UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA- FAV

SÁVIO BERNARDINO

UTILIZAÇÃO DE INÓCULO DE CECO SUÍNO E RÚMEN OVINO NA FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE COPRODUTOS DA MANDIOCA (*Manihot esculenta*)

BRASÍLIA-DF

NOVEMBRO/2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA - FAV

UTILIZAÇÃO DE INÓCULO DE CECO SUÍNO E RÚMEN OVINO NA FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE COPRODUTOS DA MANDIOCA (*Manihot esculenta)*

ALUNO: SÁVIO BERNARDINO

ORIENTADOR (A): PROFESSORA Dra. LUCI SAYORI MURATA

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

BRASÍLIA-DF

NOVEMBRO/2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

UTILIZAÇÃO DE INÓCULO DE CECO SUÍNO E RÚMEN OVINO NA FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE COPRODUTOS DA MANDIOCA (*Manihot esculenta)*

SÁVIO BERNARDINO

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO POR:

_____
Luci Sayori Murata
Doutora, Universidade de Brasília – UnB
Orientador/email: mluci@unb.br

_____
Sérgio Lúcio Salomon Cabral Filho
Doutor, Universidade de Brasília – UnB
Examinador/email: slcabral@unb.br

_____
Carlos Augusto da Silva Júnior
Mestre, Médico Veterinário
Examinador/email: junioc10@hotmail.com

FICHA CATALOGRÁFICA

Bernardino, Sávio

"Utilização de inóculo de ceco suíno e rúmen ovino na fermentação *in vitro* de coprodutos da mandioca (*Manihot esculenta)*"
Orientação: Luci Sayori Murata, Brasília 2015.
Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2015.

Orientação de Luci Sayori Murata

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BERNARDINO, S. Utilização de inóculo de ceco suíno e rúmen ovino na fermentação *in vitro* de coprodutos da mandioca (*Manihot esculenta)*. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: SÁVIO BERNARDINO

Título da Monografia de Conclusão de Curso UTILIZAÇÃO DE INÓCULO DE CECO SUÍNO E RÚMEN OVINO NA FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE COPRODUTOS DA MANDIOCA (*Manihot esculenta).*
Grau: Engenheiro Agrônomo. **Ano:** 2015.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

_____

SÁVIO BERNARDINO

E-mail: saviobernardino@gmail.com

Contato: (61) 99227948

Dedico aos meus pais, Humberto e Lucimar, pelos ensinamentos, educação e apoio.

Ao meu irmão Cássio, que me acompanhou de perto, me orientando nos momentos de dificuldade.

A minha namorada Amanda, companheira, amiga e parte verdadeira deste trabalho.

A mim, merecedor de todas as conquistas através de muito esforço e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que sempre está comigo em todos os momentos iluminando meus passos durante essa caminhada.

Agradeço aos meus pais, pelo carinho e apoio. Aprendi com vocês a ter responsabilidade, respeito ao próximo e honestidade. Obrigado por acreditarem em mim, essa confiança me trouxe até aqui.

Ao meu irmão Cássio pelo apoio e conselhos que me fizeram amadurecer como pessoa.

À minha namorada Amanda, obrigado pelo apoio e pela grande ajuda na condução do experimento, você foi essencial para a realização deste trabalho.

À professora Luci Sayori Murata, pela dedicação e empenho. Obrigado pelos ensinamentos e confiança depositada em mim.

Ao amigo Carlos Augusto Júnior que se fez presente durante todos os momentos deste trabalho, sua experiência e seus ensinamentos foram fundamentais na realização desta monografia.

Ao professor Sérgio Lucio Salomon Cabral Filho, pelo grande apoio e por estar sempre à disposição para ajudar.

A todos os professores da UnB que fizeram a diferença em minha graduação, Rodrigo Vidal, Cícero Célio, Marcelo Fagioli, Clayton Quirino Mendes Cirilo, Ângelo Henrique de Lira Machado, Alberto Carlos Queiroz Pinto, Eiyti Kato e Christina Schettino, seja pela amizade ou pelos ensinamentos, vocês fazem parte disso, obrigado.

Agradeço aos meus amigos, Karoline, Felipe e principalmente ao Frederico, sempre à disposição e dedicação em ajudar o próximo, agradeço muito pelo apoio na elaboração e condução do experimento.

A equipe do Laboratório de Nutrição Animal.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa, Elizon, Jessé e Antônio, pela amizade, trabalho e companheirismo.

“É muito calo na minha mão
É muita enxada pra eu puxar
É muita fera me atacando
É muita cobra pra me picar
É muito bicho de paletó
Estão de tocaia pra me pegar
A maldade é grande, Deus é maior
Abre caminho pra eu passar.”
Tião Carreiro

SUMÁRIO

1. Introdução 1
2. Revisão de Literatura 3
2.1. Alimentos fibrosos 3
2.2. Mandioca 4
2.2.1 Rama 5
2.2.2 Mandioca integral 6
2.2.3 Casca 7
2.2.4 Resíduo industrial de fécula da mandioca (RIFM) 8
3. Material e Métodos 8
4. Resultados e discussão 15
5. Conclusão 24
6. Referências Bibliográficas 25

RESUMO

UTILIZAÇÃO DE INÓCULO DE CECO SUÍNO E RÚMEN OVINO NA FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE COPRODUTOS DA MANDIOCA (*Manihot esculenta)*

O presente trabalho teve como objetivo avaliar através da técnica de produção de gases *in vitro* o potencial fermentativo de subprodutos da mandioca (*Manihot esculenta)*, avaliando a metodologia de produção de gases *in vitro* em suínos. Foi realizado um ensaio experimental, onde utilizou-se como inóculos: Líquido ruminal ovino (LRO), ceco de suínos criados ao ar livre (CSF) e ceco de suínos criados em sistema de confinamento (CSC). Os substratos utilizados no ensaio são subprodutos oriundos dos processos de industrialização e processamento da mandioca, sendo: Mandioca integral triturada, casca e polpa (INTEGRAL), resíduo industrial de fécula de mandioca (RIFM), casca de mandioca (CASCA) e parte aérea da mandioca, terço médio e superior (RAMA). Todos os substratos foram submetidos previamente ao processo de moagem. A produção de gases foi avaliada nos tempos de 0, 3, 6, 9, 12, 16, 24, 48, 72 e 96 horas após a incubação, analisando potencial de produção de gás (A), tempo de colonização (L) e taxa de produção de gás (μ). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4 x 3. Os dados de A, L e μ foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Comparando os substratos para A (mL/gMS), INTEGRAL, RIFM e CASCA apresentaram características favoráveis para fermentação. Nas análises de produção de gases do substrato RAMA, verificou-se baixa eficiência desse subproduto com apenas 176,65 mL/gMS. Comparando os inóculos para A (mL/gMS), o CSF e CSC apresentaram valores similares aos de LRO para INTEGRAL, RIFM e CASCA, ao analisar o substrato RAMA, apenas LRO e CSF apresentaram valores aproximados, CSF produziu 163,15 mL/gMS, mostrando a semelhança entre estes dois inóculos. Analisando o tempo de colonização (L), o substrato INTEGRAL apresentou maior tempo de colonização. O inóculo LRO apresentou valores similares em tempo de colonização (L) para todos os substratos. Os inóculos CSF e CSC apresentaram menores valores em tempo de colonização (L) para RIFM, CASCA e RAMA, entretanto RIFM não diferiu de

INTEGRAL quando inoculado por CSF. Nas análises de na taxa de produção de gases (μ) em %/hora, o inóculo LRO se mostrou mais eficiente para os substratos RAMA e CASCA, o inóculo CSF demonstrou habilidade em fermentação, visto que apresentou mesma taxa de produção de gases (μ) em %/hora para todos os substratos o qual foi inoculado. O inóculo CSC foi superior aos demais inóculos na taxa de produção de gases (μ) em %/hora.

Palavras-chave: produção de gases *in vitro*, subprodutos da mandioca, substrato, inóculo, ceco suíno, líquido ruminal.

ABSTRACT

USING OF SWINE CECUM INOCULUM AND OVINE RUMEN AT THE FERMENTANTION *IN VITRO* OF CASSAVA (*Manihot esculenta)* COPRODUCTS

This study aimed to evaluate the potential gas production technique of cassava (*Manihot esculenta*), products by fermentation in vitro, evaluating the production at gas in vitro methodology in pigs. Was performed a trial test, which was used as inoculum: Ovine Liquid Rumen (LRO), cecum of pigs reared outdoors (CSF) and cecum of pigs reared in confinement system (CSC). The substrates used in the assay are by-products originating from the processes of industrialization and processing of cassava, being: Grinded Integral Cassava, peel and pulp (INTEGRAL), industrial reside of cassava starch (RIFM), cassava peel (CASCA) and the cassava's aerial part, middle third and upper (RAMA). All substrates were previously submitted to the grinding process. The gas production was evaluated at times 0, 3, 6, 9, 12, 16, 24, 48, 72 and 96 hours after incubation, analyzing the maximum potential of gas production (A) lag time (L) and gas production rate (μ). The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement 4 x 3. The data A, L and μ were submitted to analysis of variance and averages compared by Tukey test at 5%. Comparing the substrates to A (mL / gDM), INTEGRAL, RIFM and CASCA showed favorable characteristics for fermentation. In gas production RAMA substrate analyzes, it was found low efficiency of this by-product with 176,65 mL/gMS. Comparing the inoculum to A (mL / gDM), the CSF and CSC showed similar values to the LRO for INTEGRAL, RIFM and CASCA, analyzing the RAMA substrate, only LRO and CSF showed similar values, CSF produced 163,15 mL/gMS, showing the similarity between those two inoculum. Analyzing the lag time (L) the INTEGRAL substrate showed higher colonization time. LRO inoculum showed similar values in lag time (L) to all substrates. The CSF and CSC inoculum had lower colonization-time values (L) to RIFM, CASCA and RAMA, however RIFM did not differ from INTEGRAL when inoculated by CSF. At the analyzes of the gas production rate (μ) in%/hour, LRO inoculum was more efficient for the RAMA and CASCA substrates, the CSF inoculum demonstrated ability to fermentation, as presented same gas production rate (μ)

in %/hour for all substrates which were inoculated. The CSC inoculum was superior to the other inoculants at the gas production rate (μ) in%/ hour.

