janeiro de 2012 ao dia 14 de fevereiro de 2012 na Fazenda Água Limpa (UnB), localizada no Distrito Federal a 15° 47' de latitude sul e 47° 56' de longitude oeste, no Laboratório de Ensaio metabólicos (LABEM).

Foram realizados dois ensaios metabólicos para avaliação nutricional da torta da polpa de Macaúba com leitões na fase de crescimento com aproximadamente 28 kg, machos castrados, mestiços e de elevado padrão para deposição de carne magra. Os ensaios foram realizados em um delineamento experimental em blocos casualizado em dois blocos com três tratamentos com quatro animais por tratamento/bloco, totalizando 24 unidades experimentais. A ração-referência (RR) (T1) sendo constituída a base de milho e farelo de soja, atendendo as exigências nutricionais dos animais (NRC, 1998) e composição de ingredientes segundo Rostagno et al. (2005). As rações-teste (RT) foram constituídas por 90% de ração referência e 10% da torta da polpa da macaúba (T2) e 80% de ração referência 20% da torta da polpa da macaúba (T3).

Na tabela 2.1 está apresentada a Composição calculada e centesimal da ração referência fornecida para os suínos em crescimento.

Foram realizados ensaios de metabolismo para determinação dos valores do Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), da Fibra detergente neutra (CDFDN) a energia digestível (ED) e a energia metabolizável (EM), da torta da polpa de Macaúba, assim como o digestibilidade da MS, PB, FDN e a (ED) e (EM) dos tratamentos T1 (0%), T2(10%) e T3(20%). O balanço de nitrogênio (BN) total do experimento também for determinado. Cada animal foi alojado individualmente em gaiolas tipo “Pekas” (Pekas, 1968) que permitiram a coleta total (Método tradicional) de fezes e urina separadamente (Figuras 2.1 e 2.2).

Tabela 2. 1 Composição calculada e centesimal da dieta referência fornecida para os suínos em crescimento

Composição centesimal	(%)
Milho	67,89
Farelo Soja	28,79
Fosfato Bicálcio	01,07
Calcário	00,65
Cloreto de sódio	00,36
Lisina	00,29
Metionina	00,07
Suplemento mineral e vitamínico*	00,88
Composição calculada	(%)
PB	21
Lisina	1,310
Met+Cis	0,780
EM (kcal/kg)	3630
FDN	12
Ca	0,710
Ptotal	0,590
Pdisponível	0,380
K	0,530
Na	0,200
Cl	0,190

*Níveis de garantia por kg de produto: Ca 200gr, N 65gr, Cu 5,87 gr, I 46 mg, P 68 gr, Co 5,8 mg, Fe 2,23 gr, Mg 1,303 mg, Zn 3,9 gr, Se 13 mg, Vit B12 1100 mg, Biotina 1,67 mg, Ác. Fólico 2,66 mg, B6 66,67 mg, Vit D3 100.000 UI, Vit B1 66,66 mg, Vit A 266.000, Vit B2 200 mg, Vit K3 266,67 mg, Ác.Pantotenico 700 mg, Colina 12 gr, Niacina 1,3gr, Vit E 1 gr, BHT 2,0 gr



Figura 2. 1 Gaiola Metabólica utilizada no experimento, evidenciando a parte da frente de coleta das sobras de ração, o comedouro, e os baldes de coleta de urina.



Figura 2. 2 Gaiola Metabólica utilizada no experimento, evidenciando a parte da de trás com as gavetas de alumínio para coleta de fezes.

Segundo Sakomura & Rostagno (2007), o método total de coleta de fezes é um dos métodos mais usados para se determinar a digestibilidade de nutrientes, assim como os valores de energia digestível e metabolizável das rações ou ingredientes para aves, suínos e outros monogástricos.

Cada ensaio experimental teve duração de 15 dias, sendo os 10 primeiros, destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais e os cinco últimos dias para a coleta de fezes e urina. Os animais permaneceram em gaiolas metabólicas individuais alojadas em galpão de alvenaria com livre circulação de ar.

O fornecimento de ração na fase de adaptação foi ajustado diariamente de acordo com o ganho de peso esperado e na fase de coleta foi ajustado com base no peso obtido no primeiro dia de coleta e mantido constante até o final do período. A ração fornecida aos animais foi umedecida com água na proporção de 1:1 (água:ração).

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia as 8 e às 16 horas, com a seguinte proporção de 55% da dieta fornecida pela manhã e 45% a tarde. Após cada refeição foi fornecida água *ad libitum* no comedouro para cada unidade experimental.

As fezes totais foram colhidas e armazenadas uma vez ao dia (8 horas) em sacos plásticos e congelada à -18°C para posterior análise. A urina foi recolhida duas vezes ao dia em um recipiente plástico, contendo 10 ml de solução de ácido clorídrico 1:1 (vol:vol), para evitar fermentação e perda de compostos nitrogenados. O volume de urina de cada animal foi determinado diariamente, após o fornecimento da dieta matinal. Uma alíquota de 5% da produção urinária diária de cada animal foi recolhida e congelada para análises posteriores. Ao final do período de coletas, foi composto um *pool* das fezes e outro de urina para cada unidade experimental.

A composição química da torta da polpa da Macaúba, das dietas, das fezes e da urina foram analisadas no Laboratório de Nutrição Animal da FAV/UnB, e no Laboratório da Embrapa Agroenergia de acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (1997). As amostras foram analisadas quanto aos valores de energia bruta em bomba calorimétrica (LECO AC 600), Figura 2.3 e (IKA WORKS C-2000), Figura 2.4, e os teores de matéria seca total em estufa a 65° e 105° de acordo com (AOAC, 1980).

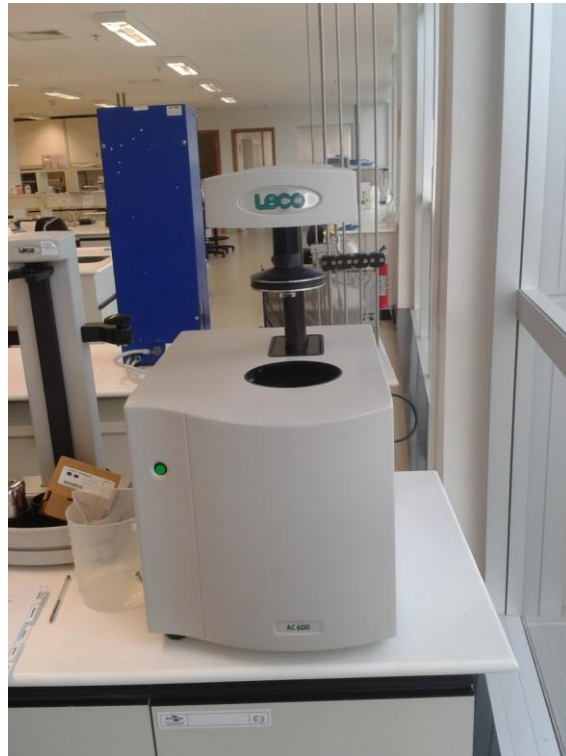


Figura 2. 3 Bomba Calorimétrica LECO AC-600 utilizada na análise da energia bruta das rações, sobras de alimento e fezes.



