



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E
PASTAGENS



INCLUSÃO DE RAIZ DE MANDIOCA EM RAÇÕES DE VACAS EM LACTAÇÃO

TIBÉRIO DE ALBUQUERQUE SARAIVA

2012

TIBÉRIO DE ALBUQUERQUE SARAIVA

INCLUSÃO DE RAIZ DE MANDIOCA EM RAÇÕES DE VACAS EM
LACTAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens.

Orientador – Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo
Co-orientadores – Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães
Pesquisadora Dra. Maria da Conceição Silva

GARANHUNS
PERNAMBUCO – BRASIL
(2012)

Ficha Catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

S243i Saraiva, Tibério de Albuquerque
Inclusão de raiz de mandioca em rações de vacas em lactação/ Tibério de Albuquerque Saraiva. _Garanhuns, 2012.

32 f.

Orientador: Airon Aparecido Silva de Melo
Dissertação(Mestrado em Ciência Animal e Pastagem)
– Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, 2012.
Inclui bibliografias

CDD: 636.082

1. Ruminantes – Alimentação
 2. Mandioca
 3. Pastagem
 4. Forragem
- I. Melo, Airon Aparecido Silva de
 - II. Título

TIBÉRIO DE ALBUQUERQUE SARAIVA

INCLUSÃO DE RAIZ DE MANDIOCA EM RAÇÕES DE VACAS EM
LACTAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens.

Aprovada em 31 de julho de 2012

Examinadores:

Prof.^a. Dra. Alenice Ozino Ramos (PPGZ/UFPB)

Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães (PPGCAP/UFRPE)

Prof. Dr. Ricardo Alexandre Silva Pessoa (PPGZ/UFRPE)

Orientador :

Prof. Airon Aparecido Silva de Melo (PPGCAP/UFRPE)

GARANHUNS
PERNAMBUCO – BRASIL
(2012)

Aos meus queridos Juliana, João Victor e Júlia, pelo amor, paciência,
companheirismo e cumplicidade.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, pela oportunidade de superar mais uma etapa de minha formação acadêmica e pessoal.

A FACEPE, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores e PNPDs do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, em especial Airon, André, Karla, Laine e Kedes, por quem eu tenho muita estima e admiração.

A todos os meus colegas e amigos de pós-graduação, pelo apoio, receptividade e horas de descontração ao longo dessa jornada, especialmente Erickson e Carol, que tiveram participação importantíssima durante o período experimental e durante os últimos dias antes da defesa.

A todos os alunos de graduação que voluntariamente me ajudaram no experimento e análises laboratoriais.

A todos os funcionários do IPA, principalmente Luis Carlos e Leonardo, com quem sempre pude contar durante meu experimento.

Aos meus pais e demais familiares, que sempre prezaram pela minha formação, me apoiando em todas as empreitadas.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE TABELAS | 7 |
| RESUMO..... | 8 |
| ABSTRACT..... | 9 |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL..... | 10 |
| BIBLIOGRAFIA CITADA | 19 |
| 2 CAPÍTULO 01 | 21 |
| 1. Introduction..... | 22 |
| 2. Material and methods | 22 |
| 2.1. <i>Animals and dietary treatments</i> | 22 |
| 2.2. <i>Data collection and analysis</i> | 23 |
| 2.3 <i>Statistical analysis</i> | 24 |
| 3. Results..... | 24 |
| 3.1. <i>Dietary treatments, intake and nutrients utilization</i> | 24 |
| 3.2. <i>Feeding, rumination and chewing behavior</i> | 26 |
| 3.3. <i>Milk production and composition</i> | 27 |
| 4. Discussion..... | 27 |
| 5. Conclusions..... | 28 |
| 3 CONCLUSÃO GERAL | 32 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Quantidade de ingredientes e composição química das rações com duas cultivares de palma com ou sem adição de milho | 13 |
| Tabela 2. Desempenho de vacas mestiças alimentadas com duas cultivares de palma forrageira com e sem milho | 14 |
| Tabela 3. Desempenho de vacas da raça Holandesa alimentadas com caroço de algodão como fonte de fibra e proteína em substituição a silagem e farelo de soja em dietas a base de palma forrageira | 15 |
| Table 4. Chemical composition of ingredients used in the experimental diets (g/kg DM \pm S.E.) | 24 |
| Table 5. Ingredient and chemical composition of experimental diets (dry matter basis) | 25 |
| Table 6. Effects of cassava roots inclusion on intake and nutrient digestibilities of lactating cows | 26 |
| Table 7. Effects of cassava roots inclusion on feeding, rumination and chewing behavior of lactating cows | 26 |
| Table 8. Effects of cassava roots inclusion on milk production and composition of lactating cows | 27 |

RESUMO

SARAIVA, Tibério de Albuquerque. **Inclusão de Raiz de Mandioca em Rações de Vacas em Lactação** 2012. 32p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, PE¹.

A pecuária leiteira do estado de Pernambuco apresenta um grande potencial produtivo, com destaque para a região do Agreste, que produziu 73,02% dos 788.250 mil litros de leite bovino no ano de 2009. No entanto, a exploração pecuária da região Nordeste é afetada pelas constantes secas e irregularidade das chuvas, impedindo uma exploração racional desta atividade, uma vez que exige uma constância na produção e oferta de alimentos. Isto inviabiliza os sistemas tradicionais de produção e leva a baixos índices de produtividade observados na região. Neste contexto, observa-se que a alimentação dos rebanhos ruminantes explorados na região semiárida do Nordeste, fundamenta-se de forma predominante no pastejo de forrageiras nativas e exóticas. Um alimento cultivado com bastante sucesso na região Nordeste é a palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck e *Opuntia ficus indica* Mill), por ser adaptada as condições edafo-climáticas e apresentar altas produções de matéria seca por unidade de área, além de ser uma excelente fonte de água, energia, e, conseqüentemente, nutrientes digestíveis totais. No entanto, os palméis nordestinos vêm sendo dizimados pela cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) o que tem levado a busca por alternativas alimentares viáveis para a região. Desta forma, uma possível alternativa para os produtores é o uso da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), planta comumente encontrada na região, que pode ter utilizada na alimentação do rebanhos. Estas culturas, quando utilizadas na alimentação animal sem critérios técnico-científicos, não resultam no desempenho animal esperado para alimentos de alto valor energético que são.

¹Comitê Orientador: Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo – UAG/UFRPE (orientador); Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães – UAG/UFRPE (co-orientador); Dra. Maria da Conceição Silva – IPA (co-orientadora).

ABSTRACT

SARAIVA, Tibério de Albuquerque. **Inclusion of Cassava Roots in Rations of Lactating Cows**. 2012. 32p. Thesis (Master's in Animal Science and Pastures) – Federal Rural University of Pernambuco, Garanhuns Academic Unit¹, PE.

The dairy industry in the state of Pernambuco has great productive potential, especially in the Agreste Region, which produced 73.02% of the 788.25 million liters of cow milk produced in 2009. However, the livestock production in the Northeast is affected by frequent droughts and irregular rainfall, making hard a rational exploitation of this activity, since it requires a consistency in production and food supply. This leads traditional production systems to low productivity levels observed in the region. In this context, it is observed that the feeding of ruminant livestock explored in the semi-arid Northeast is based on grazing native and exotic forages. A feedstuff grown quite successfully in the Northeast is the cactus pear (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck and *Opuntia ficus indica* Mill), because it is adapted to soil and climate conditions and have high dry matter production per unit of area, besides being an excellent source of water, energy, and hence TDN. However, the northeastern forage cactus crops have been decimated by the cactus pear cochineal (*Dactylopius opuntiae*) which has led to a search for viable alternative feedstuffs for the region. Thus, a possible alternative for producers is the use of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), a plant commonly found in the region, which can be used to feed livestock. These cultures, when used in animal feed without technical-scientific criteria do not result in the expected animal performance for the high energy crops they are.