Key-word: gas production *in vitro*, cassava byproduct, substratum, inoculum, cecum of pigs, liquid rumen.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Análise Bromatológica dos substratos utilizados no ensaio de gases. 14

Tabela 2 - Análise de interação para potencial de produção de gases (A) em mL/gMS entre inóculos e substrato 15

Tabela 3 - Tempo de colonização em horas (L), comparativo entre inóculo de rúmen ovino (LRO), inóculo de ceco suíno criado ao ar livre (CSF), inóculo de ceco suíno criado confinado (CSC) com diferentes substratos. 18

Tabela 4 - Análise de interação e teste de médias para taxa de produção de gases (μ) em %/hora, comparativo entre inóculos e substratos. 21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - (**A**) Filtragem dos inóculos feita através de pano de algodão. (**B**) Colocação dos saquinhos ANKOM contendo os substratos nos frascos de vidro. 10

Figura 2 – Filtrado dos inóculos em banho-maria sob saturação de CO2..... 11

Figura 3– (**A**) Pesagem dos saquinhos F57 ANKOM®; (**B**) 10 ml de inóculo correspondente ao frasco identificado; (**C**) Vedação do frasco. (**D**) Bandejas de polietileno contendo os frascos com os substratos já inoculados em estufa com circulação de ar forçada a 39ºC. 12

Figura 4- Leitura de pressão de gás (psi) nas garrafas de fermentação, por meio de um transdutor de pressão modelo *Press Data*. 13

Figura 5 – Produção cumulativa de gases (mL/gMS) durante 96 horas de processo fermentativo dos inóculos, LRO = Líquido ruminal ovino, CSF = Ceco suíno criado ao ar livre, CSC = Ceco suíno criado confinado, entre os substratos INTEGRAL = Mandioca integral triturada (casca + polpa), RIFM = Resíduo industrial de fécula de mandioca, CASCA = Casca de mandioca e RAMA = Parte aérea da mandioca, terço médio e superior, ajustada ao modelo de France *et al* (1993) 20

Figura 6 - Produção cumulativa de gases (mL/gMS) durante 96 horas de processo fermentativo dos substratos INTEGRAL, RIFM, CASCA e RAMA. Inóculos LRO, CSF, CSC, ajustada ao modelo de France *et al* (1993)..... 23

1. Introdução

O Brasil se tornou competitivo na criação e exportação de suínos, devido a soma de fatores como grande área territorial, capacidade de produção de insumos básicos utilizados na ração principalmente os grãos essenciais como soja e milho, sistema produtivo baseado na integração vertical e investimentos em tecnologia de produção (Fávero & Bellaver, 2001).

O confinamento total de suínos levou a um grande avanço na produção destes animais para fins comerciais em larga escala, neste processo houve a evolução genética que inclui outros elementos além da produtividade animal, fatores desejáveis a cadeia produtiva como a habilidade materna, resistência a parasitas e doenças, prolificidade e boa conversão alimentar, atrelada a isso houve avanços na área de nutrição e suas influencias nas fases de desenvolvimento dos animais durante o processo produtivo (Both, 2003)

Em contrapartida os altos custos de instalação e manutenção das estruturas necessárias ao confinamento aumentaram os custos de produção. Embora, o retorno financeiro esteja relacionado aos custos com a alimentação, os grãos e demais itens são flutuantes no mercado, assim nem sempre a eficiência ou ineficiência deste processo ditará o valor final do produto; a causa das variações de preços se devem também a fatores externos a cadeia produtiva, demandas nas exportações, consumo interno, mercado externo causando instabilidade aos suinocultores e eminência de possíveis prejuízos (Bellaver et al., 2004).

A grande demanda de alimentos utilizados na alimentação suína congruentes a alimentação humana é considerado um dos fatores que aumentaram os custos de produção, visto que este alimento terá maior valor ao ser vendido para consumo humano. Tal fato implicará na necessidade de utilização de alimentos alternativos na dieta destes animais de produção (Carvalho et al., 1999).

Dentro da suinocultura devemos considerar dois pontos para obter a redução dos custos com a alimentação, um refere-se a identificação de alternativas para os ingredientes tradicionais (soja e milho) dando ênfase na inclusão nas rações, isto é, as proporções ideais que garantam o potencial

produtivo do animal, e o outro define o reconhecimento, uso e restrições desses ingredientes alternativos nas diferentes fases de produção (Bellaver et al., 2004).

Os alimentos alternativos ao milho e soja, possuem em sua maioria, grande quantidade de fibras e inferior valor nutricional quando comparado aos convencionais, o que de forma indireta estimula os animais a ingerirem maior quantidade de alimento a fim de buscar compensação a este déficit nutricional, essa mudança no habito alimentar não prejudica o ganho de peso, se tornando uma boa ferramenta para a alimentação animal (Frank et al., 1983).

As dietas formuladas de forma adequada visam o atendimento da exigência nutricional dos animais acerca de suas respectivas fases produtivas e da conveniência de que possíveis fatores antinutricionais presentes na dieta não ultrapassem os limites máximos que por sua vez afetem o desempenho animal. Essas possíveis alternativas de incremento ou substituição de alimentos na dieta exige atenção, tanto no balanço dos nutrientes oferecidos na dieta, quanto no custo final da ração, é importante buscar a comparação frente aos preços do mercado e sempre optar pelo conjunto que oferece maior vantagem econômica para que seja feita as mudanças (Bellaver et al., 2004).

Roque et al. (2006) afirmam que a inclusão de alimentos fibrosos na alimentação de suínos trazem algumas vantagens fisiológicas aos animais, em sua maioria, tem a capacidade de fermentarem, formarem gel e causarem o aumento da viscosidade, ocasionando o retardamento do trânsito e do esvaziamento gástrico no intestino delgado, efeito suave na elevação da massa, volume e consistência, além da diminuição de diarreias pela reabsorção de água devido as fibras. Por outro lado Bedford (1996) relatou que o aumento da viscosidade reduz a relação da enzima com seu respectivo substrato, diminuindo a taxa de disseminação dos nutrientes no intestino.

A produção de gases (gás carbônico, hidrogênio, metano) é resultante da fermentação do substrato pelas bactérias, o principal substrato para as bactérias presentes no intestino grosso é a fibra alimentar, que dependendo do seu tipo, influencia na proporção dos ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e n-butirato) (Willians et al., 2001).

Vários modelos são utilizados para descrever o perfil de produção de gases, um dos modelos matemáticos mais utilizados é o de France et al. (1993)

que é um modelo matemático de interpretação para a produção cumulativa de gases. A descrição matemática das curvas de produção de gases permite a análise dos dados, a comparação dos substratos e a evolução de diferentes ambientes de fermentação, proporcionando informações sobre a composição do substrato estudado e das taxas de fermentação dos constituintes solúveis e estruturais dos substratos (Farias et al., 2011).

A técnica de aferição da quantidade de gases produzidos desenvolvida por Theodorou et al. (1994) e aperfeiçoada por Maurício et al. (1999) é capaz de simular o ambiente microbiano e a digestão enzimática, assim como a duração pelas aferições em tempos determinados, essa técnica permite avaliar grande número de substratos por experimento, apresentando alta acurácia nas medições, simplicidade no manuseio de equipamentos e baixo custo na implantação por amostra analisada (Maurício et al. 2003).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial fermentativo de subprodutos da mandioca através da técnica de produção de gases, utilizando inóculo de ceco de suínos criados ao ar livre, ceco de suínos criados confinados e líquido ruminal de ovinos e avaliar o uso da metodologia de produção de gases *in vitro* em suínos.

2. Revisão de Literatura

2.1. Alimentos fibrosos

A possibilidade de uso de forragens e outros volumosos como fonte de fibra na produção de suínos não é recente, este conceito já havia sido teorizado em meados da década de 30 (Pollmann et.al., 1979). Contudo, o potencial dos diversos alimentos fibrosos na alimentação suína necessita de estudos, atentando à identificação, quantificação e avaliação do resultado das interações entre os efeitos fisiológicos e associativos sobre a digestibilidade e desempenho animal, onde é observado que estes animais possuem baixa capacidade do trato digestivo para processar estes materiais fibrosos (Gomes et al., 2007).