Figura 2. 4 Bomba calorimétrica automática C-2000, marca IKA WORKS, usada para análise de energia da urina.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, as temperaturas de máxima e mínima variaram entre $27,5 \pm 3,5$ e $21,2 \pm 2,0$. Como a faixa de termoneutralidade para suínos em crescimento é de 18 a 26 °C (Perdomo et., al 1994), assim de acordo com a variação de temperatura no experimento, os suínos foram submetidos a um período de estresse cíclico de calor.

A composição química da torta da polpa da macaúba, utilizada nos tratamentos T2 (10%) e T3 (20%) no presente experimento pode ser vista na Tabela 2.2, assim como os aminoácidos totais presentes (AAT). Trata-se de alimento pouco conhecido na nutrição e alimentação de animais monogástricos, pois tem se tornado disponível somente recentemente em algumas regiões onde o coco da macaúba é coletado, devido ao programa de produção de biodiesel e de produção de óleos finos para fabricação de cosméticos.

Os valores de matéria seca digestível, coeficiente de digestibilidade da proteína bruta, energia digestível e energia metabolizável das dietas referencias, das dietas testes e da torta da polpa da macaúba, foram calculados a partir dos dados de consumo e dados de produção fecal estimados pelo método da coleta total de fezes e determinados de acordo com as fórmulas propostas por Matterson et al. (1965).

Os valores para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) da torta da polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata*) encontram-se na Tabela 2.2. Observa-se elevado valor de FDN, FDA e EE, baixo valor para PB, evidenciando tratar-se de alimento fibroso e energético, que não possui em sua composição química amido como fonte de carboidrato. A macaúba está amplamente distribuída em quase todo o território Brasil, sendo abundante no Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (Lorenzi et al., 2004) e oeste do Estado de São Paulo-SP e na região do cerrado. Assim, em consequência de sua grande dispersão no território nacional, diferentes origens e tipos de extração, a polpa da macaúba pode variar quanto ao seu valor nutricional, composição química e consequentemente, aceitabilidade por parte do animal.

Tabela 2. 2 Composição química da torta da polpa da macaúba utilizada no experimento e aminoácidos totais (AAT) presente

Parâmetro	% na MS
Matéria seca (MS)	95,49
Proteína bruta (PB)	5,57
Extrato etéreo (EE)	6,58
Matéria mineral (MM)	3,53
Cálcio (Ca)	0,20
Fósforo (P)	0,15
Fibra em detergente neutro (FDN)	63,19
Fibra em detergente ácido (FDA)	51,26
Aminoácido essencial total	(%) na MN
Arginina	0,16
Fenilalanina	0,22
Histidina	0,12
Isoleucina	0,18
Leucina	0,33
Lisina	0,05
Metionina	0,03
Cistina	0,02
Treonina	0,18
Triptofano	0,20
Valina	0,23
Aminoácido não essencial total	
Alanina	0,25
Ácido aspártico	0,50
Ácido glutâmico	0,55
Glicina	0,24
Serina	0,28
Tirosina	0,11
Total de AA	3,64

A polpa de macaúba apresentou teor de PB e EE maiores que os observados por Ocanha & Ferrari (2011), que trabalharam com a extração do óleo da macaúba para o biodiesel, obtendo o coproduto torta da polpa da macaúba, com valores de PB de 2,7% e de EE de 10,0%. Os resultados para a Matéria Mineral de 3,6% foram semelhantes ao do presente estudo. Essa variação pode ser considerada normal, pois trata-se de um alimento de diferentes origens, condição de cultivo, clima, e forma de prensagem para extração do óleo (Hiane et al., 2006). Desta forma, maiores variações podem acontecer no valor de energia e na composição química dos ingredientes, principalmente nos subprodutos, dependendo do processamento empregado, e da padronização que é utilizada para sua obtenção (Tucci et al., 2003).

Uma das formas para a extração do óleo da macaúba é por prensagem contínua da polpa, que deve ser seca e adicionada à mistura casca (epicarpo) na polpa seca objetivando o melhor funcionamento da prensa (Ocanha & Ferrari 2011). Os autores destacaram a elevada quantidade de óleo presente na polpa, como fator que dificulta a retirada do óleo por prensagem necessitando a colocação de um material que proporcione o aumento do atrito, atingindo um rendimento da prensagem contínua da mistura seca de polpa e casca de 19,77% de óleo, 78,30% de torta da polpa da macaúba e 1,93% de perdas no processo. A proporção de rendimento de polpa da macaúba em relação à amêndoa da macaúba é aproximadamente três vezes maior, tornando-se assim o coproduto gerado em maior quantidade do fruto da macaúba e com maior condição de uso na agroindústria (Ocanha & Ferrari 2011). Diante do exposto observa-se que a polpa da macaúba torna-se um alimento viável para utilização na ração de monogástricos.

Comparando-se com outro alimento fibroso que pode ser utilizado para suínos em crescimento, a farinha amilácea fina de babaçu (FAF), estudado por Reis (2009), observa-se uma maior concentração de PB da polpa da macaúba em relação aos dados de FAF, PB (3,5 %), de MS (84,0%), de FDN (55,4%), FDA (19,8) e de EE (1,87%), mostrando que a polpa da macaúba é um ingrediente mais energético.

Já em relação à polpa cítrica, outro subproduto pesquisado por Amorim (2009) para suínos em crescimento, nota-se uma maior concentração da polpa cítrica em relação à polpa da Macaúba em termos de PB (6,86%), de MM (7,36%), Ca (1,42%) e P (0,40%) e menor em relação a MS (90,85%).

Os dados das amostras da torta da polpa da macaúba, realizadas em diferentes condições, evidenciam a necessidade de uma maior padronização do material

e um elevado padrão de qualidade entre as amostras, a fim de se obter um subproduto mais homogêneo com menores erros entre as análises.

Na Tabela 2.3 são apresentados os resultados médios da energia digestível (ED), da energia metabolizável (EM) do coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), do coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) e do coeficiente de digestibilidade da fibra (CDFDN) da torta da polpa da macaúba.

