

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**UTILIZAÇÃO DA CASCA DE MANDIOCA NA DIETA DE
RUMINANTES**

VIVIANY LÚCIA FERNANDES DOS SANTOS

**RECIFE - PE
ABRIL - 2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**UTILIZAÇÃO DA CASCA DE MANDIOCA NA DIETA DE
RUMINANTES**

**VIVIANY LÚCIA FERNANDES DOS SANTOS
Zootecnista**

ABRIL - 2014

VIVIANY LÚCIA FERNANDES DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DA CASCA DE MANDIOCA NA DIETA DE
RUMINANTES**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção animal.

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira – Orientador

Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos – Coorientador

Prof. Dr^a. Antonia Sherlânea Chaves Vêras - Coorientadora

**RECIFE - PE
ABRIL - 2014**

Ficha catalográfica

S237u Santos, Viviany Lúcia Fernandes dos
Utilização da casca de mandioca na dieta de
ruminantes
/ Viviany Lúcia Fernandes dos Santos. – Recife, 2014.
105 f. : il.

Orientador: Marcelo de Andrade Ferreira.
Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco /
Universidade
Federal da Paraíba / Universidade Federal do Ceará.
Departamento de Zootecnia da UFRPE, Recife, 2014.
Referências.

1. Parâmetros ruminais 2. Produção de leite 3.
Resíduos
agroindustriais I. Ferreira, Marcelo de Andrade,
orientador
II. Título

CDD 636

VIVIANY LÚCIA FERNANDES DOS SANTOS

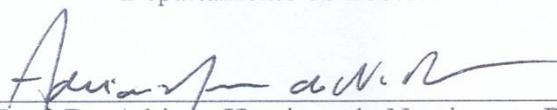
UTILIZAÇÃO DA CASCA DE MANDIOCA NA DIETA DE RUMINANTES

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 23 de abril de 2014

Comissão Examinadora:



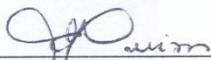
Prof. Dr. Luciano Patto Novaes
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Departamento de Zootecnia



Prof. Dr. Adriano Henrique do Nascimento Rangel
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Departamento de Zootecnia



Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia



Profa. Dr.^a Adriana Guim
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia



Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia
Presidente

RECIFE-PE
ABRIL - 2014

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VIVIANY LÚCIA FERNANDES DOS SANTOS - Nascida na cidade de Natal, Rio Grande do Norte, filha de Luiz Gonzaga Paiva dos Santos e Vitória Régia Fernandes dos Santos, graduou-se em Zootecnia na Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, em fevereiro de 2008. Trabalhou no gerenciamento de propriedades leiteiras durante o ano de 2008 e ingressou em março de 2009 no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, nível mestrado, na Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, na área de concentração em Produção de Ruminantes, concluindo o curso em julho de 2010, com dissertação intitulada por “Fontes alternativas de proteínas para vacas em lactação”. Em agosto de 2010 ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, na área de concentração em Produção de Ruminantes, na mesma instituição de ensino. Durante o período do curso de Doutorado participou do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – Novas Fronteiras (PROCAD) na Universidade Estadual de Maringá – UEM. Em 23 de abril de 2014 defende sua tese de Doutorado.

À Deus, por me presentear o amor em sua melhor versão, meu filho Heitor.

Dedico

OFEREÇO

*À minha família, Tobias Tobit de Barros Melo e a Heitor Santos de Barros Melo
Aos meus pais, Luiz Gonzaga Paiva dos Santos e Vitória Régia Fernandes dos Santos
A minha avó, Esmerina Ferreira Fernandes*

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Pós-graduação de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelas condições de estudo.

Ao Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento-CNPq, pela bolsa de estudos.

Ao orientador Marcelo de Andrade Ferreira, meus agradecimentos e respeito, por seu excelente trabalho como professor e pesquisador, além da confiança, amizade e paciência.

À professora Adriana Guim, por fazer parte de todo o meu trajeto na Pós-graduação, transmitindo seus conhecimentos com clareza e entusiasmo.

Às professoras Antonia Sherlânea Chaves Vêras e Safira Valença Bispo, e ao professor Francisco Fernando Ramos de Carvalho, por contribuírem com seus conhecimentos no exame de qualificação.

Ao professor Marcílio de Azevedo, pela oportunidade de participação no Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – Novas Fronteiras (PROCAD) na Universidade Estadual de Maringá-UEM.

Ao professor Júlio Cesar Damasceno, por todo o apoio e amizade durante o período de estudos na Universidade Estadual de Maringá.

Ao professor Geraldo Tadeu dos Santos, por seu exemplo de profissionalismo como professor e pesquisador e pela confiança e oportunidade de realização do experimento na Fazenda experimental de Iguatemi-FEI, pertencente a UEM.

Aos componentes da “firma”, incluindo “Lebre”, pelo apoio na realização do experimento com os ovinos e nas análises bromatológicas.

À Cristina, responsável pela organização dos prédios da Zootecnia, muito obrigada pelo carinho e pelo exemplo de alegria.

À equipe do professor Júlio Damasceno e Geraldo Santos, especialmente a Carlos Ramos, Maria Clara, Raphael Moretti e Bruna Calvo, pela disponibilidade e momentos de descontração, durante o experimento das vacas na FEI e nas análises bromatológicas.

Aos amigos Célio Passolongo, Vicente Faleiros, Waldecir Aparecido dos Santos, pelo imenso apoio, amizade e carinho durante o período em Maringá.

Às amigas especiais: Ana Maria Cabral, Emmanuelle Cordeiro, Janaina Silva, Marta Xavier, Mirela Guerra, Michelle Maia e Viviane Maia, por todo o apoio, carinho, orientações nas decisões da vida e amizade sincera.

Às amigas especiais do Sul, Mariana Piculli, Paula Olivo, Bruna Calvo, Paula Adriana Grande, Nadine Santos e Luciane Hisano, pelos momentos de alegria e pelo presente de conquistar e manter a amizade.

Ao meu companheiro e amigo Tobias Tobit de Barros Melo, por sua presença e carinho, ajuda, seu exemplo de honestidade e amor! Também agradeço pelo apoio dado por sua mãe Georgina.

Aos meus pais, Luiz Gonzaga e Vitória Régia, pelo grande e especial apoio, exemplo, estímulo e amor durante toda a vida.

Aos meus irmãos, Júnior e Márcio, às cunhadas Aldenice e Sabrina e aos meus sobrinhos, Bruno e Vinícius.

À grande família Ferreira Fernandes e Santos, agora maior, por todo o apoio e amor, sempre.

Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas.....	<i>x</i>
Lista de Figuras.....	<i>Xi</i>
Resumo Geral.....	<i>xii</i>
Abstract.....	<i>xiv</i>
 Considerações Iniciais.....	 16
 Capítulo I – Referencial Teórico - Utilização da casca de mandioca na dieta de ruminantes.....	 18
Produção de alimentos e utilização de resíduos da agroindústria.....	19
Alimentos alternativos na alimentação animal.....	22
Panorama mundial e nacional da produção de mandioca.....	24
A cultura da mandioca.....	27
Casca de mandioca na alimentação de ruminantes.....	31
Referências.....	38
 Capítulo II – Utilização da casca de mandioca desidratada em substituição ao milho na dieta vacas em lactação	 47
Resumo.....	48
Abstract.....	49
Introdução.....	50
Material e Métodos.....	51
Resultados.....	59
Discussão.....	63
Conclusões.....	71
Referências.....	72
 Capítulo III - Efeito da casca de mandioca desidratada e moída em substituição ao milho na dieta de ovinos.....	 81
Resumo.....	82
Abstract.....	83
Introdução.....	84
Material e Métodos.....	85
Resultados.....	91
Discussão.....	95
Conclusões.....	99
Referências.....	100
 Considerações Finais.....	 105

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Composição da casca de mandioca (g/kg de matéria seca)..... | 33 |
|----|---|----|

Capítulo 2

- | | | |
|----|--|----|
| 1. | Composição química dos ingredientes..... | 52 |
| 2. | Ingredientes e composição química das dietas..... | 53 |
| 3. | Consumo de nutrientes de vacas em lactação alimentadas com casca de mandioca em substituição ao milho..... | 60 |
| 4. | Produção e composição do leite, nitrogênio ureico no leite e eficiência alimentar de vacas em lactação alimentadas com casca de mandioca em substituição ao milho..... | 61 |
| 5. | Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com casca de mandioca em substituição ao milho..... | 62 |
| 6. | Síntese de proteína microbiana e excreção de ureia na urina de vacas em lactação alimentadas com casca de mandioca em substituição ao milho..... | 63 |

Capítulo 3

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Composição química dos ingredientes..... | 86 |
| 2. | Composição percentual e química das dietas..... | 87 |
| 3. | Consumo e digestibilidade dos nutrientes de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho..... | 92 |
| 4. | pH ruminal, nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis do conteúdo ruminal de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho..... | 93 |
| 5. | Dinâmica da fibra em detergente neutro no rúmen de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho..... | 94 |

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

1. Produção real: 1960-2013 e estimada (2014) da raiz de mandioca no Brasil (milhões de toneladas)..... 25
2. Percentual de participação das Regiões do Brasil na produção de raiz de mandioca e produtividade (kg/ha)..... 27
3. Produtos e subprodutos da mandioca 30

Capítulo 2

1. Desaparecimento ruminal da matéria seca da casca de mandioca e do milho moído..... 66

Capítulo 3

1. Valores de pH do fluido ruminal de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho, em função do tempo (T)..... 93
2. Valores de N-NH₃ (mg/100mL) do fluido ruminal de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho, em função do tempo (T)..... 94

RESUMO GERAL

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar a casca de mandioca na dieta de ruminantes, sendo o primeiro com vacas em lactação e o segundo com ovinos fistulados. No experimento realizado com as vacas em lactação avaliou-se o efeito da substituição do milho pela casca de mandioca sobre o consumo, digestibilidade, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite e síntese de proteína microbiana. Oito vacas da raça Holandesa foram distribuídas em dois quadrados latinos 4 x 4. Os tratamentos experimentais consistiram de quatro níveis de substituição do milho pela casca de mandioca (0, 33, 66 e 100%). A substituição do milho pela casca de mandioca diminuiu linearmente o consumo e a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e carboidratos não fibrosos, mas não alterou o consumo de fibra em detergente neutro e proteína bruta. Também foi verificada diminuição linear para a produção de leite. Os componentes do leite (g/kg), gordura, proteína, lactose e sólidos totais não foram influenciados. A concentração dos ácidos graxos de cadeia curta não foi modificada, entretanto, alterou a concentração dos ácidos graxos de cadeia média e dos ácidos graxos de cadeia longa. Os ácidos graxos insaturados não diferiram, já os ácidos graxos saturados apresentaram comportamento quadrático, assim como os ácidos graxos desejáveis. Com base nos resultados encontrados, a casca de mandioca desidratada não substituiu o milho para vacas em lactação. No experimento com os ovinos objetivou-se avaliar o efeito da substituição do milho pela casca de mandioca desidratada e moída, sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, o pH e a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos voláteis no líquido ruminal e a dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro. Foram utilizados cinco ovinos da raça Santa Inês, com cânulas no rúmen. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em quadrado latino 5 x 5. Os tratamentos experimentais consistiram da substituição do milho pela casca de mandioca (0, 25, 50, 75 e 100%). O consumo e a digestibilidade dos nutrientes não foram alterados quando o milho foi substituído pela casca de mandioca. A substituição não alterou os valores de pH e as concentrações de N-NH₃ ruminais. Não houve interação entre os níveis de substituição e os horários de coleta. Porém, tanto o pH quanto a concentração de N-NH₃ foram influenciados pelos horários de coleta. Verificou-se influência da substituição na concentração molar de

propionato e na relação acetato:propionato. Não houve efeito dos níveis de substituição sobre a massa ruminal de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente neutro indigestível, bem como para as taxas de ingestão, digestão e passagem da fibra em detergente neutro. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que o milho pode ser substituído pela casca de mandioca na dieta de ovinos.

Palavras-chave: alimentos alternativos, aproveitamento de resíduos, consumo, dinâmica ruminal da fibra, produção de leite

ABSTRACT

Two assays, respectively with milking cows and fistulated sheep, evaluated the cassava peel in ruminant diet. Experiment with milking dairy cows evaluated the effect of corn replacement by cassava peel on intake, digestibility, production, composition and profile of fatty acids in the milk and a synthesis of microbial protein. Eight cows were distributed in a 4 x 4 latin square design. Experimental treatments consisted of four corn replacement levels by cassava peels (0, 33, 66 and 100%). Corn replacement by cassava peel linearly decreased intake and the digestibility of dry matter, organic matter and non-fibrous carbohydrates, although the intake of neutral detergent fiber and crude protein was not changed. Linear decrease for milk production was also registered. Milk contents (g/kg), fat, protein, lactose and total solids were not altered. The profile of milk's fatty acids was altered when corn was replaced by cassava peel. The concentration of short chain fatty acids was not affected by the replacement but it changed the concentration of middle chain and long chain fatty acids. Unsaturated fatty acids were not altered but saturated fatty acids were modified by the replacement. They had a quadratic behavior, similar to desirable fatty acids. Results show that cassava peels did not replace corn in milking cows. Assay with sheep evaluated the effect of the replacement of corn by dehydrated and ground cassava peel on the intake and digestibility of nutrients, pH and ammoniac nitrogen concentration (N-NH₃) and volatile fatty acids in the rumen liquid and the ruminal dynamics of fibrous compounds. Five castrated Santa Inês sheep with cannulae in the rumen were used. The animals were randomly distributed in a 5 x 5 design. Experimental treatments consisted of replacement of corn by cassava peel (0, 25, 50, 75 and 100%). Intake and digestibility of the nutrients were not changed when corn was replaced by cassava peel. Substitution did not alter pH and ruminal N-NH₃ concentration. No interaction was extant between substitution levels and collection timetable. Replacement affected molar concentration of propionate and the acetate:propionate ratio. Replacement levels did not affect the ruminal mass of neutral detergent fiber and non-digestible neutral detergent fiber, ingestion rates, digestion and passage of neutral detergent fiber. Results show that corn may be replaced by cassava peel in sheep diet.

Keywords: alternative feed, intake, milk production, ruminal dynamics of fiber, use of residues

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Mudanças climáticas, degradação ambiental, crescimento populacional, aumento na demanda de alimentos, principalmente carne e laticínios, preços elevados, competição pela terra, crescimento da indústria e urbanização pressionam intensamente o sistema alimentar. Se as tendências atuais continuarem, a demanda por alimentos aumentará acentuadamente, devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico.

No passado, a elevação da demanda foi atendida e superada aumentando-se o rendimento das lavouras, entretanto, nos últimos anos, o consumo global de grãos superou sua produção. Os países em desenvolvimento, por outro lado, possuem potencial para aumento do rendimento, principalmente, a agricultura familiar em função do baixo uso de tecnologias.

O aumento na produção de alimentos de origem animal demanda uma maior quantidade de alimentos concentrados, que são representados principalmente pelo milho e farelo de soja, que juntos são destinados, em maioria, para a alimentação animal, o que gera competição com o uso na alimentação humana. Além disso, existem os fatores ligados à dificuldade de produção em função das condições climáticas, principalmente em regiões semiáridas.

Associado ao crescimento está o desperdício, entre a produção e o consumo, a geração de resíduos que se inicia com as perdas no caminho entre a lavoura e o consumidor. Resíduos podem representar perda de biomassa e de nutrientes, além de aumentar o potencial poluidor que acarreta problemas de saúde pública. Por outro lado, o elevado custo associado ao tratamento, ao transporte e à disposição final dos resíduos gerados tem efeito direto sobre o preço do produto final.

Diante do exposto, justifica-se a intensificação dos sistemas de produção, com a introdução de novas tecnologias, como a utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação animal, que possui como vantagens a redução nos custos com a alimentação, principalmente de ruminantes, por possuírem maior capacidade de utilização de subprodutos, devido à capacidade fermentativa do rúmen.

A indústria da mandioca na América Latina gera perdas de aproximadamente 20% somente na produção agrícola; depois, perde-se em torno de 10% até o

processamento. A casca de mandioca, obtida do processamento, pode representar até 20% do peso inicial e, em função da sua composição, possui potencial para ser usada na alimentação de ruminantes. No Brasil, esse resíduo é bastante utilizado, principalmente em propriedades produtoras de leite, entretanto, há poucas informações sobre a utilização destes, as quantidades que podem ser inseridos na dieta, o efeito no desempenho de bovinos e de pequenos ruminantes, e o comportamento no ambiente ruminal.

O trabalho de tese está dividido em três capítulos. No capítulo 1 apresenta-se um referencial teórico, discutindo informações sobre a produção de alimentos e a utilização de resíduos da agroindústria, o panorama internacional e nacional da produção de mandioca, aspectos relacionados à cultura da mandioca e a utilização da casca de mandioca na alimentação de ruminantes. No Capítulo 2 são descritos e discutidos os resultados da utilização da casca de mandioca moída em substituição ao milho para vacas em lactação em confinamento, em que foram observados o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, a produção, a composição do leite e o perfil de ácidos graxos do leite e a produção de proteína microbiana. No Capítulo 3, o efeito da substituição do milho pela casca de mandioca moída foi testado em ovinos fistulados. Foram avaliados o consumo e digestibilidade dos nutrientes, os parâmetros ruminais e a dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro. Os Capítulos 2 e 3 foram redigidos conforme as normas da Revista *Animal Feed Science and Technology*.

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

Utilização da casca de mandioca na dieta de ruminantes

Produção de alimentos e utilização de resíduos da agroindústria

A população mundial aumentará em um terço até 2050. A maioria deste adicional, que é de dois bilhões de pessoas, viverá em países em desenvolvimento. Ao mesmo tempo, este crescimento populacional acontecerá principalmente na zona urbana. Se o desenvolvimento econômico e o consumo alimentar continuarem, que é a tendência, estima-se que a produção agrícola terá de aumentar em 60% em 2050 para satisfazer as demandas esperadas para alimentação humana e animal (FAO, 2013a). Sendo assim, a agricultura deve transformar-se para alimentar uma população global crescente e fornecer a base para o crescimento econômico e a redução da pobreza.

A seca e as mudanças climáticas global estão comprometendo o rendimento dos cereais, aumentando assim os seus preços no mercado internacional (BEN SALEM; SMITH, 2008). A mudança climática não somente ameaça a agricultura, mas também a maneira como cultivamos ameaça o próprio clima, com relação à emissão de gases poluentes para a atmosfera ou gases do efeito estufa (BAILEY, 2011).

A situação exige que os sistemas de produção sejam cada vez mais eficientes e esta necessidade no acréscimo da produção esbarra no aumento do uso dos recursos naturais. Entretanto, as pressões sobre a terra e a água podem ser reduzidas com a utilização de práticas e técnicas que melhorem a produção e promovam formas sustentáveis no uso do solo e da água, de maneira a reduzir a dependência de insumos.

A intensificação dos sistemas produtivos não está limitada às grandes empresas do setor agropecuário. Aumento na produtividade das atividades realizadas por pequenos produtores rurais e na agricultura familiar pode contribuir significativamente com a melhoria na produção de alimentos, e todos esses, tanto os grandes quanto os pequenos produtores, possuem potencial de crescimento nos países em desenvolvimento. Algumas técnicas sustentáveis podem ser usadas para melhorar os índices produtivos e minimizar danos ao meio ambiente, como: irrigação por gotejamento, coleta de água da chuva, plantio direto, sistemas agroflorestais e agroecológicos, cultivos consorciados e fertilizantes orgânicos (BAILEY, 2011).

A produção mundial de cereais diminuiu em 1,1% e o consumo de cereais, principalmente o milho, trigo, soja e o arroz, aumentou em 1,9%, os cereais secundários como sorgo, cevada e aveia também diminuiram em 0,5%. A quantidade de grãos

destinados a alimentação animal é de 42% do total produzido (IGC, 2012), e tende a aumentar em função do consumo de alimentos de produtos de origem animal, principalmente o da carne, que dobrou em um período de 10 anos (FAO, 2013b). Esses resultados são provenientes do desenvolvimento econômico dos países emergentes, o que promoveu aumento no consumo de produtos agropecuários.

O agronegócio no Brasil representa 20,15% do produto interno bruto (PIB) MAPA (2014). A safra nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas, em relação à obtida em 2013 foi superior 1,1%, enquanto a área a ser colhida em 2014 apresentou acréscimo de 4,3% em relação ao ano de 2013. O arroz, o milho e a soja, que são os três principais produtos deste grupo, somados, representaram 92,5% da estimativa da produção e responderam por 85,5% da área a ser colhida. No que se referem à produção, os acréscimos foram de 6,3% para o arroz e de 8,3% para a soja. Para o milho houve diminuição de 7,0% quando comparado a 2013 (IBGE, 2014). No Brasil, cerca de 70% do milho produzido destina-se à alimentação animal.

Foram constatados incrementos de 0,6% na Região Centro-Oeste, 40,1% no Nordeste e 5,6% na Região Norte para a produção de grãos. As Regiões Sul e Sudeste apresentaram, respectivamente, diminuição de 3,2% e 5,6% em relação à produção do ano anterior. Nessa avaliação para 2014, o Mato Grosso liderou como maior produtor nacional de grãos, com uma participação de 23,9%, seguido pelo Paraná (17,6%) e Rio Grande do Sul (16,2%), que somados representaram 57,7% do total nacional previsto (IBGE, 2014).

Nos países em desenvolvimento, o crescimento da população, aliado a urbanização, melhoria da renda e mudança na dieta se traduz em necessidade do aumento na produção de alimentos energéticos e proteicos.

No Brasil, o consumo anual médio de carne bovina por habitante é de 37,9 kg. Em 2023, com o aumento da população e de sua renda, estima-se que o país irá consumir 10,8 milhões toneladas (considerando uma população de 216 milhões e um consumo de 50 kg/habitante/ano) e as exportações deverão ser de 2,8 milhões de toneladas. O volume de leite produzido deverá ser de 45,3 bilhões de litros/ano para atender o consumo da população (IMPrensa BRASIL, 2014).

As exportações das três principais carnes (bovina, suína e de frango) registraram um crescimento de 4,8% em fevereiro de 2014 em relação ao mesmo período em 2013.

O volume embarcado foi de 495 mil toneladas, com aumento de 7,6%. Entre os três tipos de carnes, a bovina foi a única que obteve crescimento nas vendas externas, com aumento de 36,2% em valor. Os produtos lácteos também apresentaram aumento de 23% nas exportações em igual período (PASTORE et al., 2014).