O uso indiscriminado deste tipo de alimentação pode trazer limitações à produtividade em categorias de animais de produção, como leitões

desmamados ou em fase inicial e pré-inicial, também para a categoria de fêmeas lactantes e possíveis animais debilitados (Gomes et al., 2007)

Os carboidratos estruturais, celulose, hemicelulose, pectina e lignina são componentes da parede celular vegetal e estão diretamente ligados ao conceito de fibra dietética (Mertens, 1992). No processo de fermentação no intestino grosso, a celulose, hemicelulose e pectina são degradadas a ácidos graxos de cadeia curta (Gomes et al., 1994). A contribuição nutricional dos ácidos graxos para os suínos é estimada de 5 a 28% das exigências energéticas de manutenção (Kennelly et al., 1981; Rérat et al., 1987).

Os ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e n-butirato), são resultantes da fermentação dos substratos pelas bactérias no intestino (Willians et al., 2001).

O propionato apresenta alta eficácia na glicogênese do substrato no fígado, já o ácido acético é transportado para o fígado, fazendo papel de substrato energético para o tecido muscular, onde estimula a lipogênese. O butirato diferentemente do propionato e acetato, não passa diretamente para corrente sanguínea, mas é diretamente metabolizado nas células da mucosa intestinal (Breves et al., 1997).

São muitos os benefícios que os ácidos graxos de cadeia curta trazem para os suínos, dentre eles, regulam o crescimento das células epiteliais, induzem a diferenciação e renovação celular no intestino, principalmente nos suínos mais jovens (Kien et al., 2007), também tem ação de supressão das células cancerígenas (Claus et al., 2007) e limitam o risco de diarreia (Montagne et al., 2003).

2.2. Mandioca

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta Crantz)* é amplamente difundida no mundo, é uma das principais fontes de energia para alimentação humana e animal em países de clima tropical, bem como matéria-prima para inúmeros produtos industriais e na geração de emprego e de renda (Otsubo & Lorenzi, 2004).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de mandioca e seu plantio é difundido em todo país. Dentre os estados produtores, destacam-se o

Pará, Bahia e Paraná que juntos detém quase 50% da produção total (IAE, 2013).

Nas raízes estão localizados os carboidratos altamente digestíveis, sendo os principais nutrientes da mandioca (Muller et al., 1974).

Embora os teores de proteína sejam relativamente baixos nas raízes, na parte aérea pode atingir até 20% dependendo do produto final, cultivar e processo de conservação (Demarchi, 2002).

A variedade de mandioca estudada foi a IAC 576-70, popularmente conhecida como amarelinha. É uma variedade de mesa, rica em vitamina A, resistente a pragas e doenças e apresenta alta produção de raízes (Da Silveira, 2015).

2.2.1 Rama

A parte aérea da mandioca, conhecida como (rama) muitas vezes é subutilizada e não possui destinação adequada, principalmente por desconhecimento do seu valor nutricional e formar de utilização. O terço superior apresenta maior potencial proteico, dependendo da idade da planta, aos 8 meses podemos encontrar até 24,84% de proteína bruta, mesmo após 18 meses após o plantio, os valores de proteína bruta apresentam níveis aceitáveis, entorno de 19%, mostrando a flexibilidade e potencialidade de plantios escalonados para utilização no período seco (Nunes Irmão et al., 2008).

Maiores proporções de folhas podem melhorar a qualidade nutricional do alimento fornecido para animais, sendo encontrados valores médios de proteína e fibra, de 25 e 9%, respectivamente, em contraste aos valores encontrados no caule de 11 e 25%, respectivamente, dependendo da cultivar os valores de proteína podem variar de 12 a 23%, e a digestibilidade *in vitro*, de 40 a 60% (Demarchi, 2002).

Marques (2007) realizou pesquisa com a inclusão de diferentes níveis do feno da rama de mandioca (0%, 5%, 10%, 15% e 20%) na dieta de suínos em crescimento e engorda, constatou que sua inclusão interferiu de forma negativa nas variáveis de desempenho, ganho de peso e conversão alimentar, para suínos em crescimento, entretanto para os suínos em engorda que possuem

maior capacidade de digestão de alimentos fibrosos, as variáveis de desempenho não foram influenciadas pela inclusão do feno da rama de mandioca nas dietas.

Figueiredo et al., (2012) constataram que a inclusão de dieta com elevado teor de fibra presente no feno da mandioca na alimentação de leitões influencia diretamente na digestibilidade da energia e proteína, pois a fibra estimula a passagem do alimento pelo trato digestivo, acelerando o processo que acarreta em seu mal aproveitamento.

2.2.2 Mandioca integral

A raspa integral de mandioca é obtida pela trituração da raiz e posterior desidratação ao sol ou em secadores. Esse processo é necessário também para eliminação dos princípios tóxicos, especialmente os glicosídeos cianogênicos (Carvalho, 1986).

A fécula ou amido é o principal componente da raspa da mandioca integral, em um percentual variável, mas superior a 70% e com umidade de 10 a 12% (Gomez, 1979).

Este alimento é rico em energia, classificado como alimento energético é utilizado na alimentação animal em substituição ao milho ou ao sorgo com 3 a 3,5 Mcal de energia digestível por quilo de matéria seca, porém pobre em minerais e proteína (2% a 4%). Este processo de trituração e posterior secagem permite a conservação do produto, uma vez que a raiz é perecível e não pode ser armazenada por mais de três a quatro dias sem cuidados especiais. (Sampaio et al., 2015)

De acordo com Ferreira Filho (1997), a raspa de mandioca de boa qualidade apresenta aproximadamente 65% de amido, 14% de umidade, 3% de sílica e 5% de fibra. A raiz de mandioca e seus subprodutos podem ser utilizados com poucas restrições na alimentação animal e constituem excelente substituto aos grãos usualmente utilizado nas formulações das rações (Bertol e Lima, 1999).

Carvalho et al. (1999) estudaram os efeitos da inclusão de 0%, 16%, 32%, 48% e 64%, de mandioca integral moída e seca ao sol na dieta de suínos sobre o desempenho de leitões em crescimento. Os autores constataram que

não houve diferença entre os tratamentos e que a raspa de mandioca integral apresenta viabilidade técnica para ser utilizada até o nível de 64%, entretanto Buitrago (1990) encontrou níveis satisfatórios em desempenho para suínos em crescimento e terminação com a inclusão de até 40% de raspa na alimentação desses animais sendo que, níveis superiores a estes resultaram em ganho de peso inferiores.

Zoby et al. (1971) substituíram totalmente o milho na alimentação de suínos em crescimento e engorda por mandioca integral, e constataram ser possível e viável economicamente esta substituição, desde que os níveis de proteína e metionina sejam adequados.

Bertol & Lima (1999) relataram que a inclusão de alimentos derivados da mandioca na dieta de suínos, pode causar desbalanço de aminoácidos nas dietas, principalmente de metionina e cistina e também redução do consumo da dieta pelos animais em consequência da deficiência de aminoácidos.

De Mello & Galvão (2007) relataram maior espessura de toucinho nas carcaças de suínos alimentados com raspa de mandioca, destacando o interesse comercial que esse tipo de carcaça representa a um mercado consumidor específico. Os autores certificam a facilidade do uso e o potencial econômico da mandioca integral.

2.2.3 Casca

Faria et al. (2011) consideraram a casca de mandioca como um subproduto resultante da pré-limpeza da raiz que chega à indústria, formado por cepa, ponta de raiz casca e entrecasca. Os autores utilizaram as técnicas de trituração e desidratação para a conservação, trituração e hidrólise e trituração e ensilagem, o objetivo de melhorar o aproveitamento da casca por meio dessas técnicas proporcionaram maior valor nutricional em virtude do aumento na sua degradação e digestibilidade.

A casca da mandioca representa 5,1% da raiz e é o principal resíduo da produção de farinha para alimentação humana (Takahashi & Fagioto, 1990).

A casca de mandioca é um resíduo rico em fibra e energia com até 95,98% de carboidratos totais, porém com baixos níveis de proteína bruta, por

volta de 1,92%, usualmente é utilizado para alimentação de animais na fase de engorda (Abrahão et al., 2005).

2.2.4 Resíduo industrial de fécula da mandioca (RIFM)

O RIFM um subproduto da indústria da fécula, oriundo da extração da fécula ou amido de mandioca por via úmida, proveniente da prensagem (Bertol & Lima, 1999; Marques & Caldas Neto, 2002)

A massa de fecularia apresenta alta umidade (85%) e pode ser caracterizada como material fibroso da raiz, não é possível extrair todo o amido durante o processo de industrialização, portanto há resíduo da fécula ou amido neste material. O elevado teor de umidade dificulta a utilização da massa de fecularia e a torna bastante perecível, de difícil conservação e transporte, restringindo a sua utilização a locais próximos as indústrias. No entanto, a secagem deste subproduto é uma forma de permitir sua adequada conservação e transporte, o que otimiza sua utilização. A massa de fecularia seca, apesar de ter um custo mais elevado que a úmida devido aos custos envolvidos com a secagem do material fresco, é de fácil utilização, pois permite seu uso em misturas concentradas (Leonel, 2001).