¹Advising Committee: Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo – UAG/UFRPE (chair); Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães – UAG/UFRPE (co-chair); Dra. Maria da Conceição Silva – IPA (co-chair).

1 INTRODUÇÃO GERAL

As crises alimentar e econômica dos últimos anos em todo o mundo, de acordo com a FAO (2011), têm desafiado os esforços da sociedade para alcançar o objetivo do desenvolvimento do milênio, que é reduzir pela metade, a proporção de pessoas que passam fome, principalmente nos países emergentes. Nesta direção e como consequência desta realidade, está ainda a preocupação de se buscar alternativas para alcançar metas de aumento da produtividade na produção de alimentos nutritivos para a população.

Em se tratando do Brasil, segundo o Censo Agropecuário do IBGE (2010), o Estado de Pernambuco, no que diz respeito à pecuária leiteira, tem registrado níveis elevados de produção, com destaque para o Agreste, que produziu 73,02% dos 788.250 mil litros de leite bovino no ano de 2009.

No entanto, em que pese a boa produção leiteira, observa-se que a alimentação dos rebanhos ruminantes explorados na região semiárida do Nordeste fundamenta-se, de forma predominante, no pastejo de forrageiras nativas e exóticas, em quase todo o ano, imprimindo características acentuadamente estacionais da produção (Ferreira, 2005). Este manejo alimentar tem ocasionado algumas restrições nutricionais nos rebanhos, notadamente em determinadas épocas do ano, em função da estacionalidade das chuvas e, principalmente, do manejo inadequado dos recursos forrageiros.

Neste sentido o uso de estratégias alimentares baseadas na utilização de alimentos disponíveis na região e a redução dos custos torna-se extremamente necessário.

Um alimento cultivado com bastante sucesso na região Nordeste é a palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck e *Opuntia ficus indica* Mill), por ser adaptada as condições edafo-climáticas e apresentar altas produções de matéria seca por

unidade de área (Santos et al., 1997), além de fonte de água e nutrientes digestíveis totais (Melo, 2004). No entanto, segundo os mesmos autores, a palma apresenta baixa porcentagem de proteína e de constituintes da parede celular, como celulose, hemicelulose e lignina, quando comparada com outras forrageiras. Como consequência, a palma apresenta alta concentração de carboidratos não-fibrosos (CNF), o que pode provocar distúrbios metabólicos, que inclusive são relatados em trabalhos que se utilizou a palma forrageira como volumoso exclusivo, ou associada a uma pequena quantidade de fibra efetiva. Santana et al. (1972), ao fornecer palma forrageira e torta de algodão para vacas em lactação, relataram a ocorrência de diarreia e ausência de ruminação. Já Santos et al., (1990), além da diarreia, verificaram a diminuição no peso corporal dos animais, quando alimentados com palma forrageira, concentrado e silagem de sorgo. Sosa (2004) observou menor tempo de ruminação e mastigação com o aumento do teor de palma forrageira na dieta em substituição à silagem de sorgo. Com base nestas observações, Santos et al. (1997) recomendaram o uso de uma fonte de fibra e proteína em dietas contendo palma.

Pesquisas realizadas nos últimos anos pelos pesquisadores da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) têm mostrado bons resultados com a utilização de palma como base das dietas de vacas leiteiras, como alta produção de leite, teor de gordura normal, ruminação e variação positiva do peso corporal, além de redução na quantidade de concentrado fornecido.

A associação da palma forrageira (cultivar gigante) com diferentes volumosos (sacharina de cana, silagem de sorgo, bagaço de cana hidrolisado e *in natura*) em rações para vacas mestiças (Holandês x Gir) foi estudada por Mattos et al. (2000). Neste trabalho, a palma foi adicionada na quantidade de 380g/kg para o tratamento contendo silagem de sorgo e 554g/kg para o tratamento com bagaço de cana de açúcar *in natura*, complementadas com concentrado na proporção de 1 kg para cada três litros de leite

produzidos. Os consumos de matéria seca foram adequados para as produções diárias observadas de 13,5 kg de leite com 39g de gordura/Kg. A variação de peso corporal dos animais foi praticamente nula e não ocorreu diarreia. Ao final do experimento concluiu-se que não houve influência da fonte de fibra, principalmente, no consumo de MS, na produção e composição de leite.

Da mesma forma, Wanderley et al. (2002) e Andrade et al. (2002) desenvolveram experimentos com o intuito de determinar o melhor nível de associação da palma forrageira com uma fonte de fibra (silagem de sorgo) na ração de vacas de média produção. A quantidade de palma na ração variou de 0 a 360g/Kg, proporcionando variação no teor de FDN (412 a 272g/Kg) e CNF (330 a 485g/Kg) nos tratamentos. Com a adição da palma forrageira em substituição à silagem de sorgo, houve diminuição nos teores de FDN da ração e aumento dos CNF. Porém, isto não influenciou o consumo de MS e a produção de leite. No entanto, a porcentagem de gordura e as digestibilidades aparentes dos nutrientes apresentaram efeito quadrático, provavelmente devido ao excesso de carboidratos não-fibrosos. O efeito positivo dos carboidratos da palma forrageira acontece até determinado ponto, que coincidiu com o nível máximo preconizado pelo NRC (2001) que é de 440g/Kg. A partir deste ponto, observou-se piora nos resultados, evidenciando a necessidade da associação da palma forrageira com uma fonte de fibra efetiva e o balanceamento da relação $FDN_{\text{volumoso}}:CNF_{\text{ração}}$.

Desta forma, ao contrário do que se observa no passado, animais alimentados com dietas contendo altas concentrações de palma forrageira não apresentaram diarreia, consumiram acima do estimado para o nível de produção observada e apresentaram teor de gordura do leite similares para as diversas formulações. No entanto, quando a quantidade de CNF excedeu o máximo recomendado, observou-se diminuição do teor de gordura do leite e digestibilidade aparente dos nutrientes, mostrando que os

paradigmas relacionados à palma forrageira estão ligados ao desbalanço entre os nutrientes da dieta.

Outros pontos interessantes que geram discussão entre os produtores com relação ao uso da palma, dizem respeito à quantidade de água apresentada em sua composição no momento de confecção das rações, a diferença entre as espécies *Opuntia* e *Nopalea*, bem como a quantidade e a composição do concentrado fornecido aos animais. Portanto, mais paradigmas surgiram com relação a limitação no uso da palma devido ao seu alto teor de umidade, diferença entre as espécies utilizadas e quantidade de composição do concentrado a ser usado em dietas contendo palma.

Tabela 1. Quantidade de ingredientes e composição química das rações com duas cultivares de palma com ou sem adição de milho

| Item | Ingrediente | | | |
|------------------|---|-------|-------|-------|
| | PGCM | PGSM | PMCM | PMSM |
| Palma Forrageira | 360,0 | 500,0 | 360,0 | 500,0 |
| Capim Elefante | 370,0 | 370,0 | 370,0 | 370,0 |
| Concentrado 1 | 270,0 | - | 270,0 | - |
| Concentrado 2 | - | 130,0 | - | 130,0 |
| | Quantidade de ingredientes do concentrado | | | |
| Farelo de Soja | 310,0 | 695,0 | 310,0 | 695,0 |
| Milho Moído | 560,0 | - | 560,0 | - |
| Mistura Mineral | 60,0 | 175,0 | 60,0 | 175,0 |
| Ureia | 70,0 | 130,0 | 70,0 | 130,0 |
| | Composição do concentrado | | | |
| PB | 325,0 | 685,0 | 325,0 | 685,0 |
| NDT | 730,0 | 563,0 | 730,0 | 563,0 |

PGCM = palma gigante com milho; PGSM = palma gigante sem milho; PMCM = palma miúda com milho; e PMSM = palma miúda sem milho.

Adaptado de Araújo et al (2004).