Tabela 2. 3 Valores nutritivos da torta da polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata*) para suínos em crescimento

Macaúba (%)	ED (kcal/Kg)	EM (kcal/Kg)	CDMS (%)	CDPB (%)	CDFDN (%)
10	2888,3	2690,0	17,6	-4,67	34,12
20	2900,6	2680,5	16,5	-2,25	30,80
Valor de P	0,99	0,99	0,84	0,30	0,58
EPM	1281,31	1492,74	10,12	4,52	11,80

(P<0,05), ED = Energia Digestível, EM = Energia Metabolizável, CDMS = Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Seca, CDPB = Coeficiente de Digestibilidade de Proteína Bruta, CDFibra = Coeficiente de Digestibilidade da Fibra.

Embora seja um alimento fibroso, a energia bruta da polpa da macaúba é de 5.015,12 Kcal/Kg, maior que a maioria dos seguintes alimentos estudados: o farelo de arroz (4.335 kcal/kg); farelo de girassol (4.289 Kg/Kcal); farelo de trigo (3.914 kcal/kg); casca de soja (3.900 kcal/kg); farelo de babaçu (4.207kgcal/kg); polpa de citrus (3.701 kcal/kg); farelo de coco (3.979kgcal/kg); farelo de canola (4.203 kcal/kg); milho (7,88%) (3.940 kcal/kg); farelo de glúten de milho (60%) (5.010 Kg/kcal) (Rostagno et al., 2011). Observa-se pela Tabela 2.2 que, apesar do seu alto valor energético de EB, a ED e EM da polpa da macaúba na inclusão de 10 e 20% na dieta, apresenta uma perda da EB ingerida pelo suíno de aproximadamente 51%, evidenciando que mais da metade da EB ingerida não foi aproveitada pelo animal, mostrando que a presença de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) no alimento reduz o valor energético dos mesmos (Choct, 2000).

Mesmo assim, a EM (2.680,5 Kcal/Kg) da polpa da macaúba para a inclusão de 20% na dieta, foi maior do que para outros alimentos fibrosos anteriormente estudados, como a farinha amilácea fina de babaçu, EM (2.341,0 Kcal/Kg) (Reis, 2009),

farelo de girassol EM (1.955,0 Kcal/Kg), farelo de mamona (2.084,0 Kcal/Kg) e soja casca (2.207,0 Kcal/Kg) (Rostagno et al., 2011).

Os coeficientes de digestibilidade da MS (17,6%) para inclusão de 10% do ingrediente teste na RR, e (16,5%) para inclusão de 20% na RR, são considerados baixos (Tabela 3). O mesmo comportamento foi observado para o coeficiente de digestibilidade da fibra, de (34,12%) para a inclusão de 10% na RR e de (30,80%) para a inclusão de 20% da polpa da macaúba na RR. Normalmente, essa redução da digestibilidade dos nutrientes acontece quando é fornecida ao animal uma dieta com alto teor de fibras, pois eleva a viscosidade da digesta no trato gastrointestinal, diminuindo assim a relação da enzima com seu respectivo substrato pela redução da taxa de disseminação dos nutrientes no intestino, dificultando a absorção e ampliando a umidade nas fezes do animal (Bedford, 1996).

Mourinho (2006), que pesquisa com casca de soja (CS), verificou uma piora na digestibilidade dos nutrientes, devido ao aumento da viscosidade intestinal pelo uso da CS, como consequência houve redução na digestibilidade dos nutrientes, por diminuir o tempo de permanência do alimento no intestino. Além disso, a elevação da taxa de passagem e o maior gasto de energia para digerir esses nutrientes, são outros fatores que diminuem a digestibilidade de alimentos fibrosos (Torin, 1991).

A menor digestibilidade da matéria seca (MS) em rações contendo incremento de FDN pode ser resultante da substituição de uma fonte de carboidrato altamente digestível por outra de menor digestibilidade, rica em polissacarídeos fibrosos (Gomes et al., 2007).

Resultados semelhantes com os valores da torta da polpa da macaúba ED (2.900,6 kcal/kg) e EM (2.680,05 kcal/kg) para uma substituição de 20% na ração referência (RR), foram encontrados por Quadros et al. (2007), quando trabalharam com vários subprodutos casca de soja (CS) para suínos na fase de crescimento. Para a casca de soja integral não ensilada (CSINE) teve como resposta para CDMS 73,82 % e 2.730 Kcal/kg de ED e 2.507 kcal/kg de EM. De acordo com os dados, a casca da soja apresenta baixa digestibilidade que pode ser explicada devido aos elevados teores de FDN 56,47%, FDA 42,09 %, presentes na (CS), que pode ser usado de parâmetro para polpa da macaúba que também apresenta altos níveis de FDN (63,19%) e FDA (51,26%) e baixa digestibilidade.

A polpa da macaúba apresentou melhores resultados para os valores de ED (2.888,3 kcal/kg) e EM (2.690,0 kcal/kg) para uma inclusão de 10% do ingrediente

teste na RR e de ED (2.900,6 kcal/kg) e EM (2.680,05 kcal/kg), para uma inclusão de 20% na RR, em comparação com o farelo de girassol (FG), ED (2.171 kcal/kg) e EM (2.036 kcal/kg), fornecidos na dieta de suínos na fase de crescimento, com inclusão na RR de 7, 14 e 21% do alimento teste. O farelo apresentou o CDMS 56.57 % e alta quantidade de FB (31,6 %), (Silva et al.,2002), tendo reflexo com a queda da digestibilidade da energia e dos nutrientes, assim como observado na polpa da macaúba do presente estudo, em que a elevada quantidade de FND (63,19%) e FDA (51,26%) diminuiu a digestibilidade da energia da dieta.

Além do elevado teor de FB, FDN e FDA diminuir a absorção de energia, dos nutrientes e digestibilidade da MS, durante o processo digestivo, Araújo (2007) observou que para o farelo de trigo, outros fatores influenciam negativamente na digestibilidade, como fatores antinutricionais, PNA's, inibidores de tripsina e pentosana.

Em relação a ED da polpa da macaúba em estudo, que foi de (2.900,6) Kcal/Kg para uma inclusão de 20% na RR, o resultado foi superior ao encontrado na casca de café melosa (CM), que é extraída no beneficiamento do fruto do café (Poveda Parra et al., 2008), em ensaio de digestibilidade com suínos em crescimento, cujo o valor de ED para a (CM) foi de 2498 Kcal/Kg.

Já para os resíduo desidratado de cervejaria (RDC) para suínos em crescimento, os valores da (ED) e (EM) são de 3.371 e 3.364 kcal/kg, respectivamente, e o CDMS de 53,72% para uma substituição de 30% do ingrediente teste na RR (Albuquerque et al. 2011), evidenciando melhores resultados de ED, EM, CDMS em relação a torta da polpa da macaúba deste estudo.