Bertol & Lima (1999) verificaram que a inclusão de resíduo industrial da fécula de mandioca na dieta de suínos em crescimento a partir de 6,67% provoca redução no desempenho, já na fase de terminação o desempenho não é afetado pela inclusão até o nível de 30% da dieta.

Este subproduto é utilizado para a alimentação de bovinos em confinamento, por apresentar elevado teor de carboidratos de fácil e rápida fermentação ruminal (Zeoula al., 2002).

3. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília – UnB, localizada no Núcleo Rural Vargem Bonita, Brasília – DF.

No ensaio de fermentação e avaliação de produção de gases foram utilizados quatro tipos de substratos: INTEGRAL = Mandioca integral triturada (casca + polpa), RIFM = Resíduo industrial de fécula de mandioca, CASCA = Casca de mandioca e RAMA = Parte aérea da mandioca, terço médio e superior e três tipos de inóculo: LRO, CSC e CSF

Foram utilizados como inoculo o composto líquido extraído do ceco de suínos abatidos, criados em sistema convencional confinado (CSC); o composto líquido extraído de ceco de suínos abatidos criados em sistema ao ar livre (CSF) e como controle o líquido ruminal de ovinos fistulados (LRO).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4 x 3, seus fatores representados pelos substratos (Integral, Casca, Rama e RIFM) e inóculos (CSC, CSF e LRO).

Todos os substratos utilizados foram obtidos através de processamento manual, fracionadas com faca quando necessário, levadas à estufa a temperatura de 65º C pelo período de 24 horas, posteriormente trituradas em processador de alimento e por fim moídas em moinho de faca tipo *wyllie.*

Foram colhidos cecos de 12 suínos, com a idade média de 70 dias e peso médio de 26,39 Kg oriundos de sistema de criação de suínos ao ar livre (SISCAL/FAL - UnB), submetidos a dieta comercial com acesso contínuo à pastagem nativa e doze suínos com idade média de 140 dias e peso médio de 95 Kg criados em sistema convencional confinado em cama sobreposta, alimentados com dieta comercial. O líquido ruminal foi colhido de um ovino adulto fistulado da raça Santa Inês, mantido em pastagem de *Brachiaria brizantha* no Centro de Criação de Ovinos (CMO/FAL/UnB), alocado em garrafa térmica e encaminhado simultaneamente com os cecos coletados no abatedouro para o LNA.

A coleta dos cecos suínos foi realizada em abatedouro comercial. O abate de cada suíno foi monitorado, no momento de evisceração o ceco foi seccionado e identificado, para evitar o extravasamento do conteúdo, a extremidade de cada ceco foi amarrada com barbante e estes acondicionados em sacos plásticos, posteriormente alocados em caixas térmicas também

identificadas, no interior de cada caixa, bolsas de água aquecida foram colocadas para manutenção da temperatura por volta de 39ºC.

O líquido dos cecos foi extraído através de uma incisão feita com tesoura cirúrgica em sua curvatura maior, filtrado (Figura 1 - A) e homogeneizado, depois armazenado em beckers de 2 litros, o processo de filtragem foi feito com tecido de algodão. O liquido de cada Becker foi transferido para balões de Erlenmeyer devidamente identificados distinguindo os sistemas de criação, os balões foram levados ao banho-maria a 39ºC, estes foram submetidos a saturação de CO_2, feita através de mangueiras ligadas a um cilindro (Figura 2).

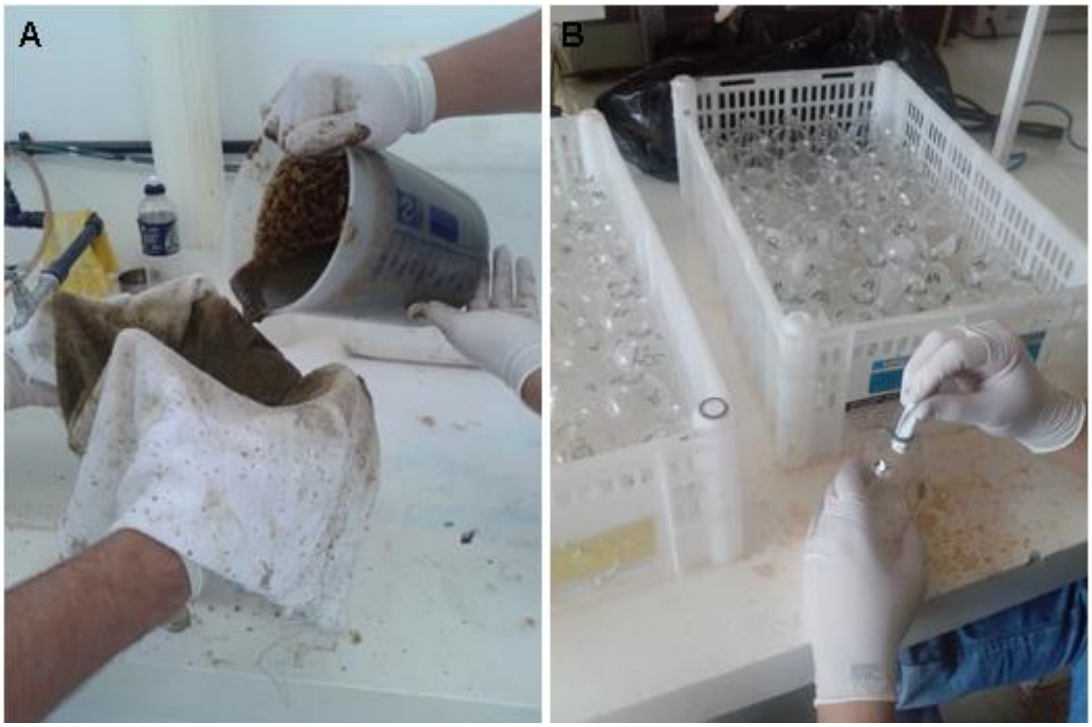

Figura 1 - (**A**) Filtragem dos inóculos feita através de pano de algodão. (**B**) Colocação dos saquinhos ANKOM contendo os substratos nos frascos de vidro.
Fonte - Arquivo pessoal.

Os substratos a serem avaliados foram divididos em amostras de 0,5 g, colocadas em sacos F57 ANKOM® previamente identificados (Figura 3 – A). Frascos de vidro de 160 mL de volume foram lavados com água destilada e secos em estufa, os frascos foram identificados e adicionados à eles os sacos contendo os substratos (Figura 1 - B), juntamente com 90 mL de meio de cultura tamponante (Theodorou et al., 1994) e 10 mL do inóculo

correspondente (Figura 3 – B), em seguida vedados com rolhas de borracha e lacres metálicos (Figura 3 - C). O conteúdo foi homogeneizado através de agitação manual, os frascos foram dispostos em bandejas de polietileno e levados de forma aleatória à estufa com circulação de ar forçada a 39ºC (Figura 3 - D), sendo este considerado o tempo zero.

Figura 2 – Filtrado dos inóculos em banho-maria sob saturação de CO2.
Fonte – Arquivo pessoal

Figura 3– (**A**) Pesagem dos saquinhos F57 ANKOM®; (**B**) 10 ml de inóculo correspondente ao frasco identificado; (**C**) Vedação do frasco. (**D**) Bandejas de polietileno contendo os frascos com os substratos já inoculados em estufa com circulação de ar forçada a 39ºC.
Fonte – Arquivo pessoal.

Foram incubados 108 frascos, 24 destes contendo apenas o inóculo e o meio de cultura tamponante como controle (brancos), utilizados para determinar a produção de gases proveniente do conteúdo ruminal e cecal para posterior correção da produção líquida de gases. 36 frascos com 3 repetições de cada tratamento (INTEGRAL, CASCA, RAMA E RIFM) por inóculo (CSF, CSC e LRO) foram usados para avaliação de matéria seca até 24 horas pós-incubação. Nos 48 frascos restantes com 4 repetições de cada tratamento por inóculo, foram feitas as leituras de pressão de gás até 96 horas pós-incubação.

As leituras de pressão (psi) (Figura 4) para determinação da produção de gases foram realizadas com 3, 6, 9, 12, 16, 24, 36, 48, 72 e 96 horas após a

incubação, por meio de um transdutor de pressão modelo *Press Data*, conectado a uma válvula de três saídas, sendo uma saída ligada ao transdutor, outra a uma agulha 25 mm x 0,7 mm e a terceira livre para remoção do gás após a leitura.

Figura 4- Leitura de pressão de gás (psi) nas garrafas de fermentação, por meio de um transdutor de pressão modelo *Press Data*.
Fonte – Arquivo pessoal.

Os dados de pressão obtidos em PSI foram transformados em volume de gás produzido por meio da equação descrita por Guimarães Júnior et al. (2008), para as condições de temperatura e pressão atmosférica de Brasília - DF: Volume (mL) = 4,50231 x pressão (PSI) + 0,05164 x pressão2 (R 2 = 0,996).

A cinética de produção de gases em cada tratamento foi determinada segundo o modelo descrito por France *et* al. (1993). Utilizando-se a ferramenta Solver presente no software Microsoft Excel 2010:

$Y = A \{1 - exp^{[-b(t-L) - c \times (\sqrt{t} - \sqrt{L})]}\}$, em que,

Y = produção cumulativa de gases (mL);

A = potencial de produção de gases (mL);

L = tempo de colonização ou lag time (h);

b (h^{-1}) e *c* ($h^{-0,5}$) = taxas fracionais constantes; e

t = tempo (h).