O aumento na demanda de produtos de origem animal traz o incremento da produção de alimentos concentrados para suprir a alimentação animal; desse modo, torna-se obrigatório a preocupação com ações sustentáveis do ponto de vista, da eficiência de produção e utilização desses alimentos, evitando perdas e reaproveitando produtos que possam ser usados para substituir aqueles que são base para alimentação humana. Ao mesmo tempo em que a produção de alimentos aumenta, ocorre um aumento na quantidade de alimentos desperdiçados ao longo da cadeia de abastecimento alimentar.

Os resultados de estudos sugerem que aproximadamente um terço de alimentos para consumo é perdido ou desperdiçado no mundo, o que equivale a cerca de 1,3 bilhão de toneladas por ano (GUSTAVSSON, et al., 2011). A produção agrícola é responsável pela maior fatia no volume total de desperdício de alimentos (33%). A produção, manuseio e armazenamento pós-colheita representam 54% do total de desperdício, já o processamento, distribuição e consumo somam 46%. Assim, em média, o desperdício de alimentos é equilibrado entre o setor produtivo e o de abastecimento (FAO, 2013b).

Nos países desenvolvidos, o desperdício chega em torno de 25% dos alimentos comprados por domicílio; desse modo, consumidores e empresas precisam mudar seus comportamentos e suas práticas. Nos países em desenvolvimento, o desperdício ocorre na pós-colheita devido ao armazenamento precário e da infraestrutura de transporte deficiente, os governos precisam aumentar seus investimentos (BAILEY, 2011). Na América Latina, as maiores perdas na cadeia de abastecimento alimentar ocorrem no setor de frutas e vegetais, seguido de raízes e tubérculos (WADHWA; BAKSHI, 2013).

Na agroindústria, durante o processamento dos alimentos, que é o nome dado ao conjunto de métodos e técnicas usados para transformar ingredientes brutos em produtos para consumo humano e animal (NUNES, 2003), são gerados os produtos, que vêm a ser o objetivo principal do beneficiamento, e desse processo são gerados os

resíduos. O termo resíduo refere-se a todos os subprodutos e sobras do processamento de alimentos que são de valor relativamente baixo (SEIBEL; SOARES, 2003).

Ørskov (1977) definiu subproduto ou resíduo como um componente resultante da produção de um produto principal de uma empresa e enfatiza que alguns subprodutos em função do valor nutricional possuem altos preços no mercado e tornam-se tão importantes ou mais importantes que o produto principal, como exemplo, os farelos produzidos a partir do processamento de cereais e os óleos provenientes do bagaço de sementes.

O Brasil, por ser um país de grande atividade agrícola produz resíduos agroindustriais que geram impactos ambientais. Produtores e indústrias enfrentam o problema de descarte da biomassa residual que, embora seja biodegradável, necessita de um tempo mínimo para ser mineralizada, constituindo-se em fonte de poluentes ambientais (CATANEO et al., 2008). O elevado custo associado ao tratamento, ao transporte e à disposição final dos resíduos gerados tem efeito direto sobre o preço do produto final. Atenção especial tem sido voltada à minimização ou reuso de resíduos e ao estabelecimento de novas formas de uso de produtos e subprodutos agropecuários em substituição aos recursos não renováveis (ROSA et al., 2011).

A utilização eficiente desses resíduos é importante, uma vez que pode agregar valor ao material e prevenir problemas de poluição ambiental (MALACRIDA et al., 2007). Neste contexto, o setor agropecuário deve dispor de alternativas para o gerenciamento dos resíduos que venham a ser gerados, o que se torna fator diferencial para as empresas, garantindo a diversificação da linha de produtos, o crescimento sustentável e a responsabilidade socioambiental (BERTOLDI, 2003).

Alimentos alternativos na alimentação animal

A alimentação animal com subprodutos tipicamente na forma de resíduos de colheitas tem sido praticada. A maioria dos subprodutos utilizados é resultante do processamento da indústria alimentícia e têxtil, sendo a sua importância em regiões próximas a essas indústrias e quando o suprimento de grãos está baixo ou seus preços elevados (GRASSER et al., 1995).

Os resíduos da agroindústria podem assumir grande importância na alimentação de ruminantes, principalmente em situações em que a disponibilidade natural de forragens nas pastagens é baixa, quando as reservas de forragens conservadas forem insuficientes e que não venham a atender as exigências dos rebanhos, na formulação de misturas múltiplas para animais submetidos a métodos de pastejo, ou ainda quando a disponibilidade, o valor nutritivo e o custo do resíduo permitirem sua inclusão na formulação de rações concentradas, que venham substituir os alimentos nobres utilizados (SOUZA et al. 2004).

De modo geral a quantidade e qualidade dos subprodutos podem variar em função do local e época onde forem obtidos; podem estar disponíveis em pequenas ou grandes quantidades, ou de forma sazonal. A composição bromatológica do ingrediente também pode variar de acordo com o processamento que gera o resíduo e podem mudar sua composição de uma localidade para outra e de um dia para o outro, pois geralmente possuem alto teor de umidade. Na maioria das vezes, os resíduos precisam ser secos antes de serem utilizados, uma vez que alta umidade provoca dificuldades no armazenamento, transporte e manuseio, bem como na composição química, entretanto, esse procedimento geralmente é realizado na propriedade rural.

Os subprodutos geralmente são incluídos na dieta em pequenas quantidades e desse modo pode ser difícil determinar se eles possuem uma contribuição nutricional ou não, e muitas vezes não existe interesse em testar o material de forma adequada ou estabelecer controles de procedimentos, de modo que a qualidade de um produto possa ser mantida (ØRSKOV, 1977).

Sendo assim, o estudo para tomada de decisão na utilização de alimentos que possam substituir aqueles que são tradicionais na alimentação animal são importantes e necessários, visando o efeito na produção, minimização dos custos e o aproveitamento destes para evitar impactos ambientais.

Vários são os resíduos empregados na alimentação de ruminantes, seu valor depende da qualidade nutricional, bem como dos preços estipulados pelo mercado em função da demanda. Pesquisas com ruminantes foram realizadas com diversos tipos de resíduos como: farelo de manga (MOURA NETO et al., 2014), resíduo de uva (SANTOS et al., 2014), óleo de girassol (MORGADO et al., 2014), casca de romã (ABARGHUEI et al., 2014), farinha e raspa de mandioca (FERREIRA & SILVA,

2011), resíduo úmido da fécula de mandioca (GONÇALVES et al., 2014), farinha de pinhão manso (OLIVEIRA et al., 2013), entre outros.

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e seus resíduos tem merecido destaque como ingrediente alternativo, por ser um recurso de grande valor para a alimentação nos trópicos. Os subprodutos da mandioca são partes constituintes da própria planta, gerados em função do processo tecnológico adotado. Tanto a qualidade, quanto a quantidade dos subprodutos variam em função da cultivar, idade da planta, tempo após a colheita, tipo e regulagem do equipamento industrial, entre outros (CEREDA, 2001).

Panorama mundial e nacional da produção de mandioca

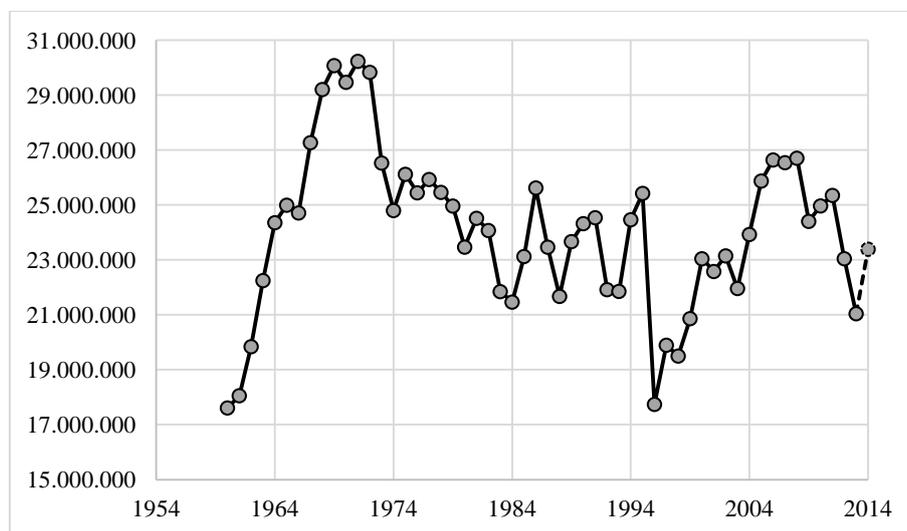
A produção mundial de mandioca em 2012 ultrapassou 254 milhões de toneladas. A maior contribuição do crescimento da produção mundial foi do continente africano, onde se destaca a Nigéria com 54 milhões de toneladas de raiz, o que corresponde a 37% daquele continente e a 21,3% do produzido no mundo. Em seguida, vem a Indonésia com 9,4% e a Tailândia com 8,9% da produção mundial, sendo este país também o principal responsável pela exportação de fécula, principalmente para União Europeia e China (FAOSTAT, 2014).

A América Latina é responsável por 12% da produção mundial e o Brasil representa 69,7% dessa produção. O Brasil encontra-se como o quarto maior produtor de mandioca do mundo, responde por 8,4% da produção, o que correspondeu a 21,2 milhões de toneladas no ano de 2012 (FAOSTAT, 2014).

A China é o maior importador do mundo de mandioca e seus derivados, principalmente, a fécula. Em 2009 foram aproximadamente 7,5 milhões de toneladas, usadas quase que exclusivamente pelas indústrias desse país.

O Brasil já foi o maior produtor de mandioca do mundo. Independente de oscilações, no período entre 1970 e 2010, a área plantada e o volume produzido diminuíram, enquanto a produtividade média ficou estagnada. Isso se atribui a fatores como mudanças nos hábitos alimentares dos brasileiros (com a substituição da farinha de mandioca por massas à base de farinha de trigo) e nas alternativas de alimentação animal (rações balanceadas substituindo preparados à base de raízes e folhas de

mandioca), além das constantes oscilações de preço no mercado nacional e mundial, que desestimulam os produtores (SEBRAE, 2012) (Figura 2).



Adaptado de IPEA (2013), IBGE (2014).

Figura 1. Produção real: 1960-2013 (linha contínua) e estimada: 2014 (linha pontilhada) da raiz de mandioca no Brasil (toneladas).

Para 2014, a produção de mandioca estimada é de 23.381.402 de toneladas, variação positiva de 10,3% na estimativa de produção de 2014 quando comparada a 2013. A área total decresce 1,5%. A estiagem na Região Nordeste, que persistiu por dois anos, impediu a recuperação da oferta de raízes até o final de 2013. Entretanto, a Região apresenta perspectivas iniciais positivas para 2014, na área a ser colhida (+7,7%) e no rendimento médio (+22,6%) (IBGE, 2014).

O cultivo da mandioca está presente em todos os estados do Brasil. A maior concentração ocorre nos estados do Nordeste, cuja região representa aproximadamente 25% da produção Nacional. Tanto no Norte como no Nordeste existem centenas de casas de farinha, como são localmente conhecidas. Além de produzirem a maior quantidade de farinha do país, estas regiões também são responsáveis pelo maior consumo *per capita* do produto.

A Região Sudeste se destaca com o estado de São Paulo, com apenas 10% de representatividade na produção de raiz, tem um excelente potencial agrícola, possui

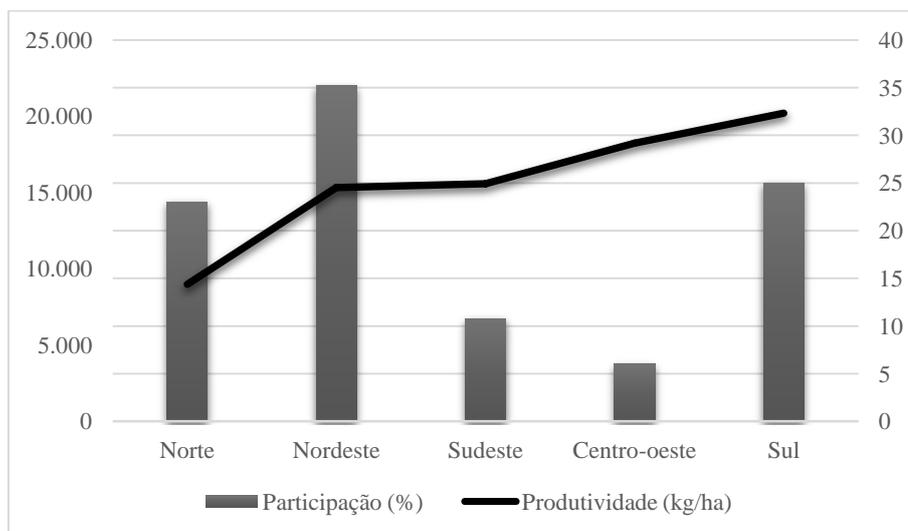
grandes e modernas indústrias de fécula, e também se destaca como produtor de farinha. O Estado de São Paulo, além de grande consumidor, é também importante fornecedor de farinha para o Norte e Nordeste. Destaca-se também o Estado de Minas Gerais com suas fábricas de polvilho azedo, na Região do Triângulo Mineiro, cujo produto se destina ao fabrico de pão de queijo ou bolachas.

A Região Sul ocupa o terceiro lugar na quantidade produzida de mandioca, e é o principal polo industrial, que contabiliza o maior número de fecularias de médio e grande porte. O estado do Paraná é o principal produtor, que corresponde em média 67% da produção agrícola na Região Sul e contribui com 70% da fécula brasileira (IPEADATA, 2013) (Figura 3).

De acordo com o IBGE (2011), o Brasil tem cerca de 4,1 milhões de estabelecimentos familiares, 84% dos quais produzem a maior parte dos alimentos que chega à mesa dos brasileiros. Esses produtores são responsáveis por mais da metade da produção nacional da mandioca. Na Região Centro-Sul predomina o processo industrializado/mecanizado e no Norte-Nordeste, produção majoritariamente artesanal (IBGE, 2011). A mandioca no Nordeste é produzida, principalmente, por produtores de pequeno porte, em sistemas de produção complexos, com pouco ou nenhum uso de tecnologia moderna (CARDOSO; SOUZA, 2003).

Em âmbito mundial, o uso da mandioca na alimentação animal ocupa o segundo lugar em importância. Nesse caso, a América do Sul está em posição de destaque, 38,8% do total é destinado à produção de alimentos para animais, em função da sua utilização mais intensa no Brasil e no Paraguai (FAO, 2012).

O consumo *per capita* de farinha em 2009 no Brasil foi de 42,4 kg/ano, maior consumo nas regiões Norte e Nordeste. A média brasileira é de 5,3 quilos anuais *per capita*, enquanto a região Norte continua com a maior média do País (23,54 kg/*per capita*/ano), seguida pela região Nordeste (9,67 kg/*per capita*/ano). Todas as demais regiões apresentam consumo inferior a 1,3 kg/*per capita*/ano.



Adaptado do IBGE (2014).

Figura 2. Percentual de participação das regiões do Brasil na produção de raiz de mandioca e produtividade (kg/ha).

O Brasil é o mais desenvolvido dentre os grandes produtores (SEBRAE, 2012), entretanto, os preços da mandioca são sensíveis à lei da oferta e da procura. Quando a oferta é superior à demanda, os preços caem, podendo atingir valores abaixo do mínimo, desse modo os produtores, tornam-se reféns da instabilidade dos preços (ARAÚJO; ARRUDA JÚNIOR, 2013). Assim, é necessária a estruturação e condução da organização da cadeia produtiva da mandioca com a crescente diferenciação de produtos, com as possibilidades de farinhas especiais; e as perspectivas para a utilização da fécula, como matéria-prima para diversos ramos industriais (SEBRAE, 2012). Pode-se assim, aumentar a produção e, conseqüentemente, a participação nas exportações, que atualmente, corresponde a apenas 2% do total exportado.

Nesse contexto, ocorre também a necessidade de melhor utilização dos resíduos ou subprodutos gerados a partir da cultura da mandioca.

A cultura da mandioca

A mandioca tem-se constituído em um dos sustentáculos energéticos na nutrição das populações de baixos recursos socioeconômicos dos países tropicais e subtropicais.

Além da riqueza das raízes em carboidratos, particularmente amido, a parte aérea tem sobressaído como fonte de proteínas, vitaminas e minerais destacando-se também como uma perspectiva para alimentação humana e animal (FERREIRA FILHO, 1997) e como matéria-prima em inúmeros produtos industriais, e na geração de emprego e de renda (MATTOS; CARDOSO, 2003).

A mandioca pertence à classe das dicotiledôneas, à ordem Euphorbiales, à família Euphorbiaceae, ao gênero *Manihot* e à espécie *Manihot esculenta* subsp *esculenta*. O gênero *Manihot* é composto por cerca de 98 espécies. A única espécie do gênero cultivada comercialmente, visando à produção de raízes tuberosas ricas em amido, é a *Manihot esculenta* subsp *esculenta*. A espécie é um arbusto perene, entretanto, sua lavoura é classificada como temporária nos diferentes censos e pesquisas realizados no país por ser replantada anualmente (SEBRAE, 2012).

A planta da mandioca é originária da América do Sul, cultivada desde a antiguidade pelos povos nativos deste continente. Oriunda de região tropical, encontra condições favoráveis para o seu desenvolvimento em todos os climas tropicais e subtropicais (SOUZA; SOUZA, 2000). Cultivada principalmente em países tropicais, em desenvolvimento, e importante na segurança alimentar dessas populações principalmente por causa da rusticidade, que reflete na capacidade de produzir elevadas quantidades de amido em condições em que outras espécies dificilmente sobreviveriam, da versatilidade de usos, da flexibilidade de plantio e de colheita, e da importância sociocultural que representa para essas populações (FIALHO; VIEIRA, 2012).

É uma cultura cianogênica, por ter em sua constituição glicosídeos cianídricos (linamarina e lotraustalina) e enzimas como a linamarase, que em reação de hidrólise liberam o ácido cianídrico (HCN), que é tóxico ao homem e aos animais. Daí as variedades serem classificadas em mandiocas de mesa (aipim, macaxeira, mandioca doce) (menos de 100 ppm HCN) e de indústrias (mandioca, mandioca brava) (mais de 100 ppm HCN) (FIALHO; VIEIRA, 2012).

A agroindústria da mandioca é um dos sistemas produtivos mais importantes para pequenas comunidades brasileiras. Essa modalidade de produção influencia diretamente no crescimento econômico do país (SANTOS et al., 2009). A tecnologia empregada na colheita varia de acordo com recursos disponíveis da propriedade, podendo ser manual ou mecânica. A colheita manual é realizada através do simples

destacamento da haste, ocorrida na base da planta, ou pelo corte através da utilização de ferramentas manuais. Na colheita mecânica são utilizados equipamentos tipo ensiladeiras, comumente empregadas na colheita de outras culturas, como milho, cana-de-açúcar, etc. (ANDRÉ; SANTOS, 2012).

No processamento industrial, as raízes da mandioca são amplamente utilizadas na produção de farinha e de fécula (amido ou goma), bem como para o consumo direto na alimentação humana (BARROS et al., 2003) e alimentação animal. A fécula ou amido após ser processado, pode ser matéria-prima para a indústria alimentícia, de papel, farmacêutica, química, do vestuário, entre outras (TAKAHASHI; GONÇALO, 2005). Diversos estudos estão sendo desenvolvidos para a utilização da raiz da mandioca para a produção de etanol (YANG et al., 2011), (OGBONNA; OKOLI, 2010), (SALA et al., 2010).

Do processamento da raiz são gerados os subprodutos sólidos, casca de mandioca, farinha de varredura e bagaço ou farelo (MARQUES; CALDAS NETO, 2002). O subproduto líquido é a manipueira, obtida tanto do processamento para formação da farinha quanto da fécula. Todos esses subprodutos podem ser utilizados na alimentação animal como fonte de energia. A parte aérea da mandioca fornece as folhas e o caule, também denominados por subprodutos da parte aérea; pode ser utilizada tanto na alimentação humana como animal (silagem e feno) (Figura 1).

Estima-se que a cultura de raízes e tubérculos seja a atividade que gera a segunda maior quantidade de resíduos, ficando atrás somente das frutas e vegetais. Na produção agrícola são gerados 14% de resíduos, 14% na pós-colheita, 12% no manuseamento e armazenamento, 3% no processamento e acondicionamento e 4% na distribuição e consumo a nível familiar (GUSTAVSSON, et al., 2011).

A localização das unidades de processamento é decisiva no processo de aproveitamento dos resíduos. Regiões onde há algum tipo de pecuária, em especial a leiteira, há uma demanda maior pelos produtos, o que pode permitir a comercialização. Em outros casos, a baixa atividade pecuária e a inexistência de práticas de adubação do solo, não criam a demanda pelos subprodutos (BARROS et al., 2003).

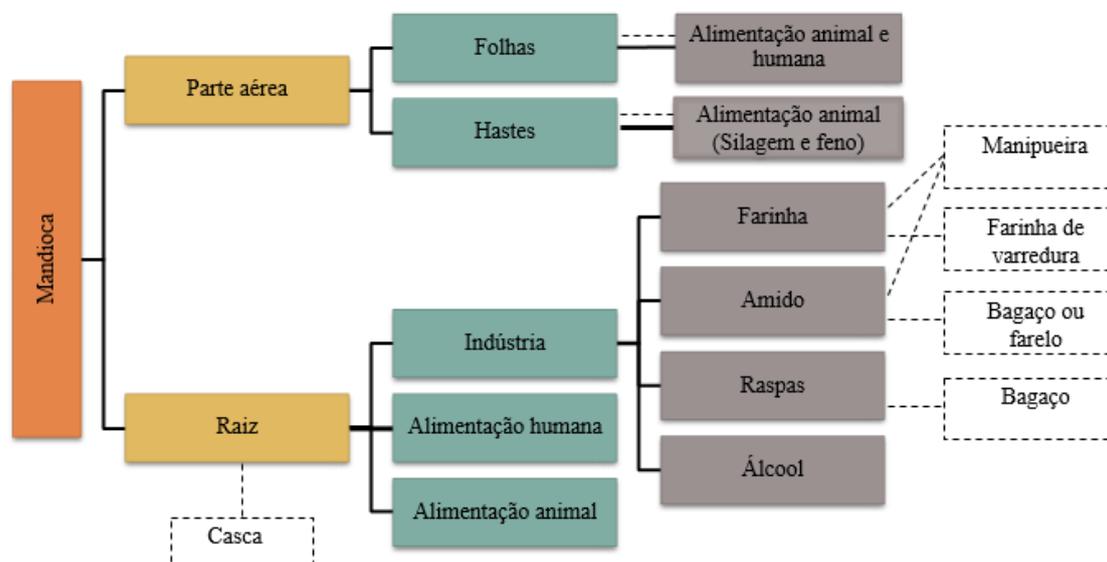


Figura 3. Produtos e subprodutos da mandioca (Linhas contínuas – produtos, linhas pontilhadas – subprodutos).