Segundo Brouns et al. (1994) e Ramonet et al. (1999) apesar dos suínos serem animais monogástricos, e não possuírem a mesma capacidade de digerir a fração fibrosa do alimento com a mesma eficiência de um animal ruminante, a fibra dietética vem sendo utilizada como uma fonte viável de energia para os monogástricos. A fibra dietética pode contribuir entre 5 e 30% das exigências energéticas de manutenção do suíno (Gomes et al.,1994).

Assim, o uso de alimentos fibrosos tem sido recomendado com a finalidade de melhorar o bem estar animal, elevando o teor de ácidos graxos voláteis no intestino grosso, em razão da fermentação da fibra dietética da dieta no cólon e ceco, trazendo benefícios para o suíno, como, aumento do índice de renovação das células no epitélio, aumento do fluxo de sangue do cólon, participação na multiplicação celular do epitélio do intestino, aumentando assim o muco que protege a parede do mesmo, e por

modificar a motilidade do intestino e estimular a vazão do muco intestinal (Brunsgaard, 1998).

O uso de alimentos fibrosos tem como finalidade o bem estar animal, com o controle do ganho de peso adicional pelo aumento da deposição do tecido adiposo, assim como diminuir o estresse das fêmeas reprodutoras em restrição alimentar. Isso se deve a maior capacidade de armazenamento do trato gastrointestinal de fêmeas gestantes e suínos em terminação, a adaptação gradativa da flora intestinal do animal, assim como maior número de bactérias celulolíticas presentes no intestino em comparação aos animais jovens (Ramonet et al., 1999).

Não se tem dados da presença de PNAs na polpa da macaúba, porém devido à baixa digestibilidade da EB, e conseqüentemente da ED e EM, desse ingrediente, mostra-se a necessidade de estudos a respeito da presença e tipos de PNAs (polissacarídeos não-amiláceo) presentes na polpa da macaúba, para o possível uso de enzimas exógenas que possibilitem o melhor aproveitamento da fonte de carboidrato da macaúba.

O coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) apresentou valores negativos tanto para inclusão de 10% na RR (- 4,67%), quanto para a inclusão de 20% na RR (- 2,25%) da polpa da macaúba estudada. Outros autores trabalharam com alimento altamente fibroso, como casca de arroz e observaram valores negativos para proteína digestível (- 1,21%) possivelmente pelo alto grau de fibra presente no alimento, em especial a lignina, na qual a digestibilidade da proteína tende a ser muito baixa, próximo à zero, visto que o poder de aproveitamento da fibra pelo suíno será muito irregular, dependendo do tipo de fibra (Fraga et al., 2005).

Assim, dependendo da solubilidade dos seus componentes, as fibras são divididas em 2 grupos, solúveis, com a capacidade de se ligar à água e formar géis e insolúveis, fazem parte da estrutura das células vegetais. As fibras solúveis possuem como constituintes principais a hemicelulose tipo A, pectinas, gomas, mucilagens já as fibras insolúveis são compostas por lignina, celulosas e hemicelulose tipo B (Tavernari et al., 2008).

Os valores negativos do coeficiente de digestibilidade da proteína, observados na polpa da macaúba, também podem ocorrer devido à diminuição da digestibilidade total da PB em dietas altamente fibrosas, que pode ser atribuída, em parte, a maior síntese de proteína microbiana no intestino grosso do suíno, levando ao aumento da excreção de nitrogênio bacteriano (Gomes et al., 2007). Assim, os valores

mais elevados da fermentação bacteriana são estimulados quando fibras solúveis são adicionadas à dieta, promovendo a fermentação bacteriana no cólon do animal e liberando os ácidos graxos de cadeia curta, entre eles o n-butirato (Claus et al., 2007). Sendo esse, o promotor da diferenciação e renovação celular no intestino (Kien et al., 2007).

Com isso, a digestibilidade da proteína da torta da polpa da macaúba pode estar relacionada com a elevação na excreção do nitrogênio endógeno pelos suínos, em virtude de um aumento de produção de muco pelas células epiteliais, devido a uma forma de defesa do organismo pela abrasão física que a fibra promove e pela maior produção de n-butirato pela fermentação das bactérias no cólon (Gomes, 1996).

Para o balanço de nitrogênio (Tabela 2.4), constatou-se que não houve diferença significativa entre as dietas com inclusão de 0, 10 e 20% de torta da polpa da Macaúba para o nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário, N excretado, N retido e o N metabolizável. Porém, houve diferença significativa entre os tratamentos em relação ao N fecal, atingindo seu maior valor com a inclusão de 20% de Macaúba, corroborando com os autores que relataram sobre a síntese de proteína microbiana no intestino grosso do suíno, que leva ao aumento da excreção de nitrogênio bacteriano, nas dietas com maior teor de fibras.

Tabela 2. 4 Balanço de nitrogênio para suínos em crescimento alimentados com dietas com inclusão de 10 e 20% de torta da polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata*)

Inclusão na Dieta	N Ing.	N Fecal	N Urin	N Excr.	N Ret.	N Met.
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0	0,27	0,044 ^a	0,06	0,11	0,16	60,3
10	0,26	0,058 ^{ab}	0,05	0,11	0,15	57,2
20	0,25	0,073 ^b	0,04	0,11	0,14	55,8
Valor de P	0,51	0,0007	0,10	0,94	0,25	0,52
EPM	0,035	0,013	0,024	0,030	0,026	7,94

(P<0,05), N Ing. = Nitrogênio Ingerido, N Fecal = Nitrogênio fecal, N Urinário = Nitrogênio Urinário, N Excr. = Nitrogênio Excretado, N Ret. = Nitrogênio Retido, N Met. = Nitrogênio Metabolizável.

Quando a proteína fornecida na ração dos suínos é de baixa qualidade, ou provida em excesso para o animal, os aminoácidos não utilizados para síntese proteica serão catabolizados e utilizados como fonte energética, e o nitrogênio excretado com ureia. Com isso, o nitrogênio que é excretado na urina e nas fezes, junto com a deaminação da proteína digestível ingerida em excesso, leva a redução da energia metabolizável (NRC, 1998).

Da mesma maneira, Oliveira et al. (2007) trabalharam com o metabolismo de nitrogênio em suínos alimentados com dietas com baixos teores de PB, e concluíram que o teor de proteína na ração é determinante para diminuir a quantidade de nitrogênio eliminado nas fezes e na urina. Em contrapartida, rações com baixos teores proteicos mostraram menor retenção do nitrogênio.

Como observado pelo N fecal da polpa da macaúba, que teve seu maior valor expressado na inclusão de 20% na RR, 0,073%, Lazzeri et al. (2011), estudando o balanço de nitrogênio de suínos com inclusões de farelo de soja, observaram que os maiores valores do N excretado e do N fecal foram para aqueles suínos que consumiram os tratamentos com maiores níveis de proteína e com o maior nível de substituição do farelo de soja, 25% na RR.