A taxa fracional média (h^{-1}) de produção de gases (μ) foi calculada como:

$$\mu = b + \frac{c}{2\sqrt{t}}$$ *, em que:*

μ48 = taxa de produção de gases após 48h (h^{-1});

Os dados referentes ao potencial de produção de gases (A), tempo de colonização em horas (L), taxa de produção de gases (μ), obtidos em diferentes intervalos de tempo, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, por meio do *software* (SAS, 2000).

Os substratos INTEGRAL, CASCA, RAMA E RIFM utilizados no ensaio de produção de gases, foram submetidos a análise de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), lignina, fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e carboidratos não-fibrosos (CNF). As amostras foram analisadas de acordo com a metodologia de AOAC (1995) para CNF, FDA, FB, EE, PB, MM, MS e lignina, para FDN a metodologia foi a de Van Soest et al. (1991). Os resultados obtidos nas análises estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1– Análise Bromatológica dos substratos utilizados no ensaio de gases.

Parâmetro (% na MS)	Substratos			
	INTEGRAL	RAMA	RIFM	CASCA
Matéria seca (MS)	25,93	20,35	31,34	29,21
Proteína bruta (PB)	4,65	14,55	2,31	6,22
Extrato etéreo (EE)	0,21	4,25	0,12	1,09
Matéria mineral (MM)	3,06	7,69	1,01	3,90
Lignina em detergente ácido (LDA)	1,41	17,13	0,86	4,98
Fibra em detergente neutro (FDN)	33,42	68,29	43,88	35,86
Fibra em detergente ácido (FDA)	5,80	49,79	8,28	14,22
Carboidratos não-fibrosos (CNF)	58,66	5,22	52,68	52,94

4. Resultados e discussão

A análise de variância dos resultados dos efeitos de inóculos e substratos estudados indicam interações (P<0,05) entre as variáveis independentes para potencial de produção de gases (A) e taxa de produção de gases (μ).

Quando avaliado o substrato RIFM dentro do inóculo LRO (Tabela 2), o mesmo apresentou (P<0,05) maior potencial de produção de gases (A), seguido do substrato INTEGRAL e CASCA que não diferiram entre si. A RAMA foi o substrato que apresentou maiores valores para (A) quando inoculado com LRO.

Tabela 2 - Análise de interação para potencial de produção de gases (A) em mL/gMS entre inóculos e substrato

Tratamento	A (mL/gMS)					
	LRO	CSF	CSC	CV	EPM	Valor de P
INTEGRAL	480,35B	503,15BA	601,98A	12,97009	68,54582	0,0727
RIFM	554,43A	517,35A	555,98A	8,776396	47,61926	0,4616
CASCA	425,35B	414,4B	365,60B	10,74634	43,16701	0,1700
RAMA	176,65aC	163,150baC	156,550bC	4,793268	7,930462	0,0167
CV	8,038423	11,22362	14,23999			
EPM	32,89273	44,83978	59,8115			
Valor de P	<0,0001	<0,0001	<0,0001			

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna ou letras minúsculas diferentes na linha, em cada intervalo, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). LRO = Líquido ruminal ovino, CSF = Ceco suíno criado ao ar livre, CSC = Ceco suíno criado confinado, INTEGRAL = Mandioca integral triturada (casca + polpa), RIFM = Resíduo industrial de fécula de mandioca, CASCA = Casca de mandioca e RAMA = Parte aérea da mandioca, terço médio e superior. CV = coeficiente de variação, EPM = erro padrão médio.

O inóculo CSF apresentou maior potencial de produção de gases (A) para o substrato RIFM, entretanto o substrato INTEGRAL não diferiu de CASCA e RIFM, o inóculo CSF apresentou o menor valor de (A) quando foi utilizado o substrato RAMA. O inóculo CSC apresentou maior potencial de

produção de gases (A) quando utilizados os substratos INTEGRAL e RIFM, seguido do substrato CASCA e RAMA.

Os elevados resultados obtidos na interação do inóculo CSC com os substratos INTEGRAL e RIFM indicam maior habilidade desse inóculo em fermentar esse tipo de alimento quando comparado às dietas mais fibrosas (CASCA e RAMA), reforçando a hipótese de Blummel et al., (1996) que associaram menor produção de gases a substratos ricos em amido, entretanto Silva Junior (2015) quando utilizou casca de mandioca, relatou elevada produção de gases oriundos da fermentação desse substrato, atribuindo esse resultado a capacidade dos suínos e ruminantes em fermentar esse tipo de alimento.

A casca de mandioca utilizada no estudo apresentou ser um resíduo com baixa quantidade de proteína e grande quantidade de fibra e se caracterizam como fonte de energia, por conterem carboidratos de alta degradabilidade ruminal (SILVEIRA et al. 2002).

Quando comparados os inóculos LRO, CSF e CSC (Tabela 2), não foram observadas diferenças estatísticas no potencial de produção de gases (A) ($P>0,05$) para os substratos INTEGRAL, RIFM, e CASCA. O substrato RAMA apresentou os menores valores de potencial de produção de gases (A), para todos os inóculos estudados, provavelmente associado a baixa concentração de carboidratos em sua composição e altos teores de lignina e celulose, que dificultaram a degradação celular e sua fermentação (Noblet & Le Goff, 2001).

A principal característica do substrato RAMA é a presença de folhas e hastes em sua composição, é sabido que o principal componente da parede celular dos vegetais é a celulose que apresenta baixa digestibilidade para monogástricos, diminuindo a digestibilidade de outros nutrientes da dieta (Andriguetto, 2002). A lignina encontrada nestes alimentos não é aproveitada nutricionalmente pelos animais não ruminantes, reduzindo a digestibilidade da matéria seca (Van Soeste, 1970).

Quando trata-se dos substratos, deve-se relacioná-los a sua composição, os substratos INTEGRAL, RIFM e CASCA possuem respectivamente 58,66%, 52,68% e 52,94% (Tabela1) de carboidratos não fibrosos (CNF) em sua composição na matéria seca, já o substrato RAMA

apenas 5,22%, os substratos mais ricos em carboidratos (INTEGRAL, RIFM e CASCA) quando inoculados aos diferentes inóculos apresentaram maior potencial de produção de gases (A) comparado ao substrato RAMA.

A fermentação dos substratos estudados (INTEGRAL, RIFM, CASCA e RAMA) e consequente produção de gases está relacionada com a composição destes alimentos, isto é, a maioria dos gases é liberada pela fermentação dos carboidratos, seguido por menor volume os gases liberados pelas proteínas e nenhuma quantidade liberada pelos lipídeos (Nogueira et al., 2006).

A produção de gases através da fermentação dos substratos pelos inóculos estudados tiveram estreita relação à sua composição, sendo que os substratos INTEGRAL, RIFM e CASCA que possuem maiores teores de carboidratos não fibrosos (CNF), foram os que apresentaram maiores valores para o potencial de produção de gases (A), em contrapartida o substrato RAMA em sua interação com os inóculos, demonstrou menor potencial de produção de gases (A).

O substrato RAMA quando inoculado por LRO e CSF não apresentou diferença estatística para o potencial de produção de gases (A), salientando a eficiência do ceco do suíno criado em sistema SISCAL em fermentar alimentos fibrosos, comparáveis ao resultado produzido pelo líquido ruminal ovino.

O tempo de colonização (L) (Tabela 3) representa o tempo compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre o substrato avaliado e início da produção de gases, assim quanto menor tempo de colonização, mais rápido início da degradação do alimento e produção de gases, assim maiores valores para (L) representam um início mais lento da produção de gases (Ribas et al., 2007)

O inóculo LRO apresentou valores de tempo similares de colonização ($P>0,05$) em horas (L) para todos os substratos, devido à presença de vasta e complexa microbiota, pode ser considerado de grande capacidade de adaptação ao substrato, indicando a adaptabilidade microbiana em fermentar diversos tipos de alimentos (Arcuri & Mantovani, 2006).

Os inóculos CSF e CSC apresentaram menores valores em tempo de colonização em horas (L) para RIFM, CASCA e RAMA, entretanto RIFM inoculado por CSF apresenta valor estatisticamente igual ao substrato

INTEGRAL. O substrato INTEGRAL apresentou maior valores de (L) quando foi inoculado por CSF e CSC (Tabela 3).

Tabela 3 - Tempo de colonização em horas (L), comparativo entre inóculo de rúmen ovino (LRO), inóculo de ceco suíno criado ao ar livre (CSF), inóculo de ceco suíno criado confinado (CSC) com diferentes substratos.