O tipo de resíduo da mandioca depende do objetivo na fabricação e também do nível tecnológico de produção. O processo de fabricação de produtos provenientes da mandioca, como a fécula, exige maior nível tecnológico e grandes quantidades de raízes são processadas com equipamentos modernos, centrífugas contínuas no processo de limpeza e separação de cascas (WOSIACKI; CEREDA, 2002). Esse processo é feito por via úmida, o que leva aos resíduos como casca, bagaço e a manipueira possuírem maior teor de umidade.

Nas casas de farinha artesanais, a maioria encontrada no Nordeste, o processo inicial, como o descasque da mandioca, é realizado manualmente, e dessa forma, obtém-se a casca de mandioca com menor teor de umidade, quando comparado com o processamento feito na indústria. Em seguida, ocorre o processamento da polpa da mandioca para obtenção da farinha de mesa por meio de máquinas simples, rudimentares. O resíduo líquido denominado manipueira, é armazenado em caixas ou tanques para sofrer decantação, seguindo para comercialização ou descarte. As unidades domésticas vêm perdendo participação na produção, em decorrência da nova configuração que o mercado exige, com relação à qualidade do produto final, mantendo-se em mercados regionais de menor expressão.

A causa da poluição ambiental é decorrente da disposição e destinação dos efluentes industriais em desobediência às normas ambientais, além do acúmulo de resíduos industriais como a casca da mandioca, sem destinação e aproveitamento; entretanto, deve-se estudar formas econômicas de tratamento dos resíduos das cascas, a ser realizado por órgãos ambientais e iniciativa privada. Apoiar e orientar a implantação desses novos métodos, com o objetivo de evitar a poluição ambiental (SEBRAE, 2003).

A alimentação animal é um aspecto que deve ser considerado em favor à cultura da mandioca, pois diz respeito aos aspectos de segurança alimentar, principalmente nas unidades de produção do tipo familiar, situadas em regiões onde as condições agroambientais limitam o cultivo de outras culturas (CARDOSO; SOUZA, 1999).

Casca de mandioca na alimentação de ruminantes

Composição nutricional

De acordo com o Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária (PORTARIA nº 554, de 30 de Agosto de 1995) que define a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento, Armazenamento e Transporte da Farinha de Mandioca, a casca da mandioca é a película que envolve a camada protetora da raiz denominada de entrecasca. Sendo assim, para uso na alimentação animal, é um produto resultante do processo de limpeza e descasque da mandioca, considerado como resíduo.

A casca de mandioca é utilizada extensamente na alimentação animal nos países da África (SMITH, 1988), Ásia e América Latina (BAAH et al., 2010). Segundo Pereira Neto (2012), a casca de mandioca representa aproximadamente 20% do peso total da raiz fresca e pode ser utilizada na alimentação animal nas formas *in natura*, feno e silagem.

De modo geral, a casca de mandioca, por ser um resíduo, não possui composição química uniforme devido a variações no tipo de processamento. Os valores da composição química da casca de mandioca, não são homogêneos e padronizados, como para os alimentos clássicos usados na alimentação animal (ABRAHÃO et al., 2006).

Inicialmente, sua composição depende do local onde o produto foi adquirido em função do processamento (manual ou com auxílio de equipamentos). Quando a casca da mandioca é retirada manualmente, juntamente com a casca resta quantidade

considerável de amido. Na indústria, onde o descascamento é feito com equipamentos especializados, a quantidade de amido que fica aderido à casca depende da eficiência de retirada da mesma, que é diferente em cada indústria, em função do equipamento.

Quando o processo de retirada da casca é feito de forma manual, com o auxílio de facas, o teor de matéria seca é maior, enquanto que, na indústria, esses valores são abaixo de 20%, pois o processamento é feito por via úmida. Do mesmo modo, o teor de amido e fibra em detergente neutro também são influenciados pela forma de processamento. Por outro lado, a casca de mandioca caracteriza-se por apresentar baixos teores de proteína bruta.

Os valores da composição bromatológica da casca de mandioca podem ser observados na Tabela 1.

Pode-se observar que a composição da casca de mandioca possui grande variação em todos os seus componentes. O teor de matéria seca apresenta-se de acordo com o tipo do processamento. O teor de proteína do material apresentado variou de 29,0 a 68,0 g/kg de matéria seca e o teor de fibra em detergente neutro variou de 286,0 a 429,9 g/kg de matéria seca. A casca de mandioca apresentou considerável teor de amido, entre 353,8 e 582,6 g/kg de matéria seca.

O baixo teor de proteína bruta, observado no material apresentado, deve ser levado em consideração, pois se faz necessário o uso de outras fontes de proteína bruta para correção.

De modo geral, quando a casca de mandioca for utilizada, deve-se fazer a análise bromatológica do material, para melhor combinação dos alimentos que farão parte da dieta, devido à grande variação nos teores de nutrientes encontrados.

Fonte	Característica	MS ¹	MO ²	PB ³	FB ⁴	FDN ⁵	FDA ⁶	Amido ⁷	EE ⁸	NDT ⁹
Larsen & Amaring-Kwarteg (1976)	Úmida	415,5	-	29,0	72,5	-	-	-	-	-
Adebowale (1981)	Desidratada	824,0	-	68,0	105,0	-	-	-	-	-
Onwuka & Akinsoynu (1989)	Úmida	285,6	910,0	59,4	317,5	-	-	-	110,0	-
Marques et al. (2000)	Desidratada	892,0	878,0	37,0	-	286,0	204,0	480,0	-	-

Tabela 1. Composição da casca de mandioca (g/kg de matéria seca)

Martins et al. (2000)	Desidratada	886,8	960,0	45,5	-	429,9	287,0	353,8	-	-
Fregadolli et al. (2001)	Desidratada	927,3	850,8	-	-	-	-	-	-	-
Zeoula et al., (2002)	Desidratada	896,9	884,1	35,9	-	331,8	-	582,6	-	-
Menezes et al. (2004)	Desidratada	805,0	960,0	45,5	-	317,5	-	-	8,0	-
Ferreira et al. (2007)	Úmida	324,5	920,1	45,1	-	205,1	-	-	12,9	-
Otukoya & Babayemi (2008)	Desidratada	949,2	866,2	56,8	-	320,0	209,8	-	-	-
Farias et al. (2011)	Úmida	339,3	958,0	39,4	88,6	-	-	-	9,0	-
Suranindyah & Astuti (2012)	Desidratada	857,5	-	58,0	-	-	-	-	6,7	825,1
Asaolu et al. (2012)	Desidratada	857,0	808,1	32,8	-	284,6	-	-	17,2	-

¹Matéria seca, ²Matéria orgânica, ³Proteína bruta, ⁴Fibra bruta, ⁵Fibra em detergente neutro, ⁶Fibra em detergente ácido, ⁷Amido, ⁸Extrato etéreo, Nutrientes digestíveis totais.

Efeito sobre o consumo e a digestibilidade

Nos trabalhos encontrados na literatura pesquisada especialmente com ruminantes, de modo geral, os autores fazem a avaliação da casca de mandioca substituindo o milho ou leguminosas existentes na região.

A substituição do milho pela casca de mandioca na dieta de ovinos foi avaliada por Adebowale (1981), o autor observou que o consumo de matéria seca diminuiu em dietas contendo mais que 40% de casca de mandioca; entretanto, não diferiu do controle (0% de substituição) quando os animais alimentaram-se com 20% de casca de mandioca na dieta. A digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, fibra bruta e nutrientes digestíveis totais também diminuiriam com o aumento dos níveis de casca de mandioca na dieta.

Lakpine et al. (1997) trabalharam com a substituição total do milho pela casca de mandioca desidratada para cabras prenhas a pasto. As cabras recebiam o concentrado no cocho em relação ao percentual do peso vivo (1,5% do peso vivo). Foi observada redução linear para o consumo de matéria seca e proteína bruta com o aumento da substituição da casca de mandioca pelo milho.

Para caprinos em crescimento, Menezes et al. (2004) trabalharam com casca de mandioca desidratada e moída também em substituição ao milho (0, 33, 66 e 100%) e observaram diminuição linear no consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e carboidratos não-fibrosos, atribuindo ao alto teor de fibra em detergente neutro da casca de mandioca (430,0 g/kg). Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro também diminuiriam. Segundo os autores, a quantidade de matéria mineral da casca de mandioca (240g/kg) pode ter influenciado negativamente a digestibilidade dos nutrientes das rações com 33, 66 e 100% de substituição.

Pesquisas foram realizadas para substituir a casca de mandioca por leguminosas utilizadas no local de estudo. Adelaye et al. (1993) forneceram para cabras dietas com cinco níveis de substituição da casca de mandioca pela leguminosa *Parkia filicoidea*, típica da África, sendo o percentual na dieta de até 40%. A ingestão e a digestibilidade da matéria seca foram maiores quando os animais consumiram dietas com até 50% de substituição, sendo feita essa recomendação pelos autores. O feno de leucena (*Leucaena leucocephala*) foi avaliado em substituição parcial a casca de mandioca (até 45% de

substituição para cabras por Otukoya & Babayemi (2008). Observou-se que o consumo de matéria seca foi maior em cabras que consumiram 45% de leucena e 55% de casca de mandioca e que com o percentual mais elevado de leucena ocorreu redução na digestibilidade dos alimentos pelas cabras.

Efeito sobre os parâmetros ruminais

Oke et al. (2009) avaliaram a substituição parcial da silagem de milho por casca de mandioca desidratada na dieta de bovinos, sendo três níveis de casca de mandioca 0, 26 e 40%. Os autores observaram que não houve efeito nos valores de pH, ácidos graxos voláteis e nitrogênio amoniacal do líquido ruminal. O pH apresentou valor médio de 6,2, a concentração de N-NH₃ foi de 19,2 mg/dL e os ácidos graxos voláteis 2,5 mg/100 mL. Quando o N-NH₃ foi analisado com relação aos horários de coleta, a dieta com maior nível de casca de mandioca apresentou maiores valores em relação à silagem de milho 1,5 horas após a alimentação. Os autores recomendaram a substituição da casca de mandioca pela silagem de milho entre 20 e 30%.

Zeoula et al. (2002) observaram que as concentrações de N-NH₃ e pH no líquido ruminal de novilhos não foram alteradas quando forneceram rações com milho ou a combinação de milho e casca de mandioca (21% de milho e 21% de casca de mandioca no concentrado). Os valores médios de pH no líquido ruminal para as dietas com milho foi de 6,25 e para os animais que consumiram as dietas com casca de mandioca e milho foi de 6,6. Do mesmo modo, Fregadolli et al. (2001) não encontraram diferenças para os valores de pH e N-NH₃ quando testaram dietas com milho ou casca de mandioca associadas a diferentes fontes de proteína para bovinos.

Efeito sobre desempenho e produção de leite

Marques et al. (2000) forneceram para novilhas dietas com até 50% de substituição do milho pela casca de mandioca e observaram que o ganho de peso diário e peso final das novilhas não diferiram com a substituição. Do mesmo modo, Oke et al. (2009) não verificaram alteração no desempenho de bovinos quando substituíram silagem de milho por casca de mandioca, até 40% de substituição.

Quando o milho foi substituído por casca de mandioca para pequenos ruminantes, Menezes et al. (2004) verificaram que o ganho de peso médio diário de

caprinos não diferiu com a substituição, entretanto, os animais apresentaram ganho insatisfatório em todos os tratamentos. Em ovinos, Adebawale (1981) observou diminuição no peso final e ganho de peso médio, contudo, não encontrou diferenças para o comprimento e da carcaça.

Otukoya & Babayemi (2008) utilizaram feno de leucena em substituição parcial à casca de mandioca para cabras (substituição de até 45%) e observaram que o ganho de peso de cabras alimentadas com 45% feno de leucena aumentou significativamente quando comparado aos animais alimentados com 100% de casca de mandioca, que perderam peso. Desse modo, os autores concluíram que as dietas que continham maior nível de casca de mandioca apresentaram efeito negativo, recomendando dietas com até 45% de substituição.

Diferentes formas de processamento da casca de mandioca na alimentação de ovinos foi verificada por Faria et al. (2011), sendo a casca de mandioca desidratada triturada em peneira de 12 ou de 5 mm, úmida triturada e ensilada, e úmida triturada e hidrolisada com 0,5% de óxido de cálcio - CaO sobre as características de carcaça. Os autores não observaram influência do tipo de processamento da casca sobre o desempenho dos ovinos e das características quantitativas de carcaça, sendo influenciado somente o rendimento de paleta.

Quanto à produção de leite, foi verificado para cabras em lactação a substituição parcial do farelo de trigo pela casca de mandioca (SURANINDYAH; ASTUTI, 2012). A substituição de 30% de farelo de trigo por casca de mandioca não teve efeito sobre a ingestão de matéria seca e matéria orgânica, mas diminuiu o consumo de proteína bruta e NDT, e como consequência a produção de leite e a composição do leite.

Referências bibliográficas

ABARGHUEI, M.J. et al. Nutrient digestion, ruminal fermentation and performance of dairy cows fed pomegranate peel extract. **Livestock Science**. v.157, p.452–461, 2013.

ABRAHÃO, J.J. et al. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.512-516, 2006.

ADEBOWALE, E.A. The maize replacement value of fermented cassava peels (*manihot utilissima* pohl) in rations for sheep. **Tropical Animal Production**. v.6, p.54-59, 1981.

ADELOYE, A.A. The feeding value of cured *Parkia filicoidea* Welw. Leaves with cassava peels to the goat. **Bioresource Technolog**. v.45, p.85-87, 1993.

ANDRE, T.B.; SANTOS, A.C. Uso de Produtos da cultura da mandioca (*Manihot*) na produção animal. **Enciclopédia Biosfera**. v.8, p.1622, 2012.

ARAÚJO, R.M.; ARRUDA JUNIOR, S. Cultura da Mandioca: estudo de caso no agreste potiguar à luz dos relacionamentos inter atores. **Revista Holos**. v.6, p.51-72, 2013.

ASAOULO, V., et al. Intake and growth performance of West African Dwarf Goats fed Moringa oleifera, Gliricidia sepium and Leucaena leucocephala dried leaves as supplements to cassava peels. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**. v.2, p.77-88, 2012.

BAAH, J. et al. Selecting browse plants to supplement cassava peel-based diet for peri-urban small ruminants. **Small Ruminant Research**. v.96, p.36–40, 2010.

BARROS, G.S.C., et. al. **Melhoria da competitividade da cadeia agroindustrial de mandioca no Estado de São Paulo**. 2003. São Paulo: SEBRAE-SP/CEPEA-ESALQ/USP. Acesso em: 03/02/2014. Disponível em: [http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/1d7b269b07fee04a03256eae005ec615/95d7cb0160bf817f832575fa005992a6/\\$FILE/NT00041C36.pdf](http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/1d7b269b07fee04a03256eae005ec615/95d7cb0160bf817f832575fa005992a6/$FILE/NT00041C36.pdf).

BAILEY, R., 2011. **Crescendo para um futuro melhor. Justiça alimentar em um mundo de recursos limitados**. Acesso em 20/01/2014. On line. Disponível em: www.oxfam.org/grow.

BEN SALEM, H.; SMITH, T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. **Small Ruminant Research**, v.77, p.174-194, 2008.

BERTOLDI, F.C. Efeito do *Lactobacillus casei* subsp. *casei* ATCC 393 na redução do sabor amargo da carne escura de atum. Florianópolis: UFSC, 2003. 61p. Dissertação Mestrado. Acesso em: 05/02/2014. On line. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86489/189938.pdf?sequence=1>.

CARDOSO, C.E.L.; SOUZA, J.S. Aspectos agro-econômicos da cultura da mandioca: potencialidades e limitações. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 86).

CARDOSO, C.E.L.; SOUZA, J.S. Aspectos econômicos. In: MATTOS, P. L. P de.; GOMES, J.C. O cultivo da mandioca. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Circular Técnica nº 37).

CATANEO, C. B. et al. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Ciências Agrárias**. v. 29, p. 93-102, 2008.

CEREDA, M.P. Caracterização dos Subprodutos da Industrialização da Mandioca. Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v.4, p.13-37, 2001.

FAOSTAT – Agricultura. 2014. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. **Base de dados estatísticos**. Acesso em 05/03/2014. On line. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

FARIAS, P.B. Processamento da casca de mandioca na alimentação de ovinos: desempenho, características de carcaça, morfologia ruminal e eficiência econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p.2929-2937, 2011.

FERREIRA FILHO, J. R. Efeito da adubação orgânica e densidade populacional na cultura da mandioca em solo de tabuleiro. **Revista Brasileira de Mandioca**. v.16. p.7-14, 1997.

FERREIRA, M.S.; SILVA, J.R.B. Utilização da casca, entrecasca e raspa da mandioca na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. v.1, p.64-66, 2011.

FERREIRA, G.D.G. et al. Valor nutritivo de co-produtos da mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 8, p.364-374, 2007.

FIALHO, J.F., VIEIRA, E.A. Mandioca no Cerrado – Orientações Técnicas (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA). Acesso em: 02/02/2014. On line. Disponível em: http://www.fbb.org.br/data/files/8AE389DB3309CEE001331C7AC60B55C6/manual_mandioca_no_cerrado.pdf.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. 2012. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk**. Acesso em: 02/02/2014. On line. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. 2013a. **Climate-Smart Agriculture (CSA)**. Acesso em 01/02/2014. On line. Disponível em: <http://www.fao.org/climatechange/climatesmart/en/>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. 2013b. **Food Wastage Footprint. Impacts on Natural Resources**. Acesso em 01/02/2014. On line. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>.

FREGADOLLI, F.L. et al. Efeito das Fontes de Amido e Nitrogênio de Diferentes Degradabilidades Ruminais. pH, Concentração de Amônia no Líquido Ruminal e Eficiência de Síntese Microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, p.870-879, 2001.

GONÇALVES, J.A.G., et al. Composição químico-bromatológica e perfil de fermentação da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca. **Bioscience Journal**. v.30, p.502-511, 2014.

GRASSER, L. A. et al. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. **Journal of Dairy Science**. v.78, p. 962-971, 1995.

GUSTAVSSON, J. et al. 2011. **Global Food Losses And Food Waste**. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Acesso em: 10/02/2014. On line. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>.

IGC – Internacional Grains Council, 2012. Acesso em: 08/02/2014. On line. Disponível em: <http://www.igc.int/en/publications/worldgrainstatistics.aspx>.

IMPrensa BRASIL. **Governo quer ampliar produção de leite em 40% em 10 anos. Portal Brasil.** 2014. Acesso em: 01/03/2014. On line. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2014/02/governo-quer-aumentar-producao-de-leite-em-40-em-10-anos>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores – IBGE. Estatística da Produção agrícola. Fevereiro, 2014.** 2014. Acesso em 12/03/2014. On line. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2011. Acesso em: 05/02/2014. On line. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>.

IPEADATA. 2013. **Produção de mandioca: quantidade.** Acesso em: 05/03/2014. On line. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>.

LAKPINI, C.A.M. Effects of graded levels of sun-dried cassava peels in supplement diets fed to Red Sokoto goats in first trimester of pregnancy. **Animal Feed Science Technology.** v.67, p.197-204, 1997.

LARSEN, R.E.; AMANING-KWARTENG, K. Cassava peels with urea and molasses as dry season supplementary feed for cattle. **Ghana Journal Agricultura Science.** v.9, p. 43-47, 1976.

MALACRIDA, C. R. et al. Composição química e potencial antioxidante de extratos de sementes de melão amarelo em óleo de soja. **Revista Ciência Agronômica,** v. 38, p. 372-376, 2007.

MARQUES, J.A. et al. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.29, p.1528-1536, 2000.

MARTINS, A.S. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte proteica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, p.269-277, 2000.

MATTOS, P.L.P.; CARDOSO, E.M.R. **Cultivo da mandioca para o Estado do Pará. Importância econômica**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Acesso em 12/02/2014. On line. http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/

MENEZES, M.P.C. et al. Substituição do milho pela casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em rações completas para caprinos: consumo, digestibilidade de nutrientes e ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, p.729-737, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. 2014. Acesso em: 06/03/2014. On line. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>.

MORGADO, E.S., et al. Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com alto teor de amido ou fibra solúvel em detergente neutro associados ao óleo de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**. v.35, p.457-466, 2014.

MOURA NETO, J.B., et al. Componentes constituintes e não constituintes da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com farelo de manga em substituição ao milho. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 35, p. 437-448, 2014.

NUNES, M. L.; BANDARRA, M. N. M. **Novas perspectivas sobre conservação, processamento e qualidade de alimentos**. 6º Encontro de Química de Alimentos. Lisboa: IPIMAR : SPQ, 2003.

OGBONNA, C.N. et al. Conversion of cassava flour to fuel ethanol by sequential solid state and submerged cultures. **Process Biochemistry**. v.45, p.1196-1200, 2010.

OKE, U.K. et al. Rumen metabolites of bovine fed cassava peels in a humid tropical environment. **Pakistan Journal of Nutrition**. v.8, p.172-175, 2009.

OLIVEIRA, P.B., et al. Growth and carcass characteristics of Santa Inês lambs fed diet supplemented with physic nut meal free of phorbol ester. **Small Ruminant Research**. v.114, p.20–25, 2013.

ONWUKA, C.F.I.; AKINSOYINU, A.O. Protein and energy requirements for maintenance and gain by West African Dwarf Goats fed Cassava (*Manihot utilissima*) leaves with peels as supplement. **Small Ruminant Research**. v.2, p.291-298, 1989.

ØRSKOV, E.R. Nutritional principles and evaluation of by-products, waste products and new feeds for ruminants. **Livestock Production Science**, v.4, p.165-175, 1977.

OTUKOYA, F. K.; BABAYEMI, O.J. Supplementation of *Leucaena leucocephala* hay as protein enrichment for cassava peels in West African dwarf goats. **Journal of Food, Agriculture & Environment**. v.6, p.247-250, 2008.

PASTORE et al. Mercado de milho, farelo de soja e ovos no Brasil de 2010 a 2013. **Revista Eletrônica Nutritime**. v.11, p.2982–3006, 2014.

PEREIRA NETO, M., 2012. **Cultivo da mandioca**. In: O produtor rural e o Rio Grande do Norte Semiárido – Sugestões para conviver melhor com as secas. Neves, A.M.B., Nobre, F.V., Fonseca, J.R.R., Belchior Filho, V. SEBRAE/RN, 2012. p.168.

ROSA, M.F. et al. Valorização de resíduos da Agroindústria. In: II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA, 2, 2011, Foz do Iguaçu, Brasil. **Anais...** Foz do Iguaçu: SIGERA, 2011. p. 98-

105. Acesso em: 02/02/2014. On line. Disponível em: <http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/p12.pdf>.

SALLA, D.A., et al. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.14, p.444–448, 2010.