Na Tabela 2.5 são apresentados os dados do efeito da inclusão da torta da polpa da macaúba na digestibilidade da dieta total, para os tratamentos: (T1) 0% de inclusão da polpa da macaúba na Ração Referência (RR), (T2) 10% de inclusão da polpa da macaúba na RR e (T3) 20% de inclusão de polpa da macaúba na RR. Não houve diferença significativa da ED e EM entre os tratamentos, porém ocorreu diferença significativa ($P < 0,05$) da DMS, DPB e DFDN entre os tratamentos, havendo diminuição da digestibilidade da dieta com a maior inclusão de fibra (20%). Estes resultados são esperados pelo método de substituição utilizado no experimento, que acarreta desequilíbrio nutricional, pois segundo Kunrath et al. (2010), o nível de inclusão do alimento teste influencia de maneira negativa a digestibilidade total dos nutrientes da dieta.

Tabela 2. 5 Efeitos da inclusão de 10 e 20 % da torta da polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata*) sobre a digestibilidade da dieta para suínos em crescimento.

Inclusão na Dieta (%)	ED (kcal/Kg)	EM (kcal/Kg)	DMS (%)	DPB (%)	DFDN (%)
0	3965,1	3798,7	85,9 ^a	83,9 ^a	74,1 ^a
10	3854,9	3690,3	79,1 ^b	77,9 ^b	64,3 ^b
20	3752,2	3575,1	72,0 ^c	71,2 ^c	55,7 ^c
Valor de P	0,06	0,09	<0,0001	<0,0001	<0,0001
EPM	165,51	193,87	1,14	2,52	2,86

(P<0,05), ED = Energia Digestível, EM = Energia Metabolizável, DMS = Digestibilidade da Matéria Seca, DPB = de Digestibilidade de Proteína Bruta, DFibra = Digestibilidade da Fibra.

Para os monogástricos, o uso da fibra pelos microrganismos do intestino é demasiadamente prejudicado pelo pouco tempo de permanência do bolo alimentar no intestino grosso, principalmente as fibras insolúveis. Em decorrência disso, observa-se uma relação inversamente proporcional entre a fração da fibra presente na dieta e a digestibilidade da matéria seca (King & Taverner, 1975). Essa relação não se aplica para certos tipos de fibras como as encontradas na casca de soja, polpa de beterraba e farelo de trigo, devido à elevada capacidade de fermentação dessas fontes de fibra (Tavernari et al., 2008), nesse contexto, Scipione & Martelli (2001) trabalharam com alimentos ricos em fibra, entre eles a polpa de beterraba e silagem de milho, na dieta de suínos em terminação e observaram uma redução significativa ou eliminação de úlceras gástricas, doença típica de suínos alimentados com rações com baixos teores de fibras.

Outros resultados de pesquisas têm demonstrado que as digestibilidade da MS, PB e da Fibra são afetadas negativamente com a adição do ingrediente fibroso à ração referência (RR). Reis (2009) observou o mesmo efeito significativo, de queda da digestibilidade da dieta, no CDMS, CDFB e CDPB com a adição de 15 e 30% de farinha amilácea fina de babaçu (FAF) à RR. Wesendonck (2012), também observou efeitos deletérios na digestibilidades com substituição de 30% na RR de diferentes subprodutos do trigo, farinha, farelo fino, farelo grosso, farelo trigo e farelo grosso moído. Segundo Gomes et al. (2007), a digestibilidade da PB, MS e FDN são afetadas negativamente com a elevação de fibra na dieta do suíno em crescimento, e aqueles

subprodutos com maior nível de FDA e FDN foram os que apresentaram o menores valores de digestibilidade.

Segundo e Noblet & Le Goff (2001), a lignina, sendo indigestível, influencia na digestibilidade dos outros componentes da dieta, assim há uma relação inversamente proporcional entre a concentração de lignina e a digestibilidade total da dieta.

A fibra dietética, mesmo com essa contribuição energética, pode provocar efeitos deletérios sobre os coeficientes de digestibilidade dos principais componentes alimentares como também pode ocasionar alterações na taxa de absorção de nutrientes como a proteína, aminoácidos e minerais, e/ou na excreção de nitrogênio endógeno (Schulze et al., 1994). Com isso, é relevante a escolha com muito critério não só do tipo e/ou qualidade, como também da quantidade adequada de fibra para cada categoria animal.

6. CONCLUSÃO

O nível de inclusão da torta da polpa da macaúba na dieta interferiu nas digestibilidades da MS, PB e FDN sendo este alimento considerado de baixa qualidade nutricional para leitões em crescimento, não sendo recomendada sua utilização para esta categoria.

Sugere-se que em estudos de avaliação nutricional de alimentos, principalmente fibrosos, a taxa de inclusão de ingrediente teste deve ser considerada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A possibilidade da utilização de alimentos alternativos na alimentação de suínos dependerá do reconhecimento das suas potencialidades e restrições, de modo a possibilitarem redução dos custos de produção, com reflexos diretos sobre a viabilidade e rentabilidade da suinocultura. Em tese, há ingredientes alternativos para substituição do milho e soja, porém a decisão de usá-los depende de fatores acima discutidos.

A utilização de enzimas exógenas, em rações fibrosas, pode possibilitar a otimização de ingredientes alternativos com alta concentração de PNAs solúveis, diminuindo os efeitos indesejáveis desses alimentos e melhorando o desempenho do suíno.

Com a utilização deste coproduto da macaúba espera-se reduzir o custo de produção animal e contribuir para redução do impacto ambiental com a destinação dos resíduos da agroindústria para a cadeia produtiva. Entretanto ainda há a necessidade de mais experimentos, principalmente quanto ao desempenho zootécnico dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, E.F. [2006] **Novo paradigma na gestão ambiental: produzir sem degradar**. Disponível em: <www.seduc.mt.gov.br/conteudo.php?sid> Acesso em 11/03/2013.
- ADEOLA, A. Digestion and balance techniques in pigs. In: Lewis, A.J. and Southern, L.L., (Eds) **Swine Nutrition**. 2 ed. CRC Press, Washington DC, 2000. p. 903-916.
- ALBUQUERQUE, D. M. DE NORONHA. **Resíduo desidratado de cervejaria para suínos em crescimento e terminação**. Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal).
- AOAC. **Official Methods of Analysis**. Arlington, VA. 15 ed.1990.
- AMORIM, B. A. **Polpa cítrica e complexo enzimático para suínos nas fases de crescimento e terminação**. São Paulo: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. 2009. 89p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2009.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S; SOUZA, G.A.; FILHO, A.B. **Nutrição Animal**. São Paulo: Nobel, v. 1, 396p, 2002.
- ANGUITA, M.; CANIBE, N.; PÉREZ, J.F.; JESEN, B.B. Influence of the amount of dietary fiber on the available energy from hindgut fermentation in growing pigs: use of cannulated pigs and in vitro fermentation. **Journal Animal Science**, v.84, p.2766-2778, 2006.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. Capítulo 8: Suinocultura e outras criações. São Paulo: Argos Comunicação FNP, 2012.
- ARAÚJO, W.A.G.N. **Alimentos Energéticos Alternativos para Suínos**. Revista Eletrônica Nutritime, v.4, n° 1, p.384-394, Janeiro/fevereiro 2007.
- BAILEY, R.W. **Chemistry and Biochemistry o Herbage**, v.1, p.157, 1973.
- BEDFORD, M.R. The effect of enzymes on digestion. **Journal of Applied. Poultry Science**, v.5, n.4, p.370-378, 1996.
- BELLAVER, C.; LUDKE, J.V. **Considerações sobre os Alimentos Alternativos para Dieta de Suínos**. Encontro Internacional dos Negócios da Pecuária, 2004.
- BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C.L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.830-833, 2000.