Com base nestas observações, realizou-se um trabalho visando avaliar o desempenho de vacas mestiças em lactação, alimentadas com rações contendo duas cultivares de palma forrageira (gigante e miúda) com ou sem adição de milho as mesmas (Tabelas 1 e 2).

Tabela 2. Desempenho de vacas mestiças alimentadas com duas cultivares de palma forrageira com e sem milho

| | Palma | | Milho | |
|-------------------|---------|-------|-----------|-----------|
| | Gigante | Miúda | Com milho | Sem milho |
| CMS (g/Kg PC) | 30,0 | 30,9 | 31,9 | 29,0 |
| C. água (L/dia) | 6,64 | 25,50 | 18,00 | 14,14 |
| P. leite (kg/dia) | 14,84 | 14,38 | 15,24 | 13,99 |
| PLCG (kg/dia) | 15,49 | 15,23 | 15,89 | 14,83 |
| Gordura (g/Kg) | 43,1 | 43,9 | 42,9 | 44,1 |

Adaptado de Araújo et al (2002) e Lima (2003).

Pode-se verificar que não houve diferença entre as cultivares de palma em nenhum dos parâmetros estudados, com exceção do consumo de água. Os autores relataram que não foram observadas diarreias e que os animais apresentaram variação positiva do peso corporal da ordem de 0,21 e 0,46 kg/dia para as cultivares gigante e miúda, respectivamente.

Quanto ao consumo de água, verificou-se que os animais beberam mais quando consumiram palma miúda e praticamente tiveram suas exigências atendidas quando receberam palma gigante, sem que esta ingestão de água via alimento interferisse no consumo de matéria seca, pois o mesmo foi superior as estimativas para categoria e produção animal observada. Desta forma, concluiu-se que a quantidade de água presente na palma não teve efeito negativo sobre o consumo de matéria seca e o uso das espécies gigante e miúda não afetaram a produção e teor de gordura do leite.

Outro aspecto discutido nos trabalhos acima, diz respeito a quantidade de concentrado e teor de proteína das rações oferecidas a vacas em lactação, alimentadas com palma forrageira. Quando se considera os ingredientes utilizados na formulação, observa-se fornecimento de concentrado na ordem de 1 kg para cada 3,33 kg de leite produzido (palma com milho) e composição do concentrado de 325g PB/Kg MS (Tabela 1), diferente da composição dos concentrados comerciais que variam de 200 a 240g PB/Kg MS. Para as rações formuladas com palma forrageira como fonte de energia (palma sem milho) observa-se fornecimento de concentrado na ordem de 1 kg

para cada 6,48 kg de leite produzido, neste caso exigindo um concentrado com 685g PB/ Kg MS.

Portanto, é possível a utilização da palma forrageira como ingrediente base na formulação de rações para vacas de leite, obtendo-se excelentes resultados (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho de vacas da raça Holandesa alimentadas com caroço de algodão como fonte de fibra e proteína em substituição a silagem e farelo de soja em dietas a base de palma forrageira

| Item | Nível de caroço de algodão (g/Kg MS) | | | | |
|-------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,00 | 62,5 | 125,0 | 187,5 | 250,0 |
| | Composição | | | | |
| Palma Forrageira | 290,0 | 290,0 | 290,0 | 290,0 | 290,0 |
| Silagem de Milho | 273,0 | 237,0 | 195,0 | 159,0 | 121,0 |
| Caroço de Algodão | 0,00 | 62,5 | 125,0 | 187,5 | 250,0 |
| Farelo soja | 239,0 | 209,0 | 187,0 | 160,0 | 130,0 |
| | Desempenho | | | | |
| CMS (g/Kg PC) | 33,0 | 32,8 | 33,7 | 36,6 | 35,9 |
| PL (kg/dia) | 29,50 | 30,24 | 31,25 | 32,67 | 32,27 |
| PLCG(kg/dia) | 26,70 | 28,12 | 30,22 | 30,74 | 31,68 |

Adaptado de Melo (2004).

Pode-se verificar que a palma forrageira quando utilizada como ingrediente da dieta, associada com fontes de fibra efetiva (forragem ou não-forragem) e atendidas todas as exigências nutricionais e recomendações quanto ao balanceamento dos carboidratos é possível obter de média a alta produção, sem comprometer a saúde animal. Pois, segundo o autor do trabalho, os animais apresentaram fezes consistentes, tempo de mastigação e ruminação compatíveis com a literatura, e ganho médio de peso corporal de 0,45 kg/dia. Dessa forma, pode-se observar que a palma forrageira quando utilizada levando-se e conta suas características nutricionais, principalmente no tocante a seu baixo percentual de fibra e proteína, possibilita bons resultados produtivos.

Entretanto, novas alternativas alimentares devem ser buscadas visando a diminuição na dependência de monocultura, reduzindo as recentes proliferações da cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) tem acometido muitos os palmais de *Opuntia ficus indica* Mill nordestinos (Santos et al., 2006). A cochonilha de carmim é

uma das muitas do gênero *Dactylopius* que produzem o corante carmim. Tais insetos são criados em cactáceas e podem se transformar em pragas se a cultura não for conduzida tecnicamente ou se forem disseminadas livremente nas plantas cultivadas (Warumby et al., 2005).

Sabe-se que a produção de alimentos volumosos exóticos ao ambiente semi-árido é bastante difícil e de grande risco, uma vez que as chuvas não são regulares e constantes durante o ano. Portanto, deve-se pensar na produção de alimentos adaptados a essa região que possam produzir boa quantidade de massa e venham a complementar ou substituir a palma forrageira na alimentação animal.

Neste contexto, outra cultura bastante difundida no Agreste de Pernambuco é a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Esta planta é caracterizada por ser heliófila (exigente em luminosidade), perene, arbustiva, da família das *Euphorbiaceae* e gênero *Manihot*, é caracterizada por ser a mais largamente utilizada em plantações comerciais. A mandioca também pode ser enquadrada no grupo das plantas cianogênicas, uma vez que apresentam em sua composição compostos químicos denominados glicosídeos cianogênicos. Tais glicosídeos, conhecidos como linamarina e lotaustralina, são encontrados na estrutura celular da planta e são responsáveis pela liberação de um composto tóxico, o ácido cianídrico (HCN), quando em contato com a enzima linamarase (Cagnon et al., 2002). Desta forma, pode-se dividir as variedades em dois grupos: a mandioca mansa, doce ou de mesa, que apresenta teores de glicosídeos cianogênicos inferiores a 10 mg/kg da polpa fresca, e a mandioca brava, amarga ou venenosa, com teores acima de 20 mg/kg (Mazzuco & Bertol, 2000).

Originária do continente americano, provavelmente do Brasil Central, a mandioca já era cultivada pelos povos indígenas (para uso como alimento e confecção de bebidas inebriantes), quando da chegada dos primeiros colonizadores, responsáveis por sua disseminação para outros continentes, principalmente África e Ásia (Otsubo &

Lorenzi, 2004). Por ser uma planta bastante adaptada a diversas condições edafoclimáticas e de manejo, a mandioca é cultivada em várias partes do mundo, perfazendo um total de mais de 180 países (FAOSTAT, 2009).

O Brasil destaca-se na produção mundial de mandioca, ocupando o posto de segundo maior produtor (atrás apenas da Nigéria) com uma produção anual de 26,6 milhões de toneladas, o que corresponde a 13,1% de toda a mandioca produzida no globo no ano de 2005. A produção nacional encontra-se distribuída por região: Nordeste 36,8% , Norte 28,7%, Sul 19,7%, Sudeste 8,8% e Centro-Oeste 6,0% (IBGE, 2010).