SANTOS, N.W., et al. Production, composition and antioxidants in milk of dairy cows fed diets containing soybean oil and grape residue silage. **Livestock Science**. v.159, p.37–45, 2014.

SANTOS, G.R.A. et al. Composição Química e Degradabilidade *in situ* da Ração em Ovinos em Área de Caatinga no Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, p. 384-391, 2009.

SEBRAE. 2003. **Diagnóstico da Cadeia Produtiva Agroindustrial da Mandioca - Mato Grosso**. Acesso em: 03/03/2013. On line. Disponível em: [http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/97644A53539659E903256E4E00711EA1/\\$File/NT0000204A.pdf](http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/97644A53539659E903256E4E00711EA1/$File/NT0000204A.pdf).

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio à Pequena e Média Empresa. **Mandioca (Farinha e fécula) – Série estudos mercadológicos**. 2012. Acesso em: 05/02/2013. On line. Disponível em: [http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/5936f2d444ba1079c3aca02800150259/\\$File/4247.pdf](http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/5936f2d444ba1079c3aca02800150259/$File/4247.pdf).

SEIBEL, N.F., SOARES, N.A.F. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, p.333-337, 2003.

SMITH, O.B., 1988. A Review of Ruminant Responses to Cassava-based Diets. In: S.K. HAHN, et al. (Ed.). *Cassava as Livestock Feed in Africa*. África, 1988, Ibadan,

Nigéria. **Proceedings...** Ibadan, 1988. p.39-53. Acessado em: 02/02/2013. On line. Disponível em: <http://www.fao.org/wairdocs/ilri/x5458e/x5458e07.htm>.

SOUZA, A.L. et al. Casca de café em dietas de carneiros: consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.2170-2176, 2004.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L da. S. **Clima e solo**. In: MATTOS, P. L. P de.; GOMES, J.C. O cultivo da mandioca. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. (Circular Técnica nº 37). p.11-13.

SURANINDYAH, Y., ASTUTI, I. The effects of feeding dried fermented cassava peel on milk production and composition of Etawah Crossbred goat. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v.6, p.10-21, 2012.

TAKAHASHI, M.; GONÇALO, S. **A Cultura da Mandioca**. Ed. Olímpica: Paranaíba. 2005. 116p.

WADHWA, M.; BAKSHI, M.P.S. 2013. **Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products**. RAP Publication. Acesso em 05/02/2013. On line. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3273e/i3273e.pdf>.

WOSIACKI, G.; CEREDA, M. P. Valorização de resíduos de processamento da mandioca. **Exact and Soil Sciences, Agrarian Science and Engineering**. v.8, p.27-43, 2002.

YANG, H. et al. Emergy analysis of cassava-based fuel ethanol in China. **Bioenergy**. v.35, p.581-589, 2011.

ZEOULA, M.L. et al. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: pH, Concentração de N-NH₃ e Eficiência Microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1582-1593, 2002.

CAPÍTULO 2

**Utilização da casca de mandioca desidratada em substituição ao milho
na dieta de vacas em lactação**

Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição do milho pela casca de mandioca em dietas para vacas leiteiras sobre o consumo, digestibilidade, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite e síntese de proteína microbiana. Oito vacas da raça Holandesa foram distribuídas em dois quadrados latinos 4 x 4. Os tratamentos experimentais consistiram de quatro níveis de substituição do milho pela casca de mandioca (0, 33, 66 e 100%). A substituição do milho pela casca de mandioca diminuiu linearmente o consumo e a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e carboidratos não fibrosos, mas não alterou o consumo de fibra em detergente neutro e proteína bruta. Também foi verificada diminuição linear para a produção de leite. Os componentes do leite (g/kg), gordura, proteína, lactose e sólidos totais não foram alterados. O perfil de ácidos graxos do leite foi alterado com a substituição do milho pela casca de mandioca. Observou-se que a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta não foi influenciada pela substituição, entretanto, a substituição alterou a concentração dos ácidos graxos de cadeia média e dos ácidos graxos de cadeia longa. Os ácidos graxos insaturados não foram alterados, já os ácidos graxos saturados modificaram-se com a substituição, estes apresentaram comportamento quadrático, assim como os ácidos graxos desejáveis. A substituição do milho pela casca de mandioca não é recomendada para vacas em lactação, pois diminuiu o consumo, a digestibilidade e a produção de leite. As dietas contendo casca de mandioca demonstraram potencial em atribuir características desejáveis ao perfil de ácidos graxos do leite, o que pode representar um campo aberto para pesquisas futuras.

Palavras-chave: composição do leite, consumo, digestibilidade, eficiência, produção de leite, resíduos industriais

Abstract

Experiment with milking dairy cows evaluated the effect of corn replacement by cassava peel on intake, digestibility, production, composition and profile of fatty acids in the milk and a synthesis of microbial protein. Eight cows were distributed in a 4 x 4 design. Experimental treatments consisted of four corn replacement levels by cassava peels (0, 33, 66 and 100%). Corn replacement by cassava peel linearly decreased intake and the digestibility of dry matter, organic matter and non-fibrous carbohydrates, although the intake of neutral detergent fiber and crude protein was not changed. Linear decrease for milk production was also registered. Milk contents (g/kg), fat, protein, lactose and total solids were not altered. The profile of milk's fatty acids was altered when corn was replaced by cassava peel. The concentration of short chain fatty acids was not affected by the replacement but it changed the concentration of middle chain and long chain fatty acids. Unsaturated fatty acids were not altered but saturated fatty acids were modified by the replacement. They had a quadratic behavior, similar to desirable fatty acids. The replacement of corn by cassava peel is not recommended for lactating cows because decreased intake, digestibility and milk production. Diets containing cassava peel showed potential in the desirable attribute of milk fatty acids, which may represent an open field for future research.

Keywords: digestibility, efficiency, industrial waste, intake, milk composition, milk production

1. Introdução

Aumento na produção animal é esperado nas próximas décadas, no mesmo período em que haverá mudança no clima global que irá causar mudanças no clima local, que terá impacto sobre a agricultura (Nardone et al., 2010). Do mesmo modo, irá aumentar o consumo de alimentos, o que promoverá competição entre aqueles que são utilizados para diversos fins, como é o caso de alimentos concentrados, como o milho.

A substituição total ou parcial de alimentos energéticos de maior custo, por fontes de menor custo como os resíduos da agroindústria, representa uma alternativa potencial para ajudar a superar esses problemas (Ranathunga et al., 2010), de forma sustentável. A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é uma cultura tropical altamente produtiva (Dung et al., 2010), com potencial para ser usada na alimentação de ruminantes (Khampa et al., 2009) por possuir vantagens como alta quantidade de carboidratos solúveis, com alta digestibilidade (Jupamatta et al., 2011).

De acordo com o IBGE (2014), a produção estimada de mandioca no Brasil para 2014 será em torno de 23,381 milhões de toneladas. Santos et al. (2009) relacionam o uso da mandioca em diferentes setores. Do total produzido, 33,9% foram utilizados na alimentação humana, 50,2% na alimentação animal, 5,7% para outros fins, 0,2% foi destinado à exportação e 10% foram estimados como perdas.

Dentre os resíduos que derivam da mandioca, destaca-se a casca de mandioca, resultante da pré-limpeza da raiz, formado por cepa (parte da maniva que resta entre as raízes colhidas), ponta de raiz, casca e entrecasca, sendo o principal resíduo da industrialização da mandioca para produção de farinha (Prado, 2006), representa, aproximadamente, 20% do peso total da raiz fresca e pode ser utilizada na alimentação animal nas formas *in natura*, feno e silagem (Pereira Neto, 2012).

A crescente demanda nas indústrias que processam a mandioca, resulta na produção de grande quantidade de cascas, que na maioria das vezes se transformam em lixo (Suranindyah e Astuti, 2012), portanto, podem ser reaproveitadas na alimentação de ruminantes. A casca de mandioca possui em sua composição relevante conteúdo de carboidratos totais (86,21%). Por outro lado, possui baixo teor de proteína bruta (4,51%) (Ferreira et al., 2007), sendo necessária a correção com uma fonte nitrogenada (Asaolu et al., 2012). Dessa forma, a casca de mandioca, em função de sua composição,

poderia fornecer energia necessária para os processos produtivos, como substituto naquelas situações em que a disponibilidade de alimentos é limitada (Kanjapruithipong e Buatong, 2004), ainda por apresentar geralmente preço inferior a alimentos concentrados tradicionais, como o milho.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da substituição do milho pela casca de mandioca em dietas para vacas leiteiras sobre o consumo, digestibilidade, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite e a produção de proteína microbiana.

2. Material e métodos

2.1. Animais e dietas

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), no setor de bovinocultura leiteira. A fazenda localiza-se no distrito de Iguatemi, município de Maringá, Noroeste do Estado do Paraná. Foram obedecidas as normas do Conselho Nacional para Controle da Experimentação Animal (CONCEA) (BRASIL, 2013).

Foram utilizadas oito vacas da raça Holandesa, com peso vivo médio inicial de $480 \pm 23,53$ kg, com período de lactação médio de $88 \pm 16,9$ dias e produção de leite média de $20,8 \pm 2,96$ kg/dia. O delineamento experimental adotado foi o quadrado latino 4 x 4, duplo. As vacas foram alojadas em instalações do tipo Tie-Stall, com bebedouros automáticos.

O experimento teve duração de 84 dias, sendo dividido em quatro períodos de 21 dias. Os primeiros 14 dias foram destinados à adaptação dos animais às dietas e nos sete dias subsequentes foram realizadas as coletas de dados e amostras. Foi realizado um período de pré-adaptação dos animais as instalações e manejo de dez dias antes do início do período experimental. Os animais foram pesados no início de cada período experimental e ao final do último.

A casca de mandioca foi adquirida de uma indústria de amido, localizada na cidade de Alto Paraná/PR. Para a retirada da casca, as raízes de mandioca foram conduzidas aos lavadores com roscas sem fim, que possibilitavam a lavagem e o

descascamento das raízes, simultaneamente. Por meio de jatos de água, as pás raspadoras arrastavam as raízes pela extensão do lavador, em velocidade regulável, efetuando o descascamento através da raspagem. Ao ser adquirido, o resíduo era constituído de casca e entrecasca, e também continha pedaços da polpa da mandioca, em função da eficiência de retirada da casca. Inicialmente, a casca possuía matéria seca em torno de 20%, que após a desidratação ao sol, durante dois ou três dias, atingia teor de matéria seca aproximadamente de 85% (Tabela 1).

Os tratamentos experimentais consistiram em quatro níveis de substituição do milho pela casca de mandioca (0, 33, 66 e 100%). A dieta sem casca foi formulada de acordo com o NRC (2001) para atender às exigências de vacas com 480 kg e produção de 20 kg/leite/dia, com 3,5% de gordura (Tabela 2).

A proporção volumoso:concentrado das dietas foi de 62,5:37,5 (Tabela 2), sendo a silagem de milho e o feno de tifton, as fontes de volumosos utilizados. A ureia para correção da proteína da casca de mandioca foi adicionada a mistura do concentrado, a casca de mandioca foi pesada e misturada aos outros ingredientes na hora do fornecimento.

Tabela 1
Composição química dos ingredientes.

Nutrientes	Casca de mandioca	Milho moído	Farelo de soja	Silagem de milho	Feno de Tifton
Matéria seca*	843,2	882,8	890,2	313,6	841,3
Matéria orgânica ¹	910,8	988,3	943,2	967,7	966,8
Proteína bruta ¹	33,1	85,3	454,0	59,4	54,2
Extrato etéreo ¹	9,4	32,5	37,4	24,5	4,4
Fibra em detergente neutro ¹	443,2	119,2	152,9	538,5	800,2
Fibra em detergente ácido ¹	211,0	33,9	163,0	227,6	422,3
Carboidrato não fibrosos ¹	457,9	719,5	748,3	396,6	161,6
PIDN ^{1,2}	16,7	15,0	43,2	14,6	24,0
PIDA ^{1,3}	9,3	5,9	2,0	7,57	8,80

*g/kg na MN, ¹ g/kg na MS, ²Proteína insolúvel em detergente neutro, ³Proteína insolúvel em detergente ácido.

Tabela 2
 Ingredientes e composição química das dietas.

Ingredientes ¹	Níveis de substituição (%)			
	0	33	66	100
Casca de mandioca	0	61,8	123,7	185,5
Milho moído	190,0	126,7	63,3	0
Farelo de soja	165,0	165,0	165,0	165,0
Silagem de milho	450,0	450,0	450,0	450,0
Feno de Tifton	175,0	175,0	175,0	175,0
Ureia	0	1,5	3,0	4,5
Mistura mineral	20	20	20	20
Ítems	Composição química			
Matéria seca*	489,0	488,0	487,0	487,0
Matéria orgânica ¹	948,0	941,8	935,5	929,2
Proteína bruta ¹	127,3	127,8	128,4	128,9
Extrato etéreo ¹	24,1	22,6	21,2	19,7
Fibra em detergente neutro ¹	430,2	450,0	470,0	489,8
Fibra em detergente ácido ¹	209,6	220,6	231,4	242,3
Carboidrato não fibrosos ¹	340,0	327,0	312,0	299,0
Matéria orgânica digestível ¹	658,7	531,3	470,3	441,9
PIDN ²	20,7	20,8	20,9	20,9
PIDA ³	6,3	6,5	6,7	6,9

*g/kg na MN, ¹ g/kg na MS, ²Proteína insolúvel em detergente neutro, ³Proteína insolúvel em detergente ácido.

2.2. Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia (60% às 08h00min e 40% às 15h30min). Os alimentos foram misturados de forma homogênea, e a quantidade ajustada com relação ao consumo da dieta do dia anterior, permitindo sobra de 5 a 10% da matéria seca total oferecida.

Amostras dos alimentos ofertados e das sobras foram colhidas durante os últimos sete dias de cada período experimental, formando, assim, amostras compostas por animal, as quais foram conservadas a -20°C, para posteriores análises bromatológicas.

As amostras foram descongeladas e secas em estufa de ventilação forçada (55°C) por 72 horas, e moídas em moinho do tipo *Willey* (de facas), em peneira de 1 mm.

Para o cálculo da digestibilidade aparente dos nutrientes foi estimada a produção de matéria seca fecal, utilizando o LIPE[®] (hidroxifenilpropano modificado e enriquecido - lignina purificada de eucalipto) como indicador externo (Saliba, 2013). O indicador foi administrado durante sete dias (dois dias para adaptação e cinco dias durante a realização das coletas), pela manhã, no horário da alimentação, em dose única na forma de cápsulas (500 mg/animal/dia).

As amostras de fezes foram retiradas diretamente da ampola retal, uma vez ao dia, do 1° ao 5° dia do período de coleta, com horários diferentes a cada dia, 6h00min, 8h00min, 10h00min, 12h00min e 14h00min, respectivamente. Em seguida, as amostras foram congeladas e após o término de cada período foram secas, feita uma amostra composta com base na matéria seca e então foram moídas e enviadas para análise no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte/MG.

2.3. Desaparecimento da matéria seca do milho e da casca de mandioca

Para determinar o desaparecimento ruminal da matéria seca dos alimentos foram utilizadas três vacas da raça Holandesa, com peso vivo médio de $564,5 \pm 40,2$ kg, alimentadas com a mesma dieta oferecida as vacas em lactação. O desaparecimento da matéria seca foi estimado pela técnica *in situ* de saco de náilon, segundo Ørskov e McDonald (1979), e padronização de Vanzant et al. (1998). Sacos de dimensão de 10 x 20 cm com tamanho dos poros de aproximadamente $50,0 \pm 15$ µm feitos de náilon (ANKOM[®] - Technology Corporation, 140 Turk Hill Park - Fairport, New York 14450, USA) foram utilizados para incubação no rúmen. A área do saco contendo a amostra (área não atada) foi de 10 x 14 cm, a quantidade de amostra foi determinada pela área de superfície de 25 mg/cm², portanto, aproximadamente 7g por saco. Os sacos foram fechados com elástico, presos a uma corrente de metal com lastro, que por sua vez, permaneceu durante o período de incubação preso a fístula ruminal por um fio de náilon. Amostras da casca de mandioca e do milho moído foram incubadas no rúmen a 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48h, sendo colocadas todas no mesmo horário e removidas de acordo

com os tempos. Após rápida lavagem para a remoção do excesso de alimentos aderidos ao saco, foram lavados em água fria em máquina (lava roupas) durante 1 min (5 ciclos), com troca da água a cada ciclo, juntamente com os sacos contendo a mesma quantidade de amostras representando o tempo 0 hora de incubação. Após a lavagem à máquina, todos os sacos foram secos em estufa, com ventilação forçada de ar, a 55°C por 72h.

O percentual de degradação da MS, em cada tempo, foi calculado pela proporção de alimento que permaneceu nos sacos após a incubação no rúmen (Ørskov e McDonald, 1979).

2.4. Análises químicas

As análises de matéria seca (MS) (método 934.01), matéria mineral (MM) (método 942.05), nitrogênio total (NT) (método 984.13), extrato etéreo (EE) (método 920.39), e fibra em detergente ácido (FDA) (método 973.18), seguiram as metodologias descritas pela AOAC (1990). Para determinação da fibra em detergente neutro (FDN) foi utilizada metodologia descrita por Van Soest et. al (1991), utilizando α -amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio por meio de bolsas de filtro F57 (ANKOM[®] - Technology Corporation, 140 Turk Hill Park - Fairport, New York 14450, USA). As determinações de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína bruta em detergente ácido (PIDA) foram realizadas de acordo com o proposto por Licitra et al. (1996). Em razão da presença de ureia nas dietas, os CNF foram calculados como proposto por Hall (2000): $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivada da ureia} + \% \text{ de ureia}) + \%FDN + \%EE + \%cinzas]$.

A determinação da concentração do LIPE[®] nas fezes foi realizada por espectroscopia no infravermelho próximo em equipamento FTIV-800 da Varian, segundo Saliba (2013). A digestibilidade aparente dos nutrientes foi estimada utilizando a equação: $DN = (\text{consumo do nutriente} - \text{excreção fecal do nutriente}) / \text{consumo do nutriente}$.

2.5. Produção e composição do leite

As vacas foram ordenhadas mecanicamente duas vezes ao dia, fazendo-se o registro diário individual da produção de leite (PL). A produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (PLCG) foi calculada pela equação proposta por Sklan et al. (1992), $PLCG = (0,432 + 0,1625 \times \% \text{ gordura no leite}) \times PL$ (kg/dia). A eficiência alimentar (EA) foi calculada a partir da relação entre a PLCG e o consumo de MS.

Foram coletadas amostras de leite de cada animal, individualmente, no sexto e sétimo dia de cada período de coleta. No período da manhã e da tarde, as amostras foram coletadas proporcionalmente ao produzido na ordenha (2% do volume produzido no respectivo turno do dia). A amostra da manhã foi acondicionada em garrafa plástica e mantida sob refrigeração à temperatura de 4°C. Após a coleta do período da tarde foram formadas amostras compostas por meio da homogeneização do material obtido das duas ordenhas.

Parte da amostra de leite foi acondicionada em recipiente plástico de 50 mL, utilizando-se o 2-bromo-2nitropropano-1-3-diol como conservante e, posteriormente, enviada ao laboratório APCBRH/PARLPR (Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa e Programa de Análises de Rebanhos Leiteiros do Paraná), na cidade de Curitiba/PR, para determinação dos teores de gordura, proteína, lactose e nitrogênio ureico por meio do equipamento Bentley 2000[®], por absorção infravermelha, e sólidos totais por soma dos valores dos componentes anteriores (IDF, 1996). Outra fração da amostra composta de leite foi desproteïnizada com ácido tricloroacético a 25% (10 ml de leite:5ml de ácido), filtrada em papel filtro e armazenada a -20°C, para posteriores análises de alantoína realizadas no filtrado.

Para a determinação dos ácidos graxos do leite, primeiramente foi feita a separação da gordura do leite, utilizou-se a metodologia proposta por Murphy et al. (1995): amostras foram transferidas para tubos específicos Nalgene[®] e centrifugadas a 18.000G, durante cinco minutos, em temperatura de 4°C até a separação da gordura (sobrenadante) dos demais nutrientes.

Os triacilgliceróis foram submetidos à transmetilação para ésteres metílicos usando o método ISO 5509 (1978). Para a separação dos ésteres metílicos após centrifugação, aproximadamente 100 mg de matéria graxa foram transferidos para tubo de ensaio de 10 ml com tampa rosqueável, em seguida adicionou-se 2ml de n-heptano e agitou-se durante dois minutos até completa solubilização. Após essa etapa, 2,0 ml de

solução de KOH/metanol (14,4 g de KOH em 100 ml de metanol) foram adicionadas ao tubo e a solução foi agitada por cinco minutos até separação das fases. A fase superior caracterizada pela presença dos ésteres metílicos foi pipetada e armazenada em eppendorfs com capacidade de 2 ml e armazenados em freezer (-18°C) para posterior análise.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados por cromatografia a gás usando o equipamento Varian 431-GC e espectrofotômetro de massa Varian 220-MS, em uma coluna capilar Zebron ZB-5MS Phenomenex (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). A temperatura da coluna foi programada na faixa de 50 a 220°C durante 8 minutos, e a do injetor foi mantida entre 220 e 250°C durante 30 minutos para obtenção dos picos de ésteres metílicos. Os gases hidrogênio (1,2 mL/min.) e nitrogênio (30 mL/min.) foram carregados, usando razão de Split de 1:10.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada a partir do tempo de retenção dos picos de ésteres metílicos, comparação das massas com o padrão certificado por Supelco Analytical® e cálculos das áreas dos picos com a utilização do programa computacional Varian GC Workstation versão 6.9.3. Os ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e os resultados, expressos em percentual de área (%). A identificação dos ácidos graxos do leite foi realizada no Centro de Apoio à Pesquisa – CENAPESQ, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

2.6. Produção de proteína microbiana

Foram coletadas amostras *spot* de urina de cada vaca, quatro horas após a alimentação matinal, estas foram homogeneizadas e filtradas, em seguida foi retirada uma alíquota de 10 ml. Essas alíquotas foram diluídas em 40 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,036N, para evitar destruição por bactérias e a precipitação do ácido úrico da urina, em seguida as amostras foram armazenadas a -20°C para posteriores análises de creatinina, ureia, alantoína e ácido úrico (Valadares Filho et al., 2000) As determinações de ureia, creatinina e ácido úrico foram realizadas por meio de kits comerciais (Doles), seguindo as recomendações do fabricante.