Tratamento	L (h)					
	LRO	CSF	CSC	CV	EPM	Valor de P
INTEGRAL	3,40b	5,68baA	7,50aA	28,7133	1,586996	0,0165
RIFM	2,90	3,23BA	4,17B	28,0163	0,975153	0,2455
CASCA	1,74	2,12B	3,19B	30,044272	0,722289	0,0627
RAMA	2,62	2,60B	2,97B	21,27384	0,576055	0,0661
CV	31,16222	36,36753	22,47817			
EPM	0,84513	1,238608	1,024717			
Valor de P	0,1412	0,0072	0,0003			

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna ou letras minúsculas diferentes na linha, em cada intervalo, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). LRO = Líquido ruminal ovino, CSF = Ceco suíno criado ao ar livre, CSC = Ceco suíno criado confinado, INTEGRAL = Mandioca integral triturada (casca + polpa), RIFM = Resíduo industrial de fécula de mandioca, CASCA = Casca de mandioca e RAMA = Parte aérea da mandioca, terço médio e superior. CV = coeficiente de variação, EPM = erro padrão médio.

O substrato INTEGRAL apresentou menor tempo de colonização em horas (L) quando foi colonizado pelo inóculo LRO, diferindo de CSC e demonstrando similaridade ao inóculo CSF.

O maior tempo de colonização em horas (L) foi para o substrato INTEGRAL, este substrato demonstrou possuir maiores quantidades de carboidratos não fibrosos e inferiores quantidades de fibras (Tabela 1), retardando o processo de fermentação (Gooding, 1982). Em contraste, Argenzio (2006) relatou que as fibras levam maior tempo para o início da degradação e produção de gases. Destaca-se que a velocidade de colonização depende de outros fatores além dos ligados à composição do alimento, mas também ao tamanho da partícula, o que implica na superfície de contato do inóculo com o alimento e de sua afinidade com os microrganismos degradadores (Valadares Filho & Pina 2011).

Os substratos RIFM, CASCA e RAMA quando inoculados por LRO, CSF e CSC não demonstram diferença (P>0,05) nos resultados obtidos para tempo

de colonização em horas (L), sendo colonizados em tempos similares, iniciando a produção e gases de forma concomitante (Tabela 3)

Pode-se observar no gráfico (Figura 5) a curva de produção cumulativa de gases de substratos por inóculos e a diferença entre os substratos. É possível perceber no gráfico para LRO, que o pico de produção ocorre por volta das 72 horas pós incubação para os substratos INTEGRAL, RIFM e CASCA e pode-se observar um acúmulo de gases superior quando comparado ao substrato RAMA. Pode-se observar o mesmo comportamento para os gráficos CSF e CSC, porém ocorre uma mudança no momento do pico de produção, que passa a ser por volta das 36 horas, indicando a especificidade do suíno, onde o tempo de passagem do alimento pelo trato digestivo é em média de 40 horas (Zanotto et al. (1998).

Para os inóculos CSF e CSC os substratos INTEGRAL e RIFM possuem suas curvas de produção próximas e figuram os substratos com maior potencial de produção de gases (A), seguido pelo substrato CASCA, que mostra-se intermediário aos demais (Figura 5)

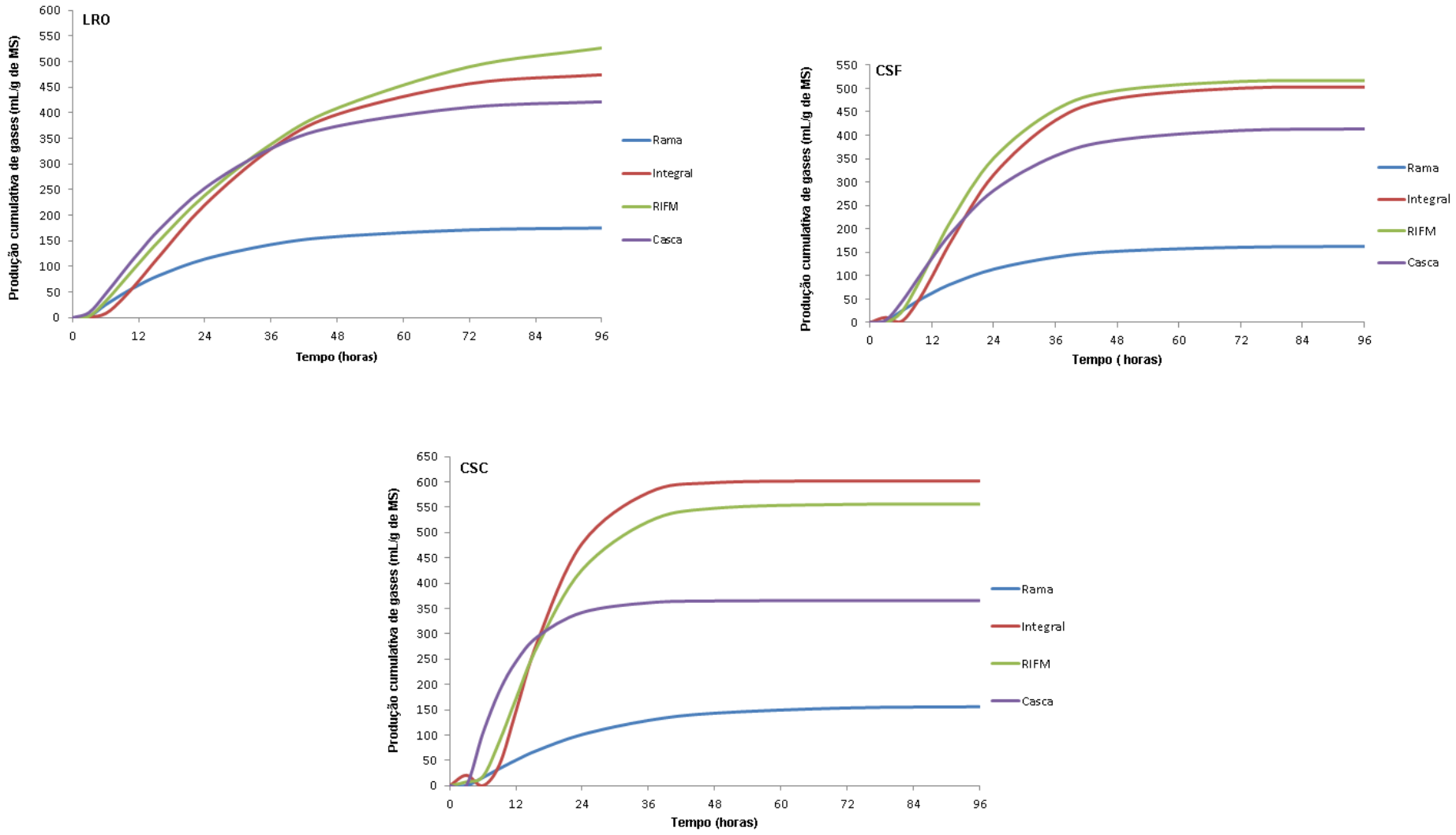

Figura 5 – Produção cumulativa de gases (mL/gMS) durante 96 horas de processo fermentativo dos inóculos, LRO = Líquido ruminal ovino, CSF = Ceco suíno criado ao ar livre, CSC = Ceco suíno criado confinado, entre os substratos INTEGRAL = Mandioca integral triturada (casca + polpa), RIFM = Resíduo industrial de fécula de mandioca, CASCA = Casca de mandioca e RAMA = Parte aérea da mandioca, terço médio e superior, ajustada ao modelo de France *et al* (1993)

A taxa de produção de gases (μ) em %/hora (Tabela 4) leva em consideração o percentual produzido de gás em função de uma hora.

O inóculo LRO se mostrou mais eficiente na taxa de produção de gases (μ) em %/hora para os substratos RAMA e CASCA (Tabela 4), salientando a sua habilidade na fermentação de alimentos ricos em fibra, apresentando coerência aos valores encontrados na análise bromatológica destes substratos, que possuem respectivamente 49,79% e 14,22% de fibra em detergente ácido (FDA) na matéria seca (MS), valores superiores aos encontrados para RIFM e INTEGRAL, que possuem 8,28% e 5,80% de FDA na MS, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 4 - Análise de interação e teste de médias para taxa de produção de gases (μ) em %/hora, comparativo entre inóculos e substratos.

Tratamento	μ (%/h)					
	LRO	CSF	CSC	CV	EPM	Valor de P
INTEGRAL	0,0309bBC	0,0497b	0,0811aA	22,1666	0,011948	0,0007
RIFM	0,0273bC	0,0570a	0,0734aBA	23,33581	0,012269	0,0015
CASCA	0,0427BA	0,0554	0,0647BA	23,90137	0,012972	0,1066
RAMA	0,0491A	0,0570	0,0503B	8,63834	0,004503	0,0721
CV	18,98968	20,28463	20,30563			
EPM	0,007121	0,011111	0,013682			
Valor de P	0,0032	0,7644	0,0420			

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna ou letras minúsculas diferentes na linha, em cada intervalo, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). LRO = Líquido ruminal ovino, CSF = Ceco suíno criado ao ar livre, CSC = Ceco suíno criado confinado, INTEGRAL = Mandioca integral triturada (casca + polpa), RIFM = Resíduo industrial de fécula de mandioca, CASCA = Casca de mandioca e RAMA = Parte aérea da mandioca, terço médio e superior. CV = coeficiente de variação, EPM = erro padrão médio.

Elevada eficiência do inóculo LRO na taxa de produção de gases (μ) em %/hora é descrita por Bravo-Martins et al. (2002), pois no rúmen estão estabelecidos microrganismos capazes de produzir enzimas celulolíticas, estes são importantes na digestão de dietas fibrosas de baixo valor nutritivo.