Com relação a sua adaptabilidade à região semi-árida brasileira, destaca-se a tolerância da mandioca à seca, graças a sua capacidade de armazenar, principalmente nas raízes, carboidratos na forma de compostos amiláceos, que permitem um estratégico aporte energético através da mobilização dessas reservas para os tecidos vitais da planta nas épocas mais críticas do ano. Outra característica importante para a sua popularidade nesta área é o fato de produzir satisfatoriamente quando submetida a um manejo pouco tecnificado, prática comum entre os pequenos agricultores. Assim é possível utilizá-la na alimentação animal, como forma de minimizar a sazonalidade na produção pecuária, resultante da escassez de forragens verdes no período seco do ano. Para a alimentação de ruminantes, aproveita-se tanto as raízes, como também a rama ou parte aérea rica em proteína, além dos subprodutos da industrialização, como os resíduos de fecularia, raspas, farinha de varredura e a manipueira.

Apesar de ser possível a utilização da mandioca *in natura*, a variabilidade nos teores de HCN e outros compostos antinutricionais, sejam decorrentes de fatores como idade da planta, tratos culturais, parte da planta, ou variedade utilizada, torna mais seguro o seu fornecimento na forma de raspa (raiz desintegrada em máquina forrageira, seguida de desidratação ao sol ou à sombra). Além disso, processando-se a mandioca desta forma, há a estabilização nos processos de degradação da matéria vegetal,

possibilitando sua conservação por um relativo longo período. Tal vantagem torna-se mais evidente quando se pensa em formas de disponibilizar ao animal, alimento de boa qualidade durante todo o ano, evitando, ou ao menos minimizando as flutuações sazonais na produção animal, possibilitando que o produtor tire proveito dos preços mais interessantes pagos ao seu produto durante a entressafra.

A raspa de mandioca é um ingrediente que tem sido utilizado como fonte energética alternativa, substituindo principalmente o milho nas dietas para ruminantes. Ramalho et al. (2006a) relataram que a substituição de farelo de soja por raspa não influenciou o consumo de matéria seca de vacas primíparas em lactação, no entanto houve uma diminuição na produção de leite à medida que o milho foi substituído pela raspa. Já em outro trabalho, com a substituição gradativa do milho pela raspa de mandioca até o nível de 100%, Ramalho et al (2006b) obtiveram diminuição do consumo de matéria seca e conseqüente queda na produção de leite dos animais.

Segundo Zeoula et al. (1999), o amido da mandioca é potencialmente mais degradável que o amido do milho. Isso deve ocorrer provavelmente devido as diferenças entre os teores de amilose e amilopectina no amido dos dois ingredientes. Apesar dos estudos realizados com milho e mandioca, inexistem trabalhos observando o efeito da substituição da energia contida na palma forrageira (majoritariamente originária da pectina) pela energia do amido da raiz de mandioca integral, na forma de raspa.

Desta forma, objetivou-se avaliar a utilização da palma forrageira ou mandioca, ou mesmo a combinação de ambas, recomendando-se as melhores alternativas com base na produção e composição do leite, consumo e comportamento ingestivo de vacas em lactação.

O capítulo a seguir foi redigido segundo as normas do periódico *Animal Feed Science and Technology*, disponíveis em: <http://www.elsevier.com/journals/animal-feed-science-and-technology/0377-8401/guide-for-authors>.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ANDRADE, D.K.B.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça Holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2088-2097, 2002.
- ARAÚJO, P.R.B.; FERREIRA, M.A.; BRASIL, L.H.A. et al. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1850-1857, 2004.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of Food Insecurity in the World**. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/i2330e/i2381e00.pdf>> Acesso em 21/julho/2012.
- FAOSTAT. Crop Production 2008, Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em 20/setembro/2010.
- FERREIRA, M.A. **Palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros**. Recife-PE: Gráfica Universitária, 2005. 68p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário**. 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/default.asp?t=2&z=t&o=1&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1&u8=1&u9=1&u10=1&u11=1&u12=3&u13=1&u14=26674&u15=1&u16=1>>. Acesso em: 10/maio/2012.
- LIMA, R.M.B.; FERREIRA, M.A.; BRASIL, L.H.A. et al. Substituição do milho por palma forrageira: comportamento ingestivo de vacas mestiças em lactação. **Acta Scientiarum**, v.25, n.2, p.347-353, 2003.
- MATTOS, L. M. E. et al. Associação da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) com Diferentes Fontes de Fibra na Alimentação de Vacas 5/8 Holandês-Zebu em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2128-2134, 2000.
- MAZZUCO, H.; BERTOL, T. M. Mandioca e seus subprodutos na alimentação de aves e suínos. **Concórdia: Embrapa/CNPSA**, 2000. (Circular técnica, 25).
- MELO, A. A.S.; FERREIRA, M.A.; VERÁS, A.S.C. et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Digestibilidade. **Acta Scientiarum, Animal Science**, v.25 n.2, p.339-345, 2003.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient requirements of the dairy cattle**. 7. ed. Washington: D.C. 2001. 363p.
- OTSUBO, A.A; LORENZI, J.O. Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. **Sistemas de Produção 6**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116 p.
- RAMALHO, R. P.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Substituição do Farelo de Soja pela Mistura Raspa de Mandioca e Ureia em Dietas para Vacas Mestiças em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1212-1220, 2006a.

- RAMALHO, R. P.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Substituição do Milho pela Raspa de Mandioca em Dietas para Vacas Primíparas em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1221-1227, 2006b.
- SANTANA, O. P. et al. Palma versus silagem na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.1, n.1, p.31-40, 1972.
- SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife-PE: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2006. 48p. (Documentos, 30).
- SANTOS, D. C.; LIRA. et al. **A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) em Pernambuco: Cultivo e utilização**: Recife-PE: IPA, 1997. 23p.(Documentos do IPA; n. 25).
- SANTOS, M V. F. et al. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus-indica* Mill) e miúda . (*Nopalea cochnilelifera* Salm-Dyck) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.6, p.504-511, 1990.
- SOSA, Y. M. Y. **Efeito de diferentes formas de fornecimento de dieta a base de palma forrageira sobre o comportamento ingestivo de vacas holandesas no terço médio de lactação**. 2004. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M.A.; ANDRADE, D.K.B; et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição a silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.273-281, 2002.
- WARUMBY, J.F.; ARRUDA FILHO, G.P.; CAVALCANTI, V.A.L.B. et al. Pragas da palma. In: MENEZES, R.S.C; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil**. 1.ed. Recife-PE: UFPE; Editora Universitária, 2005. p.65-80.
- ZEOULA, L.M., MARTINS, A.S., ALCALDE, C.R. et al. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.905-912, 1999.

2 CAPÍTULO 01

Inclusion of cassava roots in rations of lactating cows

Abstract

Spineless cactus crops (*Opuntia ficus-indica* Mill) in northeast of Brazil have been decimated by *Dactylopius opuntiae* which has led to the search for viable alternative energetic feedstuffs for the region. Thus, a possible alternative for producers is the use of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), a plant commonly found in the region that can be used to feed livestock. This study evaluated the effects of cassava roots inclusion in the rations of lactating cows. In this study ten multiparous Holstein cows were displaced in replicated 5x5 Latin squares with 17-day periods. Experimental diets contained (g/kg dry matter (DM) basis) 0, 60, 120, 180 and 250 cassava roots, 450, 340, 230, 120 and 0 cactus pear, and 370, 420, 470, 520, and 570 corn silage, respectively. Intake of DM, crude protein (CP), organic matter (OM) and total digestible nutrients (TDN) were higher than those recommended by NRC (2001) (19,126; 2,635; 17,474; 11,875 g/d, respectively) and did not differ ($P<0.05$) between the studied levels, whereas the intake of neutral detergent fiber (NDF) and non fiber carbohydrates (NFC) showed linear increase and decrease ($P<0.05$), respectively, with cassava levels increase. Evaluated levels did not affect apparent digestibility coefficients of the nutrients, except to the ether extract (EE), which had a linear increase ($P<0.05$). The treatments also had no effect on any of the behavioral variables studied (feeding time, rumination time, leisure time, total chewing time, and dry matter feeding efficiency, dry matter rumination efficiency, NDF rumination and feeding efficiency. Milk production and composition did not differ amongst treatments ($P<0.05$). The animals studied had an average milk production of 15,619 g/d and average contents of fat, protein, lactose and total solids in milk of 41.0, 37.9, 43.1 and 133.8 g/kg, respectively. Cassava roots can be included in rations based in spineless cactus and corn silage without negative effects in productivity.