- BIPERS - **Boletim informativo de pesquisa**, – Embrapa Suínos e Aves e Extensão/SC – Emater/RS - Coordenação: Eng. Agr., Extensionista, EMATER/RS e Eng. Agr., Ph.D., Embrapa Suínos e Aves, 1999.
- BREVES. G.; KRUMSCHEID. R. In vitro studies on transport and metabolism of short-chain fatty acids in pig hindgut. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology**, v.118, p.399-401, 1997.
- BROUNS, F.; EDWARDS, S. A.; ENGLISH, P. R. Effect of dietary fibre and feeding system on activity and behaviour of housed gilts. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 39, p. 215-223, 1994.
- BRUNSGAARD, G. Effects of cereal type and feed particle size on morphological characteristics, epithelial cell proliferation, and lectin binding patterns in the large intestine of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 2787-2798, 1998.
- CARNEIRO, H.; PEREIRA, J.C. [2009] **Macaúba: subprodutos de biodiesel na alimentação animal**. Panorama do Leite, nº 29. Disponível em: <<http://ongtremmacaubeiros.blog.terra.com.br/2009/06/05/macauba-subprodutos-de-biodiesel-na-alimentacao-animal/>> Acesso em 02/02/2013.
- CARVALHO, M.A.G. **Digestibilidade Aparente de Eqüinos Submetidos a Três Tipos de Arraçamento**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Dissertação (Mestrado em Ciência Animais). Universidade Federal de Minas Gerais, 1992.
- CASTRO JÚNIOR, F.G.; CAMARGO, J.C.M.; CASTRO, A.M.M.G. et al. Fibra na alimentação de suínos. **Boletim da Indústria Animal**, v.62, n.3, p.265-280, 2005.
- CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil**. Campo Grande (MS). Universidade Católica Dom Bosco. Dissertação (Mestrado em biotecnologia). p.128.2012.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. [2013] **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_02_08_17_24_51_boletim_fevereiro_2013.pdf> Acesso em 28/02/2013.
- CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**. June 13-26. 1997.
- CHOCT, M.; KOCHER, A. Non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**. June: 13-26, 2000.

- COSER, F. J. **Contrato de integração de suínos: formatos, conteúdos e deficiências da estrutura de governança predominante na suinocultura brasileira**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2010, 160 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais).
- CLAUS R., GÜNTNER D.; LETZBUß H. Effects of feeding fat-coated butyrate on mucosal morphology and function in the small intestine of the pig. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.91, p.312-318, 2007.
- CRENSHAW, J.D. **Dietary fiber for sows**. Midwest Swine Nutrition Conference. Indianapolis, Indiana, USA. 2005.
- DALAVÉQUIA, M. A. **Avaliação de Lagoas de Estabilização para Tratamento de Dejetos de Suínos**. Universidade Federal de Santa Catarina, p 25-27. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente). Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- DROCHNER W., KELER A.; ZACHARIAS B. Pectin in pig nutrition, a comparative review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.88, p.367-380, 2004.
- EHLE, F.R.; ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. Influence of dietary fibers on fermentation in the human large intestine. **Journal of Nutrition**, v.112, n.1, p.158-166, 1982.
- FARIA, L. A. **Hidrólise do óleo da amêndoa da macaúba com lipase extracelular colletotrichum gloesporioides produzidas por fermentação em substrato líquido**. Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG). 146p. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência de alimentos).
- FERREIRA W.M.; PEREIRA R.A.N. **Avanços na nutrição de coelhos - Avaliação energética e proteica dos alimentos e necessidades nutricionais. Nutrição animal – Tópicos avançados**. Departamento de Tecnologia Rural e Animal – UESB. p. 15-34. 2003.
- FRAGA, A.L.; NADAI, A.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; BUDINÕ, F.E.L.; HUAYNATE, R.A.R; SCANDOLERA, A.J. Avaliação da casca de arroz como ingrediente de rações em programas de restrição alimentar qualitativa para suínos em terminação. **Revista Unimar Ciência**, 2007.
- FUKUSHIMA, R. S.; DEHORITY, B. A. Feasibility of using lignin isolated from forages by solubilization in acetyl bromide as a standard for lignin analyses. **Journal of Animal Science**, v.78, n.12, p.3135-3143, 2000.

- GERON, L.J.V. [2007] Utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de animais de produção. **Pubvet**, v.1, n.9, Ed. 9, Art. 312, 2007. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=312> Acesso em: 25 mar. 2013
- GOMES, J. D. F. **Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro, sobre parâmetros de desempenho, de digestibilidade dos componentes dietéticos e da morfologia intestinal de marrãs**. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista. 1996. 110 f. Tese (Doutorado Ciência Animais). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 1996.
- GOMES, J.D.F.; PUTRINO, S.M.; GROSSKLAUS, C.; UTIYAMA, C.E.; OETTING, L.L.; SOUZA, L.W.O.; FUKUSHIMA, R.S.; FAGUNDES, A.C.A.; SOBRAL, P.J.A.; LIMA, C.G: Efeitos do incremento de fibra dietética sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça: I. Suínos em crescimento e terminação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 483-492, 2007.
- GOMES, B.V.; QUEIROZ, A.C.; FONTES, C.A.A. Estudo das características físico-químicas de fenos de palhas. II. Efeito sobre a degradabilidade “in situ” da matéria seca, proteína bruta e fibra detergente neutro. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.2, p.292-304, 1994.
- HIANE, P.A. BALDASSO, P.A.; MARANGONI, S.; MACEDO, M.L.R. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, p.683-689, 2006.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [2010] **Efetivo de suínos em 31.12 e participações relativa e acumulada no efetivo total, segundo as Unidades da Federação e os 20 municípios com os maiores efetivos, em ordem decrescente**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/tabelas_pdf/tab15.pdf> Acesso em 27/11/2012.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R. ÍTAVO, C.C.B.F.; MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.1024-1032, 2002.
- JOHNSTON, L.J.; PETTIGREW, J.E.; BAIDOO, S.K.; SHURSON, G.C.; WALKER, R.D. Efficacy of sucrose and milk chocolate product or dried porcine solubles to