O volume urinário médio diário foi estimado para cada animal, multiplicando-se o respectivo peso corporal pela excreção diária de creatinina (mg/kg de peso corporal). Dividiu-se esse produto pela concentração de creatinina (mg/L) na urina *spot*, utilizando-se o valor 24,4 mg/kg de peso corporal de creatinina, encontrado por Pereira (2003), em vacas nos terços inicial e médio de lactação.

As determinações de alantoína foram feitas pelo método colorimétrico, conforme descrito por Chen e Gomes (1992). Foi utilizado o espectrofotômetro, analisador bioquímico semiautomático, modelo BIO-2000[®] (fabricado pela Bioplus produtos para laboratórios Ltda., Brasil).

A estimativa de síntese de proteína microbiana foi realizada por meio da determinação da excreção de derivados de purina, conforme proposto por Chen e Gomes (1992). Para determinação da quantidade de purinas microbianas absorvidas (X mmol/dia) a partir da excreção de derivados de purina (Y mmol/dia) foi utilizada a seguinte equação: $Y = 0,85X + (0,385W^{0,75})$, onde $W^{0,75}$ representa o peso metabólico do animal (kg).

O fluxo intestinal de N microbiano foi calculado a partir das purinas microbianas absorvidas (X mmol/dia), utilizando a seguinte equação: N microbiano (g N/dia) = $70X / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$. A proteína microbiana foi obtida multiplicando o N microbiano por 6,25. A eficiência de síntese de proteína microbiana foi calculada dividindo o valor da produção de proteína microbiana pelo consumo de matéria orgânica digestível.

2.7. Análises estatísticas

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), com aplicação do teste F e análise de regressão. Os dados foram analisados em um quadrado latino 4 x 4, duplo, utilizando-se o procedimento MIXED do SAS, versão 9.1 (2001), adotando-se o nível de 5% de probabilidade para o erro do tipo I.

O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + Q_k + G_l + (A*Q)_{ik} + (G*Q)_{lk} + e_{ijkl}$$

Em que: Y_{ijkl} é a variável observada, μ é a média da população, A_i é o efeito do animal, P_j é o efeito do período, Q_k é o efeito do quadrado, G_l é o efeito do

tratamento, (A*Q) ik é a interação entre animal e quadrado, (G*Q) lk é a interação entre o tratamento e quadrado e eijkl é o erro experimental.

3. Resultados

A composição bromatológica da casca de mandioca estudada foi de 843,2 g de MS/kg de matéria natural, 910,8 g de matéria orgânica, 33,1 g de proteína bruta, 9,4 g de extrato etéreo, 443,2 g de fibra em detergente neutro, 211,0 g de fibra em detergente ácido e 457,9 g de carboidratos não fibrosos. A proteína insolúvel em detergente neutro e ácido foram de 16,7 e 9,3 g/kg, respectivamente (Tabela 1).

Pode-se destacar que a casca de mandioca apresentou baixos teores de proteína bruta, extrato etéreo e carboidratos não fibrosos, no entanto, mostrou alto teor de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. A composição da casca de mandioca é variável em função do processo tecnológico adotado pela indústria, o resíduo possui valor energético inferior ao das raízes, mas pode se comportar de maneira semelhante quando utilizado na formulação de rações (Abrahão e Prado, 2004).

A substituição do milho pela casca de mandioca diminuiu linearmente o consumo de matéria seca expresso em kg/dia e g/kg de peso corporal, como também de matéria orgânica e carboidratos não fibrosos (Tabela 3).

A digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro diminuíram linearmente com a substituição do milho pela casca de mandioca e a digestibilidade do carboidrato não-fibroso não diferiu (Tabela 3).

Quanto à produção de leite e produção de leite corrigido para 3,5% de gordura, também foi observada diminuição linear quando o milho foi substituído pela casca de mandioca (Tabela 4). Os componentes do leite (g/kg) gordura, proteína, lactose e sólidos totais não foram alterados, entretanto, houve diminuição dos componentes (kg/dia) com a substituição do milho pela casca de mandioca. O nitrogênio ureico do leite aumentou com a substituição e a eficiência alimentar não diferiu (Tabela 4).

Tabela 3

Consumo e digestibilidade dos nutrientes de vacas em lactação alimentadas com casca de mandioca em substituição ao milho.

Itens	Níveis de substituição (%)				EPM ¹	Valor de <i>P</i>	
	0	33	66	100		Linear	Quadrática
Consumo (kg/dia)							
Matéria seca	17,33	16,60	16,05	15,68	1,77	0,0016	ns
Matéria orgânica	16,44	15,70	15,13	14,73	1,64	0,0007	ns
Proteína bruta	2,31	2,25	2,23	2,23	0,05	ns	ns
Fibra em detergente neutro	7,24	7,29	7,32	7,43	0,29	ns	ns
Carboidrato não-fibroso	6,07	5,54	5,18	4,86	0,41	0,0000	ns
Matéria orgânica digestível	10,83	8,82	7,54	6,93	3,47	0,0005	ns
Consumo (g/kg PC ²)							
Matéria seca	3,42	3,27	3,15	3,09	0,050	0,0003	ns
Fibra em detergente neutro	1,43	1,44	1,44	1,47	0,009	ns	ns
Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes							
Matéria seca	652,4	544,4	466,9	442,4	0,100	0,0000	ns
Matéria orgânica	659,5	562,4	499,1	471,4	0,090	0,0002	ns
Proteína bruta	702,3	638,5	591,4	600,2	0,060	0,0023	ns
Fibra em detergente neutro	568,9	426,3	371,1	343,4	0,031	0,0000	ns

¹Erro padrão da média, ²PC= Peso corporal.

O perfil de ácidos graxos do leite foi alterado com a substituição do milho pela casca de mandioca. Observou-se que a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta não foi influenciada pela substituição, entretanto, esta alterou a concentração dos ácidos graxos de cadeia média e dos ácidos graxos de cadeia longa. Os ácidos graxos insaturados e os ácidos graxos saturados modificaram-se com a substituição, estes apresentaram comportamento quadrático, assim como a relação ácidos graxos insaturados:saturados e os ácidos graxos desejáveis (ácidos graxos insaturados + C18:0).

Tabela 4

Produção e composição do leite, nitrogênio ureico no leite e eficiência alimentar de vacas em lactação alimentadas com casca de mandioca em substituição ao milho.

Itens	Níveis de substituição (%)				EPM ¹	Valor de <i>P</i>	
	0	33	66	100		Linear	Quadrático
	Produção de leite (kg/dia)						
Produção de leite	21,12	20,61	19,60	18,87	3,33	0,0000	ns
Produção de leite corrigido ²	20,35	20,28	18,99	18,2	5,40	0,0025	ns
Gordura	0,691	0,699	0,647	0,621	0,004	0,0200	ns
Proteína	0,678	0,661	0,612	0,595	0,004	0,0002	ns
Lactose	0,977	0,948	0,893	0,859	0,013	0,0002	ns
Sólidos totais	2,544	2,502	2,331	2,249	0,062	0,0003	ns
	Composição do leite (g/kg)						
Gordura	33,0	34,2	33,3	33,2	12,97	ns	ns
Proteína	32,2	32,1	31,3	31,8	27,0	ns	ns
Lactose	46,2	45,9	45,6	45,6	14,1	ns	ns
Sólidos totais	120,9	121,7	119,3	119,8	19,56	ns	ns
NUL (mg/dL) ³	16,0	16,2	16,7	18,2	1,64	0,0026	ns
Eficiência alimentar ⁴	1,17	1,22	1,18	1,16	0,009	ns	ns

¹Erro padrão da média, ²Produção de leite corrigido para 3,5% de gordura, ³Nitrogênio ureico no leite, ⁴Eficiência alimentar (kg leite corrigido para 3,5% de gordura/CMS (kg/dia)).

Tabela 5

Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com casca de mandioca em substituição ao milho.

Ácido graxo (g/kg de AG)	Níveis de substituição (%)				EPM ¹	Valor de <i>P</i>	
	0	33	66	100		Linear	Quadrático
AGCC ²	100,41	87,8	95,60	106,10	38,06	ns	ns
6:0 (Caproico)	10,05	7,7	10,30	7,00	36,69	ns	ns
8:0 (Caprílico)	10,30	11,8	9,60	13,70	15,79	ns	ns
10:0 (Cáprico)	38,00	29,0	32,20	33,80	11,89	ns	ns
11:0 (Undecanoico)	2,70	2,00	2,20	2,50	0,09	ns	ns
12:0 (Láurico)	42,50	37,20	41,10	49,00	12,91	ns	0,040
AGCM ³	516,8	469,60	468,00	531,00	185,72	ns	0,020
14:0 (Mirístico)	139,0	120,70	122,00	144,00	47,97	ns	ns
14:1 _{cis} -9 (Miristoleico)	12,30	8,00	10,20	11,10	0,99	ns	0,008
15:0 (Pentadecanoico)	12,10	11,30	10,70	14,20	1,12	ns	ns
16:0 (Palmítico)	340,30	317,00	311,80	346,80	109,17	ns	0,020
16:1 (Palmitoleico)	13,00	12,50	13,10	14,70	1,02	ns	ns
17:0 (Heptadecanoico)	5,50	6,00	5,30	6,50	0,05	ns	ns
AGCL ⁴	373,30	436,00	431,10	356,20	390,97	ns	0,010
18:0 (Estearico)	131,60	158,60	143,50	128,80	89,82	ns	ns
18:1 _{cis} -9 (Oleico)	204,30	233,50	237,30	197,00	100,27	ns	0,008
18:2 _{cis} -9, _{cis} -12 (Linoleico)	32,20	37,20	43,00	25,80	7,89	ns	0,0002
18:3 (Linolênico)	5,10	6,60	7,20	4,50	0,23	ns	0,0004
Ácidos graxos saturados	732,70	701,60	689,10	746,60	123,81	ns	0,002
Ácidos graxos insaturados	267,1	297,80	311,00	253,20	124,15	ns	0,0005
AGI:AGS ⁵	3,60	4,20	4,50	3,40	3,20	ns	0,005
Ácidos graxos desejáveis ⁶	398,7	456,50	454,50	382,10	347,34	ns	0,005

¹Erro padrão da média, ²AGCC-Ácidos graxos de cadeia curta, ³AGCM-Ácidos graxos de cadeia média, ⁴ACCL-Ácidos graxos de cadeia longa, ⁵Relação ácidos graxos insaturados, saturados, ⁶Ácidos graxos desejáveis (ácidos graxos insaturados + C18:0).

A substituição do milho pela casca de mandioca não alterou as concentrações dos derivados de purina, o nitrogênio, proteína e eficiência microbiana, bem como a excreção de ureia na urina (Tabela 6).

Tabela 6

Síntese de proteína microbiana e excreção de ureia na urina de vacas em lactação alimentadas com casca de mandioca em substituição ao milho.

Itens	Níveis de substituição (%)				EPM ¹	Valor de P	
	0	33	66	100		Linear	Quadrático
Derivados de purina (mmol/dia)	316,08	283,54	273,12	272,47	37,42	ns	ns
Nitrogênio microbiano (g/dia)	235,21	297,41	198,38	197,91	72,89	ns	ns
Proteína microbiana (g/dia)	1,470,0	1,296,3	1,239,8	1,236,9	284,76	ns	ns
Eficiência microbiana (gNmic/kgMOD ²)	20,34	21,32	22,05	22,35	4,44	ns	ns
Ureia urina (g/kg PV)	433,86	475,57	377,94	429,56	121,47	ns	ns

¹Erro padrão da média, ²Matéria orgânica digestível.

4. Discussão

Com a substituição do milho pela casca de mandioca, houve um aumento nos teores de fibra em detergente neutro das rações (Tabela 2), o que implicou em diminuição no consumo de matéria seca, além disso, a menor digestibilidade da FDN das dietas que continham casca de mandioca também contribuíram para a redução no consumo de matéria seca (Tabela 3). Mertens (2009) cita que o teor e a digestibilidade da FDN são os principais fatores para determinar a ingestão de matéria seca em rações para vacas leiteiras, além de que, quando se reduz a densidade energética da dieta, o volume de alimentos que deve ser consumido para satisfazer a procura de energia

excede a capacidade de ingestão do animal, o que resulta na diminuição do consumo dos alimentos, limitada pela capacidade de enchimento do rúmen.

Dietas contendo milho e casca de mandioca (desidratada ao sol), com diferentes fontes proteicas para novilhas mestiças em crescimento, não promoveram diferenças no consumo MS (Martins et al., 2000), (Marques et al., 2000) e (Prado et al., 2000), entretanto, o resíduo da mandioca possuía menor teor de FDN (286 g/kg) que o observado no presente trabalho.

O consumo de FDN (em kg/dia e g/kg do PC) não foi alterado em função da inclusão da casca de mandioca em substituição ao milho, apesar do teor de FDN das dietas ter aumentado com a substituição (Tabela 2). Isto ocorreu devido ao menor consumo de matéria seca, os animais provavelmente consumiram alimentos com maior teor de FDN (proveniente das dietas com casca de mandioca), havendo, assim uma compensação na ingestão de alimentos que foi limitada por questões físicas.

O consumo médio de FDN observado em relação ao PC foi de 14,4 g/kg. De acordo com Mertens (2010), esses valores estão em torno de 12,0 g/kg PC/dia para vacas em lactação de maior produção, para que haja maximização da produção de leite, em função da concentração ótima de FDN nas dietas. Desta forma, o alto teor de FDN das dietas pode ter limitado o consumo de matéria seca e, conseqüentemente, o desempenho dos animais que consumiram dietas com maior substituição do milho pela casca de mandioca, uma vez que a casca de mandioca possuía mais de 27% de FDN em relação ao milho (Tabela 2).

Por outro lado, Mertens (1994) citou que para vacas com produção de 20 kg/leite/dia o consumo de MS não foi diminuído quando a dieta continha 440 g/kg de FDN, entretanto deve-se levar em consideração que as fontes de FDN, principalmente, a taxa e a extensão da digestão da fibra podem influenciar esses valores. O valor proposto encontra-se abaixo do observado neste trabalho, que estão acima do recomendado pelo NRC (2001), de 250 a 440g/kg de FDN, fundamentando a diminuição no consumo de MS, para os animais que consumiram casca de mandioca na dieta. Oba e Allen (1999) e Kendall et al. (2009) relataram maior ingestão de matéria seca para vacas em lactação com o aumento da digestibilidade da FDN.

O consumo de PB não foi alterado com a substituição do milho pela casca de mandioca, provavelmente devido à seleção da dieta por parte das vacas, que podem ter

preferido alimentos com maiores teores de PB, como o concentrado (pois sua mistura foi realizada juntamente com a ureia para correção da proteína da dieta). Deste modo, o consumo de PB não acompanhou o consumo de MS, mas houve uma compensação do nutriente por meio da seleção.

Foram observadas sobras em torno de 9% da matéria seca ofertada, estas compostas principalmente por casca de mandioca e palhadas de silagem de milho, o que sugere que a casca de mandioca pode ter apresentado baixa aceitabilidade. Um dos mecanismos de consumo, citado por Mertens (1994), como o fator psicogênico, pode explicar a seleção por parte dos animais. Este tipo de regulação envolve o comportamento responsivo do animal a fatores inibidores ou estimuladores relacionados ao alimento ou ao ambiente. A casca de mandioca foi fornecida da forma que foi adquirida, ou seja, não passou pelo processo de moagem, que pode ter levado à diminuição no consumo dos nutrientes, uma vez que o maior tamanho de partícula reduz a taxa de passagem da digesta e pode diminuir a degradação da fibra no rúmen, devido a uma menor disponibilidade da área de superfície para o ataque microbiano, diminuindo, assim, o consumo e absorção de nutrientes (Storm e Kristensen, 2010), efeito discutido por Tajaf et al. (2007) e demonstrado por Schwab et al. (2002) e Kononoff et al. (2003), quando as dietas possuíam em torno de 60% de volumoso para vacas em lactação.

O consumo de CNF apresentou o mesmo comportamento que o CMS, ou seja, diminuíram linearmente com a substituição do milho pela casca de mandioca, que foi resultado da composição química da casca de mandioca, pelos menores teores energéticos das dietas, que é consequência principalmente da diminuição na digestibilidade da matéria orgânica, e também pela diminuição no CMS.

As diferenças observadas nos resultados dos trabalhos citados podem ser explicadas pelo fato de o produto estudado, a casca de mandioca, ser um resíduo industrial que não possui composição química uniforme, devido a variações no tipo de processamento. Os valores da composição química da casca de mandioca não são homogêneos e padronizados, como para os alimentos clássicos usados na alimentação animal (Abrahão et al., 2006).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB e FDN diminuíram com a substituição do milho pela casca de mandioca nas dietas, isto pode ter ocorrido

devido ao aumento dos níveis de FDA das dietas (Tabela 3), pois a digestibilidade de um alimento está mais relacionada com a fibra em detergente ácido (Van Soest, 1994). Os teores de FDA do milho em relação a casca de mandioca foram inferiores (33,1 e 211,0 g/kg, respectivamente).

A digestibilidade da PB também diminuiu linearmente quando o milho foi substituído pela casca de mandioca. A menor digestão ruminal da fibra pode influenciar na degradação da proteína devido a redução do acesso microbiano à proteína que está ligada à fração fibrosa (Bach et al., 2005). Desse modo, pode ser observado que os valores da PIDA das dietas aumentaram com a substituição do milho pela casca de mandioca, justificando a diminuição na digestibilidade da PB. Variações na digestibilidade são observadas quando existem elevados teores de fibra na dieta que estabelecem o enchimento ruminal e limitam a ingestão de matéria seca (Oba e Allen, 2003). Os menores coeficientes de digestibilidade observados para as dietas que continham casca de mandioca também podem ter ocorrido devido a menor taxa de desaparecimento ruminal da MS da casca de mandioca em relação ao milho (Figura 1).

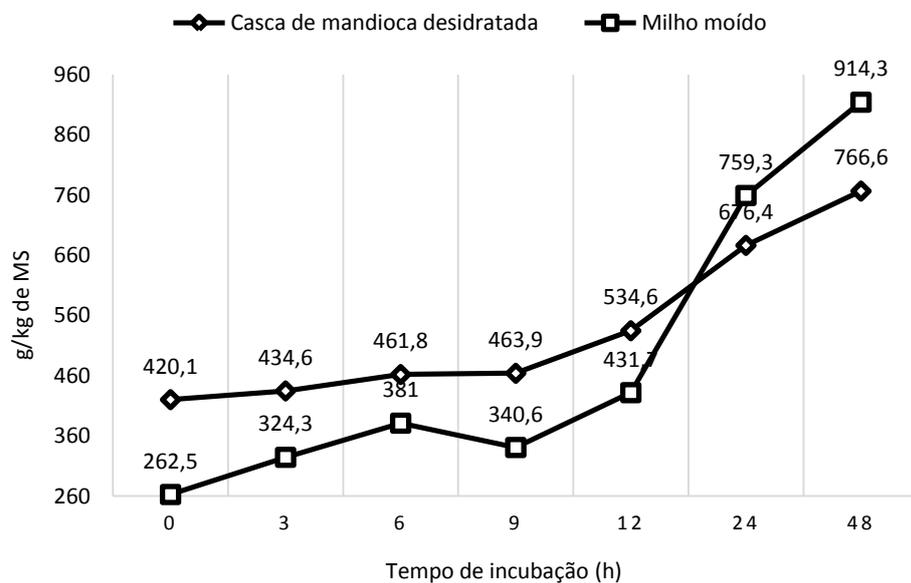


Figura 1

Desaparecimento ruminal da matéria seca (MS) da casca de mandioca e do milho moído.

A casca de mandioca apresentou maior taxa inicial de desaparecimento da MS quando comparada ao milho, com posterior diminuição da velocidade de desaparecimento, o que pode ser atribuído às diferenças no teor de FDN dos ingredientes (Tabela 1), que pode ter limitado a degradação da casca de mandioca quando comparada ao milho e como consequência diminuído o consumo das dietas com a casca de mandioca. A taxa de degradação, bem como a taxa de passagem dos alimentos pelo rúmen estão entre os principais fatores na determinação da ingestão (Ben Salem e Smith, 2008).

Martins et al. (2000) observaram digestibilidade da MS superior para as dietas contendo casca de mandioca, com valor médio para o coeficiente de digestibilidade de 0,636, em relação às dietas contendo milho, com valor médio de 0,492, justificando os resultados em função da degradabilidade da casca de mandioca ser maior que a do milho. Estes valores foram inversos aos encontrados no presente estudo.

A diminuição da produção de leite, observada com a substituição, ocorreu em função dos menores consumos de MS, MO e CNF (Tabela 3). O consumo de matéria seca é o fator nutricional mais importante que afeta a produção de vacas leiteiras (Huhtanen et al., 2010). A dieta sem casca de mandioca acarretou em maior aporte de nutrientes para glândula mamária e, conseqüentemente, maior produção de leite.

O menor consumo de matéria orgânica também pode ter influenciado negativamente na produção de leite, devido à menor disponibilidade de material fermentescível no ambiente ruminal (Aguilar et al., 2012).

Trabalhos realizados com raspa de mandioca em substituição ao milho, apresentaram resultados divergentes. Chanjula et al. (2004) forneceram dietas com milho ou raspa de mandioca para vacas e não observaram diferenças na produção e composição do leite. Por outro lado, Ramalho et al. (2006) avaliaram a substituição do milho pela raspa de mandioca corrigida com ureia para vacas primíparas, que apresenta característica semelhante à casca de mandioca no que se refere à velocidade de degradação ruminal do amido, e observaram diminuição na produção de leite. Os autores atribuíram estes resultados aos efeitos associativos entre estes alimentos e os demais ingredientes da dieta (palma forrageira, silagem de sorgo e ureia). Pires et al. (2008) trabalharam com milho processado de diferentes formas e raspa de mandioca

para vacas em lactação e também observaram que a produção de leite foi menor quando as vacas consumiram as dietas com raspa de mandioca.

O milho possui 65% de proteína não degradável no rúmen, enquanto que a ureia (fonte de nitrogênio não proteico) usada para a correção dos níveis de PB das dietas com casca de mandioca é degradado rapidamente no rúmen (Santos e Pedroso, 2011), desse modo pode ter havido substituição de proteína verdadeira não degradada no rúmen pelo nitrogênio não proteico. De acordo com o NRC (2001), essa substituição pode acarretar alteração da qualidade da proteína (perfil de aminoácidos) que chega ao intestino delgado para ser absorvida na forma de aminoácidos e peptídeos, o que pode limitar a produção de leite.

A gordura é o componente do leite que tem maior influência da dieta (NRC, 2001). Os valores da composição química das dietas encontrados neste trabalho estão dentro do proposto pelo NRC (2001) quanto à relação de FDN e CNF para manter um bom funcionamento ruminal e níveis adequados de gordura e proteína do leite. Teores abaixo de 3,2% pode ser consequência de baixo conteúdo de fibra efetiva na dieta (Machado e Cassoli, 2007).