Keywords: behavior, cactus pear, cassava, cows, intake

1. Introduction

Feeding of ruminant livestock in the northeast of Brazil is based on grazing native and exotic forages almost all year, resulting in markedly seasonal production (Ferreira, 2005). However many producers use drought adapted crops to decrease production fluctuations between wet and dry seasons. Spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck and *Opuntia ficus indica* Mill), an adapted exotic culture that is widely distributed in the semiarid north-east, has been used for years and is cultivated in an estimated area of 400,000 ha (Santos and Albuquerque, 2002). Nevertheless, a plague known as cochineal (*Dactylopius opuntiae*) is forcing producers to look for alternative adapted crops that could replace the energy provided by the spineless cactus which in many farms is no longer available.

A possible alternative for the shortage of spineless cactus is the use of another crop that is widely cultivated in Brazil, the cassava (*Manihot esculenta* Crantz). This plant is characterized by being heliophile (high luminosity demanding), perennial, shrubby, belonging to the *Euphorbiaceae* family, and adapted to different soil and climate conditions and management. As a result cassava is cultivated in many parts of the world, totaling more than 180 countries (FAOSTAT, 2009). Regarding its use, this plant is also very versatile since it can be utilized for feeding both humans and animals (ruminants and non-ruminants). Leaves can be used as protein and fiber sources, whereas roots and by-products from the industry of cassava flour are mainly used as energy sources.

Some studies had evaluated the utilization of cassava in ruminants' diets and had shown its capacity of replacing (partially or totally) other energetic feedstuffs (Mouro et al., 2002; Ramalho et al., 2006a, 2006b; Voltolini et al., 2009). However, despite this possibility, there are no studies with cassava roots inclusion on spineless cactus based diets, therefore the objective of this study was to evaluate the effects of cassava roots inclusion in these kind of rations fed to lactating cows.

2. Material and methods

2.1. Animals and dietary treatments

The study was carried out from February to May 2012 at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco, located in Sao Bento do Una, Brazil (8° 31'16 " S 36°33' 33" W). Standing 650 meters above the sea level the region is considered, according to Thornthwaite & Mather (1955), a DdA'a' megathermic semiarid climate (Silva et al., 2001).

Ten multiparous Holstein cows (670 ± 53 kg body weight) with 120 (± 15) days in milk and average daily production of 16 kg were used. These animals were divided into two 5x5 Latin squares (five animals, five treatments and five experimental periods) right after a pre-trial period of 14 days. Each period lasted 17 days (10 for diet adaptation and 7 for data and samples collection), totaling 85 days. The animals were weighed at the beginning and at the end of each period to check if there was any body weight variation. Cows were housed in individual pens to control their intake and had free access to water.

Diets were offered as total mixed rations and contained spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, cultivar Miuda), cassava roots (*Manihot esculenta* Crantz), corn silage, soybean meal, wheat meal, urea and mineral mix. Spineless cactus was harvested from a two-year old established plantation and chopped daily, immediately before feeding. Cassava roots were harvested weekly and kept in a barn where they

were chopped 24 hours before feeding and kept in a shaded and ventilated place allowing cyanidric compounds to volatilize. Tested inclusion levels of cassava were 0, 60, 120, 180 and 250 g/kg of the diet DM. The proportions of ingredients and composition used in the experimental diets are shown in Tables 4 and 5, respectively. Animals were fed *ad libitum*, twice a day at 08:30 and 16:00 h and the amounts fed and refused were recorded daily. In order to assure maximum voluntary intake without allowing animals to select more palatable ingredients within the diet, daily adjustments of the amount offered were done to enable 10 % of orts.

Diets were formulated taking into account the weight of the animals, weeks of lactation, average milk production and composition, following the recommendations of NRC (2001) for lactating cows. Spineless cactus and corn silage were obtained at the Experimental Station, whereas the cassava and concentrate ingredients were bought at the local market.

2.2. Data collection and analysis

The cows were milked mechanically twice a day at 06:30 and 15:30 h and their milk production was recorded individually. In the first and second days of data collection, milk samples were obtained at the milking parlor, stored in tubes containing a preservative (bronopol) and refrigerated for later analysis.

Diets ingredients, as well as the orts were sampled, individually weighed, dried in a forced-air oven at 60 ° C, and stored. At the end of each experimental period materials were composited by animal and ground to 2 and 1 mm particles.

Milk composition was analyzed at the Progene Laboratory belonging to the Federal Rural University of Pernambuco in Recife, Brazil, and all other analysis conducted at the same institution but in the Laboratory of Animal Nutrition in Garanhuns, Brazil. Dried ingredients, orts and fecal samples were analyzed for DM (method no. 930.15), N (method no. 984.13), and ash (method no. 924.05) according to procedures of AOAC (1990). Neutral detergent fiber (aNDF, Van Soest et al., 1991) and acid detergent fiber (ADF, AOAC, 1990, method no. 973.18) were determined using an Ankom Fiber Analyzer (Ankom Technology Corporation, Macedon, NY, USA). The aNDF was analyzed using a heat stable alpha-amylase with no sodium sulfite inclusion. ADF and aNDF were expressed inclusive of ash. Feed samples were also analyzed for lignin (lignin (sa), method no. 973.18) and ether extract (EE, method no. 920.39) according to AOAC (1990). Non-fiber carbohydrates were estimated as $100 - CP - aNDF - EE - ash$ (Sniffen et al., 1992).

Fecal samples were obtained directly from the rectum of each animal at days 2 and 4 of the collection periods. Feces were placed in a forced-air oven at 60 ° C for 48 hours, then ground and stored for analysis. For the estimation of fecal dry matter production and determination of the apparent digestibility of nutrients, indigestible acid detergent fiber was used as the internal marker (Cochran et al., 1986). Samples were packed in Ankom bags, incubated *in situ* in rumen cannulated cows for 264 hours (Berchielli et al., 2000), then the remaining was analyzed for ADF which was considered the indigestible ADF. For soybean meal, wheat meal, spineless cactus and cassava roots 1.0 g samples were used, whereas 0.5 g samples were used for corn silage, orts and feces. The fecal dry matter production (FDMP) was determined by the following formula: $FDMP = \text{Marker consumption (in kg)} / \text{Marker concentration in feces (\%)}$.

For eating behavior observations, the instant scanning method proposed by Martin and Bateson (1986) was used. These observations occurred every five minutes (Abel-Caines et al., 1997, Weidner & Grant, 1994a, 1994b), during 24 hours (Johnson &

Combs, 1991) between the fifth and sixth days of the data collection period, starting at 18:00 h. The behavioral variables studied were: feeding, ruminating and total chewing times. During the entire experimental period artificial illumination was provided in order to minimize animal stress during night observations. Some relationships were calculated through the following equations:

$$\text{Dry Matter Feeding Efficiency} = \text{DMI/Feeding Time (kg of DM/h)};$$

$$\text{Dry Matter Rumination Efficiency} = \text{DMI/Rumination Time (kg of DM/h)};$$

$$\text{aNDF Feeding Efficiency} = \text{Intake of aNDF/Feeding Time (kg of aNDF/h)};$$

$$\text{aNDF Rumination Efficiency} = \text{Intake of aNDF/Rumination Time (kg of aNDF/h)}.$$

2.3 Statistical analysis

Data obtained were analyzed using the General Linear Models procedure of SAS (2001), using the statistical model:

$$\gamma_{ijkl} = \mu + S_i + C_j(S)_i + P_k + T_l + e_{ijkl}$$

where γ_{ijkl} is the observation, μ the overall mean of the population, S_i the mean effect of square i , $C_j(S)_i$ the mean effect of cow j nested within square i , P_k the mean effect of period k , T_l the mean effect of treatment l , and e_{ijkl} the residual error. Significant differences were declared if $P < 0.05$.