- increase feed intake and improve performance of lactating sows. **Journal Animal Science**, v.81, p. 2475-2481, 2003.
- KIEN, C.L.; BLAUWIEKEL, R.; BUNN, J.Y.; JETTON, T.L.; FRANKEL, W.L.; HOLTS, J.J. Cecal infusion of butyrate increases intestinal cell proliferation in piglets. **Journal of Nutrition**, v.137, p. 916- 922, 2007.
- KING, R.H.; TAVERNER, M.R. Prediction of the digestible energy in pig diets from analyses of fiber contents. **Animal Production**, v.21, p.275-284, 1975.
- KONZEN, E.A. Manejo e Utilização de Dejetos: Solução para o produtor de suínos. **In: Anais... de Tecnologia em Manejo de Suínos**, p.27-38, Goiânia – GO, 2001.
- KUNRATH, M.A.; KESSLER, A. de M.; RIBEIRO, A.M.L.; VIEIRA, M. de M. SILVA, G.L. da S. PEIXOTO, F.D. Metodologias de avaliação do valor nutricional do farelo de arroz desengordurado para suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1172-1179, 2010.
- LAZZERI, D.B.; POZZA, P.C.; POZZA, M.S. dos S.; BRUNO, L.D.G.; PASQUETTI, T.J.; CASTILHA, L.D. Balanços metabólicos de suínos alimentados com rações referencias e inclusões de farelo de soja. **Revista Brasileira Saúde e produção Animal**, v.12, n.4, p.984-995, 2011.
- LESER, T. D., J. Z. AMENUVOR, T. K. JENSEN, R. H. LINDECORONA, M. BOYE, AND K. MØLLER. Culture-independent analysis of gut bacteria: the pig gastrointestinal tract microbiota. **Applied and Environmental Microbiology**, v.68, p. 673- 690, 2002.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; COSTA, J.T.M.; CERQUEIRA, L.S.C.; FERREIRA, E. 2004. *Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas*. Nova Odessa- SP, Ed. Plantarum, 432 p.2004.
- LOVATTO, P.A.; SAUVANT, D. Modeling homeorhetic and homeostatic controls of pig growth. **Journal of Animal Science**. v.81, p.683-696. 2003.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, N.M.; SINGSEN, E.P. **The metabolizable energy of feeds ingredient for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experimentation Station, v.7, p.3-11, 1965.
- MEYER, H. **Alimentação de cavalos**. São Paulo. Livraria Vereda Ltda. 303p, 1995.
- MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A.; BUENO, C. R.; BARBOSA, E. M.; RIBEIRO, M. N. S. **Frutos de Palmeiras da Amazônia**. Manaus: MCT INPA, p. 7-10, 2001.
- MOREIRA, J. M. M. A. P.; SOUSA, T. C. R. de. [2009] **Macaúba: oportunidades e desafios**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. Disponível em:

- <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/163/>>. Acesso em 18/01/2013.
- MOREIRA, I.; KUTSCHENKO, M.; FURLAN, A.C.; MURAKAMI, A.E.; MARTINS, E.N.; SCAPINELLO, C. Exigência de lisina para suínos em crescimento, alimentados com baixo teor de proteína, baseado no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.4, p.537-542, 2004.
- MOURINHO, F.L. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche**. Maringá: Centro de Ciências Agrárias. Universidade Estadual de Maringá, 2006. 42p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). : Centro de Ciências Agrárias. Universidade Estadual de Maringá, 2006.
- NASCIMENTO, A.H.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Valores de Energia Metabolizável de Farinhas de Penas e de Vísceras com Diferentes Níveis de Inclusão e Duas Idades de Aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.877-881, 2005.
- NOBLET, J.; LE GOFF, G. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. **Journal Animal Science**, v.90, p. 35-52, 2001.
- NOBLET J. Digestive and metabolic utilization of dietary energy in pig feeds: comparison of energy systems. In: Garnsworthy P.C. & Wiseman J. **Recent Developments in Pig Nutrition 3**. Nottingham, UK: Nottingham University Press, 161-184, 2001.
- NOBLET., J.; PERES, J. M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pigs diets from chemical analysis. **Journal Animal Science**, v. 71, n. 12, p. 3389-3398, 1993.
- NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10 ed. Washington: National Academy, 189p. 1998.
- NUCCI, S.M. [2007] **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microssatélites em genética de população de Macaúba**. Instituto Agrônomo de Campinas, 2007. 84f. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia). Instituto Agrônomo de Campinas, 2007.. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/PosIAC/pdf/pb1206305.pdf>> Acesso em 08/05/2010.

- OCANHA, S.C.A.; FERRARI, A.R. Tecnologia para extração de óleo de biodiesel de macaúba. In: 5º CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. **Anais...** Campinas, SP, 2011.
- OLIVEIRA, S.L.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F., ARAÚJO, J.S. Metabolismo do nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo baixos teores de proteína bruta. **Revista Brasileira Agrocência**, v.13, n.2, p. 257-260, abr-jun, 2007.
- OLIVEIRA, P.B. **Avaliação da polpa de Macaúba (*Acrocomia aculeata*) na alimentação de bovinos**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008, 43p. Monografia (Trabalho Final de Graduação). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008.
- OTTO, E.R.; YOKORAMA, M.; KU, P.K. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. **Journal of Animal Science**, v.81, n.7, p. 1743-1753, 2003.
- PATTERSON, J.L.; WILLIS, H.J.; KIRKWOOD, R.N.; FOXCROFT, G.R. The effect of lean growth rate on puberty attainment in gilts. **Journal of Animal Science**. v.80, p.1299-1310. 2002.
- PERDOMO, C.C. Conforto ambiental e produtividade de suínos. In. SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUINOS, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: CNBA, p. 19- 26. 1994.
- PERES. J.R.R.; FREITAS JÚNIOR. E.; GAZZONI, D.L. Biocombustíveis - uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**. Brasília. n.1. jan/fev. p.31-41, 2005.
- PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia. 2. ed. rev. - Brasília, DF : Embrapa **Informação Tecnológica**, 2006. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/PLANOS/PNA_2006_2011/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA%202006%20-%202011-%20PORTUGUES.PDF>. Acesso em 04/05/2013.
- POVEDA PARRA, A. R.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; PAIANO D.; SCHERER, C.; CARVALHO, P. L. O. Utilização da casca de café na alimentação de nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.433-442, 2008.