O inóculo CSF demonstrou habilidade em fermentação, visto que apresentou mesma taxa de produção de gases (μ) para todos os substratos o qual foi inoculado, não ocorrendo diferença estatística (P>0,05), remetendo a

hipótese que os animais criados ao ar livre são mais adaptados a diferentes dietas. Em sistema de criação ao ar livre (SISCAL), os animais ingerem terra, forragens e ração, fazendo com que seu trato digestivo passe por um processo mais lento e gradativo de adaptação, favorecendo o seu desenvolvimento (Filho et al., 2005).

O inóculo CSC foi superior (P<0,05) aos demais inóculos na taxa de produção de gases(μ) em %/hora quando submetidos ao substrato INTEGRAL. Entretanto não diferiu de RIFM e CASCA, possivelmente isso se relaciona ao elevado teor de carboidratos não fibrosos (CNF) presente neste substrato 58,66% na MS, sendo o substrato com maior teor de CNF quando comparado com os demais.

O substrato RIFM obteve uma menor taxa de produção de gases (μ) em %/hora quando foi submetido ao inóculo LRO.

Os substratos CASCA e RAMA não diferiram entre si (P>0,05) quando inoculados por LRO, CSF e CSC. O substrato RIFM obteve menor taxa de produção de gases (μ) em %/hora quando foi inoculado por LRO. CSF e CSC foram similares (Tabela 4).

A Figura 6 ilustra a curva de produção cumulativa de gases dos inóculos por substratos, onde se pode observar o tempo (h) de colonização das bactérias (L), da inoculação ao começo da produção de gases. No gráfico que se refere ao substrato INTEGRAL, nota-se que no eixo “x” o tempo de inicialização da produção de gases é superior aos demais substratos, observando uma maior distância do ponto “zero” (início da incubação) para o início da formação da curva.

Conforme observado no gráfico da figura abaixo (Figura 6), os gráficos dos substratos INTEGRAL e RIFM quando inoculado por CSC possuem sua curva de produção e pico mais acentuados em relação aos demais logo nas primeiras horas pós incubação, também é observado maior incremento de gás em menor tempo em horas, entretanto para o inóculo LRO, a curva tem uma ascensão mais lenta e pico tardio, por volta das 96 horas pós incubação.

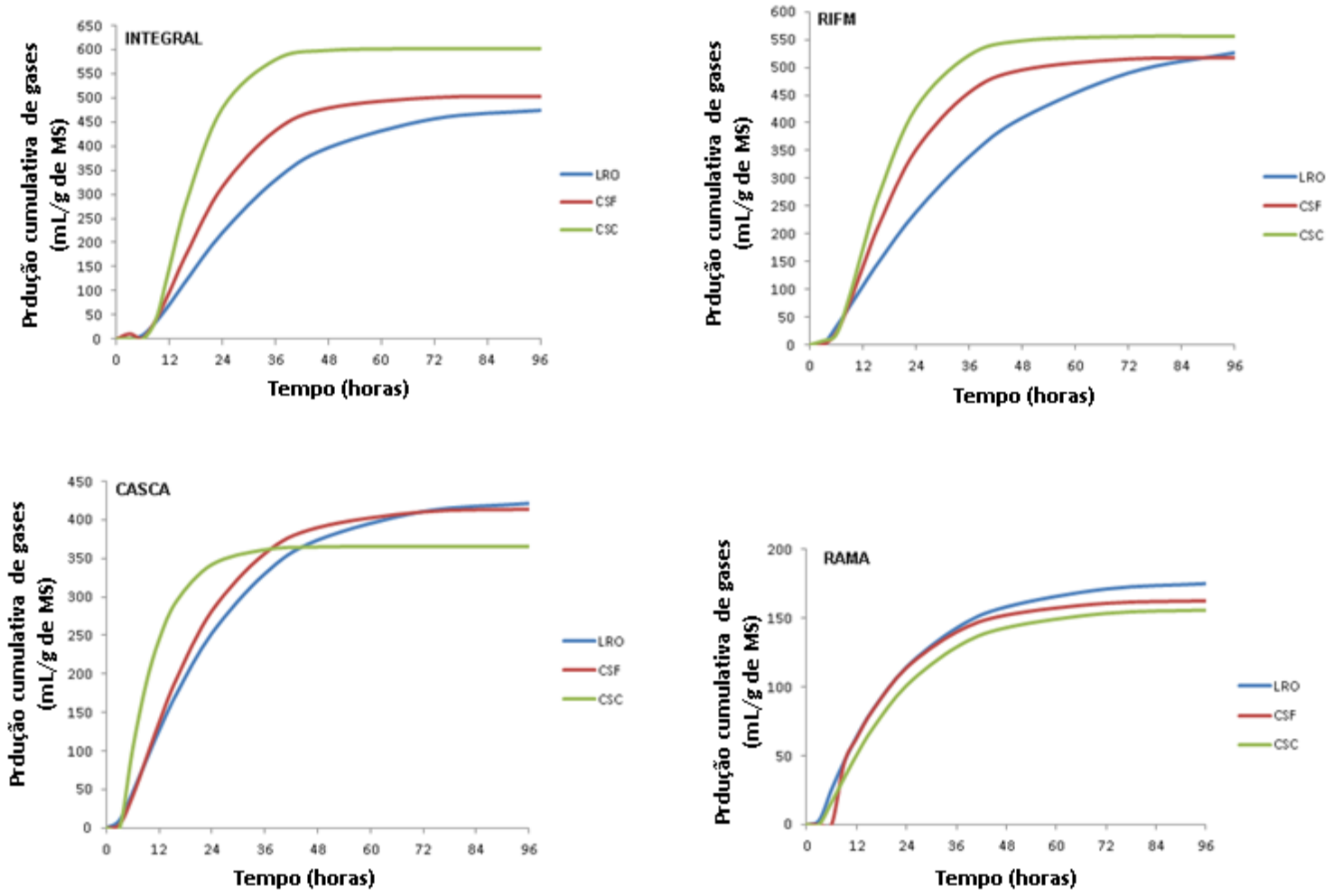

Figura 6 - Produção cumulativa de gases (mL/gMS) durante 96 horas de processo fermentativo dos substratos INTEGRAL, RIFM, CASCA e RAMA. Inóculos LRO, CSF, CSC, ajustada ao modelo de France *et al* (1993)

5. Conclusão

Os resultados avaliados mostraram-se coerentes, demonstrando a possibilidade de uso da metodologia de produção de gases e modelo matemático utilizado em ruminantes para suínos. Como os valores mais expressivos para a produção de gases em inóculo de ceco suíno foram verificados até as 40 horas pós incubação, sugere a possibilidade de adaptação do tempo no método adequando os tempos de aferições de produção de gás.

Os substratos INTEGRAL, RIFM e CASCA apresentaram características favoráveis para fermentação e produção de gases, sugerindo maiores estudos utilizando subprodutos de mandioca pela alta capacidade fermentativa o qual esses substratos apresentaram, bem como o estudo de produção de AGV'S.

O sistema de produção de suínos pode influenciar o potencial fermentativo desses alimentos, o inóculo CSF apresentou potencial para fermentação de alimentos fibrosos e lignificados como a RAMA, comparáveis ao LRO.

6. Referências Bibliográficas

ABRAHÃO, J.J.S.; DO PRADO, I.N.; PEROTTO, D., MOLETTA, J.L. Características de carcaças e da carne de tourinhos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição do milho por resíduo úmido da extração da fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1640-1650, 2005.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S; SOUZA, G.A.; FILHO, A.B. **Nutrição Animal**. São Paulo: Nobel, v. 1, 396 p., 2002.

ARCURI, P.B.; MANTOVANI, H. C. Recentes avanços em microbiologia ruminal e intestinal:(BIO) tecnologias para a nutrição de ruminantes. **V Simpósio de Produção de Gado de Corte. Anais**, p. 271-312, 2006.

ARGENZIO R.A. Funções Digestivas e Absortivas dos Intestinos In: REECE W. O. Dukes **Fisiologia dos Animais Domésticos.** 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.393, 2006.

BEDFORD, M.R. The effect of enzymes on digestion. **Journal of Applied Poultry Science**, v.5, n.4, p.370-378, 1996.

BELLAVER, C.; LUDKE, J.V. Considerações sobre os alimentos alternativos para dietas de suínos. In: **Encontro internacional dos negócios da pecuária**, 2004, Cuiabá, MS. Anais... Cuiabá: ENIPEC, 2004.

BERTOL, T.M.; DE LIMA, G.J.M.M., Níveis de resíduo industrial de fécula de mandioca na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 243-248, 1999.

BLUMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revisited. **Jornal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.77, p.24-34, 1996.

BOTH, M.C.**Comportamento e produção de suínos mantidos em pastagem e submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar. 2003. 119 f**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

BRAVO-MARTINS, C.E.C.; SCHWAN, R.F.; CASTRO-GÓMEZ, R.J.; DE LIMA, J.R.; ARCURI, P.B. Produção de enzimas celulolíticas por fungos anaeróbicos ruminais. Congresso da pós-graduação UFLA/Microbiologia, 2002.