3. Results

3.1. Dietary treatments, intake and nutrients utilization

Relative to spineless cactus, cassava roots contained more DM, OM, total carbohydrates, TDN and NFC, however it had less CP, ADF, aNDF, EE, and ash (Table 4). Because of the differences in chemical composition of ingredients, the DM, OM, aNDF, ADF, TDN concentrations increased ($P < 0.05$) while ash, lignin, and NFC decreased ($P < 0.05$), as the level of cassava roots increased (Table 5).

Table 4

Chemical composition of ingredients used in the experimental diets (g/kg DM \pm S.E.)

| | Spineless cactus | Cassava roots | Corn silage | Soybean meal | Wheat meal |
|--------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Dry matter | 191 \pm 7.1 | 388 \pm 37.6 | 300 \pm 14.4 | 901 \pm 2.7 | 905 \pm 2.3 |
| Organic matter | 924 \pm 33.2 | 968 \pm 27.9 | 910 \pm 67.3 | 934 \pm 12.1 | 941 \pm 16.1 |
| Ash | 76 \pm 2.7 | 32 \pm 1.4 | 90 \pm 6.7 | 65 \pm 0.8 | 59 \pm 1.1 |
| Ether extract | 23 \pm 1.3 | 15 \pm 0.8 | 30 \pm 3.5 | 31 \pm 1.6 | 48 \pm 2.1 |
| Crude protein | 32 \pm 0.9 | 25 \pm 0.6 | 55 \pm 3.8 | 502 \pm 4.5 | 137 \pm 0.9 |
| aNeutral detergent fiber | 235 \pm 8.1 | 146 \pm 3.6 | 700 \pm 9.8 | 155 \pm 2.9 | 466 \pm 9.8 |
| Acid detergent fiber | 192 \pm 3.9 | 64 \pm 1.5 | 427 \pm 7.3 | 117 \pm 1.4 | 151 \pm 1.5 |
| Total carbohydrates | 869 \pm 10.7 | 928 \pm 13.9 | 825 \pm 11.6 | 401 \pm 3.2 | 716 \pm 7.2 |
| Non-fiber carbohydrates | 634 \pm 19.3 | 781 \pm 23.8 | 125 \pm 8.6 | 246 \pm 5.2 | 290 \pm 6.1 |

Table 5
Ingredient and chemical composition of experimental diets (dry matter basis)

| | Cassava roots level in the diet (g/kg of dry matter) | | | | | S.E.M. | Effect of cassava roots inclusion ^a | |
|---|--|-----|-----|-----|-----|--------|--|-----------------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | 250 | | L | Q |
| Ingredients (g/kg) | | | | | | | | |
| Spineless cactus | 450 | 340 | 230 | 120 | 0 | | | |
| Cassava roots | 0 | 60 | 120 | 180 | 250 | | | |
| Corn silage | 370 | 420 | 470 | 520 | 570 | | | |
| Soybean meal | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | | | |
| Wheat meal | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | | | |
| Urea | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| Minerals ^b | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | | |
| Chemical composition (g/kg) | | | | | | | | |
| Dry matter | 244 | 283 | 305 | 331 | 365 | 1.8 | <0.05 | NS ^c |
| Organic matter | 879 | 906 | 908 | 910 | 912 | 1.7 | <0.05 | <0.05 |
| Ash | 121 | 94 | 92 | 90 | 88 | 1.7 | <0.05 | <0.05 |
| Ether extract | 27 | 27 | 27 | 26 | 26 | 0.6 | NS | NS |
| Crude protein | 129 | 129 | 130 | 131 | 131 | 1.1 | NS | NS |
| aNeutral detergent fiber | 398 | 416 | 434 | 452 | 469 | 1.5 | <0.05 | NS |
| Acid detergent fiber | 172 | 268 | 272 | 276 | 275 | 1.1 | <0.05 | <0.05 |
| Lignin(s) | 45 | 41 | 38 | 35 | 32 | 0.6 | <0.05 | NS |
| Total carbohydrates | 771 | 772 | 774 | 775 | 777 | 1.5 | NS | NS |
| Non-fiber carbohydrates | 373 | 356 | 340 | 323 | 308 | 1.2 | <0.05 | NS |
| Total digestible nutrients ^d | 611 | 631 | 609 | 640 | 626 | 0.8 | <0.05 | <0.05 |

^a L: Linear effect, Q: Quadratic effect.

^b Contained per kg: Ca 220 g, P 60 g, S 20 g, Mg 20 g, K 35 g, Na 70 g, Co 15 mg, Cu 700 mg, Cr 10 mg, Fe 700 mg, I 40 mg, Mn 1600 mg, Se 19 mg, Zn 2500 mg.

^c NS: Not significant.

^d Estimated from coefficients of digestibility of the experimental diets nutrients.

Intakes of DM, OM and TDN had no significant differences ($P < 0.05$) between studied levels. However intakes of CP and aNDF increased linearly ($P < 0.05$) as the levels of cassava roots increased, while intake of NFC decreased linearly ($P < 0.05$) as the level of cassava in the diets increased. Apparent digestibility coefficients did not differ amongst cassava inclusion levels ($P < 0.05$) (Table 6).

Table 6
Effects of cassava roots inclusion on intake and nutrient digestibilities of lactating cows

| | Cassava roots level in the diet (g/kg of dry matter) | | | | | S.E.M. | Effect of cassava roots inclusion ^a | |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|--------|--|----|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | 250 | | L | Q |
| Dry matter | | | | | | | | |
| Intake (g/day) | 18563 | 19318 | 18893 | 19934 | 18924 | 392.8 | NS ^b | NS |
| Intake (g/kg ^{0.75}) | 141.9 | 148.1 | 143.5 | 152.0 | 145.0 | 3.05 | NS | NS |
| Digestibility | 0.66 | 0.67 | 0.66 | 0.69 | 0.67 | 0.007 | NS | NS |
| Organic matter | | | | | | | | |
| Intake (g/day) | 16970 | 17720 | 17290 | 17970 | 17420 | 360.3 | NS | NS |
| Intake (g/kg ^{0.75}) | 129.3 | 135.2 | 131.2 | 137.2 | 133.3 | 2.79 | NS | NS |
| Digestibility | 0.65 | 0.66 | 0.63 | 0.67 | 0.67 | 0.008 | NS | NS |
| Crude protein | | | | | | | | |
| Intake (g/day) | 2493 | 2653 | 2605 | 2773 | 2649 | 52.6 | 0.009 | NS |
| Intake (g/kg ^{0.75}) | 17.8 | 18.7 | 18.0 | 19.0 | 18.4 | 0.38 | NS | NS |
| Digestibility | 0.70 | 0.72 | 0.70 | 0.73 | 0.69 | 0.007 | NS | NS |
| Neutral detergent fiber | | | | | | | | |
| Intake (g/day) | 6823 | 7083 | 7596 | 8070 | 8339 | 160.6 | 0.003 | NS |
| Intake (g/kg ^{0.75}) | 55.9 | 59.1 | 59.0 | 63.2 | 62.9 | 1.24 | 0.000 | NS |
| Digestibility | 0.57 | 0.57 | 0.56 | 0.62 | 0.57 | 0.010 | NS | NS |
| Non-fiber carbohydrates | | | | | | | | |
| Intake (g/day) | 7235 | 7573 | 6619 | 6609 | 5906 | 143.1 | 0.000 | NS |
| Intake (g/kg ^{0.75}) | 53.0 | 54.0 | 50.9 | 51.6 | 48.3 | 1.12 | 0.003 | NS |
| Digestibility | 0.69 | 0.73 | 0.69 | 0.72 | 0.72 | 0.008 | NS | NS |
| Total digestible nutrients | | | | | | | | |
| Intake (g/day) | 11369 | 12143 | 11358 | 12688 | 11818 | 250.93 | NS | NS |
| Intake (g/kg ^{0.75}) | 86.9 | 93.0 | 86.3 | 96.8 | 90.6 | 1.90 | NS | NS |

^a L: Linear effect, Q: Quadratic effect; ^b NS: Not significant (P>0.05).