- QUADROS, A. R. B.; MOREIRA, I.; PAIANO, D.; RIBEIRO, C.R.; SILVESTRE, N.; FURLAN, A.C. Avaliação nutricional da casca de soja integral ou moída, ensilada ou não, para suínos em fase de crescimento. **Science Animal Science**. v.29, n.1, p.31-38, 2007.
- RAMONET, Y.; MEUNIER-SALAÜN, M. C.; DOURMAD, J. Y. High-fiber diets in pregnant sows: digestive utilization and effects on the behavior of the animals. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 591-599, 1999.
- REIS, D.D. **Estudo da composição nutricional e dos coeficientes de digestibilidade da farinha amilácea fina do babaçu determinada com suínos na fase de crescimento e terminação**. Araguaína: Universidade Federal de Tocantins, 2009, 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal de Tocantins, 2009.
- ROSA, A.P.; UTTPATEL, R. Uso de enzimas nas dietas para frangos de corte. IN: VIII Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 2007, Chapecó. In: **Anais...Chapecó**, p.102-115, 2007.
- ROQUE N.C.; JOSÉ, V.A.; AQUINO, A.A.; ALVES, M.P.; SAAD, F.M.O.B. Utilização da fibra na nutrição de cães. **Boletim Agropecuário**, Lavras, n. 70, p. 1-12, 2006.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T., EUCLIDES R. F. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)**. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 252p. 2011.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)**. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 186p. 2005.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em nutrição de Monogástricos**. São Paulo, Jaboticabal, Funep, 283p., 2007.
- SAUVANT, D. Systematic modelling in nutrition. **Reproduction Nutrition Development**. v.32, p.217-230. 1992.
- SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero: cerdos, aves, bovinos, ovinos, caprinos, conejos, caballos, peces. Madrid: **Mundi-Prensa**, 195p. 2004.

- SCHULZE, H.; VAN LEEUWEN, P.; VERSTEGEN, M. W. A. Effect of level of dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, n.9, p.2362-2368, 1994.
- SCIPIONE, R.; MARTELLI, G. Consequences of the use of ensiled sugar beet-pulp in the diet of heavy pigs on performances, carcass characteristics and nitrogen balance: a review. **Animal Feed Science Technologic**, v.90,n, p.81 – 91, 2001.
- SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; CABRERA, L.; NOVO, V.C. C.; SILVA, M. A.A.; CANTERI, R.C.; HOSHI, E.H. Farelo de Girassol na Alimentação de Suínos em Crescimento e Terminação: Digestibilidade, Desempenho e Efeitos na Qualidade da Carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.982-990, 2002.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos – Métodos Químicos e Biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, MG.150p.1997.
- TAVERNARI, C.F.; CARVALHO, A.T.; ASSIS, P. A.; LIMA, D. J. H. Polissacarídeo Não-Amiláceo Solúvel na Dieta de Suínos e Aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n.5, p. 673-689. Setembro/Outubro 2008.
- TEIXEIRA, E. *Acrocomia aculeata* In: TASSARO, H. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Empresa das Artes, p.15, 1996.
- TITGEMEYER, E.C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. **Journal of Animal Science**, v.75, n.8, p.2235- 2247, 1997.
- TORIN, H.R. **Utilização de farelo de arroz industrial. Composição e valor nutritivo em dietas recuperativas**. Universidade Federal de Campinas. 147p. 1991. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição). Universidade Federal de Campinas, 1991.
- TROWELL, H.C., GODDING, E., SPILLER, G., AND HEATON, K. Fiber bibliographies and terminology. **The American Journal of Clinical Nutrition** v.31. P.1489-1490.1978.
- TUCCI, F.M.; LAURENTIZ, A.C.; SANTOS, E.A.; RABELLO, C.B.V.; LONGO, F.A.; SAKOMURA, N.K. Determinação da composição química e dos valores energéticos de alguns alimentos para aves. **Acta Scientiarum. Animal Science**. v.25, n. 1, p. 85-89, 2003.
- VANDERHOOF, J. A. Immunonutrition: the role of carbohydrates, **Nutrition Research Review**, v. 14, n. 7/8, 1998.

- VAN SOEST, P.J. **The role of silicon in the nutrition of plants and animals.**
Proceedings of the Cornell Nutrition Conference, p. 103-109, 1970.
- VAREL, V.H.; YEN, J.T., Microbial perspective on fiber utilization by swine. **Journal Animal Science**, v.75, p. 2715-2722, 1997.
- VILLAMIDE, M.J. Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.211-223, 1996.
- VILLAMIDE, M.J.; MAERTENS, L.; DE BLAS, C. Feed Evaluation. In: DE BLAS, C.; WISEMAN, J. (Eds.) **The nutrition of the rabbit.** CAB Publishing, p. 80-101, 1998.
- WESENDONCK, W. R. **Valor nutricional de diferentes subprodutos do trigo para suínos em crescimento.** Porto Alegre (RS): Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2012. 81p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2012.
- WILLIAMS, B.A., VERSTEGEN, M.W.A.; TAMMINGA, S. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. **Nutrition Research Review**, v.14, p.207-227, 2001.

ANEXOS

Equações Segundo Matterson (1965):

Cálculos da energia digestível aparente (**EDA**):

$$EDA(RR) \text{ ou } (DT) = (EBIng. - EBExc.)/MSIng.$$

$$EDAmacaúba = EDARR + [(EDADT - EDARR)/\% \text{ de substituição}].$$

Onde:

EDARR ou DT = Energia metabolizável aparente da ração-referência (RR) ou da dieta-teste (DT), em Kcal/kg;

EBIng. = Energia bruta ingerida, em Kcal/dia;

EBExc. = Energia bruta excretada, em Kcal/dia;

MSIng. = Matéria seca ingerida, em Kg/dia;

EDAmacaúba = Energia digestível aparente da polpa da macaúba, em Kcal/kg.

Cálculos da energia metabolizável aparente (**EMA**):

$$EMA(RR) \text{ ou } (DT) = (EBIng. - EBExc.- EBexc \text{ Urina})/MSIng.$$

$$EMAmacaúba = EMARR + [(EMADT - EMARR)/\% \text{ de substituição}].$$

Onde:

EMARR ou DT = Energia metabolizável aparente da ração-referência (RR) ou da dieta-teste (DT), em Kcal/kg;

EBIng. = Energia bruta ingerida, em Kcal/dia;

EBExc. = Energia bruta excretada, em Kcal/dia;

EBExc = Energia bruta excretada da urina, em Kcal/dia;

MSIng. = Matéria seca ingerida, em Kg/dia;

EMAmacaúba = Energia metabolizável aparente da polpa da macaúba, em Kcal/kg.