Ramalho et al. (2006) encontraram valores nos teores de gordura de 3,38% que foram próximos aos observados neste trabalho, quando trabalharam com raspa de mandioca corrigida com ureia/SA em substituição ao milho para vacas, também não verificaram alterações nos teores de gordura e a produção de gordura diminuiu com a substituição, acompanhando a diminuição da produção de leite.

A dieta sem casca de mandioca pode ter possibilitado uma proteína com perfil de aminoácidos mais adequado, e conseqüentemente, maior aporte de proteína metabolizável para a síntese de proteína na glândula mamária. Oke (1978) relaciona a superioridade do milho em relação à mandioca quanto ao perfil de aminoácidos essenciais.

A lactose é um dos nutrientes mais estáveis da composição química do leite, estando diretamente relacionada com a regulação da pressão osmótica, de forma que maior produção de lactose determina maior produção de leite com o mesmo teor de lactose (Barros, 2001). Isto justifica a maior produção de lactose com a dieta sem casca de mandioca e a ausência do efeito da substituição sobre a concentração deste componente.

A eficiência alimentar não foi alterada com a substituição, provavelmente, devido à semelhança do comportamento observado no consumo de matéria seca e produção do leite, que diminuíram linearmente.

O nitrogênio ureico do leite aumentou linearmente quando o milho foi substituído pela casca de mandioca, podendo ter relação com a diminuição na digestibilidade da matéria orgânica, o que pode ter proporcionado falta de sincronismo entre a proteína e o carboidrato da dieta, em função de utilização menos eficiente da PB dietética em relação aos carboidratos (Moore e Varga, 1996) que causa aumento de amônia ruminal e, por conseguinte, promove o aumento da concentração sanguínea de ureia e sua difusão para o leite (Kauffman e St-Pierre, 2001).

Valores normalmente aceitos de NUL estão entre 10 a 15 mg/dL (Jonker et al., 1998), no entanto, esses valores não podem ser estáticos, devido variações genéticas nos rebanhos, que podem apresentar valores maiores mesmo que estejam com dietas balanceadas (Aguilar et al, 2012).

Não foi verificada alteração na concentração de AGCC no leite quando houve a substituição do milho pela casca de mandioca, possíveis mudanças podem ocorrer em função da diminuição no teor de gordura do leite (Solomon, et al., 2000), devido a produção dos AGCC ser sintetizada a partir do acetato e β -hidroxibutirato na glândula mamária (Chilliard, et al., 2003), fato que não ocorreu neste trabalho, justificando estes resultados. Já os AGCM foram alterados com a substituição, estes apresentaram comportamento quadrático, com o ponto mínimo estimado em 46,94% de substituição.

Segundo Palmquist et al. (1993), a diminuição na concentração desses ácidos pode ser explicada pelo fato dos AGCL provenientes da dieta escaparem à biohidrogenação ruminal, inibindo a síntese de acetil Coa-carboxilase, enzima responsável pela *síntese de novo* de ácidos graxos na glândula mamária. Isto pode ser constatado pelo efeito inverso da substituição nos AGCL, que apresentaram comportamento quadrático com pico em 46,98% de substituição.

Uma das características do leite bovino é a grande proporção de ácidos graxos saturados, com cadeias de 4 a 16 carbonos, resultantes da *síntese de novo*, alguns destes AG são tidos como precursores do colesterol sanguíneo de baixa densidade (LDL), responsável por doenças cardiovasculares (Nunes et al., 2010). Com a substituição do milho pela casca de mandioca, observou-se que os AGS foram modificados, estes

apresentaram comportamento quadrático, sendo o menor valor estimado em 47,55% de substituição.

O efeito hipercolesterolêmico da gordura do leite na dieta humana é apontado principalmente aos ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) (Nunes et al., 2010), por outro lado, o ácido esteárico (C18:0) apresenta efeito neutro ou pode ajudar a diminuir os níveis de colesterol do sangue (Lallo e Prado, 2004), pois, ao ser ingerido, ele é metabolizado a ácido oleico (C18:1) (Modesto et al., 2009). Neste caso, foi observado que com a substituição do milho pela casca de mandioca, o ácido láurico (C12:0) e palmítico (C:16) apresentaram comportamento quadrático, com ponto mínimo estimado em 37,33% e 48,65% de substituição, respectivamente, o que pode ser atribuído, possivelmente a um aumento da atividade da enzima Δ -9 dessaturase produzida na glândula mamária (Chilliard et al., 2003). A substituição não alterou a proporção do ácido esteárico (C18:0).

Foi observado comportamento quadrático para o AG miristoleico (C14:1) com valor mínimo estimado em 60% de substituição. De acordo com Castro et al. (2009), esse ácido é produto da atividade enzimática da Δ -9 dessaturase na glândula mamária de ruminantes, produzida a partir do AG mirístico (C14:0), uma vez que, todo C14:1 é produzido à partir da dessaturação, pois todo C14:0 é produzido via *síntese de novo* na glândula mamária.

A concentração dos AG desejável também apresentou comportamento quadrático, sendo o ponto máximo estimado em 47,60% de substituição e 46,40% de concentração dos AGD. Os dados apresentados mostraram que o perfil de ácidos graxos do leite foi benéfico com a substituição parcial do milho pela casca de mandioca, com foco na redução de risco de doenças cardiovasculares (Lopes et al., 2011).

A eficiência de síntese de nitrogênio microbiano apresentou média de 21,51 gN/kg de MOD, semelhante a preconizada pelo ARC (1984) de 14 a 60 g/kg MO degradada no rúmen, que depende, em grande parte, da disponibilidade de carboidratos e de nitrogênio no rúmen (NRC, 2001), uma vez que, o equilíbrio na taxa de fornecimento desses substratos aos microrganismos ruminais assegura a captura de nitrogênio degradado no rúmen otimizando crescimento microbiano e eficiência (Baah et al., 2011). Dessa forma, sugere-se que não houve limitação ao crescimento dos microrganismos para todas as dietas experimentais. Com relação à excreção de ureia na

urina não foi observada alteração quando houve substituição do milho pela casca de mandioca.

Apesar dos resultados verificados, a substituição do milho pela casca de mandioca não deve ser descartada, pelo fato da casca de mandioca apresentar valores inferiores ao milho, por ser alternativa regional, disponível durante todo o ano em locais próximos às casas de farinha ou indústrias de amido e fécula. No estado do Paraná, local de realização do experimento, a casca de mandioca pode ser adquirida sem custo para o produtor, além disso pode ser utilizada em dietas de animais com menores demandas de nutrientes. Além disso, dependendo da proporção utilizada, proporciona mudança benéfica no perfil de ácidos graxos do leite.

5. Conclusões

Nas condições do experimento, a casca de mandioca não substitui o milho para vacas em lactação, pois diminuiu o consumo, a digestibilidade e a produção de leite. No entanto, não altera a composição do leite e a substituição parcial promove melhoria no teor de ácidos graxos desejáveis no leite.

6. Referências

Abrahão, J.J., PRADO, I.N., Marques, J.A., Perotto, D., Lugão, S.M.B., 2006. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. Rev. Bras. Zootec. 35, 512-516.

Aguilar, M., Hanigan, M.D., Tucker, H.A., Jones, B.L., Garbade, S.K., Mcgilliard, M.L., Stallings, C.C., 2012. Cow and herd variation in milk urea nitrogen concentrations in lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 95, 7261-7268.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. The nutrient requirement of ruminant livestock. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 45p.

Asaolu, V., Binuomote, R., Akinlade, J., Aderinola, O., Oyelami, O., 2012. Intake and growth performance of west african dwarf goats fed *Moringa oleifera*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* dried leaves as supplements to cassava peels. J. of Biol., Agric. and Healt. 2, 77-88.

Association of Official Analytical Chemists, 1990. Official Methods of Analysis, 15ed. AOAC, Arlington, VA, USA.

Baah, J., Tait, R.M., Tuah, A.K., 2011. Selecting browse plants to supplement cassava peel-based diet for peri-urban small ruminants. Small Ruminant Res. 96, 36-40.

Bach, A., Calsamiglia, S., Stern, M.D., 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88, 9-21.

Ben Salem, H., Smith, T., 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Res.* 77, 174-194.

Barros, L. Transtornos metabólicos que afetam a qualidade do leite. In: González, F.H.D., Durr, J.W., Fontaneli, R.S. (Ed.). *Uso do leite para monitorar a nutrição e metabolismo de vacas leiteiras.* Porto Alegre: UFRS. 2001. 44-57.

Castro, T., Manso, T., Kimeno, V., Del Alamo, M., Mantecón, A.R. 2009. Effects of dietary sources of vegetable fats on performance of dairy ewes and conjugated linoleic acid (CLA) in milk. *Small Ruminant Res.*, 84, 47-53.

Chen, X.B.; Gomes, M.J., 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of technical details. Aberdeen: Rowett Research Institute/International Feed Research. Unit. 21p.

Chanjula, P., Wanapat, M., Wachirapakon, C., Rowlinson, P., 2004. Effect of Synchronizing Starch Sources and Protein (NPN) in the Rumen on Feed Intake, Rumen Microbial Fermentation, Nutrient Utilization and Performance of Lactating Dairy Cows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 9, 1400-1410.

Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G., 2003. A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86, 1751-1770.

Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA. 2013. Diretriz brasileira para o cuidado e a utilização de animais para fins científicos e didáticos – DBCA. Disponível em:

[http://www.comissao.ufra.edu.br/ceua/attachments/article/76/Diretrizes%20CONCEA%202013%20\(1\).pdf](http://www.comissao.ufra.edu.br/ceua/attachments/article/76/Diretrizes%20CONCEA%202013%20(1).pdf). Acesso em: 09/09/2013.

Dung, N.T., Binh, D.V., Mui, N.T., Preston, T. R., 2010. Effect of cassava hay supplementation on milk production in lactating goats. *Livest. Res. Rural Dev.* 3, 45.

Ferreira, G.D.G., Oliveira, R.L., Cardoso, E.C., Magalhães, A.L.R., Brito, E.L., 2007. Valor Nutritivo de Co-produtos da Mandioca. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.* 4, 364-374.

Hall, M.B., 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates. Nutritional relevance and analysis. Gainesville: Universidade da Flórida. 76p.

Huhtanen, P., Rinne, M., Mäntysaari, P., Nousiainen, J., 2010. Integration of the effects of animal and dietary factors on total dry matter intake of dairy cows fed silage-based diets. *The Anim. Consortium.* 5, 691-702.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2014. Indicadores – IBGE. Estatística da Produção Agrícola. Fevereiro, 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12/03/2014.

International Dairy Federation Milk, 1996. Determination of milk fat, protein and lactose content. Guide for the operation of mid-infra-red instruments. Brussels: IDF, 1996. IDF Standard, p.12.

International Organization For Standardization – ISO, 1978. Animal and vegetable fats and oils –Preparation of methyl esters of fatty acids. : ISO, Geneve, p.1-6.

Jonker, R. A., Kohn, R. A. Erdman., 1999. Milk Urea Nitrogen Target Concentrations for Lactating Dairy Cows Fed According to National Research Council Recommendations. *J. Dairy Sci.* 82, 1261–1273.

Jupamatta, A., Kanto, U., Tirawattanawanich, C., 2011. Cassava in Lactating Sow Diets: I. Effects on Milk Composition and Quality. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* 24, 517-524.

Kanjanapruthipong, J., Buatong, N. efeitos da substituição carboidratos não-fibrosos com Nonforage Detergente fibra de mandioca Resíduos sobre o desempenho de vacas leiteiras nos trópicos asiáticos Australas. *J. Anim. Sci.* 17, 967-972.

Kauffman, A.J., St.-Pierre, N., 2001. The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2284-2294.

Kendall, C., Leonardi, C., Hoffman, P.C., Combs, D. K., 2009. Intake and milk production of cows fed diets that differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility. *J. Dairy Sci.* 92, 313–323.

Khampa, S., Chupawadee, S., Wanapat, M., 2009. Supplementation of malate level and cassava hay in high-quality feed block on ruminal fermentation efficiency and digestibility of nutrients in lactating dairy cows. *Pakistan J. Nutr.* 4, 441-446.

Kononoff, P.J., Heirichs, A.J., Lehman, H.A., 2003. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 3343–3353.

Lallo, H.F., Prado, I.N., 2004. Diferentes Fontes de Lipídeos na Alimentação Humana. In: Prado, I.N. Conceitos Sobre a Produção com Qualidade de Carne e Leite. Maringá. 50, 9-34.

Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 347-358.

Lopes, F.C.F., Barros, P.A.V., Bruschi, J.H., Silva, P.H.F., Peixoto, M.G.C.D., Gomide, C.A.M., Duque, A.C.A., Gama, M.A.S. 2011. Perfil de ácidos graxos no leite de vacas

Holandês em pastagens tropicais suplementadas com dois níveis de concentrado Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 63, 518-521.

Machado P.F., Cassoli, L.D., 2007. Interpretação das análises de leite visando otimização do balanceamento da dieta e manejo nutricional. In: Simpósio internacional sobre produção intensiva de leite, 2007, Uberlândia. Anais... Piracicaba: Agripoint, 177-190.

Marques, J.A., Prado, I.N., Zeoula, L.M., Alcalde, C.R., Nascimento, W.G., 2000. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. Rev. Bras. Zootec. 29, 1528-1536.

Martins, A.S., Prado, I. N., Zeoula, L.M., Branco, A.F., Nascimento, W.G., 2000. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte proteica em novilhas. Rev. Bras. Zootec. 29, 269-277.

Mertens, D.R. Regulation of forage intake. In: Fahey Jr., G. C., Collins, M., Mertens, D.R., Moser, L.E., 1994. (Ed.). Forage quality, evaluation and utilization. Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin. 450-493.

Mertens, D.R. 2009. Impact of NDF content and digestibility on dairy cow performance. WCDS Advances in dairy technology, 21, 191-201.

Mertens, D.R., 2010. NDF and DMI – Has anything changed? In: Cornell 1028 nutrition conference for feed manufacturers, 72, 2010. Ithaca. Proceedings... Ithaca: Cornell Univ. 160-174.

Modesto, E.C., Santos, G.T., Damasceno, J.C., Cecato, U., Vilela, D., Silva, D.C., Souza, N.E., Matsushita, M., 2009. Inclusão de silagem de rama de mandioca em substituição à pastagem na alimentação de vacas em lactação: produção, qualidade do leite e da gordura. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 61, 1-5.

Moore D.A; Varga, G. Bun., 1996. Urea nitrogen testing in dairy cattle. *Compend. Cont. Educ. Pract. Vet.* 18, 712-720.

Murphy, J.J., Connolly, J.F., Mcneill, G.P., 1995. Effects on milk fat composition and cow performance of feeding concentrates containing full fat rapessed and maize distillers grains on grass-silage based diets. *Livest. Prod. Sci.* 44, 1-11.

Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U., 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130, 57-69.

National Research Council - NRC., 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed.rev. Washington, D.C.: Natl. Acad. Press. 381p.

Nunes, G.F.M., Paula, N.A.V., Castro, H.F., 2010. Modificação Bioquímica da Gordura do Leite. *Quim. Nova.* 2, 431-437.

Oba, M.; M. S. Allen. 1999. Evaluation of the importance of digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 589-596.

Oba, M., Allen, M.S., 2003. Effects of diet fermentability on efficiency of microbial nitrogen production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 195-207.

Oke, K.L., 1978. Problems in the use of cassava as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 3, 345-380.

Ørskov, E. R.; McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage *Journal of Agricultural. Sci. Camb.* 92, 499-503.

Palmquist, D.L.; Weisbjerg, M.R.; Hvelplund, T. 1993. Ruminant, intestinal and total digestibility of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. *J. Dairy Sci.*, 76, 1353-1364.

Pereira, M.L.A., 2003. Proteína nas dietas de vacas nos terços inicial e médio da lactação. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 105p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2003.

Pereira Neto, M., 2012. Cultivo da mandioca. In: O produtor rural e o Rio Grande do Norte Semiárido – Sugestões para conviver melhor com as secas. Neves, A.M.B., Nobre, F.V., Fonseca, J.R.R., Belchior Filho, V. SEBRAE/RN, 2012. p.168.

Pires, A.V., Susin, I., Santos, F.A.P., Mendes, C.Q., Oliveira Junior, R.O., Fernandes, J.J.R., Simas, J.M.C., 2008. Efeito de fontes e formas de processamento do amido sobre o desempenho e o metabolismo do nitrogênio em vacas Holandesas em lactação. *Ver. Bras. Zootec.* 37, 1456-1462.

Prado, I.N., Zeviani, A.L., Marques, J.A., Nascimento, W.G., 2006. Avaliação produtiva e econômica da substituição do milho por subprodutos industriais da mandioca na terminação de novilhas. *Rev. Bras. Zootec.* 1,37-47.

Prado, I.N., Martins, A.S., Alcalde, C.R., Zeoula, L.M. Marques, J.A., 2000. Desempenho de novilhas alimentadas com rações contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte proteica. *Rev. Bras. Zootec.* 29, 278-287.

Ramalho, R.P., Ferreira, M.A., Vêras, A.S.C., Lima, L.E., Rocha, V.R.R.A., 2006. Substituição do milho pela raspa de mandioca em dietas para vacas primíparas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.* 35, 1221-1227.

Ranathunga, S. D., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R., Schingoethe, D.J., 2010. Replacement of starch from corn with nonforage fiber from distillers grains and soyhulls in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, 1086–1097.

Saliba, E.O.S., Gonçalves, N.C., Barbosa, G.S.S.C., Borges, A.L.C.C., Rodriguez, N.M., Moreira, G.R., Silva, F.A. 2013. Evaluation of the infrared spectroscopy method for the quantification of NANOLIPE marker in feces of dairy cattle. In: Oltjen, W.J., Kebreab, E., Lapierre, H. Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production. EAAP Publication. 134.

Santos, E.F., Carvalho, F.S., Silva, J.C.G., Rezende, A.A., Miyaji, M., 2009. Agroindústria da mandioca: O caminho para a sustentabilidade econômica dos beneficiadores do bairro campinhos em Vitória da Conquista-BA. In: congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural, 47, 2009, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/948.pdf>> Acesso em: 09/02/2013.

Santos, F.A.P., Pedroso, A.M., 2011. Metabolismo de proteínas. In: Berchielli, T.T., Pires, A.V., Oliveira, S.G. (2ed.) Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal, São Paulo: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão-FUNEP. 265-292.

Schwab, E.C., Shaver, R.D., Shinnors, K.J., Lauer, J.G., Coors, J.G., 2002. Processing and chop length effects in brown-midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 613-623.

Sklan, D., Ashkenazi, R., Braun, A., Devorin, A., TaborI, K., 1992. Fatty acids, calcium soaps of fat acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. *J. Dairy Sci.* 75, 2463-2472.

Statistical Analysis System - SAS. System for Microsoft Windows: release 8.2. Cary: 2001.

Solomon, R., L. E., Chase, D., Ben-Ghedalia., Bauman, D.E., 2000. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83, 1322-1329.

Storm, A.C., Kristensen, N.B., 2010. Effects of particle size and dry matter content of a total mixed ration on intraruminal equilibration and net portal flux of volatile fatty acids in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, 4223–4238.

Suranindyah, Y. I.; Astuti, A., 2012. The effects of feeding dried fermented cassava peel on milk production and composition of Etawah Crossedbred goat. *World Academy of Science, Engineering and Technology.* 6, 10-21.

Tafaj, M., Zebeli, Q., Baes, C., Steingass, H., Drochner, W., 2007. A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. *Feed Science and Technology*, 138, 137–161.

Valadares Filho, S.C., Broderick, G.A., Valadares, R.F.D., Clayton, M.A., 2000. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. *J. Dairy Sci.* 83, 106-114.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.

Van Soest, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant.* 2.ed. London: Constock Publishing Associates, 1994. 476p.

Vanzant, E.S, Cochran, R.C., Titgemeyer, E.C., 1998. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *J. Anim. Sci.* 76, 2717-2729.

CAPÍTULO 3

Efeito da casca de mandioca desidratada e moída em substituição ao milho na dieta de ovinos

Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição do milho pela casca de mandioca em dietas para ovinos sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, o pH e a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos voláteis no líquido ruminal e a dinâmica ruminal dos compostos fibrosos. Foram utilizados cinco ovinos da raça Santa Inês, machos, castrados, com cânulas no rúmen. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em quadrado latino 5 x 5, dividido em cinco períodos de 14 dias, sendo sete dias de adaptação às dietas e sete dias de coleta. Os tratamentos experimentais consistiram da substituição do milho pela casca de mandioca (0, 25, 50, 75 e 100%). O consumo e a digestibilidade dos nutrientes não foram alterados quando o milho foi substituído pela casca de mandioca. A substituição não alterou os valores de pH e as concentrações de N-NH₃ ruminais. Não houve interação entre os níveis de substituição e os horários de coleta. Porém, tanto o pH quanto a concentração de N-NH₃ foram influenciados pelos horários de coleta. Verificou-se influência da substituição na concentração molar de propionato e na relação acetato:propionato. Não houve efeito dos níveis de substituição sobre a massa ruminal de fibra em detergente neutro e de fibra em

detergente neutro indigestível, bem como para as taxas de ingestão, digestão e passagem da fibra em detergente neutro. Recomenda-se a substituição do milho pela casca de mandioca na dieta de ovinos, pois o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e a dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro não foram alteradas.

Palavras-chave: alimentos alternativos, ácidos graxos voláteis, digestibilidade, dinâmica ruminal, nitrogênio amoniacal, pH ruminal

Abstract

Assay with sheep evaluated the effect of the replacement of corn by dehydrated and ground cassava peel on the intake and digestibility of nutrients, pH and ammoniac nitrogen concentration (N-NH₃) and volatile fatty acids in the rumen liquid and the ruminal dynamics of fibrous compounds. Five castrated Santa Inês sheep with cannulae in the rumen were used. The animals were randomly distributed in a 5 x 5 design, divided into 5 periods of 14 days each, with seven days for adaptation to diets and seven days for collection. Experimental treatments consisted of replacement of corn by cassava peel (0, 25, 50, 75 and 100%). Intake and digestibility of the nutrients were not changed when corn was replaced by cassava peel. Substitution did not alter pH and ruminal N-NH₃ concentration. No interaction was extant between substitution levels and collection timetable. Replacement affected molar concentration of propionate and the acetate:propionate ratio. Replacement levels did not affect the ruminal mass of neutral detergent fiber and non-digestible neutral detergent fiber, ingestion rates, digestion and passage of neutral detergent fiber. Results show that corn may be replaced by cassava peel in sheep diet.