3.2. Feeding, rumination and chewing behavior

Observed behavior parameters did not differ statistically (P<0.05) between inclusion levels. Dry matter and aNDF feeding efficiencies, as well as dry matter and aNDF rumination efficiencies were also not affected (P<0.05) by cassava levels (Table 7).

Table 7
Effects of cassava roots inclusion on feeding, rumination and chewing behavior of lactating cows

| | Cassava roots level in the diet (g/kg of dry matter) | | | | | S.E.M. | Effect of cassava roots inclusion ^a | |
|-----------------------------|--|-------|-------|-------|-------|--------|--|----|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | 250 | | L | Q |
| Feeding time (min) | 331.5 | 338.0 | 347.0 | 338.0 | 325.5 | 15.18 | NS ^b | NS |
| Ruminating time (min) | 420.0 | 442.5 | 416.0 | 447.5 | 436.0 | 24.00 | NS | NS |
| Total chewing time (min) | 751.5 | 780.5 | 763.0 | 785.5 | 761.5 | 22.69 | NS | NS |
| DM FE ^c (g DM/h) | 3610 | 3799 | 3546 | 3333 | 3465 | 1.9 | NS | NS |
| DM RE ^d (g DM/h) | 2766 | 2752 | 2705 | 3151 | 2421 | 0.2 | NS | NS |
| aNDF FE (g aNDF/h) | 1331 | 1388 | 1430 | 1378 | 1531 | 11.5 | NS | NS |
| aNDF RE (g aNDF/h) | 1016 | 1002 | 1086 | 1294 | 1061 | 8.9 | NS | NS |

^a L: Linear effect, Q: Quadratic effect; ^b NS: Not significant (P>0.05); ^c FE: Feeding Efficiency; ^d RE: Rumination Efficiency.

3.3. Milk production and composition

There were no significant effects ($P < 0.05$) of cassava inclusion levels on daily milk production, 3.5% fat corrected milk production, daily fat production and milk composition (Table 8).

Table 8

Effects of cassava roots inclusion on milk production and composition of lactating cows

| | Cassava roots level in the diet (g/kg of dry matter) | | | | | S.E.M. | Effect of cassava roots inclusion ^a | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|--------|--|----|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | 250 | | L | Q |
| Milk production (g/day) | 14897 | 16689 | 15206 | 16248 | 15055 | 505.0 | NS ^b | NS |
| 3.5% FCM ^c production (g/day) | 16998 | 18492 | 16770 | 17864 | 15937 | 716.5 | NS | NS |
| Fat production (g/day) | 646 | 690 | 624 | 663 | 577 | 33.0 | NS | NS |
| Fat (g/kg) | 43.5 | 41.3 | 41.3 | 40.7 | 38.3 | 1.32 | NS | NS |
| Protein (g/kg) | 38.6 | 38.5 | 36.8 | 39.0 | 36.6 | 0.71 | NS | NS |
| Lactose (g/kg) | 42.8 | 43.3 | 43.5 | 42.9 | 42.9 | 0.39 | NS | NS |
| Total solids (g/kg) | 134.3 | 133.1 | 131.6 | 132.2 | 127.5 | 1.65 | NS | NS |

^a L: Linear effect, Q: Quadratic effect; ^b NS: Not significant ($P > 0.05$); ^c FCM: Fat corrected milk.

4. Discussion

Despite DM differences between studied levels, due to DM variation of main ingredients (spineless cactus, cassava roots and corn silage) (Table 4), intake of DM did not differ amongst these levels, averaging 19124 ± 860 g/d (Table 6). As a result, OM and TDN intakes did not differ amongst inclusion levels, since they were similar throughout treatments.

CP intake increased linearly following the increase in cassava levels. According to Van Soest (1996), ruminants have an inherent selection capability which might have resulted in this difference. This probably occurred because the diets with lower levels of spineless cactus (less DM) were not efficient in aggregating the CP-rich concentrate, allowing the animals to select more. This fact was not observed in the diets with higher levels of spineless cactus, known by having considerable amounts of mucilage (Nefzaoui & Ben Salem, 2001) that allow concentrate particles to stick better on the mixture.

Since tested levels did not affect DM intake, differences observed on aNDF and NFC composition (Table 5) had direct effects on the intake of these nutrients, which followed these differences. According to NRC (2001) predicted requirements for 670 kg Holstein cows producing 15500 g/d (4% FCM), animals studied should have a daily DM intake of 18200 g/d. However, it was observed that DM intake averaged 4.84 % more than what was predicted. The same occurred with CP intake, which was 18.01 % higher (2160 vs. 2634 g/d), and also with TDN intake that exceeded the prediction in 16.63 % (9900 vs. 11875 g/d).

Differences between predicted and observed intake, which is frequently higher, are not uncommon and have been reported in other studies evaluating diets containing spineless cactus fed *ad libitum* to lactating cows (Melo et al., 2006; Silva et al., 2007; Oliveira et al., 2007). Accordingly, intakes of DM, CP and TDN observed in this study were adequate for observed milk production (Table 8). In average, the excess of nutrients ingested led to a positive individual weight variation of 518 g/d during the experimental period. Animals at the beginning of the experiment weighed 652 ± 61 kg and ended up weighing 696 ± 73 kg.

Some factors such as DM intake, proportion and composition of cell wall, diet composition, nutritional status of the animal, site of digestion, and nutrients lost during digestive processes are known for influencing digestibility (McDonald et al., 1993; Merchen, 1997). Hence, apparent digestibility coefficients of DM, OM, CP, aNDF and NFC were not affected by inclusion levels of cassava roots ($P>0.05$) because there was no difference between DM intake of evaluated inclusion levels, animals were homogeneous, and diets had similar composition.

Despite the inclusion levels influence on aFDN intake, this difference did not affect any of the evaluated digestive behavior variables. These findings arise against what was observed by Beauchemin et al. (1991), who evaluated the effects of different levels of aNDF on the ingestive behavior of lactating Holstein cows and found that the higher the aNDF content, the greater the time spent on feeding and, ultimately, the time spent with total chewing time. Although, it is important to emphasize that aNDF levels evaluated on that study were lower (310 to 370 g/kg), but forage particles size were larger, resulting in an increased total chewing time. In another similar study, Beauchemin and Buchanan-Smith (1989) found that there was a 20% increase on the time spent with rumination when the aNDF level was increased from 26 to 30%, but they did not observe any effect when the variation was from 30 to 34%. Their findings suggest that cows diets with higher aNDF levels usually do not affect daily rumination time, corroborating with Tafaj et al. (2007).

Regarding the lack of effects of cassava inclusion levels on daily milk production, 3.5% FCM production, daily fat production and milk composition, it can be explained by similar DM and nutrients intakes. This similarity was possible because the inclusion of cassava was not made solely, but along with higher levels of corn silage. Since cassava roots have a greater NFC content than spineless cactus, its inclusion at the same levels of that of spineless cactus would likely overcome maximum recommended levels of this nutrient, which according to NRC (2001) is 44%. This excess of NFC could lead to a decrease in milk production and probably in fat content, which has been reported in studies using cassava roots (Ramalho et al., 2006b), as a result of metabolic problems like ruminal acidosis, that usually affect negatively DM and dietetic fiber digestibilities.