BREVES. G.; KRUMSCHEID. R. *In vitro* studies on transport and metabolism of short-chain fatty acids in pig hindgut. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology**, v.118, p.399-401, 1997.

BUITRAGO, J.A., **La yuca en la alimentación animal**. No. 85. CIAT, 1990.

CARVALHO, J.L.H. **A mandioca – raiz, parte aérea e subprodutos da indústria para a alimentação animal**. Cruz das Almas. VI Curso Intensivo Nacional de Mandioca, 93p. 1986.

CARVALHO, L.E.; GALELHA, J.A.; PINHEIRO, M.J.P.; ESPAINDOLA, G. B.; BASTOS, F.J.S. Efeitos da utilização de Raspa Integral de Mandioca Seca ao Sol no Desempenho de Suinos em Crescimento. **Revista Científica de Produção Animal**, v.1, n. 2, p. 139-146, 1999. Disponível em: < http://www.revistas.ufpi.br/index.php/rcpa/article/view/21>. Acesso em: Novembro 2015.

CLAUS, R.; GUNTHNER, D.; LETZBUB, H. Effects of feeding fat-coated butyrate on mucosal morphology and function in the small intestine of the pig. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.91, p.312-318, 2007.

DA SILVEIRA, E. Mandioca vitaminada. **Revista de pesquisa FAPESP**. Disponível em: < http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/mandioca-vitaminada/>. Acesso em: Novembro 2015.

DE CARVALHO, L.E.; GADELHA, J.A.; PINHEIRO, M.J.P.; ESPINDOLA, G.B.; BASTOS, F. J. S. Efeitos da utilização de raspa integral de mandioca seca ao sol no desempenho de suínos em crescimento. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 1, n. 2, 1999

DE MELLO, R.P.; GALVÃO, F.E. Utilização da mandioca (*Manihot utilissima*, Pohl) crua num estudo comparativo de três dietas para suínos em crescimento-engorda. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 2, n. 1, p. 59-70, 2007.

DEMARCHI, J.A.A. **Mandioca: Uma alternativa como recurso forrageiro**, 2002. Disponível em: < http://m.milkpoint.com.br/radar-tecnico/conservacao-de-forragens/mandioca-uma-alternativa-como-recurso-forrageiro-8199n.aspx >. Acesso em: Outubro 2015.

FARIA, P.B.; SILVA, J.N.; RODRIGUES, A.Q.; TEIXEIRA, P.D.; MELO, L.Q.; COSTA, S.F. ROCHA, M.F.M.; PEREIRA, A.A. Processamento da casca de mandioca na alimentação de ovinos: desempenho, características de carcaça, morfologia ruminal e eficiência econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2929- 2937, 2011.

FARIAS, L.N.; VASCONCELOS, V.R.; CARVALHO, F.F.R.; SARMENTO, J.L.R. Avaliação dos modelos logístico bicompartimental e de Gompertz na estimativa da dinâmica de fermentação ruminal *in vitro* do farelo e da torta de babaçu (*Orbigya martiana*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.1, p.136-142, 2011.

FÁVERO, J.A.; BELLAVER, C. Produção de carne de suínos. In:**Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Pedro, SP: ITAL, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2001. Disponível em: < http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_f0q38d0g.pdf >. Acesso em: Novembro 2015.

FERREIRA FILHO, J.R. **Influência da idade da planta sobre a produtividade e teor de proteína da parte aérea da mandioca.** Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1997. p.35 (Boletim, 35).

FIGUEIREDO, A.V.; ALBUQUERQUE, D.M.N.; LOPES, J.B., FARIAS, L.A., MARQUES, C.M.; CARVALHO FILHO, D.U. Feno da rama da mandioca para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Viçosa, v.13, n.3, p. 791-803, 2012.

FILHO, L.A.; IRGANG, R.; PADILHA, M.T.; DA CUNHA ALEXANDRE, A.A.; MOTEKA, S.L. Avaliação de idades de desmame e manejo alimentar de leitões em SICAL. **Revista Acadêmica, Curitiba**, v. 3, n. 3, p. 67-71, 2005.

FRANK, G.R.; AHERNE, F.X.; JENSEN, A.H. A study of the relationship between performance and dietary component digestibilities by swine fed different levels of dietary fiber. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 3, p. 645-654, 1983.

GOMES, B.V.; QUEIROZ, A.C.; FONTES, C.A.A. Estudo das características físico-químicas de fenos de palhas. II. Efeito sobre a degradabilidade “in situ” da matéria seca, proteína bruta e fibra detergente neutro. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia,** v.23, n.2, p.292-304, 1994.

GOMES, J.D.F.; PUTRINO, S.M.; GROSSKLAUS, C.; UTIYAMA, C.E.; OETTING, L.L.; DE OLIVEIRA SOUZA, L.W.; DE LIMA, C.G. Efeitos do incremento de fibra dietética sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça: I. suínos em crescimento e terminação. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 483-492, 2007.

GOMEZ, G. Cassava as swine feed. **World Animal Review**, v. 29, p. 13-20, 1979.

GOODING, E.G.B. Efecto de la calidad de la caña (*Saccharum officinarum*) sobre su valor como alimento para bovinos. **Producción Animal Tropical**, R. Dominicana. v.7, n. 2, p.76-97, 1982.

JENSEN, B.B.; JORGENSEN, H. Effect of dietary fiber on microbial activity and microbial gas production in various regions of the gastrointestinal tract of pigs. **Applied and Environmental Microbiology.** v.60, n.6, p. 1897-1904, 1994.

JUNIOR, C.A. **Potencial fermentativo do inóculo de ceco suíno de leitões com coprodutos de macaúba (*Acrocomia aculeata)*, 2015, p. 35**. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, DF.

KIEN, C.L.; BLAUWIEKEL, R.; BUNN, J.Y.; JETTON, T.L.; FRANKEL, W.L.; HOLTS, J.J. Cecal infusion of butyrate increases intestinal cell proliferation in piglets. **Journal of Nutrition**, v.137, p. 916- 922, 2007.

LEONEL, M. O Farelo, **Subproduto da Extração de Fécula de Mandioca**. In: CEREDA, M.P. **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. Fundação Cargill, São Paulo, v.4, p.211-216, 2001.

MARQUES, C.M. **Feno da rama da mandioca (*Manihot esculenta, Crantz*) para suínos em crescimento e terminação.** Dissertação disponível em <http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ciencianimal/arquivos/files/DM_CMM.pdf>.

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; MARTINS, R.G.R.; RODRIGUES, J.A.S. Potencial da técnica in vitro semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1013-1020, 2003.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. ***Animal Feed Science* and *Technology*.** v.108, p.95-117, 2003.

NOBLET, J.; LE GOFF, G. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs**. Journal Animal Science,** v.90, p. 35-52, 2001.

NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVEZ, L.C. Predição da degradação da matéria seca pelo volume de gases utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p. 901-909, 2006.

NUNES IRMÃO, J.; FIGUEIREDO, M.P.; PEREIRA, L.G.R.; FERREIRA, J.Q.; RECH, J.L.; OLIVEIRA, B.M. Composição química do feno da parte aérea da mandioca em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.1, p.158-169, 2008.

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, v.6, n.1, p.116, 2004.

RIBAS, R.G.; MOYLE, C.Y.; MIYAKI, E.J.L. The assembly of montane biotas: linking Andean tectonics and climatic oscillations to independent regimes of diversification in Pionus parrots. **Biological Sciences**, v.274, n.1624, p.2399-2408, 2007.

ROQUE N.C.; JOSÉ, V.A.; AQUINO, A.A.; ALVES, M.P.; SAAD, F.M.O.B. Utilização da fibra na nutrição de cães. **Boletim Agropecuário**, Lavras, MG, n. 70, p. 1-12, 2006.

SAMPAIO, A.O.; COSTA, J.L.; MARTINS, C.E. **Raspa de mandioca**. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_343_217200392414.html >. Acesso em: 30 de ago. 2015.

TAKAHASHI, M.; FAGIOTTO, R. Balanço em massa de indústria de farinha de mandioca em da região de Paranavaí. In**: Congresso Brasileiro de Mandioca**, 4, 1990, Londrina-PR, Anais... Londrina, 1990.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; MCALLAN, A.B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to

determine the fermentation kinetics of ruminants feeds. **Animal Technology Feed Science**, v.48, p.185-197, 1994.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**, 2ed. Jaboticabal, Editora FUNEP, p. 161-234, 2011.

VAN SOEST, P.J. **The role of silicon in the nutrition of plants and animals.** Proceedings of the Cornell Nutrition Conference, p. 103-109, 1970.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal **of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WILLIANS, B.A., VERSTEGEN, M.W.A.; TAMMINGA, S. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. **Nutrition Research Review**, v.14, p.207-227, 2001.

ZEOULA, L.M.; NETO, S.F.C.; BRANCO, A.F.; DO PRADO, I.N.; DALPONTE, A.O.; KASSIES, M.; FREGADOLLI, F.L. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: pH, concentração de N-NH3 e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1582-1593, 2002.

ZOBY, J.L.F.; CAMPOS, J.; MAYROSE, V.; COSTA, P.M.A. Raspa de mandioca com suplementação de gordura e metionina, na alimentação de suínos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.18, n.97, p.195-209, 1971.