Keywords: alternative food, ammonia nitrogen, digestibility, rumen dynamics, ruminal pH, volatile fatty acids

1. Introdução

As características ambientais do semiárido são muito variáveis, em termos de chuva, solo, topografia e altitude, entre outros fatores, que condicionam a ocorrência de uma vegetação extremamente diversificada, principalmente em função do regime de chuvas. Em termos específicos de produção de alimentos, deve-se haver reserva estratégica destinada ao período de estiagem prolongada (seca). O que não deve ocorrer é a redução dos rebanhos, provocada pela fome, como vem ocorrendo, secularmente, em todas as secas, em todo o semiárido, pois estas sempre ocorrerão, de maneira incerta e em maior ou menor intensidade, no tempo e no espaço (Nobre, 2012).

Sob essas condições, para atender às exigências nutricionais dos animais e para sustentar sua produtividade e rentabilidade, busca-se opções de recursos alimentares (Wadhwa e Bakshi, 2013) que possam substituir alimentos de difícil produção, e que possuem uma ampla concorrência no mercado, associado a altos preços, como os grãos de cereais. Desse modo, fontes alternativas de energia, como raízes, tubérculos e

resíduos da agroindústria, podem ser utilizados na alimentação de ruminantes (Baiden et al., 2007).

Entre os alimentos que vêm sendo testados como ingrediente alternativo, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem merecido destaque, por ser um recurso de grande valor para a alimentação nos trópicos; primeiro, por ser de ampla versatilidade de uso; e segundo, por apresentar características agrônômicas que permitem sua exploração em diversas condições, seja de alta tecnologia, ou em sistemas com deficiência de insumos (Ferreira Filho et al., 2007), e por este motivo pode ser produzida durante todo o ano, o que pode garantir fornecimento constante para os animais.

A casca de mandioca é o resultado do descascamento da raiz, representa aproximadamente, 20% do peso total da raiz fresca e pode ser utilizada na alimentação animal nas formas *in natura*, feno e silagem (Pereira Neto, 2012). Possui em sua composição expressivo conteúdo em carboidratos totais (86,21%), por outro lado, possui baixo teor de proteína bruta (4,51%) (Ferreira et al., 2007), sendo necessária a correção com fonte nitrogenada. Dessa forma, a casca de mandioca, em função de sua composição, pode ser utilizada como fonte de energia alternativa ao milho, pois geralmente apresenta valor inferior a este alimento. Além de possuir grande potencial como ingrediente na dieta de ovinos (Baah et al., 2011), o aproveitamento deste produto na alimentação animal pode reduzir o impacto ambiental, como também os custos na criação do rebanho.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da substituição do milho pela casca de mandioca em dietas para ovinos sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, os parâmetros ruminais, pH, concentração de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis e a dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro.

2. Material e Métodos

2.1. Animais e dietas

O experimento foi realizado no Laboratório de Avaliação de Alimentos para Pequenos Ruminantes II do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural

de Pernambuco, localizada em Recife – PE, situada na microrregião fisiográfica do Litoral da Mata, pertencente à Região Metropolitana do Recife. Foram utilizados cinco ovinos machos da raça Santa Inês, castrados, com peso inicial médio de $42,02 \pm 4,44$ kg, com cânulas no rúmen, confinados em baias individuais medindo 1,0m x 1,5m, providas de comedouros e bebedouros. Foram respeitadas as normas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal-(CONCEA) (Brasil, 2013).

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em quadrado latino 5 x 5 (cinco períodos, cinco tratamentos e cinco repetições). O período experimental foi dividido em cinco períodos de 14 dias, sendo sete dias de adaptação às dietas e sete dias para coleta de dados e amostras. Foi realizado um período de pré-adaptação de dez dias. Os animais foram pesados no início de cada período experimental e ao término do experimento.

A casca de mandioca foi adquirida de casa de farinha artesanal localizada na cidade de Glória do Goitá/PE, nesta ocasião, possuía matéria seca em torno de 30%. A retirada da casca da mandioca foi feita manualmente, sendo constituída de casca e entrecasca, bem como partes da polpa da mandioca. A casca foi desidratada, em estufa de ventilação forçada a 65°C (Vilhalva et al., 2012), durante 48 horas, atingindo teor de matéria seca de aproximadamente 85%. A desidratação da casca de mandioca em estufa foi realizada para fins experimentais, no entanto, pode ser feita em secador solar por dois a três dias. Após a secagem, a casca de mandioca foi triturada e armazenada. A composição da casca, bem como dos demais ingredientes utilizados, encontram-se na Tabela 1.

Os tratamentos experimentais consistiram de cinco níveis de substituição do milho pela casca de mandioca (0, 25, 50, 75 e 100%). As dietas experimentais e a composição das mesmas são apresentadas na Tabela 2. A ureia para correção da proteína da casca de mandioca foi adicionada a mistura do concentrado. A casca de mandioca foi pesada e misturada aos outros ingredientes na hora do fornecimento.

Tabela 1

Composição química dos ingredientes.

Nutrientes	Casca de mandioca	Milho moído	Farelo de soja	Feno de Tifton
Matéria seca*	882,6	898,6	908,6	886,7
Matéria orgânica ¹	927,2	976,7	930,6	910,1

Proteína bruta ¹	49,5	105,4	507,0	85,9
Extrato etéreo ¹	20,9	40,0	34,7	33,1
Fibra em detergente neutro ¹	229,0	116,1	148,3	737,5
Fibra em detergente ácido ¹	147,5	41,4	68,4	331,6
Carboidrato não fibrosos ¹	627,8	715,2	240,6	53,6
Amido ¹	561,1	693,4	184,0	19,0
Fibra em detergente neutro indigestível ¹	171,3	28,6	17,7	235,7

*g/kg na MN, ¹g/kg na MS.

Tabela 2

Composição das dietas experimentais.

Ingredientes ¹	Níveis de substituição (%)				
	0	25	50	75	100
Casca de mandioca	0,0	46,6	93,3	140,0	186,6
Milho moído	190,0	142,5	95,0	47,5	0,0
Farelo de soja	165,0	165,0	165,0	165,0	165,0
Feno de Tifton	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0
Ureia/Sulfato de amônio	0,0	0,9	1,7	2,5	3,4
Mistura mineral	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Itens	Composição química				
Matéria seca*	894,2	893,5	892,9	892,2	891,5
Matéria orgânica ¹	912,5	909,3	906,2	903,1	899,9
Proteína bruta ¹	157,8	157,5	157,2	156,7	156,5
Extrato etéreo ¹	33,8	32,9	32,0	31,1	30,1

Fibra em detergente neutro ¹	511,1	516,3	521,4	526,6	531,8
Fibra em detergente ácido ¹	228,0	232,9	237,8	242,8	247,7
Carboidrato não fibrosos ¹	212,4	207,7	203,0	198,3	193,6
Amido ¹	174,0	167,2	160,5	153,8	147,0
Matéria orgânica digestível ¹	682,5	656,2	659,4	642,3	639,7
Fibra em detergente neutro indigestível ¹	156,9	163,5	170,1	176,8	183,4

*g/kg na MN, ¹g/kg na MS.

2.2. Procedimentos experimentais

2.2.1. Consumo e digestibilidade *in vivo*

A alimentação foi fornecida *ad libitum* duas vezes ao dia (60% às 08h00min e 40% às 16h00min), na forma de mistura completa, sendo ajustada diariamente, de acordo com o consumo do dia anterior, de modo que as sobras representassem em torno de 5 a 10% do total ofertado, a fim de proporcionar ingestão voluntária e não alterar a proporção dos ingredientes. Ao final de cada período foi formada uma amostra composta das sobras por animal, e também foram realizadas coletas de amostras dos alimentos da dieta, que em seguida foram congeladas.

A excreção fecal foi avaliada por meio de coleta total de fezes, realizadas do primeiro ao terceiro dia de cada período de coleta. Para a coleta de fezes foram adaptadas bolsas coletoras nos animais. As fezes foram retiradas durante as 24 horas subsequentes e acondicionadas em recipientes plásticos mantidos à sombra. Ao final de 24 horas de cada dia, foram coletadas amostras da massa total excretada, as quais foram congeladas.

Ao final de cada período, as amostras de sobras, alimentos e fezes foram descongeladas e secas em estufa de ventilação forçada por 72 horas à 55°C e, em seguida, passadas em moinho do tipo *Willey* (de facas), em peneira de 1 mm, como também de 2 mm, com exceção das fezes.

2.2.2. Parâmetros ruminiais

No quarto dia do período de coleta foram coletadas amostras da digesta ruminal correspondente a zero hora (antes do fornecimento da ração) e quatro horas (após a alimentação matinal), no quinto dia foram coletadas nos horários de duas e seis horas (após a alimentação matinal), respeitando-se o intervalo de quatro horas entre as coletas. As amostras foram recolhidas diretamente via cânula ruminal após prévia homogeneização, formando uma amostra composta de aproximadamente 400 mL, que foi filtrada, e em seguida foi feita a aferição do pH, com potenciômetro digital. Aproximadamente, 40 mL do fluido ruminal foram acidificados com 1 mL de ácido sulfúrico na proporção de 1:1 e congelados para posterior determinação da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), que foi analisado pelo método Kjeldahl, utilizando-se para a destilação o hidróxido de potássio (2N) e titulado com ácido clorídrico (0,005N), metodologia descrita por AOAC (1990). Outra amostra foi retirada para determinação dos ácidos graxos voláteis do líquido ruminal, estas foram centrifugadas a 15.000 x g (4°C) por 60 minutos. Foi utilizado cromatógrafo a gás modelo CG-Master (fabricado por Ciola e Gregori, Brasil), equipado com coluna HP-FFAP de 50 m x 0,2 mm x 0,30 µm (sílica fundida). As temperaturas do detector, injetor e coluna foram de 250, 240 e 130°C, respectivamente. Foi utilizado o ácido 2-etilbutírico como padrão interno e para a calibração do integrador foi utilizado uma mistura de ácidos graxos voláteis de concentração conhecida como padrão externo.

2.2.3. Dinâmica ruminal

No quinto e sétimo dia do período de coleta procedeu-se a evacuação ruminal para quantificação da massa residente de fibra no rúmen e das taxas de passagem e degradação do material fibroso. O conteúdo ruminal foi retirado antes (hora zero) e quatro horas após a alimentação matinal, nos dias citados acima, respectivamente. O conteúdo ruminal foi pesado e em seguida foi feita a separação da fração sólida da líquida, depois foi coletada uma amostra de cada fração e o material foi imediatamente retornado ao rúmen. Foi feita uma amostra composta dos dois horários de coleta do conteúdo ruminal, formando, assim, uma amostra por animal e período, que foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C e moídas em moinhos de facas, em peneiras de 1 e 2 mm.

2.2.4. Análises químicas

Nas amostras moídas em peneiras de 1 mm foram realizadas análises de matéria seca (MS) (método 934.01), matéria mineral (MM) (método 942.05), nitrogênio total (NT) (método 984.13), extrato etéreo (EE) (método 920.39) e fibra em detergente ácido (FDA) (método 973.18), que seguiram as metodologias descritas pela AOAC (1990). Também foram determinadas as frações da fibra em detergente neutro (FDN) utilizando metodologias descritas por Van Soest et. al (1991), utilizando α -amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio por meio de bolsas de filtro F57 (ANKOM[®] - Technology Corporation, 140 Turk Hill Park - Fairport, New York 14450, USA). As determinações de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína bruta em detergente ácido (PIDA) foram realizadas de acordo com o proposto por Licitra et al. (1996).

Nas amostras oriundas da evacuação ruminal foram realizadas apenas análises de matéria seca e fibra em detergente neutro. As análises foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Em razão da presença de ureia nas dietas, os CNF foram calculados como proposto por Hall (2000): $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivada da ureia} + \% \text{ de ureia}) + \%FDN + \%EE + \%cinzas]$.

A determinação do amido dos alimentos foi feita utilizando-se o método enzimático descrito por Poore et al. (1993), seguindo as adaptações de Pereira e Rossi (1995).

Para o cálculo da dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro, as amostras de alimentos, sobras e conteúdo ruminal (proveniente da evacuação ruminal) moídas em peneira de 2 mm, passaram pelo procedimento de incubação ruminal *in situ* por 288 horas, de acordo com a metodologia de Valente et al. (2011), utilizando sacos de TNT (tecido não-tecido). Após o período de incubação as amostras foram retiradas, lavadas em água corrente e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas, para posterior análise de FDN, para determinação do teor de FDN indigestível (FDNi).

As taxas relativas à dinâmica ruminal da FDN e da FDNi foram estimadas por intermédio das equações, seguindo a recomendação (Allen e Linton, 2007):

$$MR_f = MR_m \times [FDNR];$$

$$MR_i = MR_m \times [FDNiR];$$

$$k_i = (CFDN \div MR_f) \div 24;$$

$$k_{pi} = (CFDni \div 24) \div MR_i;$$

$$k_p = k_{pi};$$

$$K_d = k_i - k_p.$$

Em que: MR_f = massa ruminal de FDN (g); MR_m = conteúdo ruminal de MS (g); $[FDNR]$ = concentração ruminal de FDN (g/g de MS); MR_i = massa ruminal de FDNi (g); MR_m = conteúdo ruminal de MS (g); $[FDNiR]$ = concentração ruminal de FDNi (g/g de MS); k_i = taxa de ingestão de FDN (/h); $CFDN$ = consumo de FDN (g/dia); k_{pi} = taxa de passagem ruminal da FDNi (/h); $CFDni$ = consumo de FDNi (g/dia); k_p = taxa de passagem ruminal da FDN (/h), considerada igual a taxa de passagem da FDNi; k_d = taxa de degradação da FDN (/h).

2.2.5. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 5 x 5, com cinco animais, cinco períodos e cinco tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância de acordo com o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + R_i + A_j + P_k + e_{ijk} + \varepsilon_{(ijk)l}$$

Em que: μ = constante geral; D_i = efeito direto do tratamento i ; R_i = efeito residual do tratamento i ; A_j = efeito do animal j ; P_k = efeito do período experimental k ; e_{ijk} = erro aleatório entre parcelas experimentais e $\varepsilon_{(ijk)l}$ = erro aleatório dentro de parcelas experimentais.

A análise de variância foi realizada utilizando o PROC MIXED do SAS, versão 9.1 (2001). Os efeitos residuais dos tratamentos foram estimados utilizando a instrução de transporte. Além disso, o erro entre parcelas experimentais foi calculado usando a opção LACKOFIT e foi usado para testar os efeitos diretos e residuais dos tratamentos. Os efeitos residuais dos tratamentos foram encontrados para ser não significativo para qualquer variável, desse modo, não foram apresentados e discutidos. Todos os

procedimentos estatísticos foram realizados adotando o nível de 5% de probabilidade para o erro do tipo I.

As variáveis do parâmetro ruminal foram analisadas como medidas repetidas no tempo, conforme modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + V_j + P_k + W_{ij} + H_k + T_j \times H_k + E_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = observação do animal j , no período k , submetida ao tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5$; V_j = efeito do animal j , sendo $j = 1, 2, 3, 4, 5$; P_k = efeito do período k , sendo $k = 1, 2, 3, 4, 5$; W_{ij} = resíduo associado à parcela; H_k = efeito da hora da coleta, sendo $k = 1, 2, 3, 4$; $T_j \times H_k$ = interação entre tratamento e horário de coleta; E_{ijk} = erro experimental.

3. Resultados

A composição bromatológica da casca de mandioca estudada foi de 882,6 g de MS/kg de matéria natural, 927,2 g de matéria orgânica, 49,5 g de proteína bruta, 20,9 g de extrato etéreo, 229,0 g de fibra em detergente neutro, 147,5 g de fibra em detergente ácido, 561,1 de amido e 626,8 g de carboidratos não fibrosos. A fibra em detergente neutro indigestível foi 171,3 g/kg (Tabela 1). A casca de mandioca apresentou relevante teor de matéria orgânica, amido e carboidrato não fibroso, por outro lado, baixos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido.

O consumo e a digestibilidade dos nutrientes não foram alterados quando o milho foi substituído pela casca de mandioca (Tabela 3).

Tabela 3

Consumo e digestibilidade dos nutrientes de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho.

Itens	Níveis de substituição (%)					EPM ¹	Valor de <i>P</i>		
	0	25	50	75	100		Linear	Quadrático	
	Consumo (kg/dia)								
Matéria seca	1,43	1,28	1,38	1,37	1,36	0,07	ns	ns	
Matéria orgânica	1,31	1,16	1,25	1,23	1,22	0,06	ns	ns	
Proteína bruta	0,23	0,21	0,23	0,23	0,22	0,01	ns	ns	
Fibra em detergente neutro	0,72	0,66	0,72	0,71	0,72	0,03	ns	ns	
Carboidratos não-fibrosos	0,30	0,25	0,27	0,27	0,25	0,01	ns	ns	

Matéria orgânica digestível	0,98	0,84	0,91	0,88	0,87	0,06	ns	ns
Coeficiente da digestibilidade aparente total dos nutrientes								
Matéria seca	704,3	688,5	709,7	677,9	679,4	17,6	ns	ns
Matéria orgânica	745,1	729,2	738,4	720,1	728,9	14,3	ns	ns
Proteína bruta	795,0	784,0	802,0	790,0	800,0	13,9	ns	ns
Fibra em detergente neutro	625,1	621,3	621,8	606,3	621,5	181,2	ns	ns

¹Erro padrão da média.

A substituição do milho pela casca de mandioca não alterou os valores de pH e as concentrações de N-NH₃ ruminais. Não houve interação entre os níveis de substituição e os horários de coleta. Porém, tanto o pH quanto a concentração N-NH₃ e os ácidos graxos voláteis foram influenciados pelos horários de coleta (Tabela 4, Figura 1 e 2).

O pH mínimo foi estimado em 6,35 no tempo de 3,2 horas após a alimentação, observando-se valor médio de 6,45 em relação aos níveis de substituição do milho pela casca de mandioca (Figura 1). Já a máxima concentração de amônia ruminal foi estimada em 2,45 horas após a alimentação (25,34 mg N-NH₃/100 mL) (Figura 2).

Com relação à produção dos ácidos graxos voláteis, houve alteração do propionato com a substituição, o qual apresentou comportamento quadrático. O mesmo ocorreu com a proporção dos ácidos graxos voláteis, a relação acetato:propionato também foi alterada (Tabela 4).

Tabela 4

Nitrogênio amoniacal, pH ruminal e concentração de ácidos graxos voláteis do conteúdo ruminal de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho.

Item	Níveis de substituição (%)					EPM ¹	Valor de <i>P</i>		
	0	25	50	75	100		Trat.	Tempo	Interação ⁴
N-NH ₃	20,94	19,87	19,01	21,46	22,37	1,42	ns	<0,0001	ns
pH	6,42	6,41	6,43	6,44	6,56	0,14	ns	<0,0001	ns
Acetato (mmol/L)	28,43	27,29	27,82	30,87	29,06	1,18	ns	<0,0001	ns
Propionato	9,07	8,42	7,45	9,28	8,27	0,30	0,0279	<0,0001	ns

(mmol/L)									
Butirato (mmol/L)	5,05	4,81	4,81	5,78	5,33	0,38	ns	<0,0001	ns
Ac:Prop. ²	3,20	3,34	3,68	3,38	4,05	0,13	0,0008	<0,0001	ns
AGV total ³	42,56	40,53	40,09	45,94	42,67	1,75	ns	<0,0001	ns

¹Erro padrão da média, ²Relação acetato, propionato. ³Ácidos graxos voláteis total, ⁴Interação: Tratamento x Tempo.

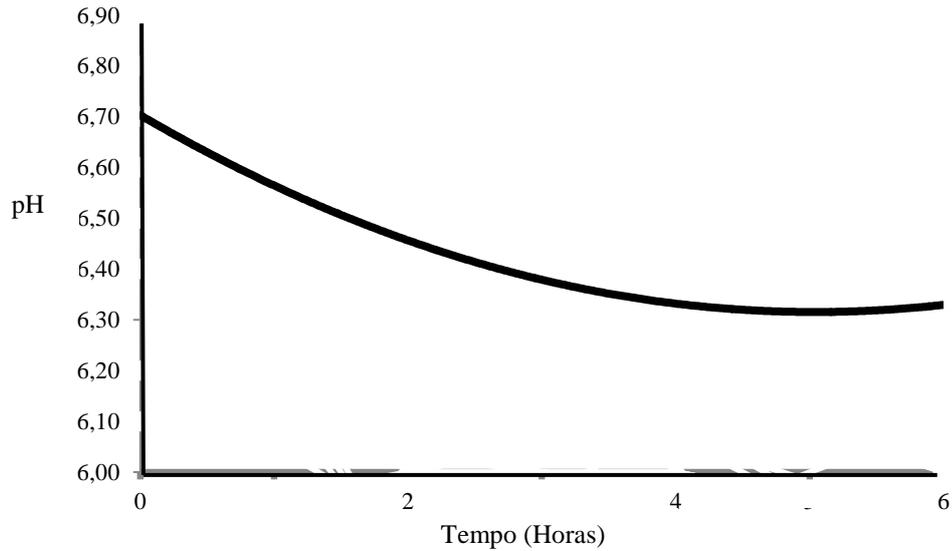


Figura 1

Valores de pH do fluido ruminal de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho, em função do tempo (T).

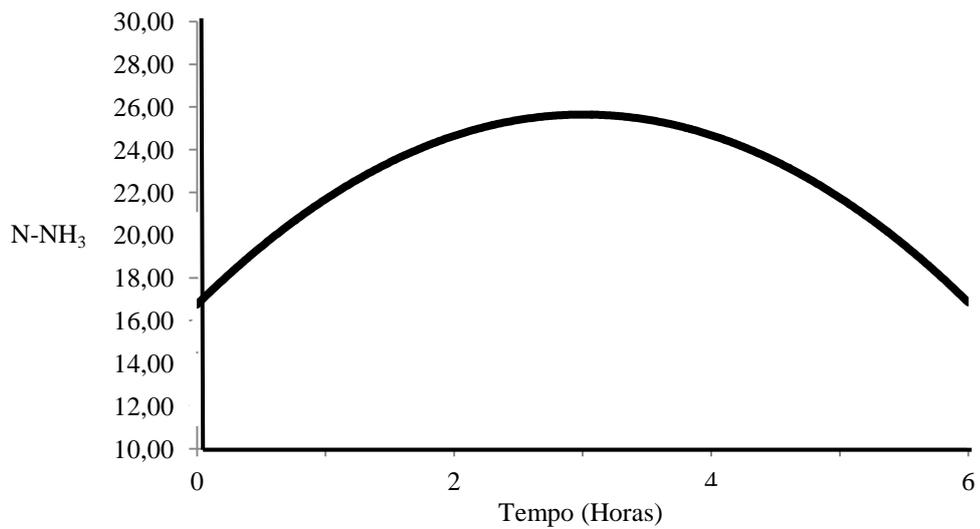


Figura 2

Valores de N-NH₃ (mg/100mL) do fluido ruminal de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho, em função do tempo (T).