Studied cassava roots levels allowed diets NFC to be lower than the maximum of 44% recommended and greater than the minimum of 19% fiber from the forage. Higher levels of aNDF observed in the diets with higher levels of cassava roots did not compromise DM intake and nutrients digestibilities, since aNDF intake was within the 1.2% of body weight recommended by Mertens (1994). In addition, there was no difference on milk fat production and concentration because according to Bauman and Griinari (2000) all levels evaluated had enough effective fiber to assure fat concentrations above 4%, when concentration for Holstein milk is normally around 3.5%.

5. Conclusions

Results show that inclusion of cassava roots along with higher levels of corn silage in diets of lactating cows does not affect intake, nutrients digestibility, feeding behavior, and milk production and composition. Under the conditions of our study, total replacement of spineless cactus was made possible through the inclusion of cassava roots and higher levels of corn silage. Therefore, cassava roots might be used with no detrimental effects as an alternative energetic feedstuff where spineless cactus availability is compromised.

References

- Abel-Caines, S.F.; Grant, R.J.; Haddad, S.G., 1997. Whole cottonseeds or a combination of soybeans and soybean hulls in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1353- 1357.
- Association of Official Analytical Chemists, 1990. *Official Methods of Analysis*, 15th ed. AOAC, Arlington, VI, USA.
- Bauman, D. E., Griinari, J.M., 2000. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome, in: Mol, J. A., Clegg, R. A. (Eds.), *Biology of the Mammary Gland*. Kluwer, New York, pp. 209–216.
- Beauchemin, K.A., 1991. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfafa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74, 3140-3151.
- Beauchemin, K. A., Buchanan-Smith, J. G., 1989. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 2288-2300,.
- Berchielli, T.T., Andrade, P., Furlan, C.L., 2000. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *Rev. Bras. Zootecn.* 29, 830-833.
- Cochran, R.C., Adams, D.C., Wallace J.D., Galyean, M. L., 1986. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *J. Anim. Sci.* 63, 1476-1483.
- FAOSTAT. *Crop Production 2008*, Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. Retrieved September 20, 2010, from <http://faostat.fao.org>.
- Ferreira, M. A., 2005. *Palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros*, 1st ed. Gráfica Universitária, Recife, PE, 68 pp.
- Johnson, T. R., Combs, D. K., 1991. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74, 933-944.
- Martin, P., Bateson, P., 1986. *Measuring behavior and introductory guide*. 3rd ed. Cambridge University Press, New York, NY, 254 pp.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., 1993. *Nutrition animal*. 4th ed. Acribia, Zaragoza, 571 pp.
- Melo, A. A. S., Ferreira, M. A., Vêras, A. S. C, Lira, M. A., Lima, L. E., Pessoa, R. A. S., Bispo, S. V., Cabral, A. M. D., Azevedo, M., 2006. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. *Pesq. Agropec. Bras.* 41, 1165-1171.
- Merchen, N.K., 1997. Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. *J.*

Ani. Sci. 75, 2223-2234.

- Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake, in: Fahey Jr., G. C. (Ed.), Forage quality, evaluation, and utilization. University of Nebraska, Lincoln, pp. 450-493.
- Mouro, G.F., Branco, A.F., Macedo, F.A.F., Rigolon, L. P., Maia, F. J., Guimarães, K. C., Damasceno, J. C., Santos, G. T., 2002. Substituição do Milho pela Farinha de Mandioca de Varredura em Dietas de Cabras em Lactação: Produção e Composição do Leite e Digestibilidade dos Nutrientes. Rev. Bras. Zootecn. 31, 475-483.
- Nefzaoui, H., Ben Salem, A., 2001. *Opuntia spp.*: a strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA region, in: Mondragón-Jacobo, C., Pérez-González, S., (Eds.), Cactus (*Opuntia spp.*) as forage. FAO Plant production and protection paper. 169, pp. 73–90.
- National Research Council- NRC., 2001. Nutrient requirements of the dairy cattle. 7th ed. Washington, DC, 363 pp.
- Oliveira, V.S., Ferreira, M.A., Guim, A., Modesto, E. C., Lima, L. E., Silva, F. M., 2007. Substituição total do milho e parcial do feno de capim-tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Consumo e digestibilidade. Rev. Bras. Zootecn. 36, 1419-1425.
- Ramalho, R. P., Ferreira, M.A., Vêras, A.S.C., Santos, D. C., Cavalcanti, C. V. A., Rocha, V. R. R. A., 2006a. Substituição do Farelo de Soja pela Mistura Raspa de Mandioca e Uréia em Dietas para Vacas Mestiças em Lactação. Rev. Bras. Zootecn. 35, 1212-1220.
- Ramalho, R. P., Ferreira, M. A., Vêras, A. S. C., Lima, L. E., Rocha, V. R. R. A., 2006b. Substituição do Milho pela Raspa de Mandioca em Dietas para Vacas Primíparas em Lactação. Rev. Bras. Zootecn. 35, 1221-1227.
- Santos, D.C., Albuquerque, S.G., 2001. *Opuntia* as fodder in the semi-arid northeast Brazil, in: Mondragon-Jacobo, C., Perez-Gonzalez, S. (Eds.), Cactus (*Opuntia spp.*) as Forage, Plant Production and Protection Paper, vol. 169. FAO, Rome, Italy, pp. 130–133.
- SAS. 2001. SAS[®] User's Guide: Statistics. Version 8.2 Edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Silva, R. R., Ferreira, M. A., Vêras, A. S. C., Ramos, A. O., Melo, A. A. S., Guimarães, A. V., 2007. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. Acta. Sci. Anim. Sci. 29, 317-324.
- Silva, F.B.R., Santos, J.C.P, Silva, A.B., Cavalcanti, A. C., Silva, F. H. B. B., Burgos, N., Parahyba, R. B. V., Oliveira Neto, M. B., Sousa Neto, N. C., Araújo Filho, J. C., Lopes, O. F., Luz, L. R. P. P., Leite, A. P., Souza, L. G. M. C., Silva, C. P., Varejão-Silva, M. A., Barros, A. H. C., 2001. Zoneamento agroecológico do

Estado de Pernambuco, in: Embrapa Solos, Documentos n. 35. Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife, Governo do Estado de Pernambuco.

- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.J., Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70, 3562–3577.
- Tafaj, M. Q., Zebeli, C. B., 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138, 137-161.
- Thorntwaite, C. W., Mather, R. J., 1955. The water balance. Publications in Climatology 8, 1–86. DIT, Laboratory of Climatology, Centerton, New Jersey, USA.
- Van Soest, P.J., 1996. Allometry and ecology of feeding behavior and digestive capacity in herbivores: a review. *Zoo Biol.* 15, 455-479.
- Van Soest, P.J., Robertson, P.J., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3585–3597.
- Voltolini, T. V., Moreira, J. N., Santos, R. D., Pereira, L. G. R., Araújo, G. G. L., Nogueira, D. M., Santos, B. R. C., 2009. Alimentos Energéticos em Rações para Caprinos em Crescimento. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 10, 302-310.
- Weidner, S. J., Grant, R. J., 1994a. Altered ruminal consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 522-532.
- Weidner, S. J., Grant, R. J., 1994b. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 513-521.

3 CONCLUSÃO GERAL

A substituição da palma forrageira por raiz de mandioca integral na forma de raspa pode ser feita parcial ou integralmente, desde que respeitado o balanceamento dos nutrientes das dietas, principalmente níveis mínimos e máximos de FDN e CNF. Esta substituição não afeta o consumo voluntário de matéria seca, produção e composição do leite, assim como o comportamento ingestivo de vacas em lactação. O uso da mandioca como fonte energética alimentar para animais ruminantes é uma alternativa a ser considerada pelo produtor, principalmente frente ao atual cenário dos palmas do semi-árido nordestino.

Espera-se que esta medida viabilize novas estratégias nutricionais com a utilização de alimentos disponíveis na região e a redução dos custos de produção, contribuindo, assim, para o aumento da produtividade de alimentos nutritivos para a população.