Não houve efeito da substituição do milho pela casca de mandioca sobre a massa ruminal de FDN e de FDNi, os valores médios foram de 504,22 e 284,59g, respectivamente. Também não foram observadas diferenças para as taxas de ingestão e digestão da FDN e para a taxa de passagem da FDN, com médias de 0,060, 0,033 e 0,026 h⁻¹, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5

Dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro de ovinos alimentados com casca de mandioca em substituição ao milho.

Itens	Níveis de substituição (%)					EPM ¹	Valor de P	
	0	25	50	75	100		Linear	Quadrático
MRFDn (g) ²	499,79	506,96	505,75	514,37	494,24	17,719	0,2543	0,2233
MRFDni (g) ³	287,13	288,26	275,01	290,72	281,86	7,913	0,0612	0,746
Ki (h ⁻¹) ⁴	0,0609	0,0553	0,0593	0,0608	0,0648	0,0026	0,1261	0,5116
Kd (h ⁻¹) ⁵	0,0323	0,0298	0,0348	0,0335	0,0354	0,0022	0,0836	0,0637
Kp (h ⁻¹) ⁶	0,0286	0,0255	0,0245	0,0272	0,0285	0,0008	0,2254	0,4093

¹Erro padrão da média, ²MRFDn = Massa ruminal de fibra em detergente neutro; ³MRFDni= Massa ruminal de fibra em detergente neutro indigestível; ⁴Ki = taxa de ingestão de Fibra em detergente neutro; ⁵kd = taxa de degradação da FDN; ⁶kp = taxa de passagem ruminal da FDN.

4. Discussão

O comportamento observado para o consumo de nutrientes, ocorreu devido à semelhança entre a composição química das dietas (Tabela 3), em relação aos teores energéticos, bem como pela semelhança nas taxas de ingestão, digestão e passagem da fibra em detergente neutro no rúmen. Verificou-se que, em relação à seletividade, a mesma pode não ter ocorrido em função da forma de fornecimento da dieta, que foi ofertada como mistura completa, como também pelo fato dos alimentos em estudo, tanto o milho quanto a casca de mandioca terem sido moídos. Foram observadas sobras em torno de 10% do total de matéria seca ofertada.

No Brasil, poucas pesquisas foram realizadas com o resíduo de mandioca em estudo, apesar de este ser bastante utilizado. Alguns autores tem relatado diminuição no consumo de alguns nutrientes. Menezes et al. (2004) trabalharam com casca de mandioca desidratada e moída em substituição ao milho (0, 33, 66 e 100%) para caprinos em crescimento e observaram diminuição linear no consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e carboidratos não-fibrosos, atribuindo ao alto teor de FDN da casca de mandioca (430,0 g/kg). A FDN da casca de mandioca utilizada neste experimento foi 229,0 g/kg, que provavelmente contribuiu para a semelhança no consumo de nutrientes.

Do mesmo modo, Otukoya e Babayemi (2008) observaram diminuição no consumo de matéria seca e proteína bruta de caprinos consumindo dietas contendo casca de mandioca desidratada, quando comparadas a dietas com feno de leucena, e atribuíram este resultado aos baixos teores de energia e proteína bruta da casca de mandioca. Lakpini et al. (1997), quando substituíram o milho pela casca de mandioca desidratada para cabras, constataram que houve diminuição no consumo de matéria seca para animais que consumiram dietas com maior nível de casca de mandioca, e justificaram este comportamento em função do tamanho da partícula do resíduo de mandioca, que foi maior quando comparado ao milho moído. Fato que não ocorreu no presente estudo, devido à casca de mandioca ter sido moída, apresentando tamanho de partícula próxima a do milho moído.

Por outro lado, Martins et al. (2000) e Prado et al. (2000) não encontraram diferenças no consumo de matéria seca quando forneceram dietas com milho ou casca de mandioca desidratada para novilhas (níveis de casca de mandioca na dieta de 31%), com FDN média de 286,0 g/kg, semelhante ao observado neste trabalho.

O comportamento verificado para a digestibilidade dos nutrientes acompanhou os observados para os dados de consumo de nutrientes (Tabela 3). De acordo com Van Soest (1994), a digestibilidade de um alimento está mais relacionada à fibra em detergente ácido. Pode ser observado neste trabalho, a FDA aumentou 4,9g em relação ao maior nível de substituição do milho pela casca de mandioca, o que pode ter sido um dos fatores que causou a semelhança na digestibilidade das dietas. A semelhança nas proporções de carboidratos não-fibrosos e amido também podem ter contribuído para similaridade no comportamento observado para a digestibilidade das dietas (Tabela 2).

O grau de moagem parece estar associado à velocidade de digestão do amido no rúmen. O milho e a casca de mandioca utilizados neste experimento passaram por um processo de moagem, o que pode ter sido mais um dos fatores pelo qual a digestibilidade dos nutrientes não foi alterada.

Na literatura, os resultados encontrados mostram que o comportamento observado para digestibilidade quando se inclui casca de mandioca em substituição ao milho são controversos, em função de diferentes processamentos, níveis de inclusão e espécie animal. Menezes et al. (2004) trabalharam com casca de mandioca mais ureia em substituição ao milho para cabras e relataram redução nos coeficientes de digestibilidade, e atribuíram ao alto teor de minerais da casca de mandioca, que foi de 24%. Martins et al. (2000) encontraram maior digestibilidade para as dietas contendo casca de mandioca, com valor médio de 0,636, em relação às dietas contendo milho, com valor médio de 0,492, para novilhas em crescimento. Os autores atribuíram esses resultados a maior taxa de degradação da matéria seca da casca de mandioca em relação ao milho.

As diferenças observadas nos resultados dos trabalhos citados podem ser explicadas pelo fato de o produto estudado, a casca de mandioca, ser um resíduo industrial que não possui composição química uniforme, devido a variações no tipo de processamento. Os valores da composição química da casca de mandioca não são homogêneos e padronizados, como para os alimentos clássicos usados na alimentação animal (Abrahão et al., 2006).

O pH variou de 6,41 a 6,56 com relação aos níveis de substituição do milho pela casca de mandioca. A mandioca apresenta maior degradabilidade ruminal do amido em relação ao milho, devido às características físico-químicas dos grânulos de amido da mandioca em relação ao milho (ausência de pericarpo, ausência de matriz proteica, maior teor de amilopectina) (Zeoula et al., 1999), podendo levar ao abaixamento do pH. Entretanto, este efeito não foi verificado, possivelmente pelo baixo teor de amido das dietas (Tabela 2).

A diminuição na digestão da celulose começa a ser importante com valores de pH abaixo de 6,2 (Grant e Mertens, 1992), esse efeito foi demonstrado por Yang et al. (2002), Zebeli et al. (2007), Zebeli et al. (2008), porém, na avaliação do pH ruminal é importante considerar não apenas o valor médio diário, mas também o tempo em que o

pH permanece abaixo de um determinado valor limite (Commun et al., 2009), desse modo, o menor valor de pH estimado foi de 6,35, o que fundamenta a similaridade nos resultados de digestibilidade da FDN. Oke et al. (2009) não encontraram diferenças nos valores de pH em diferentes horários, quando forneceram dietas para bovinos com casca de mandioca em substituição ao milho em até 45%, e da mesma forma o pH manteve-se em torno de 6,2.

Os valores encontrados para N-NH₃ foram favoráveis para promover adequada fermentação ruminal em todos os níveis de substituição do milho pela casca de mandioca. De acordo com Detmann et al. (2009), a concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen de 8 a 15 mg/100mL são suficientes para melhorar a ingestão e degradação da FDN em condições tropicais. Preston (1986) recomendou valores entre 15 e 29 mg N-NH₃/100 mL para ótima fermentação de alimentos fibrosos. Isto sugere que não houve deficiência de amônia no fluido ruminal para a síntese de proteína microbiana.

A concentração de N-NH₃ varia nos horários após a alimentação e sua intensidade depende do tipo do alimento. As fontes e quantidades de carboidratos e nitrogênio da dieta podem determinar as concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal, uma vez que, a capacidade das bactérias sintetizarem proteína e a utilização de amônia depende da taxa de fermentação de carboidratos (Van Soest, 1994).

Esperava-se aumento nas concentrações de N-NH₃ quando da adição de ureia nas dietas com casca de mandioca, pelo fato da ureia ser hidrolisada rapidamente no rúmen, porém, este comportamento não foi observado, provavelmente em função dos baixos teores de ureia nas dietas. Boucher et al. (2007) verificaram comportamento quadrático com dietas com suplementação crescente de ureia, recomendaram valores entre 11,9 e 12,9 mg N-NH₃/100 mL para maximização da produção de proteína microbiana. Dessa forma, a concentração N-NH₃ no líquido ruminal é consequência do equilíbrio entre sua produção, absorção e utilização pelos microrganismos, sendo a última dependente da quantidade de energia disponível (Silveira et al., 2002).

Com relação aos ácidos graxos voláteis, observou-se que a produção e a proporção de propionato apresentaram variações (Tabela 4, figura 3). O tipo do AGV produzido no rúmen está relacionado com a composição da dieta, em que a maior proporção de grãos, ricos em CNF, frequentemente diminui a relação

acetato:propionato, principalmente devido a mudanças na proporção de propionato ruminal (Firkins et al., 2006). A associação dos diferentes componentes das dietas podem ter promovido esse comportamento, em função do tipo do carboidrato da casca de mandioca, que é de rápida degradabilidade (Zeoula et al., 1999) e da adição de ureia nas dietas.

Não foi observado efeito sobre a dinâmica ruminal da FDN com a substituição do milho pela casca de mandioca, esse comportamento era esperado devido não ter sido observada alterações no consumo e na digestibilidade dos nutrientes, uma vez que, a taxa de ingestão (ki) e digestão (kd) influenciam a taxa de passagem (kp) (Seo et al., 2006).

O valor médio observado para a taxa de passagem da FDN para os tratamentos foi de $0,026 \text{ h}^{-1}$. Resultados semelhantes foram encontrados por Menezes et al. (2011) e Ezequiel et al. (2005), $0,023 \text{ h}^{-1}$ e $0,022 \text{ h}^{-1}$, respectivamente.

O tipo do alimento influencia no tempo de retenção da fibra (Krämer et al., 2013). Os resultados encontrados para a dinâmica ruminal da FDN, também podem ser explicados pela similaridade dos teores de FDN das dietas, como também devido a pequena contribuição da FDN proveniente da casca de mandioca (4,3%) (Tabela 3). A forma como os alimentos da dieta foram ofertados também podem ter influenciado o comportamento da dinâmica ruminal com a substituição do milho pela casca de mandioca, pois essa, assim como o milho foi processada, ou seja, moídos. Uma vez que, propriedades físicas, tais como o tamanho das partículas, densidade e fator de cisalhamento podem afetar a taxa de fluxo de digesta de rúmen (Seo et al., 2006).

A casca de mandioca é um resíduo com grande potencial de uso na alimentação de pequenos ruminantes, sendo necessário ainda estudos relacionados ao desempenho destes animais. A principal vantagem na utilização da casca de mandioca como alternativa energética é a redução nos custos com alimentação, sendo a tomada de decisão dependente da disponibilidade na região e o custo de aquisição do produto.

5. Conclusões

Recomenda-se a substituição total do milho pela casca de mandioca na dieta de ovinos, pois o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, bem como a dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro não foram alteradas.

6. Referências

Abrahão, J.J., PRADO, I.N., Marques, J.A., Perotto, D., Lugão, S.M.B., 2006. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca

sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.* 35, 512-516.

Allen, M.S.; Linton, J.A.V., 2007. In vivo methods to measure digestibility and digestion kinetics of feed fractions in the rumen. In: Rennó, F.P.; Silva, L.F.P. (Eds.) *Simpósio internacional avanços em técnicas de pesquisa em nutrição de ruminantes*, Pirassununga, 2007. Anais... Pirassununga.72-89.

Association of Official Analytical Chemists, 1990. *Official Methods of Analysis*, 15ed. AOAC, Arlington, VA, USA.

Baah, J., Tait, R.M., Tuah, A.K., 2011. Selecting browse plants to supplement cassava peel-based diet for peri-urban small ruminants. *Small Ruminants Res.* 96, 36-40.

Baiden, R.Y., Rhule, S.W.A., Otsyina, H.R., Sottie, E.T., Ameleke, G., 2007. Performance of West African Dwarf sheep and goats fed varying levels of cassava pulp as a replacement for cassava peels. *Livestock Research for Rural Development*, 19, 2007. On line. Disponível em: <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd19/3/baid19035.htm>. Acesso em: 20/02/2013.

Boucher, S.E., Ordway, R.S., Whitehouse, N.L., Lundy, F.P., Kononoff, P.J., Schwab, C.G., 2007. Effect of incremental urea supplementation of a conventional corn silage-based diet on ruminal ammonia concentration and synthesis of microbial protein. *J. Dairy Sci.* 90, 5619-5633.

Commun, L., Mialon, M.M., Martin, C., Baumont, R., Veissier, I., 2009. Risk of subacute ruminal acidosis in sheep with separate access to forage and concentrate. *J. Anim. Sci.* 10, 3372-3379.

Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA. 2013. Diretriz brasileira para o cuidado e a utilização de animais para fins científicos e didáticos – DBCA. Disponível em: [http://www.comissao.ufra.edu.br/ceua/attachments/article/76/Diretrizes%20CONCEA%202013%20\(1\).pdf](http://www.comissao.ufra.edu.br/ceua/attachments/article/76/Diretrizes%20CONCEA%202013%20(1).pdf). Acesso em: 09/09/2013.

Detmann, E., Paulino, M.F., Mantovani, H.C., Valadares Filho, S.C., Sampaio, C.B., Souza, M.A., Lazzarine, I., Detmann, K.S.C., 2009. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. *Livest. Sci.* 126, 136-146.

Ezequiel, J.M.B., Queiroz, M.A.A., Galati, R.L., Mendes, A.R., Pereira, E.M.O., Faturi, C., Nascimento Filho, V.F., Feitosa, J.V., 2005. Processamento da cana-de-açúcar: efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. *Rev. Bras. Zootec.* 5, 1704-1710.

Ferreira Filho, J.R.F., Silva, J., 2007. Produção de biomassa de mandioca. Disponível em:

<<http://www.cerat.unesp.br/revistarat/volume3/artigos/62%20Jose%20raimundo%20ferreira%20filho.pdf>> Acesso em: 02/02/2012.

Ferreira, G.D.G., Oliveira, R.L., Cardoso, E.C., Magalhães, A.L.R., Brito, E.L., 2007. Valor nutritivo de co-produtos da Mandioca. *Rev. Bras. Saúde Prod.* 4, 364-374.

Firkins, J.L.; Hristov, A.N.; Hall, M.B., Varga, G.A., St-Pierre, N.R., 2006. Integration of ruminal metabolism in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 89, E31-E51.

Grant, R.J., Mertens, D.R., 1992. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. *J. Dairy Sci.* 75, 2762-2768.

Hall, M.B., 2000. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. Florida: Univ. Fla, p.A-25 (Bulletin 339).

Krämer, M. Lund, P., Weisbjerg, M.R. 2013. Rumen passage kinetics of forage- and concentrate-derived fiber in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 96, 3163–3176.

Lakpini, C.A.M., Baloqun, B.I., Alawa, J.P., Onifade, O.S., Otaru, S.M., 1997. Effects of graded levels of sun-dried cassava peels in supplement diets fed to Red Sokoto goats in first trimester of pregnancy. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2, 197-204.

Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 347-358.

Lucci, C.S., 1997. *Nutrição e manejo de bovinos leiteiros*. São Paulo: Manole. 169.

Martins, A.S., Prado, I.N., Zeoula, L.M., Branco, A.F., Nascimento, W.G., 2000. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte proteica em novilhas. *Rev. Bras. Zootec.* 1, 269-277.

Menezes, P. C. M., Ribeiro, M.N., Costa, R.G., Medeiros, A.N., 2004. Substituição do milho pela casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em rações completas para caprinos: consumo, digestibilidade de nutrientes e ganho de peso. *Rev. Bras. Zootec.* 3, 729-737.

Menezes, G.C.C., Valadares Filho, S.C., Magalhães, F.A., Valadares, R.F.D., Mariz, L.D., Detmann, E., Pereira, O.G., Leão, M.I., 2011. Total and partial digestibility, rates of digestion obtained with rumen evacuation and microbial protein synthesis in bovines fed fresh or ensiled sugar cane and corn silage. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 1104-1113.

Nobre, F. V. 2012. Forrageiras mais recomendadas para o semiárido nordestino. In: *O produtor rural e o Rio Grande do Norte Semiárido – Sugestões para conviver melhor com as secas*. Neves, A.M.B., Nobre, F.V., Fonseca, J.R.R., Belchior Filho, V. SEBRAE/RN, 2012. 168p.

Oke, U.K., Herbert, U., Anigbogu, N.M., Nwachukwu, E.N., 2009. Rumen Metabolites of Bovine Fed Cassava Peels in a Humid Tropical Environment. *Pak. J. Nutr.* 2, 172-175.

Otukoya, F.K., Babayemi, O.J., 2008. Supplementation of *Leucaena leucocephala* hay as protein enrichment for cassava peels in West African dwarf goats. *J. Food, Agric. & Environ.* 6, 247-250.

Pereira, J.R.A., Rossi JR., P. 1995. Manual prático de avaliação nutricional de alimentos. Piracicaba: FEALQ, 25.

Pereira Neto, M. 2012. Cultivo da mandioca. In: O produtor rural e o Rio Grande do Norte Semiárido – Sugestões para conviver melhor com as secas. Neves, A.M.B., Nobre, F.V., Fonseca, J.R.R., Belchior Filho, V. SEBRAE/RN, 2012. 168p.

Poore, M.H., Moore, J.A., Swingle, R.S., Eck, T.P., Brown, W.H., 1993. response of lactating holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. *J. Dairy Sci.* 76, 2235-2243.

Prado, I.N., Martins, A.S., Alcalde, C.R., Zeoula, L.M., Marques, J.A., 2000. Desempenho de novilhas alimentadas com rações contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte proteica. *Rev. Bras. Zootec.* 1, 278-287.

Preston.T.R. 1986. Analytical methods for characterizing feed resources for ruminants. In: Preston, T.R. (Ed.) Better utilization of crop residues and by products in animal feeding : research guidelines. Ed.2. A practical manual for research workers. Rome: FAO. 106p.

Statistical analysis system - SAS. System for Microsoft Windows: release 8.2. Cary: 2001. 1 CD ROM.

Seo, S., Tedeschi, L.O., Lanzas, C., Schwab, C.G., Fox, D.G., 2006. Development and evaluation of empirical equations to predict feed passage rate in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 128, 67–83.

Silva, J.D., Queiroz, A.C., 2002. Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Univ. Fed. de Viçosa. 235.

Silveira, R.N., Berchielli, T.T., Freitas, D., Salman, D.K.A., Pires, A.V., Fernandes, J.J.R., 2002. Fermentação e degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana-de-açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada. *Rev. Bras. Zootec.* 2, 793-801.

Valente, T.N.P., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., Sampaio, C.B., Gomes, D.I., 2011. Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens, concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de diferentes tecidos. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 1148-1154.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.

Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. London: Constock Publishing Associates, 476.

Vilhalva, D.A.A., Soares Júnior, M.S.S., Caliari, M., Silva, F.A., 2012. Secagem convencional de casca de mandioca proveniente de resíduos de indústria de amido. *Pesqui. Agropec. Trop. de Goiânia*. 3, 331-339.

Wadhwa, M.; Bakshi, M.P.S., 2013. Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. RAP Publication. On line. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3273e/i3273e.pdf>. Acesso em 05/02/2013.

Yang, W.Z., Beauchemin K.A., Rode L.M., 2002. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on site and extent of digestion. *J. Dairy Sci.* 8, 1958–1968.

Zebeli, Q., Ölschläger, V., Tafaj, M., Fahjen, W., Junck, B., Simon, O., Drochner, W., 2007. Evaluation of counts of ruminal fibrolytic bacteria and enzyme activities in response to corn silage particle size in high-yielding dairy cows. *J. Anim. Sci.* 90, 618–619.

Zebeli Q., Dijkistra, Tafal, M., Steingass, H., Ametaj, B.N., Drochner, W., 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J. Dairy Sci.* 91, 2046-2066.

Zeoula, M. L., Martins, A.S., Prado, I.N., Alcalde, C.R., Branco, A.F., Santos, G.T., 1999. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. *Rev. Bras. Zootec.* 5, 898-905.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda por alimentos de origem animal e, portanto, para os grãos de cereais tende a crescer, devido ao aumento da população e ao desenvolvimento econômico, sendo necessário restringir ao máximo a competição de alimentos concentrados entre homens e animais. O uso de resíduos da agroindústria na alimentação de ruminantes torna-se alternativa importante, pois além de reduzir o impacto ambiental, possui baixo custo, quando comparado a alimentos tradicionais.

A mandioca é produzida em todo o Brasil e está entre os três produtos com melhores expectativas de crescimento da produção, sendo assim, também são geradas grandes quantidades de resíduos. A casca de mandioca possui potencial para ser utilizada na alimentação de ruminantes, principalmente em locais onde existe dificuldade de produção e uso de grãos, como o milho, em função dos altos preços, bem como da competição com animais monogástricos e na alimentação humana.

A avaliação da casca de mandioca no presente estudo reafirma a variável composição química de resíduos ou subprodutos, principalmente com relação à forma de processamento, artesanal ou industrial. A casca de mandioca processada de forma artesanal, mostrou-se mais interessante em função da composição nutricional, que apresentou maiores teores de carboidratos não-fibrosos e menores teores de fibra em detergente neutro. Considerando os resultados obtidos com ovinos, a casca de mandioca proveniente do processamento artesanal, desidratada e moída pode substituir o milho, por promover fermentação ruminal adequada e não alterar o consumo e digestibilidade dos nutrientes. Com relação às vacas em lactação, ao consumirem a casca de mandioca desidratada oriunda da indústria, a substituição do milho não é indicada, por diminuir o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e a produção de leite. Entretanto, seu uso deve ser considerado, para vacas com menores exigências nutricionais, como também para animais em crescimento. Os resultados sugerem que mais estudos devam ser conduzidos com a casca de mandioca para determinação da inclusão máxima do resíduo na dieta de ruminantes.